



Mikko Katila

# KVR-tarjouslaskennan kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (YAMK)

Talotekniikan tutkinto-ohjelma

Opinnäytetyö

26.3.2024

# Tiivistelmä

Tekijä: Mikko Katila  
Otsikko: KVR Tarjouslaskennan kehittäminen  
Sivumäärä: 48 sivua  
Aika: 26.3.2024

Tutkinto: Insinööri (YAMK)  
Tutkinto-ohjelma: Talotekniikan tutkinto-ohjelma  
Ammatillinen pääaine: LVI-Tekniikka  
Ohjaajat: Lehtori Markku Leino

---

Talotekniikka-alalla tarjouslaskenta on haastavaa ja laskentaan käytetään yrityksissä paljon työtunteja. Tarjouslaskentaprosessien ja työkalujen tulee olla ajan tasalla. Oikeanlaiset työkalut ja toimintamallit lisäävät tarjouslaskennan tarkkuutta ja lisäävät yrityksen kilpailukykyä markkinakentässä. Tarjouksen toteutuskustannusten tarkka laskenta toimii pohjana yrityksen kannattavalle liiketoiminnalle ja antaa yritykselle mahdollisuuden kasvattaa osuuttaan markkinakentässä, jossa kilpailu urakoista on kovaa. Urakkamuotona KVR-urakka helpottaa tilaajan tarjouspyyntöprosessia, mutta samalla lisää huomattavasti urakoitsijan työmäärää tarjouslaskentavaiheessa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda toimeksiantajayritykselle toimiva laskentataulukko helpottamaan ja luomaan tarkkuutta KVR-tarjouslaskentaan. Laskentataulukko toteutettiin toimeksiantajayrityksen tarpeen mukaisesti palvelemaan ilmanvaihtoalan KVR-tarjouslaskentaa.

Opinnäytetyön tekeminen aloitettiin perehtymällä yrityksen nykyiseen tarjouslaskennan toimintamalliin ja käytössä oleviin työkaluihin. Laskentataulukko suunniteltiin tuottamaan tarvittavat tiedot ilmanvaihtokoneen mitoitusta varten. Tämän lisäksi laskentataulukko suunniteltiin tuottamaan listaus työn toteutukseen tarvittavista kierresaumakanavista ja kanavaosista. Laskentataulukon tuottamien tietojen perusteella voidaan erillistä tarjouslaskenta ohjelmaa apuna käyttäen laskea tarjouksen toteutuskustannukset.

Avainsanat: LVI, Tarjouslaskenta, KVR-Tarjouslaskenta, LVI-Tarjouslaskenta,

## Abstract

Author: Mikko Katila  
Title: Development of Design-Build Tender Calculation  
Number of Pages: 48 pages  
Date: 26 March 2024

Degree: Master of Engineering  
Degree Programme: Building Services Engineering  
Professional Major: HVAC Engineering  
Supervisor: Markku Leino, Senior Lecturer

---

The aim of the master's thesis was to create a functional calculation tool for the commissioning company to facilitate and ensure accuracy in calculations for Design-Build tenders, a contract form that make the tender request process easier for the client but, simultaneously, increases the workload of the contractor. The calculation tool was to be tailored to serve the Design-Build tender calculations in the ventilation sector, to meet the needs of the commissioning company.

The final year project began with a study of the commissioning company's current tender calculation workflow and existing tools. The new calculation tool was designed to generate the necessary information for the sizing of the ventilation equipment. In addition, the calculation tool was designed to provide a list of the circular ducts and duct components needed for the project implementation. Based on the information produced by the calculation tool, the implementation costs of the tender can be calculated with a separate tender calculation program.

Keywords: HVAC, tender calculation, design-build tender calculation, HVAC tender calculation

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Opinnäytetyön lähtökohdat	2
2.1	Tutkimuksen tavoitteet	2
2.2	Tutkimuksen teoreettinen viitekehys ja rajaus	3
3	Urakkamuodot	3
3.1	Laskutyöurakka	4
3.2	Kokonaishintaurakka	4
3.3	KVR-urakka (SR-urakka)	5
3.4	Yksikköhintaurakka	7
3.5	Tavoitehintaurakka	7
4	Tarjouspyyntö	7
4.1	Tarjouspyyntökirje	8
4.2	Urakkaohjelma	8
4.3	Urakkarajaliite	9
4.4	Yksikköhintaluettelo	10
4.5	Tarjouslomake	11
4.6	Tekniset asiakirjat	11
5	Tarjoushinnan muodostaminen	11
5.1	Viitekohde- ja tilastomenettely	12
5.1.1	Viitekohdemenettely	13
5.1.2	Erokustannusmenettely	13
5.1.3	Tilastomenettely	14
5.2	Laajuus- ja tilapohjaiset menettelyt	14
5.3	Rakennusosalaskenta	15
5.4	Suorite- ja panospohjainen laskenta	15
6	LVI-tarjouslaskenta	17
6.1	Materiaalien määrälaskenta	17
6.2	Työn laskenta	19

