

Jari Koski

LVI- ja sprinklerijärjestelmien yhteensovitus keräilyautomaatiojärjestelmään

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari, LVI (AMK)

Mestarityö

12.9.2013

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Jari Koski LVI- ja sprinklerijärjestelmien yhteensovitus keräilyautomaatiojärjestelmään 28 sivua + 1 liite 12.9.2013
Tutkinto	rakennusmestari, LVI (AMK)
Koulutusohjelma	rakennusalan työnjohto
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-tekniikan työnjohto
Ohjaajat	työpäällikkö Kim Bono tuntiopettaja Petri Hannuniemi
<p>Opinnäytetyön aiheena on LVI- ja sprinklerijärjestelmien yhteensovitus keräilyautomaatiojärjestelmään. Työ tehtiin toimeksiantona Lemminkäinen Talo Oy:lle. Opinnäytetyön tavoitteena on esittää projektinjohtourakoitsijan tehtävät ja vastuut taloteknisten järjestelmien töiden yhteensovituksessa sekä osoittaa luovutusvaiheen töiden kulku.</p> <p>Opinnäytetyössä tuotiin esiin käyttäjän ja keräilyautomaatiojärjestelmän asettamat vaatimukset, yleisesti käytössä olevat määräykset ja säädökset taloteknisille järjestelmille sekä keinot, joilla projektinjohtourakoitsija pystyy ohjaamaan ja jaksottamaan eri työvaiheet koko rakennusprojektin ajalla. Kävi ilmi, että töiden aikataullinen suunnittelu ja luonteva asennustöiden suorittaminen on haastavaa, kun tarvittavien lähtötietojen määrä on vähäinen. Lisäksi työssä painotettiin työturvallisuutta edistävien ja ylläpitävien toimintojen huomiointia osana projektinjohtourakoitsijan vastuualuetta.</p> <p>Vastaanotto- ja luovutusvaiheen tarkastuksien ja käyttökokeiden oikeaoppinen hallinta ja huolellinen laadunvarmistus osoitettiin tärkeäksi osaksi projektin valmistumista. Havaittiin, että aikataulun pitävyys ja järjestelmien toimivuuden takaaminen hankkeen kaikissa tilanteissa on onnistuneen luovutuksen kannalta ensisijaisen tärkeää.</p> <p>Tämän työn tulevaisuuden tarkoituksena on toimia työkaluna ja ohjelistana hankkeissa, joissa keräilyautomaatiojärjestelmä tai muu vastaava erikoisjärjestelmä asettaa taloteknisille asennuksille normaalikäytäntöä tarkemmat vaatimukset ja raja-arvot.</p>	
Avainsanat	laadunvarmistus, projektinjohto, talotekniikka, yhteensovitus

Author Title Number of Pages Date	Jari Koski Coordination of HVAC and sprinkler systems to an automated picking system 28 pages + 1 appendice 12 September 2013
Degree	Bachelor of Construction Management
Degree Programme	Construction Site Management
Specialisation option	HVAC Engineering
Instructors	Kim Bono, Project Manager Petri Hannuniemi, Senior Lecturer
<p>The aim of the final year project was to present a project management contractor's duties and responsibilities as the installation of HVAC and sprinkler systems is coordinated with automated picking system. Another goal was to point out the policies used in the handover.</p> <p>For the project, the requirements set by, on one hand, the automated picking system, and, on the other hand, by the end user were studied. Also, a list of the ways in which the project management contractor ensured that the requirements were met was collected. The project showed that it is difficult, firstly, to create the schedule for the installations of HVAC and sprinkler systems, and secondly, carry them out carefully if the amount of information provided is minimal. The project also compiled the most relevant safety issues that must be taken into account throughout installation.</p> <p>The Bachelor's thesis showed that the takeover and handover inspections, operational tests as well as careful quality assurance were important parts of the completion of a construction project. In the future, the thesis is to be used as a tool and check list in projects where an automated picking system or other similar special system sets more accurate requirements and limits for HVAC and sprinkler installations.</p>	
Keywords	quality assurance, project management, HVAC, coordination

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Logistiikkarakennus ja keräilyautomaatiojärjestelmä	2
2.1	Logistiikkarakennus	2
2.2	Keräilyautomaatiojärjestelmä	3
3	Taloteknisille järjestelmille asetetut vaatimukset	5
3.1	Käyttäjän vaatimukset	5
3.1.1	Sisäilmasto	5
3.1.2	Paloturvallisuus	6
3.2	Keräilyautomaatiojärjestelmän asettamat vaatimukset	6
4	Projektinjohtourakoitsijan tehtävät	8
5	Töiden yhteensovitus ja aikataulus	9
5.1	Asennukset keräilykäytäväalueilla	9
5.1.1	Malliasennus	9
5.1.2	Vastaanotto- ja luovutusprotokollat	10
5.1.3	Valvontavinjetti	11
5.2	Kokoukset ja palaverit	12
5.2.1	Erillinen urakoitsijapalaveri	12
5.2.2	Risteilypalaverit	12
5.3	Asennukset rajapinnassa	13
5.4	Sprinklerijärjestelmän asennustyöt	15
6	Luovutusvaiheen työt	17
6.1	Itselle luovutus ja asennustapataulukot	19
6.2	Toimintakokeet	20
6.2.1	Määritelmä ja käytettävät menetelmät	20
6.2.2	Ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokitus ja toimintakokeet	21
6.3	Mittaus- ja säätötyöt	21
6.4	Käyttökokeet	22
6.4.1	Käyttöhenkilökunnan koulutus	22
6.4.2	LVI-järjestelmien käyttökokeet	23

6.4.3	Sprinklerijärjestelmän käyttökokeet	23
6.4.4	Poikkeustilanteiden toimintojen varmistuskoe	23
7	Yhteenveto	25
	Lähteet	26
	Liitteet	
	Liite 1. Aikatauluennuste	

Lyhenteet ja käsitteet

CEA	Euroopan vakuutus- ja jälleenvakuutusalan keskusliitto
DPS	Dynamic Picking System. Keräilyautomaatiojärjestelmä.
PJU	projektinjohtourakoitsija

1 Johdanto

Energiatehokkuus sekä jatkuvasti tiukentuvat sisäilmastoon ja energian säästöön kohdistuvat vaatimukset asettavat talotekniikan järjestelmille uusia haasteita. Rakennusteknisen ja taloteknisen asennusten yhteensovitus keräilyautomaatiojärjestelmän kanssa on toteutettava parhaalla mahdollisella tavalla. Kiinteistöissä tapahtuville toiminnoille saadaan nykyaikaisilla järjestelmillä tuotettua yksilölliset, käyttäjälähtöiset ja hallitut olosuhteet. Oikein suunniteltuna, toteutettuna ja käytettynä rakennuksen elinikä pitenee. Logistiikkarakentaminen poikkeaa hyvin paljon tavanomaisesta liike- ja toimitilarakentamisesta. Suurista pinta-ala- ja tilavuusmitoista huolimatta Suomen rakentamismääräykset asettavat logistiikkarakennuksille korkeat laatu- ja turvallisuusvaatimukset.

Opinnäytetyö tehdään Lemminkäinen Talo Oy:n toimeksiannosta. Työn keskeinen arvo on kehittää projektinjohtourakoitsijan toimintaa vastaavissa rakennushankkeissa. Aiheen valintaan vaikutti suuresti se, että mittakaavaltaan vastaavanluontoisista järjestelmien yhteensovituksista ei vielä Suomessa ole paljoa toteutusteknisiä kokemuksia. Tiukkojen turvallisuus- ja laatuvaatimusten vuoksi keräilyautomaatiojärjestelmän ja talotekniikan järjestelmien yhteensovitus vaatii oman yksilöllisen toimintamallin.

Työssä on tarkoitus antaa lukijalle käsitys siitä, kuinka käsiteltävien järjestelmien asennustöiden yhteensovitus tapahtuu ja miten työ saadaan jaksotettua luontevasti koko rakennusprojektin ajalla. Työssä tarkastellaan Sipoon Logistiikkakeskuksen päärakennuksen erillisen automaattisen keräilyautomaatiojärjestelmän yhteyteen tehtyjen lämmitys-, jäähdytys-, ilmanvaihto-, ja sprinklerijärjestelmien asennusjärjestystä ja töiden yhteensovittamista projektinjohtourakoitsijan näkökulmasta. Lisäksi työssä paneudutaan työkohteen asennusten aikatauluttamiseen, asennustapa- ja käyttöönototarkastuksien suorittamiseen sekä työalueen vastaanotossa ja luovutuksessa käytettäviin menetelmiin. Käytettyjä menetelmiä verrataan LVI-alan yleisiin käytäntöihin. Työssä ei käsitellä sähkö-, rakennusautomaatio- eikä keräilyhyllyn automaatiojärjestelmiä.

Työn tavoitteena on tuoda esiin ne keinot, joilla voidaan hallitusti toteuttaa yhteensovitus ja näin ehkäistä ja välttää vastaavanlaisissa hankkeissa esiin tulevia ongelmia. Toisena työn tavoitteena on esittää toteutusvaiheen tarpeet ja täten toimia apuvälineenä talotekniikan järjestelmien laadukkaalle suunnittelulle vastaavanlaisissa hankkeissa.

