

Mikko Korpisalo

Automaatioinvestointien laadun kehittäminen Helsingin Energian Lämmitysmarkkinat -liiketoiminnassa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

YAMK

Automaatioteknologia

Opinnäytetyö

11.5.2015

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Mikko Korpisalo Automaatioinvestointien laadun kehittäminen Helsingin Energian Lämmitysmarkkinat -liiketoiminnassa 76 sivua + 7 liitettä 11.5.2015
Tutkinto	Insinööri YAMK
Koulutusohjelma	Automaatioteknologia (YAMK)
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaaja(t)	Ins. Jukka Örn TkT Hans Aalto
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää projektitoiminnan laadunhallinnan nykytila Lämmitysmarkkinoiden automaatioinvestoinneissa ja pyrkiä kartoittamaan sen suurimmat haasteet sekä potentiaaliset kehitysalueet. Selvitystyön avulla pyritään projektitoiminnan tehostamiseen, projektin loppulaatutason kehittämiseen sekä laatuksennustusten minimoimiseen.</p> <p>Selvitystyön tutkimusmenetelmänä käytettiin laadullista tapaustutkimusta, jonka aineistonkeruu toteutettiin teemahaastattelua hyödyntäen. Haastattelujen harkinnanvaraiseksi näytteeksi valittiin asiantuntijoita kaikista Lämmitysmarkkinoiden automaatioprojekteihin liittyvistä liiketoiminnoista, mikä mahdollisti laajan ja kattavan haastatteluaineiston keräämisen. Aikaansaatu aineisto teemoiteltiin ja analysoitiin sisällönanalyysin avulla, jonka jälkeen havainnot verrattiin automaatioprojektitoiminnassa vallitseviin menetelmiin, määrittelyihin ja käytäntöihin.</p> <p>Haastattelujen perusteella havaittiin, että projektien laadunhallinnan kehittämiseksi oli tarvetta. Nykyisellään eritoten systemaattiset, yksiselitteiset sekä laadukkaat toimintamallit koettiin projektien suurimmiksi kehitysalueiksi. Selvityksen tulosten perusteella voitiin todeta, että laadun kehitystyön tärkeimpänä päämääränä tuli olla juuri laatuajattelun saaminen osaksi normaalia projektityötä ilman, että se lisäisi kohtuuttomasti projektiin liittyvää byrokratiaa ja hankaloittaisi käytäntöjä.</p> <p>Työn tuloksena syntyivät yhdistetty automaatioprojektin- ja laadunhallinnan prosessimalli, tähän liittyvät tarkastuspöytäkirjat sekä laadun kehittämisen kannalta oleellimmat toimenpideehdotukset. Näiden pohjalta voidaan laadunkehitystyötä jatkaa systemaattisesti myös tämän selvitystyön jälkeen. Kun aikaansaatu prosessimalli saadaan jalkautettua projektin normaaleiksi toimintatavoiksi, on tämän avulla saavutettavissa ajankäytön tehostumista ja projektin läpivientiajan laskua sekä kustannustehokkaampia ja lopputulokseltaan laadukkaampia tuotantolaitoksia.</p>	
Avainsanat	automaatio, projektitoiminta, investointi, laatu

Author(s) Title Number of Pages Date	Mikko Korpisalo The quality improvement of automation investments in Helsingin Energia HeatingMarkets 76 pages + 7 appendices 11 May 2015
Degree	Master of Engineering
Degree Programme	Automation Technology
Specialisation option	
Instructor(s)	Jukka Örn, BEng Hans Aalto, Dr. Tech
<p>The aim of this thesis was to examine the present state of quality management of automation investments in HeatingMarkets and find the greatest challenges and potential areas of development in them. The results of this thesis can help projects to act more efficiently, improve the total quality and decrease the cost of poor quality (COPQ).</p> <p>The research method of this thesis was qualitative case study which research data were collected with theme-centered interviews. Specialist from all businesses that are involved in district heating and cooling automation projects were selected as a discretionary sample of the research to get as comprehensive data as possible. The data from the interviews were partitioned by themes and analysed with content analysis. The observations made in analysis were compared to the present methods and procedures in automation projects nowadays.</p> <p>The results of the interviews indicated the need to improve automation quality management. Especially systematic, unambiguous and high quality procedures were recognised as greatest areas of development in the projects nowadays. The research data indicates that the most important aim of the future development is to include quality way of thinking as a part of normal work in projects without adding excessive amount of bureaucracy to procedures.</p> <p>As a result of this thesis the new combined process model for automation project and quality management with all required inspection records were made. Also the suggestions for the future actions of developing quality procedures were created. These results are good basis for systematic development of quality management in the future. When the new process model has been put in action as a normal part of project procedures many positive effects can be achieved for example increased usage of time, decreased project lead through time, cost-effectiveness and production facilities with higher level of quality.</p>	
Keywords	automation, project, investment, quality

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Helsingin Energia	2
2.1	Lämmitysmarkkinat	5
2.2	HelenEngineering	5
2.3	HelenService	5
2.4	ICT-palvelut	5
3	Tuotantolaitosten automaatio	6
3.1	Teollisuusautomaatio	6
3.1.1	PLC-järjestelmät	9
3.1.2	DCS-järjestelmät	10
3.1.3	SCADA-järjestelmät	12
3.1.4	MES-järjestelmät	14
3.1.5	ERP-järjestelmät	14
3.2	Automaatiojärjestelmien tietoliikenneverkkojen rakenne	14
3.3	Automaatiojärjestelmien tietoturva	18
4	Laatu	21
4.1	Laatupolitiikka ja laatutavoitteet	23
4.2	Laatufilosofia	24
4.3	Laatutekniikka	24
4.4	Laatujohtaminen	25
4.5	Laadunhallintajärjestelmä	26
4.6	Laadunhallinta	28
4.6.1	Laadunohjaus	29
4.6.2	Laadunvarmistus	31
4.6.3	Laadun suunnittelu	31
4.6.4	Laadun parantaminen	31
4.7	Laadun hinta	32
5	Laatu automaatiossa	33
5.1	Automaatioinvestoinnin elinkaarimalli	35
5.1.1	Määrittelyvaihe	37
5.1.2	Suunnitteluvaihe	39
5.1.3	Toteutusvaihe	39

5.1.4	Asennusvaihe	40
5.1.5	Toiminnallinen testausvaihe	41
5.1.6	Kelpoistusvaihe	42
5.1.7	Tuotantovaihe	43
5.2	Automaation laadunvarmistus	43
5.3	Kelpoistaminen	45
5.4	Standardit	47
5.4.1	Standardin vaatimusten mukaisuus	48
5.4.2	Standardin valinta	48
6	Automaatioinvestointiprojektit Lämmitysmarkkinat-liiketoiminnassa	49
6.1	Automaatiojärjestelmän rakenne	51
7	Nykytilan kartoitus	53
7.1	Tutkimuskohde	53
7.2	Tutkimusasetelma	55
7.2.1	Tapaustutkimus	56
7.2.2	Laadullinen tutkimus	57
7.2.3	Teemahaastattelu	58
7.3	Tutkimusprosessi	60
7.3.1	Haastattelujen toteutus	61
7.3.2	Teemoittelu	63
7.3.3	Sisällönanalyysi	63
7.3.4	Haastattelujen analysointi	64
7.3.5	Haastattelujen tulkinta teemoittain	64
7.4	Laadullisen tutkimuksen luotettavuus	65
7.4.1	Reliabiliteetti	65
7.4.2	Validiteetti	66
7.4.3	Tutkimuksen luotettavuuden arviointi	66
8	Automaatioprojektin laadunhallinnan prosessimalli	67
9	Kehitysehdotukset	70
10	Yhteenveto	72
	Lähteet	74

Liitteet

Liite 1. Teemahaastattelun kysymykset

Liite 2. Haastattelutulosten tulkinat teema-alueittain

Liite 3. Automaatioprojektin laadunhallinnan prosessimalli

Liite 4. Automaatioprojektin laadunhallinnan laajennettu prosessimalli

Liite 5. Automaatioprojektin laadunhallintadokumentaatio

Liite 6. Tiedonsiirtoverkkojen periaatekuva

Liite 7. SCADA-järjestelmän periaatekuva

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

CHP	<i>Combined Heat and Power.</i> Energian tuotantomalli, jossa yhdistetään lämmön ja sähkön tuotanto.
CMS	<i>Central Monitoring System.</i> Käytönvalvontajärjestelmän eli SCADA-järjestelmän keskusvalvontayksikkö.
COPQ	<i>Cost of Poor Quality.</i> Laatukustannus, jolla tarkoitetaan laatuvirheen tekemisestä, etsimisestä ja korjaamisesta aiheutuvia kustannuksia.
DCS	<i>Distributed Control Systems.</i> Hajautettu automaatiojärjestelmä, jota käytetään teollisuusautomaation ohjausjärjestelmänä.
Defence-in-Depth	Syvyysuuntainen suojaus, jolla tarkoitetaan tiedonsiirtolaitteiden sijoittamista eri verkkosegmentteihin.
DMZ	<i>Demilitarized Zone.</i> Demilitarisoitu verkkovyöhyke, jota käytetään tuomaan ylimääräinen tietoturvasuoja yrityksen tiedonsiirtoverkkojen välille ja erottamaan verkkosegmenttejä toisistaan tietoturvallisesti.
DQ	<i>Design Qualification.</i> Projektin kelpoistusvaiheeseen liittyvä suunnittelun kvalifointivaihe.
ERP	<i>Enterprise Resource Planning.</i> Yrityksen tietojärjestelmä, jota käytetään yrityksen toiminnan ohjaukseen.
FAT	<i>Factory Acceptance Test.</i> Automaatiojärjestelmän toteutusvaiheeseen sijoittuva toimintojen vaatimustenmukaisuuden testausjakso.

HELPPO	Projektointimalli, joka on yleisesti käytössä Helsingin Energian projektitoiminnassa.
HAZOP	<i>Hazard and Operability Study</i> . Prosessin ja ohjausjärjestelmän vaara- ja riskianalyysin apuna käytetty menetelmä.
HMI	<i>Human Machine Interface</i> . Käyttöliittymä, jota käytetään automaation ohjausjärjestelmän hallintaan.
IDS	<i>Intrusion Detection System</i> . Tiedonsiirtoverkkojen turvajärjestelmä verkkohyökkäyksien havaitsemiseksi.
IPS	<i>Intrusion Prevention System</i> . Tiedonsiirtoverkkojen turvajärjestelmä verkkohyökkäyksien estämiseksi.
IQ	<i>Installation Qualification</i> . Projektin kelpoistusvaiheeseen liittyvä asennusten kvalifiointivaihe.
IT	<i>Information Technology</i> . Informaatiotekniikka, jolla tarkoitetaan tietokoneiden ja digitaalisen tietoliikenteen avulla tehtävää tietojen muokkaamista, siirtoa, tallennusta ja hakua.
Kelpoistus	<i>Validation</i> . Toimintaa, jolla osoitetaan automatisoidun prosessin toimivan tilaaja- ja laatuvaatimusten mukaisesti.
Kvalifiointi	<i>Qualification</i> . Kelpoistusprosessin osa, jonka avulla osoitetaan projektin tuottaman kelpoistusaineiston täyttävän sille asetetut vaatimukset.
MES	<i>Manufacturing Execution System</i> . Yrityksen tietojärjestelmä, jota käytetään yrityksen tuotannon ohjaukseen.
OQ	<i>Operation Qualification</i> . Projektin kelpoistusvaiheeseen liittyvä toiminnan kvalifiointivaihe.

PCS	<i>Process Control System.</i> Automaatiolaitteista ja ohjelmistoista muodostuva järjestelmä, joka toteuttaa prosessin hallinnan automaattiset osat.
PLC	<i>Programmable Logic Controller.</i> Ohjelmoitava logiikkajärjestelmä, jota käytetään teollisuusautomaation ohjausjärjestelmänä.
PQ	<i>Performance Qualification.</i> Projektin kelpoistusvaiheeseen liittyvä suorituskyvyn kvalifiointivaihe.
RTU	<i>Remote Terminal Unit.</i> Käytönvalvontajärjestelmän kaukokäytettävä ala-asema.
SAT	<i>Site Acceptance Test.</i> Automaatiojärjestelmän testausvaiheeseen sijoittuva hyväksymistestaus, jolla osoitetaan järjestelmän täyttävän kaikki sille osoitetut toiminnalliset tilaajavaatimukset.
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition.</i> Käytönvalvontajärjestelmä, jolla voidaan ohjata keskitetysti yhtä tai useampaa hajautettua automaatiojärjestelmää.
TET	<i>Turvallisuuden Eheyden Taso (Safety Integrity Level, SIL).</i> Diskreetti taso TLJ:n turvatoimintojen eheyden vaatimusten määrittämiseksi.
TLJ	<i>Turvallisuuteen Liittyvä Järjestelmä (safety-related system).</i> Järjestelmä, joka toteuttaa ohjattavan laitteiston turvallisen tilan saavuttamiseksi tai ylläpitämiseksi tarvittavat turvatoiminnot.
Toimite	Laatufilosofiaan liittyvä käsite, jolla tarkoitetaan tavara-, palvelu- ja tietotuotteita tai näiden yhdistelmiä.

1 Johdanto

Automaatiojärjestelmiä voidaan löytää poikkeuksetta lähes jokaisesta teollisuus- tai tuotantolaitoksesta maailmanlaajuisesti. Ne kehittyvät jatkuvasti, minkä johdosta myös automaation asiantuntijoilta vaaditaan jatkuvaa toiminnan ja toimintamallien kehittämistä. Tämä luo erityisesti kehityspaineita tilaajan kyvyille määritellä ja toteuttaa investointihankkeensa niin, että kulloisenkin automaatiohankinnan yhteydessä kyetään edelleen saamaan kustannustehokkaasti vähintään aiempaa tasoa vastaavat tai mikäli mahdollista, jopa paremmat järjestelmät. Uusissa laitosinvestoinneissa tai suurissa laitosten modernisoinneissa automaatio on usein pienessä tai keskisuudessa osassa, mikäli asiaa tarkastellaan puhtaasti hankintakustannusten kannalta. Laitosten laadukkaan toiminnan ja lopputuotteen kannalta se tosin on yksi tärkeimmistä osa-alueista.

Tässä opinnäytetyössä toimeksiantajana toimii Helsingin Energian Lämmitysmarkkinat -liiketoiminto. Työn kehittämistehtävänä oli kartoittaa tilaajaliiketoiminnan automaatioprojektin laatuun ja sen hallintaan liittyvien tekijöiden nykytila, pyrkien näiden havaintojen pohjalta luomaan laatua edistävät, systemaattiset toimintamallit sekä käytännöt projektitoiminnan tueksi. Tällä pyritään siihen, että laadukkaan lopputuloksen kannalta oleelliset haasteet ja kehitysalueet kyetään jatkossa tunnistamaan paremmin ja vähentämään systemaattisella laatutyöllä näiden kokonaislaatu- ja heikentävää ja kokonaiskustannuksia kasvattavaa vaikutusta. Selvitystyötä täydennettiin kartoittamalla laatutoiminnan kannalta oleelliset jatkotoimenpiteet, joiden avulla laadun kehitystyötä voidaan systemaattisesti jatkaa tämän selvitystyön jälkeen.

Aihe valittiin, koska automaatioinvestointien laadunhallinnassa ja -kehittämisessä ilmeni haasteita henkilöstöltä saatujen havaintojen perusteella. Automaatioprojektien laadunhallinta koettiin jääneen kehityksen ja raskaan organisaatorakenteen jalkoihin, minkä johdosta toiminnan ja käytäntöjen systemaattisuuden kehittäminen sekä näiden avulla saavutettavissa oleva loppulaatutason nousu koettiin työn kannalta oleelliseksi kehitystavoitteeksi.

Selvitystyön tulosten perusteella luotiin työn toimeksiantajalle automaatioprojektin laadunhallinnan prosessimalli sekä tätä tukeva laadunhallintadokumentaatio. Näiden avulla

kyetään jatkossa paremmin ohjaamaan eri projektivaiheiden yhdenmukaista ja suunnitelmallista etenemistä sekä näissä aikaansaatuisten toimitteiden jalostumista loppulaa-dukseksi.

Työ rajattiin koskemaan ainoastaan Helsingin Energian Lämmitysmarkkinat -liiketoimintoa, vaikkakin selvitystyön apuna tarkasteltiin myös muiden liiketoimintojen ja yritysten hankinta- ja projektikäytäntöjä sekä laatujärjestelmiä. Hankintakäytäntöjen osalta selvitystyö rajattiin koskemaan vain hankintojen teknistä osuutta. Kaupallista osuutta ei huomioitu, koska sen ei katsottu olevan työn kannalta oleellinen tarkastelukohde.

Työn teoriaosuudessa esitellään selvitystyön tilannut yritys sekä tämän selvityksen kannalta oleelliset liiketoiminnot. Esittelyn jälkeen tarkastellaan tuotantolaitosten automaatiota niiltä osin, joiden voidaan katsoa oleellisesti liittyvän työn kohteena oleviin automaatiokokonaisuuksiin. Tämän jälkeen käsitellään laadun keskeisimmät käsitteet sekä automaatioprojektin rakenne ja sen laatuun oleellisesti liittyvät tekijät sekä työn kohteena olevan liiketoiminnan omat projektikäytännöt. Projektikäytäntöjen jälkeen kuvataan varsinaisen selvitystyön kulku, siihen oleellisesti liittyvä teoria sekä varsinaisen selvitystyön tulokset. Työn lopussa käsitellään selvityksen tuloksena syntynyt prosessimalli sekä siihen liittyvät käytännöt, laadun kehitystyön kannalta oleelliset jatkotoimenpide-ehdotukset sekä selvitystyön yhteenveto.

Helsingin Energia muuttui vuoden 2015 alussa Helen Oy:ksi. Tämän johdosta osa tämän selvitystyön lähdetiedoista ei ole enää saatavilla. Koska uuden organisaation tiedot eivät olleet vielä tämän selvitystyön loppuvaiheessa täysin käytettävissä, päätettiin työn tilaaja esitellä aiemman liikelaitosmallin mukaisesti.

2 Helsingin Energia

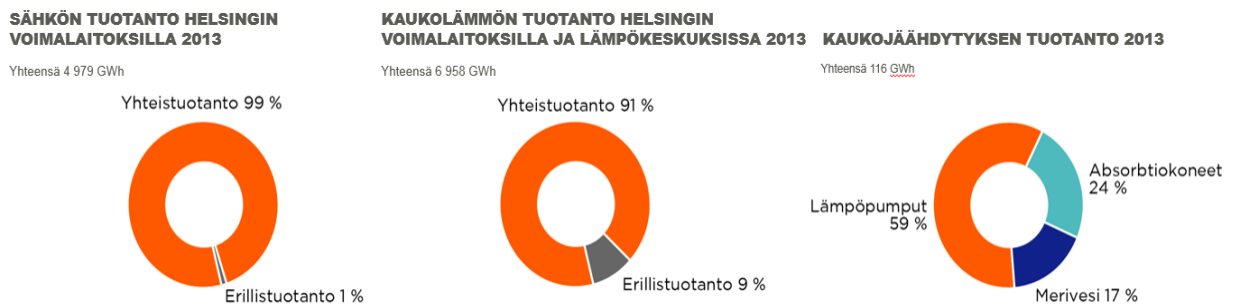
Tässä luvussa tarkastellaan yleisellä tasolla Helsingin Energiaa sekä niitä liiketoimintoja, jotka toimivat automaatioinvestoinneissa oleellisesti yhteistyössä Lämmitysmarkkinoiden kanssa.

Helen konsernin emoyritys Helsingin Energia on yksi Suomen suurimmista energiayhtiöistä. Sen liiketoiminta koostuu pääasiassa sähkön, kaukolämmön ja jäädytyksen tuotannosta sekä energian jakelusta ja myynnistä. [1.] Helsingin Energia myy Suomessa

sähköenergiaa noin 400 000 asiakkaalle ja kaukolämpöenergiaa yli 90 prosentille kaikista Helsingin kiinteistöistä [2.] Näiden lisäksi Helsingin Energia tarjoaa asiakkailleen kaukojäähdytystä, jonka tuotantotehon perusteella se lukeutuu pohjoismaisessa mittakaavassa tarkasteltuna kolmanneksi suurimmaksi kaukojäähdytyksen tuottajaksi [3].

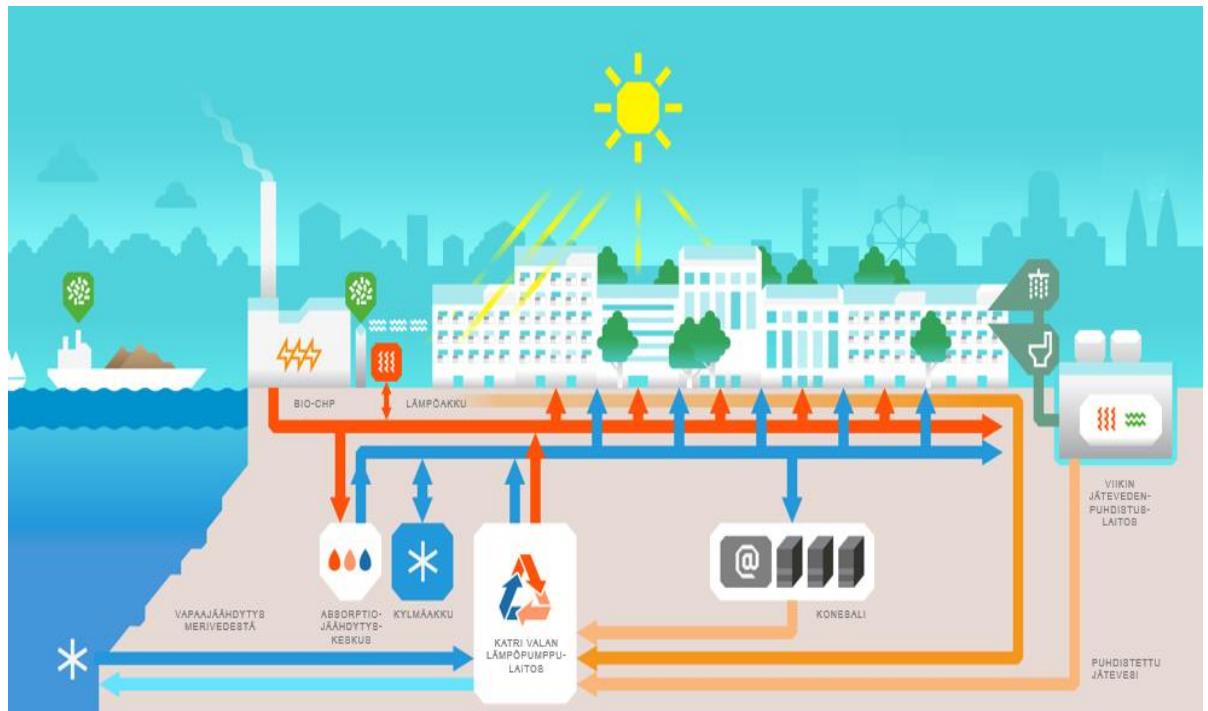
Helsingin Energia on myös maailmanlaajuisesti yksi merkittävimmistä energiayhtiöistä. Tämä johtuu niin sanotusta kolmoistuotannosta, joka koostuu sähkön, kaukolämmön sekä kaukojäähdytyksen yhteistuotantomallista. Tämä kolmoistuotanto on palkittu maailman tehokkaimpana energiaratkaisuna. [4.]

Pääosa Helsingin Energian sähköstä ja kaukolämmöstä tuotetaan CHP-tuotannolla (Combined Heat and Power) eli yhdistetyllä sähkön ja lämmön tuotannolla Hanasaaren, Salmisaaren sekä Vuosaaren voimalaitoksilla. Näissä yhteistuotantolaitoksissa polttoaineesta saatava energia kyetään hyödyntämään yli 90 % hyötysuhteella. [5.] Yhteistuotannon sekä kaukojäähdytyksen tuotantojakaumat on nähtävissä kuvassa 1.



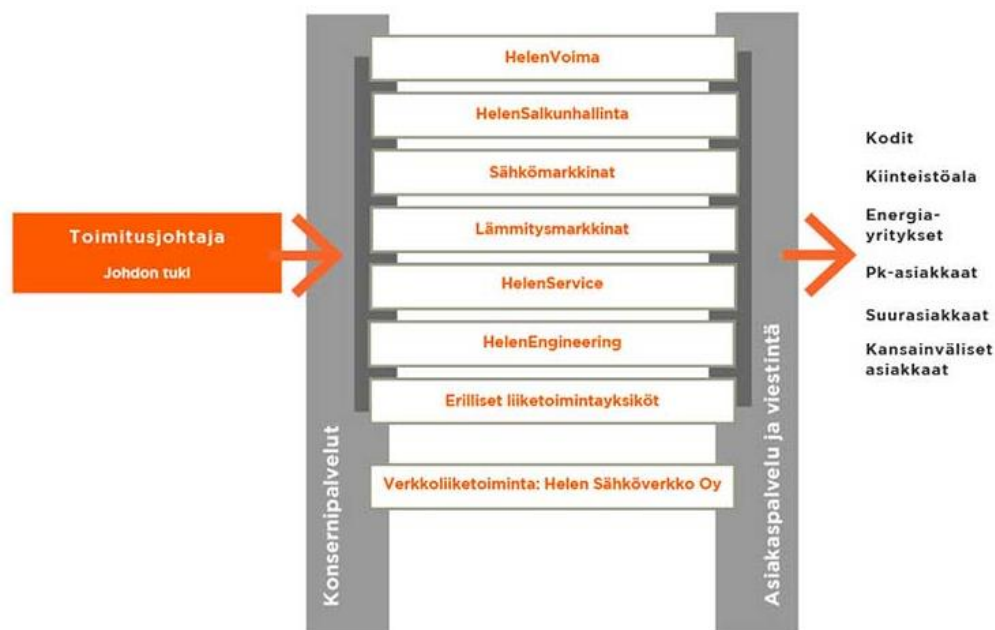
Kuva 1. Tuotantojakaumat [5; 3].

Helsingin Energian kaukolämpö- ja kaukojäähdytystuotannon periaate on nähtävissä kuvasta 2. Tässä yhdistetyssä kaukolämmön sekä kaukojäähdytyksen tuotantomallissa hyödynnetään myös puhdistetusta jätevedestä sekä konesaleista saatavaa lämpöenergiaa. Kulutuspiikkien varalle tuotantoenergiaa varastoidaan kaukolämpö- sekä kaukojäähdytysakkuihin, joista energiaa siirretään tarvittaessa verkkoon normaalin tuotannon tehostamiseksi.



Kuva 2. Kaukolämpö ja -jäähdytys tuotannon periaatekuva [6].

Helsingin Energia koostuu useista liiketoiminnoista, jotka on esitetty kuvassa 3. Tässä työssä keskitytään näistä pääasiassa Lämmitysmarkkinoihin. Investointiprojekteja tarkastellaan myöhemmin myös HelenServicen ja HelenEngineeringin näkökulmasta.



Kuva 3. Helsingin Energia organisaatio vuodelta 2014 [7].

2.1 Lämmitysmarkkinat

Lämmitysmarkkinat vastaavat kaukolämpö- sekä kaukojäähdytystuotannon myynnistä ja jakelusta sekä huolehtivat kulloinkin tarvittavasta huippu- ja varalämmön sekä -jäähdytyksen tuotannosta. Sen vastuualueelle kuuluvat myös kaukolämpö ja -jäähdytystoimintojen kehitys ja laajentuminen. [7.] Investointiprojekteissa Lämmitysmarkkinoiden asiantuntijat ohjaavat palveluita tuottavia liiketoimintoja projektien sekä kunnossapidon suunnittelussa ja toteutuksessa. Lämmitysmarkkinoiden automaatioprojektitoiminnan kannalta oleellimmat palveluliiketoiminnot on esitelty alla.

2.2 HelenEngineering

HelenEngineering tarjoaa energian tuotantoon liittyviä projektipalveluita sekä energiaselvityksiä. HelenEngineeringin asiantuntijat hoitavat tuotantolaitosten ja jakelujärjestelmien suunnittelun ja rakennuttamisen, jonka lisäksi he vastaavat myös projektien kokonaishallinnasta. [7.] Lämmitysmarkkinoiden investointiprojekteissa HelenEngineeringin asiantuntijat vastaavat projektien onnistuneesta läpiviennistä yhdessä Lämmitysmarkkinoiden asiantuntijoiden kanssa.

2.3 HelenService

HelenService vastaa muiden laitosten ohella myös Lämmitysmarkkinoiden laitosten tuotannon- ja jakelujärjestelmien kunnossapidosta. Toimintaan kuuluvat myös liiketoimintoille tarjottavat kunnossapitotuotteet. [7.] HelenServicen asiantuntijat osallistuvat investointiprojekteissa laitosten asennuksiin, kunnossapitoon sekä elinkaariin liittyvään suunnitteluun yhdessä Lämmitysmarkkinoiden asiantuntijoiden kanssa.

2.4 ICT-palvelut

ICT-palvelut kuuluvat Helsingin Energia erillisliiketoimintoihin vastaten tuotantokriittisten järjestelmien tietoturvallisen prosessiverkkoympäristön ylläpidosta ja kehityksestä [8]. ICT-palveluiden asiantuntijat vastaavat Lämmitysmarkkinoiden investointiprojekteissa SCADA-järjestelmän (Supervisory Control and Data Acquisition) sekä sen ala-asemien

välisen tiedonsiirtoverkkojen sekä näihin liittyvän tietoturvan suunnittelusta ja toteutuksesta yhdessä Lämmitysmarkkinoiden asiantuntijoiden kanssa.

3 Tuotantolaitosten automaatio

Tässä luvussa käydään yleisellä tasolla läpi automaatiojärjestelmien keskeisiä piirteitä ja ominaisuuksia, sekä niiden liittämistä toimintavarmasti ja tietoturvallisesti yrityksen tietoverkkoihin. Luvussa keskitytään pääasiassa Lämmitysmarkkinoiden järjestelmäympäristössä käytössä olevia järjestelmiä vastaaviin kokonaisuuksiin ja malleihin. Tämän luvun on tarkoitus ilmentää projektin lopputuloksena saatavia järjestelmiä ja niiden toimintaympäristöä.

