



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Juho Maliniemi

Projektinhallinnan kehittäminen LVI- alan yrityksessä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

28.11.2019

Tekijä Otsikko	Juho Maliniemi Projektinhallinnan kehittäminen LVI-alan yrityksessä
Sivumäärä Aika	29 sivua 28.11.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	LVI-urakointi
Ohjaajat	toimitusjohtaja Janne Vainio lehtori Hanna Sulamäki
<p>Tässä opinnäytetyössä tutustutaan LVI-urakointiprosessiin sekä siihen kuuluvaan laadunvarmistukseen ja projektinhallintaan. Opinnäytetyön toimeksiantajana oli pääkaupunkiseudulla toimiva LVI-alan yritys. Tavoitteena oli kehittää toimeksiantajan käyttämiä projektinhallinnan menetelmiä, jotta ne sopisivat käytettäväksi mobiililaitteilla.</p> <p>Työssä tutkittiin LVI-urakoinnin vaiheita, projektinhallinnan haasteita sekä laadunvarmistukseen kuuluvia keskeisiä toimenpiteitä ja menetelmiä. Tutkimuksien perusteella kohdeyrityksen nykyisen projektinhallintajärjestelmän tueksi etsittiin sopiva ohjelmisto laadunvarmistuksen toimenpiteiden dokumentoinnin helpottamiseksi.</p> <p>Työn tuloksena toimeksiantajalle otettiin käyttöön uusi ohjelmisto, jonka avulla laadunvarmistuksen toimenpiteitä saadaan tehtyä yleisimmillä käytössä olevilla mobiililaitteilla ja käytöjärjestelmillä. Työssä hyödynnettiin jo käytössä olevaa projektinhallintapohjaa ja siihen kuuluvia asiakirjoja.</p>	
Avainsanat	projektinhallinta, laadunvarmistus

Author Title	Juho Maliniemi Development of Project Management in HVAC Company
Number of Pages Date	29 pages 28 November 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	HVAC Contracting
Instructors	Janne Vainio, Managing Director Hanna Sulamäki, Senior Lecturer
<p>The main purpose this final year project was to explore the basics of the HVAC contracting business and to establish how to improve the project and quality management methods of the commissioning company. The final goal of this thesis was to make the daily quality and project management tasks easier by using handheld devices at construction sites.</p> <p>The main methods used for this thesis were studying the usual processes and quality management operations of HVAC contracting, and finding its most significant challenges. In order to improve project management with handheld devices, available project management software tools on the market were mapped.</p> <p>As a result of the final year project, a new project management software tool was introduced. The tool was suitable for the company and fulfilled the main purpose of this final year project. The use of the new software reduced the workload of the company's project staff in a pilot project.</p>	
Keywords	project management, quality management

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Urakointi	2
2.1	LVI-urakointi	4
2.1.1	Tarjouskilpailu	5
2.1.2	Urakoitsijan valinta	6
2.1.3	Työmaan käynnistäminen	6
2.1.4	Toteutus	6
2.1.5	Luovutus	7
3	Laadunvarmistus	8
3.1	Laadunvarmistus ennen töiden aloittamista	9
3.2	Työnaikainen laadunvarmistus	10
3.2.1	Kanavistojen puhtaustarkastus	11
3.2.2	Kanavistojen tiiviyskoe	12
3.2.3	Putkistojen painekoe	13
3.2.4	Putkistojen huuhtelu	13
3.2.5	Oman työn tarkastus	13
3.2.6	Toimintakokeet	13
3.2.7	Luovutusmateriaali	14
4	Projektinhallinnan kehittäminen	15
4.1	Tausta	15
4.2	Haasteet	17
4.3	Nykytilanne	18
4.4	Tavoite	20
4.5	Toteutus	21
4.6	Koekäyttö	24
5	Projektipohjan käyttöönotto	25
6	Yhteenveto	27
	Lähteet	28

Lyhenteet

IV	Ilmanvaihto
KVR	Kokonaisvastuurakentaminen
KVV	Kiinteistön vesi- ja viemärlaitteistot
LVI	Lämpö, vesi ja ilma
PDF	Portable Data Format, yleinen dokumenttien tiedostotyyppi
YSE 1998	Rakennusurakan yleiset sopimusehdot 1998

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tilaajana oli pääkaupunkiseudulla toimiva LVI-urakoitsijayritys AJ Eurolämpö Oy, joka on perustettu vuonna 1999 ja työllistää noin 30 henkilöä. Toimihenkilöitä yrityksessä on 8 henkilöä ja loput 22 henkilöä ovat LV-asentajia. Yritys kuuluu Star Expert -konserniin, johon kuuluvat työn toimeksiantajan lisäksi Star Expert Oy sekä Talepolar Oy. [1; 2; 3.]

Tarve sähköisen projektinhallinnan kehitykselle on kasvanut viime vuosina koska rakennushankkeiden asiakirjojen dokumentointi on siirtynyt enemmän projektipankkien ja muiden sähköisien alustoiden varaan. Tarkoituksena oli kehittää yritykselle saatavilla olevilla laitteilla ja ohjelmistoilla toimiva sähköisen projektinhallinnan osakokonaisuus, jolla voidaan luoda laadunvarmistusasiakirjoja ja muistioita työmaaolosuhteissa mobiililaitteita käyttämällä.

Työn tilaajana olevan yrityksen toimialaan kuuluu kokonaisvaltainen LVI-urakointi. Yleisimpiä toteutettavia kohteita ovat esimerkiksi perinteiset linjasaneeraukset, toimitilojen saneeraukset, tuotantolaitosten sekä koulutusrakennuksien uudis- ja saneerauskohteet. [1]

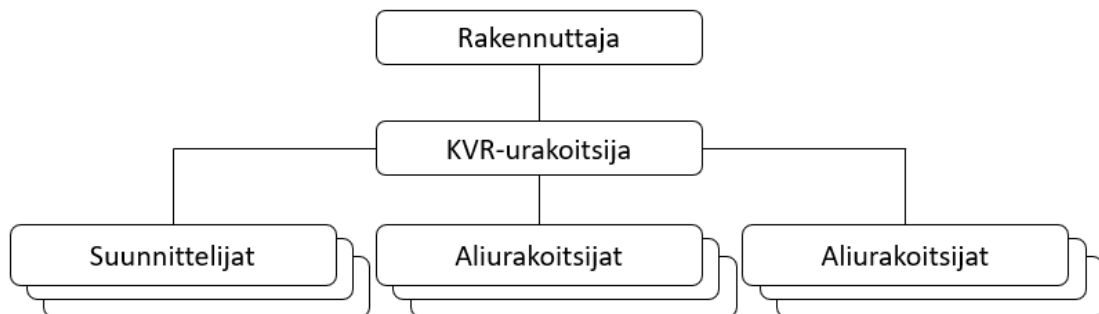
Työn tavoitteena oli viedä nykyiset käytettävissä olevat asiakirjapohjat mobiililaitteilla käytettäväksi sekä helpottaa työmaan arjessa tarvittavien muistioden sekä laadunvarmistusasiakirjojen luomista ja tallentamista myöhempää käyttöä varten. Työssä oli tarkoituksena hyödyntää mahdollisuuksien mukaan jo käytössä olevia ohjelmistoja ja luoda sähköinen muistikirja, joka pohjautuu yrityksessä käytössä olevaan laadunhallintajärjestelmään.