2 Logistiikkarakennus ja keräilyautomaatiojärjestelmä

2.1 Logistiikkarakennus

Sipoon Logistiikkakeskus sijaitsee Sipoon kunnassa, Martinkylän kaupunginosassa. Viiden rakennuksen laajuinen rakennuskohde koostuu logistiikkarakennuksesta, aputoimirakennuksesta, huoltorakennuksesta, porttirakennuksesta sekä logistiikkarakennuksen ja aputoimirakennuksen yhdistävästä yhdyssillasta. Rakennuksista suurimman logistiikkarakennuksen bruttopinta-ala on 73 142 br^m ja bruttotilavuus 1 057 600 br^m³. Muut rakennukset ovat bruttoalaltaan sekä bruttotilavuudeltaan huomattavasti pienempiä.

Kohteen rakennuttajana on SOK Kiinteistötoiminnot, joka on osa suurempaa S-ryhmää. Kohde vuokrataan edelleen S-ryhmän tytäryhtiölle Inex Partnersille. Rakennushankkeen keskeisenä ajatuksena on logistiikkatoiminnan tehostaminen sekä tavaraliikenteen parantaminen sijoittamalla rakennus liikenneyhteyksien kannalta keskinäiselle alueelle. Sipoon Logistiikkakeskus toimii S-ryhmän koko maan laajuisena käyttötavaran jakelun keskipisteenä. Rakennushanke on yksi S-ryhmän historian mittavimmista projekteista.

Kiinteistön lämpö- ja jäähdytysenergia tuotetaan alueella olevasta alueellisesta lämpökeskuksessa energiatoimittajan tuottamana, pois lukien porttirakennus, jolle on oma lämmöntuotto. Energiantuottojärjestelmä on keskitetty hybridijärjestelmä, joka tuottaa sekä lämpö-, että jäähdytysenergiaa edullisesti alhaisilla hiilidioksidipäästöillä. Järjestelmä koostuu geoenergiaa hyödyntävästä lämpöpumppulaitoksesta sekä pääosin kotimaista bioenergiaa käyttävästä kattilalaitoksesta.

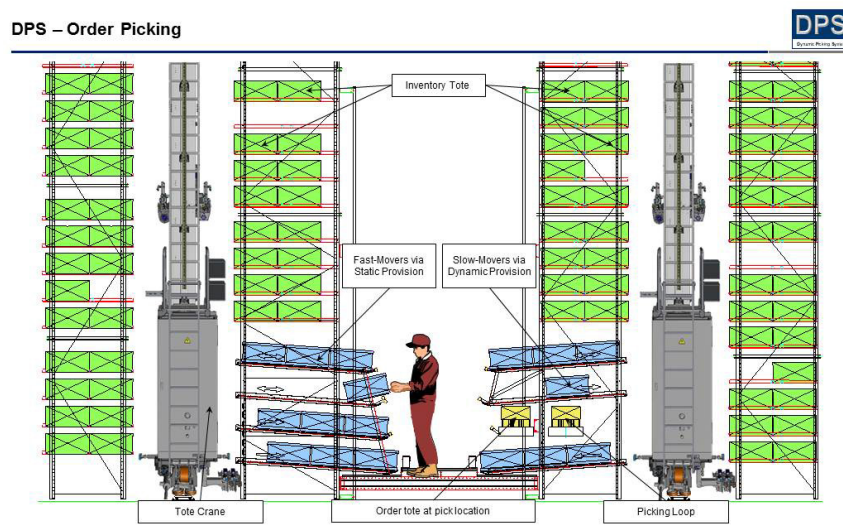
Geoenergia on maa- ja kallioperään sekä vesistöihin varastoitunutta, uusiutuvaa energiaa. Suomessa tämä energia on peräisin pääosin auringosta ja osin maan uumenista. Geoenergiaa voidaan hyödyntää rakennusten lämmityksessä ja viilennyksessä lämpöpumpun avulla. [1]

Täydentävä huippu- ja varateho tuotetaan raskasöljykattiloilla. Jäähdytys tuotetaan myös alueellisessa lämpökeskuksessa, pääosin geoenergialla. Geoenergia tuotetaan kallioperään poratusta geoenergiakentästä, josta se siirretään putkistojen välityksellä energiakeskukseen. Talviaikana kenttää käytetään lämmön tuottoon ja kesällä vapaajäähdytysenergian tuottoon.

Tekniset tilat keskittyvät rakennuksesta ulkonevien porrashuoneiden yhteyteen. Porrashuoneita on kymmenen kappaletta; viisi porrashuonetta rakennuksen vastakkaisilla sivuilla. Porrashuoneiden pohjalla, maan alla, sijaitsevat geoenergiakeskukset. Geoenergiakeskusten pumpuilta lähtevät primääriputket nousevat rakennuksen sisäpuolella kunkin porrashuoneen huipulle tekniseen tilaan, jossa sijaitsevat lämmönsiirtimet, sekä ilmastointikoneet. Sprinkleripumppaamo sijaitsee erillisessä huoltorakennuksessa. Sammutusvesi otetaan altaasta, joka on rakennettu huoltorakennuksen viereen maan alle. Sammutusvesi tuodaan huoltorakennuksesta syöttöputkella yhteen pohjoispuolen geoenergiakeskuksista, jossa se haaroitetaan märkähälytysventtiileille.

2.2 Keräilyautomaatiojärjestelmä

Logistiikkarakennuksen keräilytoiminnot jakautuvat kolmeen eri järjestelmään. Työssä keskitytään logistiikkarakennuksen mittavimpaan DPS-keräilyjärjestelmään. DPS (Dynamic Picking System) on automatisoitu kompakti keräilyjärjestelmä, jossa varastointitilat ja tilausten keräystilat yhdistyvät hyllyrungossa yhdeksi kokonaisuudeksi. Keräilytyöntekijä lähettää sähköisesti toimituspyynnön keräilyautomaatiojärjestelmään. Laatikukuljetin noutaa tilauksen automaattisesti varastointitilasta ja toimittaa tarvittavan tuotteen keräilykäytävälle tilauksen käsittelijälle, joka kerää tarvittavat artikkelit erilliseen laatikkoon ja lähettää valmiin keräilyerän kuljetuspakkaamon kautta lähettämöön. (Kuva 1.) [17]



Kuva 1. DPS-keräilykäytävän poikkileikkaus. [17]

Automatisoidut laatikkokuljettimet tehostavat tilankäyttöä merkittävästi perinteiseen keräilyjärjestelmään verrattuna. Järjestelmä vähentää huomattavasti käyttäjän kävelymatkan pituutta, keräilytyöhön käytettävän työvoiman määrää sekä tilausten käsittelykustannuksia. Samalla se lisää suoritustehoa sekä työn tarkkuutta, että laatua. [17]

3 Taloteknisille järjestelmille asetetut vaatimukset

3.1 Käyttäjän vaatimukset

3.1.1 Sisäilmasto

Tilan käyttäjälle on suotava hyvä sisäilmasto. Terveellinen ja viihtyisä sisäilma ylläpitää työntekijöiden työtehoa, joka vaikuttaa työn tuottavuuteen, sairaskulujen määrään ja yhteiskunnallisella tasolla sairastavuuden pienenemiseen. Laadukkaalla sisäilmalla voidaan siis todeta olevan pitkälle porrastuvia terveydellisiä ja taloudellisia vaikutuksia. [2]

Sisäilmaston laatuun on monia vaikuttavia tekijöitä. Nämä tekijät voidaan jakaa kolmeen ryhmään: kaasumaisiin yhdisteisiin, hiukkasmaisiin epäpuhtauksiin ja fysikaalisiin ominaisuuksiin. Useimmat sisäilmaston laatuun vaikuttavista tekijöistä voidaan aistien havaita. Fysikaalisten tekijöiden joukkoon kuuluvat lämpötilat ja pintojen lämpötilaerot, ilman kosteus, ilman liike, valaistus ja melu. Hiukkasmaisia epäpuhtauksia ovat muun muassa huonepöly, tupakansavu, bakteerit, virukset, homeitiöt, punkit, ihmisten ja eläinten hilse sekä liikenteen ja teollisuuden aiheuttamat epäpuhtaudet. Hiilidioksidi, hiilimonoksidi, formaldehydi, ja epätäydellisessä palamisessa syntyvät haihtuvat orgaaniset yhdisteet kuuluvat kaasumaisten yhdisteiden joukkoon. [2; 4.]