7	Tarjouksen muodostaminen ja antaminen	21
8	Tarjouslaskentaohjelmistot	24
9	Yrityksen tarjouslaskentaprosessin kartoitus	26
10	Laskentataulukon tausta ja tavoitteet	28
11	KVR-laskentataulukon sisältö ja toimintaperiaatteet	30
11.1	Runkokanavien laskenta	31
11.2	Tilakohtainen ilmamäärä	34
11.3	Ilmanvaihtokoneen mitoitus	36
11.4	Tarjoushinnan muodostaminen	37
12	KVR-laskentataulukon esittely	38
12.1	Lähtötiedot -välilehti	38
12.2	Ilmamäärien mitoitus -välilehti	39
12.3	Yhteenveto -välilehti	42
13	Laskentataulukon toiminnan testaus	44
14	Yhteenveto	46
	Lähteet	48

## Lyhenteet

IV:	Ilmanvaihto
KVR:	Kokonaisvastuurakentaminen. Kokonaisvastuu-urakka (KVR-urakka), jossa urakoitsija vastaa sekä suunnittelusta että rakentamisesta
SR:	Suunnittele ja rakenna. Suunnittele- ja rakenna-urakka (SR-urakka), toinen käytössä oleva nimitys kokonaisvastuu-urakalle
LV:	Lämpö-, vesi
LVI:	Lämpö-, vesi-, ilmastointi
YSE:	Yleiset sopimusehdot
RYL:	Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset
RT-kortti:	Rakennustieto Oy:n julkaisema ohjekorttikirjasto
PDF:	Portable Document Format, yleinen tiedostomuoto tiedostojen lopullisten versioiden jakamiseen
DWG:	Tiedostomuoto, joka sisältää vektorigrafiikkaa. On yleisesti käytössä suunnittelussa

## 1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön aiheena on LVI-tarjouslaskennan kehittäminen. Työn tarkoituksena on kehittää KVR-tyyppisten urakkatarjousten laskentaa helpottava laskentataulukko. Vallitsevan markkinatilanteen takia kilpailu urakoista on kovaa, ja toimijoita on talotekniikka-puolella paljon. Toimivalla ja tarkalla laskentaprosessilla saavutetaan merkittävää kilpailuetua muihin alan toimijoihin verrattuna. Urakkatyypisten töiden laskenta on työlästä ja yhden kohteen urakkatarjouksen laskemiseen voi laskijan työaika kulu useita päiviä tai viikkoja.

Työn idea tuli toimeksiantajayrityksen tarpeesta tehostaa ja nopeuttaa KVR-tyyppisten tarjousten laskentaa. Samalla pyrittiin myös lisäämään tarjouslaskennan tarkkuutta ja parantaa yrityksen kilpailukykyä kiristyvässä markkinassa.

KVR, eli kokonaisvastuurakentaminen tarkoittaa sitä, että rakennuttaja ostaa rakennushankkeen toteutuksen mukaan lukien suunnittelun ja talotekniikan yhdeltä toimijalta, yleensä rakennusliikkeeltä. Tällöin KVR-urakoitsija koordinoi koko rakennushankkeen mukaan lukien suunnittelun. Rakennuttaja on tällöin sopimussuhteessa vain KVR-urakoitsijaan, jonka alaisuudessa toimivat suunnittelijat ja aliurakoitsijat.

Kohteet, jotka on päätetty toteuttaa KVR-mallilla, ovat LVI-tarjouslaskennan kannalta haastavia, koska suunnitelmia LVI-järjestelmistä ei ole vielä tässä vaiheessa tehty. LVI-urakoitsija joutuu muodostamaan tarjoushinnan joko suunnitteleamalla kohteen järjestelmät itse tarjouslaskennan aikana tai käyttämällä aiemmin toteutettujen kohteiden kustannustietoa urakkatarjoushinnan muodostamiseen. Opinnäytetyön tarkoituksena on muodostaa tätä prosessia nopeuttava ja helpottava työkalu yrityksen käyttöön.

## 2 Opinnäytetyön lähtökohdat

Opinnäytetyön aiheena on KVR-tarjouslaskennan kehittäminen LVI-urakoinnin näkökulmasta Nevera Oy:lle. Työn tarkoituksena on kehittää KVR-tyyppisten urakkatarjousten laskentaa helpottava laskentataulukko.

Opinnäytetyössä tutkitaan KVR-tarjouslaskennan kehittämisen mahdollisuuksia toimeksiantajayritykselle LVI-urakoinnin näkökulmasta. Opinnäytetyön tietoperustana tarkastellaan teoriaosuudessa erilaisten urakkamuotojen sekä LVI-tarjouslaskennan erityispiirteitä, joilla on vaikutusta KVR-tarjouslaskennan kehittämiseen.

Tutkimuskysymyksenä: Onko KVR-urakkalaskentaan mahdollista luoda toimiva laskentataulukko LVI-urakoinnin näkökulmasta?

### 2.1 Tutkimuksen tavoitteet

Opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää toimeksiantajayritykselle LVI-tarjouslaskentaan laskentataulu, joka toimii käytännön työkaluna yrityksen laskentaprosessissa. Tämän työkalun avulla pyritään helpottamaan erityisesti KVR-tyyppisten urakkatarjousten laskentaprosessia, joissa kokonaisvastuurakentaminen (KVR) merkitsee sitä, että rakennuttaja hankkii rakennushankkeen toteutuksen, mukaan lukien suunnittelun ja talotekniikan, yhdeltä toimijalta, yleensä rakennusliikkeeltä. Tässä mallissa KVR-urakoitsija koordinoi koko rakennushankkeen, alkaen suunnitteluvaiheesta, ja rakennuttaja on sopimussuhteessa ainoastaan KVR-urakoitsijaan, jonka alaisuudessa toimivat suunnittelijat ja aliurakoitsijat. Kehitettävän laskentataulukon tavoitteena on lisäksi tuoda varmuutta hinnoitteluun ja välttää mahdollisia hinnoitteluvirheitä.