3.1 Teollisuusautomaatio

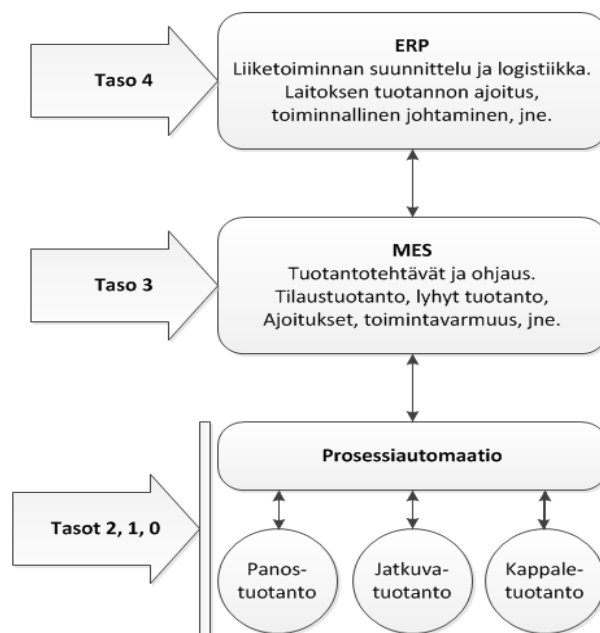
Käsitteenä automaatio yhdistetään usein ainoastaan teolliseen tuotantoon, koska ensimmäiset automaatoratkaisut liittyivät juuri teollisuuteen. Nykyään automaatio ulottuu jo kaikille inhimillisen toiminnan alueille. Tässä yhteydessä automaatiolla tarkoitetaan ohjaus- sekä säätötekniikan käyttämistä erilaisten tapahtumien ja toimintojen hallintaan. Sen perimmäisenä tavoitteena voidaan pitää ihmisen auttamista prosessin ohjausta vaativissa tehtävissä sekä pyrkiä automaattisten menetelmien avulla analysoimaan ja ohjaamaan toimintaa tai prosessia tuotantotekijöiden optimaaliseen hyödyntämiseen. [9, s. 22.]

Teollisuusautomaation liiketoiminnan arvo maailmanlaajuisesti oli noin 58 miljardia euroa vuonna 2007 ja pelkästään Euroopassa sen osuus oli 24 miljardia euroa. Automaatioala edustaa myös Suomessa merkittävää liiketoimintaa, ja Suomea voidaankin pitää yhtenä automaation edelläkävijämaista. Laajassa mittakaavassa automaatiolla voidaan katsoa olevan merkittävä rooli lähes kaikessa teollisessa toiminnassa. Tästä syystä automaatioteknologia vaikuttaa olennaisesti myös liiketoiminnan kehittämiseen sekä uusien toiminnallisten innovaatioiden toteuttamiseen. [10, s. 10–11.]

Automaation osuus energian, aineen ja tiedon tuottamisessa, käsittelyssä sekä jakelussa on huomattava. Perinteisesti teollisessa tuotannossa automaatio on totuttu jakamaan tuotannon luonteen mukaan kolmeen sovellusalueeseen, joita ovat: [9, s. 22.]

- jatkuvan tuotannon automaatio (jatkuvat prosessit)
- panostuotannon automaatio
- kappaletavara-automaaatio.

Vaikka jako on perusteltua näiden sovellusalueiden hieman toisistaan poikkeavien automaatio-sovellusten takia, ovat nykyään näiden integraatiot entistä yleisempiä. Toisin sanoen nykyaikaisissa suurissa tuotantolaitoksissa esiintyy kaikkien edellä mainittujen sovellusalueiden prosesseja. [9, s. 22.] Nämä automaatio-sovellukset sijoittuvat automaation standardoidussa toiminnallisessa hierarkiassa tasolle 2. Standardin mukaiset tasot on nähtävissä kuvassa 4. Standardi määrittelee tasolle 1 laitoksen kenttäinstrumentoinnin, tasolle 2 automaatiojärjestelmän, tasolle 3 tuotannonohjauksen eli MES-järjestelmän (Manufacturing Execution System) ja tasolle 4 varsinaisen toiminnanohjauksen eli ERP-järjestelmän (Enterprise Resource Planning). [9, s. 25.]

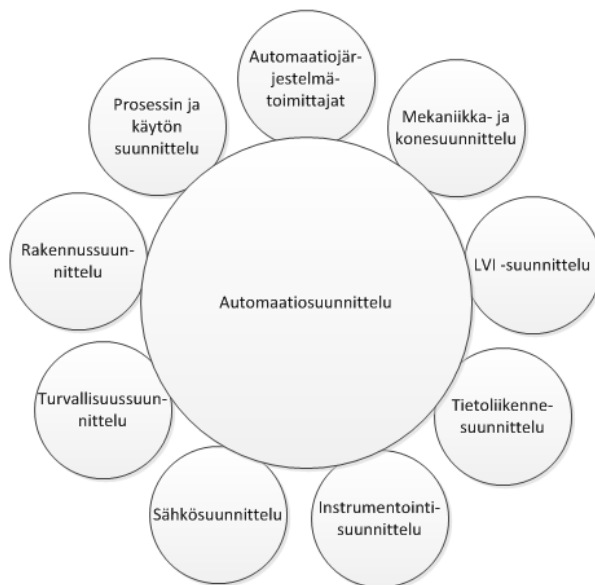


Kuva 4. Standardin IEC 62264 mukainen toiminnallinen hierarkia, mukailtu lähteestä [9, s. 185].

Prosessiteollisuudelta vaaditaan lähes poikkeuksetta mahdollisimman hyvää tuottavuutta, laatua, turvallisuutta sekä ympäristöystävällisyyttä. Kehittyvien prosessien mukanaan tuomat haasteet lisäävät prosessin mutkikkuutta vaatien automaatiolta entistä enemmän mukautuvuutta ja uuden tyyppisiä palveluita. Tämä kehitys ei olisi mahdollista ilman tietotekniikkaa, jonka johdosta automaatiosta on tullut keskeinen keino tuotantoon kohdistuvien vaatimusten täyttämiseksi. [11, s. 4.]

Yleinen ohjelmistotekniikka sekä standardoidut automaatiokäytännöt mahdollistavat ohjaustoimintojen hajauttamisen sekä erilaisten automaatiotuotteiden yhteistoiminnan. Nykyään automaatio hoitaakin jo perinteisen prosessinohjauksen lisäksi paljon niin sanotun ylemmän tason toimintoja ja tietämyksen hallintaa, kuten kuvasta 4 voidaan havaita. Tästä syystä automaatio voikin nykyään ulottua jo laitostasolta aina johtajan työpöydälle saakka. [11, s. 4.]

Tekniikan kehittyminen sekä sovellusten laajeneminen luovat haasteita automaatio suunnittelulle. Automaatio on laitostuotannon keskiössä ja sen asiantuntijoiden on kyettävä keskustelemaan eri sidosryhmien kanssa ja toimimaan näiden yhdistäjänä. Tämän lisäksi automaatio suunnittelussa vaaditaan tietämystä muun muassa johdon, tuotannon suunnittelun, laadunvalvonnan sekä kunnossapidon ja tietohallinnon asioista. [11, s. 4.] Voidaankin sanoa, että automaatioon liittyvä suunnittelu on useiden eri tekniikan alojen yhteistyötä, kuten kuvasta 5 voidaan havaita.



Kuva 5. Automaatio suunnittelun osapuolia, mukailtu lähteistä [11, s. 4; 12, s. 22; 13].

Kehityksen mukanaan tuomat vaatimukset edellyttävät automaatiolta systemaattisia lähestymistapoja, hyvää yhteistyötä, ammattitaitoa sekä tehokkaita työvälineitä. Sovellusten suunnittelulta ja käytettäviltä automaatiotuotteilta vaaditaan korkeaa laatua, varsinkin prosessiteollisuudessa. [11, s. 5.]

Termillä ”automaatiojärjestelmä” voidaan tarkoittaa useaa eri kokonaisuutta. Yleisesti ottaen se voidaan mieltää prosessinohjausjärjestelmäksi eli PCS-järjestelmäksi (Process Control System), joka koostuu automaatiolaitteista sekä ohjelmistoista. [11, s. 103.] Toisin sanoen se on kokonaisuus, joka on koottu yhdistelemällä ja räätälöimällä erinäisiä automaatiotuotteita [11, s. 219]. Automaatiojärjestelmällä on myös kaksi muuta merkitystä. Se voidaan mieltää erilliseksi automaatiotuotteeksi kuten esimerkiksi DCS-järjestelmäksi ja toisaalta myös tietylle tuotantolaitokselle asennetuksi sovellusohjelmistoksi. [11, s. 103.]

Ohjausjärjestelmät ja verkkorakenteet määrittelevät minkälainen järjestelmä on kyseessä. Näiden perusteella teollisuusautomaatiojärjestelmät voidaan karkeasti jakaa seuraavasti. [14, s. 53.]

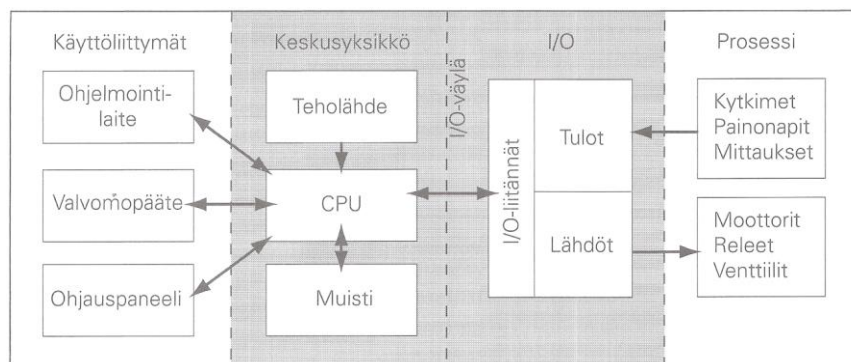
1. Ohjelmoitavat logiikkajärjestelmät eli PLC-järjestelmät (Programmable Logic Controller).
2. Hajautetut automaatiojärjestelmät eli DCS-järjestelmät (Distributed Control System).
3. Käytönvalvontajärjestelmät eli SCADA-järjestelmät (Supervisory Control and Data Acquisition).

Automaatiojärjestelmät koostuvat erilaisista automaatiolaitteista, joihin lukeutuvat muun muassa anturit, toimilaitteet, ohjaimet, käyttöliittymälaitteet sekä tiedonsiirtolaitteet. Käytännössä lähes kaikki edellä mainituista sisältävät nykyisin tietokoneita, jotka kytkeytyvät toisiinsa kiinteillä tai langattomilla tiedonsiirtoverkoilla. [15, s. 10.]

3.1.1 PLC-järjestelmät

PLC-järjestelmä (ohjelmoitava logiikka) on itsenäinen automaatiojärjestelmä, joka ohjaa tyypillisesti tuotantolaitoksen osaprosesseja. Ohjelmoitava logiikka hoitaa siihen liitettyjen prosessinosien ohjauksen prosessiiliyntyäyksiköiden sekä logiikkaan ladatun sovellusohjelmiston avulla. [16, s. 54.] PLC-järjestelmiä voidaan hyödyntää myös osana DCS- sekä SCADA -järjestelmiä. Näissä tapauksissa ohjelmoitavia logiikkajärjestelmiä käytetään laitostasolla usein ohjaamaan niin sanottuja alajärjestelmiä sekä erillisiä turvatoimintoja, kuten turvallisuuteen liittyviä järjestelmiä eli TLJ:tä. [14, s. 56.] DCS-järjestelmään liitetyn TLJ:n esimerkkitapaus on nähtävissä sivulla 52 (kuva 29).

PLC-järjestelmät koostuvat tyypillisesti modulaarisista laitteista, joita käytetään tuotantoprosessin ohjaukseen, tietoliikenteen hallintaan sekä paikalliseen käyttöliittymän eli HMI:n (Human Machine Interface) muodostamiseen [14, s. 56]. Ohjelmoitavan logiikan etuna voidaan pitää esimerkiksi sen nopeutta verrattuna DCS-järjestelmiin. PLC-järjestelmän vasteajat voivatkin olla parhaimmillaan mikrosekunteja toisin kuin DCS-järjestelmissä, joissa vasteajat saattavat nousta jopa kymmeneen tai satoihin millisekunteihin, joskus jopa sekunteihin. [16, s. 55.] Kuvassa 6 on esitetty tyypillinen PLC-järjestelmän periaatekuva.

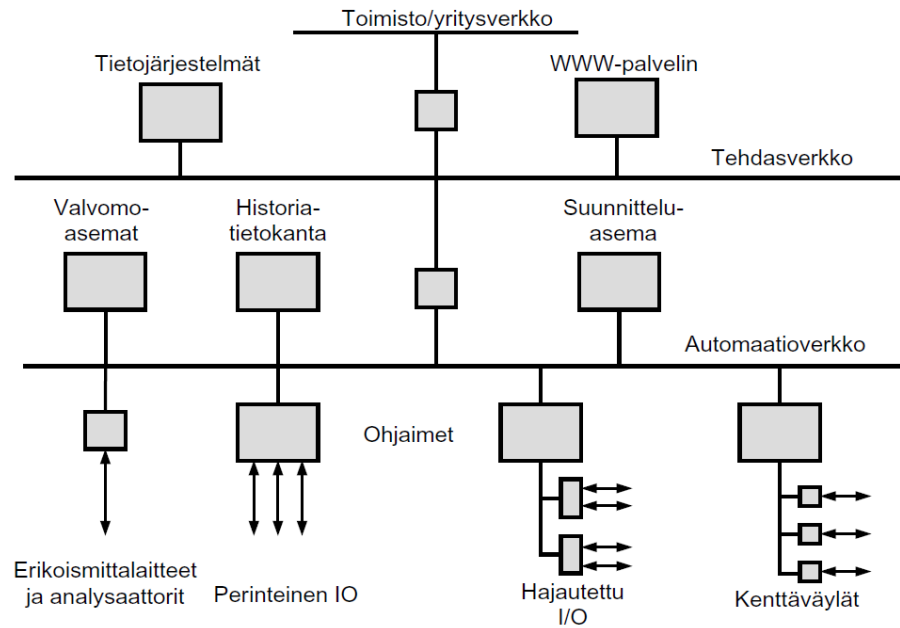


Kuva 6. PLC-järjestelmän periaatekuva [16, s. 56].

3.1.2 DCS-järjestelmät

Hajautettuja automaatiojärjestelmiä käytetään laajojen ja monimutkaisten prosessien ohjaukseen, joita ovat muun muassa voimalaitos-, kemian- sekä öljynjalostusprosessit. DCS-järjestelmä käsittää ohjaustason sekä yhden tai useamman hajautetun ohjausyksikön samassa tuotantolaitoksessa. Laajan DCS-järjestelmän periaate on nähtävissä kuvassa 7 [14, s. 53.]

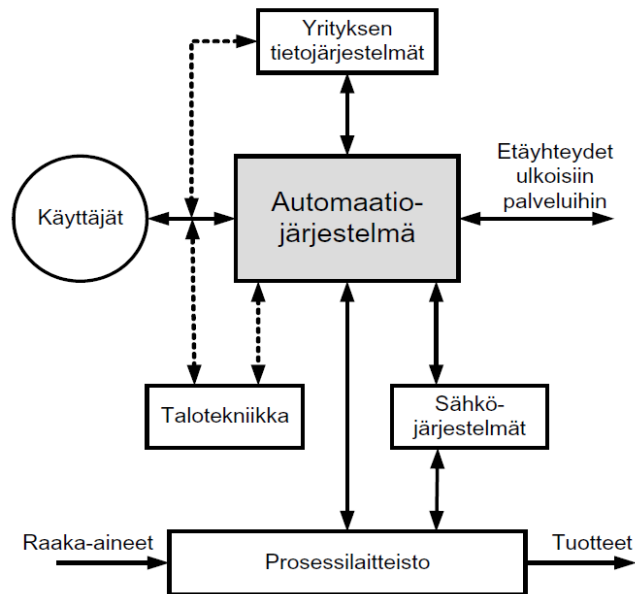
DCS-järjestelmän valvomosovellus toimii ohjauspalvelimessa ja kommunikoi järjestelmän hajautettuihin ohjausyksiköihin (esimerkiksi PLC) järjestelmän oman automaatioverkon välityksellä. Valvomoasemilta syötetyt prosessin ohjaukset ja asetusrvot välitetään ohjausyksiköille, jotka välittävät automaattisesti tietoja prosessin tilasta informatiivisessa muodossa takaisin valvomotasolle. Hajautetut ohjausyksiköt vaihtavat tietoja keskenään ohjaten samalla tuotantoprosessien toimintoja automaatiojärjestelmään ohjelmoidun automaatiosovelluksen mukaisesti. Järjestelmä saa prosessin tilasta vastetietoa järjestelmään sijoitettujen kenttäinstrumenttien (anturien) avulla. [14, s. 53.]



(Tommila et al. 2005).

Kuva 7. Automaatiojärjestelmän (DCS) periaatekuva [15, s. 11].

Automaatiojärjestelmä voi liittyä myös muihin tuotantolaitoksen osajärjestelmiin varsinaisen prosessinohjauksen lisäksi. Tuotantolaitoksessa usein muun muassa sähkö- sekä LVI -järjestelmät liittyvät olennaisena osana automaatiojärjestelmään, kuten kuvasta 8 voidaan havaita. Automaatiojärjestelmän eri osa-alueiden integraatiot vaativat yleensä, että ne liitetään käytönvalvontajärjestelmän lisäksi tehtaan sekä yrityksen tietojärjestelmiin kuten valmistuksen ohjaukseen eli MES-järjestelmään sekä toiminnanohjausjärjestelmään eli ERP-järjestelmään. [15, s. 10.]

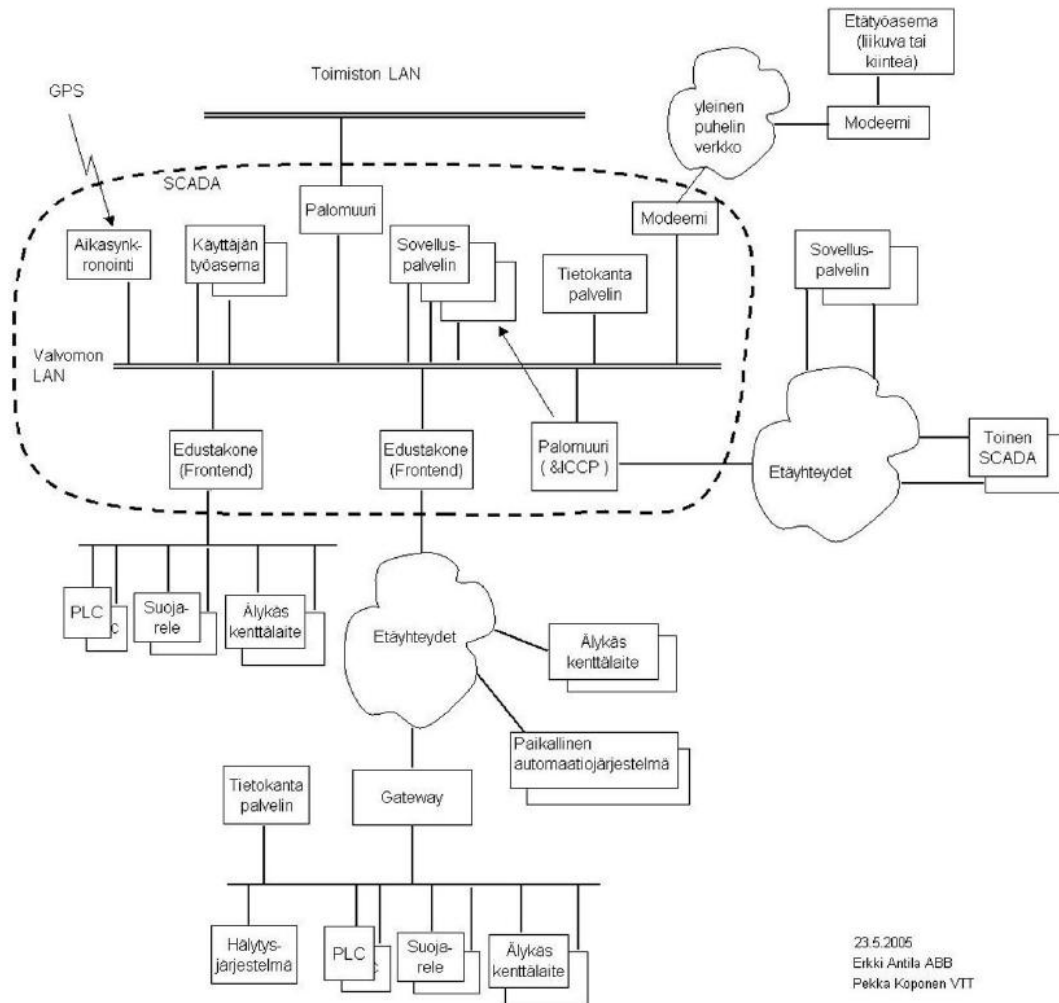


Kuva 8. Automaatiojärjestelmän tietovirtoja [15, s. 10].

Verrattaessa PLC- ja DCS -järjestelmiä keskenään, voidaan todeta, että DCS-järjestelmä ohjaa kokonaisen tuotantolaitoksen jatkuvatoimista tuotantoa, kun taas PLC-järjestelmä ohjaa yksittäisen, tavallisesti vaiheittain etenevän tuotantoprosessin toimintaa [16, s. 55]. Varmennettu PLC voi toimia myös DCS-järjestelmään liitettynä erillisenä turvajärjestelmänä [17].

3.1.3 SCADA-järjestelmät

Käytönvalvontajärjestelmiä (SCADA) käytetään toteutuskokonaisuuksissa, joissa on tarpeen hallita useita, mahdollisesti erilaisia, maantieteellisesti hajautettuja automaatiojärjestelmiä. Esimerkki hajautetusta käytönvalvontajärjestelmästä on nähtävissä kuvassa 9. SCADA-järjestelmä hankkii keskitetysti tietoja käyttäjän ohjaustoimintojen avuksi prosessiverkon automaatiojärjestelmistä sekä välittää käyttäjän näiden tietojen perusteella tekemät ohjauksen komennot automaatiojärjestelmille. Tyypillisiä käyttökohteita SCADA-järjestelmille ovat niin sanotut infrastruktuurijärjestelmät kuten esimerkiksi suuret energianjakeluverkot. [14, s. 54.]



Kuva 9. Hajautetun SCADA-järjestelmän periaatekuva [14, s. 55].

SCADA-järjestelmä sisältää tyypillisesti keskusvalvontayksikön eli CMS-yksikön (Central Monitoring System) sekä yhden tai useampia kaukokäytettäviä ala-aseimia eli RTU -aseimia (Remote Terminal Unit). RTU:t toimivat tiedonsiirron rajapintana kuvan 9 mukaisen SCADA-järjestelmän sekä ohjelmoitavien logiikoiden tai paikallisautomaatioiden välillä. Käytönvalvontajärjestelmän keskitetty ohjausjärjestelmä sijaitsee ohjauspalvelimessa, jonka kommunikaatio reititetään tyypillisesti oman suojatun aliverkon (prosessiverkon) kautta. Käytönvalvontajärjestelmä kerää ja käsittelee ala-aseimilta saadut tiedot ja tuottaa tarvittavan informaation järjestelmän automaattisia tai manuaalisia ohjaustoimenpiteitä varten. [14, s. 56.]

3.1.4 MES-järjestelmät

Yrityksen MES-järjestelmät edustavat tuotannon ohjauksen järjestelmiä. Standardin mukaan ne kuuluvat kuvassa 4 (sivu 7) nähtävissä olevalle toiminnallisen hierarkian tasolle 3. MES-taso on syntynyt käytännön tarpeista ERP-järjestelmien sekä automaatiojärjestelmien välille. Käytännössä ERP-tasolta tilaukset siirretään MES-tasolle, jossa tuotannon valmistusjärjestystä voidaan optimoida. MES-tasolta tilaukset tai ohjeet siirretään automaatiojärjestelmiin siinä muodossa, kun automaatio niitä tarvitsee. Automaatiojärjestelmät tavallisesti keräävät puolestaan takaisin tietoa tuotantomääristä, ajoarvoista, raaka-aineista ja energian kulutuksesta. Osa näitä tiedoista käytetään hyväksi ja raportoidaan MES-tasolla ja osa välitetään suoraan ERP-tasolle, jossa seurataan koko yrityksen tulosta. [9, s. 25.]

3.1.5 ERP-järjestelmät

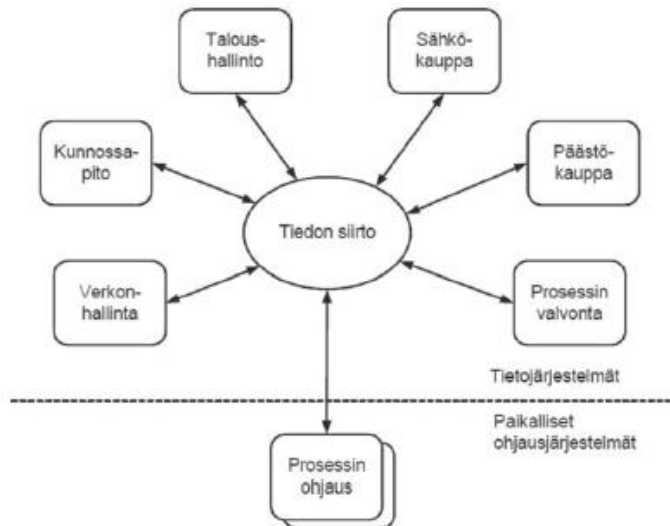
Yrityksen ERP-järjestelmät edustavat toiminnan ohjauksen järjestelmiä. Standardin mukaan ne kuuluvat kuvassa 4 (sivu 7) nähtävissä olevalle toiminnallisen hierarkian tasolle 4. ERP-taso on syntynyt tietotekniikan kehityksen vanavedessä, kun yrityksissä on syntynyt tarve yhdistää yrityksen eri ohjelmistoja toisiinsa. Tässä järjestelmässä yhtyvät lain-säädännön sekä kirjanpidon tarpeista syntyneet taloushallinnon ohjelmistot ja tuotannonohjausohjelmat. Tätä varten teollisuusautomaation ja yrityksen muiden tietojärjestelmien välille tarvitaan tiedonsiirtoyhteydet. [9, s. 25.]

Edellä mainitut MES- sekä ERP-järjestelmät ovat käytännössä enimmäkseen rekisteröiviä, tapahtumaohjattuja ohjelmistoja, joissa suunnittelun liikkumavara on hyvin rajallista. Tämän vuoksi on olemassa erillisiä ohjelmia sekä ERP- ja MES -ohjelmistoihin lisättäviä ohjelmistomoduuleita, joiden avulla voidaan simuloida ja mallintaa tuotantoa sekä laskea erilaisten tuotantotilanteiden ominaisuuksia ja vaihtoehtoja, joita voidaan hyödyntää myöhemmin esimerkiksi tuotannon optimoinnissa. [9, s. 25–26.]

3.2 Automaatiojärjestelmien tietoliikenneverkkojen rakenne

Perinteisesti automaatioon liittyvät tiedonsiirtoverkot ovat olleet fyysisesti eristettyjä verkkoja, jotka ovat perustuneet täysin niihin soveltuviin laitteisiin ja tiedonsiirtovälineisiin [14, s. 58]. Nykyään automaatioverkko voi integroitua osaksi yrityksen tietoverkkoa, kuten

kuvista 8 (sivu 12) ja 10 voidaan havaita. Tällöin yritysten on luotava omat tietoturvaluokituksensa, joiden avulla varmistetaan sisäinen tietoturva ja sen perusperiaatteet. [14, s. 68.]

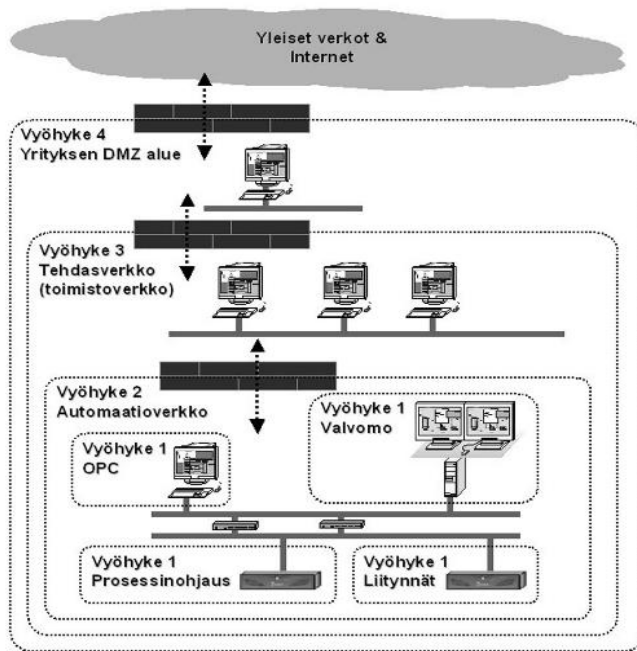


Kuva 10. Automaatiojärjestelmä osana yrityksen tietoverkkoa [10, s. 45].

Järjestelmien vaatima korkea käytettävyyden ja turvallisuuden taso asettaa suuret vaatimukset automaatio- ja informaatiojärjestelmille ja erityisesti niiden: [14, s. 68–69]

- verkkoarkkitehtuurille
- verkon suunnittelulle
- tietoturvaohjelmistojen käytölle
- tietoturvaparannusten määrittelylle ja toteutukselle sekä
- tietoturpäivitysten hallinnalle.

Yksikään yksittäinen toimenpide tai ratkaisu ei takaa varmaa suojausta kaikkia erilaisia tietoturvaohjelmistojen käytölle vastaan. Kuvan 11 syvyysuuntainen suojaus (Defence-in-Depth) perustuu siihen, että useaan eri vyöhykkeeseen sijoitetuilla laitteilla (palomureilla) ja tietoturvatyökaluilla saadaan aikaan huomattavasti tehokkaampi suojaus kuin mitä olisi saatavissa ainoastaan yhden suojausratkaisun käytöllä. [14, s. 69–70.]



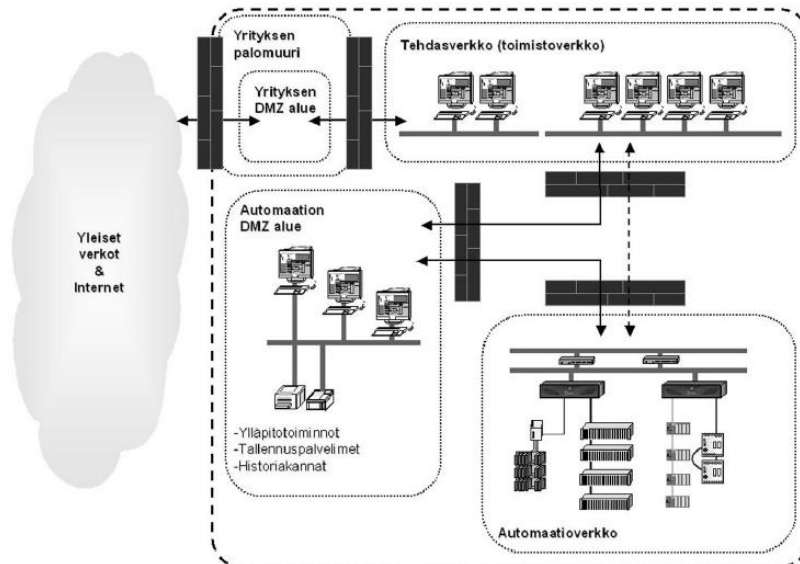
Kuva 11. Syvyysuuntaisen suojauksen verkkohierarkia [14, s. 69].