Huonon sisäilman on todettu aiheuttavan terveyteen ja hyvinvointiin vaikuttavia oireita, jotka johtuvat pääsääntöisesti yhden tai useamman sisäilmaston laatuun vaikuttavan osa-alueen puutteellisuudesta. Useimmiten oireet eivät ole sairautta edistäviä, vaan ne koetaan viihtyisyyttä laskevin tekijöinä. Eräät yleisimmin koetuista haitoista ovat vetoisuus, epämiellyttävät hajut ja tunkkainen ilma. Tästä huolimatta huonolla sisäilmalla on sairastamiseen liittyviä oireita, kuten yskää, nuhaa, päänsärkyä ja väsymystä voimistavia vaikutuksia. Näiden oireiden yhdistäminen suoraan huonoon sisäilman laatuun on kumminkin usein vaikeaa. Sen sijaan sairaudet, kuten allerginen nuha ja homepölykeuhko, voidaan helpommin osoittaa aiheutuneen sisäilman epäpuhtauksista. Pitkä altistuminen radonille tai tupakan savulle lisäävät riskiä sairastua keuhkosyöpään. Laadukas sisäilma ei aiheuta tilassa työskentelevälle oireita eikä epämiellyttäviä tunteita. [5]

Rakennuskohde noudattaa toimitilarakentamisessa yleisesti käytettävää Sisäilmasto-
luokitus 2008:aa. Luokitus on luotu asettamaan puhtautta ja päästöttömyyttä edistäviä
tavoitearvoja, joiden mukaan rakennusmateriaalit, ilmanvaihtotuotteet, rakennustyöt ja
ilmanvaihtojärjestelmät voidaan luokitella. Tällöin sisäilmastoluokitus toimii ohjeena
rakennusteollisuudelle, rakennus- ja talotekniselle suunnittelulle sekä toteutusvaiheen
töille. Luokitus ei kumminkaan kumoa viranomaissäännöksiä, vaan sen tehtävänä on
täydentää sekä Suomen rakentamismääräyksiä, että rakennustöiden yleisiä laatuvaatimuksia ja -ohjeita. Kyseiset edellä mainitut seikat määrittävät toimintarajat toteutettaville asennuksille. [3]

3.1.2 Paloturvallisuus

Ihmisten välittömän turvallisuuden kannalta sprinklerijärjestelmän toimivuus on avainasemassa. Oikein suunniteltuna ja toteutettuna sammutuslaitteisto reagoi lämmön nousuun nopeasti ja aloittaa palon sammuttamisen ja rajoittamisen antaen ihmisille aikaa pelastautumiseen. Keräilyautomaatiojärjestelmään asennettavan sprinklerijärjestelmän lopullisessa käyttötilanteessa on tärkeää ottaa huomioon poistumisteiden esteettömyys, turvalliset työmenetelmät, tavaroiden käsittelytavat, siisteys ja kunnossapito sekä erityisesti työnjohdon valvonta. On kuitenkin syytä muistaa, että sprinklerisuojaus ei tee muita sammutustoimenpiteitä tarpeettomiksi. Oleellista on, että sprinklerilaitteistoa huolletaan asianmukaisesti ja määräajoin. Mahdollisen palotilanteen sattuessa huollon laiminlyönti voi saattaa kohteessa työskentelevät henkilöt välittömään hengenvaaraan, sekä aiheuttaa suuria taloudellisia menetyksiä. [6]

Kohteen sprinklerilaitteiston suunnittelussa ja asentamisessa käytetään Euroopan vakuutus- ja jälleenvakuutusalan keskusliiton, CEA:n teknistä ohjetta CEA 4001: 2007-06. Ohje antaa suosituksia ja määriteltyjä vähimmäisvaatimuksia rakennuksissa ja teollisuuskohteissa käytettävien sprinklerilaitteistojen suunnittelulle, asentamiselle ja kunnossapidolle. [6]

3.2 Keräilyautomaatiojärjestelmän asettamat vaatimukset

Keräilyautomaatiojärjestelmä noudattaa konedirektiiviä. Konedirektiivin tarkoituksena on yhdenmukaistaa koneiden valmistajien, maahantuojien ja jakelijoiden toimintaa sekä suojella ja edistää ihmisten terveyttä ja turvallisuutta koneisiin liittyvien riskien osalta

Euroopan unionin jäsenmaiden keskuudessa. Konedirektiivi antaa koneiden suunniteluun, asennukseen sekä koneen osien käyttöön ja huoltoon liittyviä ohjeita ja määräyksiä. [7]

Johtuen keräilyjärjestelmän toimintaideasta on talotekniikan yhteensovittaminen järjestelmään haastavaa. Talotekniikka pitää suunnitella ja toteuttaa siten, että keräilyautomaatiojärjestelmä säilyttää toimivuuden ja huollettavuuden samalla täyttäen käyttäjän asettamat vaatimukset viihtyisyyden, terveellisyyden ja turvallisuuden kannalta. Lisäksi keräilyautomaatiojärjestelmä sisältää runsaasti erinäisiä sähkökäyttöisiä osia, kuten ryhmä- ja ohjauskeskuksia. Herkästi vioittuvien osien suojaukseen on kiinnitettävä huomiota.

Talotekniset järjestelmät asennetaan keräilyautomaatiojärjestelmän asettamilla ehdoilla. Tämä tarkoittaa sitä, että järjestelmät suunnitellaan ja sovitetaan yhteen parhaalla mahdollisella tavalla konedirektiivin määräyksiä noudattaen. Äärimmäisissä tapauksissa taloteknisten järjestelmien yhteensovitus keräilyhyllyjärjestelmään vaatii erittäin huolellista huomion kohdistusta asennusten mittatarkkuuteen. Tapauskohtaisesti asennustarkkuuden toleranssit saattavat olla jopa yhden millimetrin kymmenesosien tarkkuusluokkaa. LVI-alan yleisissä ohjeissa tarkkuus on enintään yksi millimetriä.

4 Projektinjohtourakoitsijan tehtävät

Jotta työ valmistuisi aikataulussa, on urakoitsijoiden välisen yhteistyön oltava saumattonta. Projektinjohtourakoitsijalla on kokonaisvaltainen vastuu tämän aikaan saavuttamisessa. Projektinjohtourakoitsijan eli PJU:n vastuuseen kuuluu rakennusteknisten töiden toteutus pääurakoitsijan roolissa. PJU vastaa oman urakkansa lisäksi sivu-urakoiden ja rakennuttajan erillishankintojen yhteensovittamisesta, aikatauluttamisesta, työturvallisuudesta sekä työn kokonaislaadusta. PJU:n tehtäväluettelon sisältö koostuu projektinjohtotehtävistä, työmaan johtotehtävistä, vastaanotto ja käyttöönototehtävistä sekä takuuajan tehtävistä. [8]

PJU johtaa rakennusprojektin työmaatoteutusta toimien aktiivisessa yhteistoiminnassa tilaajan ja suunnittelijoiden kanssa. Työmaan hallinnointi, yleisjohto, aikataulun ylläpitäminen ja seuranta, työturvallisuuden valvonta ja koordinointi sekä työmaan tiedotus tilaajan kanssa ovat PJU:n keskeisimpiä työmaan johtotehtäviä. Urakkasopimus määrittää tavanomaisista tehtävistä poikkeavat järjestelyt. Kyseisessä kohteessa kaikki talotekniset urakat ovat projektinjohtourakkaan alistettuja sivu-urakoita. PJU vastaa alistettujen sivu-urakoitsijoiden työturvallisuudesta. Maksusuoritusten osalta alistettu sivu-urakoitsija on suorassa sopimussuhteessa rakennuttajaan. [9]

Keräilyautomaatiourakka on käyttäjän oma hankinta ja sitä ei alisteta projektinjohtourakkaan. Kyseessä on sivu-urakka, jolloin PJU ja keräilyautomaatiourakoitsija eivät ole suorassa sopimussuhteessa. Tästä huolimatta sivu-urakoitsijan on noudatettava PJU:n antamia töiden järjestelyä, yhteensovitusta ja työturvallisuutta koskevia ohjeita. [9]

Vastaanottoon ja käyttöönottoon liittyvissä tehtävissä PJU aikatauluttaa vastaanoton, huolehtii taloteknisten järjestelmien asennustapatakuuksista ja toimintakokeista, mitauksista ja säädöistä sekä koekäytöstä. PJU järjestää myös viranomaistarkastukset, alihankintojen vastaanottotarkastukset, rakennuskohteen käyttöönottotarkastuksen ja valvoo todettujen virheiden korjausten suorittamista ja korjaa omat virheet urakkarajaliitteen mukaisesti. Lisäksi PJU laatii käyttö- ja huolto-ohjeen, kokoaa luovutusdokumentaation, koordinoi ylläpitoyhtiön käyttökoulutuksen yhteistyössä talotekniikan urakoitsijoiden kanssa ja toimittaa sopimuksen mukaisen takuuajan vakuuden. PJU:n urakkasuorituksen toteutuksen tavoitteena on, että kohde valmistuttuaan vastaa kaikilla osa-alueilla toiminnallisuudeltaan tilaajan sille asettamia tavoitteita ja vaatimuksia. [8]

5 Töiden yhteensovitus ja aikataulutus

5.1 Asennukset keräilykäytäväalueilla

5.1.1 Malliasennus

Ennen työvaiheen aloittamista tehdään kohteen malliasennus. Malliasennuksen tarkoituksena on varmistaa, että käytettävät tuotteet ja asennustavat vastaavat tilaajan vaatimuksia ja näkemyksiä. Lisäksi malliasennus määrittää toteutusvaiheen mukaisen asennusjärjestyksen. Lisähyötynä malliasennuksesta voi asennusryhmä tutustua mallin mukaiseen työkohteeseen ja tehdä ennakoivaa työsuunnittelua.

