

Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto LUT
School of Energy Systems
Energiatekniikan koulutusohjelma

Roope Kempainen

VERKOSTO-OMAISUUDEN SUORITUSKYKY KAUKO- LÄMMÖN JAKELUSSA

Työn tarkastajat: Dosentti, TkT Juha Kaikko
 Professori, TkT Esa Vakkilainen

Työn ohjaaja: Petri Flyktman

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto LUT
School of Energy Systems
Energiatekniikan koulutusohjelma

Roope Kempainen

VERKOSTO-OMAISUUDEN SUORITUSKYKY KAUKOLÄMMÖN JAKELUSSA

Diplomityö

2020

96 sivua, 25 kuvaa, 2 taulukkoa ja 1 liite

Tarkastajat: Dosentti, TkT Juha Kaikko
 Professori, TkT Esa Vakkilainen

Ohjaaja: Petri Flyktman

Hakusanat: kaukolämpöverkko, suorituskyky, KPI, omaisuudenhallinta, ISO 55000

Työn tavoitteena on määrittää kaukolämpöverkosto-omaisuuden ja siihen vaikuttavien toimien seurantaan suorituskykymittaristo tavoitteineen täyttäen ISO 55000 -standardisarjan vaatimukset. Tutkimuksessa selvitetään myös keinoja verkosto-omaisuuden elinkaaren hallintaan, joiden avulla toimintataso täyttää organisaation sekä asiakkaiden tarpeet. Tutkimuksessa omaisuudenhallinnan standardisarja ISO 55000 pohjustaa vaatimukset omaisuuden toiminnan tason suorituskyvyn seurantaan sekä elinkaaren tehokkaaseen hallintaan. Tämän tueksi selvitetään verkkokyselyn avulla, miten alan suurimmat toimijat seuraavat verkosto-omaisuutensa suorituskykyä.

Työn tuloksena laadittiin suorituskyvyn mallimittaristo toimeksiantajalle tavoitetasoineen, joka täyttää ISO 55000 -standardisarjan vaatimukset sekä on valmis käyttöön otettavaksi. Lisäksi verkosto-omaisuuden elinkaarihallintaan selvitettiin päätöksentekomenetelmiä, joiden avulla omaisuuden hyödyntäminen on optimaalisempaa. Suorituskykymittareiden valjastaminen elinkaaren hallinnan tueksi mahdollistaa tehokkaan omaisuudenhallinnan.

ABSTRACT

Lappeenranta-Lahti University of Technology LUT

School of Energy Systems

Degree Programme in Energy Technology

Roope Kemppinen

PERFORMANCE OF NETWORK ASSETS IN DISTRICT HEATING NETWORK

Master's Thesis

2020

96 pages, 25 figures, 2 tables and 1 appendix

Examiners: Docent, D.Sc. (Tech.) Juha Kaikko
 Professor, D.Sc. (Tech.) Esa Vakkilainen
Supervisor: Petri Flyktman

Keywords: district heating network, performance, KPI, asset management, ISO 55000

The purpose of this thesis is to define key performance indicators (KPIs) with target values for monitoring district heating network assets and the activities affecting it while fulfilling the requirements of the ISO 55000 series. The study also explores ways to manage the life cycle of network assets, with which the operational level meets the needs of the organization and customers. In the study the standard series ISO 55000 lays the base requirements for the KPIs and for efficient life cycle management. To support this, an online survey is used to find out how the largest organizations in the industry monitor the performance of their network assets.

As a result of the work, set of KPIs was designed for the client with target levels that meet the requirements of the ISO 55000 standard series and are ready for implementation. In addition, decision-making methods for more optimal utilization of network assets were researched. The use of KPIs to support lifecycle management enables effective asset management.

ALKUSANAT

Haluan kiittää työni ohjaajaa Petriä sekä toimeksiantajaa Alva-yhtiötä mielenkiintoisen ja haastavan diplomityöaiheen tarjoamisesta. Työ tarjosi uutta näkökulmaa kaukolämmön jakelun osalta, sekä osaltaan suorituskyvyn mittaamisesta. Kiitoksen ansaitsevat myös työhön osallistuneet kollegat lämpöverkkojen ja omaisuudenhallinnan puolelta sekä työn tuloksien kannalta kyselyyn vastanneet. Erityiskiitos kuuluu työn ensimmäiselle tarkastajalle Juha Kaikolle, jonka konkreettiset kehitysehdotukset auttoivat työn aikana sekä loivat uskoa työn valmiiksi saattamiseen. Lopuksi haluan kiittää perhettäni kannustavista kommentteista ja avopuolisoani kannustavien kommenttien lisäksi kärsivällisyydestä matkan varrella.

Roope Kempainen

Jyväskylässä 06.12.2020

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

SISÄLLYSLUETTELO

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

1	JOHDANTO	7
1.1	Tutkimusongelma, -kysymykset, sekä tavoitteet.....	8
1.2	Tutkimusmetodologia.....	9
1.3	Tutkimuksen rakenne	11
2	KAUKOLÄMPÖVERKOSTO	12
2.1	Jakelujärjestelmän rakenne.....	14
2.1.1	Johtorakenteet	15
2.1.2	Kaivot.....	18
2.1.3	Välipumppaamot sekä lämmönsiirtimet	18
2.2	Järjestelmän käyttö	19
2.3	Verkon tekniset tunnusluvut.....	21
2.3.1	Käytettyjä tunnuslukuja muualla	24
2.4	Toimeksiantajan kaukolämpöverkot	25
3	OMAISUUDENHALLINTA.....	28
3.1	Yleistä.....	28
3.2	OmaisuuDENhallintajärjestelmä	30
3.3	OmaisuuDEN	33
3.4	OmaisuuDEN elinkaari	33
3.4.1	Tarpeen tunnistaminen ja hankinta	36
3.4.2	Operointi ja kunnossapito	38
3.4.3	Hävittäminen tai uusiminen	39
3.5	Elinkaaren hallinta.....	40
3.5.1	Investointiprosessin vaikutus omaisuudella tuotettuun arvoon	40
3.5.2	Käyttö- ja kunnossapitoprosessi.....	44
4	SUORITUSKYKY JA SEN MITTAAMINEN	48
4.1	Yleistä.....	48
4.2	Suorituskyvyn kokonaisvaltaiset mittaristot.....	49
4.2.1	Tasapainotettu mittaristo.....	50
4.2.2	Suorituskykypyramidi.....	51
4.3	Suorituskyky ISO 55000 -standardisarjassa.....	52
4.4	Oikeiden suorituskykymittareiden valinta.....	56
4.5	Tavoitteet.....	58

4.5.1 Alva-yhtiöiden visio ja strategia	58
5 KYSELYN TOTEUTUS	60
5.1 Yleistä.....	60
5.2 Toteutus ja vastausten analysointi	61
6 KAUKOLÄMMÖN JAKELUVERKOSTON SUORITUSKYKYMITTARIT JA ELINKAAREN HALLINTATOIMENPITEET.....	62
6.1 Alan suurimpien toimijoiden näkemyksiä jakeluverkoston suorituskyvystä	62
6.1.1 Peruskysymykset.....	63
6.1.2 Omaisuuden suorituskyvyn seuranta elinkaaren eri vaiheissa.....	64
6.1.3 Verkosto-omaisuudelle asetettu taso sekä suorituskykymittareiden mittaustulosten kelvollisuus	67
6.1.4 Yhteenveto kyselyn tuloksista	70
6.2 Laadittu mallimittaristo	72
6.2.1 Toimitusvarmuus	72
6.2.2 Kustannustehokkuus	76
6.2.3 Yhteenveto mittareista	79
6.3 Elinkaaren hallintatoimenpiteet verkko-omaisuuden pitämiseksi halutulla tasolla ..	81
7 JOHTOPÄÄTÖKSET.....	83
7.1 Tulokset ja analyysimenetelmät	83
7.1.1 Suorituskykymittariston luonti verkosto-omaisuuden ja siihen vaikuttavien toimien seurantaan.....	83
7.1.2 Elinkaaren hallintatoimenpiteet	85
7.2 Tulosten hyödynnettävyys sekä jatkotutkimusehdotukset	86
8 YHTEENVETO	88
LÄHTEET	91

LIITTEET

Liite 1. Kyselytutkimuksen kysymykset.

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

2Mpuk	Kiinnivaahdotettu yksiputkijohto
4GDH	The 4th Generation District Heating, neljännen sukupolven kaukolämpöjärjestelmä
CAPEX	Capital expenditure, investointikustannukset
EHQS	Environmental, Health, Safety and Quality, ympäristö, terveys, turvallisuus ja laatu
IAM	The Institute of Asset Management
JHA	Jälleenhankinta-arvo
k-m	Kanavametri
KPI	Key performance indicator, suorituskykymittari
KRI	Key Result Indicator, avaintulosindikaattori
LCC	Life Cycle Costing, elinkaarikustannuslaskenta
LCCA	Life-Cycle Cost Analysis, elinkaarikustannusanalyysi
Mpuk	Kiinnivaahdotettu kaksiputkijohto
NKA	Nykykäyttöarvo
OPEX	Operational expenditures, operatiiviset kustannukset
PI	Performance Indicator, suorituskykyindikaattori
RI	Result Indicator, tulosindikaattori
SAMP	Strategic Asset Management Plan, strateginen omaisuudenhallintasuunnitelma

1 JOHDANTO

Luotettava infrastruktuuri on yhteiskunnan perusedellytyksiä, joka mahdollistaa toimivan yhteiskunnan ja helpottaa eri toimialojen investointien toteutumisen myötä talouden kasvua. Tyypillisesti infrastruktuurin alle lasketaan eri järjestelmiä, kuten: energia-, vesi-, jätevesi-, tie-, rautatie- ja tietoliikenneverkot. Näille kaikille verkoille on yhteistä se, että ne ovat erittäin pääomavaltaisia. Pääomavaltaiselle infrastruktuurille on ominaista, että investointipäätökset vaikuttavat pitkällä aikavälillä, jonka vuoksi on tärkeää, että infrastruktuurin hallinta on suunnitelmallista. Suunnitelmallisella hallinnalla varmistetaan infrastruktuurin toimintakyky elinkaarensa aikana ja siten asiakkaiden odotusten täyttäminen. (Balzer & Schorn 2015, 1-2.)

Kaukolämpö on Suomen merkittävin lämmitysmuoto asuin- ja palvelurakennuskannassa etenkin suurempien väestökeskittymien kohdalla. Järjestelmän periaatteena on jakeluverkossa kiertävä vesi, jota lämmitetään tuotantolaitoksella ja joka luovuttaa lämpöenergiansa asiakaskohteeseen. (Koskelainen et al. 2006, 5 & 25.) Yhdyskuntateknisiin järjestelmiin laskettava kaukolämpöverkot yhdessä sähkö-, jäähdytys-, vesi- ja jätevesiverkkojen kanssa muodostavat Suomessa arvoltaan 19,5 miljardin euron kokonaisuuden, jotka ovat yhteiskunnallisesti keskeistä infrastruktuuria. Vuonna 2019 puolueettoman asiantuntija-arvion mukaan Suomen kaukolämpöverkko- ja jäähdytysverkko-omaisuuden tilan yleisarvosana oli 9+. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL 2019, 22-25.) Tätä asiantuntija-arviota kaukolämpöverkkojen tilasta tukee myös Energiateollisuus ry:n laatimat valtakunnalliset keskeytystilastot. Keskeytystilastojen mukaan kaukolämmön toimitusvarmuus on lähes 100 %. Syynä tähän voidaan nähdä kaukolämpöverkkojen nuorehko ikä, kuntotason systemaattinen tilastointi sekä kunnonvalvonta. Suomen kaukolämpöverkkojen vanhimmat osat ovat vain 50-60 vuotta vanhoja, mutta on kuitenkin muistettava, että verkkojen ikääntyessä kaukolämpöyritykset joutuvat lisäämään panostusta hallitsemiensa verkostojen omaisuudenhallintaan kasvavissa määrin. (Sirola 2015) Tulevaisuuden energiajärjestelmässä kaukolämmön jakeluverkostoilla nähdään aiempaa suurempi rooli, sillä neljännen sukupolven kaukolämpöjärjestelmän myötä mahdollisesti avautuvat verkot mahdollistavat kolmansien osapuolien toimittaa lämpöenergiaa kaukolämpöverkoston. Tämän vuoksi toimitusvarmuus ja kaukolämpöverkon kunto ovat jatkossa yhä tärkeämmässä roolissa. (Sernhed & Jönsson 2017, 382.)

Fyysistä omaisuutta, kuten infrastruktuuria hallitsevien organisaatioiden kohdalla on erityisen tärkeää omaisuudenhallinta, jonka avulla pyritään hallinnoimaan verkosto-omaisuutta systemaattisesti ja tehokkaasti. Omaisuudenhallinnan avulla organisaatio hallinnoi omaisuuttaan koko elinkaaren ajan siten, että sille asetetut tavoitteet saavutetaan mahdollisimman tehokkaasti huomioiden organisaation ominaisuudet ja rajoitteet. (Balzer & Schorn 2015, 6.; Anthony & Hastings 2015, 6-7.) Jotta osataan arvioida omaisuuden kykyä saavuttaa sille asetetut tavoitteet, tarvitaan suorituskyvyn arviointia. Tähän tarkoitukseen voidaan käyttää suorituskykymittareita, jotka omaisuuden suorituskyvyn arvioinnin lisäksi tarjoavat tietoa, kuinka hyvin toimintaa johdetaan ja korostaa huomiota kaipaavia osa-alueita. (SFS-ISO 55000 2014, 24.; Anthony & Hastings 2015, 497.)

Tutkimuksen lähtökohtana on mittaamisen ja tavoitteiden asettamisen pohjalta verkosto-omaisuuden hyödyntäminen siten, että omaisuuden toimintataso pidetään halutulla tasolla ja että sen suunniteltu tarkoitus täyttää asiakkaiden vaatimukset. Infrastruktuurille on tyypillistä, että investointipäätökset vaikuttavat pitkällä aikavälillä, jonka vuoksi on tärkeää tuntea verkosto-omaisuuden hallinta elinkaaren eri vaiheissa. Näillä elinkaaren hallintatoimenpiteillä verkosto-omaisuuden toimintataso pidetään halutulla tasolla. Jotta verkosto-omaisuuden kykyä täyttää sille asetettuja vaatimuksia voidaan seurata ja arvioida, tarvitaan suorituskykymittareita tavoitetasoineen. Suorituskyvyn mittaamista lähestytään omaisuudenhallintaan keskittyvän ISO 55000 -standardisarjan pohjalta, joka antaa työkaluja omaisuuden systemaattiseen ja tehokkaaseen hallintaan. Suuressa kuvassa suorituskykymittarit kytkeytyvät ISO 55000 -standardisarjaan pohjautuvaan omaisuudenhallintajärjestelmään, joka otetaan käyttöön asteittain toimeksiantavassa yrityksessä.

1.1 Tutkimusongelma, -kysymykset, sekä tavoitteet

Hirsjärvi & al. (2016, 125-129) mukaan hyvin muotoiltu ongelma - joka tyypillisesti esitetään kysymysmuodossa - on jo puoli vastausta, mutta juuri muotoilu on usein vaikeampaa kuin sen ratkaiseminen. Hirsjärvi & al. jatkavat edelleen, että perinteisessä tutkimuksessa johtoajatuksen perusteella voidaan asettaa pääongelma. Tässä työssä johtoajatuksena voidaan pitää nykytilaa, jossa tietoa verkosto-omaisuuden suorituskyvystä ei ole valjastettu täysin omaisuuden elinkaaren hallintaan. Tämän myötä työn päätutkimusongelma on selkeästi

määritellyn suorituskykymittariston puute kaukolämmön jakeluverkoston omaisuuden ja siihen vaikuttavien toimien seurantaan, jota voidaan käyttää omaisuuden elinkaaren hallinnan tukena. Hirsjärvi & al. (2016, 128) mukaan tutkimukselle on yleistä, että pääongelman perusteella nousseet alaongelmat mahdollistavat vastaamisen pääongelmaan. Tässä työssä tutkimusongelmaan etsitään ratkaisua seuraavilla tutkimuskysymyksiksi muotoiluilla alaongelmissa:

- Mitkä ovat olennaisia mittareita verkosto-omaisuuden suorituskyvyn seurantaan?
- Millä elinkaaren hallintatoimenpiteillä kaukolämpöverkko-omaisuus pidetään haluttu tasolla?

Tutkimuksen ensisijaisena tavoitteena on määrittellä toimeksiantajalle kaukolämpöverkosto-omaisuuden ja siihen vaikuttavien toimien seurantaan suorituskykymittaristo tavoitteineen täyttäen ISO 55000 -standardisarjan vaatimukset. Nämä suorituskykymittarit voidaan valjastaa käytettäväksi elinkaaren hallinnan tukena, mikä mahdollistaa elinkaaren hallinnan ja siten tehokkaan omaisuudenhallinnan.

1.2 Tutkimusmetodologia

Työssä pyritään tuottamaan lisätietoa Energiateollisuus ry:n teknisille tunnusluvuille, joiden avulla kaukolämpöverkko-omaisuutta ja siihen vaikuttavia toimia voidaan arvioida. Tutkimuskohdetta kehittävän luonteen vuoksi tutkimusotteeksi valitaan toimintatutkimus. Valli & Aarnos (2018, Osa 2) toteavat, että toimintatutkimukselle on tyypillistä intressi halusta tietää, miten jokin asia voidaan tehdä paremmin. Valli & Aarnos jatkavat edelleen, että toimintatutkimus on enemmänkin lähestymistapa tutkimukseen, jossa yhdistetään käytännön kehittämistyö ja tutkimus siten, että käytäntöä ja teoriaa käsitellään asian eri kulmista.

Tutkimukselle keskeinen aineistonkeruu voi tapahtua monella tapaa. Hirsjärvi & al. (2016, 191) mukaan tyypillisimpiä aineistonkeruumenetelmiä ovat kysely, haastattelu, havainnointi ja dokumenttien käyttö. Valli & Aarnos (2018, Osa 2) pitävät toimintatutkimusta menetelmänä, jossa aineistonkeruu perustuu useaan menetelmään. Tässä työssä aineistonkeruu ensimmäiseen tutkimuskysymykseen sekä tutkimusongelmaan tapahtuu perusteoksien ja ky-

selyn avulla. Näillä kahdella menetelmällä pyritään myös vastaamaan tutkimuksen lähestymistapaan, jossa teoriaa edustavat perusteokset ja käytäntöä edustava kysely käsittelevät tutkimuskohdetta eri näkökulmista. Verkkokysely toteutetaan strukturoidulla lomakkeella valikoidulle ryhmälle, joka koostuu 18 Suomen suurimman kaukolämmön jakelua harjoittavan yhtiön edustajista. Kyselyyn osallistuvan ryhmän yritysten hallinnassa olevat lämpöverkot kattavat 62 % Suomen kaikista kaukolämpöverkoista. Strukturoitu lomake muodostuu avoimista ja monivalintakysymyksistä, sekä osittain näiden välimuodoista. Kyselyn tavoitteena on tuottaa lisätietoa saatavilla oleville teknisille tunnusluvuille selvittämällä muiden toimijoiden tapoja ja käytänteitä, joita voidaan käyttää verkosto-omaisuuden ja siihen vaikuttavien toimien suorituskyvyn seurannassa. Hirsjärvi & al. (2016, 193-195) mukaan kyselytutkimus on tehokas menetelmä, koska sillä voidaan kysyä monia kysymyksiä ja saadun aineiston analysointiin voidaan käyttää yleisesti käytössä olevia tapoja. Hirsjärvi & al. jatkavat edelleen, että kyselytutkimuksen aineisto käsitellään tyypillisesti määrällisesti. Tämän vuoksi kyselyn perusteella saatuja tuloksia analysoidaan monivalintakysymyksien osalta määrällisten menetelmien avulla (aritmeettinen keskiarvo, mediaani ja keskihajonta) sekä avoimien kysymyksien osalta tilastollisin menetelmin ryhmittelemällä vastaukset. Perusteoksina käytetään kaukolämpöön liittyviä teoksia ja omaisuudenhallinnan standardisarjaa ISO 55000. Mahdollisuuksien mukaan käytetään perusteoksien tukena kohdeyrityksestä saatavilla olevaa materiaalia.

Työn toiseen tutkimuskysymykseen etsitään vastauksia ensisijaisesti perusteoksien avulla. Myös työn yhteydessä toteutetun kyselyn tuloksia hyödynnetään soveltuvin osin etsittäessä vastausta toiseen tutkimuskysymykseen. Perusteoksina käytetään elinkaarenhallintaan liittyviä teoksia. Teoksien aihepiirit liittyvät infrastruktuurin elinkaareen, joka on aihepiiriltään lähimpänä kaukolämpöverkkoa. Perusteoksien avulla pyritään löytämään niitä toimenpiteitä, jonka avulla elinkaarta pystytään hallitsemaan suunnitelmallisesti sekä mahdollisia tavoitetasoja. Eri lähteiden vertailu suoritetaan tekstin sisällä kappale kerrallaan, eikä erillisiä taulukoita tai kuvaajia käytetä arvioitaessa lähteitä. Herkkyyttä tullaan arvioimaan saturaa-tion kautta siten, että tutkimusaineistoa oletetaan olevan riittävästi, kun aineisto toistaa itseään ja uusien näkökulmien löytäminen on haasteellista.

1.3 Tutkimuksen rakenne

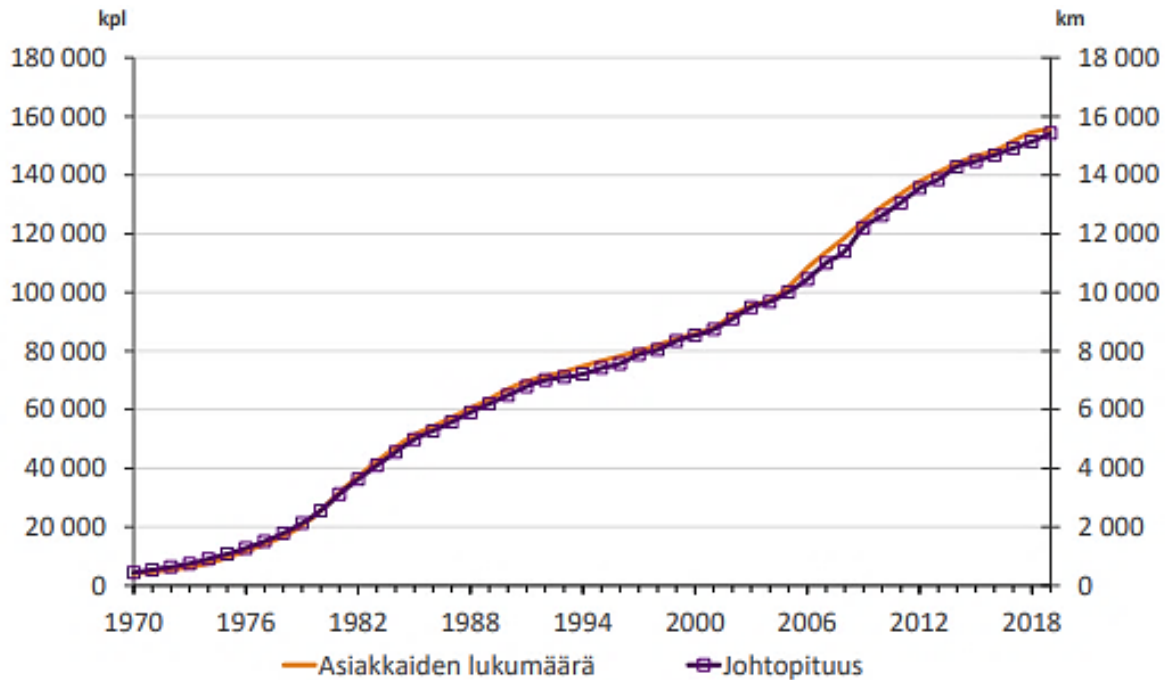
Työn johdannossa esitellään työn taustat sekä tutkimustyölle tyypilliset tutkimuskysymykset, -ongelma sekä metodologia. Toisessa luvussa esitellään kaukolämpöverkosto yleisellä tasolla, sen suorituskykyä mittaavat tunnusluvut sekä toimeksiantajan kaukolämpöverkosto. Kolmannessa luvussa tarkastellaan omaisuudenhallinnan teoriataustaa ISO 55000 -standardisarjan näkökulmasta, määritellään tärkeimmät käsitteet, tarkastellaan omaisuudenhallintajärjestelmää ja sen merkittävää osa-aluetta omaisuusvalikoimaa elinkaaren vaiheineen. Merkittävä osa kolmatta lukua on työn toiseen tutkimuskysymykseen liittyvät kaukolämpöverkosto-omaisuuden elinkaaren vaiheet, sekä hallintatoimenpiteet. Työn neljännessä luvussa määritellään suorituskyky, käsitellään suorituskyvyn mittaamista yleisellä tasolla ja siihen valjastettuja suorituskyvyn kokonaisvaltaisia mittaristoja. Merkittävä osa neljättä lukua on suorituskyvyn tarkastelu omaisuudenhallinnan standardisarjan näkökulmasta, sekä mitä organisaation tulee huomioida valitessaan suorituskykymittareita. Osana neljättä lukua tarkastellaan myös strategian ja tavoitteiden kytkemistä suorituskykymittausten yhteyteen. Viidennessä osiossa taustoitetaan kyselytutkimuksen toteutusta sekä vastausten analysointia. Työn kuudes osio voidaan nähdä tuloksina, sillä luvussa tarkastellaan kyselytutkimuksen tulokset, sekä niiden ja standardisarjan pohjalta luodut suorituskykymittarit toimeksiantajalle. Kuu-dennessa osiossa käydään myös kyselyn perusteella nousseita näkökulmia verkosto-omaisuuden hallintatoimenpiteisiin ja niiden yhdistämistä aiemmin työssä saatuun teoriapohjaan. Tuloksien jälkeisessä seitsemännessä osiossa esitellään työn johtopäätökset sisältäen tulosten hyödynnettävyyden sekä mahdolliset jatkotutkimusaiheet. Työn viimeisessä osiossa on yhteenveto, jossa kerrataan tiiviisti diplomityön tavoitteet, sisältö ja työn tulokset.

2 KAUKOLÄMPÖVERKOSTO

Toisen luvun tarkoituksena on esitellä kaukolämmön perusidea sekä esitellä kaukolämpöjärjestelmää yleisellä tasolla. Työn tavoitteista johtuen kaukolämpöjärjestelmää tarkastellaan pääasiallisesti jakelun näkökulmasta, vaikka kaukolämpöjärjestelmään voidaan laskea kuuluvaksi myös tuotanto- ja asiakaskohteet. Jakelun osalta keskitytään jakelujärjestelmän rakenteeseen, käyttöön, yleisesti käytössä oleviin tunnuslukuihin sekä toimeksiantajan verkostoon.

Kaukolämmityksen perusideana on hyödyntää paikallisia energialähteitä tai ylijäämäenergioita alueellisen lämmitysmarkkinan asiakkaiden lämmitystarpeen tyydyttämiseen. Alueellinen markkinapaikka muodostuu maanalaisten putkien muodostamasta kaukolämmön jakeluverkostosta, joissa tyypillisesti virtaava vesi siirtää lämpöä asiakaskohteisiin. Veden tilalla voidaan käyttää myös höyryä, jota tyypillisesti nimitetään ensimmäisen sukupolven kaukolämpöjärjestelmäksi. Ensimmäisen sukupolven kaukolämpöjärjestelmiä on edelleen käytössä korkean väestötiheyden omaavilla kaupunkialueilla New Yorkin Manhattanilla ja Pariisin keskusta-alueella. Siirryttäessä toisen sukupolven kaukolämpöjärjestelmiin havaittiin veden käyttämisen höyryn sijaan energiatehokkaampana. Energiatehokkuus oli ajurina myös siirryttäessä 1970-luvulla nykyisin pääasiassa käytössä olevaan kolmannen sukupolven kaukolämpöjärjestelmään. Kolmannen sukupolven järjestelmälle tyypillistä edellisiin järjestelmiin verrattuna ovat esieristetyt putkielementit sekä jakelun alhaisemmat lämpötilatasot. Näiden sukupolvien myötä on syntynyt maailmanlaajuisesti laajoja kaukolämpöverkostoja, joihin arvioidaan kuuluvan putkia 600 000 km, joista 200 000 km Euroopassa. (Werner 2017, 618-622.)

Suomessa kaukolämpö on rakennuskannan yleisin lämmitysmuoto, sillä vuonna 2018 kaukolämmitetyssä asunnossa asui yhteensä 2,94 miljoonaa henkilöä, joka tarkoittaa lukumäärällisesti 155 500 asiakaskohdetta (Energiateollisuus ry 2020a, 5-6). Vuonna 2018 kaukolämmityksen markkinaosuus kaikista Suomen asuin- ja palvelurakennuksista oli 46 % (Suomen virallinen tilasto 2019). Kuvasta 1 nähdään, että kaukolämpöasiakkaiden lukumäärä sekä valtakunnallinen verkostopituus ovat kasvaneet tasaisesti vuodesta 1970 lähtien. Vuoden 2019 lopussa maamme kaukolämmön jakeluverkoston kokonaispituus oli 15 430 km (Energiateollisuus ry 2020a, 3).

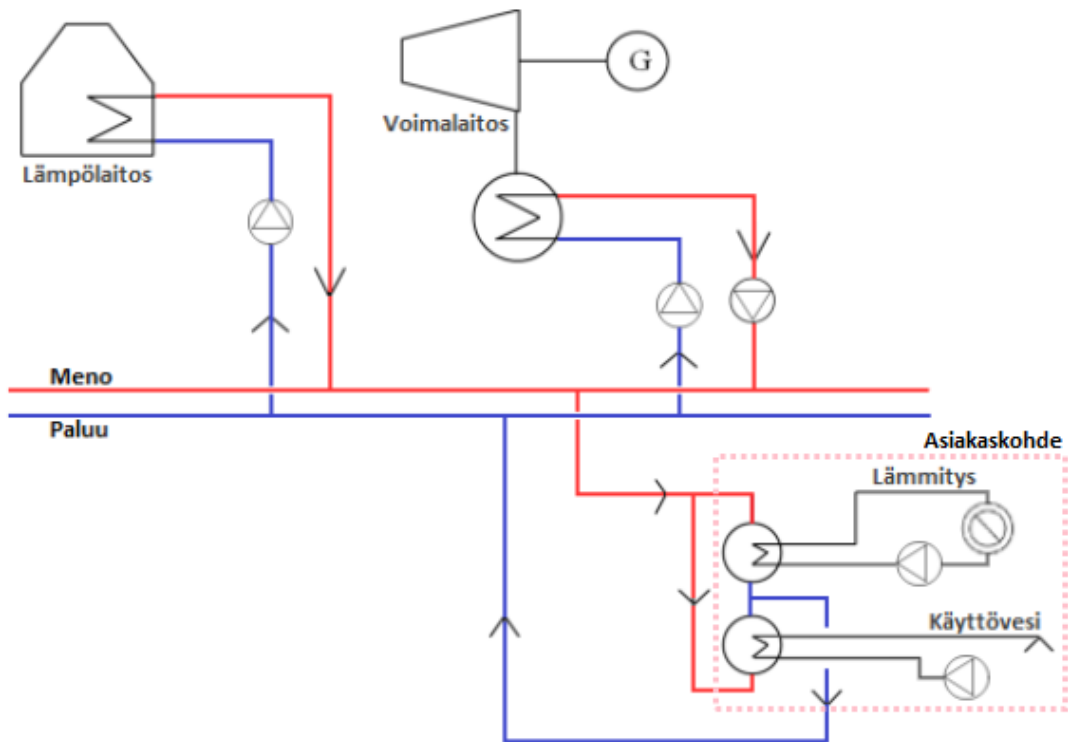


Kuva 1 Asiakkaiden lukumäärän ja verkostopituuden kehitys Suomessa 1970-2019. (Energiateollisuus ry 2020a, 5.)

Kaukolämmön tulevaisuuteen liittyy kuitenkin haasteita vahvasta markkinaosuudesta huolimatta. Kaukolämmön vahvuuksiksi mielletyt vaivattomuus ja varmuus tulisi pyrkiä säilyttämään lisäämällä toiminnan joustavuutta toiminnan jokaisella osa-alueella, eli tuotannossa, jakelussa sekä kulutuksen ohjauksessa. Joustavuus liittyy itsessään kiinteästi neljännen sukupolven kaukolämpöjärjestelmään (4GDH), joka mielletään älykkään lämpöverkon konseptiksi. Neljännen sukupolven kaukolämpöjärjestelmää voidaan vielä pitää tulevaisuuden järjestelmänä, jota kohti hiljalleen siirrytään. Konseptissa tavoitteena on energiatehokkuus, joka verrattuna tämän hetkiseen kaukolämpöjärjestelmään tapahtuu laskemalla kaukolämpöveden lämpötilatasoja entisestään, siirtymällä keskitetystä tuotannosta yhä hajautetumpaan sekä hyödyntämällä tehokkaammin reaaliaikaista dataa. (Pesola et al. 2011, 34; Lund et al. 2014, 3-10.)

2.1 Jakelujärjestelmän rakenne

Kaukolämpöjärjestelmä koostuu eri osista, jotka karkeasti voidaan jaotella neljään luokkaan: tuotanto, jakelujärjestelmä, asiakaskohteet sekä asiakaskohteiden lämmitysjärjestelmät (Frederiksen & Werner 2013, 13). Jakelujärjestelmä koostuu kaukolämpöverkon muodostavan putkiston lisäksi tarkastuskaivoista sekä välipumppaamoista. Yhdessä tuotannon ja asiakaskohteiden kanssa jakelujärjestelmä muodostaa Suomessa tyypillisesti käytössä olevan vesikaukolämpöjärjestelmän, missä kaukolämpövesi lämmitetään voimalaitoksilla tai lämpölaitoksilla, joista se pumpataan kaukolämpöverkon menolinjaa pitkin asiakaskohteisiin. Asiakaskohteissa kuuma kaukolämpövesi jäähtyy lämmönjakokeskuksen lämmönsiirtimissä siirtäen luovutetun lämpöenergian kiinteistön lämmitysjärjestelmään, joka tyypillisesti on kiinteistön ja käyttöveden lämmitystä. Jäähtynyt kaukolämpövesi palaa paluulinjaa pitkin uudelleen lämmitettäväksi tuotantolaitokselle. (Koskelainen et al. 2006, 43-46 & 146.) Kuvassa 2 on esitettyä kaksiputkisen vesikaukolämpöjärjestelmän yksinkertaistettu periaatekuva, jossa lämpöenergia tuotetaan voima- ja/tai lämpölaitoksessa ja joista se pumpataan jakeluverkostoon.