2 Urakointi

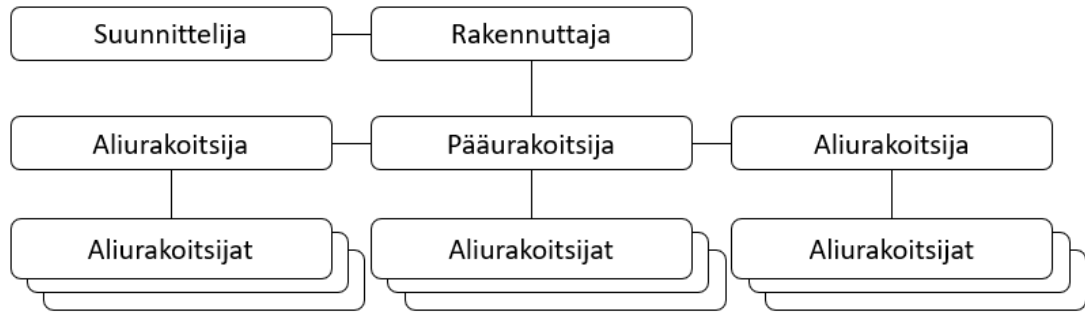
Rakennushankkeita voidaan toteuttaa useilla erilaisilla urakkamuodoilla, joita ovat esimerkiksi kokonais-, kvr- ja sivu-urakka. Sivu-urakassa ovat sopimussuhteessa hankkeen rakennuttajan kanssa ja hankkeeseen valitaan urakoitsijoista kohteen päätoteuttaja ja muut sivu-urakat alistetaan sopimuksella päätoteuttajan alle. Sopimussuhteita selittää alla olevissa kuvissa 1–3. [5; 6]



Kuva 1. Sivu-urakan prosessikaavio



Kuva 2. Kokonaisurakan prosessikaavio



Kuva 3. KVR-urakan prosessikaavio

KVR-urakassa päätoteuttaja vastaa kohteen kokonaisvaltaisesta toteuttamisesta, joka tarkoittaa mm. suunnittelusta, urakoitsijoiden kilpailutuksesta ja valinnasta vastaamisesta sekä hankkeen saattamisesta täysin valmiiksi [5; 6].

Kokonaisurakassa rakennuttaja tekee sopimuksen urakoitsijan kanssa, joka vastaa kohteen toteutuksesta sopimuksenmukaisten asiakirjojen ja suunnitelmien mukaisesti [5; 6].

Kohteen päätoteuttajana eli pääurakoitsijana toimii yleensä urakoitsija, jolle kuuluu suurimmat työt, yleensä sekä uudis- että saneerauskohteissa päätoteuttajana on rakennusurakoitsija. Päätoteuttajalle kuuluu ilmoitusvelvollisuus rakennusvalvonta- ja työsuojeluviranomaiselle, työmaan alue- ja turvallisuussuunnitelmien luominen ja ylläpito. Lisäksi pääurakoitsija huolehtii kaikkien työntekijöiden riittävästä perehdytyksestä ja opastuksesta työmaalla sekä ilmoittaa verohallinnolle joka kuukausi työmaalla työskennelleet työntekijät. [4; 5.]

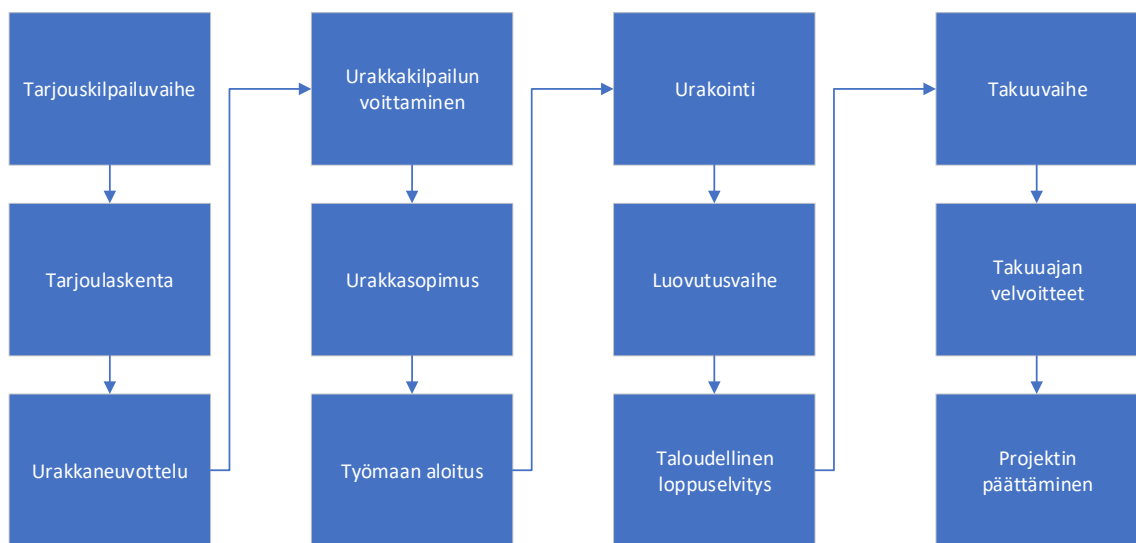
Yleisimmät urakkamallit työn toimeksiantajan toteuttamissa hankkeissa ovat kokonaisu- tai tavoitehintaurakka, joitain kohteita toteutetaan myös laskutyöperusteisesti. Kokonaisu- hintaurakassa urakoitsija sitoutuu tekemään urakkasopimuksen mukaiset työt kiinteällä kokonaishinnalla, tällöin on tärkeää, että kohteen suunnitelmat ovat valmiit, jotta niiden perusteella voidaan antaa urakasta kokonaishinta. Mikäli urakkakohteen suunnitelmat ovat keskeneräiset tai niiden perusteella ei voida antaa kokonaishintaa, toteutetaan työt yleensä laskutyö- tai tavoitehintaurakalla. Laskutyöurakassa kohteessa suoritettavat työt tehdään sovittujen yksikköhintojen, materiaalien alennusprosenttien ja yleiskustannusli- sien mukaisesti. [5; 11.]

2.1 LVI-urakointi

LVI-urakoitsijan töihin voi kuulua kohteesta riippuen ilmanvaihto- ja putkijärjestelmien asennus- sekä erityistyöt ja niihin liittyvien muiden taloteknisten kuten rakennusautomaatiojärjestelmien työt. Opinnäytetyön toimeksiantajan urakoissa kohteiden putkityöt suoritetaan omilla putkiasentajilla ja eristys-, ilmanvaihto- ja rakennusautomaatiotyöt hankitaan aliurakoitsijoilta. [11]

Yrityksen suorittamien kohteiden projektihenkilöstö koostuu yleensä projektipäälliköstä, työnjohtajasta ja asennusryhmästä. Projektipäällikön tehtäviin kuuluvat isojen hankintojen kilpailutus, aliurakoitsijoiden kilpailutus ja hankinta, työmaakokouksiin osallistuminen sekä kohteen KVV- ja IV-tyonjohtajan tehtävät, mikäli kohteen rakennuslupa vaatii erikoisan alan työnjohtajia. Työnjohtajan tehtäviin kuuluvat asennusryhmän ja aliurakoitsijoiden asentajien työnjohto, materiaalien ja tarvikkeiden tilaaminen, mahdollisiin urakoitsijalavereihin osallistuminen. [5; 10; 13.]

LVI-urakan vaiheita selvitetään alla olevassa kuvassa 4.



Kuva 4. LVI-urakoinnin prosessikaavio

2.1.1 Tarjouskilpailu

Yleensä LVI-urakat alkavat joko tarjouspyynnön vastaanottamisella tai julkiseen tarjouskilpailuiin osallistumisella. Tarjouspyynnön vastaanottamisen jälkeen arvioidaan ote taanko kohde laskentaan olemassa olevan tilauskannan, työmäärän, käytettävien järjestelmien sekä sijainnin perusteella. Mikäli kohteeseen on suunnitelmat joiden perusteella työmäärä ja materiaalit voidaan arvioida, tarjouslaskija massoittelee kohteen suunnitelmista tarvikkeet ja työmäärän, lähettää tarjouspyynnön erikoisjärjestelmistä sekä laitehankinnoista ja hinnoittelee työt ja tarvikkeet. Kun kaikkien hankintojen ja töiden hinnat ovat selvillä, kustannukset viedään laskentataulukkoon ja tehdään lopullinen hinnoittelu. LVI-alalla on yleisesti käytössä työehtosopimuksen mukaiset olosuhde- ja vaativuuslisät riippuen kohteen tyypistä ja vaativuudesta, jotka vaikuttavat työn määrään ja vaativuuteen. Näitä kuvataan alla olevassa taulukossa 1. [11]

Taulukko 1. Haitta- ja saneerauslisät rakennustyypeittäin [19, s. 104].