Malliasennus on yksi yhteen mittakaavassa tehty lopullista, käytönaikaista työtulosta vastaava asennus. Tavanomaisesti se tehdään osaksi lopullista työtä ennen varsinaista asennustyön aloitusta. Jos hyllyrunгон asennus ei ole edennyt riittävän pitkälle tai sen asennus on kokonaan aloittamatta, tehdään keräilykäytävästä lopullista asennusta vastaavan kokoinen ja näköinen erillinen mallikäytävä, joka ei tule jäämään osaksi lopullista asennusta. Malli toimii vain niillä alueilla, joissa toteutus vastaa täysin tai pääosin suunnitelmia. Malliasennus katselmoidaan ja havaitut virheet ja puutteet korjataan. Hyväksytty malliasennus määrittää jatkossa asennettavien vastaavien järjestelmien laadun.

Kohteen keräilykäytäväalueiden lämmityksessä ja jäähdytyksessä käytetään kattosäteilijöitä. Kattosäteilijöiden toiminta perustuu lämpösäteilyyn, jolloin lämmön siirto oleskelutilaan ei vaadi kiertoilmaa. Putkijärjestelmä johtaa lämmönsiirtimeltä kylminä vuodenaikoina lämmintä ja vastaavasti lämpiminä vuodenaikoina kylmää, jolloin sama verkosto voi toimia sekä tilan lämmityksenä, että jäähdytyksenä. Tällä ratkaisulla keräilykäytävän yläpuolelle jää enemmän asennustilaa. Lisäksi säteilylämmitys jakautuu huonetilaan tasaisesti, jolloin minimilämpötiloilla saavutetaan hyvä käyttömukavuus. Myös rakennuksen energiatehokkuutta ajatellen kattosäteilijälämmitys on luonteva ratkaisu.

Ilmanvaihtojärjestelmän tuloilma jaetaan tasaisesti oleskelualueelle käyttäen kattoon asennettavia monisuutinhajottimia. Poistoilman osalta keräilykäytäväalueille asennetaan poistoilmaventtiilit. Ilmanvaihdon riittävyys varmistetaan noudattamalla voimassa olevia rakentamismääräyksiä.

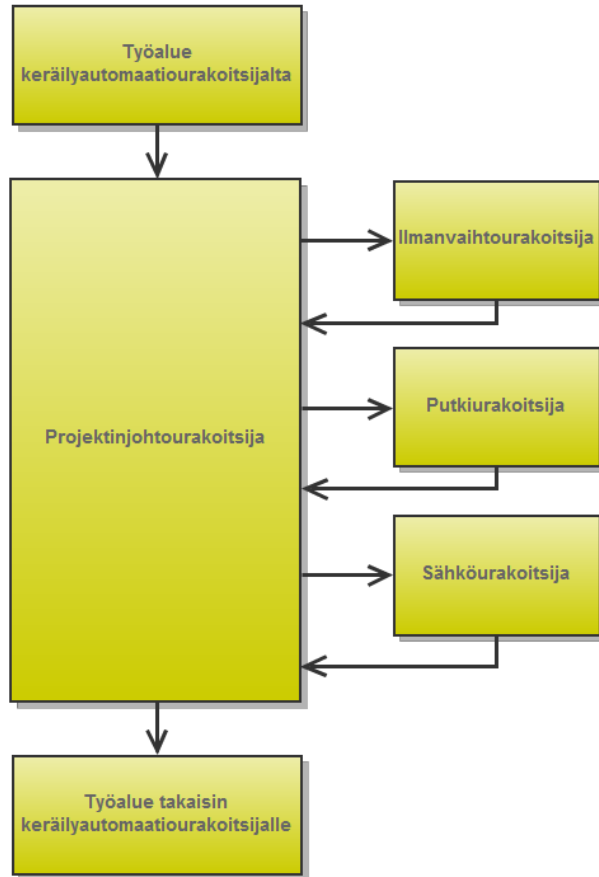
Sprinklerijärjestelmän runko- ja haaraputket sekä sprinklerisuuttimet asennetaan keräilyautomaatiojärjestelmän hyllyrunkoon voimassa olevien määräysten mukaisesti. Keräilyautomaatiojärjestelmän sammutus toteutetaan perinteisellä vesisprinklerijärjestelmällä. Verkosto on paineellinen.

5.1.2 Vastaanotto- ja luovutuspyötkirja

Keräilykäytäväalueiden taloteknisten järjestelmien asennuksien suorittamisessa käytetään tilaajan, PJU:n ja keräilyautomaatiourakoitsijan yhdessä laatimaa vastaanotto- ja luovutuspyötkirjaa. Käytettävä pyötkirjamenetelmä toimii työkaluna asennustöiden aikataulukajottamisessa ja laadunvarmistuksessa. Luovutuspyötkirjan tarkoituksena on pitää seuranta urakoitsijoille luovutetuista alueista sekä rikkoutuneiden materiaalien korjauksista aiheutuvista kustannuksista.

Hyllyasennus ja talotekniikan asennukset jaotellaan käytäväkohtaisiksi lohkoiksi. Asennuskohteessa jokainen erillinen keräilykäytävä jaetaan kolmeen lohkoon. Keräilyautomaatiourakoitsija luovuttaa työalueen eli yhden lohkon kerrallaan projektinjohtourakoitsijalle. Luovutuksen yhteydessä työalue katselmoidaan ja todetaan keräilyautomaatioasennuksessa ilmenneet virheet ja puutteet. Katselmuksessa huomioidaan työturvallisuus, siisteys ja vauriot. Jokainen todettu puute kirjataan ylös ja korjataan – jos seuraava työvaihe näin edellyttää - ennen kuin projektinjohtourakoitsija ottaa työalueen vastaan. Tärkeimpiä huomioitavia asioita ovat tilan valmius seuraavalle asennusvaiheelle, turvallinen työympäristö, putoamissuojauksen kelvollisuus, ennen PJU:n vastaanottoa hyllyasennuksen aikana vaurioituneet materiaalit sekä arkojen materiaalien ja lattiapinnan suojaus lialta ja pölyltä.

Kun projektinjohtourakoitsija on vastaanottanut alueen, se luovutetaan eteenpäin talotekniikan asennuksia varten. Alueen ottaa vastaan asennusjärjestyksessä ensimmäinen urakoitsija. Sama katselmuskäytäntö toistuu jokaisen urakoitsijan töitä edeltävänä ja työt lopettavana toimenpiteenä. Urakoitsijat eivät ole koskaan samanaikaisesti yksittäisillä työalueilla. Tällä käytännöllä taataan kullekin urakoitsijalle työalue kokonaan omaan käyttöön, eikä päällekkäisiä asennuksia ja niistä johtuvia ristiriitoja pääse syntymään. Lisäksi näin pystytään pitämään kirjaa eri urakoitsijoiden asennuksien aikana vaurioituneista materiaaleista ja näin säilyttämään korjauksista aiheutuvat kustannukset asianomaiselle urakoitsijalle. (Kuva 2.)



Kuva 2. Työalueen luovutusperiaate.

Malliasennuksen mukaan voidaan päätellä urakoitsijakohtainen, kunkin käytävän asennuksiin tarvittava aika. PJU rytmittää urakkasuoritukset siten, että talotekniikan työt saadaan aloitettua työalueella aikataulussa ja sovittujen ehtojen mukaisesti ja että hyllyurakoitsija saa työalueen takaisin käyttöönsä sovittuun ajankohtaan mennessä. Aikataulutus on erittäin tärkeässä roolissa, sillä hyllyrunгон ja keräilyautomaatiolaitteiston asennus vaatii valmiin käytävän edetäkseen.