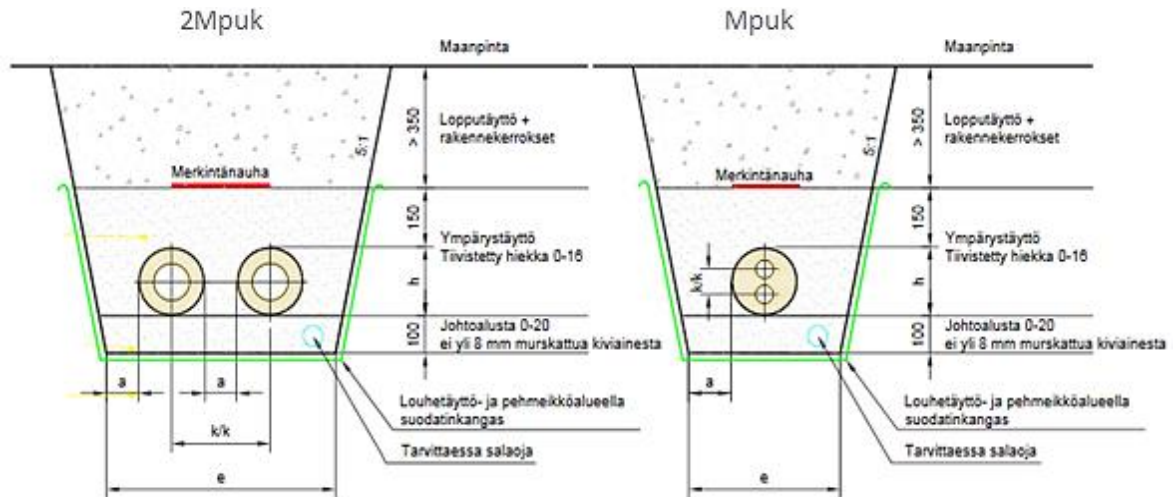


Kuva 2 Kaksiputkisen vesikaukolämpöjärjestelmän periaatekuva. (mukaiillen Koskelainen et al. 2006, 43.)

Kaksiputkijärjestelmälle on tyypillistä, että erilliset meno- ja paluupuolen virtausputket muodostavat suljetun kierron tuotantolaitoksien ja asiakaskohteiden lämmönsiirtimen kanssa. Yleisesti virtausputkien materiaalina käytetään terästä, mutta myös muovi on mahdollinen materiaali alhaisemmissa verkostoveden lämpötiloissa ($T_{\max, \text{jatkuva}}=80\text{ °C}$, $T_{\max, \text{hetkellinen}}=95\text{ °C}$ ja $p_{\max}=10\text{ bar}$). Teräksisen virtausputken sisältävien johtorakenteiden sekä johtorakenteisiin liittyvien komponenttien, kuten venttiilien, suunnittelupaine on 16 bar ja maksikäyttölämpötila 120 °C. Järjestelmässä virtaavan kaukolämpöveden lämpötila vaikuttaa putkiston, sekä sen komponenttien käyttöikään. Minimissään käyttöiän tulee olla 30 vuotta, mikäli jatkuva käyttölämpötila on 120 °C. (Koskelainen et al. 2006, 137 & 143.)

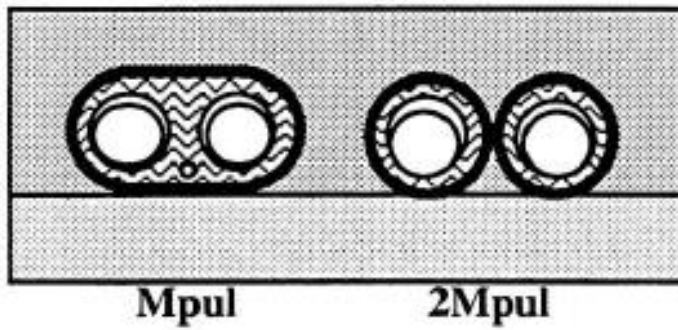
2.1.1 Johtorakenteet

Kaukolämmön jakelujärjestelmän muodostavat johdot ryhmitellään kanavarakenteen mukaisesti, joiden rakentaminen on vaihdellut aikakauden mukaan. Tänä päivänä Suomessa rakennettavat kaukolämpöjohdot ovat lähes poikkeuksetta muovisuojakuorirakenteellisia kiinnivaahdotettuja johtoja. Kiinnivaahdotetussa rakenteessa virtausputki, polyuretaanieriste ja polyeteenisuojakuori muodostavat yhtenäisen elementtirakenteen. Kiinnivaahdotetut rakenteet jaetaan yksi- (2Mpuk) ja kaksiputkijohtoihin (Mpuk) sen mukaan, onko johtorakenteessa yksi vai kaksi virtausputkea. Yksiputkijohdossa meno- ja paluuputki ovat erilliset ja niillä kummallakin on oma polyuretaanieristys ja polyeteenisuojakuori. Kaksiputkijohdossa meno- ja paluuputki ovat saman polyuretaanieristyksen ja polyeteenisuojakuoren sisässä. Kiinnivaahdotetun johtorakenteen hyväksi puoliksi voidaan mainita tasainen laatu, sekä yhtenäiset ja yhteensopivat elementit. Lisäksi johtorakenne ei ole niin herkkä ulkoisille tekijöille, kuten maan painuminen. Tuulettuviin johtorakenteisiin verrattuna vauriot ovat myös tyypillisesti paikallisia kiinnivaahdotetussa rakenteessa. (Koskelainen et al. 2006, 137-140.) Kuvassa 3 on esitetty yksi- ja kaksiputkijohdon tyyppikuva.



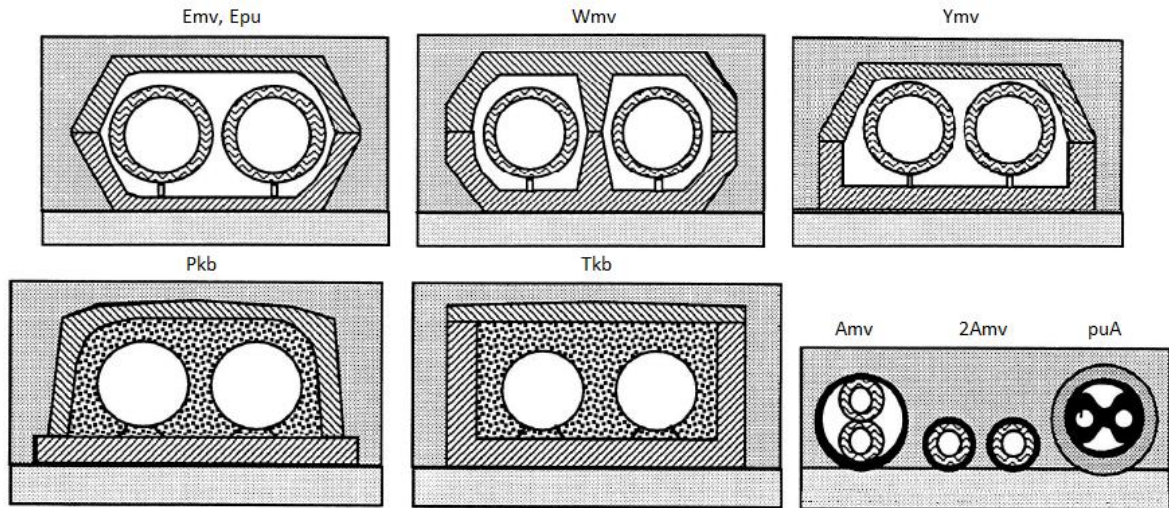
Kuva 3 Yksi- sekä kaksiputkijohdon tyyppikuva. (mukaillen Energiateollisuus ry 2018a, 45-46.)

Muita muovisuojakuorirakenteellisia johtotyyppejä ovat muun muassa Mpul, 2Mpul, Mpe, Mmv sekä 2Mmv. Lyhenteen alussa esiintyvä M-kirjain tarkoittaa johtorakenteen ulko-kuorta, joka tyyppillisesti on polyeteeniä. M-kirjainta seuraa johdon lämpöeristystä kuvaava lyhenne, jossa pu tarkoittaa polyuretaanivaahtoa, pe vaahdotettua polyeteeniä ja mv mineraalivillaa. Viimeisenä lyhenteissä esiintyvä kirjain kuvaa johdon rakennetta siten, että k-kirjain tarkoittaa putkien olevan kiinni eristyksessä ja l-kirjaimella putkirakenne on liikkuva. Etenkin liikkuvin teräsputkin varustettua muovisuojakuorijohtoa (Mpul/2Mpul) käytettiin yleisesti 1960-luvun puolivälistä 20 vuoden ajan. Rakenne muodostuu polyeteenisestä ulkosuojakuoresta, johon on liitetty polyuretaanin avulla virtausputkien suoja-kuorena toimiva lasikuituputki. Toiminnallisesti lasikuituputkeen asennettu teräksinen virtausputki mahdollistaa vapaan lämpöliikkeen virtausputkelle sekä sen tuulettumisen. Rakenteen heikkoutena on se, että maan painuminen aiheuttaa herkästi muutoksia johtorakenteen toimintaan ja suoja-kuoren rikkouduttua vaurio leviää helposti koko kaivovälille. Liikkuvin teräsputkin varustettua muovisuoja-kuorijohtoa on olemassa yksi- ja kaksiputkisena, aivan kuten kiinnivaahdotettuakin. (Koskelainen et al. 2006, 137 & 145.) Liikkuvin teräsputkin varustetun muovisuoja-kuorijohdon poikkileikkaus on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4 Mpul- sekä 2Mpul-johtorakenteiden poikkileikkaus. (Energiateollisuus ry 2008, 17.)

Muovisuojakuorirakenteellisten lisäksi käytössä on edelleen paljon betonikanavarakenteita. Betonikanavajohdossa - joita ei ole rakennettu Suomeen 90-luvun alun jälkeen - on betonirakenteen suojassa kannakoidut teräksiset virtausputket, joiden lämpöliikkeet ja tuenta kohdistuvat kannakkeiden avulla betonikuoreen. Lämpöeristeenä betonikanavissa on yleisesti käytetty mineraalivillaa tai polyuretaania. Erilaisia betonikanavatyyppejä ovat muun muassa Emv, Epu, Wmv, Tmv, Ymv sekä Pkb. Betonikanavatyyppit eroavat toisistaan lähinnä elementtien muodosta ja rakennustavasta. Yleisin näistä on kokoelementtikanava Emv, joka muodostuu lähes samanlaisista ala- ja yläelementistä. Elementtien liitoskohdat saumataan siten, ettei ulkopuolinen vesi pääse kanavaan. Rakenteelle tyypillisiä ovat kiintopisteet, joihin hitsatut virtausputket kohdistavat lämpöliikkeiden voimat maahan. Koska ala- ja yläelementti muodostavat johtokanavan, rakenne itsessään on tuulettuva. Muovisuojakuori- sekä betonikanavarakenteiden lisäksi käytössä on edelleen asbestisuoja-putkijohtoja (Amv, 2Amv ja puA), joiden lämmöneristeenä on polyuretaani tai mineraalivilla. Asbestisuoja-putkijohtoja ei ole rakennettu 1980-luvun jälkeen sen yleisesti tunnetun haitallisuutensa vuoksi. (Koskelainen et al. 2006, 144-145.) Yleisimpien betonikanava- sekä asbestisementtisuoja-putkirakenteiden poikkileikkauskuvat on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5 Yleisimmät betonikanava- sekä asbestisementtisuojauputkirakenteet. (mukaiillen Energiateollisuus ry 2008, 17-18.)

2.1.2 Kaivot

Erilaisten johtorakenteiden lisäksi jakelujärjestelmään kuuluvat kaukolämpökaivot, jotka voidaan jakaa sisäänmentävyyden osalta betoni- tai maaventtiilikaivoihin. Betonikaivot, jotka voidaan edelleen jakaa elementti- ja valukaivoihin, ovat sisäänmentäviä. Nimensä mukaisesti elementtikaivot koostuvat kaivo- ja kansielementistä. Valukaivot ovat paikallaan valettuja. Kumpikin betonikaivotyyppi sisältää yleensä valurautakannet, tikkaat, viemäröinnin ja tuuletuksen. Maaventtiilikaivot ovat maan pinnalta käytettäviä kaivoja, jotka tyypillisesti sisältävät kiinnivaahdotettuja venttiilielementtejä. Sekä betoni-, että maaventtiilikaivojen sisältö vaihtelee tarkoituksen mukaan, mutta yleensä kaivossa on erilaisia sulkuventtiileitä, tyhjennyksiä ja ilmanpoistoja. (Koskelainen et al. 2006, 146-147.)

2.1.3 Välipumppaamot sekä lämmönsiirtimet

Pääasiallisesti kaukolämpöverkon pumppaus hoidetaan lämpöä syöttäviltä tuotantoyksiköiltä. Lisäksi suurissa verkoissa on järkevää käyttää välipumppaamoita, sillä välipumpauksen avulla pumppauksen kokonaiskustannuksia saadaan pienennettyä. (Mäkelä & Tuunanen 2015, 44-47.) Välipumppaamon perusteena voi myös olla suunniteltujen paineiden ylittäminen jossain verkon osassa, mikäli käytössä olisi vain yksi pumppauspiste. Tällöin

etenkin pitkien välimatkojen verkossa vaaditaan välipumppaamoja. Välipumppaamon toiminta perustuu normaalisti paine-eron säätöön kriittiseen pisteeseen nähden, joka voi olla huonoimman paine-eron omaava asiakaskohde pumppaamon jälkeen. (Koskelainen et al. 2006, 175.)

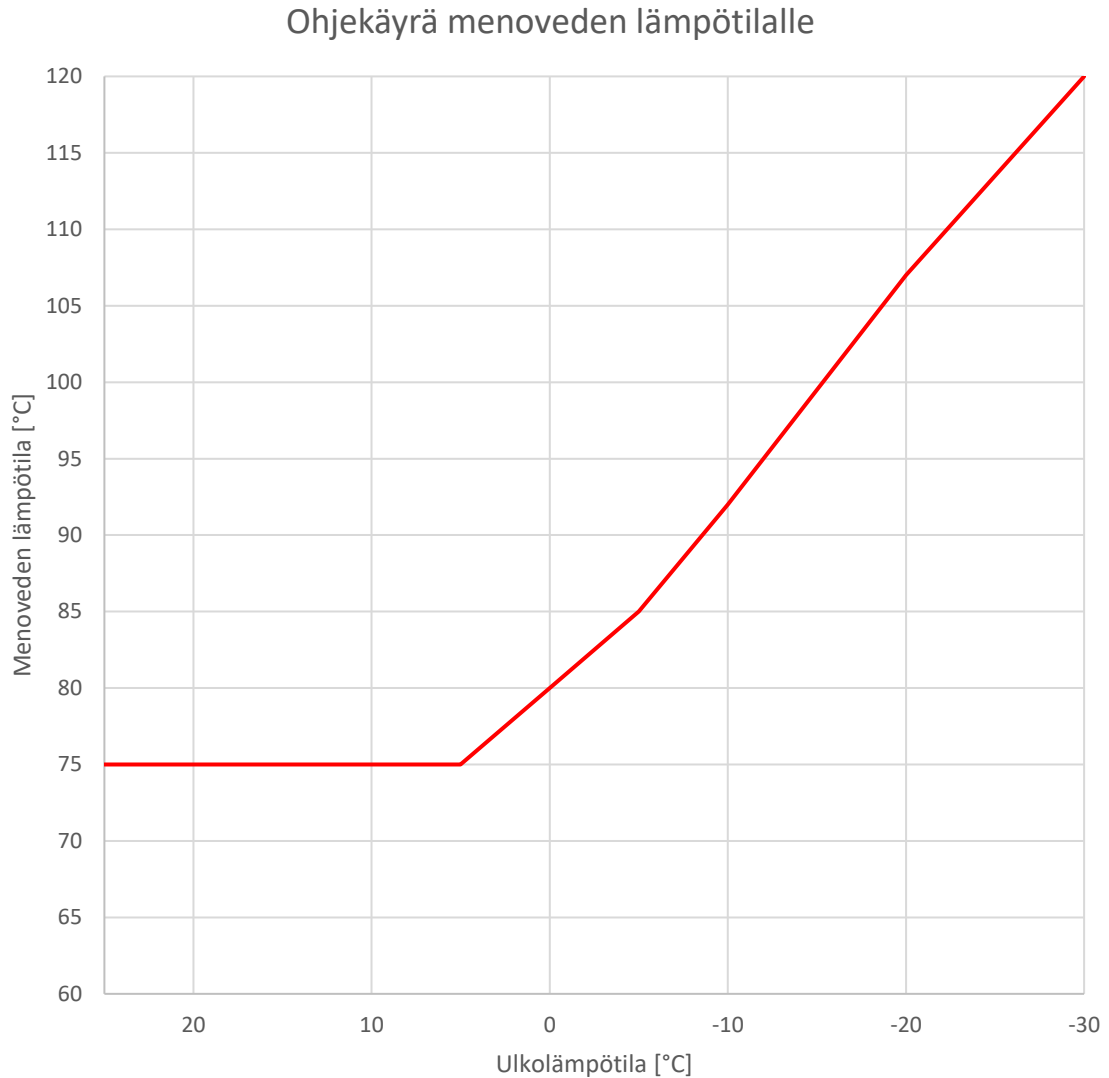
Mikäli kaukolämpöverkossa halutaan erottaa jokin alue omakseen, tarvitaan lämmönsiirrinasemia. Näillä asemilla voidaan hallita verkon eri osien paine- tai lämpötilatasoja. Syitä lämmönsiirrinaseman rakentamiseen voivat olla muun muassa suunniteltujen paineiden ylittäminen jossain verkon osassa, topografiset korkeuserot tai verkon suuret etäisyydet. Tyypillisesti lämmönsiirrinasemilla käytetään levylämmönvaihtimia, jotka ovat rinnankytkettyinä verkkoon. (Koskelainen et al. 2006, 175-176.)

2.2 Järjestelmän käyttö

Kaukolämpöjärjestelmän käyttö perustuu pitkälti menoveden lämpötilan, paine-eron ja painetason säätöön. Säädettäessä kaukolämpöverkon menoveden lämpötilaa toimii punaisena lankana asiakkaiden lämmöntarpeen tyydyttäminen ilman turhia siirtohäviöitä. Riittävä paine-ero kaukolämpöverkostossa mahdollistaa asiakaslaitteiden suunnittelun mukaisen toiminnan, joka tarkoittaa käytännössä asiakkaan lämmöntarpeen kattamista kaukolämpöverkon vesivirtaamaa säätämällä. Riittävä painetaso kaukolämpöverkossa takaa sen, ettei kaukolämpövesi pääse höyrystymään missään olosuhteissa ja aiheuttamaan veden höyrystymisestä johtuvaa vesi-iskua. (Koskelainen et al. 2006, 335.)

Menoveden lämpötila vaihtelee kaukolämpöverkossa ulkolämpötilan funktiona. Talvisin, kun keli on kylmä, on kaukolämpöverkon menoveden lämpötila korkeimmillaan. Kesällä verkoston lämpötila on vastaavasti alhaisimmillaan. Alarajan menovedelle asettaa jakeluverkoston siirtokyky sekä asiakaslaitteiden osalta etenkin lämpimän käyttöveden valmistus. Menoveden ylärajan vastaavasti asettaa kaukolämpöverkoston suunnittelulämpötila sekä taloudellisesti sähköntuotannon optimointi yhteistuotannossa alhaisemmalla kaukolämmön menolämpötilalla. Käytännössä menoveden lämpötila on pitkälti kokemukseräistä tietoa, vaikka Energiategollisuus ry:llä on olemassa myös menoveden ohjekäyrä. Viime vuosina on otettu käyttöön myös erilaisia menoveden optimointijärjestelmiä, jotka perustuvat tuotannon

ja kulutuksen ennakointiin. (Koskelainen et al. 2006, 335–337.; Tekniikka & Talous 2019.)
Energiateollisuus ry:n laatima menoveden ohjekäyrä on esitetty kuvassa 6.



Kuva 6 Energiateollisuus ry:n laatima menoveden ohjekäyrä vallitsevan ulkolämpötilan funktiona. (mukaillen Koskelainen ym. 2006, 336.)

Kaukolämpöverkoston paine-eron säätöä voidaan nimittää myös vesivirtasäädöksi, sillä paine-eron pienentyessä meno- ja paluupuolen välillä kasvatetaan vesivirtaamaa kaukolämpöverkoston. Paine-eron mittaus on pitkälti kokemusperäistä tietoa verkosta ja perustuu tyypillisesti niin sanottuihin kriittisiin pisteisiin. Näissä verkon kannalta kriittisissä pisteissä paine-ero pyrkii tyypillisesti ensimmäisenä laskemaan alle tavoitellun arvon. Tavoiteltu arvo

perustuu monesti siihen, että taataan asiakaslaitteiden toiminta kaikissa olosuhteissa. Suomessa lämmönmyyjä takaa asiakkaalle 60 kPa paine-eron, joka mahdollistaa riittävän vesivirran lämmönvaihtimien ja niiden yhteydessä olevien säätöventtiileiden yli. (Huhtinen et al. 2013, 14.)

Painetason säätö tai toiselta nimeltään paineen pito toteutetaan kaukolämpöverkostossa erillisillä paineenpitopumpuilla sekä paisuntajärjestelmällä. Riittävän painetason pito verkostossa on kriittistä sen vuoksi, ettei kuuma ja paineistettu vesi pääse höyrystymään missään olosuhteissa ja aiheuttamaan mahdollisesti paineiskua. Painetason muutosta kaukolämpöverkostossa voivat aiheuttaa verkostoveden lämpötilavaihtelusta aiheutuvat tilavuuden muutokset sekä verkostovuodot. Mikäli kaukolämpöverkko vuotaa tai siinä kiertävän veden jäähtyessään aiheuttama tilavuuden alentuminen aiheuttaa painetason laskua, tällöin paineenpitopumput pumpaavat lisävettä kaukolämmön paluulinjaan. Vastaavasti verkoston lämpötilatason noustessa paisuntajärjestelmä kompensoi vesitilavuuden muutoksen erilliseen paisunta-astiaan. (Huhtinen et al. 2013, 14.)

2.3 Verkon tekniset tunnusluvut

Koskelaisen ym. (2006, 373) mukaan kaukolämmön teknisellä laadulla tarkoitetaan sitä, että lämmöntoimituksen tekninen taso toteuttaa kaukolämpöasiakkaan tarpeet ja odotukset. Tämän tueksi on luotu kaukolämpöverkon kunto- ja laatutasoa arvioivia valtakunnallisia tunnuslukuja. Näistä tärkeimmät ovat lueteltuna selityksineen seuraavissa kappaleissa ja niille tyypillisiä arvoja on esitetty myöhemmin taulukossa 1.

Verkostohäviö [%], jolla tarkoitetaan lämpöhäviöitä sekä mittauksien epätarkkuutta. Tunnusluku indikoi verkoston lämmöneristystä, kuntoa ja käyttöä. Verkostohäviö itsessään tarkoittaa käytännössä menetettyä energiaosuutta jakelussa. Tyypillisenä arvona suuren asiakastiheyden omaavalle verkolle on 6 – 8 %, mutta tunnusluku on verkosta ja asiakastiheydestä suuresti riippuvainen. Verkostohäviö saadaan selville yhtälön 1 mukaisesti.

$$\text{Verkostohäviö} = 1 - \frac{\text{Lämpöenergian myynti [GWh]}}{\text{Lämpöenergian hankinta [GWh]}} \quad (1)$$

(Koskelainen et al. 2006, 374.; Energiateollisuus ry 2015, 7.)

Lisäveden vuosikulutus [m^3/a], joka kuvaa kaukolämpöverkoston lisättävän veden määrää vuositasolla. Veden lisäämistä voi aiheuttaa muun muassa verkostovauriot, asiakaslaitteiden kautta tapahtuvat vuodot sekä korjaustilanteissa tapahtuvat verkon tyhjennykset. Suhteutetaan useasti verkoston kokonaisvesitilavuuteen ja alle yhden suhdelukua voidaan pitää normaalina tasona. (Koskelainen et al. 2006, 374.; Energiateollisuus ry 2015, 7.)

Vaurioiden lukumäärä [$\text{kpl}/\text{km}/\text{a}$], joka kertoo nimensä mukaisesti vuoden aikana sattuneiden vaurioiden lukumäärän verkostopituutta kohden ja voidaan nähdä indikoivan verkon yleistä kuntotaso. Normaalitytona pidetään 0,1 vauriota/km verkostoa. (Koskelainen et al. 2006, 374.; Energiateollisuus ry 2015, 7.)

Verkon käyttö- ja kunnossapitokustannukset [$\text{€}/\text{m},\text{a}$], joka indikoi verkon kuntoa ja käytön sekä kunnossapidon tehokkuutta verkostopituutta kohden vuositasolla. Huomioitavaa luvulle on, ettei se ole täysin yksiselitteinen. Tunnusluku voi ilmoittaa, että verkko on hyvässä kunnossa tai vastaavasti, että kunnossapitoa on laiminlyöty. (Koskelainen et al. 2006, 374.; Energiateollisuus ry 2015, 8.)

Keskimääräisen asiakkaan vuotuinen käyttökeskeytysaika [h/a], joka kertoo lämmönjakelun luotettavuudesta kokonaisuutena. Tunnuslukua voidaan käyttää kaukolämmön toimitusvarmuuden mittaamiseen. Pitkäaikainen keskiarvo Suomessa kyseiselle tunnusluvulle on 1 – 2 h vuodessa. Useasti tilastoinnissa erotetaan myös lämmityskausi erikseen, sillä silloin lämpöä tarvitaan sekä lämmitykseen että käyttöveden lämmitykseen. Kesäajan lämpökuorma muodostuu lähinnä käyttöveden lämmityksestä. Keskimääräisen asiakkaan vuotuinen käyttökeskeytysaika lasketaan yhtälön 2 mukaisesti.

$$\text{Käyttökeskeytysaika} = \sum(\text{Keskeytysaika [h]} * \frac{\text{Vaikutusalueen asiakasmäärä}}{\text{Kokonaisasiakasmäärä}}) \quad (2)$$

(Koskelainen et al. 2006, 374.; Energiateollisuus ry 2015, 7.)

Pisin yksittäisen asiakkaan kokonaiskeskeytysaika vuodessa [h/a], joka lähinnä täydentää keskimääräisen asiakkaan vuotuisen keskeytysajan tunnuslukua. Kuvaa vuoden aikana kehittämisen lämmöntoimitusvarmuuden omaavaa yksittäistä asiakasta. (Energiateollisuus ry 2015, 7.)

Vuosittain uusittu johtopituus [%/a], joka kuvaa toimintatapaa vuotojen korjauksissa ja verkon saneerauksissa ennen vaurioiden syntymistä. Vuosittain uusittu johtopituus suhteutetaan verkoston kokonaispituuteen. (Koskelainen et al. 2006, 374.; Energiateollisuus ry 2015, 7.)

Edellä mainittujen tunnuslukujen tyypillisiä arvoja Energiateollisuus ry seuraa asiakasyrityksiltään vuosittain. Taulukossa 1 on esitetty edellä mainituille tunnusluvuille (pl. uusittu johtopituus) kriteerit eri laatutasoille.

Taulukko 1 Vuotuisten tunnuslukujen kriteerit laatutasojen mukaan. (mukaien Energiateollisuus ry 2015, 9.)

Tunnusluku sekä tavoitetaso								
Suurehko kaukolämpöverkko eri aikakauden johtotyypeillä								
Pienehkö ja nuori kaukolämpöverkko pääasiassa kiinnivaahdotetulla johtotyypillä								
	erinomainen		hyvä		välttävä		heikko	
Verkostohäviö [%]	< 6	< 9	6 - 9	9 - 12	9 - 12	12 - 15	> 12	> 15
Lisäveden suhde verkon kokonaisvesitilavuuteen [-]	< 0,7	< 0,3	0,7 - 1,2	0,3 - 0,8	1,2 - 1,7	0,8 - 1,3	> 1,7	> 1,3
Vauriot [kpl/km]	< 0,08	0	0,08 - 0,16	0 - 0,1	0,16 - 0,24	0,1 - 0,2	> 0,24	> 0,2
Käyttö- ja kunnossapito [€/m]	< 1	< 0,8	1 - 2	0,8 - 1,5	2 - 3	1,5 - 2,2	> 3	> 2,2
Keskimääräisen asiakkaan käyttökeskeytysaika [h/a] "kesäaika" 1.5 - 30.9	< 0,6	< 0,3	0,6 - 1,2	0,3 - 0,6	1,2 - 1,8	0,6 - 0,9	> 1,8	> 0,9
Keskimääräisen asiakkaan käyttökeskeytysaika [h/a] "talviaika" 1.10 - 3.4	< 0,4	< 0,2	0,4 - 0,8	0,2 - 0,4	0,8 - 1,2	0,4 - 0,6	> 1,2	> 0,6
Pisin yksittäisen asiakkaan kokonaiskeskeytysaika [h/a]	< 10	< 0	10 - 15	0 - 5	15 - 20	5 - 10	> 20	> 10

Edellä mainittujen lisäksi verkon oleellisia tunnuslukuja ovat muun muassa lämmönsiirron pumppaussähkön ja lämpöenergian hankinnan suhde [kWh/MWh] sekä korjauskustannuksien suhde verkostopituuteen [€/m,a]. Ensimmäiseksi mainittu ilmoittaa tuotantolaitoksilla ja välipumppaamoilla kaukolämpöveden pumppaukseen käytetyn sähköenergian suhteutettuna lämmön hankintaan. Tunnusluku indikoi verkon pumppauksen tehokkuutta ja sitä voidaan käyttää päätöksenteon tukena esimerkiksi energiatehokkuustoimille. Korjauskustannuksien suhde verkoston kokonaispituuteen kuvaa vaurioiden alttiutta ja laajuutta kaukolämpöverkossa. Tunnusluku antaa myös tietoa verkon tyypillisistä vaurioista ja niihin kohdistetusta korjaustoiminnasta. (Koskelainen et al. 2006, 374.)

2.3.1 Käytettyjä tunnuslukuja muualla

Yleisesti maailmalla seurattuja asioita kaukolämmön jakelujärjestelmässä ovat luotettavuus, toiminta ja kunnossapito. Näistä luotettavuus voidaan jakaa pitkän ja lyhyen ajan luotettavuuteen. Pitkän aikavälin luotettavuus käsittää toiminnan yleisen luotettavuustason, joka tyypillisesti on kaukolämpöjärjestelmissä erittäin korkea. Lyhyen ajan luotettavuuteen vaikuttavat muun muassa putkirikot ja tapaturmat. Toiminnallisesti jakelujärjestelmissä tarkastellaan tyypillisiä ongelmia, kuten lisäveden määrää ja paluuveden korkeaa lämpötilaa. Jakelujärjestelmän kunnossapidolla voidaan vaikuttaa näihin edellä mainittuihin toiminnallisiin häiriöihin. Kunnossapito on itsessään merkittävä asia seurattavaksi jakelujärjestelmässä, sillä kunnossapidolla voidaan vaikuttaa luotettavuustason ylläpitoon sekä käyttöiän jatkumiseen. (Frederiksen & Werner 2013, 489-492.)

Järjestelmän luotettavuutta tarkkaillaan monissa kaukolämpöjärjestelmissä suhdelukuna, joka saadaan jakamalla kaukolämmön toimivat tunnit kaikille asiakkaille koko vuoden tunteilla. Pitkän ajan keskiarvon mukaan tunnuslukua tilastoivissa maissa kaukolämpö ei ole ollut käytettävissä alle tuntiin vuosittain, joka tarkoittaa luotettavuuden olevan yli 99,99 %. Toinen merkittävä tapa on tilastoida putkivaurioita, joiden tyypillisiä aiheuttajia ovat paineiskut ja ulkoinen korroosio. Putkivaurioita niitä tilastoivissa maissa on tyypillisesti 0,1 kpl/k-km,a. Tunnuslukua tarkastellessa pitää tosin huomioida, että tunnusluku pitää sisällään vuotavat sekä vuotamattomat putkivauriot. (Frederiksen & Werner 2013, 487-489.)

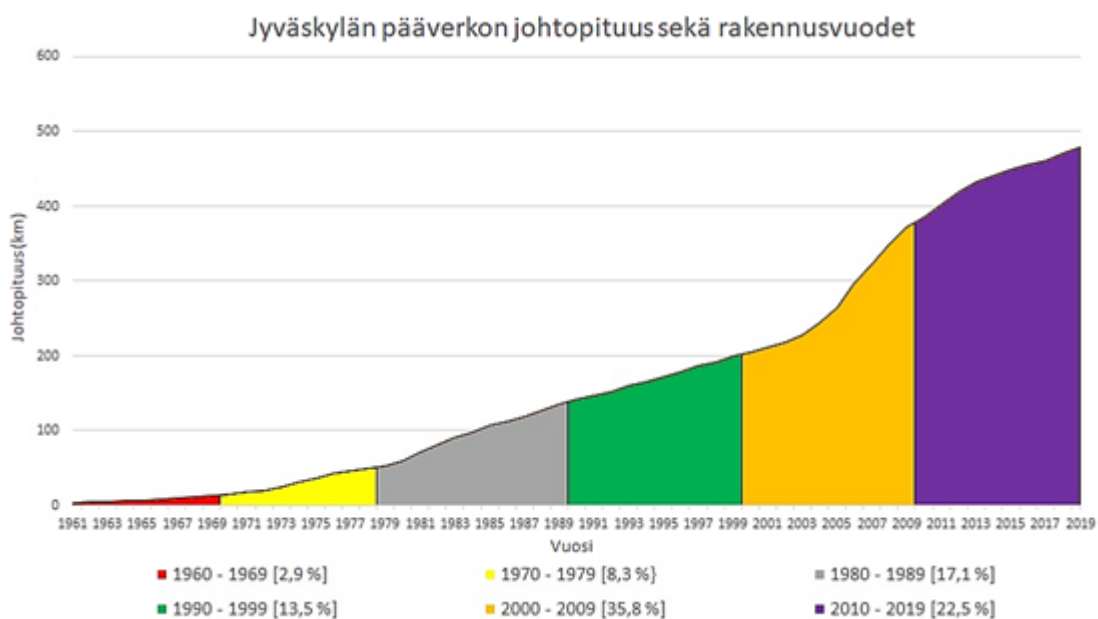
Toiminnallisista häiriöistä verkostovuodot ovat tyypillisimpiä. Aivan kuten Suomessa on yleisestikin käytössä tilastointimenetelmä, jossa lisäveden vuotuinen määrä suhteutetaan verkoston kokonaisvesitilavuuteen. Toiminnallisesti hyvin toimivana järjestelmä nähdään tunnusluvun ollessa 0,5 – 1. Tunnusluku on hieman pienempi maissa ja kohteissa, joissa kaukolämpö on kytketty epäsuorasti lämmönsiirtimen avulla asiakkaan lämmitysjärjestelmään. (Frederiksen & Werner 2013, 489-491.)

Jakelujärjestelmän putkistolle on tyypillistä, että fyysinen elinikä on paljon pidempi kuin kirjanpidolliset poistot. Monissa jakelujärjestelmissä verkon vanhimmat osat alkavat olla tilanteessa, jossa tämä poistoikä ollaan ylittämässä tai ylitetty. Näitä vanhoja verkkorakenteita olisi uusittava silloin, kun odotetut perusparannuskustannukset tulevat pienemmiksi kuin

odotettavissa olevien vuotuisten korjaus- ja ylläpitokustannusten nettohyötyarvo. Käytännössä tarkastelua voidaan tehdä siten, että vanhoille tai huonoksi tiedetyille johto-osuuksille lasketaan nettohyötyarvojen suhde korjaavan kunnossapidon ja peruseräparannuksen kustannuksille. Kun suhdeluku on yksi tai enemmän, kohteen peruseräparannus on perusteltua. Toisaalta suhdelukua voidaan myös käyttää siten, että korkeimman suhdeluvun (alle 1) saaneille verkosto-osuuksille kohdistetaan enemmän kunnossapitoa. (Frederiksen & Werner 2013, 481-493.)