RAKENNUSTYYPPI	HAITTALISÄ	SANEERAUSLISÄ		
	Haittalisä %	Rakennus poistettu käytöstä %	Rakennus käytössä, työalue ei %	Työalue käytössä %
Asuinrakennukset (kerros, rivi- ja pientalot, vapaa-ajan asunnot, asuntolat ja vastaavat)	7	7	13	18
Palvelutalot, majoitusrakennukset, hotellit ja vastaavat	7	8	13	18
Varastorakennukset, parkkihallit, teollisuushallit, myymälä hallit, pysäköintitalot ja vastaavat	16	6	7	13
Sairaalat, hoitolaitokset ja vastaavat	16	13	20	23
Lasten päiväkodit, monitoimitalot, opetusrakennukset ja vastaavat	16	7	13	21
Liikerakennukset, myymälät, toimistorakennukset ja vastaavat	16	7	13	22
Muut rakennukset	16	7	13	22
Sellaisissa tapauksissa, joissa työ on verrattavissa uudistyöhön	Rak.tyypin mukaan	0	0	0
Suojelukohde	Rak.tyypin mukaan	Suojelukohteissa saneeraustaulukkolisiin lisätään 5 %-yksikköä		

2.1.2 Urakoitsijan valinta

Tarjouksen lähettämisen jälkeen tarjouspyynnön lähettäjä voi kutsua LVI-urakoitsijan selonottoneuvotteluun. Neuvottelun tarkoituksena on keskustella mahdollisista epäselvyyksistä tai epäkohdista suunnitelmissa, mikäli ne eivät ole tulleet selville laskentavaiheessa. Selonottoneuvottelun jälkeen tehdään tarvittavat muutokset tarjouksen sisältöön, jonka jälkeen tilaaja valitsee urakoitsijan, jonka kanssa käydään varsinaiset sopimusneuvottelut. [5; 11.]

2.1.3 Työmaan käynnistäminen

Urakasopimuksen syntymisen jälkeen kohteesta pidetään yrityksen sisäinen aloituspalaveri, laaditaan budjetti ja maksuerätaulukko. Budjetin ja työmaan alustavan aikataulun perusteella kartoitetaan resurssien tarve. Kohteesta laaditaan hankinta-aikataulu, josta ilmenee kohteeseen hankittavien järjestelmien ja laitteiden asennuksen alustava aikataulu. [11]

Ennen töiden aloitusta kohteesta voidaan pitää urakan osapuolien kesken aloituskokous ja suunnitelmakatselmus, joissa sovitaan kohteen erityispiirteistä, työmaan toimintatavoista ja menettelyistä eri työvaiheissa [5; 11].

2.1.4 Toteutus

Urakan aikana työmaalla pidetään erilaisia palavereita ja kokouksia sopimusosapuolien kesken, joissa käydään läpi kohteen aikataulua, työmaatilannetta, mahdollisia ongelmatilanteita ja suunnittelutarpeita. Töiden edetessä huolehditaan eri työvaiheiden laadunvarmistuksesta dokumentoimalla tehdyt asennukset, suoritetaan sopimusasiakirjojen mukaiset tarkastukset ja pitämällä katselmuksia töistä sopimusasiakirjojen mukaisesti tai mahdollisten ongelmatilanteiden niin vaatiessa. [5; 11.]

2.1.5 Luovutus

Kohteen töiden valmistuttua urakoitsija pitää kohteessa oman työn tarkastuksen, jossa havaitut virheet ja puutteet pyritään korjaamaan ennen rakennuttajan edustajan suorittamaa tarkastusta. Kohteessa suoritetaan mahdolliset sopimusasiakirjojen mukaiset toimintakokeet ja testaukset ennen luovutusta tai käyttöönottoa. Kohde voidaan ottaa käyttöön ennen luovutusta työvaiheiden niin mahdollistaessa. Näin tehdään usein esimerkiksi linjasaneerauskohteissa, joissa asunnot luovutetaan yleensä asuntolinjojen tai rappujen valmistumisen mukaisesti. [8; 9; 10.]

Mikäli kohde on rakennusluvan alainen, pidetään kaikkien tarkastuksien ja töiden valmistumisen jälkeen rakennusvalvontaviranomaisen suorittama loppukatselmus. Katselmuksessa esitetään kohteen asiakirjat kaikista rakennusluvan vaatimista järjestelmistä. Tällaisia asiakirjoja ovat esimerkiksi rakennusteknisten-, kvv- ja ilmanvaihtotöiden tarkastusasiakirjat sekä talotekniikan järjestelmien mittaus- ja tarkastuspöytäkirjat. [9; 10; 11.]

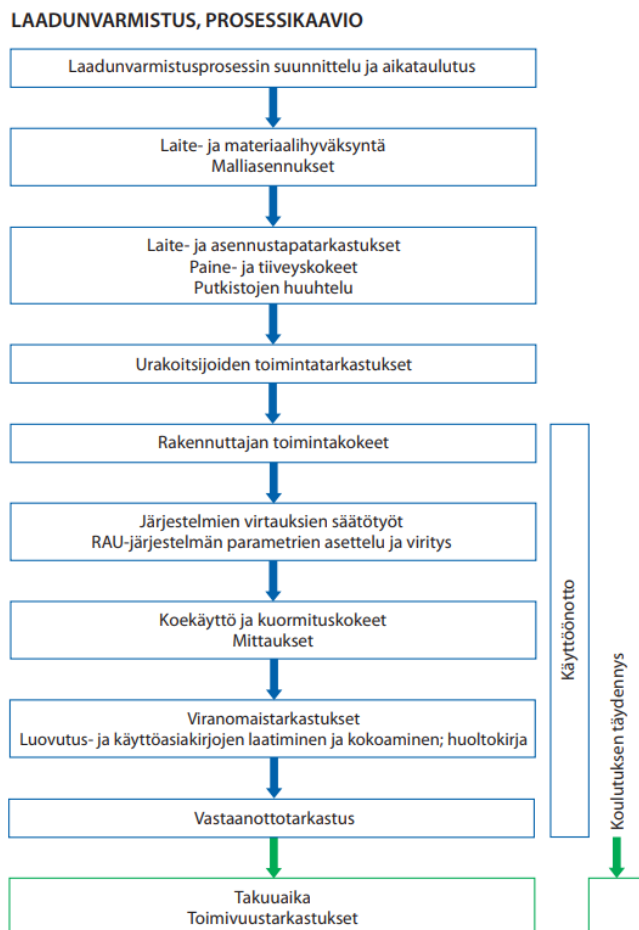
Kohteen luovutuksen yhteydessä pidetään vastaanottokokous, jossa sovitaan kohteen mahdollisista virheistä ja puutteista sekä niiden korjauksesta. Lisäksi sovitaan takuuajan toimenpiteistä ja käytönopastuksen järjestämisestä tilaajan edustajalle. Luovutuksen yhteydessä tilaajalle luovutetaan kohteen huoltokirjamateriaali, johon kuuluvat kohteen laadunvarmistusasiakirjat, käytettyjen materiaalien hyväksynnät sekä laitteiden käyttö- ja huolto-ohjeet. [9]

Urakan vastaanotosta takuu aika on YSE1998 mukaisesti 24 kuukautta, jollei kohteen urakkasopimuksessa toisin mainita. Takuu aikaan voi kuulua kohteessa olevien taloteknisten järjestelmien huoltoja sekä tarkistuksia, lisäksi takuuseen kuuluu kohteessa mahdollisesti esiintyvien vikojen korjaaminen. Kohteen takuuajan päätyminen ei kuitenkaan poista urakoitsijan vastuuta asennuksissa esiintyvien virheiden ja puutteiden osalta. [5]

3 Laadunvarmistus

Laadunvarmistuksen tarkoituksena LVI-urakoinnissa on varmistaa asennettujen järjestelmien ja laitteiden toteutuminen rakennuttajan vaatimusten, voimassa olevien lakien ja viranomaisten vaatimuksien mukaan. Laadunvarmistusprosessi esitetään kuvassa 5. Rakennushankkeeseen ryhtyvä vastaa maankäyttö- ja rakennuslain mukaan, että rakennus suunnitellaan voimassa olevien määräysten, lakien ja rakennuslupien mukaan. [5; 9; 10.]