5.1.3 Valvontavinjetti

Käytäväalueiden taloteknisten asennustöiden kokonaisuuden etenemistä aikataulullisesti seurataan valvontavinjettiä käyttäen. Vinjeteillä valvotaan työkohteen sitoutumista, vapautumista ja järjestelmällistä toteutumista aikataulutehtävittäin. Vinjetti on kohdetta esittävä kaavamainen taulukko. Kohteessa käytetään keräilyautomaatiojärjestelmän alue- ja työnjakoon soveltuvaa valvontavinjettiä (liite 1), jossa vasemmassa lai-

dassa ovat keräilykäytävien sijaintitiedot ja yläreunassa työvaiheet sekä lohkojako. Paljon tietoa sisältävän taulukon tulkinta selkeytyy, kun vinoviivojen sijasta käytetään värikoodeja. Töiden aloitus merkataan keltaisella värikoodilla ja valmistuminen vihreällä värikoodilla. Valmis työ tarkoittaa, että kaikki sille aikataulunimikkeelle kuuluvat työt on lopetettu, jäljet siivottu ja seuraava työvaihe voidaan aloittaa. [10]

Lisäksi vinjetin pystyriveille merkataan päivämäärät, jolloin keräilyautomaatiourakoitsija luovuttaa tai on luovuttanut työn projektinjohtourakoitsijalle. Jotta työalueen talotekniset asennukset saadaan suoritettua ajallaan, täytyy keräilyautomaatiourakoitsijan huolehtia työalueiden mukaisen luovutusaikataulun pitävyydestä. Valvontavinjetistä nähdään, onko työ aloitettu ajallaan, ja jos ei, voidaan puuttua työnohjaukseen. Viimeiseen pystyriiviin merkataan yhtäaikaisesti käynnissä olevien keräilykäytävien työjärjestys, jonka mukaan talotekniikan urakoitsijat suorittavat asennukset. Työjärjestyksellä varmistetaan kokonaisen keräilykäytäväalueen takaisinluovutuksen onnistuminen. Kukin urakoitsija vuorollaan kiirehtii asennustöiden loppuunsaattamista työalueella, jolloin luovutuskäytännön mukainen työporrastus liikkuu ja viimeisenä asennusvuorossa oleva urakoitsija pääsee saattamaan työalueelle tehtävät asennukset loppuun.

5.2 Kokoukset ja palaverit

5.2.1 Erillinen urakoitsijapalaveri

Projektinjohtourakoitsija järjestää kaikille keräilyautomaatiojärjestelmän työalueella työskenteleville urakoitsijoille viikoittain erillisen urakoitsijapalaverin, jossa asennustöiden eteneminen ja urakoitsijoiden pyynnöt sekä keräilyautomaatiojärjestelmää koskeva tiedotus käydään läpi yksityiskohtaisesti. Keräilyautomaatiourakoitsija ilmoittaa omien asennusten vaiheet ja vapautuvat työalueet sekä esittää takarajat, jolloin erillisten alueiden asennusten on oltava valmiina. Jaetun tiedotuksen mukaan urakoitsijoilla on mahdollisuus resursoida oma työvoimansa riittävällä tarkkuudella. Näin varmistetaan katkeamaton töiden ketjutus, joka edesauttaa aikataulussa pysymistä.

5.2.2 Risteilypalaverit

Töiden yhteensovittamiseksi kaikki talotekniikan asennuksiin osallistuvat urakoitsijoiden edustajat kokoontuvat jokaisena päivänä erikseen työmaalla risteilypalaveriluontoisesti.

Kokoontumisessa käydään läpi käynnissä olevien asennustöiden tilanne, seuraavat työvaiheet, työvaiheita tahdistavat asennukset, taloteknisten järjestelmien väliset risteilyt sekä taloteknisten järjestelmien ja keräilyautomaatiojärjestelmän väliset risteilyt.

5.3 Asennukset rajapinnassa

Taloteknisiä asennuksia suoritetaan myös järjestelmän molemmissa päädyissä sijaitsevalla alueella, joka yhdistää keräilyhylyjärjestelmän logistiikkarakennukseen. Tätä aluetta voidaan kutsua rajapinnaksi.

Itse rajapinta on koko asennusalueen pinta-alaosuudelta pieni, mutta työmäärältään kokonaisuuden kannalta merkittävin. Keräilyautomaatiourakoitsijan tiukasta tietosuojauksesta johtuen talotekniseen suunnitteluun tarvittavien lähtötietojen laajuus on äärimmäisen suppea. Tiedon puute aiheuttaa tilanteen, jossa tiedossa on vain taloteknisiin asennuksiin tarvittavien materiaalien tiedot sekä asennusreittien alku- ja loppupiste. Tämä on täysin poikkeava tavanomaisesta suunnittelumallista, jossa asennusreitit voidaan etukäteen suunnitella ja asennuksiin tarvittavien materiaalien määrät ja työhön käytettävä aika pystytään kartoittamaan. [15]

Lähtötietojen vaikeasta saatavuudesta johtuen talotekniikan töiden yhteensovituksen työn suunnitteluun käytetään dynaamista menetelmää, jossa jokaiseen yhteensovitusristiriitaan luodaan asennusten edetessä juuri kyseiseen kohtaan tarkoitettu räätälöity ratkaisu. Useasti eteen tulee tilanteita, joissa putki- ja kanavareitit risteilevät keräilyautomaatiojärjestelmän laitteiden kanssa. Keräilyautomaatiojärjestelmän huonon muunneltavuuden takia väistöliike risteilykohdissa tehdään lähes poikkeuksetta taloteknisiä asennuksia suoritettaessa. (Kuva 3.) [15]

Suuri osa keräilyautomaatiojärjestelmän automatiikasta sijaitsee rajapinnassa, joten taloteknisten järjestelmien asennuksiin käytettävä tila on rajallinen. Esteettömän kulun ja määräysten mukaisen tilan korkeuden huomioimiseksi LVI- ja sprinklerijärjestelmien runko- ja haaraputket pyritään asentamaan mahdollisimman korkealle keräilyautomaatiojärjestelmän runkorakenteisiin. Kulkutien vähimmäiskorkeus ja -leveys tulee ottaa huomioon reittejä suunniteltaessa. Törmäysvaaran estämiseksi asennukset eivät saa alittaa rakentamismääräysten mukaista 2 100 mm:n vähimmäismittaa. Sivuttaissuunnitelluista asennuksista ei saa rajoittaa alueelle määrättyä kulkuväylän vähimmäisleveyttä.

tä. Tilanteissa, joissa jokin edellä mainituista ehdoista ei täyty, on asennusreittien kuljettava kulkuväylien ulkopuolella. [13]

Työalueelta poistuminen hätätilanteen sattuessa tulee huomioida asennustöiden jakottamisessa. PJU varmistaa turvallisen poistumisen työalueilta hätätilanteen sattuessa suunnittelemalla ja valvomalla asennustöiden etenemistä projektin kaikissa vaiheissa.

Asennusreittien suunnittelu etenee seuraavassa järjestyksessä:

- Järjestelmän asennusta suorittava urakoitsija määrittää reittisuunnitelman alku- ja loppupisteen väliselle tilalle.
- Keräilyautomaatiourakoitsija ilmoittaa omien asennuksiensa tilan tarpeen kyseisellä reitillä.
- Suunnitelmaehdotus katselmoidaan jokaisen osallisen urakoitsijan kanssa samanaikaisesti. Tässä vaiheessa muut talotekniikan urakoitsijat ilmoittavat omien asennuksiensa tilavaatimukset.
- Asennukset päästään aloittamaan, kun reitti on selvä.

Keräilyhylyjärjestelmän sisäiset kulkutiet sekä rakennuksen ja keräilyhylyjärjestelmän yhdistävät kulkutiet sijaitsevat rajapinnassa. Tästä johtuen rajapinnalla tehtävissä asennuksissa työalueen luovutus yksittäiselle urakoitsijalle ei ole mahdollista. PJU valvoo ja pitää huolen siitä, että asennustyöt eivät häiritse tai keskeytä keräilyautomaatiourakoitsijan töitä.



Kuva 3. Tilanpuutteesta johtuen säteilypiirin pumppuryhmä on sijoitettu huoltosillalle.

5.4 Sprinklerijärjestelmän asennustyöt

Sprinklerijärjestelmän asennukset poikkeavat suurilta osin muun talotekniikan asennuksista. Sprinkleriasennustyöt etenevät keräilyautomaatiourakan hyllyrunkoasennusvaiheen tahdissa, jolloin hyllyrungon valmistusaikataulu toimii myös sprinkleriurakoitsijan aikataulun perustana. Asennustöiden eteneminen on selkeästi havaittavissa ja työn laatu on yksinkertaista varmistaa.

Uudelleenpääsy ummistetulle työalueelle sekä korjaustöiden suorittaminen ahtaassa tilassa on haastavaa. Tästä johtuen sprinklerijärjestelmän asennukset on tehtävä kerralla kunnolla. Hyllyrungon sisällä asennustarkkuus on ensisijaisen tärkeää. Laatikkokuljettimien ja varastointitilojen toiminta tapahtuu automatisoidusti. Yksikin virheellinen

asennus saattaa joutua kosketuksiin liikkuvien osien kanssa ja aiheuttaa keräilyautomaatio- tai sammutusjärjestelmän osan vaurioitumisen. (Kuva 4.)

Sprinklerijärjestelmän asennustyöt tehdään korkealla, pääosin henkilönostimilla. Kulku asennusalueelle rajataan työvaiheen ajaksi. Tällöin alueen välittömässä läheisyydessä ei saa tehdä muita töitä asennettavan materiaalin putoamisriskin johdosta. Keräilyautomaatiojärjestelmän sisään suoritettujen sprinklerijärjestelmän asennusjälki varmistetaan ennen hyllyrungon asennustöiden etenemistä. Näin työn laatu saadaan taattua ja säästytään turhilta, aikaa vieviltä korjauksilta.