Automaatiojärjestelmien näkökulmasta kaikki yhteydet siihen ja siitä ulospäin tulkitaan potentiaalisiksi tietoturvariskeiksi. Käytännössä automaatiojärjestelmän kannalta toimistoverkkoa siinä missä muita automaatioverkkojakin pidetään potentiaalisesti yhtä epäluotettavana kuin Internet-verkkoa. Tämä ajattelumalli toimii myös toisin päin eli toimistoverkon kannalta automaatioverkko on tietoturvariski, koska automaatioverkon kautta voi tunkeutua toimistoverkkoon. Toimistoverkon ja automaatio- tai prosessiverkon tietoturvavastuut pidetään yleensä erillään, koska sama taho ei yleensä voi vastata molemmista. [14, s. 70.]

Automaatioverkot pyritään erottamaan yleensä tehokkaasti ja turvallisesti omaksi verkosegmentiksi. Segmentointi on ensiarvoisen tärkeää, koska sillä kyetään vähentämään automaatiojärjestelmiin kohdistuvia, muualla verkossa tapahtuvia häiriöitä, ja varmistamaan automaation häiriötön toiminta. Kun asianmukaisesti toteutetut suojaustoimenpiteet ovat molemminpuolisia, suojaavat ne myös muuta verkkoa automaatiojärjestelmistä tulevilta häiriöiltä. [14, s. 79.]

Verkkohierarkiaa voidaan edelleen kehittää turvallisemmaksi eriyttämällä automaatioverkot tehdasverkoista erillisellä välikerroksella eli eräänlaisella suoja-alueella, joka on suojattu sekä toimistoverkkoon että automaatioverkkoon palomureilla. Suoraa yhteyttä

toimistoverkosta automaatioverkkoon ei sallita. Tämä niin sanottu DMZ-malli (Demilitarized Zone) on yleinen yritysten ulkopuoliseen liikennöintiin käytetty malli (kuva 12). [14, s. 79.]



Kuva 12. DMZ-mallin mukainen verkkohierarkia [14, s. 80].

Liikenne toimistoverkon ja automaatioverkon välillä pyritään rajoittamaan mahdollisimman suppeaksi hyödyntäen ainoastaan kulloinkin tarvittavia protokollia ja portteja. Tähän tarkoitukseen käytetään yleensä verkon palomuurittamista peruseriaatteella ”kiellä kaikki, salli vain tarvittava”. Verkon suojaukseen tarkoitetut palomuurit soveltuvat käyttöön hyvin, mutta yksittäisten tietokoneiden omat ohjelmalliset palomuurit yleensä eivät automaatio-ohjelmistoissa käytettävien verkkoteknologioiden takia. [14, s. 81.]

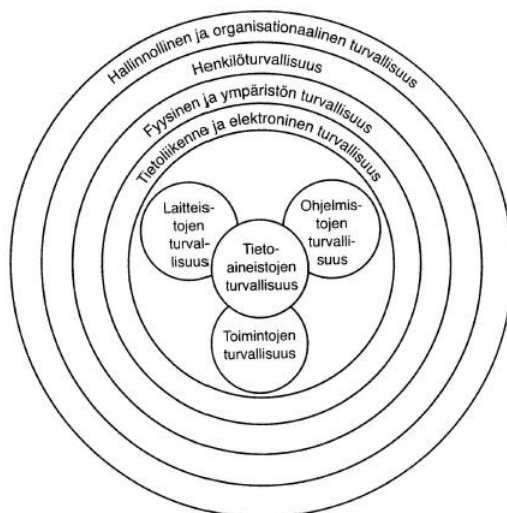
Automaatiojärjestelmien pitkä elinkaari aiheuttaa haasteita verkon suojaukselle, koska automaatiolta vaaditaan luotettavuutta sekä hyvää suorituskykyä koko elinkaaren ajan. Järjestelmät suunnitellaan rakennushetken laitteistoille ja ohjelmistoille, joista muodostuvan järjestelmäkokonaisuuden yhteensopivuuden järjestelmätoimittajat takaavat. Mahdollisten ohjelmisto- tai tietoturvapäivitysten takia tämä yhteensopivuus saatetaan menettää, minkä johdosta isoja päivityksiä tai muutoksia automaatiojärjestelmän elinkaaren aikana pyritään yleensä välttämään. Tästä syystä varsinaisen tiedonsiirtoverkon tietoturvallisuus on ensiarvoisen tärkeää automaatiojärjestelmien kannalta.

Verkon lisäturvaa voidaan kasvattaa ottamalla käyttöön hyökkäysten havaitsemisjärjestelmiä eli IDS-järjestelmiä (Intrusion Detection System) sekä hyökkäysten estojärjestelmiä eli IPS-järjestelmiä (Intrusion Prevention System), jotka integroituvat yleensä verkon ylläpitäjän järjestelmiin. Näiden liittämiseen varsinaiseen automaatioverkkoon tulee kuitenkin suhtautua varauksella niiden tietoliikennerajoituksia muuttavan automatiikan takia. [14, s. 81.]

3.3 Automaatiojärjestelmien tietoturva

Yleisesti ottaen tietoturvalla tavoitellaan tehokkaiden tiedon käsittelytapojen ja asianmukaisten perusturvallisuustasojen luomista. Näillä pyritään suojautumaan yhteiskunnan ja yritysten toimintaa uhkaavilta vahingoilta, joihin lukeutuvat esimerkiksi käyttäjävirheet, tahalliset vahingonteot, laitteistojen vikaantumiset ja ohjelmistovirheet. [14, s. 27.]

Yrityksen tietoturva rakentuu useista eri turvallisuustekijöistä. Nämä on esitetty kuvassa 13. Kuten kuvasta havaitaan, liittyvät kerrosten keskiöön jäävät asiat oleellisesti myös automaation osa-alueelle.



Kuva 13. Periaatekuva yrityksen tietoturvakerroksista [14, s. 27].

Samoin kuin toimistojärjestelmissä myös teollisuusautomaatiossa pääasiallisina haasteina ovat tietoturvan vaatima jatkuva ylläpito sekä muuttuvat tietoturvauhat. Tietoturvasioiden näkökulmasta on pyrittävä löytämään ensisijaisesti yhteinen näkemys automaation sekä yrityksen IT-organisaation (Information Technology) välille siitä, mikä on

tarvittava tietoturvan taso. Tämän takia on syytä ymmärtää toimistojärjestelmien sekä automaatiojärjestelmien eroavaisuudet. Näitä eroavaisuuksia ovat muun muassa seuraavat: [14, s. 60.]

- Automaatiojärjestelmät ovat käyttöön vakiintuneempia kuin toimistojärjestelmät.
- Automaatio-organisaatiossa tunnetaan laitteet paremmin ja niitä pidetään pidempään käytössä.
- Automaatiojärjestelmien sisältämä tieto ei ole yleensä salassa pidettävää
- Automaatiojärjestelmissä suoraa yhteyttä Internetiin ei yleensä tarvita.
- Automaatiojärjestelmien tietotekniset laitteet ovat hajautettuja eikä niitä yleensä käytetä muihin tarkoituksiin.
- Pääsyn hallinta on yleensä tarkasti järjestetty.
- Automaatiojärjestelmien toiminnallisuuden sekä henkilöstön valvonta on tiukempaa järjestelmän vaatimien ominaisuuksien takia, joita ovat muun muassa toiminnallisen turvallisuuden vaatimukset.
- Järjestelmissä ei välttämättä ole mahdollisuutta salaukseen, salasanasuojaukseen tai autentikoinnin virhelokeihin.
- Automaatiojärjestelmät ja niihin mahdollisesti liittyvät tosiaikajärjestelmät ovat resursseiltaan rajoittuneita eikä niissä voi välttämättä hyödyntää tyypillisiä tietoturvateknologioita.
- Tietojen eheys on erittäin tärkeää ohjausjärjestelmille.

Lisäksi on hyvä sisäistää teollisuusautomaation erityispiirteet suhteessa muuhun tietotekniikkaan. Näihin lukeutuvat esimerkiksi: [14, s. 56–63.]

- Automaatiojärjestelmillä tavoitellaan tavallisesti Ihmisen terveyden ja turvallisuuden varmistamista, laitteistojen ja tehdaslaitosten tuotannon ylläpitoa sekä näiden suojaamista vahingoilta ja laadunvarmistusta.
- Automaatiojärjestelmissä toiminnallisia yksiköitä on hajautettu ja niiden oikea toiminnallisuus on erityisen tärkeää.
- Tuotantoprosessit ovat usein jatkuvatoimisia, minkä takia odottamattomia seisokkeja halutaan välttää.
- Tuotanto tai tuote on merkittävämmässä asemassa kuin niihin liittyvä informaatio.

- Vaadittu korkea luotettavuuden ja ylläpidettävyyden taso vähentävät monien tietotekniikan menetelmien käyttömahdollisuuksia.
- Tuotantojärjestelmissä kaikki tietoturvatoinnot on testattava huolellisesti, koska niin sanotut ei-toivotut seuraukset voivat olla tuhoisia.
- Useat tuotantoprosessit ovat vasteaikakriittisiä. Tässä mielessä järjestelmään lisättävät tietoturvatoinnot eivät saa aiheuttaa liiallista viivettä prosessin ohjaukseen.
- Tuotantojärjestelmissä ohjelmistot ovat monimutkaisia ja niiden ylläpito vaatii erityisosaamista.
- Automaatiojärjestelmien protokollat ja tiedonsiirtotavat poikkeavat muusta tietotekniikasta.
- Automaatiojärjestelmien ohjelmistojen ja laitteiden päivitys on haasteellista, koska on tunnettava myös automaatiosovellus sekä järjestelmän toiminta sekä käytössä olevien ohjelmistojen väliset riippuvuussuhteet.

Kaikkia käytettävissä olevia tietoturvan parantamistoimenpiteitä ei välttämättä voida toteuttaa vaarantamatta automaatiojärjestelmän käytettävyyttä. Tämän takia käyttöönotettavien tietoturvaohjelmistojen soveltuvuus käyttökohteeseen on todennettava ennalta hyvin. Testaamattomien tietoturvapäivitysten tai ohjelmistojen asennus toiminnassa olevaan tuotantojärjestelmään on todella suuri käytettävyyseriski. Eritoten on huomioitava, että mikäli laitetta ei voida tehdä tietoturvalliseksi, on tämä otettava huomioon kyseisen laitteen käytössä. Myös puutteellinen tietoturva voi saada aikaan käytettävyyseriskin. Käytännössä perusongelma onkin arvioida parhaat toimenpiteet ja käytännöt, joilla käytettävyys varmistetaan samalla kun tietoturvariski minimoidaan. [14, s. 72.]

Automaatiojärjestelmän tietoturvaa voidaan kasvattaa myös ilman lisäohjelmistoja automaatioympäristön koventamisen (hardening) avulla. Tällä tarkoitetaan sellaisten järjestelmän perusominaisuuksien, ohjelmistojen, palvelujen sekä osuuksien poistoa tai vaihtoehtoisesti niiden käytön estämistä, jotka ovat automaatiojärjestelmän kannalta merkityksettömiä. Lähes jokaista järjestelmän osaa voidaan koventaa, mutta tämän vaatimat toimenpiteet riippuvat yksinomaan koventamisen kohteesta. [14, s. 73–74.]

4 Laatu

Tässä luvussa käydään yleisellä tasolla läpi laatua sen keskeisimpiä käsitteitä laadunhallinnan ja laadun kehittämisen näkökulmasta. Automaation laadun kehittäminen voi onnistua vain, jos laadunhallinnan peruseriaatteet ovat selvillä. Varsinaista automaation laatua käsitellään tarkemmin luvussa 5.

Laatu ei ole täysin yksiselitteinen käsite ja sille on usein löydettävissä erilaisia näkökulmia ja tulkintoja. On kuitenkin mielekästä hakea laadulle konkreettisia merkityksiä, joita löytyy muun muassa ISO 9000 laatujärjestelmästandardeista. Näitä ovat esimerkiksi seuraavat: [18, s. 18–19.]

- Laatua on niistä ominaisuuksista muodostuva kokonaisuus, joihin perustuu tuotteen (tai toiminnon/prosessin tai organisaation) kyky täyttää sille asetetut vaatimukset ja siihen kohdistuvat odotukset [18, s. 18–19].
- Laatu on mitattavissa olevaa virheettömyyttä ja suunnitteluvaatimusten täyttymistä [18, s. 19].

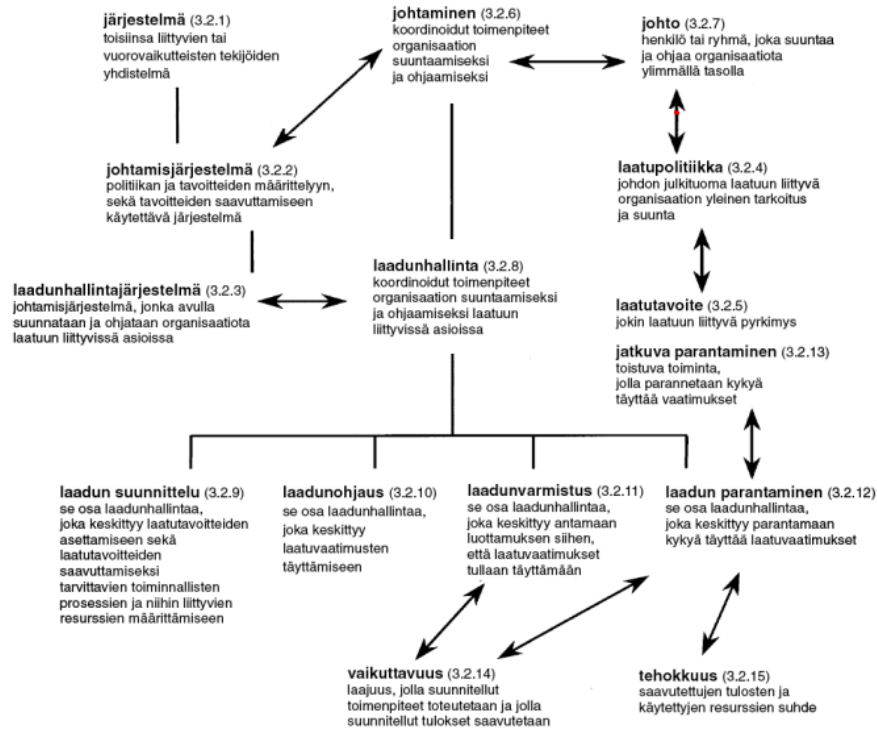
Laadulle voidaan antaa myös muita määritelmiä, joita on nähtävissä kuvassa 14.

Määrittelijä	Määritelmä
Suomen kielen perussanakirja	Se mikä on jollekin ominaista, jonkin ominaisuudet, luonne, olemus, kvaliteetti.
Webster's New 20th Century Dictionary	Superiority, excellence, that which belongs to something and makes or helps to make it what it is.
Oxford dictionary	Erinomaisuuden aste.
ISO	Se, missä määrin luontaiset ominaisuudet täyttävät vaatimukset.
Deming	Asiakkaalle tärkein tuote.
Crosby	Täyttää vaatimukset.
Ishikawa	Asiakastytyväisyys.
Wesselius	Laatu = objektiivisesti arvioitavissa oleva komponentti + subjektiivisesti arvioitavissa oleva komponentti + kokonaan arvioimattomissa oleva komponentti.
PIMS-tietokanta	Laatu: hintaa lukuun ottamatta kaikki muut ostopäätökseen vaikuttavat attribuutit.
Kauppamiehen aksioma	Asiakastytyväisyys on tärkeintä. Tyytyväiset asiakkaat ostavat uudestaan ja kertovat muillekin hyvästä tuotteesta. Hyvä tuote tarkoittaa parempaa kuin kilpailijoilla.

Kuva 14. Laadun määritelmiä [19, s. 193].

Laatua voidaan tarkastella toiminnan laadun sekä tuotteen laadun kannalta. Toiminnan laatu on erityisen tärkeää, koska lopputuotteen laatuun voidaan parhaiten vaikuttaa juuri toiminnan laadun avulla. Toiminnan hyvä laatu tarkoittaa käytännössä juuri lopputuotteen laatuun positiivisesti vaikuttavia toimintatapoja. [19, s. 48.]

Kuvassa 15 on nähtävissä laatuun oleellisesti liittyviä käsitteitä ja niiden kuvauksia ISO 9000 standardisarjan mukaisesti.



Kuva 15. Laadun keskeisiä käsitteitä, mukailtu lähteestä [20].

Laadukas toiminta vaatii huolellista pohdintaa oman toiminnan tarkoituksesta ja luonteesta. Laadun soveltamisen suurin ongelma onkin juuri edellä mainittujen asioiden puute, mikä aiheuttaa lopulta vain hälyä ja hosumista. Toisin sanoen, tämä on seurausta selkeän laatufilosofian puuttumisesta joko osittain tai kokonaan. Laadukkaita toimintamalleja tarvitaan erityisesti asiantuntijatehtävissä sekä kaikissa prosesseissa, joiden toteuttamiseen liittyy kahta useampi henkilö ja joissa lopputulos on räätälöity asiakaskohtaisen tiedon avulla [21, s. 5–6].

Yhteisenä piirteenä laadukkaassa toiminnassa epäonnistumiselle voidaan pitää lähes poikkeuksetta sitä, että epäonnistumiset äärimmäisen harvoin johtuvat teknisistä ongelmista. Suurimman osan voidaan katsoa johtuvan enemmänkin inhimillisistä projektityökentelyyn liittyvistä hankaluuksista. [19, s. 56.]

4.1 Laatu politiikka ja laatu tavoitteet

Yrityksillä on usein ISO-standardin mukaan määritelty laatu politiikka (quality policy), jonka sisällön ISO-standardit määrittelevät seuraavasti: *”Johdon julkituoma laatuun liittyvä organisaation yleinen tarkoitus ja suunta”*. Edellä mainittua täsmennetään vielä seuraavasti: *”Laatupolitiikka muodostaa puitteet laatu tavoitteiden asettamiselle”*. Laatu politiikka määrittää toisin sanoen yrityksen toiminnan tavoitteen eli toimintapolitiikan siitä, kuinka laatu asioihin suhtaudutaan ja mitkä asiat ovat tärkeitä yritykselle. Tätä tavoitetta kohti pyritään yrityksen laatu järjestelmän avulla. [19, s. 199.]

Laatu tavoitteista (quality objectives) standardissa mainitaan seuraavasti: *”Jokin laatuun liittyvä pyrkimys, joka perustuu yleensä laatu politiikkaan”*. Yrityksen johto asettaa siis laatu politiikkaan liittyviä laatu tavoitteita sekä käynnistää laadun kehityshankkeita saavuttaakseen tavoitteensa. [19, s. 199.]

Yritystoiminnan aikaansaama kokonaislaatu muodostuu kuvasta 16 nähtävistä osakokonaisuuksista. Laatu ei synny, mikäli yrityksestä ei löydy kuvan keskiössä mainittuja osaamisen osa-alueita. Tästä johtuen keskiössä mainittujen asioiden merkitys kokonaislaadun tuottajana on suurin. [21, s. 7.]



Kuva 16. Laadun rakentuminen, mukailtu lähteestä [21, s. 7].

4.2 Laatufilosofia

Laatufilosofiassa käsitteellisten työkalujen sekä havaintojen avulla määritetään laatu ja sen elementit erityisten tavara-, palvelu-, ja tietotuotteiden tai näiden yhdistelmien eli toimitteiden kohdalla erityisissä markkinatilanteissa sekä olosuhteissa. Laatufilosofia on systemaattista ajatustyötä, jonka analyysin ja pohdinnan tuloksena syntyy seuraavia asiakokonaisuuksia: [21, s. 6.]

- toimitteen määritelmä
- toimitteen laadun määritelmä eri kriteereiden mukaan eriteltynä
- laadun mittaamisen tai arvioimisen menettelytapa
- laadun ohjausperiaatteiden täsmennys eli käsitys siitä, mistä saadaan se tieto, jonka mukaan jokin on hyvä tai huono
- laatutavoitteet.

Toisin sanoen laatufilosofialla määritellään ilmiön laatuominaisuudet ja niiden mittaus tai arviointitavat. Laatutason nykytilaa analysoitaessa, ongelmien ratkaisemisessa ja tavoitteisiin pääsemisessä voidaan hyödyntää laatutekniikan menetelmiä. Nämä käsittävät välineitä ja toimintamalleja, joiden avulla laatutyötä käytännössä tehdään. [23, s. 6.]

4.3 Laatutekniikka

Laatutekniikka käsittää menetelmiä nykytilan ja tähän liittyvän virhevaihtelun analysoimiseksi [21, s. 7]. Laatutekniikkaan voidaan katsoa kuuluvan neljä eri asiakokonaisuutta [21, s. 125].

1. Laatutekniikkaan kuuluvat ne menetelmät, joilla toimitteen laatua pyritään parantamaan. Tämä toteutetaan poistamalla virheiden aiheuttajia ja suunnittelemalla prosesseja sellaisiksi, ettei virheitä pääse syntymään.
2. Laatutekniikkaan kuuluu tuotokeskeisen laadun yleisten tekijöiden kehittämisen menetelmiä ja suunnittelun työkaluja. Laadun yleisinä tekijöinä voidaan pitää kestävyyttä, luotettavuutta sekä käyttövarmuutta.

3. Laatutekniikkaan kuuluu oleellisesti asiakastarpeiden täsmällinen tunnistaminen, määrittely ja mittaus sekä näiden ”kääntäminen” toimitteiden ominaisuuksiksi.
4. Laatutekniikkaan voidaan katsoa kuuluvan toimitteiden ympäristövaikutusten tai tahattomien haittojen ymmärtämiseen tähtäävä systeemianalyysi.

Edellä mainitut laatutekniikat ovat yleiskäyttöisiä eli niitä voidaan soveltaa kaikenlaisten toimitteiden laadun kehittämiseen. Näiden painopiste on diagnoosissa eli laatuongelmien tulkinnassa. Kun laatuongelman luonne ja syy on selvillä, voidaan siihen kohdistaa korjaava toimenpide. Tämä toimenpide on kuitenkin voimakkaasti riippuvainen kulloinkin kyseessä olevasta toimitteesta, prosessista ja ympäristöstä eli toisin sanoen se vaatii osaamista ja paikallistuntemusta. [21, s. 125.]

Laatutekniikka ei kuitenkaan itsessään riitä aikaansaamaan hyvää laatua. Laadun aikaansaamisessa tarvitaan oleellisesti myös laadun johtamista. [21, s. 126.] Toisin sanoen laatutekniikojen soveltamisessa, käyttöönotossa ja koko laatutyön suunnittelemisessa, johtamisessa sekä inhimillisten voimavarojen kehittämisessä voidaan käyttää apuna laadun johtamisen toimintatapoja ja periaatteita. [21, s. 6.]

4.4 Laatujohtaminen

Laatujohtamisella tarkoitetaan niitä menetelmiä, joiden avulla edellä mainitut laatutekniikat saadaan levitettyksi, omaksutuksi ja hyödynnetyiksi parhaimmalla mahdollisella tavalla organisaation tavoitteiden toteutumiseksi. Laatujohtamisen avulla pyritään varmistamaan siitä, että käytössä on kulloinkin parhaat menettelytavat ja niitä noudatetaan ja kehitetään jatkuvasti. [21, s. 126.]

Laatujohtamisen avulla laatutavoitteet määritellään, asetetaan ja korjataan organisaation kokonaisstrategian mukaiseksi. Laatujohtaminen on siis laatutekniikan ja organisaation johtamisen yhdistelmä eli tapa, jolla organisaatio saadaan tuottamaan laatua. Se ei ole mitä tahansa johtamista, vaan nimenomaisesti laadun aikaansaamiseen tähtäävä johtamisen alalaji. [21, s. 126.]

4.5 Laadunhallintajärjestelmä

Laatujärjestelmä käsitteenä on ISO 9000-standardissa vaihdettu 2000-luvun alussa laadunhallintajärjestelmäksi (quality management system), vaikkakin vanhaa käsitettä käytetään edelleen yleisesti. Laadunhallintajärjestelmä määritellään standardissa seuraavasti: [19, s. 197.]

Johtamisjärjestelmä, jonka avulla suunnataan ja ohjataan organisaatiota laatuun liittyvissä asioissa [19, s. 197].

Laadunhallintajärjestelmä tarkoittaa laadun aikaansaamiseksi käytössä olevia organisaation osia, vastuunjakoja, proseduureja, prosesseja sekä resursseja, joilla pyritään johdon määrittelemiin laatutavoitteisiin [21, s. 132; 19, s. 197]. Sen pääasiallisena tavoitteena on taata, että prosessi tuottaa suunniteltua laatutasoa aikataulun ja budjetin mukaisesti. Laatujärjestelmä kuvataan yleisesti yrityksen laatukäsikirjassa sekä siihen oleellisesti liittyvissä muissa ohjeistuksissa. [19, s. 48.]

Hyvällä laadunhallintajärjestelmällä voidaan katsoa olevan seuraavia ominaisuuksia: [21, s. 134]

- Prosessit on dokumentoitu ja niissä todetaan asiakkaan tarpeiden vähimmäisvaatimukset.
- Ihmiset koulutetaan soveltamaan laatujärjestelmää niin, että he sisäistävät kuvatut prosessit ja niihin liittyvät käytännöt.
- On olemassa tapa todeta ja varmistaa, että laatujärjestelmä toimii ja että sitä käytetään oikein.
- On olemassa tapa kehittää laatujärjestelmää paremmaksi.

Näiden lisäksi hyvässä laadunhallintajärjestelmässä ISO 9001 standardin mukaan tulisi olla kattavasti kuvattuna vähintään seuraavat asiat: [20]

- suunnittelun ja kehittämisen vaiheet
- suunnittelun ja kehittämisen lähtötiedot
- suunnittelun ja kehittämisen tulokset
- suunnittelun ja kehittämisen katselmukset
- suunnittelun ja kehittämisen todentaminen
- suunnittelun ja kehittämisen kelpuus

- suunnittelun ja kehittämisen muutosten ohjaus.

Laadunhallintajärjestelmän kehittäminen on toimintaa, jossa toimintamalleja muutetaan tavalla, joka vaikuttaa positiivisesti tuotteiden ominaisuuksiin sekä projektien toimintaan. Kehitystyö aiheuttaa aina muutoksia toiminnassa ja varsinainen onnistumisen mittari onkin juuri se, kuinka hyvin nämä suunnittelutyön tulokset ja niistä johdetut muutokset saadaan käytäntöön luoden samalla niin sanotun muutoksen ilmapiirin. [19, s. 209.] Kehittämällä pyritään siihen, että organisaation keskeisten toimien ja prosessien parhaaksi koetut suoritustavat ja -tekniikat standardoidaan, kuvataan systemaattisesti ja toimitaan niiden mukaan [21, s. 132].

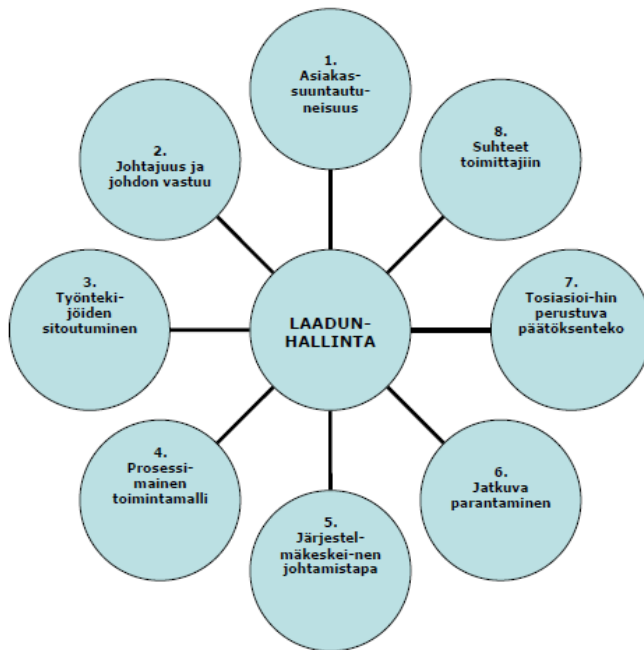
Kehittäminen aloitetaan kattavalla nykytilanteen kartoituksella, jonka pyrkimyksenä on selvittää toiminnan ja käytäntöjen pahimmat puutteet ja suurimmat vahvuudet. Ei ole suotavaa lähteä muuttamaan kaikkea kerralla, mikäli toiminta on pysynyt pystyssä tähänkin asti. Tästä syystä voidaan olettaa, että nykyinen toimintamalli sisältää monia käytökelpoisia ja toimivia osa-alueita. Kun kehityskohteet on löydetty, pyritään ne priorisoimaan ja näiden pohjalta lähdetään toimintaa muuttamaan pienin askelin. Näiden muutosten vaikutusta tulisi kokeilla käytännössä esimerkiksi pilottiprojektissa. [19, s. 209.]

Usein laadunhallintajärjestelmän kehityshankkeet hiipuvat enneaikaisesti innostuneen alun jälkeen. Tämä johtuu pääasiallisesti johdon tuen ja yleisen sitoutumisen puuttumisesta, liian isojen muutosten yrittäminen kerralla tai puutteista kehityshankkeen koulutuksessa ja tiedottamisessa sekä muutosten vaatima työaika. Näiden lisäksi usein törmätään ongelmaan, jossa toiminnan haasteita ja kehittämisen tarjoamia mahdollisuuksia ei kyetä perustelemaan tarpeeksi vakuuttavasti. Tällöin laadunhallintajärjestelmä ei ole niin hyvä, että laatuongelmat tai poikkeamat voitaisiin osoittaa esimerkiksi mittaamalla tai muulla tavoin osoittamalla. [19, s. 209.]

Paras todennäköisyys onnistua laadunhallintajärjestelmän kehittämisessä on johdon selkeä sitoutuminen ja sen osoittaminen esim. riittävällä resursoinnilla ja myös johdon omien toimintatapojen alistamisella muutosprosessiin. Onnistuneeseen hankkeeseen tulee liittää myös seurantamekanismi, jolla voidaan varmistaa muutoksen pysyvyyden ja jatkokehityksen. Tässä yhteydessä on kuitenkin syytä huomioida, että laadunparannushankkeet eivät aina paranna yrityksen tai toiminnan laatutasoa. Ja vaikka parantaisikin, niihin uhratut kustannukset saattavat ylittää niistä saadun hyödyn. [19, s. 209–210.]