Oleellinen osa laadunvarmistusprosessia on työsuorituksien dokumentointi riittävällä tarkkuudella, jotta niiden vaatimuksienmukainen toteutuminen voidaan osoittaa [8].



Kuva 5. Laadunvarmistuksen prosessikaavio [10]

3.1 Laadunvarmistus ennen töiden aloittamista

Ennen asennusten aloittamista LVI-urakoitsija hyväksyttää käyttämänsä materiaalit rakennuttajan edustajalla. Urakoitsija laatii toimittajaluettelon käytettävistä tuotteista ja todentaa niiden määräysten- ja suunnitelmienmukaisuuden toimittamalla käytettävistä tarvikkeista sekä laitteista tarvittavat asiakirjat. Näitä asiakirjoja ovat tyypillisesti suoritusta-soilmoitukset, tyyppihyväksynät ja tekniset esitteet. Kuvassa 6 on esimerkki toimittajaluettelosta. [9; 10.]

Jos urakoitsija esittää suunnitelmista poikkeavia tarvikkeita tai laitteita käytettäväksi, rakennuttajan edustajan lisäksi myös suunnittelijan tulee hyväksyä näiden käyttäminen kohteessa [9].

Toimittajaluettelo, LVI

Laite/Järjestelmä/Tuote	Malli	Toimittaja	esitetty	hyväksytty, suunnittelija
Kannakointijärjestelmä				
VESI JA VIEMÄRI				
Kupariputket				
Kupariputket, kromattu				
Puristusjärjestelmä				
Kapillaariosat				
Pinta-asennuskulmat				
Palloventtiilit				
Vuodonilmaisimet				
Messinkiosat				
Puserrusosat				
Paineenalennusventtiili				
LVK-johdon säätöventtiilit				
Kuulasulkuventtiilit				
PEX-muoviputket				
Muoviviemärit ja osat				
DB-viemärit ja osat				
Valurautaviemärit				
Lattiakaivot				
Vesimittarit				
Vesikalusteet				
LÄMMITYS				
Teräsputket				
Linjasäätöventtiilit				
Patteriventtiilit				
Patterin paluuventtiilit				
Käsisäätöpyörät				

Kuva 6. Toimittajaluettelon pohja

Yrityksen kokemuksen mukaan rakennuttaja vaatii usein LVI-urakoitsijalta laadunvarmennussuunnitelman, jonka tarkoituksena on ohjata projektin toteutumista urakka-asiakirjojen edellyttämien laatuvaatimusten mukaisesti ja varmistaa järjestelmien hyvän rakennustavan ja suunnitelmien määrittämän laatutason mukaisesti. Laatusuunnitelmassa kerrotaan projektin erityispiirteet sekä kohteessa esiintyvien riskitekijöiden ennaltaehkäisyyn käytettävät menetelmät. [11]

3.2 Työnaikainen laadunvarmistus

Ennen töiden aloittamista järjestetään rakennuttajan vaatimat, urakka-asiakirjoissa mainitut sekä tarvittavat mallikatselmukset. Mallikatselmusten tarkoituksena on varmistaa asennuksien ja materiaalien laatutaso sekä suunnitelmien mukaisuus. [10]

Urakoitsijan tulee dokumentoida ja tarkastaa kaikki työsuoritukset sekä kiinnittää erityistä huomiota peittyviin asennuksiin. Tarkastusasiakirjojen avulla on voitava osoittaa asennusten suunnitelmien mukainen toteutus. [8]

Urakkasuorituksen edetessä asennetuille LVI-järjestelmille suoritetaan laadunvarmistussuunnitelman mukaiset sekä rakennuttajan, suunnitelmien ja mahdollisten rakennusviranomaisten edellyttämät laadunvarmistustoimenpiteet, esimerkiksi asennustapatarkastukset, kanavistojen puhtaustarkastukset ja tiiveyskokeet sekä putkistojen huuhtelut ja painekokeet [9].

3.2.1 Kanavistojen puhtaustarkastus

Rakennuttajan edustaja tai rakennusvalvontaviranomainen voivat vaatia kanavistojen puhtauden tarkastettavaksi ennen ilmanvaihtolaitteiden käynnistämistä. Ilmanvaihtokanavistojen puhtaus voidaan arvioida joko visuaalisesti tai pölykertymän mittauksella siihen soveltuvalla laitteistolla. Järjestelmän puhtaus voidaan todeta esimerkiksi kuvan 7 mukaisesti. Tarkastus tehdään usein visuaalisesti tarkastelemalla kanavistojen pölykertymää siihen soveltuvalla kuvauslaitteistolla, kuten viemärikameralla, tai tarkastusluukuista arvoimalla. [15; 16; 18.]

Tarkastettava tekijä	Puhtausluokka P1/P1v	Puhtausluokka P2/P2v	Tarkastusmenetelmä
Tuloilmakanaviston ja tuloilmakoneen keskimääräinen pölykertymä	alle 2,0 g/m ²	alle 5,0 g/m ²	Visuaalinen puhtausasteikko ja rajatapauksessa suodatinkeräys.
Yksittäisen tarkastuspisteen pölykertymä	alle 4 g/m ²	alle 10 g/m ²	Visuaalinen puhtausasteikko ja rajatapauksessa suodatinkeräys.
Karkea lika (metallijäysteet, rakennusmateriaalit yms.)	Saa esiintyä pieniä määriä siellä täällä paikallisesti.	Saa esiintyä pieniä yksittäisiä kasoja, mutta ei yhtenäistä vanaa.	Visuaalinen asteikko (karkea lika).
Ilmanvaihtokoneesta peräisin olevat voiteluainejäämät	Ilmanvaihtokoneesta peräisin olevat voiteluainejäämät on puhdistettava.		Visuaalinen puhtausasteikko (ilmanvaihtokoneesta peräisin olevat voiteluainejäämät).
Ilmanvaihtotuotteiden valmistuksessa tuotteisiin jääneet voiteluainejäämät	Jos järjestelmässä ei ole käytetty M1-luokiteltuja ilmanvaihtotuotteita, järjestelmä ei voi olla öljyjäämien osalta P1- tai P2-järjestelmä. Järjestelmän puhtausluokka on P1, tai P2v.		Järjestelmän asennusdokumentit (P1, P2 vai luokittelematon järjestelmä) ja visuaalinen puhtausasteikko (ilmanvaihtokanavien voiteluainejäämät).
Päätelaitteiden pinnoilla oleva pölykertymä	Pölyyn ei saa jäädä selkeää jälkeä sormella vedettäessä.	Pöly ei saa kasaantua sormella pyyhkäistäessä.	Silmämääräinen arvio, jonka tukena sormipyyhkäisy.
Kuitulähteet	Järjestelmässä ei saa olla merkittäviä kuitulähteitä.		Mahdolliset kuitulähteet kartoitetaan visuaalisesti arvioimalla äänenvaimentimien kuntoa (MIV-konsepti: äänenvaimentimien kunnostus). Tarvittaessa tehdään/teetetään tarkempia tutkimuksia.
Mikrobilähteet	Järjestelmässä ei saa olla merkittäviä mikrobilähteitä.		Mahdolliset mikrobilähteet kartoitetaan visuaalisesti arvioimalla järjestelmässä olevaa kosteutta tai kosteusjälkiä. Tarvittaessa tehdään tarkempia tutkimuksia.