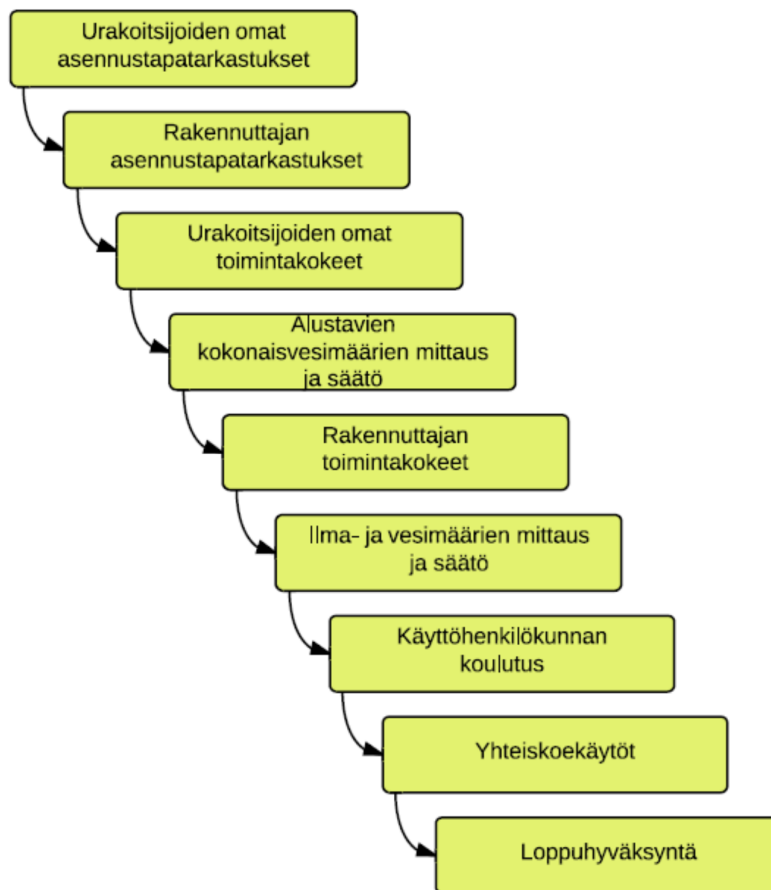
Kuva 4. Sammutusjärjestelmän runkoputki on asennettu vinoon. Perusteellinen laadunvarmistus karsii pienetkin virheet.

6 Luovutusvaiheen työt

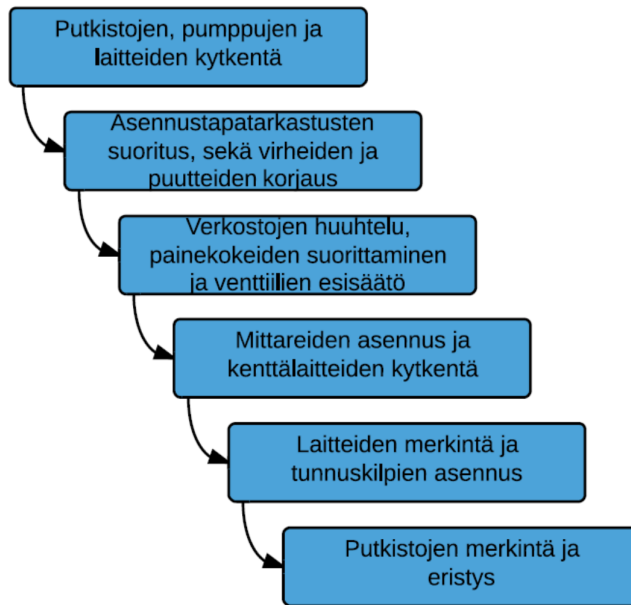
Luovutusvaiheen työt koostuvat erinäisistä tarkastuksista ja käyttökokeista, joiden tarkoituksena on varmistaa, että järjestelmät vastaavat määräysten ja säännösten mukaista tarkoitusta niin toiminnaltaan, kuin laadultaankin.

Tarkastuksissa, toimintakokeissa, säädöissä, mittauksissa ja koekäytössä noudatetaan TalotekniikkaRYL 2002 esitettyjä yleisiä ja erityisiä laatuvaatimuksia sekä tiedonjyväkorteissa LVI 03-40003 ja LVI 03-40002 esitettyjä menettelytapoja. [17]

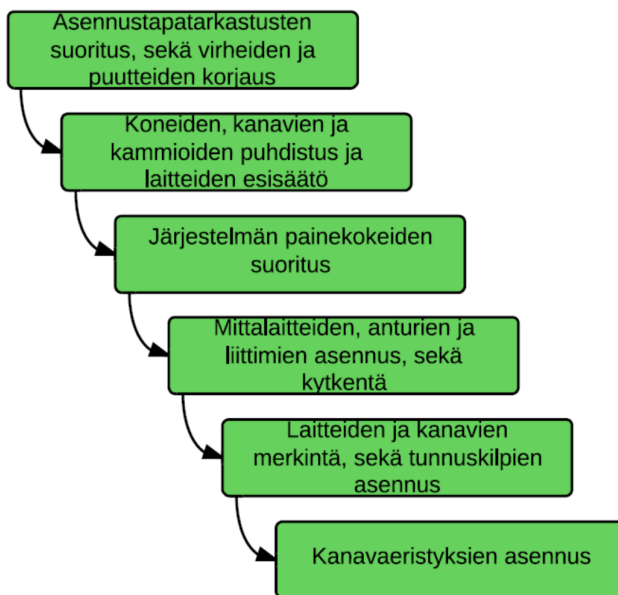
Kuva 5 esittää yleisesti luovutusvaiheen töiden etenemistä ja kuvat 6, 7 ja 8 esittävät luovutusvaiheen töiden etenemistä urakoitsijakohtaisesti.



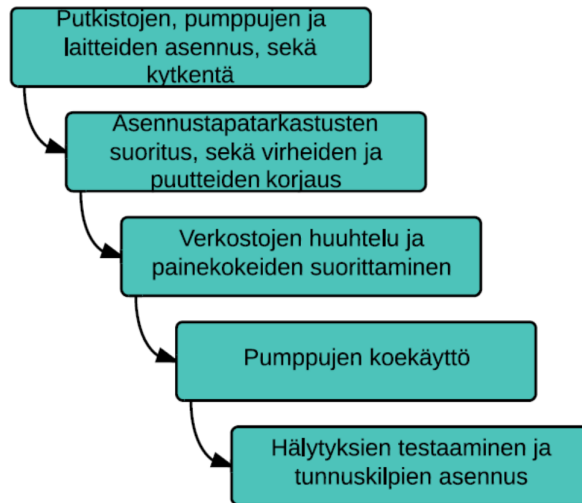
Kuva 5. Luovutusvaiheen töiden etenemistä esittävä yleiskaavio.



Kuva 6. Putkiurakoitsijan luovutusvaiheen töiden etenemistä esittävä kaavio.



Kuva 7. Ilmanvaihtourakoitsijan luovutusvaiheen töiden etenemistä esittävä kaavio.



Kuva 8. Sprinkleriurakoitsijan luovutusvaiheen töiden etenemistä esittävä kaavio.

6.1 Itselle luovutus ja asennustapatarkastukset

Asennuksen tehnyt urakoitsija suorittaa oman työn tarkastuksen ennen kuin rakennuttaja suorittaa virallisen asennustapatarkastuksen. Tällä menetelmällä varmistetaan vaivattomampi rakennuttajan katselmus ja suurin osa puutteista saadaan korjattua hyvissä ajoin. Asennustapatarkastuksia on hyvä suorittaa jo valmistusvaiheessa, mikä nopeuttaa luovutusvaiheen töitä entisestään. Keräilykäytäväalueilla asennustapatarkastukset katselmoidaan suurpiirteisesti jo työvaiheen valmistumisen yhteydessä.

Sprinklerijärjestelmän tarkastuksessa varmistetaan käytettyjen materiaalien, suuttimien ja laitteiden määräysten- ja suunnitelmienmukaisuus sekä laitteiston oikeaoppinen asennus. Kohteen sprinklerijärjestelmän asennusjälki voidaan tarkastaa valmiilta keräilykäytävältä, mutta laadukkaan työn takaamiseksi tarkastus on syytä tehdä henkilönsotimella laatikkokuljettimien välisessä tilassa välittömästi asennuksen jälkeen. Näin pysytään havaitsemaan ja varmistamaan putkien määräystenmukainen asennus ja kannatus sekä tarvittaessa tekemään tarkemittauksia vähin vaivoin.

6.2 Toimintakokeet

6.2.1 Määritelmä ja käytettävät menetelmät

Toimintakokeet ovat osa rakennuttajan ja urakoitsijan yhteistä laadunvarmistusta. Toimintakokeilla varmistetaan, että kojeet ja laitteet toimivat suunnitellulla tavalla kaikissa käyttö- ja poikkeustilanteissa. Toimintakokeet suoritetaan urakoitsijoiden toimintatarkastuksien jälkeen. Toimintakokeita ei aloiteta tai ne keskeytetään, mikäli urakkasuoritukseen liittyvät velvoitteet todetaan puutteellisiksi. [12; 14.]