4.6 Laadunhallinta

Organisaatiot tarvitsevat poikkeuksetta toimintaansa laadunhallintaa (quality management), joka käsittää suorituskyvyn ja prosessien jatkuvan ylläpidon ja kehittämisen yhdessä sidosryhmien vaatimukset huomioiden. Lisäksi laadunhallinnassa on oleellista laadun dokumentointi, asiakirjojen hallinta ja raportointi. Näiden avulla voidaan sekä itselle, että muille osoittaa laadunhallinnan tila yrityksessä ja toiminnassa. Laadunhallinta voidaan katsoa koostuvan useasta eri vaiheesta, joiden pääkohdat on nähtävissä kuvassa 17. [22, s. 4.]



Kuva 17. Standardin ISO 9001 mukaiset laadunhallinnan vaiheet [22, s. 5].

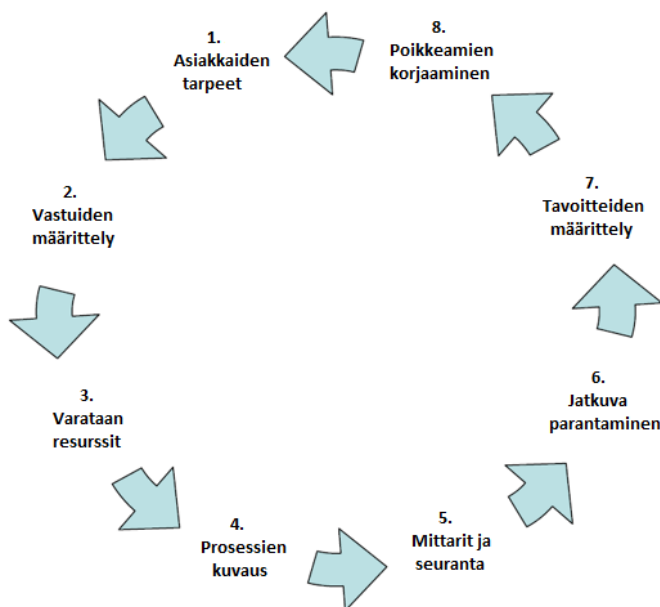
Laadunhallinnalla pyritään parempaan toimintaan, jonka avulla on saatavissa tyytyväisempiä asiakkaita, tyytyväisempiä työntekijöitä sekä taloudellisempaa, tehokkaampaa, kannattavampaa toimintaa ja vähemmän riskejä [20]. Laadunhallintaan kuuluvat sekä laadunohjaus (quality control) että laadunvarmistus (quality assurance), joiden lisäksi oleellisesti myös laadun suunnittelu (quality planning) sekä laadun parantaminen (quality improvement). [19, s. 197.]

4.6.1 Laadunohjaus

Mittarit ja arvioinnit ovat työkaluja, joilla laatutyötä kyetään ohjaamaan. Laadun varmistaminen ja kehittäminen vaatii useiden eri asioiden osa-alueiden käsittelyä. Aluksi täytyy olla selkeä tieto tavoitteista eli siitä ominaisuuksien kokonaisuudesta, jolla voidaan määrittää onko jokin asia hyvä vai huono. Toiseksi täytyy olla kattava käsitys nykytilasta eli siitä, kuinka lähellä tai kaukana halutuista tavoitteista ollaan ja mihin suuntaan ollaan menossa. Edellä mainittujen lisäksi täytyy olla tieto käytettävissä olevista menetelmistä, eli siitä, kuinka erilaiset toimet vaikuttavat haluttujen tavoitteiden saavuttamiseen ja mikä on menetelmän sen tuloksen välinen suhde. [21, s. 41.]

Laadunohjauksella (quality control) ISO 9000-standardien mukaan tarkoitetaan nimenomaisesti niiden tekniikoiden ja toimintojen joukkoa, joita hyväksikäyttämällä pyritään täyttämään laatuvaatimukset [19, s. 197].

Kuvasta 18 nähtävän laadunohjauksen voidaan katsoa olevan säätöprosessi, jossa palautetiedon avulla pidetään laadunprosessi hallinnassa. Se sisältää todellisen laadun mittaamisen, vertaamisen vaatimustasoon ja mahdollisen poikkeamien aiheuttamien korjaustoimenpiteiden aloittamisen. [23, s. 29.]

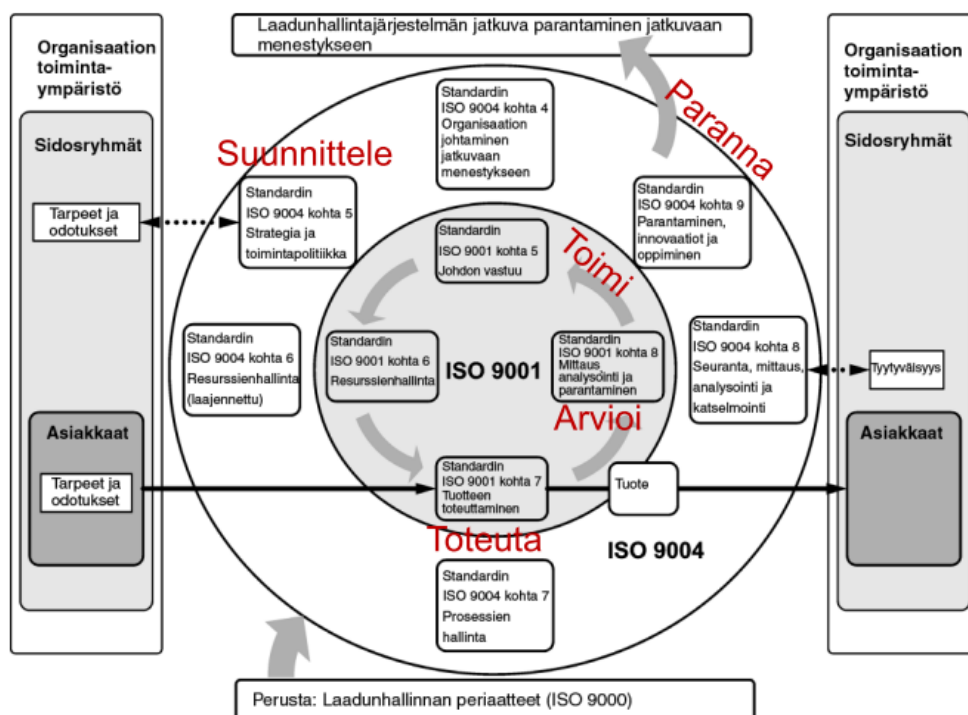


Kuva 18. Laadunohjauksen vaiheita [22, s. 4].

Yksi tunnetuimmista jatkuvaan laadunohjaukseen liittyvistä menettelymalleista on W. Edwards Demingin luoma Demingin ympyrä, joka on nähtävissä kuvassa 19. [18, s. 82] Laatuteknisessä kirjallisuudessa se tunnetaan paremmin nimellä PDCA -ympyrä (Plan, Do, Check, Act), eli suunnittele, kokeile, tarkista ja toteuta. Laatutekniikan yleispätevät periaatteet liittyvät siis oleellisesti kokeelliseen metodiin ja parhaiden metodien standardointiin. [21, s. 126.] PDCA-menettelyn perustana on laatutietoisuus sekä tuloksena laatuvaatimusten täytyminen. Tätä menetelmää voidaan soveltaa kaikissa prosesseissa. [20] PDCA-ympyrän periaatteen soveltaminen ISO 9000-standarditasolla on nähtävissä kuvassa 20.



Kuva 19. PDCA-ympyrä [20].



Kuva 20. Prosesseihin perustuvan laadunhallintajärjestelmän laajennettu malli [20].

4.6.2 Laadunvarmistus

Laadunvarmistus (quality assurance) käsittää sellaisia suunniteltuja sekä järjestelmällisiä laadunhallintajärjestelmän toimintoja, joiden avulla pyritään aikaansaamaan asiakkaiden sekä viranomaisten luottamus siitä, että halutut laatuvaatimukset on saavutettu. Sen katsotaan sisältävän myös ne menetelmät, joiden avulla edellä mainitut asiat voidaan tarvittaessa todeta. [20; 19, s. 197.]

Jotta laadusta voidaan varmistua, tulee laatua voida mitata tai arvioida. Mittauksella tarkoitetaan yleisesti ottaen sitä, että on olemassa jokin mittalaite tai -menetelmä, joka antaa numeerisen tai muun vastaavan lukeman automaattisella, toistettavissa olevalla tavalla. Arviointi perustuu puolestaan arvioivan henkilön osittain subjektiiviseen näkemykseen arvion kohteesta. Laadun todentaminen voi olla myös molempien yhdistelmä. [21, s. 24–25.]

4.6.3 Laadun suunnittelu

Laadun suunnittelu (quality planning) on osa laadunhallintaa, joka keskittyy oleellisesti laatutavoitteiden asettamiseen sekä tähän tarvittavien toiminnallisten prosessien ja niihin liittyvien resurssien määrittämiseen. Laatusuunnitelmien laatimien voidaan jo itsessään tulkita osaksi laadun suunnittelua. Laatusuunnitelmalla tarkoitetaan asiakirjaa, jossa kuvataan tiettyä tuotetta, projektia tai sopimusta koskevat laadunhallintajärjestelmän prosessit sekä niille osoitettavat resurssit. [20.]

4.6.4 Laadun parantaminen

Laadun parantaminen (quality improvement) on organisaation laajuista toimintaa, jonka avulla pyritään toimintojen ja prosessien tehostamiseen niin, että koko organisaation sekä sen asiakkaiden niistä saama hyöty lisääntyisi [20]. Se riippuu oleellisesti henkilöiden kyvyistä ja mahdollisuuksista tunnistaa ja ratkaista yrityksessä olevia ongelmia [23, s. 50]. Laadun parantaminen keskittyy pääasiassa niihin menetelmiin, joiden avulla pystytään parantamaan kykyä täyttää tavoitellut laatuvaatimukset [20].

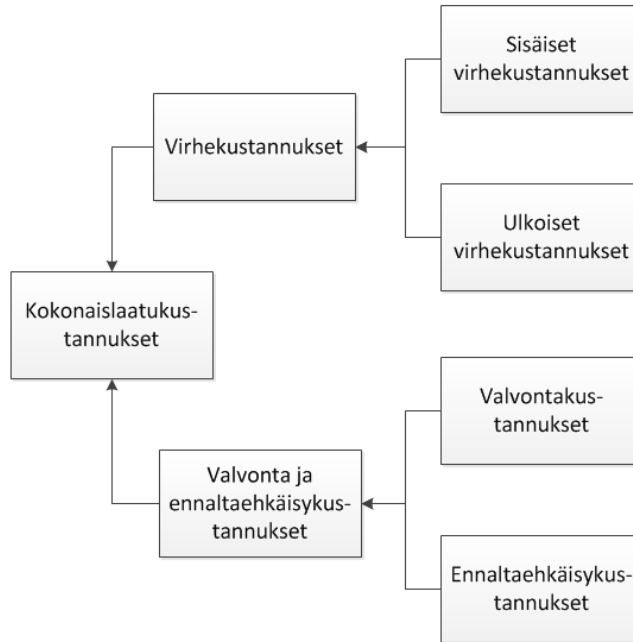
Prosessien jokaisen vaiheen on tarkoitus tuottaa lisäarvoa toiminnalle ja edesauttaa näin laatutason ylläpitoa ja kehitystä. Prosessien eri vaiheita tulee voida seurata ja niiden tehokkuutta arvioida. Tällä tavoin löydettyjä ongelmia analysoimalla ja ratkaisemalla, päästään vaikuttamaan yrityksen laaduntuottokykyyn ja myös parantamaan sitä. Hyvällä ja tehokkaalla laatu järjestelmällä kyetään poistamaan inhimillisiä erehdyksiä ja näin vaikuttamaan positiivisesti laadun tuottamiseen. Pääperiaatteena on, että pelkällä prosessin noudattamisella saataisiin mahdollisimman hyvä lopputulos. Mutta tästäkin huolimatta on hyvä ymmärtää, että prosessiajattelu ei kykene korvaamaan ihmisten ammatitaitoa, mistä syystä hyvien tuloksien aikaansaaminen edellyttää myös ihmiset huomioon ottavaa johtamista. [19, s. 198.]

4.7 Laadun hinta

Laatukustannukset syntyvät pääosin virheiden tekemisestä, niiden etsimisestä ja korjauksesta (kuva 21). Tämä tarkoittaa sitä, että yrityksessä ei toimita niin sanotusti *kerralla valmiiksi* -periaatteen mukaisesti. Laatukustannusten seuranta ja tulkinta oikein hyödynnettynä on yksi laadunohjauksen tehokkaimmista työvälineistä. Tehokkuus perustuu siihen, että laadun vaikutukset voidaan ilmoittaa suoraan rahaksi muutettuna. Tästä saatava hyöty taas edellyttää sitä, että laatukustannustietoa käytetään hyväksi laadunparannusprojektien suunnittelu- ja seurantavaiheissa. [23, s. 31.]

Laatukustannusseuranta ei ole täysin ongelmaton. Se ei ota huomioon kuin osan todellisista kustannuksista. Tämä johtuu siitä, että laatu virheitä etsitään ja tutkitaan yleensä sieltä, mistä ne on havaittu. Useasti muista toiminnoista periytyvät ongelmat jäävät tällöin vähemmälle huomiolle, jolloin myös osa virheiden välillisistä vaikutuksista jätetään ottamatta huomioon. [23, s. 31–32.]

Laatukustannus saattaa olla käsitteenä harhaanjohtava, koska asia voidaan tulkita myös niin, että laatu ei itsessään maksa mitään, ainoastaan huono laatu maksaa. Kuvassa 21 on nähtävissä yleisesti käytetty laatukustannusten jaottelumalli. [23, s. 31–32.]

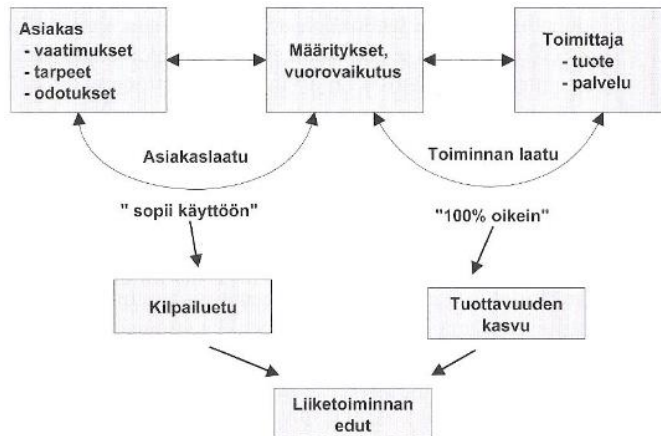


Kuva 21. Laatuksustannusten erittely (Feigenbaum 1961), mukailtu lähteestä [23, s. 32].

5 Laatu automaatiossa

Tässä luvussa käsitellään laatua automaation näkökulmasta. Tämän avulla pyritään kuvaamaan kuinka edellisen luvun laatuksytäntöjä kyetään mahdollisimman tehokkaasti hyödyntämään automaation tarpeisiin eli esimerkiksi luvussa 3 kuvattujen kaltaisten järjestelmäkokonaisuuksien hankinnassa.

Yleisesti ottaen voidaan todeta, että yritykset jotka tuottavat korkeaa laatua, menestyvät paremmin kuin yritykset joiden laatuksitaso on alhainen. Laadukkaiden yritysten kannattavuus ja nettotulos on parempi sekä ne kasvattavat markkinaosuuksiaan ja tämän avulla tulostaan ja kannattavuuttaan. [18, s. 23.] Kuvasta 22 voidaan havaita laadun muodostuminen juuri liiketoiminnan näkökulmasta. Malli soveltuu sellaisenaan kuvastamaan myös automaatioprojektin laadun muodostumista ja siitä saavutettavissa olevaa liiketoiminnallista hyötyä.

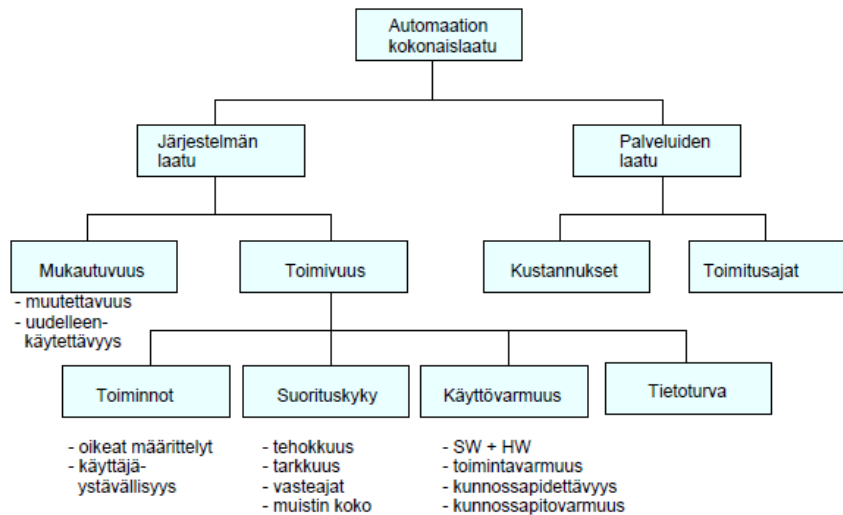


Kuva 22. Laatu ja liiketoiminta [19, s. 196].

Automaation laatu voidaan mieltää palvelun tai tuotteen kykynä toteuttaa asiakkaan suoraan tai epäsuorasti ilmaistut tarpeet. Laadukas lopputulos vaatiikin yleensä juuri näiden tarpeiden perusteellista tutkimista ja vaatimusten määrittelyä. [11, s. 5.]

Automaatiojärjestelmissä laatua voidaan tarkastella sekä sisäisesti että ulkoisesti. Sisäisessä tarkastelussa varsinaista järjestelmätuotetta tarkastellaan sellaisenaan ilman sen vuorovaikutuksia ympäristönsä kanssa. Tässä tapauksessa ei saada tietoa laatutekijöiden toteutumisesta vaan keskitytään enemmänkin automaatiojärjestelmän toteutustapaan, arkkitehtuuriin sekä dokumentaatioon. Kun valittuja laatutekijöitä sekä käyttäjävaatimusten toteutumista vertaillaan käyttöolosuhteissa, tarkastellaan tällöin laatua ulkoisesti. [12, s. 112.]

Ei ole olemassa yksiselitteistä mittaa todeta laatu, minkä johdosta se pyritään jakamaan helpommin todennettavissa oleviksi laatutekijöiksi. Kuvassa 23 on nähtävissä eräs tapa jäsentää automaation laatutekijöitä. [12, s. 112.]



Kuva 23. Automaation laadun osatekijöitä [11, s. 5].

Laatua parantavat oikein määritellyt järjestelmän toiminnot sekä sen suorituskyky, käyttövarmuus ja tietoturvasuus. Lisäksi kokonaislaatuun voidaan katsoa lukeutuvan myös järjestelmän mukautuvuus sekä toimittajien palvelut kuvan 23 mukaisesti. Oikean laatutason perustana ovat aina kuitenkin itse tuotantoprosessin sekä loppukäyttäjien tarpeet, ei niinkään itse toteutustekniikat. [11, s. 6.]

Varsinainen laatumäärittely tai vaatimusmäärittely ei yksin sellaisenaan riitä kuvaamaan vaadittua laatutasoa, mikäli se ei ole yksiselitteisesti tulkittavissa niin, että projektin molemmat osapuolet ovat yhtä mieltä sovitusta laatutasosta. Sekä liian alhainen että korkea laatutaso aiheuttaa tilaajalle lisäkustannuksia. [11, s. 5.]

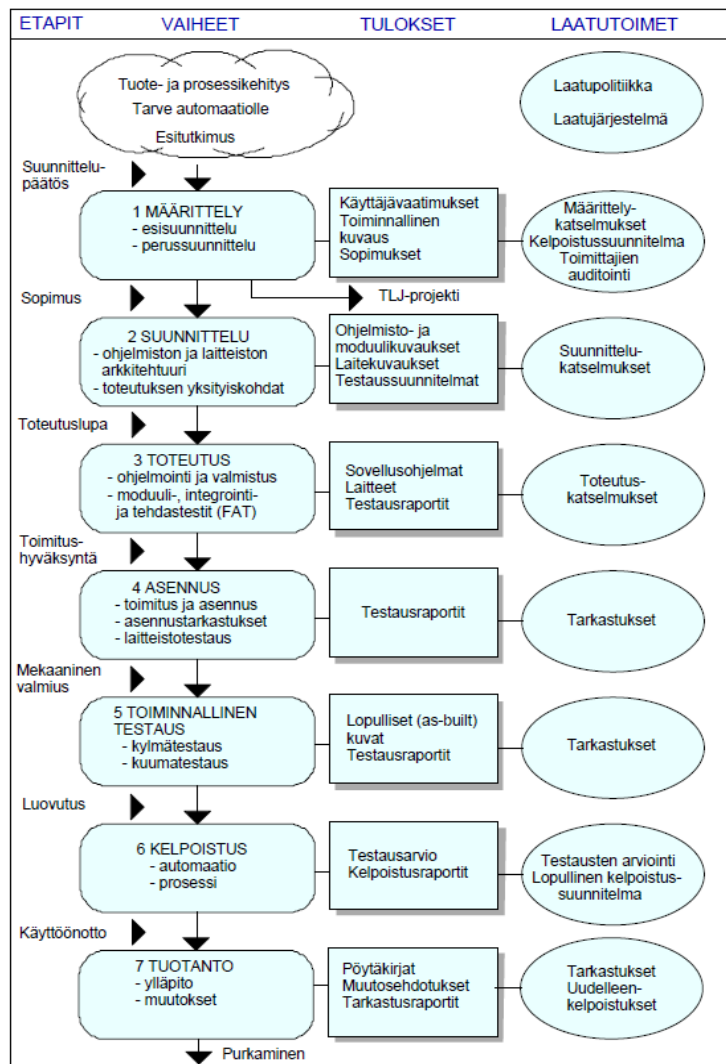
Jotta edellä mainitut asiat olisivat mahdollisia, tulee asiakkaan vaatimukset kuvata mahdollisimman yksiselitteisesti. Lisäksi on luotava käytännöt, joilla nämä asiat voidaan todeta lopputuotteesta. Tästä johtuen toteutusprojektin tulee olla taaksepäin jäljitettävissä, jotta kaikki suunnitteluhistoria jää talteen ja siihen voidaan tarvittaessa palata määrittelyssä oikeita testaustapoja. Ennalta tapahtuvan laatuvaatimusmäärittelyn ja jälkikäteen tehtävän testauksen on oltava tasapainossa. [11, s. 6.]

5.1 Automaatioinvestoinnin elinkaarimalli

Automaatiosuunnittelun ja toteutuksen laatutekijät perustuvat systemaattisiin loogisiin toimintatapoihin, valvontaan sekä lopputuloksen testaamiseen. Automaatiojärjestelmien

toimintojen monimutkaistuessa hallitun ja organisoidun suunnitteluprosessin merkitys on kasvanut testaamisen kustannuksella. Tästä syystä sekä laatujohtajien että turvallisuuteen ja laatuun liittyvät standarditkin rakentuvat juuri erilaisten elinkaarimallien ympärille. [11, s. 16.]

Kuva 24 esittää vaativan automaatioprojektin projekti-/elinkaarimallia. Siitä on nähtävissä erillisiin kokonaisuuksiin jaettu projektin eteneminen aina suunnittelusta rakentamiseen, ylläpidosta kehitykseen sekä lopulta järjestelmän romuttamiseen. Kuvassa vasemmalla ovat keskeisimmät elinkaarivaiheet ja etapit, keskellä tärkeimmät dokumentit ja oikealla vaiheisiin liittyvät keskeisimmät laadunvarmistustehtävät. Kuvatus mallin lähtökohdalla on tyypillinen prosessilaitoksen ohjausjärjestelmä, jossa käytetään hajautettua digitaalista automaatiojärjestelmää tai ohjelmoitavia logiikoita. [11, s. 16.]



Kuva 24. Automaatiojärjestelmän suositeltava elinkaarimalli [11, s. 17].

5.1.1 Määrittelyvaihe

Määrittelyvaiheessa pyrkimyksenä on kuvata automaatiojärjestelmä niin tarkasti ja toteutusriippumattomasti, että teknisen toteutuksen yksityiskohtainen suunnittelu voidaan aloittaa. Suurissa projekteissa määrittelyvaihe jakautuu kahteen eri suunnitteluvaiheeseen, joita ovat esisuunnittelu sekä perussuunnittelu. [11, s. 18.]

Esisuunnitteluvaiheessa pyritään selvittämään kyseessä olevan projektin automatisointitarpeet, tarjonta, kustannukset sekä hyödyt. Näiden pohjalta kootaan aineisto, jonka perusteella investointipäätös voidaan tehdä. Esisuunnitteluvaiheessa selvitetään myös tarvitaanko erillinen turvallisuuteen liittyvä järjestelmä eli TLJ vaaratekijöitä sisältävien prosessinosien suojaamiseksi. [11, s. 18.]

Tämä tarkastelu tehdään analysoimalla etukäteen prosessiin liittyvät riskit ja tavat niiden vähentämiseksi. Vaara- ja riskianalyysiin käytetään yleisesti poikkeamatarkastelua eli niin sanottua HAZOP-menetelmiä (Hazard and Operability Study), joiden avulla määritellään prosessin ja sen ohjausjärjestelmän vaarat ja vaaralliset tapahtumat kaikissa kohdullisesti ennalta nähtävissä olosuhteissa mukaan luettuna vikatilanteet ja väärä käyttö. [11, s. 207.] Mikäli tämän määrittelyn pohjalta todetaan TLJ:n tarpeellisuus, toteutetaan varsinaisen automaatioprojektin rinnalla erillinen TLJ -projekti. TLJ -projektin vaiheina voidaan pitää seuraavia: [24]

1. vaatimusmäärittely
2. suunnittelu
3. toteutus ja testaus
4. käyttö.

Mikäli TLJ:ä käytetään, poikkeamatarkastelun lisäksi määrittelyvaiheessa tehdään automaatiojärjestelmän TET:n (Turvallisuuden Eheyden Taso) määrittely. Turvallisuuden eheydellä tarkoitetaan todennäköisyyttä sille, että TLJ toteuttaa hyväksyttävästi siltä vaadittavat turvatoiminnot kaikissa määritetyissä olosuhteissa ja ennalta määritellyn ajan. Jokaiselle turvatoiminnoille on määriteltävä turvallisuuden eheyden vaatimukset tarpeellisen riskin vähennyksen ehdoilla. Tämä turvallisuuden eheyden vaatimusmäärittely on oleellinen välvaihe TET:n määrittelyn kannalta. Mitä parempi TET määrittelyn lopputuloksena saavutetaan, sitä epätodennäköisemmin kulloinkin kyseessä oleva suojauspiiri vioittuu vaarallisesti. [11, s. 207–208.]

TLJ-projektin määrittelyvaiheessa keskeisimpiä dokumentoitavia asioita ovat: [24]

- tulokset vaara- ja riskianalyseistä sekä näihin liittyvistä lähtötiedoista
- turvallisuussuunnitelma
- turvatoimintoja toteuttavien laitteiden tiedot ja vaatimukset
- suunnitteluun, käyttöönottoon, testaamiseen sekä kelpuutukseen liittyvät vaatimukset
- turvatoimintojen toteuttamiseen, käyttöön ja ylläpitoon liittyvät menettelyt ja organisaatiot
- muutosmenettelyyn liittyvät vaatimukset
- määräaikaiskoestussuunnitelma.

TLJ:n toteutussuunnittelu ja turvallisuuden osoittaminen vaativat käyttöautomaatiosta poikkeavia lähestymistapoja, mikä johdosta TLJ voidaan yleensä hankkia erikseen. Tästä huolimatta näillä osa-alueilla on keskinäisiä riippuvuussuhteita, jotka tulee huomioida molempien järjestelmien suunnittelussa. [11, s. 18.]

Esisuunnittelun selvitystuloksista kootaan käyttäjävaatimukset sekä kelpoistussuunnitelma, joiden avulla tilaaja voi projektin edetessä valvoa ja ohjata laatutekijöiden toteutumista. Esisuunnittelun lopullinen päämäärä on antaa tukea investointipäätökselle, johon varsinaisen esisuunnitteluvaiheen voidaan katsoa päättyvän. [11, s. 18.]

Esisuunnitteluvaiheen keskeisimpänä laadunvarmistustehtävänä voidaan pitää tarkastusta, jolla todetaan että määrittelytyö on tehty laatujärjestelmän mukaan. Tämän lisäksi tulee varmistua siitä, että alustavat käyttäjävaatimukset ovat oikealla tasolla (ei valmiita ratkaisuja) ennen niiden lähettämistä toimittajalle. [11, s. 40.]

Perussuunnitteluvaiheessa keskitytään pääasiassa prosessin ajotapoihin sekä automaation toimitilojen sekä toteutusperiaatteiden yksityiskohtaisempaan kuvaukseen. Toiminnallinen kuvaus sisältää lyhyesti yksittäiset toiminnot, laitteiston ja ohjelmiston rakenteen. Perussuunnittelun keskeisiä asioita ovat tarjouspyyntö, tarjousvertailu sekä sopimusneuvottelut, joita ennen on suoritettu mahdolliset toimittaja-auditoinnit. Teknisiin ja laadunvarmistukseen liittyvät dokumentit tarkentuvat tässä vaiheessa tarpeen mukaan. Tämän vaiheen lopputuloksena voidaan pitää allekirjoitettua sopimusta kaikkine sen liitteineen. [11, s. 18.]

Perussuunnitteluvaiheen keskeisimpänä laadunvarmistustehtävänä voidaan pitää käyttäjävaatimusten katselmusta. Siinä tarkastetaan käyttäjävaatimusten sisältö, taso ja muodon oikeellisuus. [11, s. 47.]