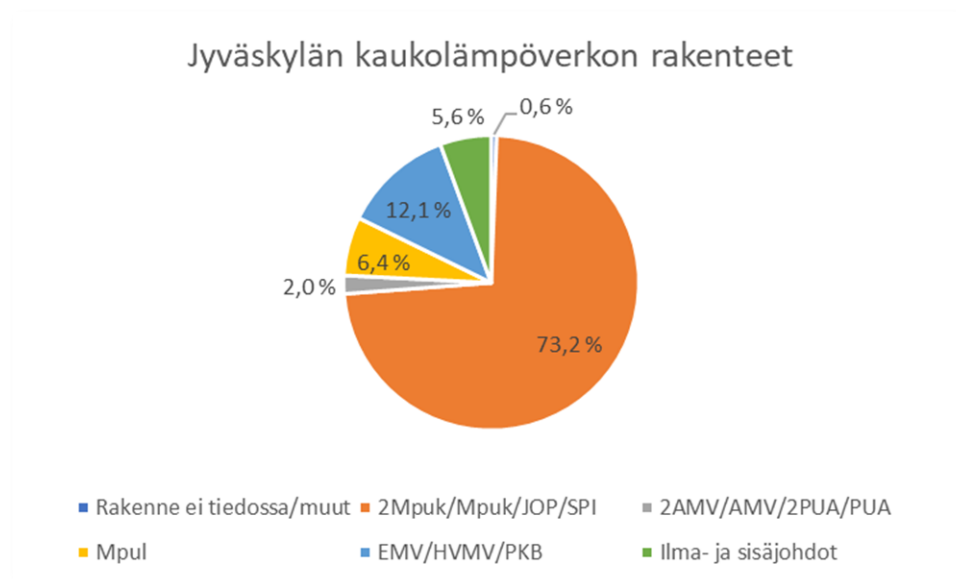
2.4 Toimeksiantajan kaukolämpöverkot

Alva-yhtiöillä on vastuullaan yhteensä neljä erillisverkkoa, joista merkittävimmän muodostaa Jyväskylän pääverkko. Jyväskylän pääverkon lisäksi yhtiöllä on vastuullaan Korpilahden, Tikkakosken sekä Viitasaaren kaukolämpöverkot. Yhteensä verkkopituus on noin 542 km, josta 482 km kuuluu Jyväskylän pääverkkoon. (Trimble NIS paikkatietojärjestelmä 2020.) Kuvassa 7 on esitetty Jyväskylän pääverkon kehittyminen johtopituuden sekä rakennusvuosikymmenittäin rakennetun uuden verkon osalta vuosina 1961 – 2019. Kuvasta 7 voidaan havaita, että pääverkko on iältään melko nuorta, sillä lähes 60 % verkostosta on rakennettu vuoden 2000 jälkeen.



Kuva 7 Jyväskylän pääverkon johtopituuden kehitys. (Trimble NIS paikkatietojärjestelmä 2020.)

Johtorakenteiden puolesta Jyväskylän pääverkko on pääasiallisesti muovisuojakuorirakenteellista kiinnivaahdotettua, joka johtuu rakentamisen aikakaudesta. Seuraavaksi eniten maassa on betonirakenteellisia johtorakenteita, sekä liikkuvien teräsputkin varustettua muovisuojakuorijohtorakennetta. (Trimble NIS paikkatietojärjestelmä 2020.) Kuvassa 8 on esitetty Jyväskylän pääverkon rakenteiden jakaantuminen.



Kuva 8 Jyväskylän kaukolämpöverkon johtotyypit prosentuaalisesti. (Trimble NIS paikkatietojärjestelmä 2020.)

Mikäli Jyväskylän kaukolämpöverkkoa verrataan taulukossa 1 esitettyihin laatuksiteereihin *suurehko verkko eri aikakauden johtotyypeillä*-kohdalta, verkoston voidaan nähdä kokonaisuutena olevan hyvässä kunnossa. Vuotuiset käyttökeskeytykset ovat lyhyitä, sillä keskimääräisen asiakkaan vuotuisen käyttökeskeytysaikaan on laskettu yhteen talvi- sekä kesäaika. Verkoston hyötysuhde on hyvällä tasolla ja vuoden 2019 perusteella lähellä erinomaista. Verkostovaurioiden lukumäärä suhteutettuna verkostopituuteen on erittäin alhainen ja saa siten arvosanan erinomainen. Taulukossa 2 on esitetty Jyväskylän pääverkon avainlukuja vuosilta 2014 – 2019.

Taulukko 2 Jyväskylän pääverkon avainlukuja vuosina 2014 – 2019. (mukaillen Trimble NIS paikkatietojärjestelmä 2020.; Alva-yhtiöt Oy 2019b, 36 & 41.)

	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Verkostohäviöt [%]	8,6	7,9	8,3	8,4	8	6,5
Lisäveden suhde verkon kokonaisvesitilavuuteen [-]	0,42	0,27	0,43	0,38	0,40	0,42
Keskimääräisen asiakkaan vuotuinen käyttökeskeytysaika [h/a]	1,08	1,44	1,12	1,58	2,1	2,3
Vauriot [kpl/km]	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03

3 OMAISUUDENHALLINTA

Tässä luvussa määritellään mitä omaisuudenhallinta on ja mistä se koostuu. Näkökulmallisesti omaisuudenhallintaa käsitellään pääasiassa ISO 55000 -standardisarjan pohjalta, koska siihen pohjautuvaa omaisuudenhallintajärjestelmää ollaan käyttöönottamassa toimeksiantavassa yrityksessä. Osiossa käydään karkealla tasolla läpi ISO 55000 -standardisarjan keskeiset peruseriaatteet, ominaisuudenhallintajärjestelmä sekä omaisuusvalikoima. Lopuksi tarkastellaan omaisuuden elinkaarta ja sen hallintaan vaikuttavia toimia pääasiassa kaukolämpöverkon näkökulmasta.

3.1 Yleistä

Jotta voimme ymmärtää omaisuudenhallintaa tarkemmin, on tärkeää määritellä se terminä. Omaisuudenhallintaa käsittelevä standardisarja SFS-ISO 55000 (SFS-ISO 55000 2014, 36) määrittelee **omaisuudenhallinnan** seuraavasti: ”*organisaation koordinoitu toiminta, jolla hyödynnetään omaisuuden arvo*”. Samassa standardisarjassa (SFS-ISO 55000 2014, 34) määritellään edelliseen määritelmään liittyvä **omaisuus** seuraavasti ”*kohteet, asiat tai kokonaisuudet, joilla on tai voi olla arvoa organisaatiolle*”. Yhdistettynä nämä kaksi määritelmää omaisuudenhallinta voidaan ymmärtää olevan jonkin asian, kohteen tai kokonaisuuden koordinoimista siten, että siitä saadaan organisaation ja sen sidosryhmien määrittelemä arvo. Järvisen (2020a) mukaan omaisuudenhallinta voidaankin nähdä organisaation kokonaisvaltaisena johtamisjärjestelmänä, eikä ainoastaan omaisuuden elinkaaren hallintana. Tässä työssä keskitytään kuitenkin fyysiseen käyttöomaisuuteen työn luonteesta ja rajauksista johtuen.

Omaisuudenhallintaan liittyy kiinteästi tavoitteet, jotka voidaan ymmärtää päämäärinä mihin omaisuudenhallinnalla pyritään. SFS-ISO 55000 -standardisarjan mukaan (SFS-ISO 55000 2014, 8) ”*Omaisuudenhallinta muuntaa organisaation tavoitteet omaisuuteen liittyviksi päätöksiksi, suunnitelmiksi ja toiminnoiksi käyttäen riskiperusteista toimintamallia*”. Tämän vuoksi ymmärtääksemme paremmin omaisuudenhallinnan määritelmää huomioiden liiketoiminnallinen tai organisatorinen tavoite, voidaan etenkin fyysisen omaisuuden hallinnan nähdä koostuvan seuraavista osista:

- tarvittavan omaisuuden ja siihen liittyvän rahoitustarpeen tunnistaminen

- omaisuuden hankinta ja ylläpito
- omaisuudesta luopuminen tai uudistaminen

Edellä mainituille osille on yhteistä se, että niiden avulla pyritään saavuttamaan haluttu tavoite tehokkaasti ja toimivasti. Fyysisen omaisuuden hallinta onkin omaisuuden elinkaaren hallintaa siten, että liiketoiminnalliset ja/tai organisatoriset tavoitteet saavutetaan mahdollisimman tehokkaasti huomioiden organisaation ominaisuus, toimintaympäristö, rajoitteet sekä sidosryhmien tarpeet. Vastatakseen tarpeisiin ja rajoituksiin omaisuudenhallinta on luomisen, toteuttamisen ja ylläpitämisen jälkeen jatkuvaa parantamista. (Anthony & Hastings 2015, 10-11.; SFS-ISO 55000 2014, 8.) Elinkaaren vaiheisiin ja hallintaan palataan tarkemmin luvuissa 3.4 ja 3.5.

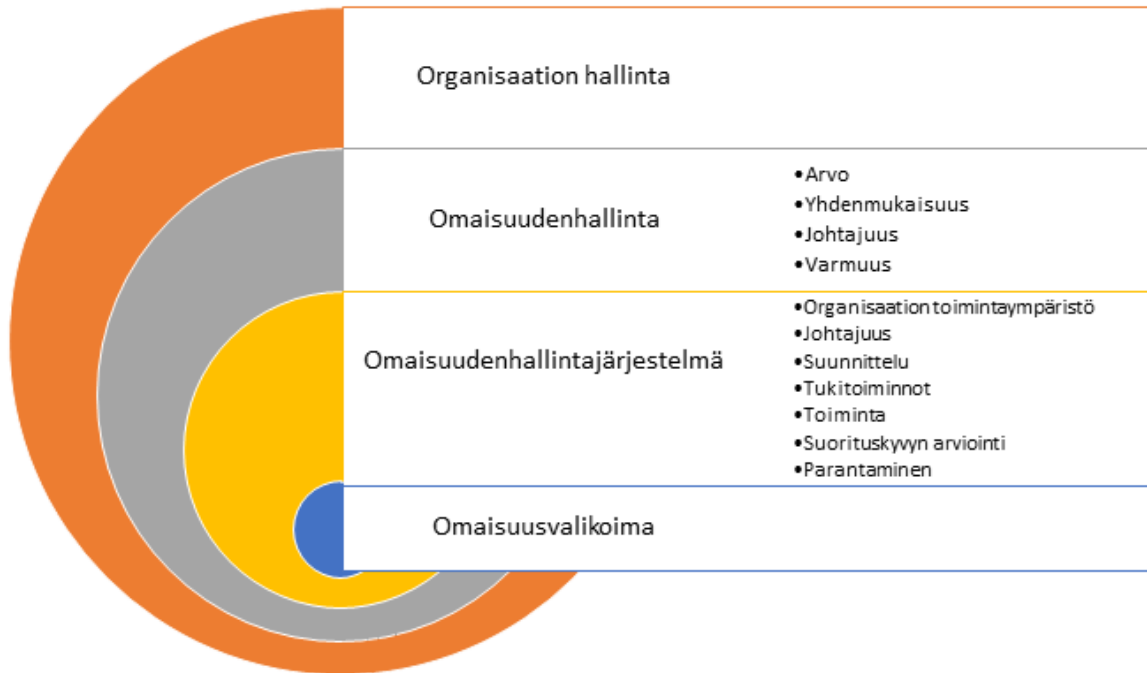
Vaikka omaisuudenhallinnan hyödyistä on paljon näyttöjä ja se siten on oleellista kaikille organisaatioille, jokainen organisaatio itsessään valitsee kuinka hallitsee omaisuuttaan. Eriyisesti fyysistä omaisuutta - kuten infrastruktuuria - hallitsevien organisaatioiden kohdalla omaisuudenhallinnan voidaan nähdä olevan liiketoiminnan keskiössä. Omaisuudenhallinnan avulla organisaatio pystyy suunnittelemaan liiketoimintaa riskiperusteisen toimintamallin pohjalta, vähentämään omaisuuden elinjakson kustannuksia sekä parantamaan riskienhallintaa, palveluitaan, tehokkuuttaan ja mainettaan. Tämän lisäksi omaisuudenhallinnan avulla organisaatio toimii turvallisesti noudattaen viranomaisvaatimuksia ja lainsäädäntöä, osoittaa yhteiskuntavastuullisuuden sekä kestävän kehityksen edistämisen. (Anthony & Hastings 2015, 6-7.; IAM 2015, 8.; SFS-ISO 55000 2014, 10.)

ISO 55000 -standardisarjan mukaan omaisuudenhallinnan voidaan nähdä perustuvan neljän peruspilarin varaan, jotka ovat arvo, yhdenmukaisuus, johtajuus ja varmuus. Arvolla tarkoitetaan omaisuuden tarkoitusta tuottaa lisäarvoa organisaatiolle sidosryhmineen. Se kuinka paljon lisäarvoa omaisuus tuottaa organisaatiolle sidosryhmineen liittyy tavoitteisiin. Arvoon sisältyy kuvaukset organisaation ja omaisuudenhallinnan yhtenäisistä tavoitteista, omaisuuden arvon ulosmittaaminen elinjaksollahallinnan kautta sekä päätöksenteon prosessit arvon määrittämiseen ja sidosryhmien tarpeiden kuvaukseen. Toinen peruspilari on yhdenmukaisuus, jolla tarkoitetaan organisaation tavoitteiden muuntamista omaisuudenhallinnan avulla konkreettiseksi tekemiseksi. Yhdenmukaisuuteen kuuluvat organisaation tavoitteiden muuntaminen omaisuudenhallintasuunnitelmiksi riskiperusteisen toimintamallin pohjalta,

omaisuudenhallintaprosessin yhdistäminen organisaation muihin hallintaprosesseihin sekä omaisuudenhallintajärjestelmän käyttöönotto. Omaisuudenhallinnan kolmannella peruspilarilla, eli johtajuudella, tarkoitetaan johdon sitouttamista onnistuneeseen omaisuudenhallintaan. Käytännössä tämä tarkoittaa määriteltyjä vastuita ja valtuuksia, henkilöstön sitouttamista ja osaamisen varmistamista sekä yhteistoimintaa työntekijöiden ja sidosryhmien välillä. Viimeisenä peruspilarina omaisuudenhallinnalle on varmuus, jolla taataan, että omaisuudenhallinnalla omaisuus täyttää sille asetetut tavoitteet. Varmuuteen sisältyy jatkuva parantaminen, millä varmistetaan omaisuuden toiminnan tason ja asetettujen tavoitteiden yhdenmukaisuus elinjakson kaikissa vaiheissa. Lisäksi varmuuteen sisältyy riittävän henkilöstön ja osaamisen varaaminen omaisuudenhallintajärjestelmän avulla. (SFS-ISO 55000 2014, 12-14.) Kuvassa 9 on esitetty omaisuudenhallintaan liittyvien käsitteiden kerrostautuminen ”sipulirakenteen” mukaisesti. Uloimmalla kerroksella on organisaation hallinta, jota seuraa omaisuudenhallinta peruspilareineen. Omaisuudenhallinnan alla on omaisuudenhallintajärjestelmä osineen, jonka avulla hallinnoidaan toiminnan keskiössä olevaa omaisuutta. Kahta viimeksi mainittua käsitellään tarkemmin seuraavissa luvuissa.

3.2 Omaisuudenhallintajärjestelmä

Omaisuudenhallinnan koordinointi vaatii järjestelmää, millä omaisuudenhallinnan kokonaisuutta hallitaan ja viedään haluttuun suuntaan (IAM 2015, 25). ISO 55000 -standardisarjassa on kuvattu omaisuudenhallintajärjestelmä, joka on työkalu organisaation omaisuudenhallintatoimintojen hallintaan, koordinointiin sekä johtamiseen. Omaisuudenhallintajärjestelmä yhdistää organisaation toiminnot yhdeksi kokonaisuudeksi, joita muuten mahdollisesti hallittaisiin erillisinä toimintoina. Organisaation eri toimintojen yhdistämistä varten on omaisuudenhallintajärjestelmän luomisprosessin yhteydessä tärkeää tuntea omaisuudenhallintajärjestelmää koskevat vaatimukset. Näitä vaatimuksia kutsutaan omaisuudenhallintajärjestelmän osiksi, joilla varmistetaan, että omaisuudenhallinnan toiminnot tulevat suoritetuksi. (SFS-ISO 55000 2014, 16 & 20.) Omaisuudenhallintajärjestelmän osat sekä muiden keskeisten käsitteiden väliset suhteet on esitetty kuvassa 9.

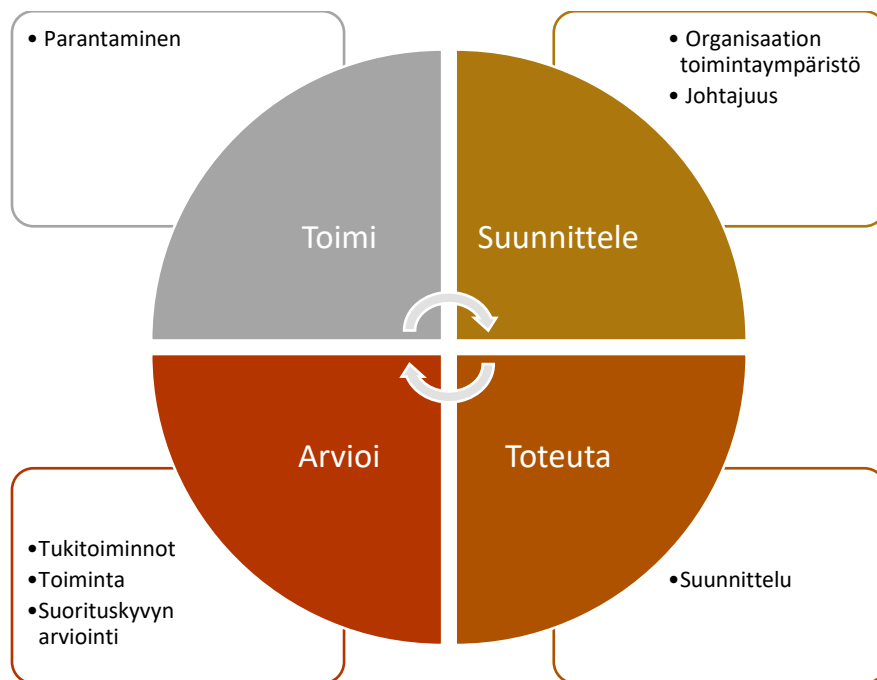


Kuva 9 OmaisuuDENhallinnan käsitteiden hierarkia, peruseriaatteet ja osat. (mukaanll SFS-ISO 55000 2014, 14.)

Kuvasta 9 nähdään, että omaisuuDENhallintajärjestelmä koostuu seitsemästä osasta, jotka ovat yhdenmukaisia omaisuuDENhallinnan neljän peruseriaatteen kanssa. OmaisuuDENhallintajärjestelmää luodessaan tai myöhemmin katselmoidessaan organisaation tulisi huomioida toimintaympäristönsä sisäiset ja ulkoiset olosuhteet sekä rajoitteet. Näillä voidaan tarkoittaa esimerkiksi sisäisesti organisaation missiota, visiota ja arvoja tai ulkoisesti viranomaisten asettamia rajoitteita. Toimintaympäristöön liittyy kiinteästi myös johtajuus, millä tarkoitetaan sitä, että ylin johto laatii omaisuuDENhallintapolitiikan ja tavoitteet sekä turvaa riittävät resurssit omaisuuDENhallintajärjestelmälle. Edellä mainittujen pohjalta luodaan suunnittelulla strateginen omaisuuDENhallintasuunnitelma, mihin kirjataan organisaatio-suunnitelmasta johdettujen tavoitteiden toteuttamistapa. Riittävien resurssien koordinoimiseksi tarvitaan myös tukitoimintoja, jolla omaisuuDENhallintajärjestelmälle tuotettua kriittistä omaisuuDETietoa luodaan, hallitaan ja dokumentoidaan. Tähän liittyy kiinteästi omaisuuDENhallintajärjestelmän toiminta, joka mahdollistaa omaisuuDENhallintatoimintojen ohjaamisen, toteuttamisen ja hallinnan. Suorituskykyä organisaation tulisi arvioida omaisuuDEN toiminnan tason, omaisuuDENhallinnan sekä omaisuuDENhallintajärjestelmän näkökulmista.

Lisäksi arvioinnin tulisi koskea myös ulkoistettua omaisuutta. Mittaukset itsessään voivat olla suoria tai epäsuoria ja taloudellisia tai ei-taloudellisia. Viimeisenä omaisuudenhallintajärjestelmään kuuluu parantaminen, joka mahdollistaa järjestelmän jatkuvan kehittymisen esimerkiksi toimintaympäristön muuttuessa. Käytännössä parantaminen tapahtuu seuraamalla omaisuuden toiminnan tason ja omaisuudenhallintajärjestelmän suorituskykyä. (SFS-ISO 55000 2014, 20-26.) Suorituskyvyn arviointia käsitellään tarkemmin luvussa 4.

Omaisuudenhallintajärjestelmästä saadaan vielä enemmän irti, jos se yhdistetään organisaation muihin johtamisjärjestelmiin. Eräs yleisesti käytössä oleva ohjaus- ja johtamisjärjestelmä on Demingin laatuympyrä (Plan-Do-Check-Act), jota pidetään keskeisenä työkaluna jatkuvan parantamisen prosessiin ja johon voidaan sijoittaa edellä mainitut omaisuudenhallintajärjestelmän osat. Omaisuudenhallintajärjestelmä voidaan myös yhdistää muihin yleisesti käytössä oleviin laatujohtamisjärjestelmiin, kuten Lean tai Six Sigma. (IAM 2015, 25-26.) Kuvassa 10 on esitetty omaisuudenhallintajärjestelmän osien sijoittuminen Demingin laatuympyrään.



Kuva 10 Demingin laatuympyrä sijoiteltuna omaisuudenhallintajärjestelmän osilla. (mukailten IAM 2015, 25.)

3.3 Omaisuus

Omaisuudenhallinnan ytimen muodostaa omaisuus, jota voidaan hallita yhtenä ryhmänä tai ryhmitellä se luokkien, kokonaisuuksien tai valikoimien mukaan. Määritelmän mukaisesti omaisuudella on oikeaa tai potentiaalista arvoa organisaatiolle, joka edelleen voi olla aineellista tai taloudellista. Vastaavasti arvo voi myös olla aineetonta tai ei-taloudellista. Merkille pantavaa kuitenkin on, että arvo voi olla positiivista tai negatiivista omaisuuden eliniän, eli omaisuuden luomisen ja käytöstä poistamisen välisen ajan eri vaiheissa. (SFS-ISO 55000 2014, 10 & 34.) Omaisuuden elinjaksoa tarkastellaan tarkemmin luvussa 3.4.

Kaukolämmön jakelujärjestelmässä suurimman omaisuuserän muodostaa jakeluverkosto. Tyypillisesti jakeluverkosto jaetaan edelleen runko-, siirto- ja talojohtoihin niiden käyttötarkoituksesta riippuen. Näiden alle voidaan luoda luokitteluja muun muassa johtorakenteen tai dimension mukaan. Jakeluverkoston lisäksi kaukolämpöjärjestelmään kuuluu kaivoja ja laiteasemia, joita ovat muun muassa välipumppaamot ja siirrinasemat. Näiden alle voidaan luokitella edelleen esimerkiksi pumppujen, venttiileiden ja kaivo- tai rakennustyyppin mukaan. Lisäksi järjestelmään kuuluu asiakaskohteet, joissa sijaitsee muun muassa venttiileitä, energianmittauksia sekä erilaisia paine- ja lämpötilamittauksia. (Mäkelä & Tuunanen 2015, 50-51.)

Luvussa 3.1 määriteltiin omaisuus ISO 55000 -standardisarjan pohjalta sekä sivuttiin näkökulmaa, jonka mukaan omaisuus voi olla muutakin kuin fyysistä. Omaisuus voi olla fyysisen lisäksi luonteeltaan taloudellista tai aineetonta. Lisäksi omaisuudeksi voidaan laskea sellaiset organisaatiolle tärkeät osat, kuten henkilöstöresurssit, osaaminen ja tieto. (Anthony & Hastings 2015, 6-7.)

3.4 Omaisuuden elinkaari

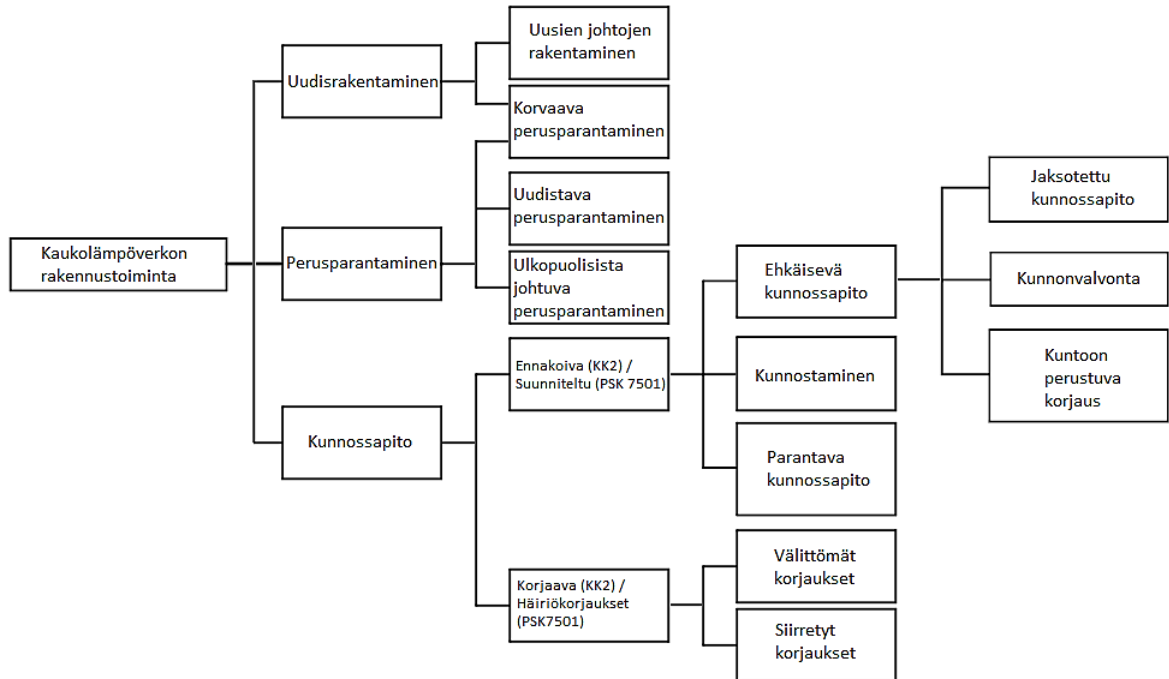
Omaisuuden elinkaari voidaan ymmärtää tarkoittavan omaisuuden luomisen ja käytöstä poistamisen välisen ajan eri vaiheita. Omaisuudenhallinnan standardisarja SFS-ISO 55000 käyttää tälle termiä **elinjakso** (SFS-ISO 55000 2014, 34), jonka se määrittelee seuraavasti ”*omaisuuden hallintaan liittyvät vaiheet*”. Tässä työssä käytetään kuitenkin tästä eteenpäin termiä elinkaari, vaikka Järviö & al. (2012, 62.) mukaan elinkaarikäsitettä olisi kuitenkin

suositeltavaa käyttää vain puhuttaessa tuotteista. Elinkaarikäsitteen käyttämistä puoltaa muun muassa se, että se on yleisesti ymmärrettävissä oleva, sekä englannin kielessä elinkaari ja elinjakso tunnetaan nimellä life cycle. Standardin mukaan elinjakson aikana omaisuudella on arvoa yhden organisaation näkökulmasta ja se sisältää omaisuuden kannalta viisi päävaihetta (IAM 2016, 10). Nämä viisi päävaihetta ovat esitetty kuvassa 11.



Kuva 11 Omaisuuden elinkaaren päävaiheet.

Kuvan 11 elinkaaren päävaiheet sisältyvät myös kaukolämpöverkon ja sen komponenttien elinkaareen. Perinteisesti ensimmäisessä vaiheessa tunnistetaan jonkin alueen tarve liittyä kaukolämpöön ja tehdään kannattavuustarkasteluja saatujen lähtötietojen avulla. Mäkelän ja Tuunasen (2015, 19-20) mukaan on tunnusomaista, että kannattavuustarkastelun pohjana toimii alueen potentiaalisten liittyjien tyyppi- ja määrätietojen pohjalta laadittu myyntienuste. Mahdollisen investointipäätöksen jälkeen seuraavat elinkaaren vaiheet sisältävät kaukolämpöverkon rakennustoimintaa, jotka ovat esitetty kuvassa 12.



Kuva 12 Kaukolämpöverkon rakennustoiminta. (mukaillen Energiateollisuus ry 2016, 2.; PSK Standardisointiyhdistys ry 2010, 32.)

Kuvan 12 mukaisesti kaukolämpöverkon rakennustoiminnan voidaan nähdä sisältävän uudisrakentamista, perusparantamista sekä kunnossapitoa. Kaukolämmön uudisrakentamisella tarkoitetaan uusien johtojen rakentamista sekä jossain yhteyksissä myös korvaavaa perusparantamista. Tällainen tilanne saattaa syntyä vaikkapa silloin, kun rakennetaan alueelle uusi johto, jolla korvataan vanhan johdon käyttötarkoitus. Korvaava perusparantaminen voi myös kuulua kaukolämmön perusparantamiseen, sillä käytännössä siinä useasti korvataan vanha käytössä oleva johto uudella. Perusparantamiseen liittyy myös uudistava perusparantaminen, jossa vanha johto korvataan uudella useasti vanhan välittömään läheisyyteen. Näiden lisäksi perusparantamista voivat aiheuttaa ulkoiset hankkeet, joissa maanalaisia johtorakenteita siirretään tai muutetaan esimerkiksi kaavamuutoksen vuoksi. Kolmantena kaukolämpöverkon rakennustoimintaan kuuluu kunnossapito, joka tyypillisesti jaetaan ennakoivaan ja korjaavaan kunnossapitoon. (Energiateollisuus ry 2016, 2-3.) Ennakoiva ja korjaava kunnossapito voidaan myös tuntea nimillä suunniteltu kunnossapito ja häiriökorjaukset. Näistä jälkimmäinen on PSK-standardin 7501 mukainen määritelmä, jonka mukaan näiden kunnossapitolajien alle voidaan vielä muodostaa seuraavia kunnossapidon alalajeja: ehkäisevä kunnossapito, kunnostaminen, parantava kunnossapito, välittömät korjaukset sekä siirretyt korjaukset. (PSK Standardisointiyhdistys ry 2010, 32.; Energiateollisuus ry 2018a, 6-17).

3.4.1 Tarpeen tunnistaminen ja hankinta

Omaisuuuden elinkaari alkaa tarpeen tunnistamisesta. Tässä elinkaaren ensimmäisessä vaiheessa analysoidaan ja kartoitetaan eri vaihtoehtoja, joilla voidaan saavuttaa tavoite, mihin omaisuuden hankinnalla pyritään. Tarpeen tunnistamista seuraa omaisuuden hankintavaihe, joka koostuu tyypillisesti suunnittelusta, hankinnasta, rakentamisesta, asentamisesta, käyttöönotosta ja luovutuksesta. Nämä kaksi vaihetta ovat merkittäviä tarkasteltaessa omaisuuden koko elinkaarta sekä ominaisuuksia, sillä optimaalisilla valinnoilla voidaan vaikuttaa omaisuuden kustannuksiin, tehokkuuteen, suorituskykyyn, riskeihin sekä kestävyYTEEN. (IAM 2016, 10.)

Koska kaukolämmitys on luonteeltaan liiketoimintaa, tarpeen tunnistaminen perustuu pitkälti talousnäkökulmiin. Kun tarve käyttöomaisuusinvestoinnille on tunnistettu, niin aluksi Koskelaisen & al. (2006, 465 & 469) mukaan tehdään kannattavuustarkasteluja kohteesta kaukolämmön yleissuunnittelun yhteydessä. He jatkavat edelleen, että tämä vaihe määrittelee pitkälti pidemmän aikahorisontin kannattavuuden, sillä lämmönjakelun pääomakustannukset – ja samalla valtaosa kaukolämpöyrityksen kokonaiskustannuksista - määrittyy pääasiallisesti tässä vaiheessa. Tyypillisesti fyysisen käyttöomaisuuden hankintapäätökset ovat yhdistelmä teknistä ja taloudellista päätöksentekoa, jossa huomioidaan tekniset edellytykset sekä kirjanpidon ja talousanalyysien näkökulmat (Anthony & Hastings 2015, 93). Koskelaisen & al. (2006, 469) mukaan kaukolämmön yleissuunnittelun yhteydessä tehtävässä kannattavuuslaskennassa tarkastellaan investointia kassavirtalaskelman pohjalta, johon on pyritty huomioimaan realistisesti pääoma- ja käyttökustannukset.

Kannattavuustarkastelu on vain yksi osa yleissuunnittelua, sillä kaukolämmön laatu määritellään pitkälti jo yleissuunnittelun yhteydessä. Yleissuunnitelma on ajantasainen ja mahdollisimman realistinen näkemys verkon lopullisesta rakenteesta. Yleissuunnittelun lähtötietona toimivat yleensä selvitykset ja päätökset koskien alueita, joita ollaan liittämässä kaukolämpöön. Tarkastelussa tärkeänä tietona pidetään alueen tehontarvetta nyt ja tulevaisuudessa, joiden avulla pysytään hahmottamaan alueen lopullista tilaa suhteessa kokonaisverkostoon. Yleissuunnittelussa keskeisenä johtoajatuksena on lämmön riittävyys kaikissa käyttötilanteissa välttämättä turhia lämpö- ja painehäviöitä verkon jokaisessa osassa, unohtamatta ympä-

ristönäkökulmia. Lämmön riittävyteen asiakkaille voidaan vaikuttaa verkoston mitoitusella sekä useilla syöttösuunnilla, joista viimeksi mainittu on mahdollista toteuttaa rengasverkolla tai hajautetulla tuotannolla. Verkstomitoitus ja syöttösuunnat liittyvät myös toimitusvarmuuteen, joka on tärkeä laatumittari kaukolämmön jakelussa. Ympäristön kannalta on tärkeää huomioida työmaiden turvallisuus sekä ympäristölle aiheutuvien haittojen minimointi, joihin otetaan tyypillisesti kantaa verkostosuunnitelmissa. Nämä yleissuunnitelmaa yksityiskohtaisemmat suunnitelmat ovat enemmän rakentamista ohjaavia työkohdesuunnitelmia. Verkstosuunnitelmat ovat uuden tai saneerattavan verkko-osan suunnitelmia, joissa perehdytään rakennettavan verkoston lähellä sijaitsevaan muuhun infraan ja erityispiirteeseen huolehtien riittävästä suojaetäisyydestä niihin. Laadullisesti verkstosuunnittelussa vaikutetaan merkittävästi omaisuuden elinkaareen, sillä siinä tehdään materiaali- ja rakennevalinnat. Verkstosuunnittelua ohjaa ajatus siitä, ettei ulkopuolinen vesi pääse kaukolämmön virtausputkien kanssa kosketuksiin ja että työ tehdään tehokkaasti kustannuksien sekä ajankäytön kannalta. (Energiateollisuus ry 2018a, 5-7.; Energiateollisuus ry 2015, 11.)