## 2.2 Tutkimuksen teoreettinen viitekehys ja rajaus

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsitellään erilaisten urakkamuotojen määrittelyjä sekä niiden erityispiirteitä. Työn tuotoksena olevalle laskentataulukolle ei saada lisäarvoa käsittelemällä urakkamuotoja laajemmassa mittakaavassa.

LVI-urakkalaskennan teoriaosuus kattaa tarjouspyyntöasiakirjat ja tarjouksen jättämisen, jotka molemmat ovat oleellisia aihealueita LVI-tarjouslaskennassa. Opinnäytetyön LVI-urakkalaskennan teoriaosuuden ulkopuolelle jätettiin urakoitsijan valintaan ja urakkasopimukseen liittyvät asiat.

Opinnäytetyön tuloksena tehtävä laskentataulukko rajataan tässä työssä koskemaan IV-tarjouslaskentaa, koska tällä hetkellä toimeksiantajayrityksessä on LV-tarjouslaskentaa suurempi tarve IV-puolen tarjouslaskennan kehittämiseksi. Opinnäytetyön teoriaosuudessa kuitenkin käsitellään LVI-tarjouslaskentaa kokonaisuutena.

Laskentataulukon lukujen oikeellisuuden todentamiseen käytetään vertailuna toimeksiantajayrityksessä tehtyjä aikaisempia urakkalaskentoja ja saatujen urakoiden toteutuneita todellisia kustannuksia.

## 3 Urakkamuodot

Urakkamuoto määrittelee ne ehdot, joiden mukaan urakoitsijan kanssa toimitaan. Urakkamuodon valintaan vaikuttavat tehdyt päätökset suunnittelun hankkimisesta sekä siitä, miten ja millaisilla resursseilla projektia johdetaan. (Kaunisvirta 2019.) Erilaisia urakkamuotoja tarkastellaan urakkahinnan maksuperusteen ja suoritusvelvollisuuden laajuuden mukaan. Urakkamuotoja määrittelevät ehdot koskevat tarjousten hankintatapaa, urakoitsijan suoritusvelvollisuuden laajuutta, urakoitsijalle maksettavan korvauksen maksuperustetta sekä suunnitelma-asiakirjojen valmiutta. (Kankainen & Junnonen 2017: 61.) Urakkakorvaus suoritetaan urakkasopimuksen kaupallisen mallin mukaan. Näihin sopimukseen

voidaan määritellä myös kannustusmekanismi. Maksuperuste ja kannustin ohjaavat urakoitsijaa tilaajan intressien mukaiseen toimintaan sekä luovat käytännöt sekä pelisäännöt urakan kustannusten korvaamiseen. (Rakennushankkeen kustannushallinta 2018: 17.)

Erilaisiksi urakkamuodoiksi mielletään yleensä neljä erilaista urakkamuotoa; kokonaishintaurakka, yksikköhintaurakka, laskutyöurakka sekä tavoitehintaurakka. Näistä tavoitehintaurakka ei varsinaisesti ole urakan maksuperuste, vaan se sisältää lisäkannustimen, jonka avulla pyritään säästämään rakennuskustannuksissa.

### 3.1 Laskutyöurakka

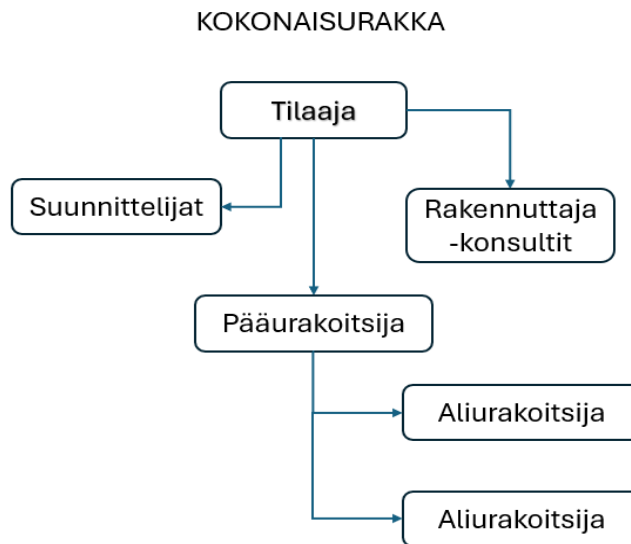
Laskutyöurakassa hinta muodostuu toteutuneiden kustannusten mukaan ja tilaaja maksaa rakennustyön kustannukset sitä mukaa, kun kustannukset syntyvät. Laskutyöurakassa urakoitsijan velvollisuutena on johtaa työtä palkkiota vastaan. Urakan kokonaishinnasta ei ole tarkkaa tietoa ennen työn valmistumista, ja kustannusten riski on pelkästään tilaajalla. (Kankainen & Junnonen 2017: 62.)