Kuva 7. Ilmanvaihtojärjestelmien puhtausluokitukset ja vaatimukset [16, s. 2]

3.2.2 Kanavistojen tiiviyskoe

Ilmanvaihtojärjestelmille voidaan määritellä tiiveysluokitus kuvassa 8 näkyvän taulukon mukaisesti, jonka saavuttaminen tarkastetaan tekemällä kanavistoille tiiveyskoe. Ilmanvaihtokanaviston avoimet päät tulpataan ja kanavistoon luodaan ylipaine koepaineputhalmella. Kanaviston tiiveys todetaan laskemalla vuotoilmavirta kanaviston vaipan pinta-alaa kohti alla olevan kaavan mukaan. [10; 16.]

$$\frac{\text{vuotoilmavirta } dm^3/s}{\text{kanaviston vaipan pinta - ala } m^2} = \text{vuotoilmavirta vaipan pinta - alaa kohti}$$

Tiiveysluokka	Sallittu vuotoilma enintään q_{VIA} $dm^3/s/m^2$
A	$0,027 \times p_s^{0,65}$
B	$0,009 \times p_s^{0,65}$
C	$0,003 \times p_s^{0,65}$
D	$0,001 \times p_s^{0,65}$
E	$0,0003 \times p_s^{0,65}$

Kuva 8. Kanaviston tiiveysluokat [16, s. 41]

3.2.3 Putkistojen painekoe

Asennetuille putkistoille ja järjestelmille suoritetaan sopimusasiakirjojen mukaisesti painekokeet ennen niiden peittämistä ja/tai eristämistä. Painekoe suoritetaan tulppaamalla putkiston avoimet päät ja järjestelmään pumpataan ylipaine koepainepumpulla tai kompressorilla. Käytettävä väliaine, painekokeen kesto ja käytettävä koepaine määrätään sopimusasiakirjoissa ja ohjekorteissa. [9]

3.2.4 Putkistojen huuhtelu

Rakennuskohteeseen asennetut putkistot huuhdellaan kohteen suunnitelmissa esitetyllä menetelmällä ennen järjestelmien lopullista täyttöä ja käyttöönottoa. Huuhtelun tarkoituksena on poistaa työn aikana mahdollisesti putkistoon joutuneet epäpuhtaudet, jotta ne eivät joudu talousveden sekaan tai tuki putkistossa olevia venttiilejä. Huuhdeltavia järjestelmiä ovat esimerkiksi käyttövesiputkistot, lämmitys- ja jäähdytysverkot. [14]

3.2.5 Oman työn tarkastus

Asennustöiden valmistuttua osana laadunvarmistusta suoritetaan ns. itselleluovutus jossa urakoitsija tarkastaa omaan urakkaansa kuuluneet työsuorituksensa. Kaikki tarkastuksessa havaitut puutteet dokumentoidaan ja niiden korjauksen jälkeen itselleluovutus suoritetaan uudelleen ja puutteet kuitataan korjatiksi. [9; 10.]

3.2.6 Toimintakokeet

LVIA-urakkaan kuuluu yleensä myös toimintakokeiden suorittaminen, jossa kohteeseen asennettujen tärkeimpien laitteiden ja järjestelmien suunnitelmien mukainen toiminta tarkastetaan. Usein tarkastettavia kohteita ovat esimerkiksi ilmanvaihtokoneiden ohjauksien toimivuus, mahdollisia hätätilanteita varten olevien hätä-seis-painikkeiden toiminta, ilmanvaihtokoneiden lämmityspattereiden jäätymissuojan toiminta ja palopeltien sekä sulkupeltien sulkeutuminen ilmanvaihtokoneen pysähtyessä tai palohälytyksen lauetessa. [9]

3.2.7 Luovutusmateriaali

Asennustöiden edetessä urakoitsijat laativat töiden aikaiset tarkesuunnitelmat, työmaalla sovitusta muutoksista, joista ei ole laadittu revisiosuunnitelmia. Tällaisia muutoksia voivat olla esimerkiksi reittimuutokset ja putkikokojen muutokset. LVI-suunnittelija päivittää nämä muutokset loppukuviin, jotka luovutetaan tilaajalle. [9]

Kohteen valmistuessa tilaajalle luovutetaan huoltokirja, johon on kerätty kohteessa käytettyjen materiaalien, järjestelmien ja laitteiden esitteet, tyyppihyväksynät sekä huolto- ja käyttöohjeet. Kuvassa 9 on esimerkki huoltokirjan sisällysluettelosta.

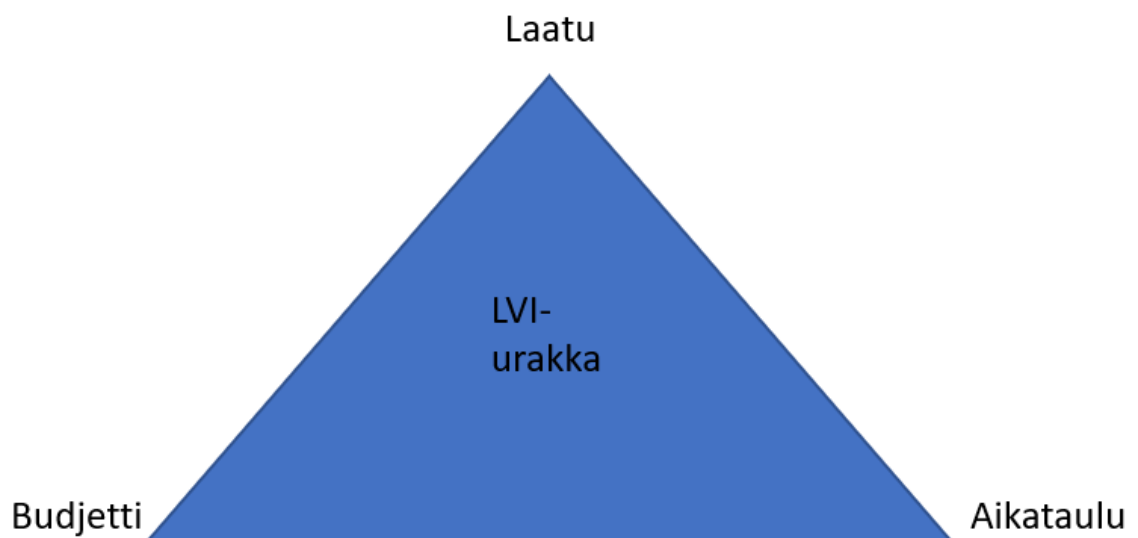
AJ Eurolämpö Oy LVI-huoltokirja Kohteen tiedot	1	Yhteystiedot
	2	Takuu
	3	Toimittajaluettelo
	4	Tarkastusasiakirjat
	5	Mittauspöytäkirjat
	6	Huolto- ja hoito-ohjeet
	7	Vesi ja viemäri tuotetiedot
	8	Lämmitys tuotetiedot
	9	Ilmanvaihto tuotetiedot
	10	Tyyppihyväksynät

Kuva 9. Huoltokirjan sisällysluettelo

4 Projektinhallinnan kehittäminen

4.1 Tausta

LVI-urakoinnin projektinhallinnan kolme keskeistä hallittavaa osa-aluetta ovat aikataulu, budjetti ja laatu, kuten kuvassa 10 esitetään. Onnistuneen projektinhallinnan avulla urakat valmistuvat asetettujen tavoitteiden mukaisesti: sovitussa aikataulussa, kohteelle laaditussa budjetissa sekä noudattaen kohteen sopimuksenmukaisia suunnitelmia. Tavoitteiden saavuttamiseksi on tärkeää, että projektihenkilöstöllä on ammattitaidon lisäksi käytettävissä tarvittavat resurssit, riittävän nykyaikaiset työkalut ja menetelmät. [7; 11.]



Kuva 10. LVI-urakan projektinhallinnan osa-alueet

Jotta projektissa käytettävissä oleva budjetti olisi realistinen, on tärkeää, että tarjouslaskentavaiheessa on otettu huomioon kaikki urakkaan liittyvät työt. Mikäli esimerkiksi joi-tain merkittäviä laitehankintoja on unohdettu laskentavaiheessa, on projektihenkilöstön usein mahdotonta pysyä määrättyssä budjetissa. Projektin budjettia seurataan riittävän usein urakan edetessä, jotta mahdollisiin ongelmatilanteisiin ehditään reagoida ajoissa. [11]

Projektin valmistumisen kannalta on tärkeää, että aikataulu laaditaan realistisesti. Aikataulua seurataan ja päivitetään riittävän usein, jotta havaitaan ajoissa, mikäli työmaalla tarvitaan lisää resursseja.

LVI-urakoinnissa yksi toimihenkilöiden merkittävimmistä tehtävistä on riittävästä laadunvarmistuksesta ja sen dokumentoinnin ylläpidosta huolehtiminen. Kohdeyrityksessä oli havaittu, että yrityksen käytössä olevat työkalut ja menetelmät eivät olleet enää riittäviä kaikissa projekteissa. Rakennusalan määräykset ja ohjeistukset kehittyvät jatkuvasti, minkä vuoksi myös laadunvarmistustoimenpiteiden vaatimukset muuttuvat vaativampaan suuntaan. [8; 11; 18.]