Toimintakokeet voidaan urakoitsijoiden laatujärjestelmästä riippuen tehdä pistokoeluontoisesti, jolloin tarkastuksessa käydään läpi vain osa urakoitsijoiden toimintatarkastuksiin liittyvistä toiminnoista. Rakennuttaja päättää tarkastuksien laajuuden rakennusaikana. [14]

Ennen toimintakokeiden aloitusta pitää putkitöiden osalta koko verkosto ja kaikki laitteet olla asennettuna, huuhdeltuna ja esisäädettynä, eristystyöt pääosin tehtynä ja mittarit asennettuna. Ilmanvaihtotöiden osalta koneet, laitteet, puhaltimet, kanavat, venttiilit ja säleiköt tulee olla asennettuna ja puhdistettuna sekä urakoitsijalle kuuluvat toimintatarkastukset suoritettuna.

Kohteessa urakoitsijat suorittavat omat toimintatarkastukset ennen rakennuttajan toimintakokeita. Kun otetaan huomioon rakennuskohteen koko ja keräilyautomaatioura-koitsijan työvaiheiden tilanne, saadaan tällä käytännöllä tarkastettua osa-alueiden toimivuus ja täten arvioida valmius rakennuttajan toimintakokeiden aloitukseen.

Kohteen sprinklerijärjestelmän paine- ja toimintakokeet suoritetaan ennen kuin hyllyjärjestelmän runko ummistetaan. Näin mahdolliset vuotokohdat pystytään havaitsemaan nopeasti ja korjaamaan vesivuotoja aiheuttavat asennusvirheet ja puutteet. Erityistä huomiota tulee kiinnittää keräilyautomaatikan ohjauskeskusten sekä muiden käyttölaitteiden suojaukseen, jotta mahdollinen vuotovesi ei pääse vaurioittamaan herkkää sähkökalustoa ja täten vaaranatamaan luovutuksen onnistumista.

Vesivuotojen havainnointi kaikkien taloteknisten järjestelmien osalta täytyy perustua ennaltaehkäisyyn. Tavoite saavutetaan parhaiten asennustöiden huolellisella suorittamisella.

6.2.2 Ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokitus ja toimintakokeet

Töissä noudatetaan Sisäilmastoluokitus 2008:n mukaista puhtausluokkaa P2, mutta koneiden ja kanaviston osalta puhtausluokkaa P1.

Puhtausluokituksen tavoitteena on varmistaa, että rakennuksen tilat ovat puhtaat, kun ne luovutetaan käyttäjälle ja että rakennuksen käytön aikana ei sisäilmaan kulkeudu rakennusvaiheesta peräisin olevia epäpuhtauksia. Rakennuksen tilojen tulee luovutusvaiheessa olla niin puhtaat, että tilat voidaan ottaa välittömästi käyttöön vastaanoton jälkeen. [3]

Puhtausluokan P1 mukaan koneissa ja kanavistoissa ei saa olla hienojakoista irtoliikaa, joka voi nousta ilmaan ilmavirtojen mukana. Kanavat tulee tulpata ja koneiden osat suojata pölyltä esimerkiksi muovilla tai pahvilla. Puhtausluokka P2 vastaa normaalia hyvän rakentamisen mukaista käytäntöä. Toimivin keino hyvän puhtausluokan saavuttamiseksi on aktiivisen työmaavalvonnan ylläpitäminen koko rakennusprojektin ajan.

Toimintakokeet suoritetaan ilmanvaihtojärjestelmän vaikutusalueiden mukaan. Vaikutusalueiden puhtaus tulee tarkistaa ennen ilmanvaihtojärjestelmän toimintakokeiden aloittamista. Kyseisille tiloille suoritetaan pölyttömyssiivous ja irtotavara suojataan huolellisesti. Kaikki vaikutusalueella tehtävä pölyävä työ on toimintakokeiden aikana kiellettyä. Puhtausluokan P2 mukaisissa tiloissa pölyttömyys arvioidaan silmämääräisesti. Kaikkien pintojen pölyttömyys vaikuttaa loppuarvioon. Tarvittaessa arvioitavalle tilalle voidaan suorittaa puhtausmittaus INSTA 800 -standardin mukaisesti. INSTA 800 -standardi on siivouksen laadun arviointiin kehitetty yhteispohjoismainen standardi, jonka tarkoituksena on helpottaa siivouspalvelun tuottajan ja asiakkaan välistä kanssakäymistä.

6.3 Mittaus- ja säätötyöt

Mittaukset ja säädöt sekä muut käyttökokeet voidaan suorittaa vasta, kun kohteen talotekniset järjestelmät sekä keräilyautomaatiojärjestelmä ovat lopullista käyttöä vastaavassa valmiudessa. Toimintakokeet tulee olla suoritettuna hyväksytysti. Mitattavissa tiloissa tulee myös rakennustöiden olla niin valmiit, että tarvittavat toimenpiteet voidaan tehdä asianmukaisella tavalla. Lisäksi keräilyautomaatiojärjestelmän valmiuden vaikutus talotekniikan mittaus- ja säätötöihin pohjautuu lämpötilojen vaihteluun. Järjestelmä, jossa on paljon liikkuvia tai elektronisia osia, tuottaa käyttöä vastaavassa tilanteessa runsaasti lämpöä. Nämä olosuhdemuutokset huomioon ottaen saadaan suoritettua

luotettavimmat mittaukset ja täten säädettyä toiminta-alueille tasapainoisempi järjestelmä.

Talotekniikan mittaukset ja säädöt ovat onnistuneen luovutuksen kannalta tärkeä osakokonaisuus, jonka toteutusta on suotavaa ryhtyä suunnittelemaan hyvissä ajoin. Tarkimman mittaustuloksen saamiseksi toiminta-alueen olosuhteet tulee huomioida perusteellisesti. Näin vältetään tarpeettomilta uusintamittauksilta ja säästetään kallista aikaa.

Mittaustöiden suunnittelu voidaan käsittää neljävaiheisena prosessina:

- 1) tavoitteiden asettelu pääpiirteissään: määritellään, miksi mitataan ja mitä halutaan tietää ja millä tarkkuudella
- 2) esiselvitys: selvitetään mittauksia käsittelevät standardit ja selvitetään, onko muualla aikaisemmin tehty vastaavia mittauksia ja hankitaan tietoa niistä
- 3) hankesuunnittelu: selvitetään karkealla tasolla aikataulu, ajankäyttö ja resurssitarpeet mm. laitteiden ja työvoiman osalta, arvioidaan mittaustyön kustannukset. Päätetään, mitataanko itse vai käytetäänkö ulkopuolisia palveluita. Jos käytetään, tehdään tarjouspyyntö ja otetaan tarjoukset.
- 4) detaljisuunnittelu: valitaan mitattavat suureet, mittaustapa ja antureiden sijainti, asetetaan vaatimukset mittausten luotettavuudelle, määritetään mittaajajankohda ja mittausten kesto, suunnitellaan kirjaaminen, tiedonsiirto ja tulosten käsittely. [11, s. 2.]

Mittaustulokset dokumentoidaan käyttäen apuna järjestelmä- ja laitekohtaisia tarkastuslitoja. Mittaus- ja säätötöitä suorittava urakoitsija kirjaa mittaustulokset ja laatii mittauspöytäkirjan, joka toimitetaan PJU:lle ja siitä edelleen rakennuttajalle. Osa mittauksista ja säädöistä voidaan erikseen sopia suoritettaviksi takuuajana. [14]

Mittauskalustoon tai mitattaviin laitteisiin koskeminen on ehdottomasti kielletty muilta kuin säätö- ja mittaustöitä tekeviltä henkilöiltä.

6.4 Käyttökokeet

6.4.1 Käyttöhenkilökunnan koulutus

Rakennuksen käyttöhenkilökunta perehdytetään kaikkien taloteknisten järjestelmien toimintaan ja käyttöön. Koulutuksella varmistutaan, että käyttöhenkilökunta tuntee lait-

teiston ja sen toiminnan eri käyttötilanteissa ja pystyy ylläpitämään tarvittavat toiminnot poikkeustilanteissa. Käyttöhenkilökunnan koulutus tapahtuu rakentamisen ja käyttöönoton aikana ennen yhteiskoeikäyttöä. Koulutus suoritetaan useassa eri vaiheessa rakennuttajan yhteistyössä urakoitsijoiden kanssa laatiman koulutusohjelman mukaan. [15]

6.4.2 LVI-järjestelmien käyttökokeet

Käyttökokeet sisältävät erillisten LVI-järjestelmien kuormituskokeet sekä koko LVI- ja rakennusautomaatiojärjestelmien yhteiskoeikäytön. Käyttökokeet aloitetaan hyväksytyjen toimintakokeiden, säätöjen ja mittausten ja automatiikan viritysten jälkeen urakoitsijoiden yhteisenä ehdottamana ajankohtana. Kuormituskokeessa sekä yhteiskoeikäytössä testataan järjestelmien toiminta yhtäaikaaisesti eri käyttötilanteissa. Tarvittaessa käyttökokeet suoritetaan ajankohtana, jolloin lämpökuormat vastaavat käytönaikaista tilannetta. Yhteiskoeikäyttö toimii samalla koulutustilaisuutena kiinteistön käyttö- ja huoltohenkilökunnalle. [14]

6.4.3 Sprinklerijärjestelmän käyttökokeet

Sprinklerijärjestelmä kuuluu kolmannen osapuolen tarkastustoiminnan piiriin. Oman työn tarkastuksen lisäksi ulkopuolinen tarkastuslaitos tulee tarkastamaan järjestelmän määräystenmukaisuuden ja laatii siitä erillisen tarkastustodistuksen.