### 3.2 Kokonaishintaurakka

Kokonaishintaurakassa lasketaan kiinteä kokonaishinta urakka-asiakirjojen mukaisesti. Tilaaja maksaa urakoitsijalle vaiheittain työn edistymisen mukaan. Kokonaishintaurakassa riskit, kuten mittausvirheet ja hintojen muutokset, jäävät urakoitsijalle. (Kankainen & Junnonen 2017: 62.)

Kaunisvirta (2019) kertoo kokonaishintaurakan olevan selkeä ja kokonaisvaltainen, silloin kun halutut ratkaisut ovat kuvattuna hyvin suunnitelmissa. Kokonaishintaurakan malli on sopimusteknisesti selkeä, siinä on vähemmän rajapintoja kuin jaetuissa urakoissa ja se toimii hyvin esimerkiksi selkeissä ja kohtuullisen kokoisissa korjaushankkeissa, joissa halutaan varmistaa, että suunnitelmiin päätyvät halutut suunnitteluratkaisut. Ongelmakohdiksi kokonaishintaurakassa

saattaa muodostua suunnittelun aikana päätoteuttajan ja suunnittelijoiden välillä puuttuva vuorovaikutus, jolloin yhteiset ratkaisut puuttuvat. Myös yhteisiä kannustimia on harvoin kokonaishintaurakassa. Kuvassa 1 on esitetty sopimussuhteet kokonaisurakassa. (Kaunisvirta 2019.)



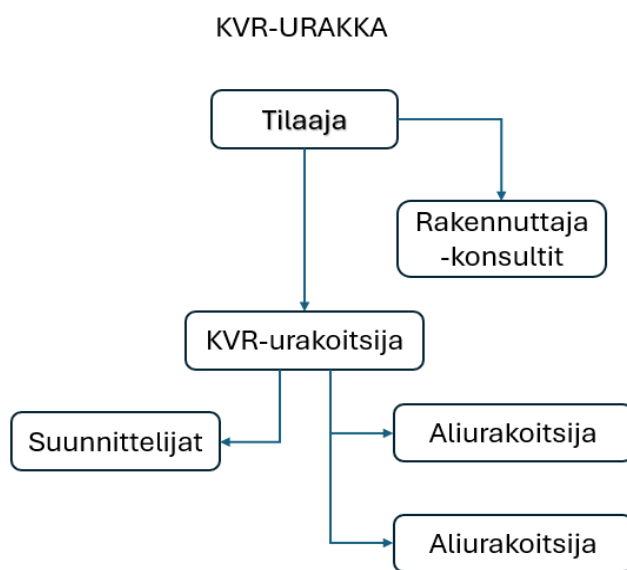
Kuva 1. Sopimussuhteet kokonaishintaurakassa (Muokattu lähteestä Rakennushankkeen kustannushallinta 2018: 14).

### 3.3 KVR-urakka (SR-urakka)

KVR-urakka (kokonaisvastuu-urakka), joka tunnetaan myös nimellä SR-urakka (suunnittele- ja rakenna-urakka), tarkoittaa sitä, että urakoitsija suunnittelee ja myös suorittaa varsinaiseen rakennustyön (Urakkamuodot vertailussa). Kiinteistöikeuden verkkosivuilla KVR:n, eli kokonaisvastuurakentamisen kerrotaan tarkoittavan sitä, että rakennuttaja ostaa rakennushankkeen toteutuksen mukaan

lukien suunnittelun ja talotekniikan yhdeltä toimijalta, yleensä rakennusliikkeeltä. Tällöin KVR- urakoitsija koordinoi koko rakennushankkeen.

een, sisältäen myös kohteen suunnittelun. Rakennuttaja on tällöin sopimussuhteessa vain KVR- urakoitsijaan, jonka alaisuudessa toimivat suunnittelijat ja aliurakoitsijat. Kuvassa 2 on esitetty sopimussuhteet KVR-urakassa. (Rakentaminen – urakkamuodot 2021.)



Kuva 2. Sopimussuhteet KVR-Urakassa (Muokattu lähteestä Rakennushankkeen kustannushallinta 2018: 14).

KVR-urakka on tilaajalle taloudellisesti hyvä ratkaisu, koska toteuttaja pystyy tarjoamaan kohteen hyväksi havaituilla sekä toteuttavilla ratkaisuille. Koska KVR-urakkamallissa suunnittelu ja rakentaminen ovat yhdellä toimijalla, on tämä malli tilaajalle myös projektinhoidollisesti kevyempi. KVR-urakassa eivät tilaajan vaikutusmahdollisuudet ole yhtä hyvät kuin muissa urakkamuodoissa, myös vuorovaikutus voi olla puutteellista suunnittelun ja ratkaisukehityksen kannalta. KVR-urakka ei myöskään mahdollista yhteisiä kaupallisia kannustimia. (Kaunisvirta 2019.)

### 3.4 Yksikköhintaurakka

Yksikköhintaurakassa tilaaja tekee urakoitsijan kanssa sopimuksen työsuoritusten perusteella. Työsuoritukset ovat jaettuna täsmällisiin yksiköihin. Tässä mallissa tarjousvaiheessa työsuoritusten lopullista määrää ei tarvitse vielä tietää, mutta tarkan tekotavan, olosuhteiden ja arvioidun laajuuden on käytävä ilmi suunnitelmista, jotta tarjouksen antaminen on mahdollista. (Kankainen & Junnonen 2017: 62.)