Kaukolämpöverkon rakentaminen voidaan jakaa karkeasti kolmeen erilliseen urakkaan, tai yhteen kokonaisvastuu-urakkaan. Pääpiirteittäin kaukolämpöverkon rakennus jakaantuu maanrakennus-, putki- ja eristysurakkaan. Maanrakennusurakoitsija vastaa kaukolämpötyömaalla suunnitelmien mukaisista kaivannon kaivuu- ja täyttötöistä. Putkiurakoitsijan vastuulla on kaukolämpöelementtien yhdistäminen kaivannossa, sekä lisäksi urakasta riippuen niiden hankinta. Käytännössä tämä on vaihe, jossa virtausputkien ja kaukolämpöelementtien liittäminen toisiinsa tapahtuu suunnitelmien mukaisesti. Kolmas urakkatyyppi käsittelee eristystä, joka tarkoittaa eristämättömien virtausputkiosien eristystä. (Koskelainen et al. 2006, 184-197.) Rakentamisen kannalta tämä kolmas vaihe on omaisuuden elinkaaren kannalta keskeinen, sillä Suomessa yleisin vauriosyy on ollut jo vuosia epätiivis suojakuoriliitos muovisuojakuorirakenteellisten johtojen keskuudessa, joita tänä päivänä pääasiassa rakennetaan. Myös aiemmin yleisessä betonikanavarakenteessa tyypillisin vaurion aiheuttaja on ollut epätiivis betonielementtisauma. (Energiateollisuus ry 2020c, 6.) Laadunäkökulmasta rakentamiselle on tärkeää, että siitä koituu mahdollisimman vähän haittaa ympäristölle. Tämän vuoksi onkin tärkeää, että verkstosuunnitelmat ovat hyvin laadittuja huomioiden ympäristö, johon rakennustyö kohdistuu. Myös urakoitsijan ja rakennuttajan välinen avoin yhteistyö mahdollistaa työmaiden tehokkaan läpiviemisen. (Energiateollisuus ry 2015, 15.)

3.4.2 Operointi ja kunnossapito

Operoinnin ja kunnossapidon tarkoitus on käyttää omaisuutta suunnitellussa tehtävässään siten, että saavutetaan suurin mahdollinen hyöty huolehtien omaisuuden luotettavuudesta, suorituskyvystä sekä kestävydestä. Luonteeltaan tämä on jatkuva prosessi, jossa omaisuudesta saatavan datan avulla pyritään löytämään parannusehdotuksia joko käyttö- ja kunnossapitoprosessiin tai omaisuuteen itsessään. (IAM 2016, 10.)

Luvussa 2.2 on käsitelty merkittävimmät kaukolämmön jakelujärjestelmän käyttöön liittyvät asiat. Vastaavasti jakelujärjestelmän kunnossapidon tavoite on Koskelaisen & al. (2006, 347) mukaan ylläpitää jakelujärjestelmän kapasiteettia optimoiden kustannukset. He jatkavat edelleen, että käytännössä tämä tarkoittaa korjaustoiminnan lisäksi käytettävyyden parantamista muun muassa estämällä vikaantumista, pidentämällä laitteiston ikää, kartoittamalla ongelmallisia kohtia sekä nostamalla esiin perusparannettavia kohteita. Edellisen listauksen perusteella kaukolämpöverkonkin kunnossapito voidaan nähdä Järviö & al. (2012, 14) mainitsemana vikojen ja vikaantumisen hallintana sekä estämisenä. He jatkavat edelleen, että järjestelmän tehokas käyttö ja toiminnan luotettavuus onkin kunnossapito- ja käyttötoiminnan yhteistulos. Kaukolämpöverkon kunnossapito voidaan jakaa kuvan 12 perusteella ennakoivaan ja korjaavaan kunnossapitoon, tai PSK 7501 standardin mukaisiin samaa tarkoittaviin suunniteltuun kunnossapitoon ja häiriökorjauksiin.

Kaukolämpöverkon ennakoivalla kunnossapidolla pyritään minimoimaan vikojen ja vaurioiden seuraukset sekä saamaan kuntotietoa verkosto-omaisuudesta kunnonvalvonnan avulla. Pääasiassa ennakoiva kunnossapito painottuu kaivoihin, asiakaskohteiden lämmönjakohuoneessa sijaitsevaan mittauskeskukseen sekä ilmajohtoihin. Käytännössä kaivojen osalta ennakoiva kunnossapito tarkoittaa betoni- ja maaventtiilikaiwokierroksia, joissa kaivojen kunto ja niissä sijaitsevien komponenttien toiminta todetaan. Periaate on sama myös lämmönjakohuoneiden osalta, jossa todetaan kaukolämpöyhtiön vastuulla olevien komponenttien kunto ja toimivuus. Havaintojen perusteella voidaan tehdä pieniä ennakkohuoltotoita, joilla pyritään jatkamaan omaisuuden elinkaarta. Kaikkien ennakkohuoltokohteiden suoritusväli sekä muu toteutukseen liittyvä on dokumentoituna kunnossapito-ohjelmassa. Tyypillisesti nämä kohteiden ennakkohuoltoon liittyvät asiat perustuvat kokemuseräiseen tietoon, kunnossapitohistoriaan sekä alan toimijoiden hyväksi havaittuihin käytänteisiin. Huomioitavaa on,

että ennakkohuollot mahdollistavat verkosto-omaisuudesta saatavan tiedon kunnonvalvonnan lisäksi. Kunnonvalvonnallisia tyypillisiä toimenpiteitä ovat muun muassa erilaiset lämpökamerakuvaukset sekä verkoston lisäveden seuranta. Ennakoivasta kunnossapidosta huolimatta kaukolämpöverkossa aiheutuu aika ajoin vuotoja, jotka vaativat korjausta. Tämä korjaavana kunnossapitona tunnettu toimenpide voi olla välitöntä, joita ovat muun muassa suuret vuototapaukset tai siirrettyä, jolloin korjaustyö tehdään parempana ajankohtana. (Energiateollisuus ry 2018b, 6-19.)

3.4.3 Hävittäminen tai uusiminen

Silloin, kun käyttöiän voidaan nähdä olevan lopussa, vaihtoehtona on omaisuuden toiminnallisuuden lopettaminen pysyvästi tai korvaaminen uudella. Se kumpaan päädytään riippuu muun muassa seuraavista omaisuuden tekijöistä: kyky vastata alun perin suunniteltuun toimintaan, häiriöt, taloudelliset raja-arvot, lakisääteiset vaatimukset tai sopimukselliset asiat. Tämä vaihe vaikuttaa kuitenkin omaisuuden elinkaaren kokonaiskustannuksiin, joten on tärkeää, että hävittäminen tai uusiminen huomioidaan jo investointipäätöstä tehtäessä. Omaisuuden käyttöikä voidaan arvioida muun muassa teknisen, taloudellisen tai kirjanpidollisen menetelmien kautta. Näistä tekninen käyttöikä tarkoittaa sitä ajanjaksoa, jolloin omaisuus pystyy toteuttamaan suunnitellun toimintansa. Taloudellisessa käyttöiässä vertaillaan toiminnallisuutta omistamisen kustannuksiin ja riskeihin. Kirjanpidollinen käyttöikä muodostuu omaisuuden hankinnan pääomasijoituksen ja sen tasevaikutukseen poistojen kautta. (IAM 2016, 10.)

Kaukolämpöverkon suunnitelmalliseen hallintaan on yleensä laadittu perusparannusstrategia, jossa tarkastellaan myös johto-osuuksia, missä uusiminen tai hävittäminen on ajankoh- taista. Tyypillisesti käyttöikänsä päässä oleva verkon osa korvataan uudella, mikä sijoittuu alkuperäisen viereen. Mikäli verkon osan alkuperäinen käyttötarkoitus on muuttunut tai muuttumassa, lisäksi tarkastetaan mitoitus tiedot sekä sijoituspaikka. (Energiateollisuus ry 2016, 1-3.) Perusparantamisen yhteydessä vanha verkon osa voidaan jättää maahan, tai poistaa se. Poistamiselle on yleensä perusteena se, että vanha verkon osa aiheuttaa haittaa tai vaaraa tulevaisuudessa. (Energiateollisuus ry 2011, 8.)

3.5 Elinkaaren hallinta

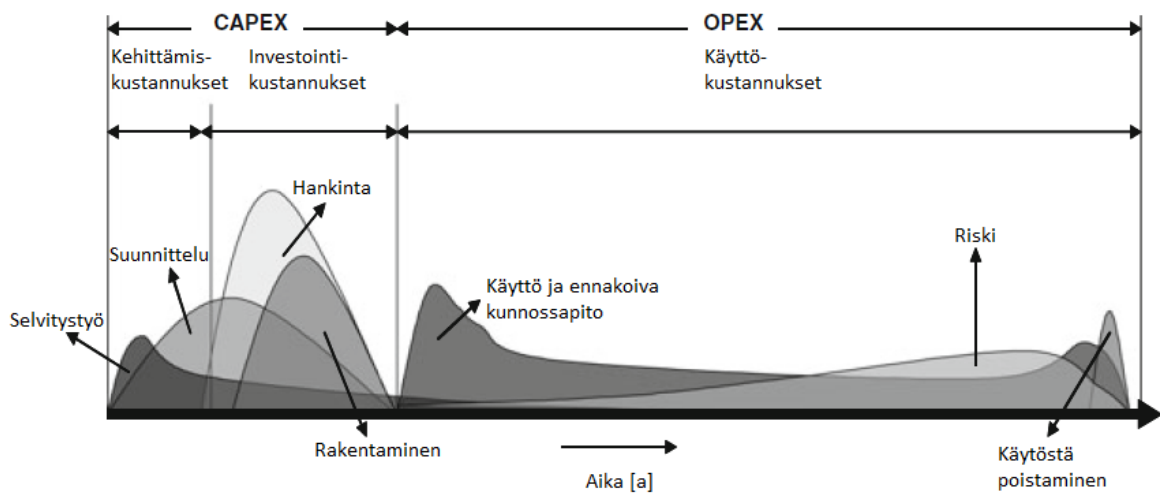
Omaisuu-denhallinnan elintärkeä näkökohta on tehokas, yhtenäinen ja optimaalinen päätöksenteko. Käytännössä tämä tarkoittaa omaisuuden elinkaaren hallintaa optimoimalla omaisuuden elinkaarikustannuksia ja omaisuudella tuotettavaa hyötyä siten, että omaisuuden elinkaaren aikainen arvo on mahdollisimman suuri. (IAM 2015, 13.) Edellisessä lauseessa esiintyvä ”arvo” määriteltiin aikaisemmin työssä tarkoittamaan sitä, että omaisuus tuottaa organisaatiolle ja sen sidosryhmille niiden määrittelemän arvon. Järvisen (2020b) mukaan jokaiselle sidosryhmälle omaisuus tuottaa erilaista arvoa. Tarkasteltaessa tätä kaukolämmön näkökulmasta, tämä voi konkreettisesti tarkoittaa asiakkaalle toimitusvarmaa lämmitysenergiaa ja kaukolämpöyhtiölle kohtuullista varmaa tuottoa.

Kuten edellisestä kappaleesta huomaamme, omaisuuden elinkaaren optimointiin liittyvä päätöksenteko useasti tarkoittaa kompromissin löytämistä osin ristiriitaisistakin tavoitteista. Päätöksentekoprosessin tulisi olla sitä monisyisempi, mitä kriittisemmästä ja suuremmasta kohteesta on kyse. Käytännössä tämä tarkoittaa pätevän tahon tekemiä yksinkertaisia päätöksiä ja moninmutkaisempien kohdalla soveltuvien työkalujen ja tekniikoiden käyttämistä, jotka edesauttavat päätöksentekoprosessia. (IAM 2015, 13.) Seuraavissa alaluvuissa tarkastellaan elinkaaren vaiheiden vaikutusta aikaisemmin mainittuihin arvon näkökulmiin.

3.5.1 Investointiprosessin vaikutus omaisuudella tuotettuun arvoon

Luvun 3.4 perusteella kaukolämpöyhtiön taloudellinen menestyminen pidemmällä aikavälillä perustuu pitkälti yleisuunnittelun yhteydessä suoritettavaan kannattavuustarkasteluun käyttöomaisuusinvestoinneista. Tyypillisesti tämä tehdään kassavirtalaskelman pohjalta, jossa pyritään huomioimaan elinkaaren aikaiset pääoma- ja käyttökustannukset. Edellä mainituille kustannuslajeille Balzer & Schorn (2015, 129.) käyttää termejä CAPEX (pääoma-/investointikustannukset) ja OPEX (käyttö-/kunnossapidokustannukset). Koskelaisen & al. (2006, 465 & 469.) mukaan kaukolämpötoiminnalle on tyypillistä, että käyttöomaisuusinvestoinnit (CAPEX) ovat etupainotteisia ja rahoitustarve täten alkuvaiheessa suuri. Tämän jälkeen kustannukset muodostuvat pääasiassa käytöstä ja kunnossapidosta (OPEX). Malli noudattelee pitkälti Marquez & al. (2012, 86) esittämää elinkaarikustannusanalyysin

(LCCA) mallia, josta Anthony & Hastings (2015, 149) käyttää lyhyemmin termiä elinkaarikustannukset (LCC). Marquez & al. (2012, 86) mukaan elinkaarikustannuksiin huomioidaan kaikki ne kustannukset, joita muodostuu omaisuuserän elinkaaren aikana. He jatkavat edelleen, että tämän vuoksi työkalua voidaan pitää tärkeänä arvioitaessa uudis- tai korvausinvestointeja, sillä se paljastaa kannattamattomia vaihtoehtoja riittävän ajoissa huonojen päätösten välttämiseksi. Tyypillisesti elinkaarikustannukset esitetään ymmärrettävässä muodossa, joka voi olla vaikkapa diskontattu kassavirta (IAM 2015, 11). Kuvassa 13 on esitetty elinkaarikustannuksien vaiheet ja omaisuuden riskin kasvaminen ajan mittaan.



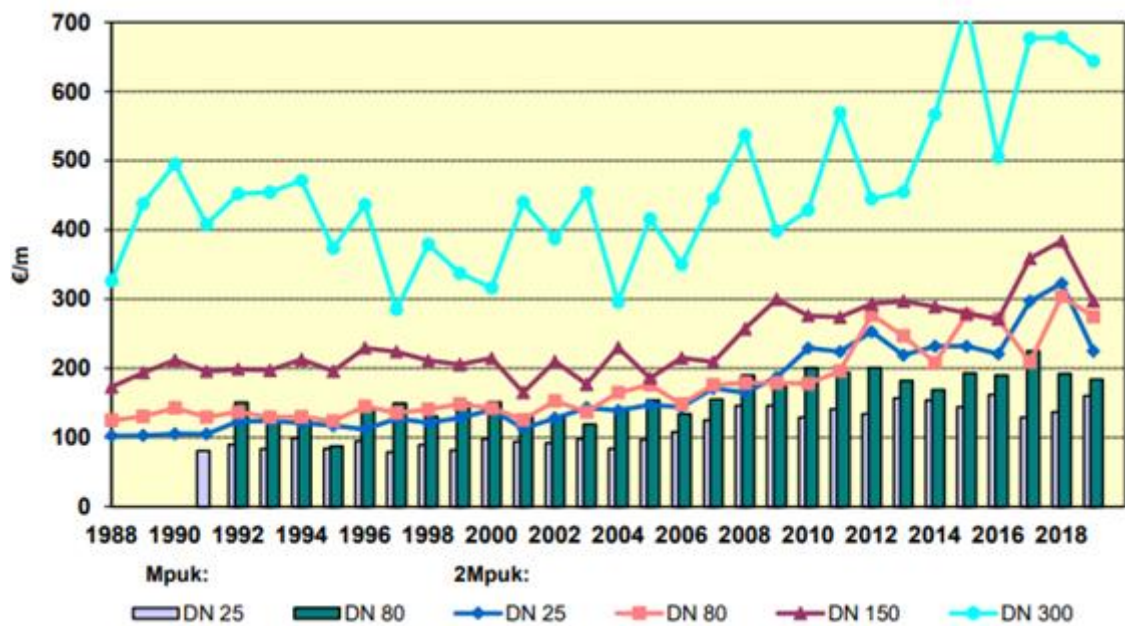
Kuva 13 Elinkaarikustannuksien sekä riskin muodostuminen. (mukaillen Marquez et al. 2012, 86.)

Etenkin infrastruktuuriin kohdistuvien investointipäätösten tueksi elinkaarikustannusanalyysi on hyvin soveltuva. Balzer & Schorn (2015, 140) mainitsevatkin, että menetelmä mahdollistaa optimaaliset investointipäätökset. On kuitenkin muistettava, että oletukset omaisuuden elinkaaresta sisältävät monia epävarmuustekijöitä, jonka vuoksi on tärkeää kehittää elinkaaren arviointimenetelmiä toteutuneen tiedon pohjalta (IAM 2016, 11). Lisäksi Anthony & Hastings (2015, 105) muistuttavat, että investointipäätöksiä tulisi aina arvioida useammalla menetelmällä, joista yleisimpinä he mainitsevat takaisinmaksuajan, sisäisen korkokannan, nettonykyarvomenetelmän sekä kannattavuusindeksin.

Kuvassa 13 esiintyvä riski on välttämätöntä huomioida, kun pyritään tehokkaaseen investointipäätökseen. Riskinarvioinnissa tarvitaan tyypillisesti omaisuuden suunnitelmallisen

toiminnan uhkaavien tekijöiden todennäköisyyksiä ja ennusteita, jotka voivat aiheuttaa suoraa tai epäsuoraa kustannuksia. Vaikka etenkin epäsuorien kustannuksien arviointi on haastavaa, niin niitä ei saisi jättää huomioitta. Huomioitavaa on, että riskit voivat liittyä omaisuuteen itsessään, elinkaaren aikana kohdistettuihin toimiin tai ulkoisiin riskeihin. (IAM 2016, 11-12.) Kaukolämpöverkoston tapauksessa edellä mainitut suorat kustannukset voivat tarkoittaa esimerkiksi vuodon korjausta ja epäsuorat kustannukset kaukolämmön luotettavan maineen kärsimistä. Vastaavasti ulkoinen riski voi tarkoittaa ennustettujen myyntitulojen pientymistä lämmöntarpeen vähentymisen myötä.

Edellisen kappaleen perusteella investointipäätöksiin liittyy monia epävarmuustekijöitä, joista kaukolämmön tapauksessa etenkin tuottojen ennustamisen voidaan nähdä olevan hankalaa, sillä yleissuunnitteluvaiheessa liittymä- ja myyntitulot ovat vielä arvioita. Investoinnin suuruusluokkaa sen sijaan voidaan arvioida Energiateollisuus ry:n vuosittain julkaiseman kaukolämpöjohtojen rakennuskustannukset valtakunnallisesti-tilaston pohjalta (Energiateollisuus ry 2020b, 1-2). Paljon julkista keskustelua aiheuttanut sähkön jakeluverkon regulaatiomalli sisältää muun muassa tehostamiskannustimen. Lågland (2015, 22-23) mainitsee raportissaan, että tämän tavoitteena on verkonhaltijan toiminnan tehostaminen, jota tarkastellaan yleisen tehostamistavoitteen ja verkonhaltijoiden kustannustehokkuuserojen kautta. Hän jatkaa edelleen, että toiminta on silloin tehokasta, kun siihen käytetyt kustannukset ovat mahdollisimman pienet suhteessa tuottoihin. Vaikka kaukolämpöpuolella ei samanlaista yleistä tehostamistavoitetta olekaan, voidaan samanlaista ajatusmallia soveltaa myös kaukolämpöverkonhaltijoiden välillä. Tällöin omien investointikustannuksien suhdetta rakennettuun jakeluverkkoon verrataan aiemmin mainittuun kaukolämpöjohtojen rakennuskustannukset-tilastoon. Kuvassa 14 on esitetty nykyään pääasiassa rakennettavan kiinnivaahdotetun johtorakenteen kokonaiskustannuksien kehittyminen 1988 – 2019.



Kuva 14 Kiinnivaahdotetun yksi- sekä kaksiputkijohdon kokonaiskustannuksien kehittyminen 1988 – 2019. (Energiateollisuus ry 2020b, 8.)

Oikein kohdistettujen investointien lisäksi yleissuunnittelun yhteydessä määritetään pitkälti verkoston toimitusvarmuus mitoituksen ja syöttösuuntien avulla. Edellisten kohtien perusteella voidaan sanoa, että yleissuunnittelun merkitys etenkin omaisuuskokonaisuuden taloudellisuuden ja toiminnallisuuden kannalta on merkittävin. Kohti paremman toiminnallisuuden omaavaa verkkoa toimii Energiateollisuus ry:n (2018a, 5-6) esiin nostama näkökohta, että yleissuunnittelun yhteydessä tulisi aina etenkin suurempien hankkeiden kohdalla hyödyntää verkoston laskenta-/simulointiohjelmistoja. Sovi ei myöskään unohtaa esiselvityksien ja päätöksien laatua, mitkä ohjaavat pitkälti verkostomitoitusta ja toimivat lähtötietona yleissuunnittelulle. Yleissuunnittelua yksityiskohtaisemmassa verkostosuunnittelussa optimaaliseen kustannus- ja laatusuhteeseen voidaan vaikuttaa oikeilla rakenne- ja työmenetelmävalinnoilla, joista Energiateollisuus ry (2018a, 8-11.) julkaisee säännöllisesti ohjeistuksia ja suosituksia.

Investointiprosessiin laskettavalla kaukolämpöverkon rakentamisella on luvun 3.4 perusteella merkittävä vaikutus omaisuuden elinkaaren kustannuksiin ja toimitusvarmuuteen. Jotta verkosto-omaisuus suoriutuisi mahdollisimman suunnitellun mukaisesti käyttötarkoituksestaan, on suunnitelmallisuuden seuranta laadun- ja aikatauluvalvonnan kautta tärkeä

elementti rakentamista. Laadunvalvonnan tärkeyttä korostaa valitettava vaurioutilastoissa näkyvä ilmiö, jonka mukaan yleisin vuodon aiheuttaja Suomen kaukolämpöverkoissa on epätiivis suojakuoriliitos, joka tyypillisesti aiheutuu rakentamisvaiheessa. Energiateollisuus ry:n (2018a, 32-35) mukaan hyvän pohjan laadunvarmistukselle luo pääurakoitsijan laatima työmaakohtainen laatusuunnitelma, joka sisältää seuraavia asioita: kohteen ominaispiirteet laatumavoitteineen, vastuutahot, suunnitelman ylläpito, laadunohjaus sisältäen riskit ja ennakoidut toimet, laadunvalvonta ja yleiset tarkastus- sekä kokouskäytännöt. Lähtökohta on, että työmaalla käytetään sertifioituja kaukolämpöelementtejä ja -osia, joiden asianmukainen kunto tarkastetaan visuaalisesti ennen asennusta. Tämän jälkeen laadunvalvonta perustuu pitkälti asianmukaisiin kaivantoihin sekä hitsisaumoihin sekä suojakuoriliitoksiin. Uuden johto-osan tiiviys on mahdollista todeta vesi- tai ilmapainekokeella, jonka yhteydessä tyypillisesti tarkastetaan hitsisaumat visuaalisesti. Lisäksi hitsisaumoja on suositeltavaa tarkastaa tietty osuus NDT-testauksella, joka antaa visuaalista tarkastusta tarkempaa tietoa hitsien laadusta. Suojakuoriliitoksien tarkastus tapahtuu joko visuaalisesti tai ilmaylipainekokeella. (Energiateollisuus ry 2018a, 32-35)

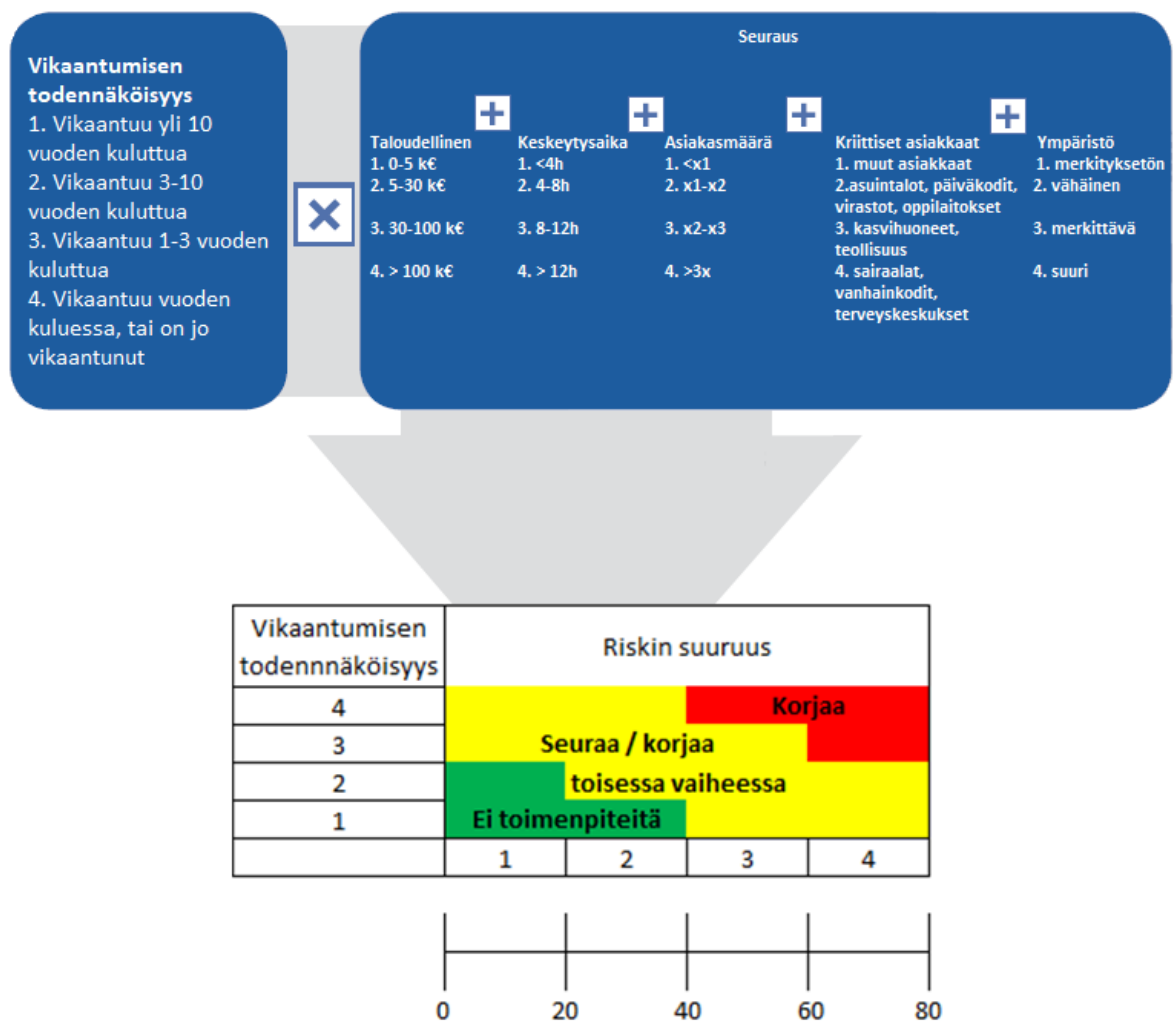
3.5.2 Käyttö- ja kunnossapitoprosessi

Lukujen 2.2 ja 3.4 perusteella kaukolämpöverkon käytöllä vaikutetaan merkittävästi omaisuuden käytönaikaisiin kustannuksiin sekä asiakkaalle toimitetun lämmön laatuun. Koskelaisen & al. (2006, 465-466) mukaan asiantuntevalla käytöllä ja kunnossapidolla voidaan vaikuttaa jatkuvasti käytönaikaisiin kustannuksiin. He jatkavat edelleen, että kaukolämpöyrityksen tulisi pyrkiä aktiivisesti pienentämään kustannustasoa säästöpotentiaalia omaavissa kohteissa, joita ovat muun muassa verkon lämpöhäviöt ja pumppausenergia. Tyypillisesti verkon lämpöhäviöt aiheuttavat suurimman juoksevan kuluerän, jonka vuoksi kaukolämpöyhtiöt ovat ottaneet käyttöön viime vuosina erilaisia menoveden optimointijärjestelmiä. Promaint-lehden (Promaint 2020) artikkelin mukaan dynaamisen mallinnuksen avulla toteutetussa optimoinnissa haetaan optimitasoa verkostohäviöiden ja pumppausenergian väliltä. Huomioitava optimoinnissa on, ettei menoveden lämpötila laske liian alhaiseksi asiakaskohteissa, mikä käytännössä tarkoittaa 60-65 °C lämpötilatasoa. Asiakkaalle toimitetun lämmön laatu ei kuitenkaan ole täysin yksiselitteinen asia. Energiateollisuus ry:n (2015, 10)

mukaan asiakkaan lämmöntoimituksen kokonaislaatu on selvitettävissä vain asiakaskyselyillä, sillä käytetyt tunnusluvut mittaavat enemmän toimituksen laatua keskimääräisesti sekä määrällisesti, tuleeko lämpöä vai ei. Tätä tukee Sernhed & al. (2015, 11-12) päätelmä, että kaukolämmön luonteesta johtuen sillä ei ole samanlaisia laatuksiteereitä kuin vaikkapa sähkön jakelulla. He jatkavat edelleen, että tämä monimutkaistaa lämmön jakelun laadun määrittelemättömyyden myötä vaikutusten arviointia muun muassa riskimatriisi-pohjaisilla työkaluilla.

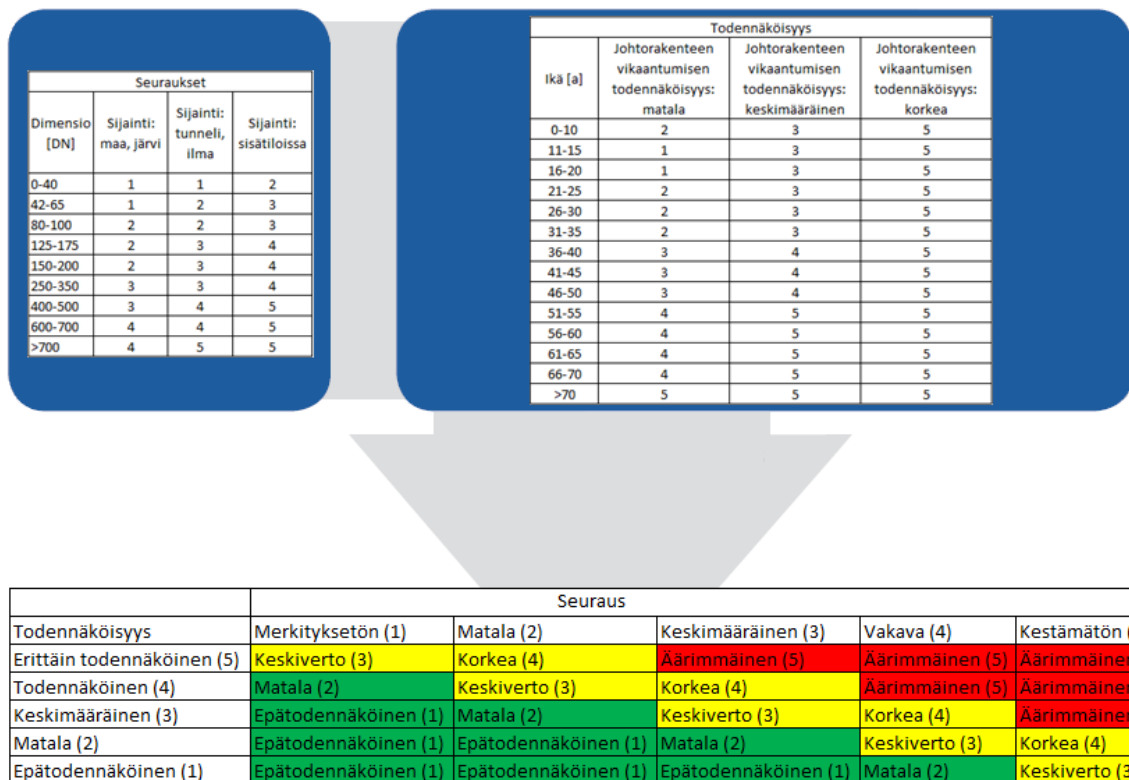
Käytön lisäksi käytönaikaisiin kustannuksiin sekä toimitusvarmuuteen vaikuttava asia on kunnossapito. Tunnusomaista kaukolämpöverkoston kunnossapidolle on, että verkosto sijaitsee pääasiassa maan alla. Sernhed & Jönsson (2017, 381-382.) mainitsevatkin, että sijaintinsa vuoksi verkoston kuntotarkastus on kallista ja saatava kuntotieto on monin osin vaillinaista. He jatkavat edelleen, että talousnäkökulmasta putkia tulisi kuitenkin hyödyntää mahdollisimman kauan, vaarantamatta toimitusvarmuutta ja turvallisuusnäkökohtia. Edellä mainitut asiat voidaan nähdä kaukolämpöverkon kunnossapidon haasteina, jotka eivät kuitenkaan poista kunnossapidon tarvetta. Energiategollisuus ry:n (2018b, 1-2) mukaan kaukolämpöverkon kunnossapitotoiminnan tulisi olla systemaattista, suunnitelmallista, pohjautua ennakoivaan kunnossapitostrategiaan sekä olla järjestelmällisesti dokumentoitua. Taho nostaa esiin myös näkökohdan, että jo suunnitteluvaiheessa määritellään pitkälti kunnossapidon elinkaaren aikaisia kustannuksia muun muassa sulkuventtiilien sijoittelun myötä. Luvun 3.4.2 perusteella kaukolämpöverkon kunnossapidolle on ominaista jaksotetun kunnossapidon toimet, joita ovat muun muassa kaivo- ja lämmönjakohuonetarkastukset. Nämä ovat oleellisia jo kuntotiedon keräämisen kannalta, mutta etenkin isompien parantavan kunnossapidon ja perusparannuskohteiden valintaan on perusteltavaa käyttää erilaisia työkaluja ja menetelmiä. Sernhed & Jönsson (2017, 382-383.) mainitsevatkin, ettei toimivan johtorakenteen uudistaminen ole taloudellisesti perusteltavissa ja alalle tyypillinen reaktiivinen strategia onkin vuodonkorjaus sen ilmaantuessa ja suunnitelmallisempi uudistaminen myöhemmin. He jatkavat edelleen, että tämä strategia kuitenkin sisältää tietoisia riskejä turvallisuuden ja tulevaisuuden investointien näkökulmasta. Tämän vuoksi aikaisemmin mainittuja kunnossapito- ja perusparannuskohteiden valinnan työkaluja tulisi käyttää ja kehittää.