Tarkastuslaitoksen suorittamassa laitteistotarkastuksessa testataan pumppujen, asennusventtiilien, huoltoventtiilien ja sprinkleripumppaamon virtaushälyttimen toimivuus. Testauksista laaditaan tarkastustodistus. Todistus sisältää tarkastus- ja mittauspöytäkirjan sekä maininnan tarkastuksen perustana käytettävistä säännöksistä ja määräyksistä. Hyväksytyin laitteistotarkastuksen myötä kohteen sammutusjärjestelmä voidaan ottaa käyttöön.

6.4.4 Poikkeustilanteiden toimintojen varmistuskoe

Kohteessa suoritetaan poikkeustilannetta vastaava toimintakoe. Toimintakokeessa testataan järjestelmien toimintakyky tilanteessa, jossa päävirransyöttö katkeaa ja rakennuksen sähköenergia tuotetaan varavoimakoneella. Poikkeustilanteiden toimintojen

varmistuskoe suoritetaan yhteiskäytön jälkeen. Kaikkien taloteknisten järjestelmien on oltava toimintavalmiudessa varmistuskoea suoritettaessa.

7 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli esittää projektinjohtourakoitsijan keinot talotekniikan hallittuun yhteensovittamiseen keräilyautomaatiojärjestelmässä. Konedirektiivin alainen keräilyautomaatiojärjestelmä asettaa taloteknisille järjestelmille normaalia laatujärjestelmää tiukemmat normit ja edellyttää projektinjohtourakoitsijalta hyvää ymmärrystä kohteen taloteknisten töiden aikatauluttamisesta ja töiden jaksottamisesta.

Luovutuspöytäkirjojen laatimisella pystytään pitämään kirjaa yksittäisten käytäväalueiden töiden tilanteesta sekä samalla valvomaan tilan käyttöä. Pöytäkirjakäytännöllä saadaan tehokkaasti valvottua asennustöiden valmistumista, karsittua virheet ja puutteet heti työsuorituksen jälkeen ja rikkoutuneista materiaaleista aiheutuvat kustannukset pystytään säilyttämään tilaa käyttävälle, vastuussa olevalle urakoitsijalle. Valvontavinjetin käyttö osoittautui erittäin hyödylliseksi keinoksi töiden aikataulullisessa seurannassa. Vinjetti auttaa projektinjohtourakoitsijaa seuraamaan asennustöiden tilannetta ja näyttää nopeasti aikatauluviivettä aiheuttavat asennukset alueittain, jolloin työnohjaukseen voidaan puuttua pikaisesti.

Projektinjohtourakoitsijalla on merkittävä vastuu aikataulun pitämisessä. Päivittäinen risteilypalaverikäytäntö on loistava keino riittävän tiedon kulun varmistamiseen ja ongelmakohtien selvittämiseen. Tällainen palaverikäytäntö on kriittisen tärkeä työkalu rajapinnan asennustöiden suorittamisessa.

Tärkeää on myös hahmottaa luovutusvaiheen töiden kulku. Projektinjohtourakoitsijan aikataulullinen vastuu korostuu entisestään mitä lähemmäs valmistumista työmaa etenee. Urakoitsijoiden oman työn suunnittelu ja projektinjohtourakoitsijan suorittama töiden valvonta ovat avain onnistuneeseen luovutukseen ja hyvän työn laadun saavuttamiseksi koko rakennushankkeen aikana.

Opinnäytetyön kirjoittaja painottaa tämän työn aiheen mukaisen keräilyautomaatiojärjestelmän olevan yksilöllinen erikoisjärjestelmä. Työn pohjalta on helpompi kehittää tuleviin kohteisiin oma toimintamalli, jonka mukaan projekti saadaan läpi hallitusti ja laadukkaasti.

Lähteet

- 1 Geoenergia. 2011. Verkkodokumentti. Geologian tutkimuskeskus. <<http://www.gtk.fi/energia/geoenergia.html>>. Luettu 20.4.2013.
- 2 Sisäilman vaikutukset. 2008. Verkkodokumentti. Sisäilmastoyhdistys ry. <http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/sisailmasto/sisailman_vaikutukset/>. Päivitetty 20.2.2008. Luettu 22.4.2013.
- 3 Sisäilmastoluokitus 2008. 2008. Verkkodokumentti. Sisäilmastoyhdistys ry. <<http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/sisailmastoluokitus/>>. Luettu 22.4.2013.
- 4 Hiukkasmaiset epäpuhtaudet. 2008. Verkkodokumentti. Sisäilmastoyhdistys ry. <http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/sisailmasto/hiukkasmaiset_epapuhtaudet/>. Päivitetty 28.2.2007. Luettu 23.4.2013.
- 5 Terveysvaikutukset. 2008. Verkkodokumentti. Sisäilmastoyhdistys ry. <<http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/perustietoa/terveysvaikutukset/>>. Päivitetty 27.11.2000. Luettu 2.5.2013.
- 6 Sprinklerilaitteistot. Suunnittelu ja asentaminen. 2007. Verkkodokumentti. Euroopan vakuutus- ja jälleenvakuutusalan keskusliitto. <http://www.tukes.fi/Tiedostot/pelastustoimen_laitteet/aineisto/sprinklerilaitteistot_suunnittelu.pdf>. Luettu 24.4.2013.
- 7 Konedirektiivi. 2006. Verkkodokumentti. Euroopan parlamentti ja neuvosto. <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32006L0042:FI:HTML>>. Luettu 24.4.2013.
- 8 Projektinjohtourakkasopimuksen laatiminen, talonrakennustyö. 2007. RT 16-10906. Rakennustietosäätiö.
- 9 Rakennusurakan yleiset sopimusehdot. 1998. RT 16-10660. Rakennustietosäätiö.
- 10 Valvontavinjetti. 2011. Lemminkäinen Talo Oy Toimintajärjestelmä.
- 11 LVI Laitosten mittaukset, LVI 014-10290. 1999. Rakennustietosäätiö ja LVI-keskusliitto.
- 12 Rakennusten vastaan- ja käyttöönotto, LVI 03-40002. 1991. Rakennustietosäätiö ja LVI-keskusliitto.
- 13 Esteetön rakennus, F1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2004. Ympäristöministeriö.

- 14 KOy Sipoon Logistiikkakeskus, LVIA-työselostus. 2009. Asplan Oy.
- 15 Rahkonen, Kari. 2013. Talotekniikka-asiantuntija, Lemminkäinen Talo Oy, Helsinki. Henkilöhaastattelu.
- 16 Lämmitys-, vesi-, ja viemäryöt, LVI 04-10410. 2007. Rakennustietosäätiö ja LVI-keskusliitto.
- 17 DPS. 2009. Verkkodokumentti. Witron Logistik + Informatik GmbH.
<<http://www.witron.de/en/storage-systems-warehouse-technology/automated-storage-and-picking-systems/order-picking-into-totes-shipping-cartons/dps-dynamic-picking-system/>>. Luettu 22.4.2013.

Kuvat

1. DPS. Witron Logistik + Informatik GmbH.
2. Jari Koski kuva 13.5.2013
3. Jari Koski kuva 30.3.2012
4. Jari Koski kuva 9.3.2012
5. Jari Koski kuva 9.9.2013
6. Jari Koski kuva 9.9.2013
7. Jari Koski kuva 9.9.2013

Aikatauluennuste

13.9.2011

Time schedule forecast / Aikatauluennuste

DPS

Pick Aisle Keräilykäytävä	Level Kerros	Start of HPAC works / Talotekniikan töiden aloitus Section 1 / Vaihe 1				Section 2+3 / Vaihe 2+3				Start of Automation works Ker.autom. töiden aloitus	Working order Työjärjestys
		Vent IV	H&C LV	Elec S	Vent IV	H&C LV	Elec S				
01	3									33	
	2									48	
	1									50	
02	0									51	
	3									43	
	2									43	
03	1									45	
	0									46	
	2									40	
04	1									42	
	0									43	
	2									41	
05	1									42	
	0									44	
	3									38	
06	2									38	
	1									39	
	0									42	
07	3									33	
	2									34	
	1									35	
08	0									37	
	2									36	
	1									37	
09	0									39	
	2									35	
	1									36	
10	3									33	
	2									33	
	1									35	
	0									36	
	3									37	
	2									38	
	1									38	
	0									40	
	3									41	