### 3.5 Tavoitehintaurakka

Tavoitehintaurakassa tilaaja maksaa työsuorituksesta kertyneet kustannukset kuten laskutyöurakassa, eli toteutuneiden kustannusten mukaan. Urakalle on lisäksi määritelty tavoitehinta, jonka alittumisesta urakoitsijalle maksetaan tavoitehintapalkkio, ja hinnan ylittyessä urakoitsija joutuu vastaamaan tilaajalle ylimenevistä kustannuksista. Tavoitehintaurakka ei ole varsinaisesti urakan maksuperuste, vaan se sisältää kannustimen, jolla pyritään säästämään kustannuksissa sekä etsimään edullisimmat vaihtoehdot yhdessä tilaajan ja suunnittelijan kanssa. (Kankainen & Junnonen 2017: 62.)

## 4 Tarjouspyyntö

Tarjouslaskenta pohjautuu tilaajaan laatimaan tarjouspyyntöön. Tarjouspyynnössä tilaaja ilmaisee kiinnostuksen tarjouspyyntöasiakirjoissa määritetyn kokonaisuuden toteuttamiseen. Tarjouspyyntö on samalla kysymys urakoitsijalle, paljonko tarjouspyyntöasiakirjoissa määritellyn kokonaisuuden toteuttaminen maksaa. Tarjouspyyntö ei sido tilaajaa hankkeen toteuttamiseen. Tilaaja voi hylätä kaikki tarjoukset, jos tähän on olemassa pätevä tai asiallinen syy. Tällainen syy voi olla esimerkiksi, jos tarjoukset ylittävät kokonaisuuden toteuttamiselle asetetun budjetin. Tarjouspyynnön lähettäjä ja tarjouksen antaja sitoutuvat molemmat noudattamaan tarjouspyynnössä ja muissa tarjouspyyntöasiakirjoissa esitettyjä ehtoja ja vaatimuksia. Tarjouksen antaja on oikeutettu oletamaan, että asiakirjoissa esitetyt tiedot pitävät paikkaansa. Tarjouspyynnön lähettäjä on

velvollinen vastaamaan hänelle esitettyihin tarkentaviin kysymyksiin. (Kankainen & Junnonen 2017: 68.)

Tarjouspyyntöasiakirjoiksi ovat vakiintuneet; tarjouspyyntö, urakkaohjelma, urakkarajaliite, yksikköhintaluettelo ja tarjouslomake sekä tekniset asiakirjat. Tarjouspyyntöasiakirjojen tulee olla selkeitä sekä yksiselitteisiä ja niiden on oltava tasapuolisia kaikille urakoitsijoille. Tarjouspyyntöasiakirjat on myös toimitettava kaikille urakoitsijoille samansisältöisinä sekä samanaikaisesti. Urakkalaskenta-aikana tarjouspyyntöasiakirjoihin mahdollisesti tulevat lisäykset ja muutokset on myös ilmoitettava kaikille tarjouspyynnön saaneille. Urakkakilpailua järjestettäessä on kaikki urakkaehdot ilmoitettava tarjouspyyntöasiakirjoissa. Tarjouspyyntöasiakirjoissa esitetään myös työturvallisuuteen liittyvät keskeiset asiat. Tarjouksen antaja on velvollinen noudattamaan tilaajan esittämiä työturvallisuusvaatimuksia ja ottamaan ne huomioon tarjousta antaessaan. (Kankainen & Junnonen 2017: 69.)

#### 4.1 Tarjouspyyntökirje

Tarjouspyyntökirjeessä määritetään työkohde ja pyydetään tarjous asiakirjojen määrittelemästä kokonaisuudesta. Tarjouspyyntökirjeessä myös ilmoitetaan mihin tarjous toimitetaan, milloin sen on viimeistään oltava perillä sekä tarjouksen voimassaoloaika, joka määrittää mihin asti tarjous sitoo tarjouksen tekijää. (Kankainen & Junnonen 2017: 69.)

#### 4.2 Urakkaohjelma

Urakkaohjelma on sopimusasiakirja, joka liitetään tarjouspyyntöön. Se sisältää urakoitsijan ja tilaajan väliset hankekohtaisesti esitetyt keskeiset tiedot sekä kaupalliset ehdot. Urakkaohjelmassa kuvataan urakassa noudatettavat pelisäännöt. Urakkaohjelma antaa tilaajalle keinon vaikuttaa urakoitsijan toimintaan esimerkiksi laadunvarmistusmenettelyillä ja sakollisilla välitavoitteilla. Urakkaohjelman avulla myös ennaltaehkäistään urakkasuoritukseen liittyviä ongelmia,

määrittämällä toimintamallit esimerkiksi alihankkijoiden hyväksymisprosessille. (Kankainen ja Junnonen 2017: 69–71.)

Kankainen ja Junnonen (2017: 71) kertovat teoksessaan urakkaohjelman selkeyttävän jo tarjouslaskentavaiheessa kuvaa tilaajan ja urakoitsijan välisestä vastuunjaosta sekä muista urakkahintaan vaikuttavista tekijöistä. Urakkaohjelma antaa tilaajalle mahdollisuuden poiketa yleisistä sopimusehdoista hankkeen luonteen tai muun syyn takia. Tilaaajan on ilmaistava yksilöidysti ne yleisistä sopimusehdoista poikkeavat seikat, mitkä hankkeen luonteen vuoksi ovat tarkoituksenmukaisia. Urakkaohjelmassa on myös erityisesti kiinnitettävä huomiota sellaisiin seikkoihin, jotka helpottavat tai vaikeuttavat urakoitsijan normaalia suoritusta. Urakkaohjelmassa tulee määrittää menettelytavat, miten toimitaan urakassa mahdollisesti ilmenevissä häiriö tai erimielisyystilanteissa. (Kankainen & Junnonen 2017: 71.)