Kaukolämmön jakelutoiminnassa kunnossapito- ja perusparannuskohteet perustuvat tyypillisesti perusparantamisstrategiaan. Edellisessä kappaleessa esiintyneet kaukolämpöverkon kunnossapidon tyypilliset piirteet aiheuttavat sen, että eksaktia kuntotietoa on vaikeaa saada. Energiateollisuus ry:n (2016, 4-7) mukaan yleispätevää perusparannusstrategiaa on vaikea luoda, sillä verkostot ovat erilaisia niin johtorakenteiden kuin tuotantotapojen mukaan. Yleisenä johtoajatuksena perusparannusstrategiaa luodessa tulisi olla tunnistettujen toimitusvarmuutta uhkaavien tekijöiden poistaminen suunnitelmallisesti. Tyypillisesti tämä alkaa kaukolämpöverkon arviointiprosessilla, jonka perusteella nousee perusparannuskohteita toteutukseen. Koska etenkin suurissa verkoissa kohteita voi olla paljon, kohteiden priorisointi on tärkeää käyttäen esimerkiksi riskimatriisia. Yhdistyksen esittämässä riskimatriisissa kohteet priorisoidaan todennäköisyyden ja riskin perusteella. Riski saadaan todennäköisyyden ja seurauksien pisteityksen summan tulona. Kuvassa 15 on esitetty riskin muodostuminen.



Kuva 15 Esimerkki riskimatriisista. (mukaillen Energiateollisuus ry 2016, 7.)

Energiateollisuus ry:n malliriskimatriisi on pitkälti samanlainen kuin Sernhed & Jönsson (2017, 388-390.) esittelemä Fortumin riskien arviointi-malli. Tämä Fortumin Ruotsissa käytämä malli on rakennettu toimijan verkkotietojärjestelmään helposti mitattavan omaisuusdatan perusteella. Fortumin mallissa johtorakenteen vaurioitumisen todennäköisyyttä arvioidaan iän, tyyppin ja asennusmaaston perusteella. Vastaavasti seurauksia arvioidaan mallissa putkidimension ja asennusmaaston perusteella. Kuvassa 16 on esitetty näiden vaikutus riskin muodostumiseen. Kuvan 16 perusteella voidaan sanoa, että esimerkiksi korkean vikaantumisen omaava DN100 johtorakenne sisätiloissa muodostaa äärimmäisen riskin.



Kuva 16 Fortumin käyttämä riskien arviointi-malli. (mukailen Sernhed & Jönsson 2017, 388-389.)

4 SUORITUSKYKY JA SEN MITTAAMINEN

Neljännessä luvussa käsitellään suorituskykyä ja sen mittaamista. Luvussa käsitellään myös miksi tavoitteet ovat suorituskyvyn mittaamiseen kannalta tärkeitä ja miten suorituskyvyn mittaamisesta saadaan kaikki irti. Erityisesti tarkastellaan omaisuuden toiminnan tason mittaamista ISO 55000 -standardisarjan pohjalta.

4.1 Yleistä

Käsitteenä suorituskyky voidaan ymmärtää monella tapaa. Laitinen (2003, 20) määrittää suorituskyvyn seuraavasti ”*yrityksen kyky saada aikaan tuotoksia asetetuilla ulottuvuuksilla suhteessa asetettuihin tavoitteisiin*”. Laitinen (2003, 26) täsmentää edellistä määritelmää edelleen, että yrityksen suorituskyky voidaan nähdä tarkoittavan kykyä maksimoida omistajien hyöty sekä tyydyttää yrityksen sidosryhmien tarpeet. Vastaavasti ISO 55000 -standardisarja (SFS-ISO 55000 2014, 30) määrittelee suorituskyvyn seuraavasti ”*Mitattavissa oleva tulos, joka voi liittyä joko määrällisiin tai laadullisiin havaintoihin. Suorituskyky voi liittyä toimintojen, prosessien, tuotteiden (joihin sisältyvät myös palvelut), järjestelmien tai organisaatioiden hallintaan.*” Näiden määritelmien myötä suorituskyvyn voidaan nähdä tarkoittavan mitattavissa olevaa tulosta, joka kertoo kuinka hyvin kohde pystyy saavuttamaan sille asetetut tavoitteet huomioiden rajoitteet.

Suorituskyvyn mittaamiseen on useita eri tapoja, jotka eroavat hieman käyttötavaltaan. Yleisesti käytössä olevia suorituskyvyn mittaamiseen käytettyjä menetelmiä ovat muun muassa KRI, RI, PI ja KPI, jotka kaikki mittaavat hieman eri asioita. Seuraavassa yleisesti kolmesta ensin mainitusta mittaustavasta, sekä esimerkkejä niiden käytöstä:

- KRI (Key Result Indicator) – vapaasti suomennettuna avaintulosindikaattori – kertoo yleisesti, kuinka organisaatio on pärjännyt. Esimerkkeinä avaintulosindikaattorista voidaan mainita asiakastyytyväisyys tai nettotulos ennen veroja. Indikaattorille on ominaista, että se on tulos monen tekijän summasta ja tarkasteltava ajanjakso on kuukaudesta ylöspäin.
- Tulosindikaattori (RI, Result Indicator) kertoo mitä on tehty. Esimerkkeinä tulosindikaattorista voidaan mainita eilinen myynti tai sairaalan vuodepaikkojen täyttöaste.

- Suorituskykyindikaattori (PI, Performance Indicator) kertoo mitä organisaation tulisi tehdä. Esimerkkeinä suorituskykyindikaattorista voidaan mainita myöhästyneet toimitukset tai myynnin prosentuaalinen nousu avainasiakkaille. Näille indikaattoreille on tyypillistä, etteivät ne ole liiketoiminnan ydinmittareita, vaan ne auttavat tiimejä tai osastoja kytkemään oman suorittamisen organisaation strategiaan. (Parmenter 2010, 1-4.)

Edellä mainittujen lisäksi on olemassa neljäntenä mittaustapana KPI, jonka määritelmä riippuu käytetystä lähteestä. KPI (Key Performance Indicator) tarkoittaa suoraan käännettynä avainsuorituskykyindikaattoria. Kuitenkin suomen kielessä vakiintuneempi termi on suorituskykymittari, jota on käytetty muun muassa Tekniikka&Talous-lehdessä (Siljamäki 2012). Parmenterin (2010, 4) mukaan suorituskykymittarit kertovat mitä tulisi tehdä, jotta suorituskyky nousisi merkittävästi. Parmenter jatkaa edelleen, että suorituskykymittarit edustavat nykyhetken ja tulevaisuuden kannalta kriittisimpiä näkökohtia organisaation suorituskyvystä. Toisen näkökulman (Anthony & Hastings 2015, 497) mukaan puhuttaessa etenkin fyysisestä omaisuudesta, voidaan suorituskykymittarit määritellä mitattaviksi arvoiksi, jotka näyttäisivät missä määrin omaisuus tai omaisuuserä täyttää sille asetetut vaatimukset.

Yhteistä edellä mainituille neljälle mittaustavalle on se, että niitä kaikkia perinteisesti käytetään suorituskykyään mittaavissa organisaatioissa. Indikaattoreiden määrät vaihtelevat organisaation mukaan, mutta hyvänä yleissääntönä voidaan pitää 10/80/10-sääntöä. Säännön mukaan organisaatiolle tulisi olla 10 avaintulosindikaattoria, yhteensä 80 tulos- ja suorituskykyindikaattoria sekä 10 suorituskykymittaria. Edellä mainituilla määrillä ja oikeilla rajoituksilla mittarit antavat kattavan kuvan organisaation suorituskyvystä, ilman liian raskasta mittausprosessia. (Parmenter 2010, ix & 12-13.)

4.2 Suorituskyvyn kokonaisvaltaiset mittarit

Edellisessä luvussa mainituilla mittaustavoilla saadaan arvioitua mahdollisesti yksityiskohtaistakin suorituskykyä. Jotta toimintaa voidaan arvioida kokonaisuutena on tärkeää, että mittaus on kohdennettua. Laitisen (2003, 366-367) mielestä suorituskyvyn mittaus ilman

fokusointia on joukko irrallisia mittareita. Hän jatkaa edelleen, että strategisen päätöksenteon kannalta on tärkeää muodostaa kattava mittaristo valittujen mittareiden pohjalta. Mittaristolle voidaan nähdä olevan kolme vaatimusta: kattavuus, integroitu kokonaisuus sekä käyttökelpoisuus. Kattavuudella tarkoitetaan sitä, että mittaristo kattaa tehokkaan päätöksenteon kannalta kaikki ulottuvuudet. Integroidulla kokonaisuudella tarkoitetaan sitä, että mittarit eivät sisällä päällekkäistä informaatiota samoista ulottuvuuksista, vaan mittaristo muodostaa loogisen kokonaisuuden. Käyttökelpoisuudella tarkoitetaan sitä, että mittaristo on hyödyllinen päätöksenteolle mitattaessa, arvioitaessa ja parannettaessa yrityksen suorituskykyä. (Laitinen 2003, 367.) Seuraavissa alaluvuissa on esitelty kahden yleisesti käytössä olevan strategisen suorituskyvyn mittariston ominaispiirteet.

4.2.1 Tasapainotettu mittaristo

Puhuttaessa koko organisaation suorituskyvyn mittauksesta on Balanced Scorecard – suomenmennettuna tasapainotettu mittaristo - yleinen mittausmenetelmä. Mittausmenetelmän ovat kehittäneet amerikkalaiset Robert S. Kaplan ja David P. Norton, joiden alkuperäisenä ajatuksena oli sitoa organisaation strategiat raportointijärjestelmiin. Vuosien varrella mittaristosta on syntynyt erilaisia versioita, mutta niiden kaikkien tavoitteena on strategian muuntaminen konkreettiseksi toiminnaksi. Osaltaan tähän vaikutti heidän näkemyksensä siitä, että organisaatiot arvioivat suoriutumistaan liian yksipuoleisesti ja vaikeasti. Tähän ongelmaan klassinen tasapainotettu mittaristo tarjoaa toiminnan tarkastelun neljästä näkökulmasta, jotka ovat: talous, sisäiset liiketoimintaprosessit, oppiminen ja kehitys sekä asiakkaat. (Frietag & Schmidt 2004, 11-14.) Taloudellisella näkökulmalla tarkoitetaan sitä, miten asiakkaiden odotusten täyttäminen vaikuttaa organisaation taloudelliseen suorituskykyyn. Tätä voidaan mitata esimerkiksi pääoman tuotto prosentilla. Sisäisten prosessien näkökulmalla tarkoitetaan, miten asiakkaiden odotusten täyttäminen vaikuttaa yrityksen sisäisten prosessien suorituskykyyn. Tyypillinen mittari tälle on esimerkiksi laatu. Oppiminen ja kehittyminen näkökulmallisesti liittyy siihen, kuinka hyvin organisaatio pystyy kehittämään asiakkaiden odotuksien täyttämistä. Tälle kuvaava mittari voi olla vaikka lisäarvon tuottaminen asiakkaalle. Edellisissä näkökulmissa esiintyvä asiakasperspektiivi liittyy itsessään siihen, että kuinka hyvin organisaatio tunnistaa asiakkaalle tärkeät asiat ja osaa muuntaa ne mittareiksi.

Tunnusomaisia mittarin teemoja tälle näkökulmalle ovat esimerkiksi palvelun tai tuotteiden laatu. (Laitinen 2003, 376-377.)

4.2.2 Suorituskykypyramidi

Suorituskykypyramidi on tasapainotetun mittariston tavoin suorituskykymittaristo. Mittaristo perustuu hierarkkiseen järjestykseen, jossa tavoitteet johdetaan organisaation eri tasoille visiosta alaspäin. Vastaavasti tavoitteiden toteutumista mitataan eri hierarkiatasoilla ja ne siten vaikuttavat aina ylemmille organisaatiotasoille ja lopulta visioon. Suorituskykypyramidi huomioi eri organisaatiotasojen toiminnan lisäksi ulkoisen tehollisuuden, sekä sisäisen tehokkuuden. Käytännössä ulkoisella tehollisuudella voidaan tarkoittaa vaikka organisaation kykyä täyttää asiakkaiden odotukset. Vastaavasti sisäinen tehokkuus tarkoittaa organisaation kykyä toimia tehokkaasti. (Laitinen 2003, 385-386.) Kuvassa 17 on esitetty suorituskykypyramidin periaate.



Kuva 17 Suorituskykypyramidin periaate. (mukaillen Laitinen 2003, 386.)

4.3 Suorituskyky ISO 55000 -standardisarjassa

Kuten kappaleessa 3.2 mainittiin, organisaation tulisi arvioida suorituskykyä omaisuuden toiminnan tason, omaisuudenhallinnan sekä omaisuudenhallintajärjestelmän näkökulmista. Näistä ensin mainittu omaisuuden toiminnan tason suorituskyky käsittää organisaation hallussa olevan omaisuusvalikoiman suorituskyvyn arvioinnin. Omaisuudenhallinnan suorituskyky keskittyy mittaamaan sitä, että saavutetaanko omaisuudelta haluttua arvoa toimilla, jotka ovat määritelty omaisuudenhallinnassa. Huomioitavia asioita ovat muun muassa päätöksenteon vaikuttavuus ja tehokkuus. Omaisuudenhallintajärjestelmän suorituskyky toimii useasti johdon katselmuksien lähtötietona ja siinä keskitytään mittaamaan omaisuudenhallintaa koskevan politiikan, strategioiden ja tavoitteiden vaikuttavuutta ja saavuttamista. Lisäksi huomioitavia asioita ovat muun muassa muutokset omaisuudenhallintajärjestelmän kannalta keskeisissä asioissa ja omaisuudenhallintajärjestelmään kohdistuvien poikkeamien tai korjaavien toimenpiteiden vaikuttavuus. (SFS-ISO 55000 2014, 24.)

Edellä mainitun kolmen näkökulman suorituskyvyn seuranta mahdollistaa omaisuudenhallinnan parantamisprosessin lisäksi tiedon siitä, että organisaatio seuraa oikeita näkökohtia. Näillä näkökohdilla tarkoitetaan niitä, jotka voivat riskeerata omaisuuden luoman arvon tai omaisuudenhallinnan tavoitteiden saavuttamisen. Määrittäessä suorituskyvyn arviointia olisi huomioitava seuraavat asiat:

- Sidosryhmien ja viranomaisten vaatimukset
- Organisaation omaisuudenhallinnan tavoitteet
- Organisaation päätöksentekokriteerit sekä –menettelyt
- Tekniset ja taloudelliset tiedot ovat yhdenmukaisia, jäljitettäviä, ajantasaisia, oikeita sekä riittävän kattavia (SFS-ISO 55002 2018, 34-35.)

Omaisuudenhallinnan tavoitteisiin liittyy kiinteästi SAMP, eli strateginen omaisuudenhallintasuunnitelma. ISO 55000 -standardisarja (SFS-ISO 55000 2014, 36) määrittelee strategisen omaisuudenhallintasuunnitelman seuraavasti: ”*dokumentoitu tieto, joka määrittelee, kuinka organisaation tavoitteet muunnetaan omaisuudenhallinnan tavoitteiksi, kuinka omaisuudenhallintasuunnitelmat laaditaan ja kuinka omaisuudenhallintajärjestelmä tukee omaisuudenhallinnan tavoitteiden saavuttamista*”. McNettin (2015) mukaan strateginen omaisuudenhallintasuunnitelma voidaan nähdä toimintasuunnitelmana, joka näyttää kuinka

omaisuudenhallinta tukee organisaation tavoitteita. Tavoitteiden ja suorituskyvyn välisestä suhteesta on kerrottu lisää luvussa 4.5.

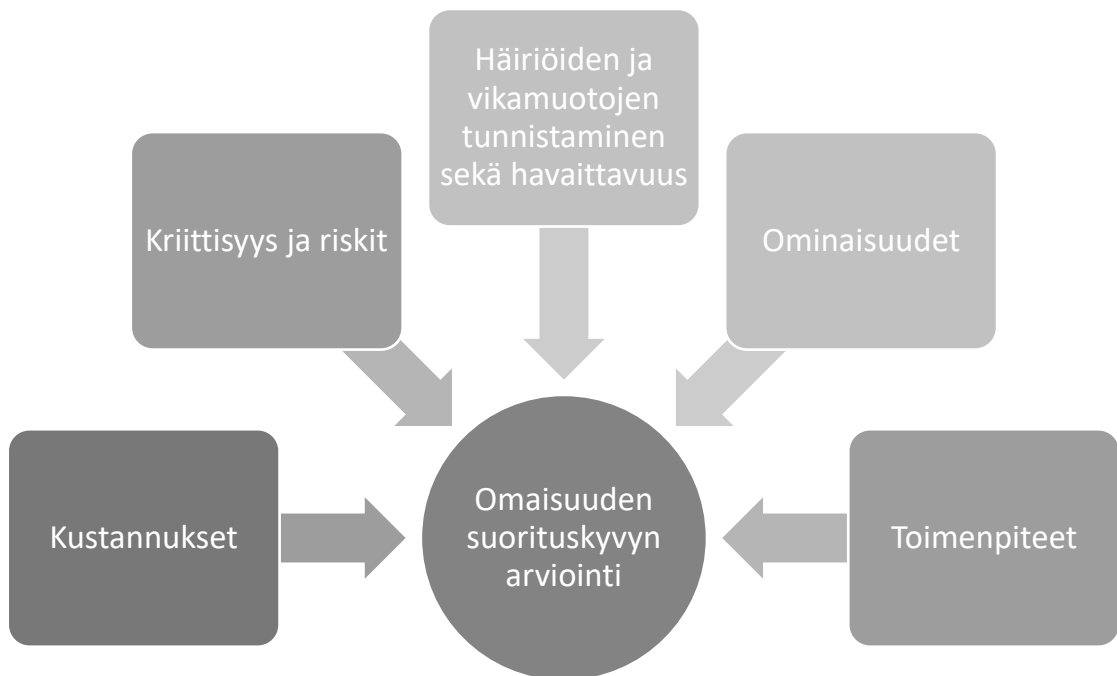
Kun suorituskyvyn arviointi ovat määritetty, on sen seurantaan ja ylläpitoon asetettava suorituskykymittareita, jotka voivat olla määrällisiä tai laadullisia. Näiden suorituskykymittareiden tulisi olla yhdenmukaisia organisaation eri toiminnoissa, mikä osaltaan helpottaa tulosten tulkittavuutta. Yhdenmukaisuudesta organisaation olisi myös huolehdittava omaisuusluokitusten kohdalla. Suorituskykymittareiden tulosten tulkinnassa tulisi muistaa taloudellinen ja ei-taloudellinen tarkastelu sekä kyky tarjota tietoa päätöksenteolle läpi organisaation. Oleellista olisi myös se, että suorituskykymittareiden avulla tunnistettaisiin malleja parantamisprosessiin sekä hyödynnettäisiin päätöksentekokriteerejä, jotka huomioivat suorituskykymittareiden tulosten vaihtelevuuden ja muutosnopeuden. (SFS-ISO 55002 2018, 34-36.)

Omaisuu den toiminnan tason suorituskyvyn arvioinnista haasteellisen tekee sen monimutkaisuus. Monimutkaisuus ilmenee omaisuuden raakadatan hallinnassa ja sen muuntamisessa omaisuustiedoksi. Tämän vuoksi omaisuustiedon seuranta, analysointi ja arviointi tulisi olla jatkuvaa. (SFS-ISO 55000 2014, 24.) Omaisuusvalikoiman suorituskykymittareiden osalta olisikin tärkeintä aluksi määrittää seuraavat asiat, jotka ovat yhteneväiset myös omaisuudenhallinnan ja –järjestelmän osalta:

- mitä seurataan ja mitataan
- millä menetelmillä varmistutaan kelvollisista seuranta-, mittaus-, analysointi- ja arviointituloksista
- seurannan ja mittaamisen toteutusajankohta
- tuloksien analysoinnin ja arvioinnin toteutusajankohta (SFS-ISO 55001 2014, 24.)

Kuvassa 18 on esitetty asioita, joita organisaation tulisi huomioida määrittäessään omaisuusvalikoiman suorituskyvyn arviointia. Nämä asiat koskevat etenkin fyysisen omaisuuden kohdalla tyypillisesti suorituskykyä elinkaaren eri vaiheissa sekä toiminta- ja käyttövarmuutta. Kustannuksilla tarkoitetaan sitä, että määrittäsvaiheessa olisi arvioitava omaisuuden suorituskyvyn seurannan kustannuksia suhteessa hyötyyn. Omaisuuden kriittisyys ja riskit

käsittävät sellaisia asioita, kuten omaisuuden kriittisyyden arviointi sekä kuinka omaisuuden liittyviä riskejä hallintaan ja kuinka riskit käyttäytyvät elinkaaren eri vaiheissa. Elinkaaren eri vaiheisiin liittyy kiinteästi toiminnallisten häiriöiden ja vikamuotojen tunnistaminen sekä niiden havaittavuus. Edellisen vuoksi on tärkeää, että omaisuudesta tuotettu tieto on oleellista. Omaisuuden ominaisuudet käsittävät sellaisia huomioitavia asioita, kuten omaisuudessa tapahtuvat muutokset ajan suhteen, eri omaisuusluokkien keskinäiset suhteet, suorituskyvyn historiatiedot sekä suorituskykyyn vaikuttavien parametrien tunnistaminen. Kaikkiin edellisiin kohtiin liittyy oleellisesti toimenpiteet, joka tarkoittaa korjaaviin toimenpiteisiin resursoitua aikaa. (SFS-ISO 55002 2018, 36-37.)

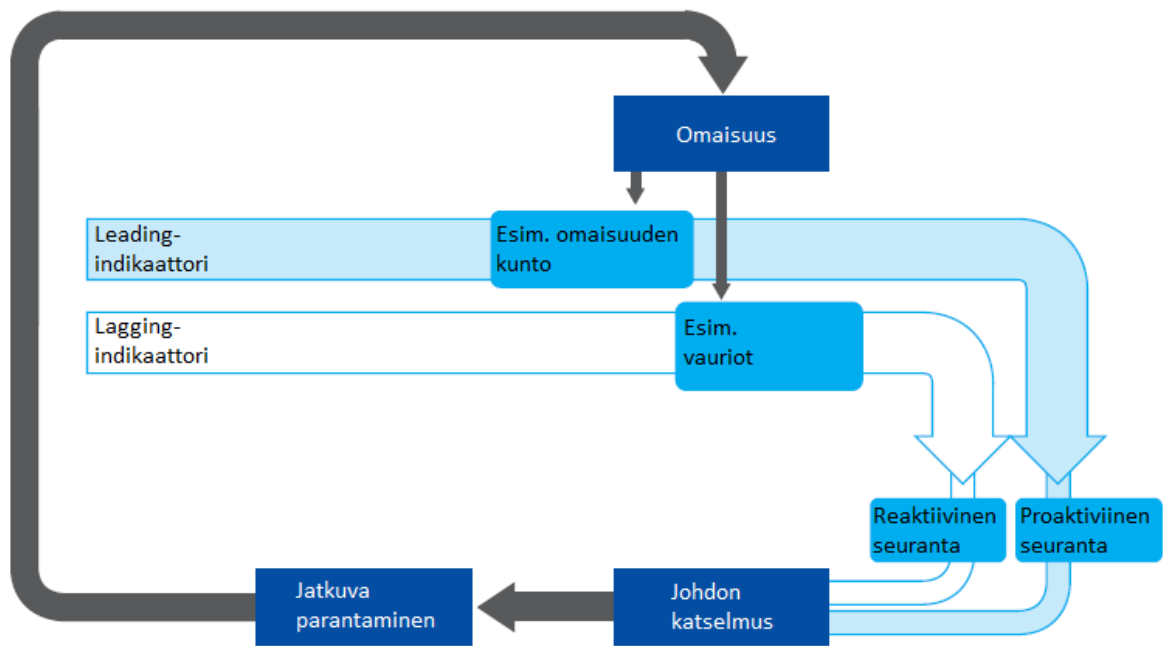


Kuva 18 Omaisuuden suorituskyvyn arviointi.

Tehokkaan omaisuuden kunnan ja suorituskyvyn seurannan voidaan nähdä olevan oleellista toimivalle omaisuudenhallinnalle. Keskeistä seurannalle on laadukas omaisuusdata sekä ymmärrys omaisuudesta. Ymmärrys on itsessään subjektiivinen ja koostuu sellaisista asioista, kuten kokemus, henkilökohtaiset arvot sekä oikean tiedon hyödyntäminen ja löytäminen. Ymmärryksen säilyvyyden turvaaminen organisaatiossa onkin oleellista, jotta omaisuudenhallinnasta saadaan kaikki irti pelkän omaisuusdatan lisäksi. Seurannalle on myös tärkeää arviointi omaisuuden kunnosta sekä sen kyvystä täyttää sille suunnitellut vaatimukset

nyt ja tulevaisuudessa huomioiden omaisuuserän tyypilliset vikamuodot. Vaatimukset ja tavoitteet itsessään pitäisi olla dokumentoituna strategisessa omaisuudenhallintasuunnitelmassa. Peilaamalla omaisuuden kunnon seurannan tuloksia omaisuudelle asetettuihin vaatimuksiin ja tavoitteisiin voidaan tuottaa tärkeää informaatiota omaisuudenhallinnan päätöksenteolle. (IAM 2015, 60 & 69)

Omaisuuden suorituskyvyn hallintaan valjastetut mittarit voivat olla luonteeltaan ennakoivia (leading-indikaattori) tai viiveellisiä (lagging-indikaattori) tai näiden yhdistelmiä (IAM 2015, 69-70). McNettin (2015) mukaan on ensisijaisen tärkeää, että suorituskyvyn seurannassa käytetään molempia. Leading-indikaattorit tarjoavat edistynyttä tietoa ennustamalla tuloksia. Käytännössä leading-indikaattorit antavat käsityksen tavoitteen tai lopputuloksen tilasta ennen muutosta tai häiriötä. Vastaavasti mennyttä kuvaavat lagging-indikaattorit antavat palautetta vasta sen jälkeen, kun tavoite on saavutettu tai jätetty saavuttamatta. Käytännössä lagging-indikaattori tarjoaa lisätietoa juurisyiden tunnistamiseksi ja siten mahdollistaa analyysin jatkuvalle parantamiselle, mutta tarjoaa harvoin mahdollisuuden tehdä muutoksia ajoissa halutun tason ylläpitämiseksi. (McNett 2015.) Fyysisen omaisuuden ollessa kyseessä on indikaattoreiden seuranta pääasiassa proaktiivista, eli aktiivisesti pyritään vaikuttamaan omaisuuteen vaikuttaviin asioihin. Toisaalta etenkin lagging-indikaattoreiden kohdalla seuranta on pitkälti reaktiivista, sillä asiat ovat jo tapahtuneet. (IAM 2015, 70). Kuvassa 19 on esitetty omaisuuden suorituskyvyn seuranta, joka toimiessaan antaa tärkeää lähtötietoa johdon katselmuksiin ja joka edelleen on oleellista jatkuvan parantamisen prosessille.



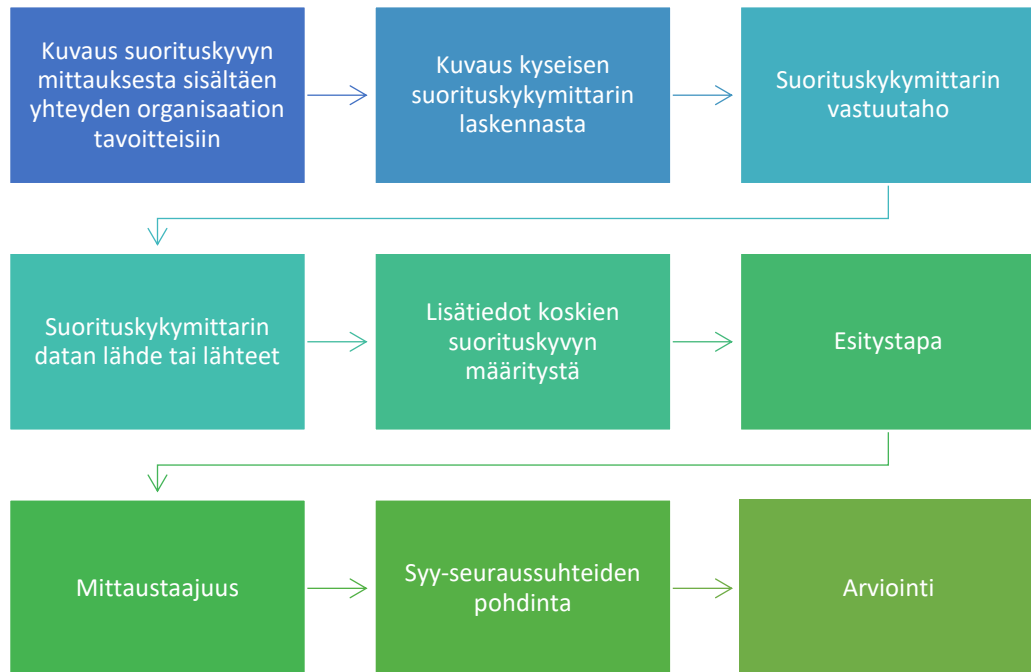
Kuva 19 Omaisuu den suorituskyvyn mittaaminen jatkuvan parantamisen näkökulmasta. (mukai l l en IAM 2015, 70.)

4.4 Oikeiden suorituskykymittareiden valinta

Oikeiden suorituskykymittareiden valinta lukuisista vaihtoe hdoista on haastavaa, mutta seuraavilla keinoilla vältetään yleisempiä kompastuskiviä. Heyn (2017, 225) mukaan oleellista jokaiselle valitulle suorituskykymittarille on se, että ne tukevat organisaation tavoitteita ja strategiaa sekä varmistavat asiakastyytyväisyyden. Hän jatkaa edelleen, että mittarin vaikuttavuus liiketoiminnan kokonaisuuteen on arvioitava, jotta resurssit saadaan keskitettyä oleellisiin mittareihin, joilla on eniten vaikutusta. Samoilla linjoilla on myös McNett (2015), joka mainitsee kuitenkin, että suorituskykymittareita kehitetään usein mielivaltaisesti ja ehkä jopa ottamatta huomioon vaikutusta organisaatioon kokonaisuutena ja sen strategiaa sekä tavoitteita. Hän muistuttaa, että suorituskykymittarit ovat todella arvokkaita ja vaikuttavia vain silloin, kun ne ovat sovellettavissa ja sidottavissa organisaation tavoitteisiin. ISO 55000-standardisarjan mukaisessa omaisuudenhallintajärjestelmässä nämä tavoitteet on dokumentoitu aiemmin mainitussa strategisessa omaisuudenhallintasuunnitelmassa.

Tyypillisesti suorituskykymittareiden kehitystyö lähtee asiantuntijatasolta, jossa pohditaan eri vaihtoehtoja mittaamiselle. Riippuen toimialasta on pohdittava mahdollisesti jo käytössä

olevien suorituskykymittareiden soveltuvuutta omaan toimintaan ja näiden vaikuttavuutta liiketoimintaan. (Hey 2017, 250.) Itse suorituskykymittareiden kehitysprosessi voi kulkea esimerkiksi kuvan 20 kaltaista polkua pitkin.



Kuva 20 Organisaation suorituskykymittareiden kehitysprosessi. (mukaillen Hey 2017, 250.)

Mutta mitkä ovat hyvän suorituskykymittarin merkkejä? Laitisen (2003, 146-147) mukaan mittareita kehitettäessä ja käyttöön otettaessa on tarkoituksenmukaista valita mittarit parhailla mahdollisilla ominaisuuksilla. Tällä hän tarkoittaa sitä, että mittareiden mittaustuloksen tulee täyttää tietyt ominaisuudet, jotta mittarit olisivat käyttökelpoisia päätöksenteossa. Nämä ominaisuudet hänen mukaansa ovat oleellisuus, edullisuus, oikeellisuus, tarkkuus sekä uskottavuus. Osittain samoja asioita nostaa esiin McNett (2015), jonka mukaan suorituskykymittarin ollessa merkityksellinen, sen tulisi sisältää seuraavat neljä ominaisuutta: objektiivinen, suorituskyvyn kriteerit, määritelty lähde sekä suunnitelmallisuus. Objektiivisuudella hän tarkoittaa sitä, että suorituskykymittarin on yksiselitteisesti mitattava tavoitteesta johdettua suorituskykyä. Huomioitavaa kuitenkin on, ettei suorituskykymittarin tarvitse suoraan mitata tavoitetta, vaan mittarin suhde tavoitteeseen tulisi olla määritelty ja kaikkien osapuolien tiedossa. Listatessaan suorituskyvyn kriteerit toiseksi merkittäväksi ominaisuudeksi hän tarkoittaa sillä sitä, että suorituskykymittarilla tulisi olla selkeät määritellyt kriteerit, jotta voidaan ymmärtää mitä mitattu tulos tarkoittaa. Toiseen kohtaan liittyy kiinteästi

myös näkökohta, että kriteerien avulla tunnistetaan poikkeamat, jotka edellyttävät toimia. Ennen kaikkea kriteereiden tulisi olla realistisia, jolloin haluttu tavoitetaso olisi saavutettavissa ja toisaalta mahdollisiin poikkeamien toimenpiteisiin jäisi riittävästi reagointiaikaa. Kolmantena listattu suorituskykymittarin määritely lähde varmistaa sen, että mittari on oikein määritellyn tietolähteen perusteella validi. Määriteltyyn lähteeseen liittyy toimenpidesuunnitelmat tiedon eheyttämiseksi sekä omistajuus, jolla jokaiselle suorituskykymittarille määritetään vastuutaho. Viimeisenä mainitussa suunnitelmallisuudessa yhdistyy edellisten kohtien osa-alueita siten, että mittareiden poikkeamista tulisi olla omat toimintasuunnitelmat, joille on määritely vastuutaho. Tähän liittyy kiinteästi myös ISO 55000 -standardisarjassa määritellyt tuloksien analyysit mahdollisen poikkeaman lähteen ymmärtämiseksi. Edellisten lisäksi Hey (2017, 259.) mainitsee seuraavia hyvän mittarin ominaisuuksia: helppous laskemiseen ja seurantaan, kaikkien ymmärtämä ja hyväksymä, vertailtavissa sekä numeerinen. Hän myös nostaa esille näkökohdan mittaristoista, joissa mittareiden tulisi painottua ennakoiviin.

4.5 Tavoitteet

Aiemmissa luvuissa on korostettu, että valitut suorituskykymittarit tulisivat olla sidoksissa organisaation tavoitteisiin. Tähän liittyy myös aiemmin käsitelty määrittely suorituskykymittarin suhteesta tavoitteeseen. McNett (2015) onkin sitä mieltä, että mittari on ainoastaan silloin arvokas, kun se on merkityksellinen organisaation tavoitteiden kannalta. Koska suorituskykymittareita tyypillisesti käytetään päätöksenteon tukena, niin mittarin ilman tavoitetta voidaan sanoa olevan vain luku, jolla ei voida johtaa.

4.5.1 Alva-yhtiöiden visio ja strategia

Koska työn tavoitteena on luoda suorituskykymittaristo toimeksiantajan kaukolämpöverkosto-omaisuudelle ja siihen vaikuttaviin toimiin, tulee mittareiden olla sidottu organisaation tavoitteisiin. Alva-yhtiöiden visiona on olla vesi-, energia- ja resurssitehokkuuspalveluiden tulevaisuuden tekijä asiakkailleen, työntekijöilleen sekä kumppaneilleen (Alva-yhtiöt

Oy 2019b, 2). Tämän vision saavuttaakseen Alva uudisti strategiansa vuonna 2019 nimen-
vaihdoksen yhteydessä. Uusi strategia muodostuu neljän strategisen päämäärän ympärille,
jotka ovat:

- Asiakkaiden monipuoliset odotukset ja teknologiavaihtoehdot
- Ilmastonmuutos
- Yhteiskunnan rakennemuutos – ikääntyminen, kaupungistuminen, julkisen talouden
kestävyys
- Analytiikka ja keinoäly (Alva-yhtiöt Oy 2019a, 3.)