Yleensä isommissa projekteissa vaadittavat laadunvarmistuksen toimenpiteet ovat laajempia ja niitä vaaditaan enemmän kuin pienissä projekteissa. Isoissa urakoissa työvaiheita voi olla käynnissä useita päällekkäin, ja työt etenevät eri osioilla eri tahtiin, jolloin on tärkeää, että kaikki laadunvarmistukseen liittyvät tarkastukset pidetään ajallaan sekä dokumentoidaan huolellisesti. [11]

Pienemmissä projekteissa työt voivat olla niin vähäisiä, ettei kohteessa tarvita laajoja laadunvarmistustoimenpiteitä. Usein riittää katselmus ennen töiden aloitusta ja valmiiden asennusten tarkastus. Vaikka kyseessä olisi pieni projekti, on tärkeää, että kaikki tehdyt asennukset on dokumentoitu ja tarkastettu asianmukaisesti mahdollisia ongelmatilanteita selvittämistä varten. [11]

4.2 Haasteet

Yrityksen kokemuksen mukaan tällä hetkellä haasteita rakennusalalla ovat nopeat aloitukset tarjouskilpailun jälkeen, tiukat aikataulut ja suunnitelmien keskeneräisyys töiden alkaessa sekä työnaikaisten suunnitelmapäivitykien vaikutus aikatauluun sekä jo valmistuneisiin työvaiheisiin. [11]

Kohteet odottavat usein varsinaista toteuttamispäätöstä pitkään johtuen mm. rahoituksesta, kohteen vuokralaisesta sekä rakennuslupapäätöksestä. Nämä johtavat usein projektin aloituksen siirtymiseen, mutta ei kohteen valmistumisajankohtaan. Aloitusajankohdan siirtymisen vuoksi kohteen aikataulu joudutaan usein laatimaan pitkän toimitusajan omaavien hankintojen perusteella. Kohteiden aikataulujen tiivistymisen takia voidaan joutua lisäämään työmaalle varattuja asennusresursseja. Resurssien kasvattaminen kasvattaa työnjohtajien työkuormaa joka voi vaikuttaa laadunvalvonnan heikentymiseen. [11; 18.]

Haasteeksi on muodostunut myös suunnitelmien keskeneräisyys töiden alkaessa sekä niiden muuttuminen töiden edetessä ja ristiriidat eri suunnittelualojen kuten sähkö- ja LVI-suunnitelmien välillä. Hankintojen osalta tämä voi johtaa siihen, että jotkut ainoastaan tilaustuotteina valmistetut tuotteet on tilattu, mutta ne eivät enää sovellu käytettäväksi kohteessa. Tämä aiheuttaa materiaalikustannuksien nousua ja ylimääräisiä kustannuksia kohteen tilaajalle sekä urakoitsijoille. Jo tehtyjä asennuksia voidaan joutua purkamaan tai muokkaamaan uusien suunnitelmien vuoksi, mistä voi aiheutua ylimääräisiä kustannuksia sekä aikataulun viivästymistä. [11; 18.]

4.3 Nykytilanne

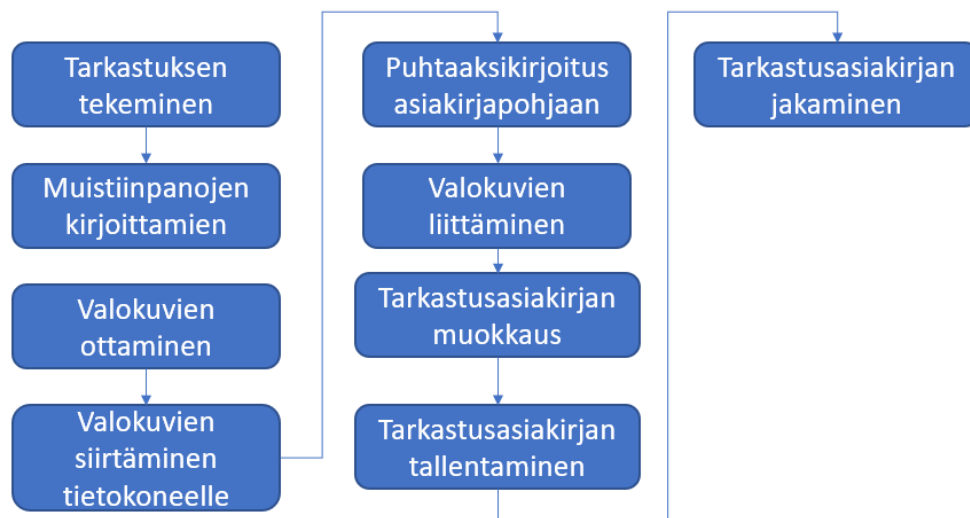
Opinnäytetyön aloitushetkellä kohdeyrityksen urakoiden projektinhallintaan ja työnjohtoon osallistui kuusi toimihenkilöä. Kaikilla toimihenkilöillä oli käynnissä samanaikaisesti useita erilaisia työmaita, joiden tyypit vaihtelivat esimerkiksi kerrostalon runkovesijohtojen ja patteriventtiilien uusmisen sekä kokonaisen koulun LVIA-laajennus- ja saneerausurakkan välillä.

Projektien urakka-ajat olivat 1-24 kuukautta ja urakkasummat muutamien tuhansien ja satojen tuhansien eurojen välillä. Isoimmissa urakoissa kohdeyrityksellä saattoi olla jopa viisi eri aliurakoitsijaa. Projektien erilaisten laajuuksien ja sisältöjen vuoksi niiden projektinhallinnassa käytettävien menetelmien sekä tarvittavien työkalujen tarpeet vaihtelivat.

Yrityksessä oli käytössä yhteinen verkkolevy, jossa jokaisella projektilla oli oma kansio johon niihin liittyvät dokumentit tallennettiin. Projektinhenkilöstön kesken oli koettu tarpeelliseksi, että niihin pääsisi käsiksi ja että niitä voisi muokata myös työmaalta käsin. Ongelmaksi oli muodostunut, ettei niiden käsittely ja luominen ollut onnistunut helposti mobiililaitteilla. Joskus asiakirjojen tallentaminen verkkolevylle unohtui, jolloin ne eivät olleet enää ajantasalla ja kaikki projektihenkilöstöön kuuluvat henkilöt eivät tieneet, mitä tarkastuksia työmaalla oli tehty.

Vuosien aikana yrityksessä oli tehty useita uusia versioita asiakirjapohjista, mutta niitä ei ollut otettu käyttöön järjestelmällisesti minkä vuoksi joillain toimihenkilöillä oli käytössä erilaisia ja vanhentuneita asiakirjapohjia, mistä johtuen projektien asiakirjojen ulkoasu ei ollut yhteneväinen.