5.1.2 Suunnitteluvaihe

Määrittelyvaiheesta siirrytään projektin varsinaiseen suunnitteluvaiheeseen. Sen tavoitteena on tarkentaa määrittelyvaiheen tuloksia niin, että varsinaisen automaatiojärjestelmän toteutus voidaan aloittaa. Suunnitteluvaiheessa edetään kokonaisuuksista yksityiskohtien suunnitteluun. Aluksi järjestelmäsuunnittelu pyrkii tarkentamaan sovelluksen arkkitehtuurin, jonka tulosten pohjalta luodaan ohjelmisto- sekä laitteistokuvaus. Tämän jälkeen tarkennetaan varsinaisessa toteutussuunnitteluvaiheessa käytössä olevat tiedot yksityiskohtaiselle moduulitasolle, minkä tuloksena saadaan muun muassa piirikohtaiset toiminta- sekä sekvenssikuvaukset. Kaikki ohjelmistojen yksityiskohdat kirjataan ylös moduulikuvauksiin. Suunnittelun edetessä luodaan myös edellisiä kuvauksia vastaavat testaussuunnitelmat, joilla suunniteltu toiminnallisuus voidaan todeta. [11, s. 19.]

Suunnitteluvaiheessa vastuu on lähes yksinomaan toimittajalla, vaikkakin ajotapakeskustelut toimittajan, prosessisuunnittelun ja asiakkaan välillä jatkuvat. Sen voidaan katsoa päättyvän hetkeen, jolloin tilaaja on hyväksynyt kaikki määrittelyt ja suunnitelmat ja antanut luvan edetä varsinaiseen toteutusvaiheeseen. [11, s. 19.]

Suunnitteluvaiheen keskeisimmät laadunvarmistustehtävät ovat suunnittelukatselmuksset, joilla todetaan toimittajan suunnittelutyön etenemä suhteessa projektisuunnitelmaan sekä tarkastetaan, että annettuja ohjeita on noudatettu [11, s. 47].

5.1.3 Toteutusvaihe

Toteutusvaiheella tarkoitetaan automaatiotoimittajan tekemää suunnitelmien mukaista laitteiden ja ohjelmistojen hankintaa, ohjelmointia ja konfigurointia, valmistusta sekä kokoonpanoa. Toteutusvaiheen aikana suoritetaan katselmuksia ja testauksia toimittajan tiloissa toimituksen laadun ja vaatimustenmukaisuuden todentamiseksi. Kyseisen vaiheen keskeisin toimenpide on FAT (Factory Acceptance Test) eli tehdastestaus, joka suoritetaan yhdessä toimittajan ja tilaajan kesken. Tässä vaiheessa pääsuoritusvastuu

on toimittajalla. Toteutusvaiheen aikana luodaan järjestelmän tekninen dokumentaatio, asennus- ja käyttöohjeet, testaussuunnitelmat, tehdastestien dokumentointi ja tarvittavat katselmointiraportit. Yleisesti ottaen voidaan todeta, että toteutusvaiheen kulun määrää suurissa toimituskokonaisuuksissa toimittajan laatu järjestelmä. [11, s. 19.]

Toteutusvaihe päättyy kyseessä olevan automaatiojärjestelmän toimitukseen tilaajan tehtaalte. Tätä ennen se tulee olla molempien osapuolten suostumuksella hyväksytty valmiiksi ja vaatimusten mukaiseksi eli järjestelmällä on toimitushyväksyntä. [11, s. 19.]

Toteutusvaiheen keskeisimmät laadunvarmistustehtävät ovat katselmuksella, joilla todetaan ohjelmakoodin ja konfiguraation oikeellisuus suhteessa sovittuihin käytäntöihin ja standardeihin. Toteutusvaiheessa tarvitaan lisäksi toimivaa muutosten-, virheiden- sekä versioidenhallintaa, joiden vaikutukset ovat kokonaislaadun kannalta merkittäviä. Käytännössä koko testausvaiheen voidaan katsoa olevan laadunvarmistustoimintaa. [11, s. 60–63; 17]

5.1.4 Asennusvaihe

Asennusvaihe koostuu tehdastestatun järjestelmän ja siihen kuuluvien kenttälaitteiden ja kaapeleiden toimituksesta sekä asennuksesta ko. projektin määrittelemässä toimituslaajuudessa. Kuljetuksen jälkeen tilaaja suorittaa vastaanottotarkastuksen kyseessä olevalle järjestelmälle. Automaatiotoimittajan vastuulla on automaatioasennusten valvonta sekä asennustarkastukset. Asennusten tuloksena syntyy käyttöympäristöön asennettu ja muihin järjestelmiin liitetty automaatiojärjestelmä kenttälaitteineen. Tässä vaiheessa suoritetaan lisäksi laitteistotestaus, jolla osoitetaan järjestelmän olevan mekaanisesti sekä sähköisesti toimiva ja suunnitelmien ja piirustusten mukainen. Siinä tarkastellaan alustavasti instrumentoinnin, laitteiden ja ohjelmiston toimivuutta. [11, s. 20.]

Asennusvaihe päättyy asennusten hyväksyttämiseen tilaajalla. Tämän jälkeen automaatiojärjestelmä on valmis toiminnallisia testejä varten, joissa varsinainen operointivastuu siirtyy yleensä tilaajan projekti- ja ylösajohenkilökunnalle. [11, s. 20.] Asennusvaiheen keskeisin laadunvarmistustehtävä on asennuskatselmointi, jolla varmistetaan, että kaikkien hankittujen laitteiden asennukset sekä kytkennät on tarkastettu ja toimittajan asentajat ovat noudattaneet asennussuunnitelmaa [11, s. 68].

5.1.5 Toiminnallinen testausvaihe

Toiminnallisella testausvaiheella pyritään varmistamaan asennettujen järjestelmien, ohjelmistojen, instrumenttien ja laitteiden toimivuus käyttöympäristössään sekä yksittäin että laajempina kokonaisuutena. Tämän tuloksena saadaan järjestelmä, joka on toimitajan osuudelta valmis tuotannolliseen käyttöön. Toiminnallinen testaus jaetaan kylmä- ja kuumetestauksiin. [11, s. 20.]

Kylmätestauksessa eli vesiajossa laitos testataan kauttaaltaan niin, että ko. vaiheen jälkeen laitos, osaprosessi tai yksikköoperaatio sekä niitä ohjaava automaatiojärjestelmä ovat laitoksen ylösajon vaatimassa kunnossa. Tällöin varsinaiset prosessikemikaalit voidaan ottaa sisään prosessiin. Kylmätestausvaiheen jälkeen on järjestelmän lukitukset, hälytykset, suojaukset ja muut turvallisuustekijät sekä normaalitilan yksittäiset toiminnot testattu ja dokumentoitu niin kattavasti, että voidaan siirtyä kuumetestausvaiheeseen. [11, s. 20.]

Järjestelmän kuumetestausvaiheessa laitosta testataan edellisiä vaiheita laajempina kokonaisuuksina lopullisilla prosessikemikaaleilla. Tässä vaiheessa käydään läpi kaikki sovellusohjelmaosuudet (sekvenssit ja ylemmän tason ohjelmat) [11, s. 20] TLJ mukaan lukien.

Edellä mainittujen vaiheiden testausaineistolla sekä erillisellä hyväksymistestauksella (SAT, Site Acceptance Test) toimittaja osoittaa tilaajalle, että kaikki havaitut puutteet on korjattu ja järjestelmä vastaa toiminnallista kuvausta [11, s. 20].

Toiminnallinen testausvaihe päättyy järjestelmän luovutukseen tilaajalle, jonka jälkeen laitos on teknisesti valmis tuotantoon, ellei erillistä kelpoistusta ole vaadittu. Tässä vaiheessa vastuu automaatiojärjestelmästä siirtyy kokonaisuudessaan tilaajalle. Edellä mainittujen lisäksi toimituslaajuuden takuu voi alkaa [11, s. 21], mikäli sitä ei ole sidottu kokonaisprojektin vastaanottoon eli toimituksen loppukelpoistamiseen.

Toiminnallisen testausvaiheen keskeisimmät laadunvarmistustehtävät ovat katselmoinnit, joilla todetaan, että kaikki laitteistot ja sovellukset on testattu suunnitelmien mukaisesti. Katselmoinnissa todetaan myös, että kaikki testausvaiheessa havaitut muutokset on asianmukaisesti päivitetty järjestelmään sekä dokumentteihin. [11, s. 71–78]

5.1.6 Kelpoistusvaihe

Luovutusvaiheen jälkeen siirrytään kelpoistusvaiheeseen, joka muodostuu kahdesta alavaiheesta. Nämä ovat automaation tekninen loppukelpoistaminen sekä prosessikelpoistaminen. Kelpoistusvaiheen tavoite on varmistaa prosessin toimivan, kuten määrittelyspesifikaatiossa on vaadittu. Kelpoistaminen on täysin tilaajan laadunvarmistuksen vastuulla. [11, s. 21.]

Automaation teknisellä loppukelpoistuksella tilaaja pyrkii osoittamaan projektissa kertyneen aineiston sekä tarvittavien lisätestien avulla, että järjestelmä on suunniteltu ja toteutettu vaatimusten mukaisesti. Tämän vaiheen keskeisimmät tehtävät ovat dokumenttien tarkastus, testaustulosten ja toiminnan arviointi, tarvittava kelpoistustestaus sekä kelpoistusraportin laadinta ja aineiston arkistointi. Loppukelpoistusvaiheessa tehdään myös suorituskykytestausta, jolla todetaan suorituskykyyn liittyvien vaatimusten toteutuminen. Kelpoistusvaiheessa havaitut puutteet voivat olla peruste estää järjestelmän hyväksyntä, mikäli ne esiintyvät kriittisten vaatimusten testeissä. Automaation tekninen loppukelpoistusvaihe päättyy loppukelpoistusraportin hyväksyntään. Päättyneen kelpoistajakson aikana syntynyt automaatiojärjestelmäsovellus voidaan ottaa tuotantokäyttöön. [11, s. 21.]

Automaation tekninen loppukelpoistus kohdistuu tekniseen järjestelmään, ei niinkään tuotantoon. Prosessin lopullinen viritys tapahtuu vasta prosessikelpoistusvaiheessa. Prosessikelpoistusvaiheen tavoite on osoittaa koko prosessin ja sillä valmistetun tuotteen vastaavan spesifikaatiota. Keskeisiä prosessikelpoistuksen vaiheita ovat prosessin hienoviritys koeajojen aikana, varsinaiset kelpoistusajot sekä prosessin kelpoistusraportin laatiminen. Prosessin kelpoistaminen edellyttää jatkuvissa prosesseissa pitkäaikaista yhtäjaksoista ajoa hyväksyttävästi. [11, s. 21.]

Loppukelpoistusvaiheen keskeisin laadunvarmistustehtävä on dokumentaatiokatselmointi, jossa hyväksytään tai hylätään kelpoistussuunnitelmassa tai muissa ohjeistuksissa tarkastettavaksi määritetyt dokumentit. Lisäksi prosessikelpoistusajojen valvonta ja oikeellisuuden todentaminen katsotaan kuuluvaksi kelpoistusvaiheeseen. Koko kelpoistusvaiheen voidaan katsoa olevan laadunvarmistustoimintaa. [11, s. 89–93]

5.1.7 Tuotantovaihe

Kun kaikki edeltävät vaiheen on suoritettu, alkaa laitoksen varsinainen tuotantovaihe. Automaatiojärjestelmän elinkaari jatkuu tämän vaiheen aikana kunnossapidon sekä muutosten myötä. Järjestelmälle tehdään sen elinkaaren aikana erillisiä tarkastuksia, jotta voidaan todeta sen säilyttäneen kelpoisuutensa. Mikäli laitoksen elinkaaren aikana tehdään automaatiojärjestelmään vaikuttavia muutoksia, on huomioitava että luovutuksen jälkeiset automaatiomuutokset vaativat tarkkaa muutostenhallintaa ja eritoten näiden dokumentointia. Muutosten suunnittelijoilla on käytössään projektissa syntyneet dokumentit, jotka tulee päivittää muutosten jälkeen vastaamaan sen hetkistä tilaa. Lisäksi on huomioitavaa tekniikan kehittymisen aikaansaama tarve päivittää/uusia järjestelmiä tai sen osia laitoksen elinkaaren aikana. Tuotantovaihe päättyy laitoksen joko täydelliseen purkamiseen ja käytöstä poistoon [11, s. 22] tai laitoksen modernisaatioon elinkaarensa lopussa.

Tuotantovaiheen keskeisimmät laadunvarmistustehtävät ovat taata tuotteen, tuotannon, tuotantolaitteiden sekä niiden ylläpidon laatu. Tähän kuuluu pääasiassa automaatiojärjestelmän käytön ja ylläpidon valvonta. Tuotannon aikana tehdään myös tarkastuksia ja testejä, joilla todetaan että laitteistot ja ohjelmistot ovat säilyttäneet laatunsa. [11, s. 94.] Näistä tärkeimpinä voidaan pitää TLJ:n määräaikaiskoestuksia, jotka tulee toteuttaa TLJ-projektissa määritetyn koestusohjelman mukaisesti. Tämä määräajoin suoritettava koestusohjelma käsittää kaikki turva-automaatioon liitetyt laitteet ja niiden tarkastusmenettelyt, joilla järjestelmän luotettavuus kyetään ylläpitämään ja todentamaan. [24.]

5.2 Automaation laadunvarmistus

Kohdassa 5.1 keskityttiin systemaattiseen ja organisoituun projektin vaiheistukseen eli automaation elinkaariprosessiin. Tässä kappaleessa keskitytään keinoihin, joiden avulla tämän prosessin tuottamasta laadusta voidaan varmistua.

Laadunvarmistuksella pyritään rakentamaan laatu prosessiin ja sen tuottaman toimitteen sisään jo ennalta. Se on järjestelmällistä ja organisoitua toimintaa laadullisten ongelmien syiden paikallistamiseksi. Laadunvarmistustoimenpiteisiin voidaan laskea kuuluvaksi myös ongelmien kartoitus ja niiden asettaminen tärkeysjärjestykseen sekä korjaavien toimenpiteiden suunnittelu. Tavallisesti laadunvarmistuksessa suunnitellaan ja kirjataan

ohjeistoja ja toimintamalleja ennaltaehkäisemään virhemahdollisuuksia ja antamaan tarvittaessa jo prosessin aikana signaaleja ongelmista, jotka voivat vaikuttaa negatiivisesti kokonaislaatuun. [25, s. 31.]

Automaation laatu koostuu systemaattisista toimintatavoista, valvonnasta sekä lopputuloksen testaamisesta. Laadun tuottamisen pääperiaatteita ovat ennakkosuunnitelmat, suunnittelun kanssa rinnakkain etenevät laadunvarmistustoimet sekä kattava dokumentaatio. Erityisesti on huomioitava, että automaation laatuun liittyy oleellisesti inhimilliset tekijät kuten ihmisen ammattitaito ja vastuuntunto, käytettävät menetelmät ja työkalut sekä johtamiskäytännöt. [11, s. 22.]

Laadunvarmistuksen avulla tarkastetaan, että spesifikaatioita on noudatettu ja tarvittava dokumentaatio on kunnossa. Toisin sanoen laadunvarmistus tarkoittaa toimintaa, jolla osoitetaan vaadittujen laatuvaatimusten täyttyminen. Laadunvarmistuksen kannalta on oleellista, että laadunvarmistuksesta vastaava taho on riippumaton tarkastettavan kohteen suunnittelijasta tai toteuttajasta. [11, s. 23.]

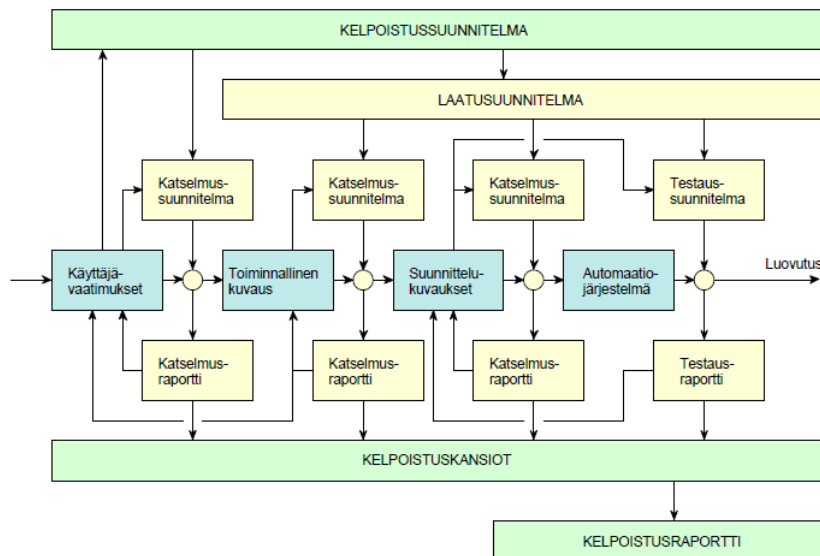
Laadunvarmistusta siis voidaan katsoa tapahtuvan jo projektin eri vaiheiden aikana. Keskeisimpiä laatuun liittyviä tehtäviä projektin edetessä ovat: [11, s. 24]

- kelpoistussuunnitelman laatiminen
- toimittajien auditointi
- käyttäjävaatimusten katselmus
- toiminnallisen kuvauksen katselmus
- sopimuskatselmus
- testaussuunnitelmien laatiminen ja katselmukset
- toimittajien valvonta, katselmukset
- tehdastestit
- vastaanottotarkastukset, laitteistotestaus
- toiminnallinen testaus, luovutus
- suorituskykytestaukset
- tekninen loppukelpoistus, kelpoistusraportin laatiminen
- määräaikaistestit ja -tarkastukset käytön aikana.

5.3 Kelpoistaminen

Kelpoistus (validation) merkitsee käytännössä sen selvittämistä, onko kelpoistuksen kohde käyttäjävaatimusten mukainen. Kuten kuvasta 25 voidaan havaita, liittyy aiemmin kuvattuun projektin etenemismalliin oleellisesti myös kelpoistussuunnitelma. Kelpoistus tarkoittaa jatkuvaa suunnittelemisen ja toteuttamisen rinnalla etenevää toimintaa, joka alkaa projektin elinkaaren alussa ja jatkuu läpi koko toteutusprojektin aina varsinaiseen käyttövaiheeseen saakka. Kelpoistus liittyy oleellisesti tilaajan suorittamaan laadunvalvontaprosessiin. Kelpoistuksen avulla tilaaja ohjaa laadun syntymistä ja kelpoistamisvaiheessa osoittaa sen toteutuneen tilaajavaatimusten mukaisesti. Käytännössä kelpoistusvaiheessa tarkastetaan, että projektin aikana tehdyt testaukset ja tarkastukset on tehty ja dokumentoitu suunnitellusti. Nämä käytännöt kuvataan kelpoistussuunnitelmassa. Järjestelmän kelpoistus edellyttää, että vähintään seuraavat vaiheet ovat kelpoistettu: [11, s. 25]

- suunnittelu (DQ, Design Qualification)
- asennus (IQ, Installation Qualification)
- toiminnallisuus (OQ, Operation Qualification)
- suorituskyky (PQ, Performance Qualification).



Kuva 25. Toiminnan kelpoistamisen periaatekuva [11, s. 26].

Vastuu laadusta kuuluu oleellisesti myös toimittajalle. Yksi oleellisimmista toimittajalle kuuluvista tehtävistä on osoittaa työnsä laadun toteutuminen. Tämän takia myös toimittajan on koottava projektin aikana riittävän kattava aineisto, jonka pohjalta tilaaja voi varmistua rakennettavan automaation laadusta. [11, s. 25.]

Kuvassa 25 on nähtävissä riippuvuussuhteita projektin aikaisesta kelpoistukseen liittyvästä dokumentoinnista. Kuvassa suunnittelu sekä toteutus etenevät vasemmalta oikealle ja varsinainen kelpoistaminen ylhäältä alas. Samaan aikaan teknisten dokumenttien laadinnan kanssa laaditaan myös kelpoistus- ja laatusuunnitelmien mukaiset katselmus ja testausuunnitelmat. Katselmointivaiheen dokumentaatio on pääasiassa katselmus ja testausraportteja, jotka hyväksytään ja arkistoidaan. Varsinaisessa kelpoistusvaiheessa tilaaja laatii edellä mainitun aineiston pohjalta kelpoistustestauksen. Kelpoistustestauksen sekä kaiken aiemmin kertyneen materiaalin pohjalta kootaan lopullinen järjestelmän kelpoistusraportti. [11, s. 25–26.]

Laadun tulkintaan on kaksi näkökulmaa, joista ensimmäinen on varsinainen automaatio-toimittajan järjestelmän laatu ja toinen tilaajan ko. järjestelmällä tuottaman lopputuotteen laatu sekä valmistusprosessin turvallisuus. Käyttöautomaation laatuongelmat heikentävät henkilöturvallisuutta ja ympäristönsuojelua sekä lisäävät TLJ:n toimintavaateita ja näin myös niiden epäonnistumisen mahdollisuutta. [11, s. 27.]

Kokonaisuuden kannalta on oleellista mieltää testauksen ja kelpoistuksen eroavaisuudet. Testauksien suorittaminen ja oman työnsä laadun todentaminen sekä näiden dokumentointi on pääasiassa toimittajan vastuulla. Asiakas puolestaan seuraa omalla kelpoistusmenettelyllään, että toimittaja noudattaa omaa laatujärjestelmäänsä tai projektissa erikseen sovittuja menettelyjä. [11, s. 27.]

Toimittajalla tulisi olla kirjallisesti kuvattu laatujärjestelmä, joka on osa toimittajan laatu-käsikirjaa. Sen tulisi sisältää politiikat, strategiat, toimintaohjeet ja standardit, joita toimittaja on sitoutunut noudattamaan omassa työskentelyssään. Tilaajalla on vastaavasti oma laatujärjestelmänsä, jonka tulisi kattaa myös sisäiset toimittajat. Näiden lisäksi siihen sisältyy pääpiirteissään ohjeistus automaation käytöstä, valmistuksesta ja toimittajaan kohdistuvista laadunvarmistustoimista sekä laadunvalvonnan tehtävistä. Mikäli jommankumman osapuolen laatujärjestelmissä havaitaan puutteita, sovitaan yhteisesti, kumman laatujärjestelmää siltä osin noudatetaan. [11, s. 27.]

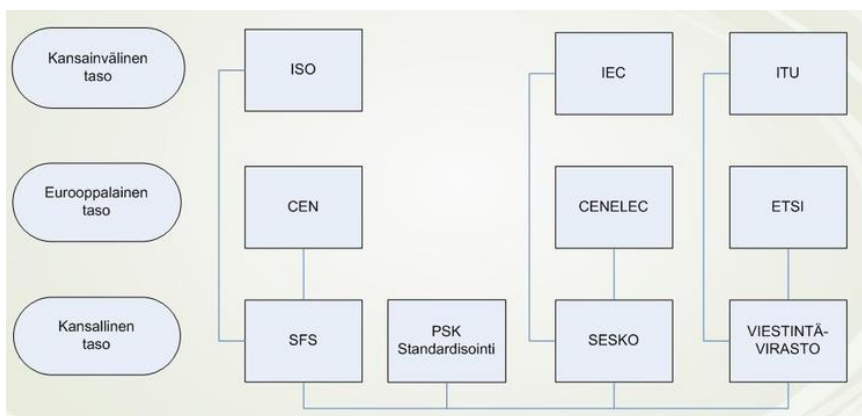
5.4 Standardit

Automaation laatuun voidaan laatustandardien lisäksi vaikuttaa myös teknisten standardien avulla. Standardointi on toimintatapojen yhtenäistämistä. Se lisää tuotteiden yhteensopivuutta ja turvallisuutta sekä se auttaa suojelemaan ihmistä sekä ympäristöä. Sähkötekniiseen standardointiin luetaan sähkötekniikan ja elektroniikan lisäksi sähköinen automaatio. [9, s. 11.]

Standardien käyttö mahdollistaa muun muassa seuraavia asioita: [9, s. 11]

- Standardien avulla voidaan arvioida tuotteen tai palvelun laatua.
- Standardien avulla voidaan varmistaa tuotteen tai palvelun vaatimustenmukaisuus ja turvallisuus.
- Standardit yhdistävät yrityksiä ja organisaatioita suuremmiksi ja voimakkaammiksi toimijoiksi.
- Standardit mahdollistavat verkottuneen alihankinnan.
- Standardit mahdollistavat yhteistyökumppaneiden laadunvarmistuksen, jolloin yhteistyökumppaneiden arviointi on helpompaa ja toimintaa voidaan ennakoita.
- Edellä mainittujen tekijöiden yhteisvaikutuksesta standardoidun tuotteen valmistamisen kustannukset voivat laskea.

Standardeista on hyötyä tilaajan ja toimittajan toimitussopimuksissa, koska niillä voidaan välttää turhia epäselvyyksiä ja tulkinnanvaraisuuksia. Standardien käyttö helpottaa myös viranomaisasioissa, koska tällöin lopputulos on varmasti myös viranomaisvaatimusten mukainen. [26.] Standardeja kehitetään useiden standardointiyhteisöjen toimesta, joista merkittävimmät on nähtävissä kuvasta 26 [27].



Kuva 26. Viralliset standardointiyhteisöt [27].

5.4.1 Standardin vaatimusten mukaisuus

Tavallisesti standardit muodostavat vaatimusten ja käsitteiden suhteen useiden standardien tai standardiosien kokonaisuuksia, joista ei voi poimia vain mieleisiä ja helposti ymmärrettäviä kohtia. Tässä yhteydessä vaatimustenmukaisuus tarkoittaa nimenomaisesti sitä, että sovelluskohde täyttää standardin kaikki vaatimukset, mikäli tästä poikkeamista ei erikseen osoiteta. Vaatimustenmukaisuuden perusedellytys on, että tilaajalla on tarpeeksi syvälinen tuntemus käytetyistä standardeista ja standardijärjestelmästä sekä kattava osaaminen niiden valintaan ja soveltamiseen kulloisenkin hanketarpeen mukaisesti. [9, s. 20.]

5.4.2 Standardin valinta

Automaation standardeissa esitetään vaatimuksia ja menettelytapoja, joihin perustuen automaatiohankkeen vaatimukset, niiden todentaminen ja tulosten kelpuuttaminen saadaan hallintaan. [9, s. 29.] Näiden hyödyntämisellä pyritään aikaansaamaan kansainvälinen ja yhdenmukainen pohja automaatiosuunnittelulle, jonka avulla on saavutettavissa monia etuja kuten: [9, s. 27]

- automaatiojärjestelmien ja sen osien yhdenmukaiset toiminnalliset kuvaukset sekä rakennekuvaukset
- sovellusohjelmien ja varaosien parempi hallinta
- ylläpidon ja huollon yhtenäistäminen eri laitosten välillä
- laitosten käyttö- ja ylläpitokustannusten parempi vertailtavuus

- hankintatehtävien tehostuminen
- automaation helpompi yhdistäminen tilaajan käytössä oleviin järjestelmiin.

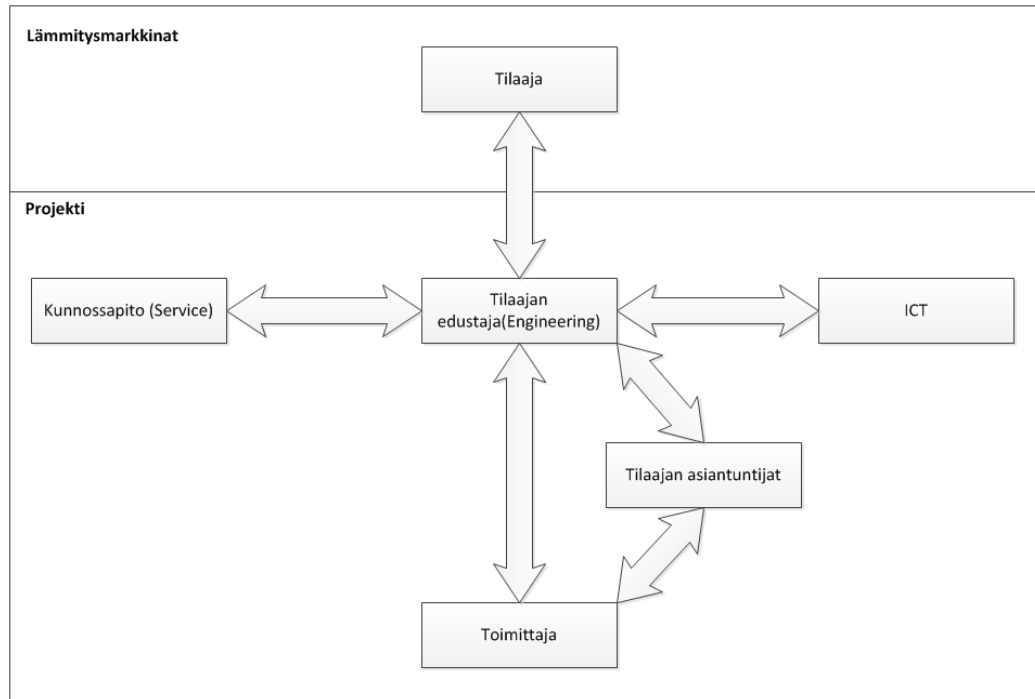
6 Automaatioinvestointiprojektit Lämmitysmarkkinat-liiketoiminnassa

Tässä luvussa käsitellään yleisellä tasolla Lämmitysmarkkinoiden kunnossapitovastuulla olevaa laitoslaajuutta, automaatiojärjestelmäkokonaisuutta sekä näihin liittyvien automaatioprojektien projektointikäytäntöjä.

Koska Lämmitysmarkkinoiden kunnossapitovastuulla olevien laitosten kokonaislukumäärä on 34 ja näiden keskimääräinen elinkaari 17 vuotta, joudutaan laitoksien osittaisia tai täydellisiä automaatiomodernisaatioita toteuttamaan lähes vuosittain. Nämä laitokset ovat osa kriittistä infrastruktuuria, minkä johdosta investointiprojektitoiminnan avulla aikaansaatuisten tuotantolaitosten sekä niitä ohjaavien automaatiojärjestelmien korkea laatu ja turvallinen toiminta ovat ensiarvoisen tärkeitä.

Tyypillisimmät Lämmitysmarkkinoiden automaatioinvestointiprojektit ovat lämpö- ja jäähdytyslaitosten, pumppu- sekä lämmönsiirrin asemien sekä jäähdytysakkulaitosten automaatiojärjestelmien kokonaistoimituksia, sisältäen automaatiojärjestelmän laitteineen ja ohjelmistoineen, automaation kenttälaitteet sekä asennusurakan. Tilaaja määrittelee yksityiskohtaisesti järjestelmän ja siltä vaadittujen toimintojen ja ominaisuuksien niin sanottu reunaehdot, joiden mukaisesti varsinainen automaatiokokonaisuus lopulta hankitaan ja toteutetaan. Tarkalla määrittelyllä pyritään yhtenäiseen, toimittajariippumattomaan laitosten toiminta- sekä varaosapolitiikkaan.