Edellä mainitut strategiset päämäärät voidaan nähdä olevan toiminnan ytimessä. Näiden tee-
mojen pohjalta on laadittu toimintokohtaisia ylätasoinen tavoitteita verkkostrategiaan. Verk-
kostrategia jakautuu erilaisiin verkkokohtaisiin tavoitteisiin, joiden alle on vielä lämpö- ja
jäähdytysverkkojen osalta määritelty tavoiteverkko, mitä kohti pyritään. Strategiset päämää-
rät sekä karkealla tasolla verkkostrategian ja tavoiteverkon tavoitteet ovat esitetty kuvassa
21. Kuvasta 21 voidaan nähdä, että pyrkimällä tavoiteverkkoon toimeksiantaja saavuttaa
myös monia strategisista päämääristä johdettuja tavoitteita, aivan kuten aiemmin työssä esi-
tellyssä suorituskyky pyramidissa.



Kuva 21 Alva-yhtiöiden strategiat eri liiketoimintatasoilla. (Flyktman 2020.; Alva-yhtiöt Oy 2019a, 3.)

5 KYSELYN TOTEUTUS

Viidennen luvun tarkoituksena on esitellä, miten kyselytutkimus on toteutettu. Tutkimuksen toistettavuuden vuoksi käydään läpi, millä työkalulla ja minkälaisilla kysymyksillä kysely on toteutettu sekä mitkä ovat kyselyn kohdeorganisaatiot ja miksi. Luvussa 5.2 tarkastellaan vielä tarkemmin kyselyn toteutusta sekä vastausten analysointia.

5.1 Yleistä

Aineiston keruu toteutettiin kyselynä Microsoft Forms-työkalun avulla laaditulla strukturoidulla lomakkeella, joka sisälsi avoimia ja monivalintakysymyksiä. Kyselyn aihepiiristä johtuen vastaajille haluttiin antaa mahdollisimman vapaa sana, joka aiheutti kysymyksien painottumisen avoimiin. Kyselyyn valitut kysymykset muotoiltiin toimeksiantajan asiantuntijoiden kesken, joiden työnkuvaan kuuluu omaisuudenhallinta sisältäen kaukolämpöverkoston käytön, suunnittelun sekä kunnossapidon. Kyselyn tavoitteena oli tuottaa lisätietoa saatavilla oleville Energiateollisuus ry:n tunnusluvuille selvittämällä alan suurimpien toimijoiden tapoja ja käytänteitä, joilla seurataan verkosto-omaisuuden ja siihen vaikuttavien toimien suorituskykyä.

Kyselyn kohdeorganisaatiot valikoituivat alan suurimpien toimijoiden keskuudesta sillä oletuksella, että näillä on enemmän resursseja panostaa omaisuudenhallintaan. Kohdeorganisaatioita kyselyssä on mukana yhteensä 18 kpl. Energiateollisuuden tilastojen (2020, 8-17) mukaan nämä kaikki organisaatiot löytyvät Suomen 30 suurimman kaukolämpöverkoston haltijan joukosta, painottuen suurimpiin. Kysely lähetettiin loppukesästä 2020 seuraaville organisaatioille: Helen Oy, Fortum Power and Heat Oy, Oulun Energia Oy, Lahti Energia Oy, Tampereen Sähkölaitos, Turku Energia Oy Ab, Vantaan Energia Oy, Loimua Oy, Kuopion Energia Oy, Lappeenrannan Energia Oy, Savon Voima Oyj, Seinäjoen Energia Oy, Pori Energia Oy, Kokkolan Energia Oy, Napapiirin Energia ja Vesi Oy, Kotkan Energia Oy, Suur-Savon Sähkö Oy ja Rauman Energia Oy. Näiden toimijoiden verkostopituus oli vuonna 2019 Energiateollisuuden tilastojen (2020a, 8-17) mukaan 9475 km, mikä vastaa 61,4 % maamme kaukolämmön kokonaisverkostopituudesta. Kysely lähetettiin organisaatioissa henkilöille, joiden voidaan sanoa olevan toiminnan ytimessä. Näiden henkilöiden nimikkeitä

ovat muun muassa käyttöinsinööri, yksikön päällikkö, kaukolämpöpäällikkö, verkostopäällikkö, verkkopäällikkö ja kaukolämpöinsinööri.

5.2 Toteutus ja vastausten analysointi

Kyselytutkimuksen toteutuksen lähtökohtana oli selvittää muiden kaukolämpöyhtiöiden käytäntöjä koskien suorituskyvyn mittaamista. Kyselyn kannalta oleelliset kohdeorganisaatiot valittiin toimeksiantajan asiantuntijakeskusteluissa, joissa merkittävämmäksi tekijäksi nousi kaukolämpöyhtiön hallitseman verkoston koko. Tämän lisäksi kysely kohdistettiin organisaatioille, joista tiedetään etukäteen asian parissa työskentelevät henkilöt. Lähtöoletuksena oli, että isoimmilla kaukolämpöorganisaatioilla on enemmän resursseja panostaa verkosto-omaisuuden seurantaan ja mittaamiseen. Toisaalta pääomavaltaisena alana isoimmilla toimijoilla on myös intressit seurata verkostonsa suorituskykyä mahdollisimman hyvin. Edellä mainittujen syiden myötä Suomen parhaimmat käytännöt ja menetelmät olisi todennäköistä löytää juuri tästä joukosta. Koska kaukolämpöverkostot itsessään ovat melko samanlaisia, voidaan kyselytutkimuksen tuloksia hyödyntää myös tämän joukon ulkopuolelle jäävissä kaukolämpöyhtiöissä.

Kyselyssä esitetyt kysymykset laadittiin teorialueen jälkeen, jossa selvitettiin toimialan tyypillisiä piirteitä ja käytettyjä suorituskyvyn arviointimenetelmiä. Punaisena lankana teorialueen tutkimuksessa toimi alan kirjallisuus ja julkaisut. Tämän tueksi tarkasteltiin ISO 55000 -standardisarjaa ja sen pohjalta tuotettuja ohjeistuksia sekä kirjallisuutta. Huomioitavaa on, että hyödyntämällä kyseisen standardisarjan pohjalta laadittuja julkaisuja voitiin varmistua ajantasaisesta tutkimustiedosta koskien omaisuuden systemaattista ja tehokasta hallintaa.

Saatujen vastausten analysointi tapahtuu monivalintakysymyksien osalta määrällisten menetelmien avulla (aritmeettinen keskiarvo, mediaani ja keskihajonta) sekä avoimien kysymyksien osalta tilastollisin menetelmin ryhmittelemällä vastaukset. Ryhmittelyn lähtökohta tutkimuksen aihepiiristä johtuen on, että mitä seurataan ja mitataan. Saaduille vastauksille laaditaan prosentuaaliset jakaumat, joiden avulla nostetaan esille teemoja, mitkä muut alan toimijat näkevät oleelliseksi mitattavaksi.

6 KAUKOLÄMMÖN JAKELUVERKOSTON SUORITUSKYKYMITTARIT JA ELINKAAREN HALLINTATOIMENPITEET

Luvussa 6.1 käydään läpi kyselyn perusteella saadut vastaukset tutkimuksen kohteena olleilta kaukolämpöyhtiöiltä. Saatuja vastauksia on muutettu tarvittaessa siten, ettei niiden avulla voida tunnistaa kohdeorganisaatiota. Kyselyssä esitetyt kysymykset sellaisina kuin ne on esitetty vastaajille, on nähtävillä tämän työn liitteessä 1. Luvussa 6.2 on esitetty kyselyn ja teoriakatsauksen pohjalta laadittu mallimittaristo. Luvussa 6.3 on käyty elinkaaren hallintatoimenpiteitä teoriakatsauksen ja kyselyn pohjalta, joilla verkosto-omaisuus pidetään halutulla tasolla.

6.1 Alan suurimpien toimijoiden näkemyksiä jakeluverkoston suorituskyvystä

Kysely lähetettiin sähköpostitse 18 Suomen suurimpien joukossa olevalle kaukolämpöyhtiölle, joista kymmeneltä saatiin vastauksia. Lopulliseksi vastausprosentiksi muodostui 56 %, jota voidaan pitää hyvänä tuloksena. Kyselyssä oli yhteensä 17 kysymystä, jotka jakaantuvat 11 avoimeen ja kuuteen monivalinta-/luokittelukysymykseen. Keskimäärin vastaajilla meni aikaa kyselyyn 32min 58s. Kuvassa 22 on esitetty vastausprosentti kysymyskohtaisesti.



Kuva 22 Kysymyskohtaiset vastausprosentit.

6.1.1 Peruskysymykset

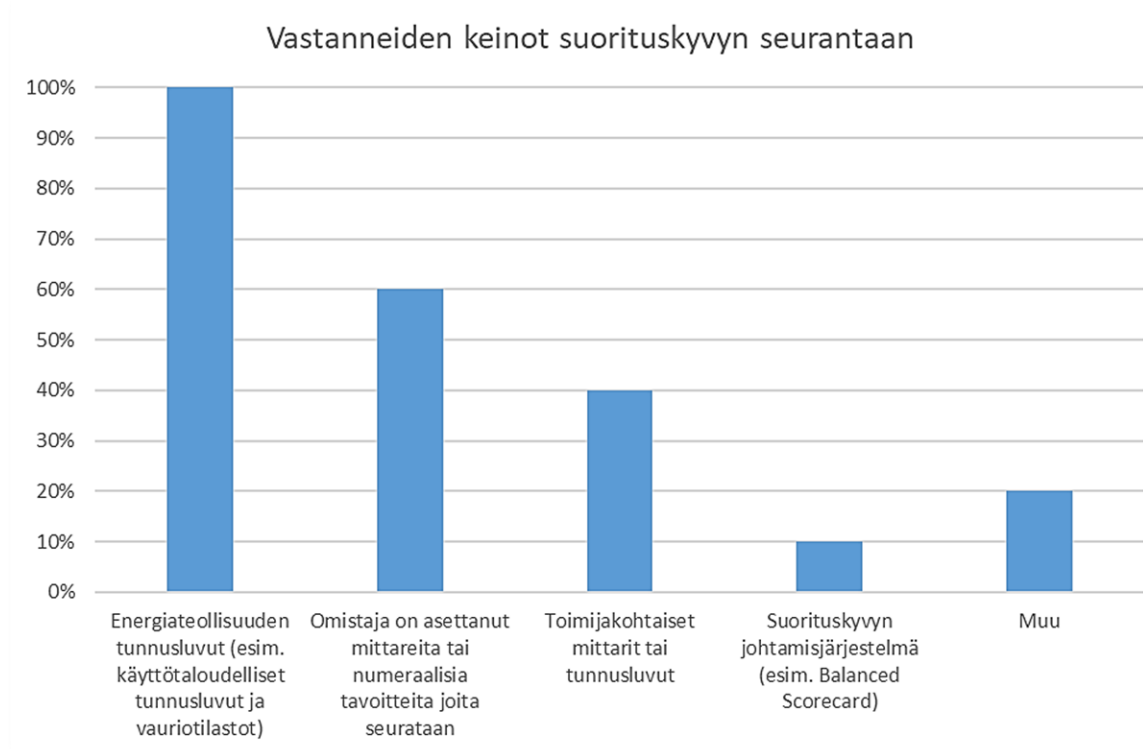
Työn ensimmäisissä kysymyksissä oli tavoitteena selvittää vastaajien verkostopituus, omaisuudenhallintastrategian tila sekä kuinka tärkeäksi he kokevat suorituskyvyn seurannan ja millä menetelmillä sitä toteutetaan. Vastanneiden yhtiöiden hallinnassa on 5206 km kaukolämpöverkkoa, joka on suhteutettuna vuoden 2019 lopun tietoon 33,7 % Suomen kokonaisverkostopituudesta. Saatuja tuloksia voidaan tämän vuoksi pitää edustavana.

Suurimmalla osalla kyselyyn vastanneista kaukolämpöverkosto-omaisuuden osalta on laadittu omaisuudenhallinnan strategia, mikä voidaan myös tuntea eri nimillä. Vastauksien perusteella 50 prosentilla on laadittu omaisuudenhallintastrategia, 20 prosentilla kyseistä strategiaa ei ole laadittu ja lopuilla vastanneista kyseinen strategia tunnetaan eri nimillä tai vastaavasti sen aihepiiri käsittää vain osan omaisuudenhallinnan strategiasta. Muu-kohtaan saatuja vastauksia olivat kriittisyysluokittelutaulukko, pitkän tähtäimen suunnitelma ja omaisuudenhallinnan periaatteet.

Kyselyn perusteella vastaajat ovat yksimielisiä siitä, että verkosto-omaisuuden suorituskyvyn seuranta on tärkeää. Suorituskyvyn seurannan tärkeyteen vastattiin asteikolla 1 - 5, jossa 1 = ei välttämätöntä ja 5 = erittäin tärkeää. Mediaani vastauksissa oli 5, keskiarvo 4,3 ja keskihajonta 1,06.

Vastauksien perusteella suorituskyvyn seurannassa organisaatiot käyttävät pääasiallisesti Energiateollisuus ry:n tunnuslukuja sekä omistajan asettamia tavoitteita. Vastauksien prosentuaaliset osuudet on esitetty kuvassa 23. Huomioitavaa on, että organisaatiot käyttävät valtaosin useampaa kuin yhtä tapaa suorituskyvyn seurannassa. Tätä tukee myös numeerinen tarkastelu tavoista, jonka perusteella mediaani vastauksissa oli 2, keskiarvo 2,3 ja keskihajonta 1,3. Edellä mainitut luvut on laskettu summaamalla vastauksien perusteella saadut tavat organisaatiokohtaisesti. Vastanneista 30 % käyttää ainoana keinonaan Energiateollisuuden tunnuslukuja ja nämä toimijat asettuvat verkostopituudella mitattuna pieniin ja keski-suuriin vertailtuna vastausjoukkoon. Vastaavasti mitä suurempi toimija on verkostopituudella mitattuna, sitä useampia keinoja suorituskyvyn seurannassa käytetään. Etenkin toimijakohtaisia mittareita ja tunnuslukuja on käytössä vastaajien keskuudessa, jotka luokitellaan suuriksi. Muu-kohtaan saatuja vastauksia olivat KPI, valvomotekniikka, kaivokierrokset

sekä verkon mittausdata. Näistä suorituskykymittareita lukuun ottamatta muut ovat enemminkin keinoja, jotka mahdollistavat verkosto-omaisuuden suorituskyvyn seurannan.



Kuva 23 Suorituskyvyn seurannan tavat

6.1.2 Omaisuuden suorituskyvyn seuranta elinkaaren eri vaiheissa

Kyselyn kysymykset 5 – 9 käsittelivät suorituskyvyn seurantaa omaisuuden elinkaaren eri vaiheissa sekä kokonaisuutena. Kyselytutkimuksessa ei määritelty suorituskykyä terminä, koska haluttiin välttää vastaajien johdattelemista tiettyyn suuntaan. Tavoitteena oli saada vastaajilta sellaisia näkökohtia, joilla he näkevät seuraavansa kysymyksien mukaisten vaiheiden suorituskykyä. Toisaalta jättämällä termi määrittelemättä nähtiin, kuinka vastaajat ymmärtävät suorituskyvyn. Vastauksien perusteella nostettiin mahdollisuuksien mukaan esille näkökohtia, jotka mahdollistavat suorituskyvyn seurannan.

Kysymyksessä viisi tiedusteltiin, millä tavoin vastaajat seuraavat suunnittelun suorituskykyä. Vastauksien perusteella yleisintä seurannassa on aikatauluseuranta, jota kertoo seuraava-

van 40 prosenttia vastaajista jollain tasolla (esim. kaivannon aukioloaika, projektien etene-
misen seuranta). Seuraavaksi eniten sai mainintoja laatusuranta, jota kertoo seuraavan 20
prosenttia vastaajista. Myös 20 prosenttia vastaajista kertoi, ettei seuraa suunnittelun suori-
tuskykyä ollenkaan. Lisäksi mainintoja sai vertailu (aiempiin pumppauksiin tai painetasoi-
hin), sopimusprosessi, liittymisjohtojen pituudet sekä vuositavoitteet. Yksittäisissä vastauk-
sissa näkyi myös omaisuuden ymmärryksen sekä osaamisen korostaminen, joista konkreet-
tisena mainittiin suunnittelu omana resurssina, henkilöstön ja urakoitsijoiden osaamisen var-
mistaminen sekä ajantasaiset toimintaohjeet.

Kysymyksessä kuusi kysyttiin, kuinka vastaajat seuraavat rakennuttamisen suorituskykyä.
Eniten mainintoja saivat aikataulu 50 prosentin ja kustannukset 50 prosentin osuudella.
Näistä aikatauluseuranta saattaa tarkoittaa muun muassa kaivannon aukioloaikaa tai työ-
maan kokonaiskestoa. Vastaavasti kustannuseuranta käsittää sellaisia asioita, kuin budjet-
tiseuranta tai projektin kustannuksia [€/m]. Huomioitavaa on, että kaikki vastaajat seuraavat
rakennuttamisen suorituskykyä jollain tasolla ja 70 prosentilla vastaajista keinoja on käy-
tössä useampia. Seuraavat seurantakohteet mainittiin kahdessa eri vastauksessa: resurssit,
laaduntarkkailu, toteuma ja työmaaturvallisuus.

Kohdassa seitsemän kysyttiin, kuinka vastaajat seuraavat käytön suorituskykyä. Vastaajista
80 prosenttia kertoo seuraavansa kaukolämpöverkon verkostohäviöitä. Verkostohäviölle
käytettiin myös nimitystä lämpöhäviöt, lämpöhäviöiden laskenta ja hyötysuhde. Seuraavaksi
eniten mainintoja sai lisäveden seuranta, jota kertoi seuraavansa 50 prosenttia vastaajista.
Yksi vastaajista suhteutti vuotojen kappalemäärän lisäveteen. Hyötysuhteen ja lisäveden
osalta yksi vastaajista kertoi, että lukuja seurataan kuukausittain. Käytön/toiminnan suori-
tuskykyä seurataan myös asiakasnäkökulmasta 50 prosentilla vastaajista, josta konkreetti-
sesti mainittiin keskeytysaika (h/asiakas), keskeytysten lukumäärä (kpl/a), asiakkaiden lu-
kumäärä vuodon piirissä, käyttökeskeytykset sekä asiakastyytyväisyys. 30 prosenttia vastaa-
jista kertoi seuraavansa vikoja ja vaurioita, sekä yksi näistä korjattuja vaurioita kuukausit-
tain. Enemmänkin suorituskyvyn seurannan mahdollistajat-kategoriassa mainittiin muun
muassa painetasojen seuranta, verkon lämpötilamittaukset sekä yhteiset palaverit tuotannon
kanssa. Huomioitavaa on, että kaikilla vastaajista oli käytössään vähintään kaksi erillistä

mittaria tai tunnuslukua, joilla seurataan kyseisen aihepiirin suorituskykyä. Yksi vastaajista kertoi erikseen suorituskykymittareina toimitusvarmuuden ja käyttökeskeytykset.

Kysymyksessä kahdeksan kysyttiin vastaajien keinoja kunnossapidon suorituskyvyn seurata. Enemmistö vastaajista 60 prosentin osuudella kertoi seuraavansa vikoja ja vaurioita, joista konkreettisesti mainittiin kaivokierroksien havainnot kriittisyysluokittelulla, asiakaslaitteiden viat ja huonot jäähtymät, vikojen määrät yleisesti ja rakennekohtaisesti sekä vika-taajuudet. Puolet vastaajista seurasi myös kunnossapitotöiden toteumaa, josta konkreettisina esimerkkeinä mainittiin kaivokierrokset [kpl/a], mittarinvaihdot [kpl/a] ja ennakkohuollot [kpl/kk]. 40 prosenttia vastaajista seurasi vuotoja seuraavilla menetelmillä: vuodot/johto-osuus, kappalemäärä [kpl] sekä korjattujen ja seurattavien kohteiden lukumäärä [kpl/kk]. Näiden kolmen seurattavan kohteen lisäksi esiin nousi seuraavat kohteet: lisävesi, korjausvaste, korjausaika, keskeytysaika, kustannukset, asiakaskeskeytykset, toimitusvarmuus, kustannukset ja perusparannusmäärä. Kustannuksien osalta yksi vastaaja kertoi peilaavansa kunnossapidon kustannuksia budjetoituun. Yksittäisissä vastauksissa näkyi myös paikallis- ja verkostotuntemuksen korostaminen sekä huoltoraportointi. Kunnossapidon suorituskykyä arvioidaan vastaajien keskuudessa käytön tapaan vähintään kahdella erillisellä mittarilla tai tunnusluvulla.

Kysymyksessä yhdeksän kysyttiin, kuinka vastaajat seuraavat verkosto-omaisuutensa suorituskykyä. 80 prosenttia vastaajista kertoo seuraavansa suorituskykyä jollain tasolla ja 20 prosenttia ei seuraa tai ei osaa nimetä selkeitä seurattavia kohteita. Toisella näistä kyseinen kohde on tunnistettu kehityskohteeksi. 40 prosentilla vastaajista seurataan talouden tunnuslukuja, joista mainittiin: toiminnan tuottavuus, epäkäytettävyydestä johtuvat kustannukset sekä investoinnit. Lisäksi esiin nousi seuraavat, työssä aiemmin esiintyneet näkökohdat: toiminnan tunnusluvut, lisävesi, hyötysuhde, pumppaussähkön kulutus ja pitkän tähtäimen suunnitelma. Vastauksien perusteella verkosto-omaisuuden suorituskyky muodostuu taloudellisesta ja elinkaaren vaiheiden suorituskyvystä.

6.1.3 Verkosto-omaisuudelle asetettu taso sekä suorituskykymittareiden mittaustulosten kelvollisuus

Kohdassa kymmenen kysyttiin, kuinka vastaajat varmistuvat suorituskyvyn kelvollisista mittaustuloksista ja milloin mahdolliset arviointitoimenpiteet toteutetaan. 60 prosenttia vastaajista kertoo seuraavansa suorituskykymittareita, jotta voidaan varmistua kelvollisista tuloksista. Näistä puolet kertoo seuraavansa kyseisiä mittareita kuukausi- ja vuositasolla, jonka pohjalta nousseiden havaintojen perusteella tehdään tarvittaessa parannustoimenpiteitä. Kolmannes vastaajista kertoo, että he vertailevat tuloksia aikaisempiin tuloksiin sekä soveltuvien osien valtakunnan tasoon. Yksi vastaajista pitää mittareita suhteellisen luotettavana, eikä nimennyt keinoja, joilla varmistutaan kelvollisista tuloksista. Lisäksi esiin nousseita näkökohtia olivat yksittäisissä vastauksissa mittauksien kalibrointi vuosittain sekä sisäiset ja ulkoiset auditoinnit. Lisäksi yksi vastaajista mainitsi, että virhemarginaalin aiheuttajia voivat olla järjestelmät sekä omat tilastot. Yksi vastaus jätettiin analyysin ulkopuolelle, sillä siinä vastaaja käsitteli enemmänkin prosessitiedoksi laskettavaa reaaliaikaisesti mitattua kulutustietoa.

Kohdassa 11 kysyttiin onko vastaajilla käytössään muita seurattavia mittareita tai tunnuslukuja. Kysymykseen vastasi 60 prosenttia vastaajista, joista kolmanneksella ei ole käytössään muita mittareita. Kolmanneksella vastaajista esiin nousi teemana turvallisuus. Näistä toinen vastaaja kertoo, että turvallisuus on strategiasta johdettu mittari. Konkreettisina esimerkkeinä turvallisuuden mittaroinnista mainittiin tapaturmataajuus, turvallisuushavainnot sekä niiden käsittelyaika. Lisäksi muita mainittuja mittareita olivat teemoina ympäristö (jättemäärät, kestävä kehitysasiat), kumppanit (aikataulut, havainnot, tapaturmataajuus, laatu ja käyttökäytökset) ja talous. Yksi vastaajista kertoo, että käytössä on todennäköisesti tiimien sisäisiä mittareita tai tunnuslukuja, joita ei edes välttämättä tunnusteta mittareiksi. Maininnan arvoinen on myös yhden vastaajan organisaatiossa toteuttava erillinen asiakastytyväisyyskysely muutaman vuoden välein.

Kohdassa 12 jatkettiin kelvollisten mittaustuloksien teemaa kysymällä kuinka vastaajat ovat huomioineet omien mittareiden osioptimointiriskin. Kysymykseen vastasi 70 prosenttia kyselyyn vastaajista, joista 57 prosenttia ei ole huomionnut osioptimointiriskiä. Kahdella vastaajista, jotka ovat huomioineet osioptimointiriskin, korostui sama teema. Heidän

mielestään tavoitteitteet tulisi asettaa siten, ettei osaoptimointia tapahdu. Tämä voi tapahtua esimerkiksi huomioimalla pitkän aikavälin tavoitteet tai asettamalla mittareita laajasti eri näkökulmista. Maininnan arvoinen osaamiseen liittyvä näkökohta oli yhden vastaajan organisaatiossa, jossa henkilöierolla voidaan haastaa ja saada uusia näkökulmia. Vastaajan organisaatiossa on tunnustettu se, että kokemus tuo usein mukanaan hakuisuuden pitää kaiken "niin kuin ennenkin".

Kohdassa 13 kysyttiin ovatko vastaajat asettaneet verkosto-omaisuudelle tiettyä tasoa. Kysymykseen vastasi 80 prosenttia vastaajista, joista neljännes ei ole asettanut verkosto-omaisuudelleen tiettyä tasoa. Lopuilla vastanneista on asetettu tavoitteita verkosto-omaisuudelle, joista konkreettisesti mainittiin vuotovesien määrä, vuotojen määrä, vuosittainen saneerausmäärä, kaivokierroksien lukumäärä, kriittisyysluokittelutaulukko, hyötysuhde, turvallisuus ja suunnittelemtomien keskeytyksien minimointi. Vuosittaisen saneerausmäärän osalta vastaajien lisämainintoja olivat saneerausvelan pienentäminen, metrimääräinen sekä metrimääräinen rakenteittain. Vaikka usealla vastanneista tavoitteet määritellään vuosittain, niin yhdellä vastanneista on käytössä 20 vuoden pitkän tähtäimen suunnitelma, jota seurataan vuosittain. Huomioitavaa kysymyksessä oli, että termeille JHA (jälleenhankinta-arvo) ja NKA (nykykäyttöarvo) toivottiin määritelmää yksittäisessä vastauksessa.

Kohta 14 oli jatkokysymys edelliseen ja siinä kysyttiin miten vastaajat huomioivat asetetun tason elinkaaren eri vaiheissa. Kysymykseen vastasi 50 prosenttia kyselyyn vastaajista, joiden vastauksista ei noussut esille yhtä selkeää teemaa. Yksittäisiä mainintoja saivat seuraavat: vanhoille päälinoille lisätään valvontaa, verkon rakentaminen tällä hetkellä on enemmän saneerausta, ennakoiva perusparannus sekä vuosisuunnittelu huomioiden pitkän tähtäimen suunnitelma. Huomioitavana asiana nousi yhdeltä vastaajalta esiin elinkaarikäsite ja se, ettei sitä ole kirjoitettu organisaatiossa auki.

Kysymyksessä 15 selvitettiin vastaajien käytössä olevien mittareiden tai tunnuslukujen kapalemmäärää seurantavälien mukaan. Vastauksien jakautuminen on esitetty kuvassa 24. Vastaukset on värikorostettu siten, että eniten vastauksia saanut vaihtoehto on esitetty vihreällä ja vähiten tumman harmaalla. Saatujen vastauksien perusteella organisaatioilla on

käytössään tyypillisesti 1 – 10 kpl tunnuslukuja tai mittareita, joita seurataan säännöllisesti. On toki huomioitava, että seurattavat asiat voivat poiketa seurantavälin mukaan.

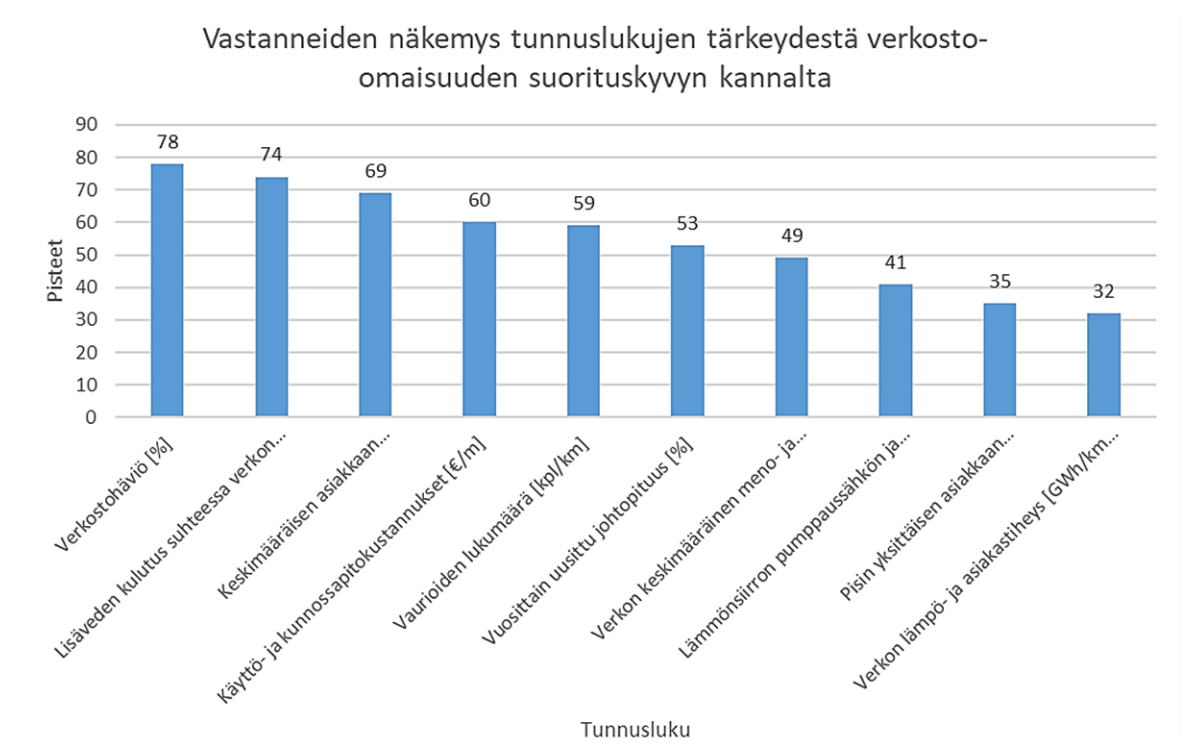
	Ei yhtään	1 - 10 kpl	11 - 20 kpl	21 - 30 kpl	31 - 40 kpl	41 - 50 kpl	Yli 50 kpl
<i>Päivittäin</i>	3	6	1	0	0	0	0
<i>Viikottain</i>	2	7	1	0	0	0	0
<i>Kuukausittain</i>	0	7	1	1	1	0	0
<i>Neljännenvuosittain</i>	2	5	1	1	1	0	0
<i>Vuosittain</i>	0	5	3	0	1	1	0

Kuva 24 Kysymyksen 15 vastauksien jakaantuminen

Kohdassa 16 kysyttiin miten vastaajat kokevat Energiateollisuus ry:n seuraavien tunnuslukujen tärkeyden verkosto-omaisuuden suorituskyvyn kannalta:

- Lämmönsiirron pumppaussähkön ja lämmön hankinnan suhde [kWh/MWh]
- Verkostohäviö [%]
- Käyttö- ja kunnossapitokustannukset [€/m]
- Vaurioiden lukumäärä [kpl/km]
- Keskimääräisen asiakkaan käyttökeskeytysaika [h/a]
- Pisin yksittäisen asiakkaan kokonaiskeskeytysaika [h/a]
- Vuosittain uusittu johtopituus [%]
- Lisäveden kulutus suhteessa verkon kokonaisvesitilavuuteen [m³/m³]
- Verkon keskimääräinen meno- ja paluulämpötila päätuotantolaitoksella [°C]
- Verkon lämpö- ja asiakastiheys [GWh/km tai MW/km]

Vaihtoehtojen pisteytys on muodostettu siten, että ensimmäisestä valinnasta tulee 10p, toisesta 9p ja niin edelleen. Huomioitavaa kuitenkin on lisäveden kulutus suhteessa verkon kokonaisvesitilavuuteen [m³/m³], joka sai vaihtoehdoista eniten ensimmäisiä sijoja, mutta vastapainoksi myös paljon “vähiten tärkeä”-valintoja. Lisäksi tuloksien kohdalla on muistettava, että kyseessä on enemmän teknisen puolen ihmisten näkemys aiheesta. Tahot, jotka ovat tekemisissä esimerkiksi asiakaskokemuksen tai talouden kanssa, saattaisivat arvottaa kyseiset tunnusluvut eri järjestykseen. Kuvassa 25 on esitetty vastaajien näkemys tunnuslukujen osalta.



Kuva 25 Vastanneiden näkemys tunnuslukujen tärkeydestä verkosto-omaisuuden suorituskyvyn kannalta

Kysymyspatteriston viimeinen kysymys oli jatkoa edelliseen kohtaan ja siinä kysyttiin vastaajilta, että voisiko heidän mielestään edellä mainittuja tunnuslukuja yhdistellä ja saada siten uusia mittareita tai tunnuslukuja. 90 prosenttia vastaajista oli sitä mieltä, ettei tunnuslukuja ole mahdollista yhdistellä. Yhden mielestä kaikki tunnusluvut eivät ole hyödynnettävissä, koska eivät ole vertailtavissa. Kysymyksen kohdalla on mahdollista, ettei kysymyksen asettelulla onnistuttu saamaan haluttua tietoa vastaajilta.

6.1.4 Yhteenveto kyselyn tuloksista

Kyselyn perusteella alan suurimmilla toimijoilla on laadittu omaisuudenhallintastrategia ja he kokevat suorituskyvyn seurannan tärkeäksi. Suorituskykyä seurataan ja arvioidaan pääasiassa Energiateollisuus ry:n tunnusluvuilla sekä toimijakohtaisilla mittareilla. Huomioitavaa vastauksissa on, että mitä suurempi toimija on verkostopituudella mitattuna, sitä enemmän keinoja suorituskyvyn seurantaan on valjastettu.

Suunnittelun osalta seurataan pääasiassa teemallisesti aikatauluja sekä laatua. Yksittäisten vastauksien perusteella suunnittelua ja rakennuttamista seurataan suorituskyvyn kannalta kokonaisuutena. Rakennuttamisen osalta eniten mainintoja saaneet suorituskyvyn teemat olivat aikataulu ja kustannukset. Käytön ja kunnossapidon näkökulmasta vastaajat kertoivat seuraavansa pääasiassa teknisiä tunnuslukuja, joista käytön osalta eniten mainintoja saivat verkostohäviöt, lisävesi ja asiakastyytyväisyyteen vaikuttavat asiat. Kunnossapidon osalta pääasiassa seurataan vikoja ja vaurioita, kunnossapitotöiden toteumaa sekä vuotoja. Lisäksi muita esiin nousseita mittareiden teemoja olivat turvallisuus, ympäristö ja kumppanit. Vastauksien perusteella verkosto-omaisuuden suorituskyky kokonaisuutena muodostuu taloudellisesta ja elinkaaren vaiheiden suorituskyvystä.