### 4.3 Urakkarajaliite

Urakkarajaliite on yhteinen asiakirja kaikille urakoitsijoille rakennustyömaalla ja se sisältää työmaan hallinnon ja yhteisten toimintojen sekä eri urakkasuoritusten välisen urakkarajojen koskevat säännöt. Urakkarajaliite kuvaa työmaan hallintojärjestelyt, yhteistoimintavelvoitteet sekä yhteiset palvelut ja järjestelyt. Se myös täsmentää käyttöönottoon ja vastaanottomenettelyyn liittyvät tehtävät sekä yksilöi eri urakoitsijoiden urakkarajat, jotka eivät tule ilmi suunnitelma-asiakirjoista. (Kankainen & Junnonen 2017: 71.)

Urakkarajaliite auttaa urakoitsijaa muodostamaan käsityksen niistä asioista, jotka kuuluvat omaan suoritusvelvollisuuteen sekä urakkahintaan vaikuttavista tekijöistä. Kankainen ja Junnonen (2017: 71) huomauttavat, että urakkarajaliitteessä on erityisesti kiinnitettävä huomiota sellaisiin asioihin, jotka vaikuttavat urakoitsijan suoritusvelvollisuuden laajuuteen ja jotka poikkeavat tavanomaisista urakkarajoista. Urakkarajaliitteessä on myös oltava urakkasuorituksen käyttöönottoon ja vastaanottoon liittyvät menettelyt sekä ajalliset vaatimukset.

Urakkarajaliitteeseen liitetään usein turvallisuusasiakirjan, joka on valtioneuvoston päätöksen perusteella tehtävä asiakirja. Turvallisuusasiakirjassa tilaaja ilmoittaa sellaiset asiat, joilla voi olla vaikutusta työntekijöiden terveyteen tai turvallisuuteen rakennustyön aikana. (Kankainen & Junnonen 2017: 71.)

#### 4.4 Yksikköhintaluettelo

Yksikköhintaluettelo on käytössä yksikköhinta- ja kokonaishintaurakoissa, eli niissä, joissa maksuperusteena on suoriteperuste. Yksikköhintaluettelon käyttötarkoitus on kuitenkin erilainen näissä urakkamuodoissa. Yksikköhintaurakassa luettelon perusteella muodostetaan urakkahinta. Kokonaishintaurakassa sen avulla hinnoitellaan lisä- ja muutostyöt. Yksikköhintaurakassa rakennushanke jaetaan rakennusosiin tai osasuorituksiin, joista urakoitsijalle maksetaan korvaus sen antamien yksikköhintojen perusteella. (Kankainen & Junnonen 2017: 73.)

Yksikköhintaluettelon muodostaminen ja hankkeen jakaminen osiin tehdään nimikkeistön avulla, jonka tilaaja on muodostanut. Nimikkeistö sisältää käytettävien nimikkeet, niiden sisällön kuvaukset sekä määräyksiköt. Tilaajan on ilmoitettava kohteen määrät, jotta tarjoukset ovat vertailukelpoisia. Urakoitsijan on laadittava tarjouksen yksikköhinnat siten, että tarjous sisältää kaikki kyseisen nimikkeen toteuttamiseen tarvittavat toiminnot valmiiksi tuotteeksi saakka. Yksikköhintaurakassa hankkeen kokonaiskustannukset yleiskuluineen, sekä kate- ja riskiosuudet otetaan huomioon joko siten, että yksikköhinnat sisältävät kaikki välittömät ja välilliset kustannukset tai siten, että välillisistä kustannuksista laaditaan oma nimike ja yksikköhinnat sisältävät ainoastaan välittömät kustannukset. (Kankainen & Junnonen 2017: 73.)

Kokonaishintaurakan yksikköhintaluettelo liitetään tarjouspyyntöasiakirjoihin muutostöiden varalta. Yksikköhintaluettelolla pyritään etukäteen varmistamaan lisä- tai hyvityslaskujen kohtuullisuus. Se myös tarkastetaan ennen urakkasopimuksen allekirjoittamista, minkä yhteydessä neuvotellaan mahdollisista tarkistuksista sekä korjauksista. (Kankainen & Junnonen 2017: 73.)

## 4.5 Tarjouslomake

Tarjouspyyntöön liitettävällä tarjouslomakkeella tilaaja varmistaa, että annettavat tarjoukset ovat samanmuotoisia, ja että ne eivät sisällä erilaisia ehtoja. Erillinen tarjouslomake helpottaa tarjousten keskinäistä vertailua. Tilaaja voi tarjouslomakkeella pyytää ilmoittamaan erillishintoja toteutuksen eri osasuorituksille (Kankainen & Junnonen 2017, 74.)