Lämmitysmarkkinoiden asiantuntijat suunnittelevat ja toteuttavat yhteistyössä HelenEngineeringin kanssa koko automaatioinvestoinnin hankinta- ja projektimäärittelyn, minkä jälkeen projektin toteutusvastuu siirtyy kokonaisuudessaan HelenEngineeringille. Tässä vaiheessa alkaa kokonaisprojektin toteuttamisvaihe, jonka aikana projekti toteutetaan ja tarkastetaan tilaajavaatimusten mukaisesti. Projektitoiminnassa hyödynnetään tarpeen mukaan myös muita Helsingin Energian sisäisiä liiketoimintoja (kuva 27).



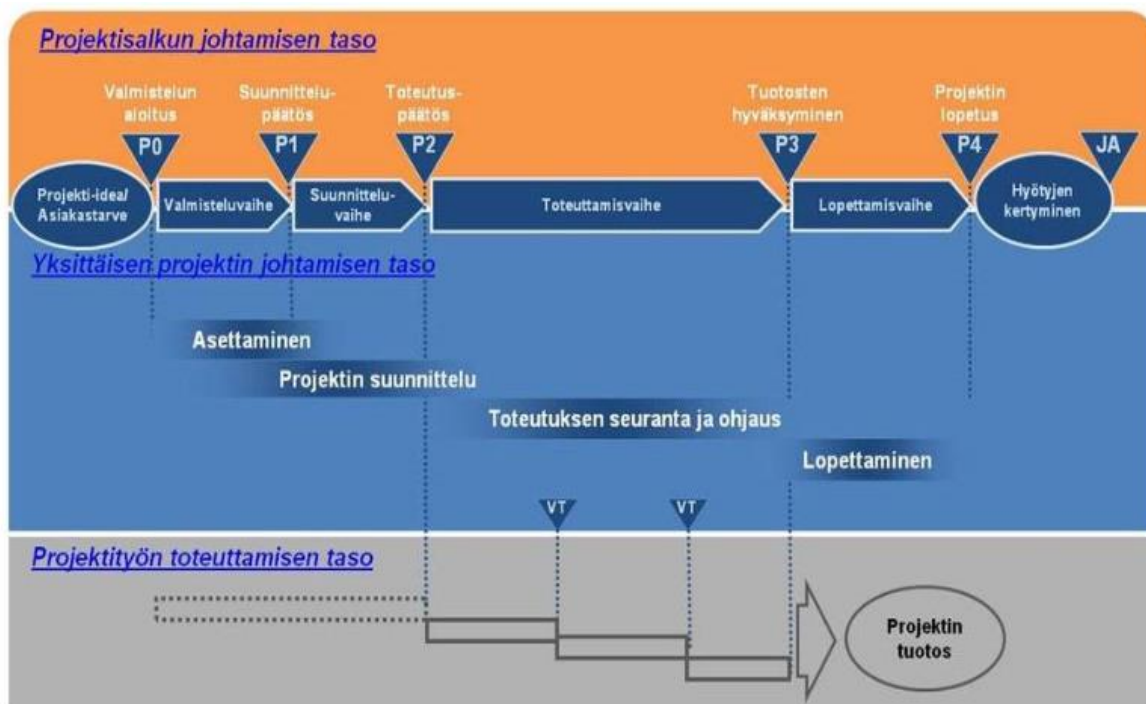
Kuva 27. Projektin liiketoiminnalliset vuorovaikutukset.

Tässä toimintamallissa tilaaja todentaa ja kelpoistaa toimittajan toimitteen laadun lisäksi myös varsinaista automaatioprojektia ja sen tuottamaa laatua. Toimituksen vaatimusten mukaisuutta valvotaan erinäisin testein sekä todennuksin. Näiden pohjalta laaditulla dokumentaatiolla todennetaan lopulta automaatiojärjestelmän toiminnallisuus sekä laatu.

Automaatioprojekteissa, kuten kaikissa muissakin projektiluontoisissa töissä hyödynnetään niin sanottua HELPPO-projektimallia (kuva 28), joka on koko Helsingin Energian sisäisesti käyttämä projektin kulkua ja vaiheita ohjaava projektointimalli. Kuvasta voidaan havaita sen mukailevan vaiheiltaan karkeasti myös automaatioprojektin elinkaarimallia, jota käsiteltiin tarkemmin kappaleessa 5.1. HELPPO-mallin suunnitteluvaiheen voidaan katsoa sisältävän automaatioprojektin määrittelyvaiheen eli automaation elinkaarimallin vaiheen 1 (kuva 24). HELPPO-mallin toteuttamisvaihe käsittää myös automaatioprojektin toteutuksen eli elinkaarimallin vaiheet 2–6. Kokonaisprojektin lopettamisvaiheessa siirtyä automaatioprojekti lopulta vaiheeseen 7 eli varsinaiseen tuotantovaiheeseen.

Kuten kuvasta 28 voidaan havaita, alkaa kokonaisprojekti jo ennen varsinaista automaatioprojektia. Kokonaisprojektin valmistelu- sekä suunnitteluvaiheissa luodaan muun muassa kokonaisprojektin projektsuunnitelma sekä toteutetaan projektin vaaranarviointi.

Nämä ovat oleellisia lähtötietoja myös varsinaisen automaatioprojektin määrittelyvaiheessa.



Kuva 28. HELPPO-projektimallin mukainen projektin vaiheistus [28].

Projekti- ja ohjelmistojen johtamisen sekä yksittäisen projektin johtamisen tasolla (kuva 28) käytetyt prosessit ja toimintamallit ovat selkeästi määritellyt ja tukevat yrityksen liiketoiminnallisia tavoitteita. Varsinainen projektityön toteuttamisen taso koettiin tämän selvitystyön perusteella haasteellisimmaksi ja eniten kehitystä vaativaksi osa-alueeksi. Jokainen osaprojekti (sähkö, automaatio, LVI jne.) sisältää runsaasti näiden omia erityispiirteitä, eikä niihin näin ollen saa tehokkaasti sovitettua yhtä ja samaa projektityön toteuttamisen prosessimallia.

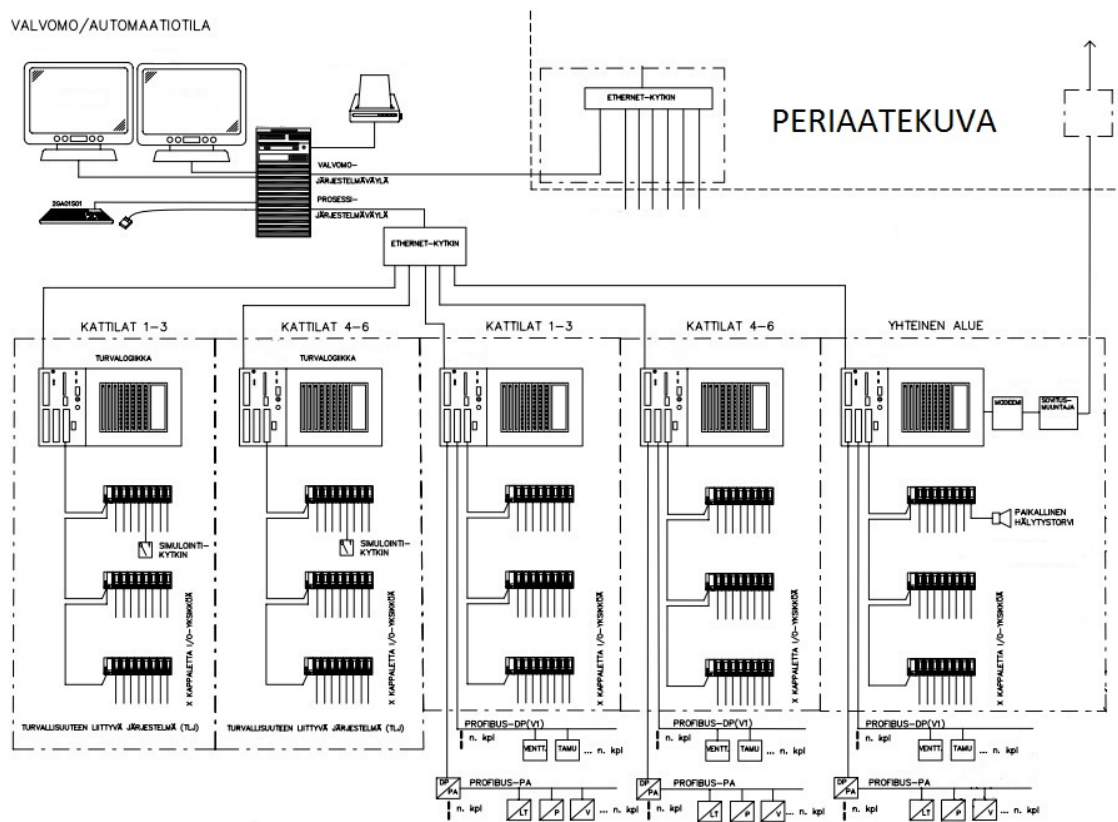
Tässä selvitystyössä luodaan Lämmitysmarkkinoiden automaatioprojekteille oma prosessimalli kuvan 28 alimmalle tasolle, eli projektityön toteuttamisen tasolle, yhdistäen siihen samalla laatua edesauttavia elementtejä. Tämä prosessimalli kuvataan tarkemmin luvussa 8 ja on nähtävissä liitteissä 3 sekä 4.

6.1 Automaatiojärjestelmän rakenne

Lämmitysmarkkinoiden automaatiojärjestelmät rakentuvat kolmesta päätasosta, joihin kuuluvat laitos- ja kenttätaso (kuva 29), prosessiverkkotaso (liite 6) sekä SCADA- eli

valvomojärjestelmätaso (liite 7). Näistä laitos- ja kenttätaso sekä valvomojärjestelmätaso kuuluvat Lämmitysmarkkinoiden omiin niin sanottuihin asiakasjärjestelmiin, joiden välistä prosessiverkkoa (ProLAN) kehittää ja ylläpitää Helsingin Energian ICT-yksikkö. Tämä automaatiojärjestelmien tiedonsiirtoon käytettävissä oleva kahdennettu prosessiverkko pysyy projekteissa pääosin muuttumattomana ja voidaan havaita mukailevan luvussa 3 käsiteltyjä verkkomalleja. Ainoastaan automaatiojärjestelmien liityntäpisteet ja -tavat voivat vaihdella. Koko tiedonsiirtoverkon näkökulmasta automaatioprojektin muutokset kohdistuvat pääasiallisesti liitteessä 6 nähtävissä oleviin asiakasjärjestelmiin.

Laitos- sekä kenttätaso käsittävät projekteittain vaihtelevia ohjausjärjestelmiä, joiden pääperiaatteita on kuvattu luvussa 3. Kevyimmät toteutukset ovat yksittäisiä RTU kaukokäyttöala-asemia, joista järjestelmät laajenevat PLC+HMI -logiikkajärjestelmiin sekä laajoihin hajautettuihin DCS-järjestelmiin saakka. Lämpölaitoksissa DCS-järjestelmiin on liitetty lisäksi erillinen viranomaismääräysten mukainen TLJ laitoksien turvallisen ja luotettavan toiminnan varmistamiseksi (kuva 29). Kaikkia edellä mainittuja automaatiokokonaisuuksia hallitaan keskitetysti ylemmän tason hajautetulla SCADA-järjestelmällä.



Kuva 29. DCS-järjestelmäkokonaisuus, mukailtu lähteestä [2].

Laajimmillaan automaation investointiprojekteissa on kyse uuden, kuvaa 29 mukailevan automaatiokokonaisuuden rakentamisesta, tai vanhan täydellisestä modernisoinnista. Valmis automaatiojärjestelmä liitetään prosessiverkon (ProLAN) kautta maantieteellisesti hajautettuun SCADA-järjestelmään (liite 7), jolla hallitaan koko Lämmitysmarkkinoiden laitoslaajuutta sekä kaukolämpö- että kaukojäähdytysverkoissa. SCADA -järjestelmän avulla tuotannon ja toiminnan kannalta oleellisimpia prosessitietoja välitetään yrityksen ylemmän tason tietojärjestelmiin tuotannon suunnittelun ja liiketoiminnan tueksi.

7 Nykytilan kartoitus

Kuten kappaleessa 4.5 on mainittu, tulisi laadun kehitystyö aloittaa kattavalla toiminnan nykytilan kartoituksella. Tässä luvussa käsitellään tämän kartoituksen keskeisimmät vaiheet ja kuvataan selvitystyön tutkimuskysymykset sekä -menetelmä.

Tämän selvitystyön avulla pyritään kartoittamaan kaikki ne Lämmitysmarkkinoiden automaatioprojektitoimintaan liittyvät seikat, joita kehittämällä laadun määrittelyä ja -hallintaa kyettäisiin tehostamaan entisestään. Tämä tukisi osaltaan tehokkaammin myös tilaajan laatuvaatimusten toteutumista automaatioinvestoinneissa. Seuraavissa kappaleissa Lämmitysmarkkinoita kuvataan myös käsitteellä tilaaja.

Varsinainen selvitystyö jakautui kuuteen eri vaiheeseen: soveltuvan teknisen teorian sekä tutkimusmenetelmän selvitykseen, käytettävissä olleiden hankinta-, projekti- sekä laadunhallintadokumentaatioiden tutkimiseen, esihaastatteluihin, lopullisiin teemahaastatteluihin ja näistä saatujen tulosten analysointiin. Viimeisessä vaiheessa edellä mainittujen havaintojen pohjalta luotiin automaatioprojektin laadunhallinnan prosessimalli, mallia tukeva laadunhallintadokumentaatio sekä laatutyön jatkamisen kannalta oleelliset kehitysehdotukset.

7.1 Tutkimuskohde

Selvitystyön tutkimuskohdeena on Lämmitysmarkkinat-liiketoiminnan automaatioinvestointiprojektien nykytila ja sen laatuun oleellisesti vaikuttavat tekijät. Nykytilan kartoituksen apuna hyödynnettiin haastatteluja, joihin valittiin henkilöitä useista Helsingin Ener-

gian sisäisistä liiketoiminnoista ja asiantuntijaryhmistä mahdollisimman kattavan aineiston aikaansaamiseksi. Näihin lukeutuivat HelenService, HelenEngineering sekä Lämmitysmarkkinoiden kaksi sisäistä asiantuntijaryhmää (automaatio ja käytön laitosasiantuntijat). Vaikka Helsingin Energian kokonaishenkilöstömäärä on suuri, vaikuttaa tämän selvitystyön kohteena oleviin automaatioprojekteihin suppeahko määrä asiantuntijoita. Tämän johdosta lopullinen, haastatteluihin osallistuneiden henkilöiden lukumäärä, oli verraten alhainen.

HelenServicen näkökulma tuo lisätietoa siitä, kuinka projektin lopputuote on kokonaisuutena onnistunut. He ottavat projektin jälkeen vastuulleen laitoksen fyysisen kunnossapidon, minkä johdosta heidän havaintonsa ovat selvitystyön kannalta erittäin tärkeitä. Tältä asiantuntijaryhmältä saadaan myös arvokasta ensikäden tietoa siitä, onko projektissa tavoiteltu laatutaso saavutettu. Heidän näkökulmansa tuo myös oleellista lisätietoa laitosten ja niitä ohjaavien järjestelmien elinkaarisuunnittelun onnistumisesta varsinaisten projektien jälkeen. Haastateltavien henkilöiden lukumäärä tässä ryhmässä on 3.

HelenEngineeringin näkökulma tuo lisätietoa projektien eri vaiheista sekä näiden onnistumisesta aina projektin hankintavaiheesta vaiheeseen, jossa projektin toimitte luovutetaan tilaajalle. HelenEngineeringin asiantuntijat toimivat Lämmitysmarkkinoiden projekteissa pääasiassa projektipäälliköinä sekä osaprojektipäälliköinä hoitaen koko investointiprojektin toteutuksen kuvasta 27 (sivu 50) nähtävissä olevien liiketoimintojen avustuksella. Haastateltavien henkilöiden lukumäärä tässä ryhmässä on 3.

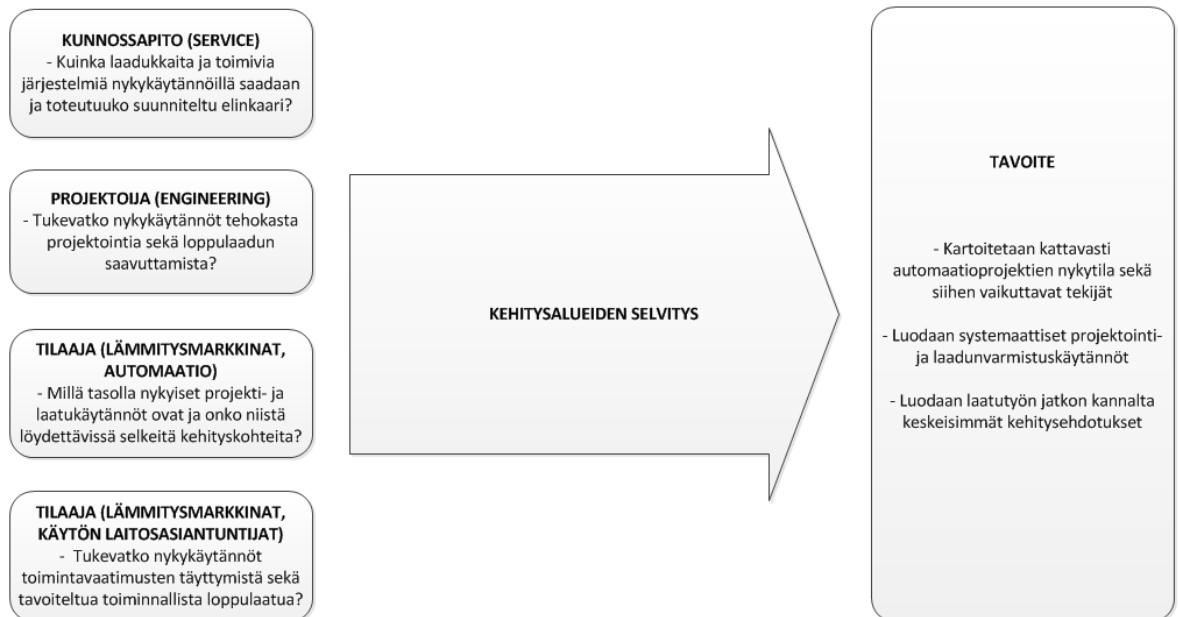
ICT:n näkökulman ei lopulta katsottu tuovan oleellista lisäarvoa selvitystyöhön, koska heidän vaatimuksensa toteutetaan yksiselitteisesti ja tarkkaan määriteltyjen tietoturva- ja politiikkojen mukaisesti. Tähän osa-alueeseen ei voida juurikaan vaikuttaa automaation investointiprojekteissa.

Tilaajan projektitoimintaa tarkastellaan sekä automaation- että käytön laitosasiantuntijoiden näkökulmasta, koska haluttu projektien laatutaso ja tilaajavaatimukset suunnitellaan juuri näiden asiantuntijoiden toimesta. Tästä syystä heidän mielipiteensä ovat selvitystyön kannalta erityisen tärkeitä. Automaation- sekä käytön asiantuntijat toimivat projektitoiminnan tukena koko investointiprojektin ajan valvoen, että sovitut tilaajavaatimukset täyttyvät. Haastateltavien henkilöiden lukumäärä on tässä ryhmässä 3.

Tämän selvitystyön tekijä toimii myös itse Helsingin Energian Lämmitysmarkkinat -liiketoiminnossa laitosautomaation vastuualueella. Valittu tutkimusaihe tukee hänen työtehtäviään ja antaa laadun kehittymisen avulla lisäarvoa sekä projektitoiminnalle että Helsingin Energian Lämmitysmarkkinat -liiketoiminnolle. Tämän selvitystyön aiheesta ei löytynyt aiempaa tutkimustietoa, eli sitä voidaan pitää verraten uutena tutkimuskohteena kohdeyrityksessä.

7.2 Tutkimusasetelma

Kehittämistehtävän määrittelyn jälkeinen nykytilan selvitystyö aloitettiin perusteellisella hankinta- sekä projektidokumentaatioon perehtymisellä. Näiden tueksi käytiin useita sisäisiä keskusteluja valitun aiheen tarkentamiseksi sekä mielekkään rajauksen aikaansaamiseksi. Kun työn rajaus sekä selvitystyöhön osallistuvat asiantuntijaryhmät ja liiketoiminnot oli valittu, muodostettiin näiden pohjalta tutkimusasetelma sekä siihen liittyvät tutkimuskysymykset ja tutkimuksen tavoitteet (kuva 30).



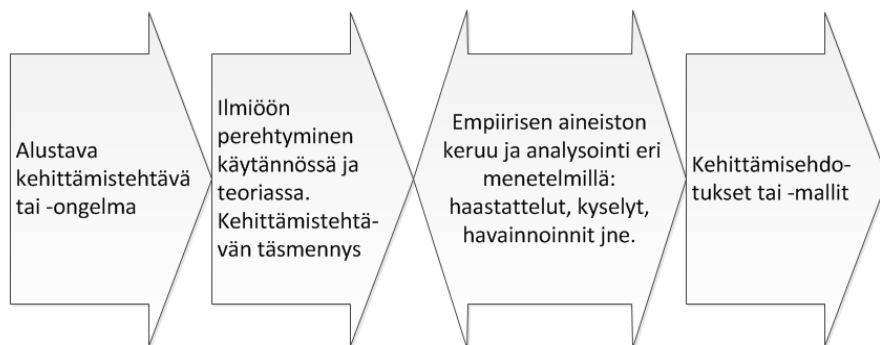
Kuva 30. Tutkimusasetelma.

Selvitystyön tutkimusmenetelmäksi valikoitui tapaustutkimus, jonka voidaan katsoa soveltuvan hyvin juuri kehitystyön apuvälineeksi. Valintaa puolsi se, että selvitystyön tavoitteena oli saada yksityiskohtaista tietoa asioiden nykytilasta sekä kehitys- ja ongelma-alueista realistisessa toimintaympäristössä.

7.2.1 Tapaustutkimus

Tapaustutkimus soveltuu käyttöön kun tutkimuksen tuloksena on tarkoitus tuottaa kehittämissuhteita ja -ideoita. Tutkimuksen kohteeksi eli tapaukseksi (case) voidaan valita esimerkiksi yritys tai sen osa, yrityksen tuote, palvelu, toiminta tai prosessi. Tapaustutkimuksen avulla saatu tieto kuvailee nykyajassa tapahtuvaa ilmiötä todellisessa tilanteessa ja toimintaympäristössä. [29, s. 51–52.]

Tapaustutkimus pyrkii tuottamaan syvällistä ja yksityiskohtaista tietoa tutkittavasta tapauksesta, jonka avulla on mahdollista ymmärtää yrityksen toimintaa tai muuta kehittämiskohdetta kokonaisvaltaisesti. Kuvassa 31 on havainnollistettu tapaustutkimuksen tavomainen eteneminen. [29, s. 52.]



Kuva 31. Tapaustutkimuksen vaiheet, mukailtu lähteestä [29, s. 54].

Tapaustutkimuksessa lähdetään tyypillisesti liikkeelle analysoitavasta tai tutkittavasta tapauksesta. Tutkijalla on yleensä aiempaa tietoa tutkittavasta ilmiöstä, mikä mahdollistaa alustavan kehittämistehtävän määrittelyn. Kehittämiskohde täsmentyy yleensä prosessin edetessä, joten on mahdollista että alkuperäinen kehittämistehtävä ”elää” hieman työn aikana tai muuttuu jopa kokonaan. Tämä ei ole väärin vaan luonnollinen osa kehittämisprosessia. [29, s. 54.] Koska tapaustutkimuksessa on kysymys hyvin monista yhdessä vaikuttavista seikoista, pyritään niistä saamaan aikaiseksi mahdollisimman kokonaisvaltainen, seikkaperäinen ja tarkka kuvaus [30, s. 286].

Tapaustutkimuksessa on oleellisempaa saada tietoa suppeasta kohteesta paljon kuin laajasta kohteesta vähän. Se auttaa ymmärtämään työntekijöiden välisiä suhteita ja toi-

mintaa yrityksessä. Edellä mainittujen seikkojen lisäksi se sopii myös heikosti ymmärrettyjen tilanteiden ja käyttäytymisen sekä epätyypillisten prosessien ja epävirallisen käyttäytymisen tutkimiseen. [29, s. 53.]

Tapaustutkimus on niin sanottu intensiivinen tutkimusmenetelmä, joka kohdistuu ajan-kohtaisiin asioihin. Tapaustutkimuksella ei pyritä millään muotoa edustamaan yleistettävyyttä. Sen perustapahtumat voidaan toistaa, vaikkakaan toista täysin samanlaista tilannetta ei koskaan voida saada aikaiseksi luonnollisessa ympäristössä. [30, s. 287–288.]

Tapaustutkimuksen pääpiireitä: [31, s. 12]

- kohteena on pieni joukko tapauksia, usein vain yksi
- kerätään laaja aineisto tapauksen eri ulottuvuuksista
- tutkimus kohdistuu ”luonnollisesti” ilmeneviin tapauksiin
- keskeinen aineisto on laadullista, mutta myös määrällistä aineistoa voidaan käyttää
- päämääränä on ymmärtää tapausta.

Tapaustutkimuksen valinta selvitystyössä käytettäväksi menetelmäksi oli perusteltu, koska työn tarkoituksena on aikaansaada kehitysehdotuksia. Työn aihe soveltui hyvin myös edellä mainittuun tapaustutkimuksen määritelmään, koska tässä selvitystyössä tarkastellaan automaatioprojektitoimintaa osana tilaajaliiketoiminnan sisäisiä käytäntöjä ja prosesseja sekä luodaan näiden pohjalta toiminnan kannalta keskeisimpiä kehitysehdotuksia. Tapaustutkimus sallii myös selvitystyön tekijällä olevan entuudestaan tietoa työn aihealueesta ja siihen liittyvistä ilmiöistä, joiden avulla kehitystehtävän määrittely on tehokkaampaa. Edellä mainitut seikat puolsivat erityisesti juuri tapaustutkimuksen valintaa. Aikaansaadut tulokset ja niiden pohjalta johdetut mallit ja kehitystoimenpiteet pätevät pääasiassa vain selvitystyön kohteena olevan liiketoiminnon automaatioprojekteissa, minkä johdosta tällä selvitystyöllä ei pyritä edustamaan yleistettävyyttä.

7.2.2 Laadullinen tutkimus

Laadullisen eli kvalitatiivisen tutkimuksen tavoitteena on ilmiön ymmärtäminen, selittäminen, tulkinta ja yleensä myös soveltaminen. Laadullinen tutkimusote etenee pisimmälle vietyinä käytännön ilmiöistä ja havainnoista kohti yleistä tasoa eli toisin sanoen empiriasta teoriaan. [30, s. 276.]

Laadullisen tutkimuksen päämäärinä voidaan pitää: [30, s. 280]

- kuvailla kohteena olevaa ilmiötä seikkaperäisesti
- antaa ilmiön sisällöille uusia tulkintoja
- saada jokin asia ymmärrettäväksi
- löytää ilmiöön sisältyviä merkityksiä
- kehittää todellisuutta vastaavasta aineistosta uutta teoriaa.

Laadullisen tutkimuksen yleisimmin käytetyimmät aineistonkeruumenetelmät ovat haastattelu, kysely, havainnointi ja erilaisiin dokumentteihin perustuva tieto. Edellä mainittuja menetelmiä voidaan käyttää vaihtoehtoisina, rinnakkain tai yhdistelminä kulloisenkin tutkimusongelman ja tutkimusresurssien mukaan. [32, s. 73.]

Kuten aiemmin mainittu, on laadullisilla menetelmillä tarkoituksena hankkia suppeasta kohteesta paljon tietoa, jonka avulla pyritään itse työn kohteena olevaa ilmiötä ymmärtämään paremmin ja usein kokonaisvaltaisemmin. Koska laadullisilla menetelmillä pyritään tuottamaan uutta tietoa, olemassa olevat teoriat eivät ohjaa laadullisten menetelmien suunnittelua yhtä voimakkaasti kuin esimerkiksi määrällisten menetelmien suunnittelua. Laadullisessa tutkimuksessa tutkimuksen kohde on siis tarkkaan valittu ja luonteeltaan sellainen, että siitä halutaan uutta tietoa. [29, s. 94.]

Laadullinen tutkimusote oli perusteltu, koska selvitystyön avulla pyrittiin tarkastelemaan valittua tapausta mahdollisimman kattavasti. Tämän lisäksi oli oleellista löytää ilmiöön liittyviä laajempia merkityksiä ja asiakokonaisuuksia. Työn luonne vaati käyttöön tiedonkeruumenetelmän, jonka avulla olisi saatavissa mahdollisimman seikkaperäinen aineisto selvitystyön kohteesta. Tästä johtuen empiirinen aineisto päätettiin kerätä juuri teema-haastattelua hyödyntäen.

7.2.3 Teemahaastattelu

Haastattelu on yksi tutkimusten käytetyimpiä aineistonkeruumuotoja. Se on aineistonkeruumenetelmänä joustava ja näin ollen se sopii hyvin erilaisiin tutkimustarkoituksiin. [33, s. 34.] Teemahaastattelu on myös yksi yleisimmistä tapaustutkimuksen tiedonkeruumenetelmistä. Sillä pyritään kasvattamaan tietoutta tutkimusongelmaan liittyvistä asioista,

jotta tutkittavaa ilmiötä kyetään paremmin ymmärtämään. Teemahaastattelu mahdollistaa lisäksi sekä yksilö- että ryhmähaastattelun hyödyntämisen. [34, s. 93–94.]

Haastattelu soveltuu hyvin juuri kehitystehtäviin, sillä sen avulla saadaan nopeasti kerättyä hyvin syvällistäkin tietoa kehittämisen kohteesta. Haastattelu on hyvä valinta, kun halutaan korostaa yksilöä tutkimustilanteen subjektina, koska hänellä on tällöin mahdollisuus tuoda mahdollisimman vapaasti esille itse kokemiaan asioita ja näkökulmia. Mikäli kehittämiskohde on vähän tutkittu, on haastattelulla tällöin mahdollista saada kerätyksi uusia näkökulmia muodostavaa aineistoa. Haastattelujen tehtävänä voi siis olla myös asioiden selventäminen tai syventäminen. [29, s. 95.]

Teemahaastattelu on yksi puolistrukturoiduista haastattelumuodoista. Se antaa haastattelijalle mahdollisuuden käyttää joko laadullisia tai määrällisiä menetelmiä sekä molempia yhdessä. Se ei ota kantaa haastattelujen määrään tai kuinka syväälle haastattelujen aiheen käsittelyssä mennään. Se etenee tiettyjen, ennalta valittujen teemojen varassa, joiden ympärille haastattelujen kysymykset rakennetaan. [33, s. 47–48.]