Suorituskyvyn kannalta kelvollisten mittaustuloksien saamiseksi valtaosa vastaajista kertoi seuraavansa mittareita, sekä tekevänsä sen pohjalta tarvittaessa parannustoimenpiteitä. Mahdollisuuksien mukaan tuloksia myös vertaillaan valtakunnalliseen tasoon. Kelvollisiin tuloksiin vaikuttavaa osaoptimointia vastaajat kertoivat torjuvansa asettamalla tavoitteita ja mittareita laajasti eri näkökulmista. Tyypillinen mittareiden tai tunnuslukujen määrä vastaajien keskuudessa on 1 – 10 kpl, joita seurataan päivittäin, viikottain, kuukausittain, neljännesvuosittain sekä vuosittain. Kyselyssä ei tarkemmin kysytty sitä, että ovatko mittarit edellä mainituille seurantaväleille samoja. Vastaajien keskuudessa Energiateollisuus ry:n tunnuslukujen tärkeimmiksi verkoston suorituskyvyn kannalta arvoitettiin verkostohäviö, lisävesi sekä keskimääräisen asiakkaan käyttökeskeytysaika. Vastaajat eivät myöskään kokeneet, että nykyisiä Energiateollisuuden tunnuslukuja olisi mahdollista yhdistellä.

Omaisuuuden osalta tavoitteita oli asetettu laidasta laitaan, joista teknisenä tunnuslukuna vuotojen määrä sai eniten mainintoja. Tavoitteet olivat myös suoritteisiin liittyviä, kuten ennakoivan kunnossapidon toteuma. Selkeää omaisuuden toiminnan tasoa ei vastauksista noussut esille, mutta teemallisesti toimitusvarmuuden alle liittyvät asiat (vuosittainen saneeraus määrä, kriittisyysluokittelutaulukko sekä suunnittelemttomien keskeytyksien minimointi) saivat eniten mainintoja. Halutun tavoitetason vastaajat huomioivat verkostoon kohdistetuilla suunnitelmallisilla toimilla.

6.2 Laadittu mallimittaristo

Laaditulla mallimittaristolla ei pyritty poistamaan nykyisten Energiateollisuuden tunnuslukujen käyttötarvetta, vaan lisäämään kokonaisuuden ymmärrystä määriteltyjen suorituskykymittareiden avulla. Mallimittariston avulla määritetään oikeasti tärkeät asiat, joita tulisi seurata aktiivisesti ja jotka on kytketty organisaation strategiaan päämääriin. Mallimittaristo koostuu suorituskykymittareista, jotka on johdettu kyselytutkimuksen, teoriapohjan, ISO 55000 -standardisarjan vaatimuksien sekä toimeksiantajan sisäisten tarpeiden pohjalta. Kyselytutkimuksesta on nostettu esiin näkökohtia, jotka koetaan yleisesti tärkeäksi omaisuus-tiedoksi kaukolämmön jakeluverkoston osalta. Valittujen mittareiden kohdalla on pyritty huomioimaan hyvän suorituskykymittarin ominaisuudet sekä perustelemaan, miksi kyseinen mittari on tärkeä. Huomioitavaa on, että koostettu mittaristo on kohdennettu toimeksiantajan tarpeisiin. Tässä työssä ei kuitenkaan oteta kantaa tarkempiin datalähteisiin tai muihin yrityksen sisäisiin prosesseihin liittyviin asioihin. Seuraavien alaotsikoiden alla määritellään teeman mukainen suorituskykymittari tai -mittarit seuraavien mittareille oleellisten asioiden kautta: yhtälö, yksikkö, muodostus, kuvaus, tarkkailuväli, kytkentä strategiaan, vastuutaho, tavoitearvo sekä arviointi. Raamit suorituskykymittareiden lukumäärälle perustuvat kyselyyn ja teoriakatsaukseen, joiden perusteella 1 – 10 kpl on sopiva määrä mittareita. ISO 55000 -standardisarjan mukaisesti fyysisen omaisuusvalikoiman suorituskyvyn arviointi perustuu tyypillisesti suorituskykyyn elinkaaren eri vaiheissa sekä toiminta- ja käyttövarmuuteen. Toimeksiantajan rajauksesta johtuen mallimittaristosta on jätetty pois organisaation yhteisiä näkökulmia, kuten työntekijä-, asiakas- ja omistajakokemus sekä EHQS (ympäristö, terveys, turvallisuus ja laatu). Rajauksien myötä mallimittaristoa käsitellään toimitusvarmuuden ja kustannustehokkuuden näkökulmista, jotka voidaan nähdä luotuna arvona asiakkaille ja omistajalle sekä ovat perinteisesti tärkeitä infraomaisuudelle.

6.2.1 Toimitusvarmuus

Toimitusvarmuus on kaukolämmön jakelutoiminnan ytimessä, koska se voidaan nähdä omaisuuden suunniteltuna käyttötarkoituksena. Toimitusvarmuuteen vaikuttaa osaltaan sekä käyttö- ja kunnossapito- että investoinprosessi. Tässä työssä temallisesti toimitusvarmuuden alle valikoitui kolme mittaria, jotka ovat käytettävyys, ennakointiaste sekä saneeraus-määrä.

Käytettävyys [%]

Kyselytutkimuksen perusteella operatiivisessa mielessä toimitusvarmuutta lähimpänä olevan käytön suorituskykyä alan toimijat seuraavat pääasiassa hyötysuhteen, lisäveden sekä asiakasnäkökulman kautta. Näistä järjestelmän toimitusvarmuutta voidaan arvioida parhaiten asiakkaan kokemana häiriönä, jonka mittaamiseen soveltuu Energiateollisuus ry:n tunnusluku keskimääräisen asiakkaan käyttökeskeytysaika. Suhteuttamalla tämä luku koko vuoden tuntimäärään, valikoitui tämä lämpöverkkojen yhdeksi toimitusvarmuuden suorituskykymittariksi. Käytettävyyden mittaamiseksi on olemassa myös muita mittareita, mutta on perusteltua käyttää jo valmiiksi valtakunnallisessa käytössä olevaa mittaria, joka mahdollistaa tarvittaessa benchmarkingin muihin saman suuruisiin toimijoihin. Käytettävyys lasketaan yhtälön 3 mukaisesti suhteuttamalla keskimääräisen asiakkaan käyttökeskeytysaika koko vuoden tunteihin.

$$\text{Käytettävyys} = 1 - \frac{\text{Keskimääräisen asiakkaan käyttökeskeytysaika [h]}}{8760 [h]} \quad (3)$$

Mittari kertoo, kuinka luotettava keskimääräisesti kaukolämmön jakelujärjestelmä on ja siten kuvaa hyvin järjestelmän käytettävyyttä. Luvun muodostus tapahtuu tilastoimalla kaikki kaukolämpöverkosta johtuvat häiriöt kestoineen ja asiakasmääräineen. Mittari on osaltaan myös ennustava, sillä suunniteltujen katkojen määrä ja kesto pystytään arvioimaan suunnitelmien pohjalta. Mittarin tuloksia arvioidaan kuukausittain sekä kokonaisvaltaisemmin yhteenvedon yhteydessä vuosittain. Strategisesti mittari kytkeytyy toimitusvarmuuden ylläpitämiseen hyvällä tasolla, johon vertailukohtana voidaan käyttää vuositasolla Energiateollisuus ry:n tilastoja. Toimeksiantajan tavoitteena on olla yli valtakunnallisen keskitason.

Mittarin vastuutahona on hyvä olla henkilö/-t, jotka työskentelevät käyttökeskeytyksien suunnittelussa ja koordinoinnissa. Tavoitearvo mittarille tarkastellaan vuosittain Energiateollisuus ry:n tilastojen pohjalta. Tavoitearvoa sekä itse mittaria tulee arvioida vähintään tavoiteasetannan yhteydessä, vaikka itse mittarin voidaan nähdä olevan luotettava sen valtakunnallisen käytön takia. Tärkeää on myös seurata suunniteltujen ja suunnittelemattomien käyttökeskeytyksien suhteen kehittymistä. Näistä ensiksi mainittuun on mahdollista vaikuttaa ennakkosuunnittelulla.

Ennakointiaste [%]

Toimitusvarmuuteen linkittyy kiinteästi kunnossapidon toteuttama vikojen ja vikaantumisen hallinta ja estäminen. Kyselytutkimuksen perusteella alan toimijoiden keskuudessa seurataan kunnossapidon osalta pääasiassa vikoja ja vaurioita sekä kunnossapitotöiden toteumaa. Mikäli tarkastellaan toimeksiantajan strategiaa, on tavoitena verkostovaurioiden ennakointi 50 prosenttisesti. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että puolet vaurioista tulisi olla ennakoitavissa. Tämän mittaamiseen voidaan käyttää soveltuvin osin PSK 7501-standardissa (2010, 15) esitettyä ennakointiaste-mittaria, joka on esitetty yhtälössä 4.

$$\text{Ennakointiaste} = \frac{\text{ehkäisevä kunnossapito [€]}}{\text{ehkäisevä kunnossapito [€] + häiriökorjaus [€]}} \quad (4)$$

Käytännössä mittari kertoo, mikä on kustannuksien suhde ehkäisevän kunnossapidon ja häiriökorjauksien välillä. Mittarin jalostetumpi versio ja samalla ennakointiasteen suorituskyky-mittari on esitetty yhtälössä 5.

$$\text{Ennakointiaste} = \frac{\text{hankekortitettut vuodot [kpl]}}{\text{vuodot [kpl]}} \quad (5)$$

Ennakointiaste kertoo, kuinka hyvin kunnossapitokohteita osataan nostaa toteutukseen havaintojen ja datan perusteella. Kyseisen mittarin muodostus tapahtuu siten, että havaintojen ja seurannan perusteella luodaan ennakoituja kunnossapito- tai saneerauskohteita aikataulutettujen hankekorttien muodossa. Hankekorteissa esitetään kohde sekä sen laajuus. Osoptimointiriskin välttämiseksi on perusteltua laatia hankekortin kriteerit dokumentoituna. Näiden hankekorttien lukumäärän perusteella voidaan arvioida ennakointiastetta vertaamalla niihin osuneita vaurioita ja vaurioita yhteensä tarkasteluajanjaksolla. Vaurioista on syytä poistaa esimerkiksi ulkoisesta väkivallasta johtuvat vauriot, jotka eivät luonnollisesti ole ennakoitavissa. Jokaisen vuoden jälkeen tarkastellaan hankekortin olemassaolo, jonka ei kuitenkaan tarvitse olla aikataulutettu samalle vuodelle. Koska kaukolämpöverkko on staattinen ja vaurion tarkka ennustaminen haastavaa, on mittarille oleellisempaa, että mahdolliset vauriopaikat ovat tunnistettu. Strategisesti mittari kytkeytyy verkostovikojen ennakointiin 50 prosenttisesti sekä toisaalta erinomaiseen kuntotasoon ja toimitusvarmuuden ylläpitämiseen

hyvällä tasolla. Mittaria voidaan luonteeltaan pitää viiveellisenä, mutta toisaalta myös ennakoina. Viivellisyys perustuu vuotojen seurantaan ja ennakoitavuus hankekorttien tekoon ennen vuodon sattumista.

Mittarin vastuutahona on hyvä olla henkilö/-t, jotka työskentelevät kunnossapidon suunnittelussa ja koordinoinnissa. Aluksi mittarin tavoitearvoksi asetetaan strategian mukaisesti 50 %, jota tarkennetaan tarvittaessa seurannan ja arvioinnin perusteella. Mahdollisuuksien mukaan voidaan myös hakea aikaisempia toteumia kyseiselle mittarille, joiden avulla saadaan asetettua realistiset kriteerit eri laatutasoille. Arviointi mittarista on hyvä tehdä vuosittain asiantuntijatasolla ja tarkentaa tarvittaessa tavoitetasoa tai hankekortin kriteereitä. Mittarin tuloksiin vaikuttavat paljon omaisuusdata sekä vian juurisyiden ymmärtäminen. Tämän vuoksi vikaistoriaa on hyvä analysoida säännöllisesti, mikä antaa kokonaiskuvan verkostovaurioista. Omaisuusdatan laatuun voidaan vaikuttaa ajantasaisilla työohjeilla sekä laatusurannalla.

Saneeraus määrä [%]

Toimitusvarmuuteen liittyy myös oikein kohdennetut saneeraus määrät, joilla toimitusvarmuutta pidetään yllä myös jatkossa. Kyselytutkimuksessa nousi etenkin omaisuudelle asetetun tason yhteydessä mainintoja vuotuisen saneeraus määrän tavoitteellisesta toteuttamisesta. Lisäksi ennakointiasteen yhteydessä laaditut hankekortit toimivat tyypillisesti saneerauskohdeiden lähtötietona, joten saneeraus määrän seuraaminen kertoo myös havaintojen perusteella toteutukseen nostettujen hankkeiden määrästä. Saneeraus määrä suhteutetaan koko verkoston pituuteen yhtälön 6 mukaisesti.

$$\text{Saneeraus määrä} = \frac{\text{Saneerattu verkostopituus [k-km]}}{\text{Verkostopituus [k-km]}} \quad (6)$$

Saneeraus määrä kertoo, kuinka paljon seuranta-ajanjaksolla saneerataan vanhoja johtosuusia. Muodostus tapahtuu vuoden aikana saneerattujen kanavametrioiden perusteella. Mittaria tarkkaillaan vuositasolla ja se on luonteeltaan viiveellinen. Strategisesti mittari kytkeytyy erinomaiseen kuntotasoon ja toimitusvarmuuden ylläpitämiseen hyvällä tasolla.

Mittarin vastuutahona on hyvä olla henkilö/-t, jotka työskentelevät saneeraushankkeiden suunnittelussa. Mittarin tavoitearvo määritetään tarkemmin toimeksiantajan tarpeiden pohjalta myöhemmässä vaiheessa. Arviointi mittarista on hyvä tehdä vuosittain asiantuntijatasolla ja tarkentaa tarvittaessa tavoitetasoa.

6.2.2 Kustannustehokkuus

Toimitusvarmuuden lisäksi kustannustehokkuus on kaukolämmön jakelutoiminnan ytimessä, sillä kaukolämmitys on lähtökohtaisesti liiketoimintaa. Kuten toimitusvarmuudenkin osalta, voidaan kustannustehokkuutta tarkastella käyttö-, kunnossapito- sekä investointiprosessin näkökulmista. Tässä työssä teemallisesti kustannustehokkuuden alle valikoitui neljä mittaria, jotka ovat verkostohyötysuhde, budjettitoteuma, suunnitteluaste sekä investointitehokkuus.

Verkostohyötysuhde [%]

Teoriakatsauksen perusteella infrastruktuurin elinkaaren kustannuksiin vaikuttaa merkittävästi käyttöomaisuusinvestointi sekä myöhemmin käyttö- ja kunnossapitokulut. Käytön aikaisista kustannuksista suurin osa määräytyy verkoston hyötysuhteen perusteella. Edellä mainittu koettiin myös kyselytutkimuksessa vastaajien keskuudessa tärkeimmäksi tunnusluvaksi verkosto-omaisuuden kannalta. Tämän vuoksi kustannustehokkuuden yhdeksi mittariksi valikoitui verkoston hyötysuhde, joka lasketaan yhtälön 7 mukaan. Hyötysuhde mahdollistaa myös käytettävyyden tavoin benchmarkingin muihin toimialan saman suuruisiin toimijoihin.

$$\text{Verkostohyötysuhde} = \frac{\text{Lämpöenergian myynti [GWh]}}{\text{Lämpöenergian hankinta [GWh]}} \quad (7)$$

Mittari indikoi kaukolämpöverkoston lämmöneristystä, kuntoa ja käyttöä sekä konkreettisesti menetettyä energiaosuutta jakelussa. Muodostus tapahtuu myydyin ja hankitun lämpöenergian suhteesta. Mittarin tarkkailuväli on kuukausittain sekä kokonaiskuvan hahmottamisen kannalta vuosittain. Strategisesti mittari kytkeytyy resurssitehokkuuteen ja erinomaiseen kuntotasoon. Luonteeltaan mittari on puhtaasti viiveellinen.

Mittarin vastuutahona on hyvä olla henkilö/-t, jotka työskentelevät kaukolämpöverkon käytössä. Aluksi mittarin tavoitearvoksi asetetaan aikaisempien vuosien perusteella 92 %, jota tarkennetaan tarvittaessa seurannan ja arvioinnin perusteella. Arviointi mittarista on hyvä tehdä vuosittain asiantuntijatasolla ja tarkentaa tarvittaessa tavoitetasoa. Mittarin tuloksiin vaikuttaa paljon energian tuotanto ja jakelu, joten tuloksia tarkastellessa on syytä huomioida kummankin osapuolen vaikutus tuloksiin. Toisaalta tämä on myös aina huomioitava osaaoptimointiriskin välttämiseksi jommassa kummassa toiminnossa.

Budjettitoteuma [%]

Kustannustehokkuuteen ja osaltaan kaikkien mittareiden tuloksiin vaikuttaa paljon budjetti, joka määrää pitkälti raamit, minkä sisällä toimitaan. Tämän vuoksi toiseksi kustannustehokkuuden mittariksi valitaan budjettitoteuma, jota myös kyselytutkimukseen vastanneet kertovat seuraavansa. Huomioitavaa budjetissa on, että tuloksien analysoinnin kannalta on oleellista jakaa seuranta pienempiin osiin esimerkiksi käyttöön, kunnossapitoon ja investointeihin. Budjettitoteuma lasketaan yhtälön 8 mukaisesti.

$$\text{Budjettitoteuma} = \frac{\text{Kustannukset [€]}}{\text{Budjetti [€]}} \quad (8)$$

Mittari kertoo, kuinka hyvin budjetointi on onnistunut ja toisaalta kuinka hyvin budjetissa on pysytty. Mittarin tarkkailuväli on kuukausittain sekä kokonaiskuvan hahmottamisen kannalta vuosittain. Strategisesti mittari kytkeytyy kustannustehokkuuteen. Luonteeltaan budjetointi on ennakoivaa, sillä se perustuu suunniteltuihin hankkeisiin ja kustannustietoon. Budjetoinnin vastuutahona on hyvä olla kokonaisuuden osalta lämpöverkoista vastaava henkilö. Mittarin tavoitearvo on 100 %, joka normaalitilanteessa kertoo tarkasta budjetoinnista sekä tarkasta kuluseurannasta. Arviointi mittarista on hyvä tehdä vuosittain päällikkötasolla ja tarkentaa tarvittaessa tavoitetasoa.

Suunnitteluaste [%]

Koska suunnitelmallinen toiminta on lähtökohtaisesti kustannustehokkaampaa kuin suunnittelematon, valikoitui kustannustehokkuuden kolmanneksi mittariksi suunnitteluaste. Kyselyn perusteella alan toimijat kokivat ennakoivien kunnossapitotoimien seuraamisen tärke-

äksi, ja niitä voidaan seurata eri tavoin. Suunnitteluaste kertoo ennakoivien kunnossapitotoimien suhteesta kunnossapidon kokonaiskustannuksiin, joihin lasketaan kuuluvaksi myös viikakorjaukset. PSK 7501-standardin (2010, 16) mukainen suunnitteluaste on esitetty yhtälössä 9.

$$\text{Suunnitteluaste} = \frac{\text{suunnitelmallinen kunnossapito [€]}}{\text{kunnossapitokustannukset [€]}} \quad (9)$$

Käyttäen alalle tyypillisiä termejä suunnitelmalliseen kunnossapitoon kuuluvat ehkäisevä kunnossapito, kunnostaminen sekä parantava kunnossapito

Muodostus suunnitteluasteelle tapahtuu siten, että tarkasteluajanjaksolla suunnitelmallisten kunnossapitotöiden kustannukset suhteutetaan saman ajanjakson kunnossapidon kokonaiskustannuksiin, joka sisältää myös vauriokorjaukset. Suunnitteluaste kertoo, kuinka suunnitelmallista toimintaa on ja toisaalta pidemmällä aikahorisontilla syy-seuraussuhteen omaisuuden kuntoon. Mittari sidotaan strategiseen tavoitteeseen verkoston kunto erinomaisella tasolla, koska mittarilla mitataan omaisuuden elinkaareen vaikuttavien toimien suunnitelmallisuutta. Huomionarvoista on myös se, että toimivan omaisuudenhallinnan keskiössä on omaisuudesta saatava tieto, ja tyypillisesti suunnitelmallisen kunnossapidon toimien pohjalta saadaan paljon omaisuuden kuntotietoa. Tämän vuoksi mittarin voidaan myös nähdä mittaavan, kuinka paljon omaisuudesta saadaan tietoa. Mittari on tyypiltään viiveellinen ja tarkkailuväli vuosi, mutta tarkkailuväli voidaan pilkkoa myös osatavoitteisiin esimerkiksi vuosineljänneksien mukaan. Kirjallisuudessa (Hey 2017, 360) suunnitelmallisuuden tavoitteena pidetään 90 prosenttia, mutta toimeksiantajan aiempien suunnitteluastetoteumien perusteella alkutavoite asetetaan 85 prosenttiin. Mittarin vastuutahona on hyvä olla henkilö/-t, jotka työskentelevät suunnitelmallisen kunnossapidon suunnittelussa ja koordinoinnissa. Mittarin itsessään voidaan nähdä olevan validi, sillä se on peräisin standardista. Mittarin tuloksien arviointi on hyvä tehdä vuosittain asiantuntijatasolla ja tarkentaa tarvittaessa tavoitetasoa. Mittarin tuloksia on hyvä tarkastella ristikkäin esimerkiksi Energiateollisuus ry:n vaurioutilastojen kanssa pidemmässä aikahorisontissa, joka voi antaa syötteen tavoitearvon muutokselle.

Investointien kustannustehokkuus [-]

Teoriakatselmuksen perusteella kaukolämpöyhtiön taloudellinen menestyminen pitkällä aikajänteellä perustuu oikein kohdennettuihin ja kannattaviin käyttöomaisuusinvestointeihin. Koska valtaosa kaukolämpöyhtiön kokonaiskustannuksista määrittyy pääasiallisesti tässä vaiheessa, on perusteltua seurata investointien kustannustehokkuutta. Käytännössä tehokkuutta voidaan mitata vertaamalla investoinnin hankintahintaa [€/k-m] muihin vastaaviin toimijoihin. Investointien kustannustehokkuus lasketaan yhtälöllä 10.

$$\text{Investointien kustannustehokkuus} = \frac{CAPEX_{Alva}}{CAPEX_{ET}} \quad (10)$$

missä $CAPEX_{Alva}$ on investointikulujen suhde rakennettuun verkostopituuteen €/k-m ja $CAPEX_{ET}$ on Energiateollisuus ry:n tilastoima vertailulukku €/k-m].

Energiateollisuus ry:n tilastoima CAPEX-luku lasketaan painotettuna Alvan putkidimensiokohtaisilla metrimäärillä. Alvan CAPEX-lukua verrataan Energiateollisuus ry:n tilastoi- maan keskihintaan. Käytännössä vertailuluvun ollessa alle 1 investoinnin hankintahinnan kannattavuus on parempi kuin muilla vastaavilla toimijoilla. Mittarin tarkkailuväli on vuosittain. Strategisesti mittari kytkeytyy kustannustehokkuuteen sekä laajentumiseen suunnitelmien mukaisesti. Luonteeltaan kustannustehokkuuden seuranta on viiveellistä, sillä se perustuu toteutettuihin hankkeisiin ja kustannustietoon. Kustannustehokkuuden vastuutahona on hyvä olla kokonaisuuden osalta yleissuunnittelusta vastaava henkilö. Mittarin tavoitearvo on <1. Arviointi mittarista on hyvä tehdä vuosittain asiantuntijatasolla ja tarkentaa tarvittaessa tavoitetasoa tai laskennan periaatteita.

6.2.3 Yhteenveto mittareista

Määritetyistä mittareista selviää, mitä seurataan ja mitataan, ne tukevat toimeksiantajan strategisista tavoitteista sekä auttavat osaltaan varmistamaan asiakastyytyvyyttä. Mittareiden osalta on myös määritelty, että miten ja milloin mittareiden tuloksia seurataan ja arvioidaan. Lähestyminen valittuihin mittareihin on tehty omaisuudenhallinnan standardisarjan pohjalta huomioiden elinkaaren eri vaiheet sekä toiminta- ja käyttövarmuus. Tätä teoreettista näkökulmaa tukee myös osaltaan verkkokyselyn tulokset, joiden perusteella alan toimijat arvioivat verkosto-omaisuuden suorituskykyä kokonaisuutena, joka muodostuu taloudellisesta ja

elinkaaren vaiheiden suorituskyvystä. Valituista mittareissa on sekä ennakoivia, että viiveellisiä mittareita.

Valituissa mittareissa on huomioitu omaisuudenhallinnan standardisarjassa esitetyt asiat, jotka organisaation tulisi huomioida määrittäessään omaisuusvalikoiman suorituskyvyn arviointia. Kustannusnäkökulmasta kaikki valitut mittarit ovat sellaisia, ettei niiden käyttöönotto aiheuta ylimääräisiä kustannuksia, sillä suurinta osaa seurataan toimeksiantajalla jo nyt esimerkiksi Energiateollisuuden tunnuslukujen muodossa. Kriittisyyden ja riskin näkökulmasta valituilla mittareilla voidaan seurata kunnossapito- ja saneeraustoimintaa, josta saadaan vielä enemmän irti kohdentamalla ennakoivat kunnossapitotyöt sekä saneeraukset riskimatriisin avulla. Lisäksi ennakointiasteen mittari kertoo, kuinka laadukasta omaisuudesta saatava data on ja kuinka hyvin mahdolliset vauriot ovat ennakoitavissa. Toisaalta suunniteluaste kertoo osaltaan, kuinka paljon suunnitelmallista kunnossapitoa omaisuudelle tehdään ja missä määrin omaisuudesta ylipäätään saadaan tietoa. Omaisuuden ominaisuuksiin päästään pureutumaan ennakointiasteen arvioinnin lisänä tehtävässä vaurioanalyysissä, joka kertoo omaisuuden tilasta ja vaurioherkistä kohteista.

Tarkastelemalla valittuja mittareita tasapainotetun mittariston näkökulmista huomataan, että jokaiseen osa-alueeseen osuu jokin mittari. Talouden näkökulmasta kaikki kustannustehokkuuden mittarit tarkastelevat toimintaa. Sisäisiä liiketoimintaprosessien mittareita ovat muun muassa suunnittelu- sekä ennakointiaste. Nämä kaksi kuvaavat myös osaamisen näkökulmaa. Asiakkaiden näkökulmaa mittaroidaan muun muassa konkreettisesti käytettävyydellä, sekä muilla toimitusvarmuuden mittareilla. Toisaalta määritetyt mittarit asettuvat myös suorituskykypyramidiin, jossa alemman hierarkiatason tavoitteiden toteutuminen vaikuttaa lopulta organisaation visioon saakka. Suorituskykypyramidille ominaista ulkoista tehollisuutta voidaan työssä määritetyillä mittareilla arvioida käytettävyyden perusteella, joka kuvaa organisaation kykyä täyttää asiakkaiden odotukset. Vastaavasti sisäisen tehokkuuden näkökulmaa mittaa muun muassa investointitehokkuus tai suunniteluaste.

6.3 Elinkaaren hallintatoimenpiteet verkko-omaisuuden pitämiseksi halutulla tasolla

Työn toiseen tutkimuskysymykseen etsittiin vastausta teorian ja täydentävin osin kyselytutkimuksen perusteella. Teoriakatsauksen perusteella kaukolämpöverkon elinkaaren optimaalinen hallinta perustuu soveltuvien työkalujen ja menetelmien hyödyntämiseen elinkaaren eri vaiheissa. Kaukolämpöverkon kannalta oleellisessa investointiprosessissa on perusteltavaa käyttää elinkaarilaskentaa. Tämän tueksi tulisi kehittää jatkuvasti elinkaarikustannuksien arviointimenetelmiä sisältäen omaisuudelle tyypilliset riskit. Elinkaarilaskennan tukena on suositeltavaa käyttää myös muita soveltuvia investointilaskentamenetelmiä. Teknisestä näkökulmasta investointipäätöksiä tukena tulisi käyttää verkostolaskenta- ja simulointiohjelmistoja, joiden avulla huomioidaan verkon toiminnallisuus. Kyselytutkimuksessa esiin noussut vertailu aiempiin pumppauksiin tai painetasoihin voidaan pitää myös tärkeänä näkökulmana tarkasteltaessa suunnittelun onnistumista.

Kaukolämpöverkon rakennusvaiheessa määritellään pitkälti, minkälaista verkkoa käytölle ja kunnossapidolle luovutetaan. Tämän vuoksi on tärkeää, että rakentamista ohjaavissa verkostosuunnitelmissa huomioidaan omaisuuden käyttötarkoitus ja kunnossapidettavuus. Elinkaarikustannuksien kannalta tärkeä asia on rakentamisen laatu, johon voidaan vaikuttaa ajantasaiseen ohjeistukseen ja käyttökokemuksiin perustuvalla suunnittelulla. Lisäksi tärkeää on myös työnaikainen laadunvalvonta kaivantojen, putkielementtien, hitsien ja suojakuoriliitoksien osalta.

Omaisuuden käytönaikaisiin kustannuksiin vaikutetaan pääasiassa käytöllä ja kunnossapidolla. Aktiivisesti kustannustasoa voidaan pienentää säästöpotentiaalia omaavissa kohteissa, joita ovat muun muassa verkon lämpöhäviöt ja pumppausenergia. Tämän vuoksi menoveden ja pumppausenergian mallinnus-/laskentatyökalut ovat perusteltavia hyödyntää. Kunnossapidon osalta voidaan tärkeänä pitää käytettävyyden parantamista soveltuvien työkalujen avulla, jotka alalle tyypillisesti ovat riskiperusteisia. Kyselytutkimuksessa kohdat 13 ja 14 käsittelivät toista tutkimuskysymystä. Vastauksien perusteella vastaajat pyrkivät huolehtimaan toimitusvarmuudesta minimoimalla verkostovuodoista aiheutuvat suunnittelemattomat keskeytykset ennakoivilla toimenpiteillä, joita ovat muun muassa vuosittainen saneerausmäärä sekä kaivokierrokset.

Teorian ja kyselytutkimuksen perusteella haluttu toimintataso perustuu toimijan omiin tavoitteisiin. Kyselytutkimuksen perusteella tavoitteet voivat olla teknisiä tunnuslukuja, kuten vuotojen määrä, tai suoritteisiin liittyviä, kuten ennakoivan kunnossapidon toteuma. Selkeää omaisuuden toiminnan tasoa ei vastauksista kuitenkaan noussut esille. Kaukolämmölle ominaispiirteinä pidettyyn toimitusvarmuuteen liittyvät asiat saivat eniten mainintoja. Näitä olivat muun muassa vuosittainen saneerausmäärä, kriittisyysluokittelutaulukko sekä suunnitelmattomien keskeytyksien minimointi. Halutun tavoitetason vastaajat huomioivat verkostoon kohdistetuilla suunnitelmallisilla toimilla

Yhdistelemällä edellisissä kappaleissa esiin nousseita tapoja ja käytänteitä voidaan optimoida omaisuudella tuotettua arvoa. Sovi ei myöskään unohtaa työssä määriteltyjä suorituskykymittareita ja niiden tavoitetasoja. Nämä ovat yhtäläillä määriteltyjä tavoitteita omaisuudelle. Työssä pääpiirteittäin esitelty ISO 55000 -standardisarja tarjoaa myös työkaluja omaisuuden systemaattiseen ja tehokkaaseen hallintaan. Nämä kaikki edellä mainitut yhdistettynä ymmärrykseen omaisuudesta tarjoaa hyvät lähtökohdat elinkaaren suunnitelmalliseen hallintaan.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

7.1 Tulokset ja analyysimenetelmät

Työn voidaan nähdä jakaantuneen kahteen tavoitteeseen, joista päätavoitteena oli suorituskykymittariston luonti toimeksiantajan kaukolämpöverkosto-omaisuuden ja siihen vaikuttavien toimien seurantaan täyttäen SFS-ISO 55000 -standardisarjan vaatimukset. Työn toisena tavoitteena oli selvittää elinkaaren hallintatoimenpiteitä, joilla verkosto-omaisuus pidetään halutulla tasolla. Päätavoitteen perusteella tutkimusotteeksi valittiin toimintatutkimus, koska työssä pyrittiin tuottamaan lisätietoa Energiateollisuus ry:n teknisille tunnusluvuille. Toisaalta tutkimusote palveli myös työn toista tavoitetta. Tutkimusotteelle on luontaista tutkimuskohteen käsittely eri näkökulmista, joita tässä tutkimuksessa edustivat aineistonkeruu teoriaa edustavien perusteoksien ja käytäntöä edustavan verkkokyselyn avulla. Tutkimusotteen voidaan nähdä soveltuneen työhön, sillä aineistonkeruumenetelmät osaltaan tukivat toisiaan ja osaltaan tarjosivat uusia näkökohtia tavoitteiden osalta.

Teoria-aineiston osalta työssä eri lähteiden vertailu suoritettiin tekstin sisällä kappale kerrallaan, eikä erillisiä taulukoita tai kuvaajia käytetty arvioitaessa lähteitä. Huomioitavaa on, että merkittävä osa työn teoriasta muodostuu standardin pohjalta, jonka luotettavuutta ei tarvitse erikseen arvioida. Lisäksi käytetty lähdemateriaali painottui infrastruktuuriin, joka on lähimpänä kaukolämpöä ja lähteistä saatua tietoa voitiin hyödyntää näkökohtien vertailussa. Herkkyyttä on arvioitu saturaation avulla siten, että aineistoa on oletettu olevan riittävästi, kun uusien tai aihepiiriin sopivien näkökulmien löytäminen on ollut haasteellista.

7.1.1 Suorituskykymittariston luonti verkosto-omaisuuden ja siihen vaikuttavien toimien seurantaan

Päätavoitteen osalta lähtötilanteessa verkon suorituskykyä arvioitiin Energiateollisuus ry:n tunnuslukujen pohjalta, jotka mahdollistavat vertailun valtakunnan tasolla muihin toimijoihin. Vaikka nykyinenkin tunnuslukujen seuranta antaa tietoa omaisuuden tilasta, pidettiin tunnistettuna kehityskohteenä määriteltyjen suorituskykymittareiden luontia. Seurantaan varten lähtötilanteessa tunnuslukuja oli kappalemäärällisesti paljon ja niillä ei ollut suoraa kyt-

kentää organisaation strategiaan. Suorituskykymittariston avulla pyrittiin määrittämään oikeasti tärkeät asiat, joita tulisi seurata aktiivisesti ja jotka kytkeytyisivät strategiaan päämääriin. Tämän avulla omaisuuden tilasta saataisiin myös johtamisen työkalu. Työssä määritetty suorituskykymittaristo ei kuitenkaan poista nykyistenkään tunnuslukujen tarvetta, vaan niillä on edelleen paikkansa arvioitaessa verkoston suorituskykyä.