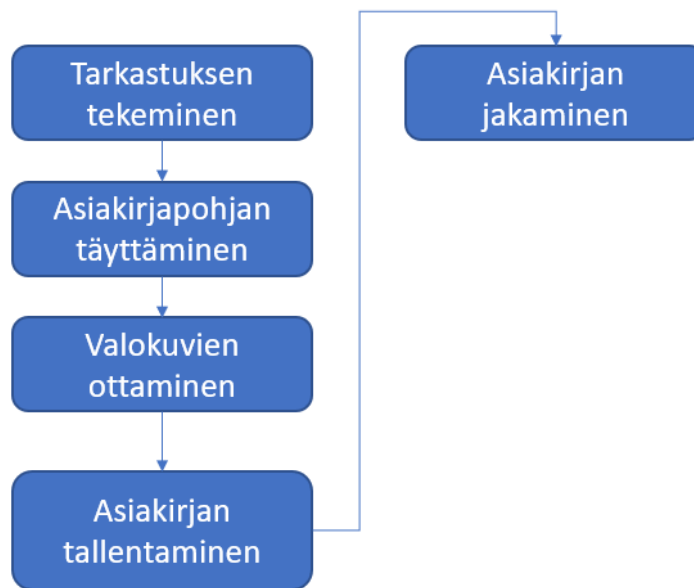
Tarkastusasiakirjojen luominen, tallentaminen ja jakaminen oli muodostunut liian monivaiheiseksi, kuten kuvassa 11 esitetään. Tarkastusasiakirjat tehtiin usein työmaalla ensin paperille tai vapaamuotoiseen muistioon esimerkiksi tabletille. Tämän jälkeen ne kirjoitettiin toimistolla puhtaaksi asiakirjapohjaan, työmaalla otetut kuvat siirrettiin tietokoneelle, valokuvat liitettiin asiakirjaan, minkä jälkeen ne olivat valmiit tallennettavaksi verkkolevylle. [11]



Kuva 11. Tarkastusasiakirjan luomisen nykytilanne

4.4 Tavoite

Kehitystyön tavoitteena oli mahdollistaa LVI-urakan projektihallinnassa tarvittavien laadunvarmistusasiakirjojen, muistoiden ja tarkastuspöytäkirjojen luominen sähköiseen muotoon mobiililaitteilla sekä tallentaa ne suoraan pilvipalvelimelle kuvan 12 mukaisesti. Tarkoituksena oli käyttää mahdollisuuksien mukaan nykyhetkellä yrityksessä käytössä olevia asiakirjapohjia, laitteita ja ohjelmistoja. Käytyjen keskustelujen perusteella tärkeimmät tavoitteet olivat luotavien asiakirjojen yhteneväinen ulkoasu ja niiden luomiseen käytetyn ajan vähentäminen.



Kuva 12. Tarkastusasiakirjan luominen mobiililaitteella

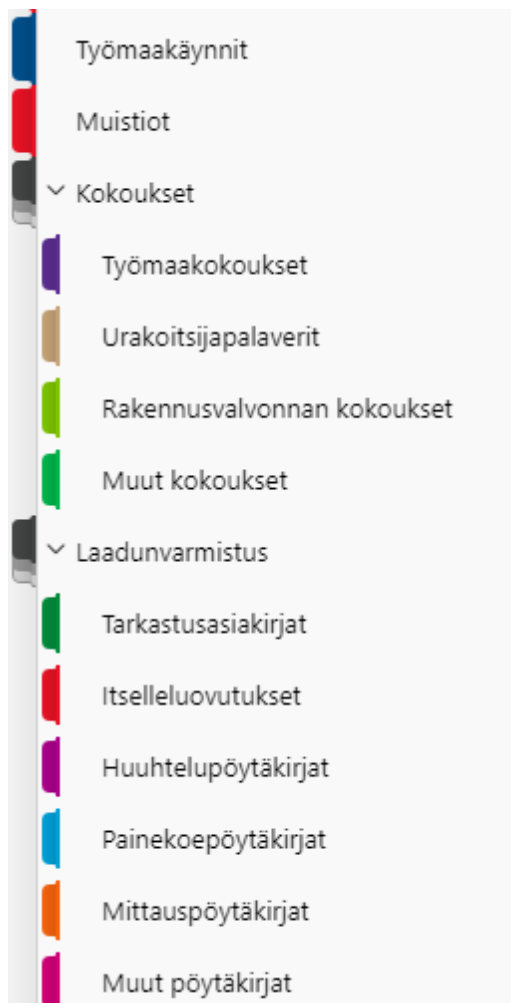
4.5 Toteutus

Aluksi kartoitettiin erilaisia ohjelmistoja, jotka sopivat käytettäväksi myös mobiililaitteilla. Markkinoilla on useita kuukausimaksullisia projektinhallintaan luotuja ratkaisuja kuten Congrid, Infomaatti, ja MDO. Näissä kaikissa on oma pilvipalvelu johon tallennetut tiedostot tallentuvat, ja niissä on valmiita asiakirjamalleja erilaisiin tarkastuksiin. Työn toimeksiantajan kanssa kuitenkin todettiin, ettei aluksi haluta sitoutua mihinkään uuteen ohjelmistoon. [11]

Käytyjen keskustelujen perusteella päädyttiin käyttämään Microsoft OneNote -ohjelmistoa, joka kuuluu osaksi Microsoftin Office -pakettia, joka yrityksellä oli jo valmiina ja se on saatavilla kaikille yleisesti käytössä oleville mobiililaitteiden käyttöjärjestelmille kuten Android, Windows ja iOS [11; 12].

OneNotessa luodaan ensin muistikirja, johon luodaan osioita tai osaryhmiä, joiden alle voidaan luoda vapaamuotoisia muistioita, tuoda valmiita taulukoita sekä asiakirjapohjia muista Office-ohjelmistoista. Muistikirja voidaan jakaa usealle käyttäjälle ja käyttöoikeudet voidaan rajata joko lukuoikeuksiin tai luku- ja muokkausoikeuksiin. Muistikirjat voidaan tallentaa Microsoftin OneDrive-pilvipalveluun tai esimerkiksi yrityksen omalle verkkoalueelle. [12]

Ohjelmiston valinnan jälkeen toimihenkilöjen kesken pidettiin aloituspalaveri, jossa keskusteltiin tarvittavista ominaisuuksista ja asiakirjapohjista, joiden tulisi olla käytettävissä. Keskustelun perusteella tultiin tulokseen, että oleellisimpia ominaisuuksia olisivat erilaisien muistioiden luominen sekä laadunvarmistusasiakirjojen valmiit dokumenttipohjat, joita voisi kopioida ja täyttää työmaalla. Aloituspalaverin jälkeen luotiin muistikirjapohja, siihen lisättiin käytettävät osiot ja osaryhmät alla olevan kuvan 13 mukaisesti.



Kuva 13. Muistikirjan sisältö

Pohjan luomisen jälkeen kartoitettiin nykyisten asiakirjapohjien tilanne ja valittiin, mitä asiakirjoja haluttaisiin käytettäväksi projektipohjassa. Joistain asiakirjapohjista oli useita eri versioita, ja niistä valittiin sopivimmat. Valitut asiakirjat muokattiin sopiviksi OneNotea varten ja tämän jälkeen ne lisättiin muistikirjapohjaan. Kuvassa 14 on esimerkki soveluksella täytettävästä painekoepöytäkirjasta.

AJ Eurolämpö Oy									
PAINEKOEÖYTÄKIRJA									
Työ / kohde:									
Putkiverkosta:			Käytövesi						
Putkiverkoston osa:									
Huom:									
LV-urakoitsija on			/		/				
suorittanut edellä mainitun putkiston tiiveyskokeen								Mpa:n paineella	
Painekokeen väliaine:									
Painekokeen kesto:									
Painekokeen suorittaja:									
Painekokeen tarkastaja:									
Painekokeen valvoja:									

Kuva 14. Painekoepöytäkirja

4.6 Koekäyttö

Muistikirjan luomisen ja asiakirjapohjien muokkauksen jälkeen päädyttiin ottamaan uusi ohjelmisto koekäyttöön erään koulun saneeraus- ja laajennustyömaalla. Tarkoituksena oli, että kaikki työmaalla tehtävien kokeiden, mittauksien, muistioiden ja tarkastuksien dokumentaatio hoidettaisiin puhelimella tai tabletilla uutta ohjelmistoa käyttäen. Näiden kokemusten perusteella muistikirjapohjaa muokattaisiin paremmin tarkoituksia vastaavaksi.

Projektihenkilöstöön kuului kaksi toimihenkilöä: projektipäällikkö ja työnjohtaja. Heti muistikirjan jakamisen ja ensimmäisten muistiinpanojen tekemisen jälkeen havaittiin, että mobiililaitteiden ja tietokoneella olevien tietojen synkronointi ei toimi oikein ja että niissä oli näkyvillä eri tiedostoja. Myös projektipohjan avaaminen eri laitteilla ensimmäistä kertaa tuotti ongelmia. Ongelmat saatiin ratkaistua päivittämällä laitteiden synkronointiasetuksia, tarkastamalla että käytössä oli sama käyttäjätili joka laitteella ja varmistamalla, että luodut projektipohjat ovat tallentuneet verkkolevyille eikä laitteiden fyysisille asemille.