## 4.6 Tekniset asiakirjat

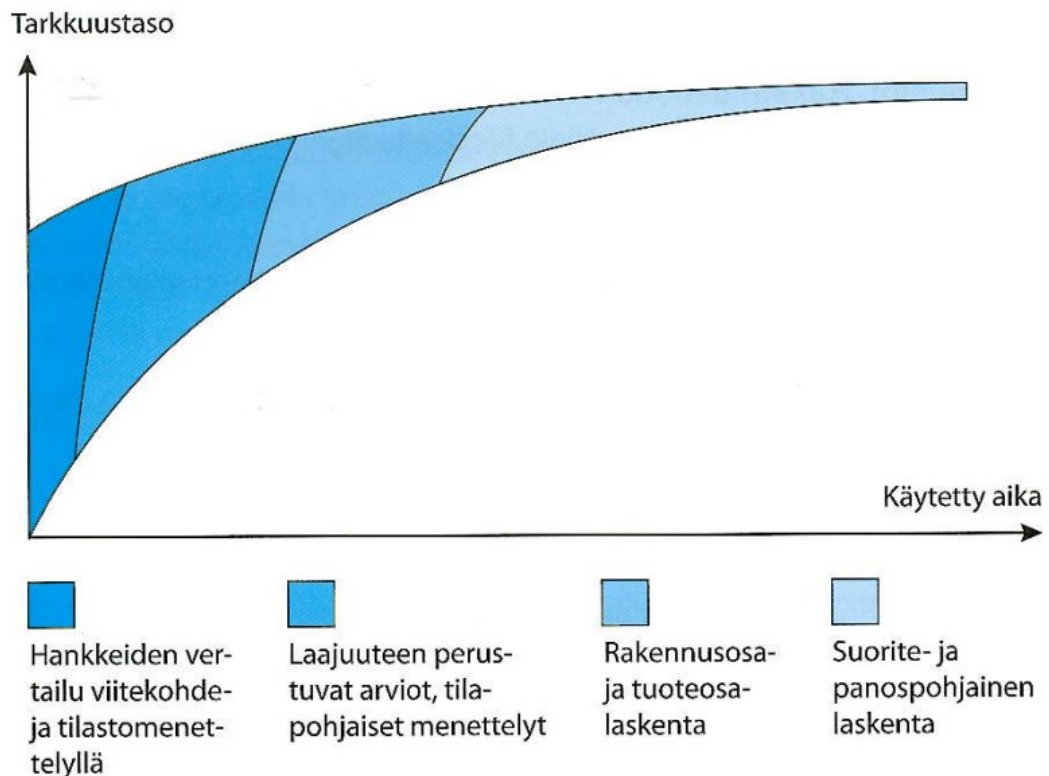
Teknisillä asiakirjoilla tarkoitetaan rakennuskohdetta kuvaavia teknisiä suunnitelma-asiakirjoja, kuten rakennus- ja työselostuksia sekä piirustuksia. Rakennusselostus sisältää rakennuskohteen ominaisuudet, käytetyt rakennustarvikkeet, laatuvaatimukset sekä rakennusosaratkaisut. Työselostuksessa on esitettyä yhden tai useamman työlajin suorituksen ohjeet. Piirustuksista ilmenee kohteen sijainnin lisäksi kohteen laajuus, toteutuksen määrät ja mitat. Hankkeen kaikkien laadullisten yksityiskohtien kuvaaminen suunnitelma-asiakirjoissa on vaikeaa. Tähän on kehitetty avuksi julkaisuja, joissa kuvataan hyvää rakennustapaa ja alan yleisiä käytäntöjä. Tällaisia ovat esimerkiksi SFS-standardit, RYL-julkaisut ja RT-kortit. (Kankainen & Junnonen 2017: 74–75.)

KVR-urakan tarjouspyynnön tekniset-asiakirjat eroavat muiden urakkamuotojen teknisistä-asiakirjoista siten, että suunnitelma-asiakirjat on korvattu tekstimuotoisella järjestelmänkuvauksella tai rakennustapaselostuksella. KVR-urakassa suunnitteluvastuu on siirretty tilaajalta urakoitsijalle.

## 5 Tarjoushinnan muodostaminen

Rakennushankkeen eri vaiheissa kustannuslaskenta suoritetaan eri tasoilla aineistoilla. Kustannuslaskennan tarkkuus on rakennushankkeen alkuvaiheessa karkeampaa kuin hankkeen suunnitteluvaiheessa tai toteutusvaiheessa. Rakennusalalla on käytössä neljä eri menettelyä kustannuslaskentaan. Käytössä ole-

vat menetelmät ovat viitekohde- ja tilastomenettely, laajuus- ja tilapohjainen menettely, rakennusosa- tuoteosalaskenta ja suorite- ja panospohjainen laskenta. Menetelmät tarjoavat kustannuslaskennalle tarkkuustason, joka on verrattavissa kustannuslaskentaan käytettyyn aikaan. Kuvassa 3 on esitetty tarjouslaskennan tarkkuuden suhde siihen käytettyyn aikaan nähden. (Rakennushankkeen kustannushallinta 2018: 36).



Kuva 3. Kustannuslaskennan tarkkuustaso suhteessa käytettyyn aikaan (Rakennushankkeen kustannushallinta 2018: 36).