Toimivan suorituskykymittariston määrittäminen on haastavaa. Haastavan määrittämisestä tekee valinta monen mittarin kesken. Valintaa helpottaa suorituskykymittareiden määrittäminen strategian pohjalta, jolloin seuranta kohdistuu osittain itsestään organisaation kannalta kriittisiin asioihin. Suorituskykymittareiden valintaa lähestyttiin omaisuudenhallintaan keskittyvän SFS-ISO 55000 -standardisarjan pohjalta. Standardisarjan perusteella omaisuuden toiminnan arviointi perustuu pitkälti elinkaaren eri vaiheisiin, jonka perusteella luotiin verkkokysely kaukolämpöalan toimijoille. Saadut vastaukset myös osaltaan tukivat tätä teoriassa esiin nousutta suorituskyvyn arviointia omaisuuden elinkaaren vaiheiden perusteella. Tämän lisäksi käytäntöä edustavan verkkokyselyn avulla nousi esiin taloudellinen suorituskyky, joka liittyy kiinteästi lähtökohtaisesti liiketoimintaa olevaan kaukolämpöön.

Kyselyn tuloksia voidaan pitää edustavana, sillä vastauksia saatiin valtakunnan tasolla suurilta toimijoilta. Tuloksien avulla saatiin nostettua esiin hyviä teemoja koskien suorituskyvyn mittausta. Vastaavasti kyselyn avulla ei saatu nostettua esiin suurta määrää konkreettisia mittareita, joka oli kyselyn osatavoite. Tässä mielessä haastattelutilanne olisi voinut toimia paremmin, sillä vuorovaikutuksen avulla vastaajille olisi voinut tarkentaa tarvittavissa määrin, mitä kysymyksellä haetaan ja tiedustella konkreettisia esimerkkejä, kuinka vastaajan organisaatiossa kohdetta mitataan. On toki muistettava, että toisilla käytössä olevat suorituskykymittarit eivät välttämättä palvele toisen organisaation intressejä. Lisäksi tietolähteet ja yrityskulttuuri aiheuttavat sen, että jokainen organisaatio joutuu määrittämään suorituskykymittarinsa itse, huomioiden organisaationsa tavoitteet ja rajoitteet. Kyselyn tulokset olivat pääasiassa laadullista aineistoa, sillä kysely koostui enimmäkseen avoimista kysymyksistä. Tämän vuoksi analysointivaihe suoritettiin pääasiassa tilastollisin menetelmin ryhmittelemällä vastaukset. Yksittäisissä vastauksissa analysointi hoidettiin määrällisten menetelmien avulla (aritmeettinen keskiarvo, mediaani ja keskihajonta). Kyseisten analysointimenetelmien voidaan nähdä soveltuneen hyvin aineistoanalyysiin saatujen tuloksien perusteella.

Työn tuloksena laadittu suorituskykymittaristo muodostuu yhteensä seitsemästä mittarista, jotka jakaantuvat toimitusvarmuuden ja kustannustehokkuuden teemojen alle. Toimitusvarmuuden alle valikoitui kolme mittaria, jotka ovat käytettävyys, ennakointiaste sekä saneeraus määrä. Kustannustehokkuuden alle valikoitui neljä mittaria, jotka ovat verkostohyötysuhde, budjettitoteuma, suunnitteluaste sekä investointitehokkuus. Työssä määritetyn mittariston onnistumisen seuranta tehdään pidemmällä aikavälillä. Seurannan yhteydessä tarkennetaan havaintojen pohjalta mittareiden määrityksiä, mikä liittyy jatkuvaan parantamiseen

Organisaation on myös oleellista huolehtia riittävästä ymmärryksestä hallinnoimansa omaisuuden osalta. Pelkkä mittareiden ja numeeristen arvojen seuranta ei riitä, vaan tätä tulee täydentää asiantuntijoiden ymmärryksellä, mitä mittaustulos tarkoittaa. Toki on huomioitava, että mittareiden tulisi aina olla mahdollisimman yksiselitteisiä ja kaikkien ymmärtämiä, mutta mittaustulosten tarkempaa analyysiä varten ymmärryksellä on sijansa. Tämä näkökulma nousi esiin myös kyselytutkimuksessa, jossa vastaajat korostivat monessa kohtaa osaamista ja ymmärrystä.

7.1.2 Elinkaaren hallintatoimenpiteet

Pitkäjänteinen suunnitelmallisuus ja oikein kohdistetut elinkaaren hallintatoimenpiteet ovat avainasemassa infrastruktuuriomaisuutta hallinnoivassa organisaatiossa. Edellistä näkökohtaa tukee sekä teoria, että kyselytutkimus. Elinkaaren optimaalisen hallinnan voidaan nähdä perustuvan soveltuvien työkalujen ja menetelmien hyödyntämiseen elinkaaren eri vaiheissa. Koska suurin osa kustannuksista syntyy jo investointivaiheessa, on investointien yhteydessä perusteltua käyttää elinkaarilaskentaa ja sen tukena muita investointilaskentamenetelmiä. Elinkaarilaskennan tukena tulisi kehittää elinkaarikustannuksien arviointimenetelmiä, jotka huomioivat myös omaisuuserälle tyypilliset riskit. Teknisestä näkökulmasta investointipäätöksien tukena tulisi käyttää verkostolaskenta- ja simulointiohjelmistoja, joiden avulla huomioidaan verkon toiminnallisuus.

Kaukolämpöverkon rakennusvaiheessa on tärkeää huomioida omaisuuden suunniteltu käyttötarkoitus ja kunnossapidettävyyys. Koska rakentamisvaiheen laiminlyönnit ja virheet vaikuttavat omaisuuden elinkaaren myöhempisiin kustannuksiin, on omaisuudella luodun arvon kannalta oleellista, että rakentamisen laatu suunnitelmiseen perustuu ajantasaiseen ohjeistukseen ja käyttökokemuksiin. Konkreettisesti tärkeää on työnaikainen laadunvalvonta kaivantojen, putkielementtien, hitsien ja suojakuoriliitoksien osalta.

Suunnitelmallisella toiminnalla edesautetaan organisaation ja sidosryhmien arvon toteutumisesta muun muassa huolehtimalla toimitusvarmuudesta sekä kustannustehokkuudesta. Omaisuuserän käytönaikaisiin kustannuksiin voidaan vaikuttaa pienentämällä kustannuksia säästöpotentiaalia omaavissa kohteissa, joita ovat muun muassa verkon lämpöhäviöt ja pumppausenergia. Tämän vuoksi menoveden ja pumppausenergian mallinnus-/laskentatyökalut ovat perusteltavia hyödyntää. Infraomaisuus, kuten kaukolämpöverkko sijaitsee maan alla, mikä aiheuttaa haasteita käytön aikaiselle kunnonvalvonnalle. Tämän vuoksi kunnossapito- ja perusparannuskohteiden valinta tulee suorittaa soveltuvilla työkaluilla, kuten riskimatriisilla.

Omaisuudella tuotetun arvon kannalta on tärkeää kiinnittää huomiota edellisissä kappaleissa esiin nousseisiin menetelmiin ja työkaluihin. Valjastamalla työssä määritetyt suorituskyky-mittarit omaisuuden elinkaaren hallinnan tueksi voidaan resurssit keskittää elinjakson kannalta oleellisiin asioihin, joilla on eniten vaikutusta kokonaisuuteen. Tämän lisäksi suorituskyky-mittareiden käyttäminen elinkaaren hallinnan tukena antaa omaisuudelle strategista johdettuja tavoitetasoja. Nämä yhdistettynä ymmärrykseen omaisuudesta tarjoaa hyvät lähtökohdat elinkaaren suunnitelmalliseen hallintaan.

7.2 Tulosten hyödynnettävyys sekä jatkotutkimusehdotukset

Ensimmäinen konkreettinen jatkotoimi työlle on jalkauttaa työssä luodut mittarit organisaation jokapäiväiseen tekemiseen. Tämä tarkoittaa käytännössä vastuuhenkilöiden nimeämistä sekä tarkempien datalähteiden määrittelyä. Vasta konkreettinen käyttökokemus kertoo, miten mittarit asettuvat organisaation toimintaan ja pitääkö niitä kehittää vielä johonkin suuntaan. Tärkeää on kuitenkin pitää mielessä, että mittareiden tulee olla kytkettyjä organisaation

tavoitteisiin, jotta ne olisivat merkityksellisiä. Työssä kehitettyjen mittareiden seuranta painottuu enemmän verkosto-omaisuuden toiminnalliseen ja taloudelliseen suorituskykyyn. Huomioiden etenkin energia-alan murros, voisivat jatkokehityksen suuntana olla resurssitehokkuuteen ja kiertotalouteen liittyvien suorituskykymittareiden luonti tässä työssä luotujen mittareiden rinnalle. Konkreettinen esimerkki tällaisesta mittarista voisi olla verkostotyömaalla syntyneiden jätteiden mahdollisimman tehokas kierrätys.

Teoriakatsauksen perusteella kaukolämpöpuolella ei ole yksiselitteistä määritelmää luotettavuudelle, jolle esimerkiksi sähkön jakelussa on selkeät laatukriteerit. Määrittelemättömyys aiheuttaa vaikeuden asettaa luotettavuudelle tavoitteita ja sitä kautta mittareita. Jatkokehitysehdotuksena on kaukolämmön laadun määrittely, tai pidemmälle vietyinä asiakkaan haluttu palvelutason määrittely. Tämän voidaan osaltaan nähdä liittyvän myös kaukolämmön tulevaisuuteen, jakeluverkoston rooliin sekä näihin liittyviin palveluihin.

Koska verkoston ikä on pääasiassa pitkä, voidaan mittareita pitää oleellisena myös siitä näkökulmasta. Elinkaaren aikana kohdistetaan paljon kunnonvalvontaa sekä ennakoivaa kunnossapitoa verkosto-omaisuudelle sen sijaan, että omaisuus korvattaisiin uudella. Kunnossapitostrategian yhteydessä olisi hyvä tehdä vuoto- ja vaurioanalyysit tasaisin väliajoin, jotta pysytään tietoisina siitä, mitkä tekijät uhkaavat toimitusvarmuutta. Analyysien pohjalta voidaan ennakoivia toimia kohdistaa yhä tehokkaammin huomiota kaipaaviin verkosto-osiiin.

Kokonaisuudessaan kaukolämmön jakeluverkosto-omaisuuden elinkaaren vaiheiden päätöksentekomenetelmät olisivat yksi tutkimuksen arvoinen kokonaisuus. Tämänlaisella tutkimuksella voitaisiin selvittää syy-seuraussuhteita erilaisilla menetelmillä toteutettuihin päätöksiin ja tunnistettaisiin mahdollisia kehityskohteita, joiden avulla päätöksenteko olisi vieläkin optimaalisempaa huomioiden omaisuuden koko elinkaari. Käytännössä tämä voisi tarkoittaa investointi- tai kunnossapitoprosessin osalta erilaisia työkaluja ja menetelmiä kohteiden valintaan ja arviointiin riippuen kohteen suuruudesta tai vaikuttavuudesta. Toisaalta asiaa voidaan miettiä myös siten, että missä menee kustannustehokkuuden ja toimitusvarmuuden tasapaino esimerkiksi sallimalla tietty määrä hallittuja verkostovuotoja.

8 YHTEENVETO

Suomessa perinteisesti vahvan markkinaosuuden omaava kaukolämmitys kohtaa tulevaisuudessa yhä moninaisempia haasteita, jotka haastavat sen perinteisinä vahvuuksina koettuja varmuutta ja vaivattomuutta. Tulevaisuudessa näistä vahvuuksista tulisi pitää kiinni huolehtien samalla mahdollisuudesta toimia jakelualustana erilaisille energiavirroille. Vaikka kaukolämpöverkot ovat markkinapaikkana pienehköjä, niiden tärkeys alueellisten energiavirtojen hyödyntäjänä voi olla suuri. Vastatakseen nykyhetken ja tulevaisuuden haasteisiin on ratkaisevan tärkeää, että kaukolämpöverkot ovat hyvässä kunnossa ja niihin kohdistettu omaisuudenhallinta on suunnitelmallista. Jotta näiden tavoitteiden toteutumista osataan arvioida, tarvitaan suorituskykymittareita.

Kaukolämpötoimijoita edustavalla Energiateollisuus ry:llä on olemassa valtakunnallinen tunnuslukujärjestelmä, jota voidaan käyttää arvioidessa omaisuuden tilaa tai vertailtaessa toimijoita keskenään. Tämän tueksi toimeksiantajalla tunnistettiin kehityskohteeksi suorituskykymittariston luonti jakeluverkko-omaisuuden ja siihen vaikuttavien toimien seurantaan. Huomionarvoista on, että tämän suorituskykymittariston tulisi täyttää omaisuudenhallinnan standardisarjan ISO 55000 vaatimukset. Näiden myötä työn päätutkimusongelma oli selkeästi määritellyn suorituskykymittariston puute kaukolämmön jakeluverkosto-omaisuuden ja siihen vaikuttavien toimien seurantaan, jota voidaan käyttää omaisuuden elinkaaren hallinnan tukena. Ongelmaa pyrittiin ratkaisemaan kahdella tutkimuskysymyksiksi muotoiluilla alaongelmalla, jotka olivat 1) Mitkä ovat olennaisia mittareita verkosto-omaisuuden suorituskyvyn seurantaan? ja 2) Millä elinkaaren hallintatoimenpiteillä kaukolämpöverkko-omaisuus pidetään halutulla tasolla? Koska kyseessä oli tutkimuskohdetta kehittävä tutkimus, valittiin tutkimusotteeksi toimintatutkimus, jolle on tyypillistä eri näkökulmia edustavien käytännön kehitystyön ja teorian yhdistäminen yhdeksi kokonaisuudeksi.

Tutkimusotteelle tyypillinen käytännön kehitystyö tapahtui verkkokyselyn avulla, joka toimitettiin 18 Suomen suurimpien joukossa olevalle kaukolämpöyhtiölle ja johon vastauksia saatiin yhteensä kymmeneltä toimijalta. Kyselyn tavoitteena oli selvittää alan suurimpien toimijoiden tapoja ja käytänteitä, joilla seurataan verkosto-omaisuuden ja siihen vaikuttavien

toimien suorituskykyä. Sen sijaan toista näkökulmaa edustava teoria muodostui työssä omaisuudenhallinnan standardisarjasta, alan ammattikirjallisuudesta sekä tutkimuksista. Näiden lisäksi teoriaosuudessa selvitettiin suorituskyvyn mittaamista ja siihen vaikuttavia asioita.

Vastauksena työn ensimmäiseen tutkimuskysymykseen siitä, mitkä ovat oleellisia mittareita verkosto-omaisuuden suorituskyvyn seurantaan, voidaan todeta, että yleispätevää vastausta on vaikea antaa. Tämä johtuu siitä, että suorituskyvyn seurannalle ja mittareille on oleellista tavoitteet, jotka tyypillisesti ovat organisaatiokohtaisia. Valtakunnallisesti käytössä olevat Energiateollisuus ry:n tunnusluvut kattavat pitkälti perustarpeet suorituskyvyn seurantaan, jonka lisäksi organisaatiolle on hyödyllistä määrittää suorituskykymittareita tavoitteiden ja rajoitteiden mukaan. Omaisuudenhallinnan standardisarjan ja verkkokyselyn perusteella fyysisen omaisuuden, joka tässä tapauksessa tarkoittaa verkosto-omaisuutta, suorituskykyä arvioidaan taloudellisen ja elinkaaren eri vaiheiden suorituskyvyn avulla.

Vastauksena työn toiseen tutkimuskysymykseen siitä, millä elinkaaren hallintatoimenpiteillä verkosto-omaisuus pidetään halutulla tasolla, voidaan todeta, että suunnitelmallisilla. Suunnitelmallisuus tässä yhteydessä voi tarkoittaa suunnitelmallisen päätöksentekoprosessin mukaista investointipäätöstä, jossa hyödynnetään soveltuvia teknisiä ja talousanalyysin työkaluja. Vastaavanlaista suunnitelmallisuutta hyödynnetään myös käytön ja kunnossapidon osalta siten, että omaisuudella tuotettua arvoa sidosryhmille pyritään optimoimaan soveltuvilla päätöksentekomenetelmillä. Kiteytettynä hallintatoimenpiteiden tulee olla sellaisia, että ne tukevat organisaation tavoitteita ja auttavat ulosmittaamaan omaisuuden elinkaaren aikaista arvoa mahdollisimman tehokkaasti.

Tutkimuskysymyksien avulla pystyttiin vastaamaan tutkimusongelmaan, joka oli määritetyn suorituskykymittariston puute toimeksiantajan jakeluverkosto-omaisuudelle ja siihen vaikuttaviin toimiin. Lähtökohdallisesti työn suorituskykymittaristo jaettiin teemallisesti toimitusvarmuuteen ja kustannustehokkuuteen, jotka voidaan myös nähdä arvoina, jonka omaisuus tuottaa sidosryhmilleen. Huomioiden toimeksiantajan tavoitteet määritettiin toimitusvarmuuden mittareiksi käytettävyys, ennakointiaste sekä saneeraus määrä. Kustannustehokkuuden alle laaditut mittarit ovat verkostohyötysuhde, budjettitoteuma, suunnitteluaste sekä investointitehokkuus. Tutkimusongelma oli osittain kaksiosainen, sillä lisäksi määritettyjä

mittareita tulisi pystyä hyödyntämään elinkaaren hallinnan tukena. Määritettyjen mittareiden perusteella voidaan todeta, että ne tarjoavat tietoa suorituskyvyn arvioinnin lisäksi toiminnan johtamisesta sekä korostavat huomiota kaipaavia osa-alueita. Edellä mainittujen syiden vuoksi voidaan todeta, että määritetyt mittarit soveltuvat hyvin elinkaaren hallinnan tueksi.

Työn perusteella nousi esiin jatkotutkimusehdotuksia, jotka koskevat laadittua suorituskykymittaristoa sekä kaukolämmön tulevaisuutta. Laaditun mittariston rinnalle olisi hyvä laatia resurssitehokkuuteen tai kiertotalouteen liittyviä mittareita, joiden voidaan nähdä olevan kaukolämmön tulevaisuudenkin kannalta tärkeitä näkökohtia. Tulevaisuutta silmällä pitäen myös kaukolämmön laatukriteereiden tai palvelutason määrittäminen mahdollistaisi yhä parempien riskityökalujen kehittämisen sekä toisaalta arvion toteutumisen asiakasnäkökulmasta yhä optimaalisemmin. Työn perusteella päätöksentekomenetelmien tutkimus elinkaaren vaiheisiin olisi hyödyllistä, jotta tunnistettaisiin mahdollisesti vääriä tai haitallisia päätöksentekoprosesseja mahdollisimman aikaisessa vaiheessa.

LÄHTEET

Alva-yhtiöt Oy. 2020a. Tilinpäätös ja toimintakertomus. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 05.07.2020]. Saatavilla: https://www.alva.fi/app/uploads/1/2020/05/Alva_TILINPAA-TOS_2019.pdf

Alva-yhtiöt Oy. 2020b. Yritysesittely ja yhteiskuntavastuuraportti 2019. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 05.07.2020]. Saatavilla: <https://www.alva.fi/app/uploads/1/2020/05/Alva-yhteiskuntavastuuraportti-2019.pdf>

Anthony, N., Hastings, J. 2015. Physical Asset Management: With an Introduction to ISO55000. Cham: Springer. 540 s. Saatavilla: <https://www.springer.com/gp/book/9783319147765>

Balzer, G. & Schorn, C. 2015. Asset Management for Infrastructure Systems: Energy and Water. Cham: Springer. 339 s. Saatavilla: <https://www.springer.com/it/book/9783319178783>

Energiateollisuus ry. 2008. Kaukolämpöverkon peruseräparannustoiminnan yhtenäistäminen. Suositus KK4/2008. 28 s. [verkkoaineisto]. [viitattu 08.07.2020]. Saatavilla: https://energia.fi/files/839/SuositusKK4_2008.pdf

Energiateollisuus ry. 2011. Ympäristö- ja jäteasiat kaukolämpöverkon rakentamisessa ja kunnossapidossa. Suositus L22/2011. 32 s. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 08.08.2020]. Saatavilla: https://energia.fi/files/674/SuositusL22_2011_Ymparisto-ja-jateasiat.pdf

Energiateollisuus ry. 2015. Kaukolämmön ja –jäähdytyksen tekninen laatu. Raportti KK5/2015. 26 s. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 06.06.2020]. Saatavilla: http://energia.fi/files/837/RaporttiKK5_2015_Kaukolammon_ja_-jaahdytyksen_tekninen_laatu.pdf

Energiateollisuus ry. 2016. Kaukolämpöverkon suunnitelmallinen perusparantaminen. Suositus L7/2016. 38 s. [verkkoaineisto]. [viitattu 25.07.2020]. Saatavilla: https://energia.fi/files/1340/SuositusL7_2016_Kaukolampoverkon_suunnitelmallinen_perusparantaminen.pdf

Energiateollisuus ry. 2018a. Kaukolämpöjohtojen suunnittelu- ja rakentamisohjeet. Suositus L11/2013. 46 s. [verkkoaineisto]. [viitattu 06.06.2020]. Saatavilla: https://energia.fi/files/2353/SuositusL11_2013_Kl-johtojen_suunnittelu-ja_rakentamisohjeet_paivitetty_20180130.pdf

Energiateollisuus ry. 2018b. Kaukolämpöverkon kunnossapito. Suositus KK2/2018. 38 s. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 08.08.2020]. Saatavilla: https://energia.fi/files/2323/Suositus_KK2_2018_Kaukolammon_kunnossapito.pdf

Energiateollisuus ry. 2020a. Kaukolämpötilasto 2019. 76 s. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 06.11.2020]. Saatavilla: https://energia.fi/files/5384/Kaukolampotilasto_2019.pdf

Energiateollisuus ry. 2020b. Maanalaisten kiinnivaahdotettujen kaukolämpöjohtojen rakentamiskustannukset 2019. Tilasto. 18 s. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 05.11.2020]. Saatavilla: https://energia.fi/files/5329/Johtorakennuskustannukset_2019.pdf

Energiateollisuus ry. 2020c. Kaukolämpöverkon vauriotilasto 2019. 36 s. [verkkoaineisto]. [viitattu 06.07.2020]. Saatavilla: https://energia.fi/files/5330/Vauriotilasto_2019.pdf

Flyktman, P. 2020. Sähköpostiviesti 23.09.2020. Energiapäällikkö. Alva-yhtiöt Oy.

Frederiksen, S. & Werner, S. 2013. District Heating and Cooling. Lund: Studentlitteratur AB. 586 s. ISBN 978-91-44-08530-2

Frietag, H. R. Schmidt, W. 2004. Balanced Scorecard – Tasapainotettu mittaristo. Helsinki: Rastor Oy. 121 s. ISBN 952-5024-65-2

Hey, R. 2017. Performance Management for the Oil, Gas, and Process Industries: A Systems Approach. Saint Louis: Elsevier Science & Technology. 740 s. Saatavilla:

<https://www.sciencedirect.com/book/9780128104460/performance-management-for-the-oil-gas-and-process-industries>

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2016. Tutki ja kirjoita. 21. p. Helsinki: Tammi. 464 s. ISBN 978-951-31-4836-2

Huhtinen, M., Korhonen, R., Pimiä, T. & Urpalainen, S. 2013. Voimalaitostekniikka. 2. p. Helsinki: Opetushallitus. 344 s. ISBN 978-952-13-5426-7

IAM. 2015. Asset management – an anatomy. 84 s. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 27.06.2020]. Saatavilla: https://theiam.org/media/1781/iam_anatomy_ver3_web.pdf

IAM. 2016. Subject 8: Life Cycle Value Realisation. 36 s. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 27.09.2020]. Saatavilla: <https://theiam.org/shop/products/20660>

Järvinen, K. 2020a. Omaisuudenhallinta – kokonaisvaltaista johtamista vai infran hallintaa. [Blogi]. [Viitattu 09.08.2020]. Saatavilla: <https://www.alva.fi/blog/2020/07/01/omaisuudenhallinta-kokonaisvaltaista-johtamista-vai-infran-hallintaa/>

Järvinen, K. 2020b. Omaisuudenhallinta – kokonaisvaltaista johtamista vai infran hallintaa. [Blogi]. [Viitattu 12.11.2020]. Saatavilla: <https://www.alva.fi/blog/2020/08/11/kannattaako-omaisuudenhallinnan-miettimiseen-kayttaa-aikaa/>

Järviö, J., Lehtiö, T. 2012. Kunnossapito. Tuotanto-omaisuuden hoitaminen. 5. uud. painos. Helsinki: Kunnossapitoyhdistys Promaint ry. 288 s. ISBN 978-952-99458-8-7

Koskelainen, L., Saarela, R. & Sipilä, K. 2006. Kaukolämmön käsikirja. Helsinki: Energia-teollisuus ry Kaukolämpö. 566 s. ISBN 952-5615-08-1

Laitinen, E. 2003. Yritystoiminnan uudet mittarit. 3. uud. painos. Helsinki: Talentum. 512 s. ISBN 952-14-0521-X

Lund, H., Werner, S., Wiltshire, R., Svendsen, S., Thorsen, J., Hvelplund, F. & Mathiesen, B. 2014. 4th Generation District Heating (4GDH). Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems. Energy Vol 68. s. 1-11. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 08.09.2020]. Saatavilla: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544214002369>

Lågland, H. 2015. Verkonparannusvaihtoehdot. Regulaation vaikutus jakeluverkon toimitusvarmuusinvestointien kannattavuuteen. 98 s. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 05.11.2020]. Saatavilla: http://lipas.uwasa.fi/~kauhanie/Verkonparannusvaihtoehdot_v_1.pdf

Marquez, A.C., Marquez, C.P., Fernandez, J.F.G., Campos, M.L. & Diaz, V. G-P. 2012. Asset management – The state of the art in Europe from a life-cycle perspective: Life-cycle cost analysis. Springer 2012. 172 s.

McNett, W. 2015. Monitoring Asset Management Strategy Execution with KPIs. [Verkko-sivu]. [Viitattu 06.09.2020]. Saatavissa: <https://www.industryweek.com/operations/maintenance/article/21966218/monitoring-asset-management-strategy-execution-with-kpis>

Mäkelä, V-M. & Tuunanen, J. 2015. Suomalainen kaukolämmitys. Mikkeli: Mikkelin ammattikorkeakoulu. 161 s. ISBN: 978-951-588-507-4

Parmenter, D. 2010. Key Performance Indicators: Developing, Implementing and Using Winning KPIs. 2. p. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 299 s. ISBN 978-0-470-54515-7

Pesola, A., Bröckl, M. & Vanhanen, J. 2011. Älykäs kaukolämpöjärjestelmä ja sen mahdollisuudet. Loppuraportti. Gaia Consulting Oy. 38 s. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 07.09.2020]. Saatavilla: <https://docplayer.fi/2848107-Alykas-kaukolampojjarjestelma-ja-sen-mahdollisuudet.html>

Promaint. 2020. Kaukolämpöverkon dynaaminen mallinnus paljastaa putkirikot. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 09.11.2020]. Saatavilla: <https://promaintlehti.fi/Laite-ja-korjaustekniikat/Kaukolampoverkon-dynaaminen-mallinnus-paljastaa-putkirikot>

PSK Standardisointiyhdistys ry. 2010. Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. PSK 7501. 2. painos. 32 s. [Verkkoaineisto]. Saatavilla: <https://docplayer.fi/69726242-Psk-standardisointi-standardi-psk-7501-psk-standards-association-2-painos-2-nd-edition.html>

Sernhed, K. & Jönsson, M. 2017. Risk management for maintenance of district heating networks. Energy Procedia 116. s. 381-393. [Verkkoaineisto]. [viitattu 19.07.2020]. Saatavilla: <https://www.sciencedirect-com.ezproxy.cc.lut.fi/science/article/pii/S1876610217322920>

Sernhed, K., Jönsson, M. & Olsson, M. 2015. Riskhantering för underhåll av fjärrvärménät. Energiforsk rapport 2015:185. 106 s. [Verkkoaineisto]. Saatavilla: <https://energiforsk-media.blob.core.windows.net/media/19566/riskhantering-for-underhall-av-fjarrvarmenat-energiforskrapport-2015-185.pdf>

SFS-ISO 55000. 2014. Omaisuudenhallinta. Yleiskuvaus, periaatteet ja termit. Laatinut: Tekninen komitea ISO/TC 251. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS. 45 s.

SFS-ISO 55001. 2014. Omaisuudenhallinta. Hallintajärjestelmät. Vaatimukset. Laatinut: Tekninen komitea ISO/TC 251. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS. 33 s.

SFS-ISO 55002. 2018. Omaisuudenhallinta. Hallintajärjestelmät. Ohjeita standardin ISO 55001:2014 soveltamisesta. Laatinut: Tekninen komitea ISO/TC 251. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS. 154 s.

Siljamäki, H. 2012. Muista nämä 5 sääntöä, kun valitset kpi-mittareita. Tekniikka&Talous. [Verkkosivu]. [Viitattu 09.09.2020]. Saatavilla: <https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/muista-nama-5-saantoa-kun-valitset-kpi-mittareita/d13fce72-8ac6-357e-bd0b-20aa34473b54>

Sirola, V-P. 2015. Kaukolämpöverkkojen tulevaisuus varmistettava. Rakennuslehti. [Verkkosivu]. [Viitattu 28.06.2020]. Saatavilla: <https://www.rakennuslehti.fi/blogit/kaukolampoverkkojen-tulevaisuus-varmistettava/>

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL. 2019. Rakennetun omaisuuden tila 2019. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 29.06.2020]. Saatavilla: https://www.ril.fi/media/2019/roti/roti_2019_raportti.pdf

Suomen virallinen tilasto: Energia 2019-taulukkopalvelu. Liitetaulukko 7.2. Asuin- ja palvelurakennusten lämmityksen hyötyenergia. [Verkkójulkaisu]. Helsinki: Tilastokeskus [Viitattu 07.06.2020]. Saantitapa: https://pxhopea2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2019/html/suom0006.htm

Tekniikka & Talous. 2019. Helenille uusi kaukolämmön optimointijärjestelmä yhtenä keinona kohti hiilineutraaliutta. [Verkkosivu]. [Viitattu 07.06.2020]. Saatavilla: <https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/helenille-uusi-kaukolammon-optimointijarjestelma-yhtena-keinona-kohti-hiilineutraaliutta/58afa936-98cc-4fbb-a43d-8f6d81d53fd1>

Trimble NIS paikkatietojärjestelmä. 2020. Alva-yhtiöt Oy:n kaukolämpöverkon paikkatietojärjestelmä.

Valli, R., Aarnos, E. 2018. Ikkunoita tutkimusmetodeihin: 1, Metodien valinta ja aineistonkeruu: virikkeitä aloittelevalle tutkijalle. [E-kirja]. [Viitattu 11.07.2020]. Saatavilla: <http://library.ellibs.com/login/?library=135&book=978-952-451-516-0&language=fi>

Werner, Sven. 2017. International review of district heating and cooling. Energy Vol 137. s. 617-631. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 06.06.2020]. Saatavilla: <https://www.sciencedirect.com.ezproxy.cc.lut.fi/science/article/pii/S036054421730614X>

LIITE 1. Kyselytutkimuksen kysymykset.

1. Mikä on hallinnoimanne kaukolämpöverkon pituus?
2. Onko kaukolämpöverkosto-omaisuutenne osalta laadittu omaisuudenhallinnan strategia? Mikäli strategia tunnetaan teillä jollain toisella nimellä, niin voitte kommentoida vapaasti.
3. Miten arvioisitte kaukolämpöverkko-omaisuuden suorituskyvyn seurannan tärkeyttä yleisesti asteikolla 1-5, jossa 1 = ei lainkaan tärkeä ja 5 = erittäin tärkeä?
4. Valitkaa alla olevista vaihtoehdoista ne, joita käytätte kaukolämpöverkosto-omaisuutenne suorituskyvyn seurannassa:
 - Energiateollisuuden tunnusluvut (esim. käyttötaloudelliset tunnusluvut ja vaurioutilastot)
 - Omistaja on asettanut mittareita tai numeraalisia tavoitteita joita seurataan
 - Suorituskyvyn johtamisjärjestelmä (esim. Balanced Scorecard)
 - Toimijakohtaiset mittarit tai tunnusluvut
 - Muu
5. Miten seuraatte lämpöverkkojen suunnittelun (hanke-/kohde-/yleissuunnittelu) suorituskykyä?
6. Miten seuraatte lämpöverkkojen rakennuttamisen suorituskykyä?
7. Miten seuraatte lämpöverkkojen käytön/toiminnan suorituskykyä?
8. Miten seuraatte lämpöverkkojen kunnossapidon suorituskykyä?
9. Miten seuraatte verkosto-omaisuutenne suorituskykyä?
10. Kysymyksiin 5 – 9 yhteisenä kysymyksenä, että miten varmistutte kyseisten suorituskykymittauksien kelvollisista seuranta-/mittaustuloksista, sekä mikä on näiden seuranta- ja mittaustoimintojen toteutusajankohta
11. Onko käytössänne edellä mainittujen lisäksi muita seurattavia mittareita tai tunnuslukuja? Jos on, niin mitä ne ovat?
12. Oletteko ottaneet huomioon omien mittareiden kanssa osaoptimointiriskin, joilla mittareiden tuloksia viedään keinotekoisesti haluttuun suuntaan? Jos olette, niin miten?
13. Oletteko asettaneet verkosto-omaisuudellenne tiettyä tasoa (esim. toiminnallinen, saaneerausvelka, JHA, NKA) johon pyritte?

14. Jatkokysymys edelliseen kohtaan. Miten huomioitte tämän halutun verkosto-omaisuuden tason omaisuuden elinkaaren eri vaiheissa (esimerkki omaisuuden elinkaaresta: omaisuuden vaatimusten määrittely -> suunnittelu -> rakentaminen -> käyttö ja kunnossapito -> tarkkailu ja valvonta -> kunnostaminen/uusiminen -> hävittäminen)?

15. Kuinka paljon teillä on seurattavia edellisten kysymysten kaltaisia mittareita tai tunnuslukuja seuraavilla seurantaväleillä (ei yhtään, 1 – 10 kpl, 11 – 20 kpl, 21 – 30 kpl, 31 – 40 kpl, 41 – 50 kpl ja yli 50 kpl)?

- Päivittäin

- Viikottain

- Kuukausittain

- Neljännesvuosittain

- Vuosittain

16. Järjestelkää seuraavat Energiateollisuuden vuotuiset verkon tunnusluvut sen mukaan, kuinka tärkeänä pidätte niitä verkosto-omaisuuden suorituskyvyn kannalta (tärkeysjärjestys ylhäältä alaspäin):

- Lämmönsiirron pumppaussähkön ja lämmön hankinnan suhde [kWh/MWh]

- Verkostohäviö [%]

- Käyttö- ja kunnossapitokustannukset [€/m]

- Vaurioiden lukumäärä [kpl/km]

- Keskimääräisen asiakkaan käyttökeskeytysaika [h/a]

- Pisin yksittäisen asiakkaan kokonaiskeskeytysaika [h/a]

- Vuosittain uusittu johtopituus [%]

- Lisäveden kulutus suhteessa verkon kokonaisvesitilavuuteen [m³/m³]

- Verkon keskimääräinen meno- ja paluulämpötila päätuotantolaitoksella [°C]

- Verkon lämpö- ja asiakastiheys [GWh/km tai MW/km]

17. Näettekö, että edellä mainittuja tunnuslukuja olisi mahdollista yhdistellä? Muu-kohdan, että miten.