Teemahaastattelu soveltuu käyttöön, kun tiedetään, että haastateltavat ovat kokeneet tietyn tilanteen ja haastattelijalla on selvittänyt etukäteen tutkittavan ilmiön oletettavasti tärkeitä osia, rakenteita, prosesseja sekä kokonaisuutta. Tämän tiedon analysoinnin pohjalta haastattelijalla kehittyy haastattelurungon, joka kohdistetaan haastateltavien henkilöiden subjektiivisiin kokemuksiin tutkimuksen kohteena olevista asioista ja tilanteista. [33, s. 47.]

Teemahaastattelu ottaa huomioon ihmisten tulkinnat asioista ja heidän asioille antamat merkitykset ovat oleellisia, kuten myös se, että nämä merkitykset syntyvät vuorovaikutuksesta. Teemahaastattelussa haastattelun aihepiirit eli tema-alueet ovat kaikille samat. Teemahaastattelusta puuttuu kysymysten tarkka muoto ja järjestys. [33, s. 48.]

Teemahaastatteluun päädyttiin, koska se on hyväksi havaittu tapa kerätä juuri tapaus-tutkimukseen liittyvää aineistoa. Se sallii myös mahdollisuuden käyttää tarvittaessa sekä laadullisia että määrällisiä tiedonkeruumenetelmiä. Koska projektien laadun kehittämistä ei ole aiemmin tutkittu kohdeliiketoiminnossa, ei aiempaa tutkimustietoa ei ollut käytettävissä. Tästä johtuen oli oleellista saada kerättyä mahdollisimman kattava ja syvälinen aineisto selvitystyön tueksi, mikä myös osaltaan puolsi teemahaastattelun valintaa.

7.3 Tutkimusprosessi

Työn alussa tilaajan automaatioprojektikokonaisuutta tarkasteltiin kriittisesti pyrkien löytämään siitä ne toiminnan tehostamisen kannalta oleelliset ja kehitystä vaativat osa-alueet, joiden avulla selvitystyön varsinainen kehitystehtävä kyettiin paremmin määrittelemään. Kun kehittämistehtävä oli alustavasti valittu, johdettiin siitä selvitystyön tutkimuskysymykset sekä tavoitteet, jotka kuvattiin tarkemmin kappaleessa 7.2. Selvitystyön luonteesta johtuen tutkimusmenetelmäksi valittiin tapaustutkimus ja tämän tiedonkeruumenetelmäksi teemahaastattelu. Perustelut näiden menetelmien valinnoille on kuvattu tarkemmin kappaleissa 7.2.1–7.2.3.

Aihealueena automaation laatu ja sen kehittäminen oli verraten laaja kokonaisuus, minkä johdosta se rajattiin koskemaan ainoastaan tilaajaorganisaation automaatioprojekteja ja näiden laadun kehittämistä. Tämä rajausta muodosti lopulta mielekkään selvitystyön aihekokonaisuuden. Aikaansaadusta rajauksesta keskusteltiin lopuksi tilaajaorganisaation muiden asiantuntijoiden kanssa. Tällä haettiin varmuutta tutkittavan asiakokonaisuuden soveltuvuudesta sekä siitä, että selvitystyö tuottaisi todennäköisimmin eniten hyötyä työn kohteena olevalle liiketoiminnolle. Kun aihe rajauksineen oli valmis, valittiin työn kannalta oleelliset henkilöt haastattelun harkinnanvaraiseksi näytteeksi. Haastatteluun valittiin henkilöitä, jotka omalta osaltaan ovat vaikuttamassa tilaajakohtaiseen laatumäärittelyyn tai hyödyntämässä automaatioprojektin lopputuloksena syntyvää järjestelmäkokonaisuutta. Tämän jälkeen täsmennettiin vielä selvitystyön teoreettista viitekehystä pyrkimyksenä kasata työn tueksi mahdollisimman kattava ja monipuolinen teoriaosuus.

Kun haastattelun harkinnanvarainen näyte oli määriteltä, aloitettiin lopullisen haastattelukokonaisuuden suunnittelu. Varsinainen haastattelun toteutus on kuvattu tarkemmin tätä käsittelevässä kappaleessa 7.3.1. Koska selvitystyön harkinnanvarainen näyte oli verraten pieni (9 henkilöä) ja aihealue rajattu, oli pelkästään laadullisen tutkimusmenetelmän käyttö perusteltua. Määrällisen aineiston keruun, kuten kyselyn, ei katsottu tuottavan tarpeeksi kattavaa ja syvällistä aineistoa, koska kyselymallisessa aineistonkeruussa jäisi todennäköisesti työn kannalta oleellista tietoa analysoimatta ja yksilön henkilökohtaisen tiedon mukanaan tuoman lisäarvon käsittely liian pintapuoliseksi. Vaikka määrällisen tai muun tutkimusmenetelmän käyttö laadullisen tutkimuksen rinnalla ja näiden muodostama tutkimstriangulaatio olisi kasvattanut tutkimuksen luotettavuutta, ei tätä katsottu työn luonteen kannalta tarpeelliseksi.

Kun lopullinen haastatteluaineisto oli kasattu ja analysoitu, verrattiin tuloksia vallitseviin käytäntöihin ja dokumentaatioihin kohdeorganisaatiossa pyrkien selvittämään, kuinka hyvin ne tukivat selvityksessä syntyneitä havaintoja. Tämän jälkeen saatuja tuloksia verrattiin työn teoreettiseen viitekehykseen ja siellä mainittuihin menetelmiin ja toimintamalleihin pyrkien löytämään mahdollisimman hyvin juuri kohdeorganisaation automaatioprojektiin soveltuvat käytännöt ja tavat toimia. Saatuja havaintoja täydennettiin käytettävissä olleiden laadunhallintakäytäntöjen sekä -mallien avulla. Näiden pohjalta rakentui lopulta liitteissä 3 ja 4 nähtävissä olevat automaatioprojektin laadunhallinnan prosessimallit sekä niitä tukeva laadunhallintadokumentaatio (liite 5). Työn tulokset käsiteltiin vielä ennen niiden lopullista julkaisua kaikkien haastatteluun osallistuneiden kesken, jonka avulla kompensoitiin edellä mainitun tutkimustriangulaation käyttämättä jättämistä. Tämän avulla kyettiin toteamaan selvitystyön havaintojen ja tulkintojen oikeellisuus sekä korjaamaan mahdolliset virheelliset tulkinnat.

7.3.1 Haastattelujen toteutus

Varsinainen haastattelukokonaisuus koostui viidestä haastattelusta, joissa harkinnanvaraisena näytteenä oli aiemmin mainitut 9 asiantuntijaa. Haastateltavaksi valittiin sekä nuoria että vanhempia asiantuntijoita, joilla oli vaihteleva työkokemus. Tällä oletettiin saatavan monipuolisempi näkökulma tutkittavaan aiheeseen.

Aluksi kaikilta haastatteluun valituilta henkilöiltä tiedusteltiin heidän halukkuuttaan osallistua kyseessä olevaan selvitystyöhön. Tässä yhteydessä ilmoitettiin myös haastatteluihin osallistumisen vapaaehtoisuudesta sekä siitä, että vastauksia tullaan käsittelemään täysin anonymisti. Näiden lisäksi käsiteltiin haastattelun oletettu kesto ja kulku sekä haastattelujen taltiointikäytäntö. Kaikki haastattelut nauhoitettiin ajankäytön tehostamiseksi. Kukaan haastatteluun valituista henkilöistä ei kieltäytynyt haastattelusta.

Jotta työn kannalta oleellisimpia teema-alueita saatiin tarkennettua ja testattua, järjestettiin ennen varsinaisia haastatteluja esihaastattelukierros. Esihaastattelujen avulla kysymyspatteristoa selkeytettiin ja aiemmin valittuja teemoja rajattiin. Esihaastattelukierroksen tulokset tukivat valittuja pääteemoja, ja siitä saaduilla tiedoilla kyettiin tarkentamaan lopullinen haastattelurunko juuri oikeisiin aihealueisiin.

Esihaastattelun aikana tarkkailtiin, millaista tietoa haastateltava aiheista omasi eli mitkä kysymykset olivat oleellisia millekin kohderyhmälle. Kysymysten asettelua oli perusteltua tarkkailla, koska eri ryhmien ja liiketoimintojen näkökulmat tutkimuksen kohteena olevista asioista poikkeavat toisistaan huomattavasti. Tähän tietoon perustuen valittiin kulloiseenkin haastatteluun soveltuvat kysymykset.

Esihaastattelut pidettiin 15.9–25.10.2014 välisenä aikana. Näiden haastattelujen pohjalta muodostettiin lopulliset teemakokonaisuudet sekä haastattelukysymykset. Varsinaiset teemahaastattelut pidettiin 28.11–18.12.2014 välisenä aikana.

Haastattelukysymykset jaettiin seuraaviin teema-alueisiin:

1. tekniset hankintakäytännöt
2. tekninen hankintadokumentaatio
3. projektikäytännöt
4. projektidokumentaatio
5. automaatioinvestointien laatu.

Haastattelut toteutettiin sekä ryhmä että yksilöhaastatteluina sen mukaan, mikä oli kulloinkin järkevin haastattelujen toteutusmalli suhteessa haastateltavien kulloiseenkin työtilanteeseen. Haastattelut toteutettiin kulloisenkin haastateltavan toimipisteessä, jolloin haastattelusta aiheutui haastateltavalle mahdollisimman vähän haittaa.

Haastattelukysymykset olivat kaikille samat, joskaan jokaista kysymystä ei esitetty kaikille haastateltaville. Tämä johtui siitä, että osa kysymyksistä ei oleellisesti liittynyt kaikkien haastateltavien toimenkuvaan. Tällöin oli oletettavaa, että haastateltavalta ei saataisi hyödynnettävissä olevaa vastausta jokaisesta aihealueesta tai kysymyksestä. Epäselvissä tapauksissa haastateltavilta tiedusteltiin omasiko hän tietoa tai mielipidettä kulloinkin kyseessä olleesta asiasta.

Koska haastateltavien määrä on verraten pieni, oli haastattelujen avulla oleellista saada aikaiseksi mahdollisimman kattava aineisto. Tästä syystä haastattelun kesto oli suositeltua pidempi ja teema-alueiden kysymysten määrä suositeltua laajempi. Haastattelulle varattu aika oli kokonaisuudessaan noin tunti.

Kaikki haastateltavat olivat toisilleen tuttuja kuten myös haastattelijalle. Tästä johtuen haastattelujen ilmapiiri oli rento ja haastattelun alustus ja ohjaaminen vaivatonta. Myös aiheessa pysyminen ja vastausten täsmentäminen oli sujuvaa.

Haastattelut nauhoitettiin ja litteroitiin tietokoneelle vastausten keskeisen sisällön mukaan, koska työn luonteen takia ei ollut syytä ryhtyä sanatarkkaan litterointiin. Litterointi tehtiin mahdollisimman pian haastattelutilanteen jälkeen. Nauhoitettua haastattelumateriaalia syntyi esihaastattelut mukaan lukien n. 11 tuntia. Näiden nauhoitusten pohjalta kasattua litteroitua aineistoa syntyi 26 sivua, joka teemoiteltiin ja analysointiin lopulta sisällönanalyysiä hyödyntäen.

7.3.2 Teemoittelu

Teemoittelu tarkoittaa, että analyysivaiheessa tarkastellaan sellaisia tutkimusaineistosta esille nousevia piirteitä, jotka ovat yhteisiä usealle haastateltavalle tai mikäli haastateltavia on vain yksi, tälle. Nämä piirteet pohjautuvat oletettavasti teemahaastattelun pääteemoihin, mutta tavallisesti esille nousee myös muita teemoja. Nämä lukuisat niin sanotut ala-teemat ovat usein jopa lähtöteemoja mielenkiintoisempia. [33, s. 173.]

7.3.3 Sisällönanalyysi

Sisällönanalyysi tarkoittaa tekstianalyysia, jossa tutkitaan jo valmiiksi tekstimuotoisia tai sellaiseksi muokattuja aineistoja. Sisällönanalyysin avulla pyritään syntyneitä aineistoja tarkastelemaan eritellen, yhteneväisyyksiä ja eroja etsien sekä tiivistäen. Sisällönanalyysi ei liiemmin rajaa ulos mitään tekstimuotoista aineistoa, jolloin se soveltuu käytettäväksi melkein minkä tahansa tekstimuotoisen aineiston analyysiin. Käytännössä tällä analysointimuodolla pyritään muodostamaan tutkittavasta ilmiöstä tiivistetty kuvaus. [35.]

Tutkimusaineiston laadullisessa sisällönanalyysissä aineisto pyritään pirstomaan pienempiin kokonaisuuksiin, jonka jälkeen se lopulta järjestetään uudeksi kokonaisuudeksi. Sisällönanalyysi voidaan toteuttaa aineistolähtöisesti, teoriasidonnaisesti tai teorialähtöisesti. Näiden eroina voidaan pitää analyysin ja luokittelun perustumista joko aineistoon tai valmiiseen teoreettiseen viitekehykseen. [35.]

7.3.4 Haastattelujen analysointi

Kuten jo aiemmin mainittu, tarkasteltiin haastattelujen pohjalta koottua litteroitua aineistoa teemoittelua sekä sisällönanalyysiä apuna käyttäen.

Litteroidut haastattelut värikoodattiin vastaajien erottelemiseksi sekä tulkinnan ja analysoinnin helpottamiseksi. Tämän jälkeen aineisto yhdistettiin vastaajittain haastattelun pääteemoihin ja analysoitiin teemakokonaisuuksina.

Syntynyttä aineistoa tutkittiin useaan kertaan tarkastellen samalla aineistossa esiintyvien asioiden toistuvuutta sekä vastausten poikkeavuuksia. Näiden avulla aineistosta pyrittiin havaitsemaan kaikki oleelliset teema-alueet sekä näiden pääteemojen lisäksi esiintyvät alateemat. Teemoittelun apuna käytettiin tekstinkäsittelyohjelmaa. Teemoiteltua aineistoa analysoitiin tämän jälkeen sisällönanalyysiä hyödyntäen. Analyysin tulokset on esitelty kappaleessa 7.3.5.

Kaikki viisi haastatteluun valittua pääteemaa nousivat luonnollisesti voimakkaasti esille. Näiden lisäksi haastattelussa ilmeni useita alateemoja. Näihin lukeutuivat muun muassa voimakkaat henkilöriippuvuudet, dokumentaation päivityksen haasteet ja sen johdonmukaistamisen tarve, systemaattisten käytäntöjen ja tiedonkulun haasteet, perehdytys, projektien rajapinnat sekä muutostenhallinnan haasteet.

Vaikka aineistoa syntyi runsaasti, aiheutti haastateltavien suppeahko määrä aineiston tulkintaan käytännön ongelman. Tutkimusetiikan näkökulmasta ei ole suotavaa paljastaa haastateltavan henkilön identiteettiä eikä myöskään vastauksista saisi liioin olla pääteltävissä vastaajan henkilöllisyys. Haastatteluihin valittiin lähes maksimaalinen määrä henkilöstöä, joilla tiedettiin olevan oleellista tietoa tutkittavasta aiheesta. Tästä huolimatta tutkimuksen harkinnanvaraiseksi näytteeksi saatiin aiemmin mainittu 9 henkilöä. Yksityiskohtainen asioiden analysointi muodostui haasteelliseksi, koska tällöin asian ja tulkinnan luonteesta oli pääteltävissä vastannut liiketoiminto ja tätä kautta mahdollisesti kysymykseen vastannut henkilö. Tästä johtuen asioita on tuotu esille ja analysoitu sillä tasolla, että vastaajan henkilöllisyys kyettiin pitämään salassa.

7.3.5 Haastattelujen tulkinta teemoittain

Haastattelujen tulkinnat on esitelty liitteessä 2.

7.4 Laadullisen tutkimuksen luotettavuus

Laadullisen tutkimuksen luotettavuuden arvioimisen avuksi ei ole olemassa yksiselitteistä ohjeistusta. Koska tutkimusta arvioidaan kokonaisuutena, korostuu tällöin tutkimuksen sisäinen johdonmukaisuus. Luotettavuutta voidaan näin ollen kasvattaa perustelemalla vähintään seuraavat seikat: [32, s. 135–138.]

- tutkimuksen kohde ja tarkoitus
- tutkijan omat sitoumukset tutkimukseen liittyen
- aineistonkeruu
- tutkimuksen tiedonantajat
- tutkija-tiedonantaja-suhde
- tutkimuksen kesto
- aineiston analyysi
- tutkimuksen luotettavuus
- tutkimuksen raportointi.

Haastatteluaineiston luotettavuus riippuu paljolti sen laadusta. Haastattelussa onkin syytä tarkkailla juuri aineiston keruun sekä aineiston käsittelyn laatua. Puhuttaessa tutkimuksen luotettavuudesta käytetään yleensä käsitteitä reliabiliteetti sekä validiteetti. [33, s. 185.]

7.4.1 Reliabiliteetti

Reliabiliteetilla tarkoitetaan sitä, että käytetty menetelmä antaa pysyviä ja päteviä tuloksia [30, s. 470]. Reliabiliteetti voidaan ymmärtää kolmella tavalla. Reliabiliudella voidaan tarkoittaa sitä, että toistettaessa tutkimus samalla henkilöllä kaksi kertaa, saadaan molemmilla kerroilla aikaiseksi sama tulos. Toisen näkemyksen mukaan reliabiliudella tarkoitetaan sitä, että kaksi eri arvioitsijaa päätyy samaan lopputulokseen. Kolmas ja viimeinen tulkinta ymmärtää reliabiliteetti on se, että kahdella rinnakkaisella tutkimusmenetelmällä päädytään samaan lopputulokseen. [33, s. 186.]

7.4.2 Validiteetti

Myös validiteetilla voidaan katsoa olevan useita eri merkityksiä. Validiteetilla tarkoitetaan yleensä sitä, että tutkimusaineisto on validi eli käsittelee tutkittavaa ilmiötä. Sen voidaan katsoa myös tarkoittavan, että varsinainen tutkimussuunnitelma on validi eli sekä menetelmä että toteutus ovat tehokkaat ja oikein valitut ja niiden avulla saadut tulokset ovat valideja eli antavat kohteesta juuri sen tiedon, mitä haluttiin. Tällöin voidaan puhua, että tutkimuskokonaisuus on luotettava. Tutkimuksen menetelmä ei itsessään johda tavoiteltuun tietoon vaan menetelmä on valittava sen mukaan millaista tietoa halutaan. [30, s. 470.]

7.4.3 Tutkimuksen luotettavuuden arviointi

Tutkimuksen luotettavuuden arviointiin liittyviä seikkoja on kuvattu aiemmissä kappaleissa, minkä vuoksi niihin päädyttiin vain viittaamaan seuraavassa. Kappaleen 7.4 mukaiset luotettavuuden kasvattamiseksi kuvattavat seikat on löydettävissä seuraavasti:

- tutkimuksen kohde ja tarkoitus, kappale 7.1
- tutkijan omat sitoumukset tutkimukseen liittyen, kappale 7.1
- aineistonkeruu, kappale 7.3
- tutkimuksen tiedonantajat, kappale 7.3
- tutkija-tiedonantaja-suhde, kappale 7.3
- tutkimuksen kesto, kappale 7.3
- aineiston analyysi, kappale 7.3.2 sekä liite 2
- tutkimuksen luotettavuus, kappale 7.4.3
- tutkimuksen raportointi, luku 10 sekä liite 2.

Pohdittaessa selvitystyön reliabiliteettia, voidaan todeta tämän tutkimuksen olevan toistettavissa samoilla henkilöillä ja siitä voidaan olettaa saatavan vastaavanlaisia tuloksia kohdeyrityksessä. Uudet haastattelut olisi kuitenkin toteutettava mahdollisimman pian tämän selvitystyön jälkeen, koska haastateltujen henkilöiden mielipiteet asioiden tilasta voivat vaihdella projekteittain ja henkilöittäin johtuen juuri viimeaikaisimmista projektikemuksista.

Mikäli aineistoa tarkasteltaisiin toisen tutkijan toimesta, voivat tulokset poiketa tässä selvityksessä esitetyistä, koska tutkijan oletuksilla ja aiemmalla työkokemuksella on vaikutusta siihen, mitä asioita hän selvitystyössään painottaa ja kuinka hän tulkitsee syntyneitä aineistoa. Käytettäessä rinnakkaisia tutkimusmenetelmiä, olisi todennäköisesti havaittavissa tätä selvitystyötä tukevia tuloksia, vaikkakaan haastattelujen avulla saatua vastausten syvyyttä tuskin olisi saavutettavissa esimerkiksi kyselyllä. Tämä selvitystyö on tehty kohdeyrityksen tarpeisiin, eikä sitä tai sen tuloksia voida yleistää laajempaan käyttöön yleispäteviksi toimintatavoiksi ja menetelmiksi.

Pohdittaessa selvitystyön validiteettia, voidaan todeta sen tuottaneen juuri työn kannalta oleellisia tuloksia. Valittu tutkimusmenetelmä soveltui hyvin kehitystyön työkaluksi ja sen avulla saadun aineiston pohjalta kyettiin vastaamaan kaikkiin tutkimuskysymyksiin sekä saavuttamaan kaikki työlle asetetut tavoitteet. Validiteettia kasvatettiin esihaastattelukierroksella, jonka avulla tarkennettiin lopullista teemahaastattelurunkoa. Tämän lisäksi haastattelun avulla saadut tulokset ja niiden pohjalta luotu automaatioprojektin laadunhallinnan prosessimalli esiteltiin haastatteluun osallistuneille, jolloin voitiin varmistua siitä, että kasattu aineisto ja siitä johdetut tulkinnat ovat päteviä.

8 Automaatioprojektin laadunhallinnan prosessimalli

Tässä luvussa käsitellään selvitystyön pohjalta rakennettua automaatioprojektin laadunhallintaprosessia ja siinä sovellettuja malleja ja menetelmiä. Selkeyden vuoksi mallista tehtiin sekä kevennetty (liite 3) että laajennettu (liite 4) malli. Kevennetty malli soveltuu prosessin esittelyyn ja toimintaperiaatteen kuvaamiseen. Laajennettu malli kuvaa puolestaan prosessia jatkumona ja toimii paremmin työtä systematisoivana ohjeistuksena, josta on nähtävissä laajemmin vaiheiden keskeinen sisältö ja keskinäiset riippuvuudet.

Lämmitysmarkkinoissa aiemmin käytössä olleesta automaation projektimallista, niin sanotusta porttikatselmusmallista sekä nykyään käytettävästä HELPPO-projektimallista on selkeästi havaittavissa useita yhteisiä piirteitä kuvan 24 (sivu 36) mukaisen automaation elinkaarimallin kanssa. Näitä yhdistellen luotiin automaatioprojektille laadunhallinnan prosessimalli, joka sisältää samalla projektin elinkaarimallin rakenteen, parhaiksi koettuja käytäntöjä sekä laatua edesauttavia tekijöitä. Laadunhallintaprosessin lähtökohtana on, että pelkällä prosessimallin systemaattisella noudattamisella projektissa saataisiin aikaiseksi mahdollisimman laadukas lopputulos.

Mallia kehitettiin edelleen soveltumaan paremmin juuri Lämmitysmarkkinoiden toimintaympäristöön, jossa tilaajan lisäksi toimivat yleensä sekä tilaajan edustaja eli projektoija että ulkopuolinen automaatiotoimittaja. Prosessimallin avulla pyrittiin kehittämään toimintaa entistä systemaattisemmaksi sekä itseohjaavammaksi. Näiden seikkojen edesauttamiseksi mallissa pyrittiin huomioimaan mahdollisimman kattavasti myös laadunhallintajärjestelmää käsittelevässä luvussa 4.5 listatut laadunhallintajärjestelmän ominaisuudet. Osa näistä vaatii kuitenkin vielä kehitystyötä, minkä johdosta nämä huomioitiin luvun 9 kehitysehdotuksissa.

Koska automaatioprojekti koostuu useista eri sisältöisistä vaiheista, rakennettiin asioiden systematisoimiseksi laadunhallintaprosessia tukeva ja projektin vaiheita jäsentävä laadunhallintadokumentaatio (liite 5), joka toimii myös samalla asiantuntijoiden muistilistana. Tällä pyrittiin vähentämään muistinvaraisten asioiden määrää projektissa. Tästä syystä dokumentaation ulkoasuksi valikoitui niin sanottu ”check list” eli tarkastuslistamalli, perinteisen pöytäkirjamallin sijasta. Tarkastuslistamallinen laadunhallintadokumentaatio koettiin vastaajien keskuudessa yksiselitteisimmäksi tavaksi todeta ja dokumentoida prosessin etenemää hallitusti ja systemaattisesti.

Automaatioprojektilla on myös oleellisia vuorovaikutussuhteita kaikkiin muihin osaprojekteihin, kuten kuvasta 5 (sivu 8) voidaan havaita. Tästä johtuen myös muut osaprojektit vaikuttavat epäsuorasti automaation laadunhallintaan. Tämä seikka pyrittiin huomioimaan mahdollisimman kattavasti syntyneessä laadunhallintadokumentaatioissa. Suurella organisaatiolla toteutetussa projektissa juuri kokonaislaadunhallinnan merkitys korostuu entisestään.

Koska toiminnan jatkuva kehittäminen koettiin nykyisellään haasteeksi, prosessimalliin sovellettiin luvussa 4.6.1 kuvattua laadunohjauksen mallia, jonka pohjalta prosessiin lisättiin jatkuvan kehityksen vaatima projektitulosten käsittely- ja tämän perusteella suoritettava laadunhallinnan kehitysvaihe sekä havaittujen puutteiden poistaminen. Tämän lisäksi prosessimallissa ja siihen liittyvässä laadunhallintadokumentaatioissa huomioitiin kappaleessa 5.3 kuvattuja kelpoistuksen periaatteita. Laajennettu prosessimalli pyrkii kuvaamaan projektin kelpoistus- sekä laadunvalvontatoimia (projektitulosten vaatimustenmukaisuutta) suhteessa kulloiseenkin projektivaiheeseen. Edellä mainittujen elementtien huomioiminen laajensi suunniteltua prosessimallia huomattavasti tehden siitä

hieman tavoiteltua raskastulkintaisemman. Malli kuitenkin päätettiin jättää tähän muotoon, koska siitä on yksiselitteisesti havaittavissa projektin keskeiset vaiheet ja niiden sisältämät toimenpiteet.

Laadunvarmistuksen näkökulmasta laatutyössä onnistumisen mittareina voidaan pitää lisä- ja muutostöiden määrä ja näistä aiheutuvia laatukustannuksia. Edellä mainittujen lisäksi voidaan tarkastelua laajentaa takuuajalle jäävien puutteiden määrään ja niistä aiheutuneisiin kustannuksiin. Pitkällä aikavälillä tavoitteena tulee olla juuri näiden elementtien vähentäminen. Toisaalta toiminnan laadukkuutta voidaan mitata myös suunnitellussa aikataulussa onnistumisella, joskin sen mittaaminen projektituotoisessa työssä voi olla haasteellista, koska aikataulut voivat muuttua ja päivittyä myös muista osaprojekteista johtuvista syistä. Systemaattiset toimintatavat ja oikea-aikaiset työvaiheet parantavat aikataulussa pysymistä. Tämän johdosta prosessimallia tukevassa laadunhallintadokumentaatioissa pyrittiin huomioimaan mahdollisimman kattavasti kulloisenkin työvaiheen keskeisimmät työtehtävät ja toimenpiteet. Prosessimallin toimivuutta voidaan tarkastella hyödyntäen yhtä tai kaikkia edellä mainituista mittareista, mutta oleellisinta on kuitenkin se, että käyttöön valitaan jokin yhteisesti sovittu mittari, jolla laatusuunnittelua ja laadunkehittämistä voidaan ohjata.

Työn tuloksena syntyneitä prosessimallia (liitteet 3 ja 4) laajennettiin vastaamaan paremmin Lämmitysmarkkinoiden käytäntöjä, projektin vaiheita sekä terminologiaa. Projektin perusmallin mukainen maksuliikenne M1.0–M6.0 sekä projektin kannalta oleelliset vakuudet V1.0–V6.0 sijoitettiin laajennettuun prosessimalliin täydentämään projektin vaiheita. Toimittajan suoritteiden vaatimustenmukaisuus todetaan erillisellä kelpoistuspöytäkirjalla, joka sisältyy kulloisenkin projektivaiheen kelpoistusosuuteen. Tällä pöytäkirjalla hyväksytään kulloinkin kyseessä oleva maksuposti M1.0–M6.0 laskutuskelloseksi.

Syntyneessä prosessimallissa projektin tuloksina katsotaan aina syntyvän dokumentaatiota, jonka keräämisestä ja soveltuvuudesta vastaa tilaajan edustaja. Tulokset käsittävät dokumentaatiot D1.0–D7.0. Näiden valmistuttua tilaaja tekee tälle dokumentaatiolle vaatimustenmukaisuustarkastuksen, johon kuuluvat tarkastukset T1.0–T7.0.

Kun tilaaja on katselmoinut ja hyväksynyt projektin tulokset, voidaan siirtyä kelpoistusosuuteen. Kelpoistusosuudessa varmistetaan, että aiemmat vaiheet on hyväksytty sekä

kulloisenkin vaiheen oleelliset työsuoritteet on tehty tai huomioitu. Kelpoistus käsitteä tarkastukset K1.0–K7.0. Kelpoistusvaihe käsitellään aina yhdessä tilaajan sekä tilaajan edustajan kesken. Tällä jaottelulla pyritään siihen, että varsinainen kelpoistusvaihe saadaan käsiteltyä tehokkaasti, koska aikaa vievät suoritteet on todettu jo vaatimustenmukaisuusvaiheessa. Lisäksi niissä mahdollisesti esiintyneet toimenpiteitä vaativat seikat on kyetty jo huomioimaan ennen kelpoistusvaihetta.

Kun projekti on läpäissyt hyväksytysti automaatioprojektin kelpoistusvaiheen ja siirtynyt tuotantokäyttöön, siirrytään laadun kehittämiseen pyrkivään vaiheeseen. Tässä vaiheessa käsitellään syntyneet kelpoistuspöytäkirjat K1.0–K7.0 automaatioasiantuntijoiden kesken pyrkien samalla huomioimaan kaikki merkittävät projektin aikaiset muutokset sekä kokemukset. Näiden pohjalta yhteisesti sovitut päivitykset viedään hankinta- ja projektimäärittelyihin. Tämän vaiheen avulla saadaan oleelliset projektissa tehdyt havainnot siirtymään henkilöiltä ja dokumentaatiosta käytännön tasolle niin, että ne kyetään huomioimaan paremmin tulevissa projekteissa.