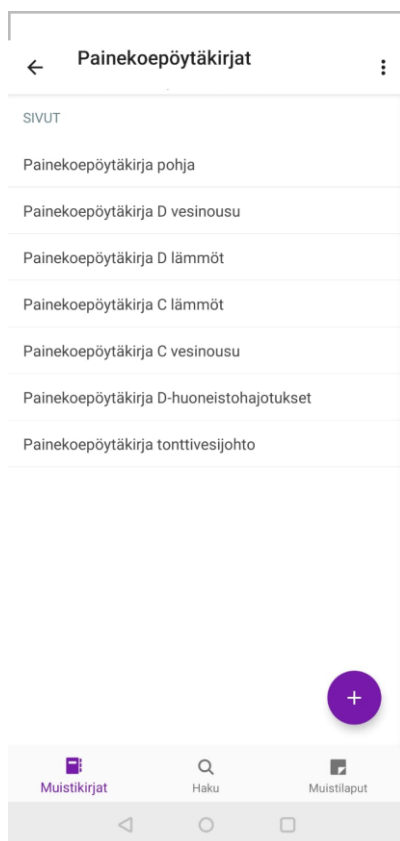
Alun ongelmien jälkeen muistiinpanojen ja asiakirjojen luominen sekä tallentaminen alkoivat sujua tavoitteiden mukaisesti. Projektin aikana joitain asiakirjapohjia muokattiin ja kyseiselle työmaalle turhaksi koettuja ominaisuuksia poistettiin muistikirjapohjasta. Ylimääräisen asiakirjapohjien ja muistikirjan osioiden poistaminen teki projektipohjasta selkeämmän ja sen latausajat työmailla pienenivät. Latausaikojen pieneminen oli tarpeen, koska oli huomattu, että esimerkiksi kellarikerroksissa muistikirjan latautuminen puhelimeen tai tablettiin kesti kohtuuttoman kauan huonon verkkoyhteyden vuoksi.

5 Projektipohjan käyttöönotto

Koekäytön perusteella havaittujen ongelmien korjaamisen ja parannusehdotuksien perusteella tehtyjen muutoksien jälkeen projektipohjaa muokattiin ennen lopullista versiota. Esimerkiksi todettiin, ettei kohteiden suunnitelmia kannata tallentaa muistikirjaan, koska usein kohteissa on käytössä projektipankit joihin suunnitelmat päivittyvät automaattisesti. Lopullinen muistikirjapohjan versio tallennettiin yrityksen verkkolevyille.

Uuden projektin alkaessa urakan tyypistä sekä laajuudesta riippuen muistikirjassa olevia osioita ja osaryhmiä voidaan muokata kyseisen projektin tarpeiden mukaisesti. Projektissa tarvittavien laadunvarmistusasiakirjojen tiedot muokataan kohdetta vastaaviksi ja tarpeettomat asiakirjapohjat voidaan poistaa. Muistikirjan käyttöoikeudet jaetaan kaikille projektiin osallistuville henkilöille.

Urakan edetessä kohteeseen tehdyt asennukset dokumentoidaan valokuvilla ja niistä luodaan tarkastusasiakirjat sovellukseen, jotta niitä voidaan tarvittaessa tarkastella myöhemmin. Sopimusasiakirjojen mukaiset laadunvarmistusasiakirjat, kuten kuvassa 15 näkyvät paineokoepöytäkirjat, luodaan projektipohjassa oleviin valmiisiin asiakirjapohjiin.



Kuva 15. Kuvakaappaus OneNoten mobiiliversiossa näkyvistä paineokoepöytäkirjoista

Urakan päättymisen yhteydessä asiakirjat voidaan joko tulostaa fyysisesti paperille tai tallentaa esimerkiksi yleisesti käytössä olevaan PDF-muotoon (Portable Document Format), ja ne luovutetaan sopimusasiakirjojen mukaisesti tilaajalle huoltokirjamateriaalin mukana. Projektipohjaan tallennetut tiedostot säilyvät pilvipalvelussa, mutta lisäksi ne voidaan tallentaa esimerkiksi yrityksen omalle verkkolevyille tai muistitikulle mahdollista myöhempää käyttöä varten.

6 Yhteenveto

Kohdeyrityksen kokemuksen mukaan urakoiden aikataulujen kiristyessä laadunvarmistuksen toimenpiteille oli käytössä entistä vähemmän aikaa, ja nykyiset käytössä olevat menetelmät olivat osittain vanhentuneita. Näiden havaintojen vuoksi koettiin tarpeelliseksi kehittää projektien laadunvarmistuksen dokumentoinnin menetelmiä.

Työn tuloksena kohdeyritykselle otettiin käyttöön uusi ohjelmisto, jonka avulla työmaalla tehtävien muistioiden ja laadunvarmistusasiakirjojen luominen helpottui aikaisempiin toimintatapoihin verrattuna. Yrityksen toimihenkilöistä suurin osa on siirtynyt käyttämään uutta menetelmää projektinhallinnan laadunvarmistuksen tukena.

Valittu ohjelmisto ja siinä käytettävissä olevat ominaisuudet vastasivat työlle asetettuja tavoitteita. Projektipohjaa sekä siihen liitettyjä asiakirjapohjia kehitetään ja päivitetään uusien tarpeiden mukaisesti.

Lähteet

- 1 AJ Eurolämpö Oy. 2018. Verkkoaineisto. AJ Eurolämpö Oy. www.eurolampo.fi. Luettu 04.02.2018.
- 2 Star Expert Oy. 2018. Verkkoaineisto. Star Expert Oy. www.starexpert.fi. Luettu 04.02.2018
- 3 Talepolar Oy. 2018. Verkkoaineisto. Talepolar Oy. www.talepolar.fi Luettu 04.02.2018.
- 4 Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009. Annettu 23.8.2009 Helsingissä.
- 5 Rakennusurakan yleiset sopimusehdot, YSE 1998 (RT 16-10660). 1998. RT-kortisto. 2. painos joulukuu 2016. Rakennustieto Oy.
- 6 Rakentamisen urakkamuodot. Verkkoaineisto. Kiinteistöoikeus.fi. <https://kiinteistooikeus.fi/palvelumme/rakentaminen/urakkamuodot/>. Luettu 20.09.2019.
- 7 Pelin, Risto 2011. Projektinhallinnan käsikirja. Helsinki. Projektijohtaminen Oy Risto Pelin.
- 8 Urakoitsijan työmaakansio – Rakennusurakkaan liittyvät velvollisuudet, vastuut ja oikeudet. 2014. Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy
- 9 Talotekniikan laadunvarmistus ja vastaanottomenettely – Prosessikuvaus. 2018. LVI 03-10630. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS
- 10 Talotekniikan laadunvarmistus ja vastaanottomenettely – Tehtävät ja dokumentointi. 2018. LVI 03-10631. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS
- 11 Haastattelut ja palaverit 02/2018-09/2019 AJ Eurolämpö Oy
- 12 OneNote. 2019. Verkkoaineisto. Microsoft. www.onenote.com. Luettu 31.03.2019.
- 13 Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999.
- 14 TalotekniikkaRYL 2002. 2003. Helsinki: Rakennustieto Oy

- 15 IVKT 2016 Ohje 4 Ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden tutkiminen. 2016. Verkkoaineisto. Suomen LVI-liitto, SuLVI ry. <https://sulvi.fi/materiaalipankki/iv-kuntotutkimushanke/>. Luettu 20.09.2019.
- 16 Ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden tarkastus – Ilmanvaihdon parannus- ja korjausratkaisut. 2007. LVI 39-10409. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS
- 17 Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas. 2019. Verkkoaineisto.Talotekniikka-info. <https://www.talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas>. Luettu 20.09.2019.
- 18 Rakennusalan jatkuvat laatuhaasteet. 2018. Sisäilmautiset 22.2.2018. <https://www.sisailmautiset.fi/rakentaminen-2/rakennusalan-jatkuvat-laatuhaasteet/>. Luettu 20.09.2019.
- 19 LVI-toimialan työehtosopimus työntekijöille 1.5.2018–30.4.2020. Helsinki: LVI-TU Ry, Rakennusliitto Ry.