Aikaansaadun automaatioprojektin laadunhallinnan prosessimallin voidaan katsoa sisältävän laadunohjausta käsittelevässä kappaleessa kuvatut laadunohjauksen vaiheet, minkä johdosta se voidaan esittelyn ja koulutuksen jälkeen sellaisenaan pilotoida seuraavassa projektissa käytännön käyttökokemusten aikaansaamiseksi.

9 Kehitysehdotukset

Tässä luvussa kuvataan selvitystyön tuloksena syntyneitä kehitysehdotuksia, joiden avulla laatutyötä ja sen kehittämistä tulisi jatkaa tämän selvitystyön jälkeen. Näiden ehdotusten pohjalta voidaan luoda kehityssuunnitelma, jonka lopputuloksena on aikaansaavissa kaikilta osin kappaleessa 4.5 mainitun kaltainen automaatioprojektia varten suunniteltu laadunhallintajärjestelmä.

Selvitystyön avulla aikaansaatuja kehitysehdotuksia ovat:

- Automaationprojektin laadunhallinnan kehitys ja ylläpito vastuutetaan vain yhdelle henkilölle, joka organisoii laadunhallintaprosessia.
- Uutta automaatioinvestointien laadunhallintaprosessia jalkautetaan aktiivisesti esittelemällä sitä aluksi määrävälein automaatioinvestointeihin liittyville asiantuntijoille.

- Luodaan systemaattinen dokumentaatiokokonaisuus, joka tukee kulloinkin kyseessä olevaa projektin vaihetta ja siihen liittyviä tehtäviä.
- Kasataan dokumentaatio niin, että jokaiselle vaaditulle dokumentille löytyy helposti sovellettava malli tai ohjeistus. Panostetaan erityisesti vaatimusten mukaisuuteen, rajapintoihin sekä käyttöönottoon ja koekäyttöön liittyvään dokumentaatioon.
- Dokumentaatiota päivitetään ainoastaan yhteisten näkemysten ja päätösten mukaan, ellei päivitys ole täysin yksiselitteinen.
- Yhdistetään nykyiset tekniset hankintaohjelman liitteet yhdeksi tekniseksi määrittelyksi, jolloin sen ylläpidettävyyden parane ja ristiriidat poistuvat.
- Tehdään teknisestä määrittelystä eri laajuisiin projekteihin mahdollisimman hyvin soveltuvat versiot ja niitä kehitetään jatkossa yhdessä paikassa.
- Pyritään karsimaan liiallinen tekninen osuus pois hankintaohjelmista ja keskittämään ne edellä mainittuun tekniseen määrittelyyn, jotta hankintaohjelman sisältöä kyetään selkeyttämään.
- Muutostenhallintadokumentaatio ja koestuspäiväkirja tarkastetaan ja pyritään jatkossa varmistamaan, että näihin kirjatut asiat päätyvät lopulta loppudokumentaatioon.
- Lisätään muutostenhallintadokumentaatioon muutoksen juurisyytä kuvaava tieto, jolloin muutokseen johtaneita syitä voidaan helpommin analysoida jälkikäteen.
- Tarkennetaan muutoshallintaa erityisesti ohjelmallisten ja toiminnallisten muutosten osalta yksiselitteisemmäksi ja helpommin ylläpidettäväksi.
- Käydään kaikkien osapuolten kanssa läpi muutostenhallintakäytännöt ja kirjattavien asioiden tarkkuus sekä vastuutetaan sen ylläpito projektissa.
- Kasataan työryhmä oleellisista liiketoiminnoista ja asiantuntijaryhmistä, jonka tehtävänä on kokoontua säännöllisin määräajoin, mutta vähintään jokaisen projektin jälkeen analysoimaan kulloisenkin projektin automaatioon liittyviä havaintoja.
- Määritetään työryhmän kesken projektien lähtötietojen tavoitetaso esisuunnittelun tehostamiseksi.
- Määritetään työryhmän kesken mielekkäät investointien pisteytysmallit.
- Tarkennetaan työryhmän kesken vaatimustasoa toimittajan referensseille.
- Selvitetään työryhmän kesken kuinka elinkaariasiat kyettäisiin huomioimaan tehokkaammin hankinnoissa sekä kunnossapidossa.

- Toiminnan onnistumisen mittareina seurataan jatkossa lisätöiden sekä takuuajan puutteiden määrää ja kustannuksia pyrkien vaikuttamaan niihin laskevasti juuri systemaattisen toimintamallin avulla.
- Kehitetään uutta laadunhallinnan prosessimallia aktiivisesti kokemusten ja havaintojen perusteella, jotta siitä saadaan mahdollisimman tehokas projektitoiminnan apuväline.

10 Yhteenveto

Selvitystyön tutkimusasetelma ja siinä apuna käytetyt menetelmät osoittautuivat toimiviksi ja niiden avulla saavutettiin selvitystyölle määritetyt tavoitteet, jotka on esitelty tarkemmin kappaleessa 7.2.

Työssä selvitettiin automaation laadunhallintaan ja kehittämiseen oleellisesti liittyviä käytäntöjä ja menetelmiä. Näitä hyödyntäen toteutettiin työn tilaajaorganisaatiossa kattava nykytilanteen selvitystyö, jonka pohjalta suunniteltiin mahdollisimman hyvin käyttöön soveltuva automaatioprojektin prosessimalli. Tätä täydennettiin vielä laadunhallinnan kannalta oleellisemmaksi koettujen havaintojen perusteella sekä kirjallisuudesta löytyneillä laatu edistävillä elementeillä. Tästä kehitettyä mallia voidaan pitää lopulta automaatioprojektin laadunhallinnan prosessimallina, jossa on myös pyritty huomioimaan toiminnan jatkuvan kehittämisen edellyttämiä ominaisuuksia.

Selvitystyöhön suhtauduttiin haastateltavien keskuudessa positiivisesti ja sen merkitys koettiin tärkeäksi. Kaikilla haastatteluun osallistuneilla tuntui myös aidosti olevan toiveena asioiden kehittäminen, minkä johdosta aikaansaadut havainnot olivat erittäin kattavia ja käyttökelpoisia.

Automaatioprojektin laadunhallinnasta kyettiin löytämään runsaasti kehitysalueita. Näiden perusteellinen selvittäminen oli ensiarvoisen tärkeää laadun jatkuvan ylläpidon ja kehityksen kannalta. Selkeillä ja laadukkailla toimintatavoilla voidaan aikaansaada selkeitä kustannussäästöjä sekä tehostaa ajankäyttöä. Systemaattinen toiminta johtaa asioiden oikea-aikaisuuteen vähentäen näin kiireessä tehtyjä työvaiheita ja niihin mahdollisesti liittyvää, kiireen aikaansaamaa niin sanottua laadun alenemaa. Tästä syystä se pyrittiin huomioimaan työssä mahdollisimman kattavasti. Edellä mainituilla seikoilla on lopulta oleellinen vaikutus projektien lisätöiden sekä takuuajalle jäävien puutteiden määrään ja niiden kuntoon saattamiseen kuluvaan aikaan sekä kustannuksiin.

Saatujen tulosten perusteella voidaan todeta, että automaation tulisi ehkä ottaa entistä enemmän roolia eri osa-alueiden yhdistävänä tekijänä, koska näissä tapahtuvat virheet tai suunnittelupoikkeamat usein kumuloituvat automaatioprojektiin odottamattomina yllätyksinä. Tämän vuoksi automaation laadunhallintaprosessiin lisättiin toimia, joilla automaatiolähtöisesti pyritään kehittämään muutostenhallintaa suorittamalla muihin osaprojekteihin liittyviä varmistuksia projektin eri vaiheissa. Tällä voidaan katsoa olevan asioiden henkilöriippuvuutta ja inhimillisiä virheitä vähentävä vaikutus, kunhan mallit ja käytännöt vain on ensin esitelty ja koulutettu henkilöstölle ja niiden jalkautustyö käytäntöön on onnistunut. Ilman edellä mainittuja seikkoja ei hyväkään toimintamalli kykene tuottamaan siitä saatavissa olevia hyötyjä.

Aikaansaatua prosessimallia esiteltiin haastatteluihin osallistuneelle projektihenkilöstölle, jonka pohjalta lopulliseen muotoonsa päivitetty malli otettiin koekäyttöön ensimmäiseen projektiin. Projektista saatavia kokemuksia ei tosin kyetä hyödyntämään vielä tämän työn aikana, koska pilottiprojekti päättyy vasta loppuvuodesta 2015. Vasta tämän jälkeen mallia voidaan kehittää käytännön havaintojen perusteella.

Systemaattisella laatuajattelulla ja -toiminnalla automaatioprojektissa voidaan aikaansaada huomattavaa laatukustannusten laskua, mikä on erittäin oleellista toiminnan tehostamisen kannalta. Aikataulukus ja resurssien käyttö tehostuu, mikä edesauttaa projektitoiminnan sekä lopputuotteen laadun kasvua. Tällöin aikaansaadaan kustannustehokkaasti tuotantolaitos, mikä kykenee toimimaan laadukkaasti koko suunnitellun elinkaarensa ajan vähentäen samalla automaatioprojektin kokonaislaatukustannuksia. Tämä on omiaan lisäämään myös liiketoiminnan kilpailukykyä pitkällä aikavälillä.

On ensiarvoisen tärkeää jatkaa laatutyötä ja toiminnan kehittämistä myös jatkossa sekä pyrkiä jalkauttamaan niitä tehokkaasti projektin normaaleiksi toimintatavoiksi. Vasta tällöin laadunhallinnan avulla saatavissa olevat hyödyt ovat täysin saavutettavissa.

Lähteet

- 1 Liiketoimintamme. 2014. Verkkodokumentti. Helsingin Energia. <<http://www.helen.fi/Kotitalouksille/Neuvoa-ja-tietoa/Tietoa-meista/Liiketoimintamme/>>. Luettu 6.8.2014.
- 2 Spectrum-projektiesitys 2014. Sisäinen verkkodokumentti. Helen. Luettu 10.2.2015.
- 3 Riipinen, Marko. 2014. Sisäinen verkkodokumentti. DHC Katri Vala 29.2.2014. Luettu 6.8.2014.
- 4 Perustietoa Helenistä. 2014. Sisäinen verkkodokumentti. Helen. Luettu 5.2.2015.
- 5 Helsingin Energian avainluvut. 2013. Esite. Helsingin Energia.
- 6 Helen Smartcity. 2014. Sisäinen verkkodokumentti. Helen. Luettu 5.2.2015.
- 7 Organisaatiomme. 2014. Verkkodokumentti. Helsingin Energia. <<http://www.helen.fi/Kotitalouksille/Neuvoa-ja-tietoa/Tietoa-meista/Organisaatiomme/>>. Luettu 10.8.2014.
- 8 Takala, Mikko. 2012. Tuotantokriittisen prosessiverkkoympäristön valvonta. Diplomityö. Aalto-yliopisto.
- 9 Suomen Automaatioseura ry. 2013. Teollisuuden automaatio ja ohjausjärjestelmät. Standardien valinta ja käyttö. Helsinki. Suomen Automaatioseura ry.
- 10 Ylén, Jean-Peter et al. 2010. Automaatio liiketoimintaprosessien tukena. Helsinki. Tekes.
- 11 Suomen Automaatioseura ry. 2001. Laatu automaatiossa. Parhaat käytännöt. Helsinki. Suomen Automaatioseura ry.
- 12 Suomen Automaatioseura ry. 2005. Automaatiosovellusten ohjelmistokehitys. Helsinki. Suomen Automaatioseura ry.
- 13 Örn, Jukka. 2015. Kunnonhallintapäällikkö. Helen Oy. Helsinki. Keskustelu 11.2.2015.

- 14 Suomen Automaatioseura ry. 2010. Teollisuusautomaation tietoturva. Verkottumisen riskit ja niiden hallinta. Helsinki. Suomen Automaatioseura ry.
- 15 Suomen Automaatioseura ry. 2007. Automaatiosuunnittelun prosessimalli. Yhteiset käsitteet verkottuneen suunnittelun perustana. Helsinki. Suomen Automaatioseura ry.
- 16 Kippo, Asko. Tikka, Aimo. 2008. Automaatiotekniikan perusteet. Helsinki. Edita Prima Oy.
- 17 Aalto, Hans. 2015. Senior Consultant. Neste Jacobs Oy. Helsinki. Sähköpostiviesti Mikko Korpisalolle 27.3.2015.
- 18 Hokkanen, Simo. Strömberg. 2006. Laatuun johtaminen. Jyväskylä. Sho Business Development Oy.
- 19 Haikala, Jussi. Märijärvi, Jukka. 2006. Ohjelmistotuotanto. Helsinki. Talentum.
- 20 Pitko, Markku. 2011. Verkkodokumentti. Suomen Standardoimisliitto SFS ry. <<http://www.sfsedu.fi/files/126/KalvosarjaoppilaitoksilleISO9000versioSFSedusivustolle.pdf>>. Luettu 6.2.2015.
- 21 Lillrank, Paul. 2003. Laatuajattelu. Laadun filosofia, tekniikka ja johtaminen tietoyhteiskunnassa. Helsinki. Otava.
- 22 Laatuksikirjan laatimismalli. 2014. Verkkodokumentti. Finanssialan keskusliitto. <http://www.fkl.fi/materiaalipankki/hakemukset/Dokumentit/ISO_9001_2008_Laatuksikirjan_laatimismalli_FK2009.pdf>. Luettu 22.11.2014.
- 23 Andersson, Paul H. Tikka, Heikki. 1997. Mittaus- ja laatutekniikat. Porvoo. WSOY.
- 24 Turva-automaatio prosessiteollisuudessa. 2008. Verkkodokumentti. Turvatekniikan keskus. < http://www.tukes.fi/Tiedostot/kemikaalit_kaasu/Turva-automaatio_prosessiteollisuudessa.pdf >. Luettu 15.3.2015.
- 25 Lumijärvi, Ismo. Jylhäsaari, Jussi. 2000. Laatujohtaminen ja julkinen sektori. Helsinki. Gaudeamus.

- 26 Esitysaineistoa opetuksen ja oppimisen tueksi. 2012. Verkkodokumentti. Sesko. <http://www.sesko.fi/portal/fi/oppilaitoksille/esitysaineistoa_opetuksen_ja_oppimisen_tueksi/>. Luettu 11.8.2014.
- 27 Prosessiteollisuuden Standardoimiskeskus 2014. PSK internet – sivut. <http://www.psk-standardisointi.fi/Alasivut/Toiminta.htm>. Luettu 27.9.2014.
- 28 HELPPO Tietoisku. 2011. Esite. Suomen Projekti-instituutti Oy. Helsingin Energia.
- 29 Ojasalo, Katri. Moilanen, Teemu. Ritalahti, Jarmo. 2009. Kehittämistyön menetelmät. Uudenlaista osaamista liiketoimintaan. Helsinki. WSOYpro Oy.
- 30 Anttila, Pirkko. 2005. Ilmaisu, teos, tekeminen ja tutkiva toiminta. Hamina. Akatiimi Oy.
- 31 Laine, Markus. Bamberg, Jarkko & Jokinen Pekka. 2007. Tapaustutkimuksen taito. Helsinki. Oy Yliopistokustannus, HHY Yhtymä.
- 32 Tuomi, Jouni. Sarajärvi, Anneli. 2002. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Jyväskylä. Kustannusosakeyhtiö Tammi.
- 33 Hirsjärvi, Sirkka & Hurme, Helena. 2001. Tutkimushaastattelu. Teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Yliopistopaino. Helsinki.
- 34 Kananen, Jorma. 2013. Case-tutkimus opinnäytetyönä. Jyväskylä. Jyväskylän ammattikorkeakoulu.
- 35 Saaranen-Kauppinen, Anita. Puusniekka, Anna. 2006. KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto [verkkojulkaisu]. Sisällönanalyysi. Tampere. <<http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/>>. Luettu 3.2.2015.
- 36 Haapaniemi, Joose. 2014. Järjestelmäasiantuntija. Helen ICT-palvelut. Helsinki. Sähköpostiviesti Mikko Korpisalolle 15.10.2014.

Teemahaastattelun kysymykset

Tekniset hankintakäytännöt:

1. Millainen mielikuva sinulla on tämän hetkisten teknisten hankintakäytäntöjen tilasta/tasosta?
2. Saadaanko nykykäytännöillä ja -määrittelyillä parhaat mahdolliset toimittajat ja laitteet? Perustele näkemyksesi.
3. Ovatko automaation hankintakäytännöt kaikille osapuolille selkeät? Perustele näkemyksesi.
4. Saadaanko nykykäytännöillä ja -määrittelyillä helposti vertailukelpoiset tarjoukset? Perustele näkemyksesi.
5. Onko hankintakäytännöissä tarpeetonta tulkinnanvaraisuutta? Perustele näkemyksesi.
6. Aiheutuuko projekteihin sellaisia lisäkustannuksia, jotka olisivat estettävissä teknisiä hankintakäytäntöjä kehittämällä? Perustele näkemyksesi.
7. Löydätkö nykyisistä hankintakäytännöistä kehitettävää/tekisitkö jotain toisin?

Tekninen hankintadokumentaatio:

1. Millainen mielikuva sinulla on tämän hetkisten teknisten hankintadokumenttien tilasta/tasosta?
2. Ymmärtävätkö toimittajat hankintadokumentaation halutulla laajuudella? Perustele näkemyksesi.
3. Onko käytössä olevan dokumentaation päivitys ja ylläpitokäytännöt selviä? Perustele näkemyksesi.
4. Onko viimeisimpien hankintadokumenttien löytäminen helppoa? Perustele näkemyksesi.
5. Soveltuuko hankintadokumentaatio hyvin eri laajuisiin projekteihin? Perustele näkemyksesi.
6. Onko hankintadokumentaation jäsentely mielekäs? Perustele näkemyksesi.

7. Onko hankintadokumentaatiossa tarpeetonta tulkinnanvaraisuutta? Perustele näkemyksesi.
8. Puuttuuko dokumentaatiosta jokin määrittely tai osa-alue? Perustele näkemyksesi.
9. Onko hankintadokumentaatio ajan tasalla? Perustele näkemyksesi.
10. Onko muilla osaprojekteilla tarvittava tieto automaation niihin kohdistamista vaateista jo hankintamäärittelyvaiheessa? Perustele näkemyksesi.
11. Ovatko hankintavaiheessa eri osaprojektien rajapintatiedot ja -dokumentaatio ajan tasalla? Perustele näkemyksesi.
12. Aiheutuuko projekteihin sellaisia lisäkustannuksia, jotka olisivat estettävissä hankintadokumentaatiota kehittämällä? Perustele näkemyksesi.
13. Löydätkö nykyisistä hankintadokumenteista kehitettävää/tekisitkö jotain toisin?

Projektikäytännöt:

1. Millainen mielikuva sinulla on tämän hetkisten projektikäytäntöjen tilasta/tasosta?
2. Ovatko projektin vastualueet selkeät? Perustele näkemyksesi.
3. Onko perehdytys ollut riittävää? Perustele näkemyksesi.
4. Onko automaatioprojektin vaiheistus ja tehtävät selkeät? Perustele näkemyksesi.
5. Onko aikataulutuksessa kehitettävää? Perustele näkemyksesi.
6. Aiheutuuko projektissa tilaajan ja toimittajan välille projektinnista johtuvia epäselvyyksiä? Perustele näkemyksesi.
7. Onko automaatioprojektin etenemä oikea-aikaista? Perustele näkemyksesi.
8. Ovatko projektivaiheessa eri osaprojektien rajapintatiedot ajan tasalla? Perustele näkemyksesi.

9. Ovatko automaatioprojektin käytännöt selvillä kaikilla osapuolilla? Perustele näkemyksesi.
10. Onko toimittajan projektikäytännöissä parannettavaa? Perustele näkemyksesi.
11. Löydätkö nykyisistä projektikäytännöistä kehitettävää/tekisitkö jotain toisin?

Projektidokumentaatio:

1. Millainen mielikuva sinulla on tämän hetkisten projektidokumentaation tilasta/tasosta?
2. Onko projektidokumentaatioissa tarpeetonta tulkinnanvaraisuutta? Perustele näkemyksesi.
3. Tukeeko automaatioprojektin määrittelydokumentaatio ja käytännöt koestuksia ja käyttöä? Perustele näkemyksesi.
4. Puuttuuko jokin määrittely tai osa-alue? Perustele näkemyksesi.
5. Koetko, että valmis laitos on koestettu tilaajavaatimusten mukaisesti? Perustele näkemyksesi.
6. Ovatko projektin testaus- ja koestusohjeistukset ja -käytännöt selkeästi määritetty? Perustele näkemyksesi.
7. Dokumentoidaanko koestukset ja käyttöönotto tarpeeksi hyvin? Perustele näkemyksesi.
8. Löydätkö nykyisistä projektidokumenteista kehitettävää/tekisitkö jotain toisin?

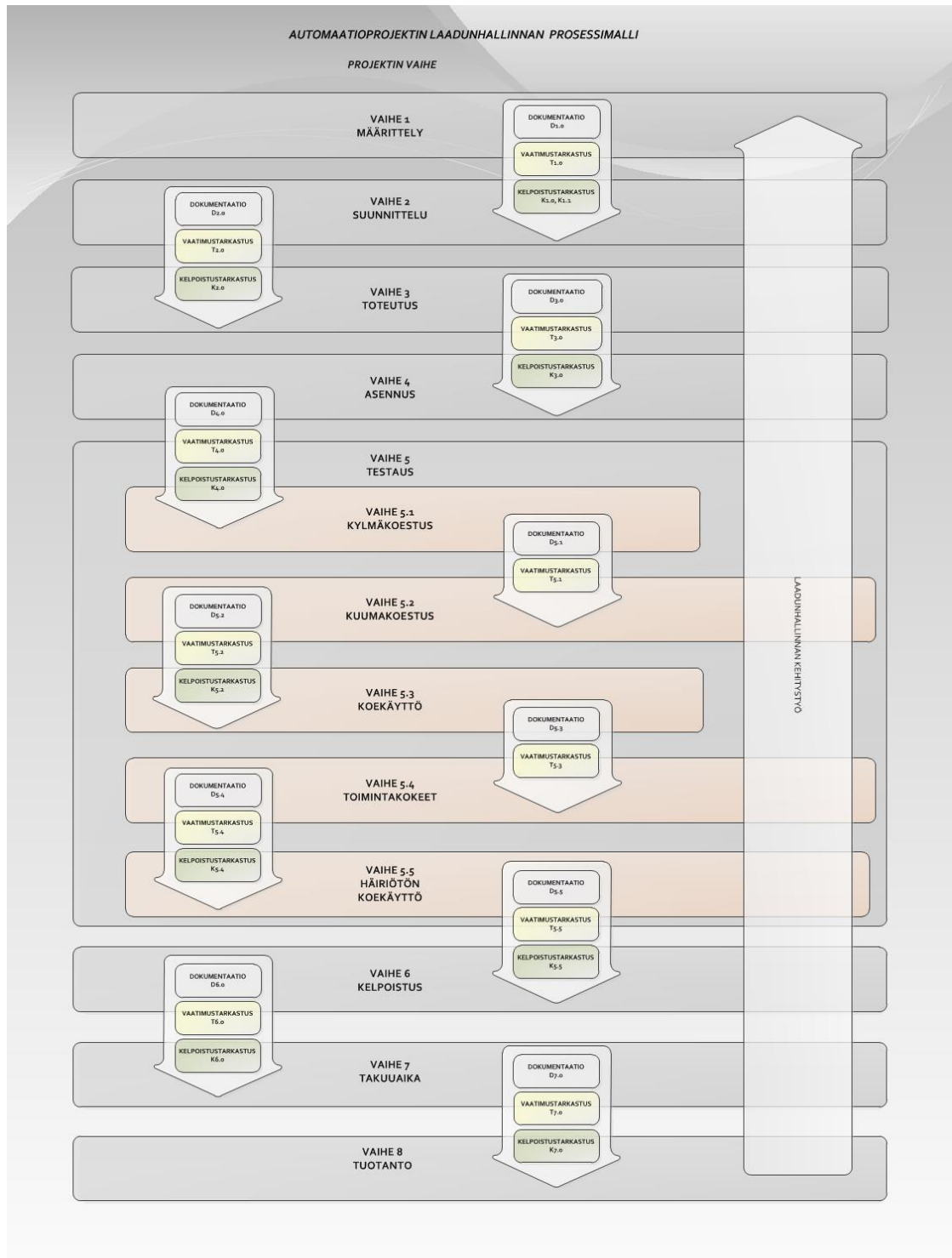
Automaatioinvestointien laatu:

1. Ovatko automaation hankinta- sekä projektikäytännöt mielestäsi laadukkaat? Perustele näkemyksesi.
2. Onko tilaajan toiminta laadukasta? Perustele näkemyksesi.
3. Ovatko automaation laadunvarmistuskäytännöt selkeät? Perustele näkemyksesi.
4. Ovatko automaation kelpoistuskäytännöt selkeät? Perustele näkemyksesi.

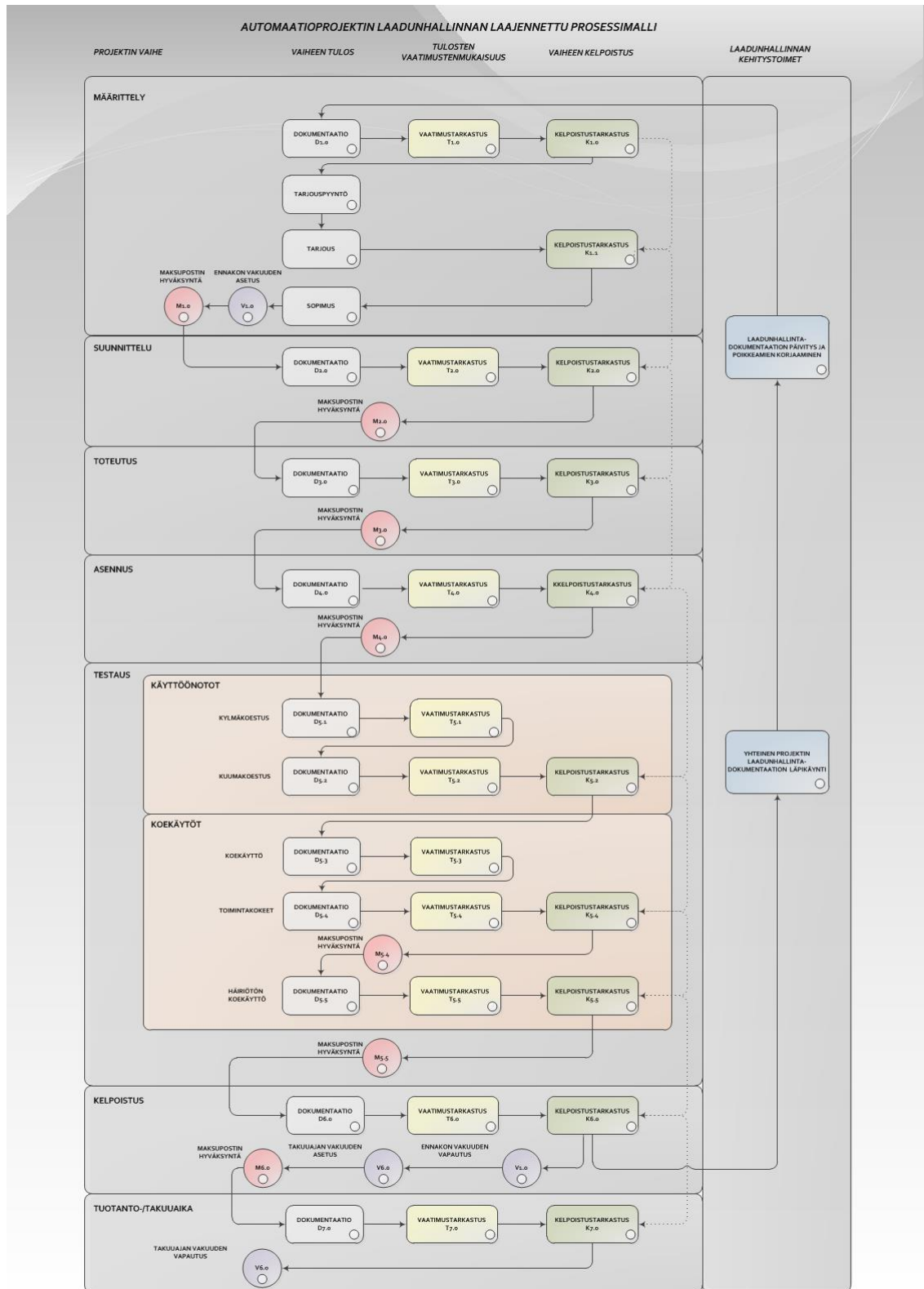
5. Onko toimittajan toiminta laadukasta? Perustele näkemyksesi.
6. Onko tilaajalla ja toimittajalla sama käsitys tavoitellusta laatutasosta? Perustele näkemyksesi.
7. Valvooko toimittaja toimituksensa laatua tarpeeksi? Perustele näkemyksesi.
8. Saadaanko projekteissa laadukas lopputulos? Perustele näkemyksesi.
9. Koetko, että projektin lopuksi laitos toimii tilaajavaatimusten mukaisesti ja vaa-dittu laatutaso on saavutettu? Perustele näkemyksesi.
10. Käytetäänkö laitoksia oikein? Perustele näkemyksesi.
11. Käytetäänkö laitoksia optimaalisesti? Perustele näkemyksesi.
12. Olisiko laitoksen toimintojen yksityiskohtaisella optimoinnilla/virittämisellä saa-vutettavissa oleellista laatutason kasvua? Perustele näkemyksesi.
13. Oletko aiemmissa työtehtävissä havainnut parempia käytäntöjä tai hankinta-, projektointi-, tai laatumäärittelyjä? Perustele näkemyksesi.
14. Hyödynnetäänkö aiempien projektien projektikokemuksia ja havaintoja tar-peeksi? Perustele näkemyksesi.
15. Onko aiempien projektien elinkaari toteutunut halutusti? Perustele näkemyk-sesi.
16. Mikä suuntaus automaatioprojektien loppulaadussa on tällä hetkellä, laskeva, staattinen vai nouseva? Perustele näkemyksesi.

Haastattelutulosten tulkinnat teema-alueittain (salattu liite)

Automaatioprojektin laadunhallinnan prosessimalli



Automaatioprojektin laajennettu laadunhallinnan prosessimalli



Automaatioprojektin laadunhallintadokumentaatio (salattu liite)

Tiedonsiirtoverkkojen periaatekuva, mukailtu lähteestä [36] (salattu liite)

SCADA-järjestelmän periaatekuva, mukailtu lähteestä [2]. (salattu liite)