## 5.1 Viitekohde- ja tilastomenettely

Viitekohde- ja tilastomenetelmiä käytetään pääsääntöisesti hankkeen tarveselvitys- ja hankesuunnitteluvaiheessa. Näissä menetelmissä suunnitteilla olevaa hanketta verrataan aiemmin toteutettujen hankkeiden kustannuksiin. Vertailussa

pyritään arvioimaan hankkeiden samankaltaisuudet ja eroavaisuudet ja arvioimaan onko, niiden vaikutus kustannuksia nostava vai laskeva. (Rakennushankkeen kustannushallinta 2018: 37.)

### 5.1.1 Viitekohdemenettely

Viitekohdemenettelyä käytetään hankkeen alkuvaiheessa, kun halutaan määrittää uuden kohteen kustannustavoite. Menetelmässä hyödynnetään aiemmin toteutuneen kohteen kustannustietoa, jota käytetään suoraan tai indeksikorotettuna uuden kohteen kustannustavoitteena. Viitekohteen ja uuden kohteen tulee olla mahdollisimman samankaltaisia muun muassa suunnitteluratkaisuiltaan, pohjaolosuhteiltaan, kooltaan ja sijainniltaan. Viitekohteeksi tulee valita onnistunut kohde, jonka kustannustaso on mahdollista saavuttaa uudelleen. Viitekohteen onnistunut valinta vaikuttaa oleellisesti kustannusarvion tarkkuuteen. Yleensä rakennusolosuhteet vaihtelevat, ja on tärkeää ottaa huomioon uuden kohteen erityispiirteet. Viitekohteen onnistunut valinta vaikuttaa oleellisesti kustannusarvion tarkkuuteen. Yleensä rakennusolosuhteet vaihtelevat ja on tärkeää ottaa huomioon uuden kohteen erityispiirteet. Viitekohteen kustannustasoa voidaan päivittää vastaamaan tarkemmin uuden kohteen kustannustasoa, tällöin käytetään esimerkiksi erokustannusmenettelyä. (Rakennushankkeen kustannushallinta 2018: 37–38.)

### 5.1.2 Erokustannusmenettely

Erokustannusmenettelyssä uudesta kohteesta erotetaan standardiosat ja kohteessa olevat erityisosat. Standardiosat ovat osia, joille on mahdollista määrittää kustannukset toteutuneiden kohteiden kustannustietojen perusteella. Erityisosat ovat rakennuksen osia, joihin ei ole saatavana toteutuneista kohteista kustannustietoa. Erityisosista voidaan pyytää urakoitsijalta kustannusarvio jo hankkeen tarveselvitys- ja hankesuunnitteluvaiheessa. (Rakennushankkeen kustannushallinta 2018: 37–38.)

### 5.1.3 Tilastomenettely

Tilastomenettelyllä uuden kohteen kustannukset määritellään useiden aiemmin toteutettujen kohteiden kustannustietojen perusteella. Aiemmin toteutettujen kohteiden hintatietojen hyödyntämisen edellytyksenä on, että kustannuslaskennan tekijältä löytyvät riittävän kattavat tiedot aiempien kohteiden toteutuneista kustannuksista. Luotettavan kustannustavoitteen määrittämiseksi toteutuneiden kohteiden hintatietojen täytyy olla riittävän uusia, koska hintatiedot vanhenevat nopeasti. Käytettäessä aiemmin toteutettujen kohteiden kustannustietoja kustannustavoitteen määrittämisessä on hyvä muistaa, että kohteiden sijainnilla ja sijainnissa rakennusaikana vallinneilla suhdanteilla saattaa olla suuri merkitys toteutuneisiin kustannuksiin. Tilastomenettelyä voidaan käyttää, kun uuden kohteen erityispiirteitä ei ole vielä tiedossa. Tilastomenettely on tarkempi menetelmä kuin viitekohdemenettely, koska kustannusarvio perustuu useamman toteutuneen kohteen kustannustietoihin. Menetelmä kuitenkin vaatii kattavan ja riittävän uuden historiatiedon toteutuneiden kohteiden kustannuksista. (Rakennushankkeen kustannushallinta 2018: 38.)

### 5.2 Laajuus- ja tilapohjaiset menettelyt

Hankkeen suunnitteluvaiheessa käytetään useimmiten laajuuteen perustuvaa kustannusten arviointia, kun pinta-alojen ja tilavuuksien mittaaminen on mahdollista. Arvioinnissa käytetään toteutuneiden kohteiden kustannustietoa, joka on jaettu tilavuudelle ( $\text{€}/\text{m}^3$ ) tai pinta-alalle ( $\text{€}/\text{m}^2$ ). Erillisten tilojen ja niiden pinta-alojen kustannusarviointista käytetään termiä tilalaskenta. Tilalaskentamenetelmällä määritellään kustannusarvio tilaohjelman ja sen laatumääräyksien perusteella. Tilat hinnoitellaan tilakohtaisesti niitä vastaavilla kustannustiedoilla. Tilalaskennan käyttö edellyttää, että käytössä on luettelo suunnitellusta tiloissa ja niiden tilavuustiedoista. Rakentamisen muut kustannukset, jotka eivät suoraan liity tilan rakentamiseen, kohdistetaan tilan hyötyneliöille. Tämä menetelmä on usein käytössä hankeohjelmavaiheessa. Rakennettavaksi suunnitellut tilat ja niiden olosuhdevaatimukset toimivat menetelmän perusteena. (Rakennushankkeen kustannushallinta 2018: 39.)

### 5.3 Rakennusosalaskenta

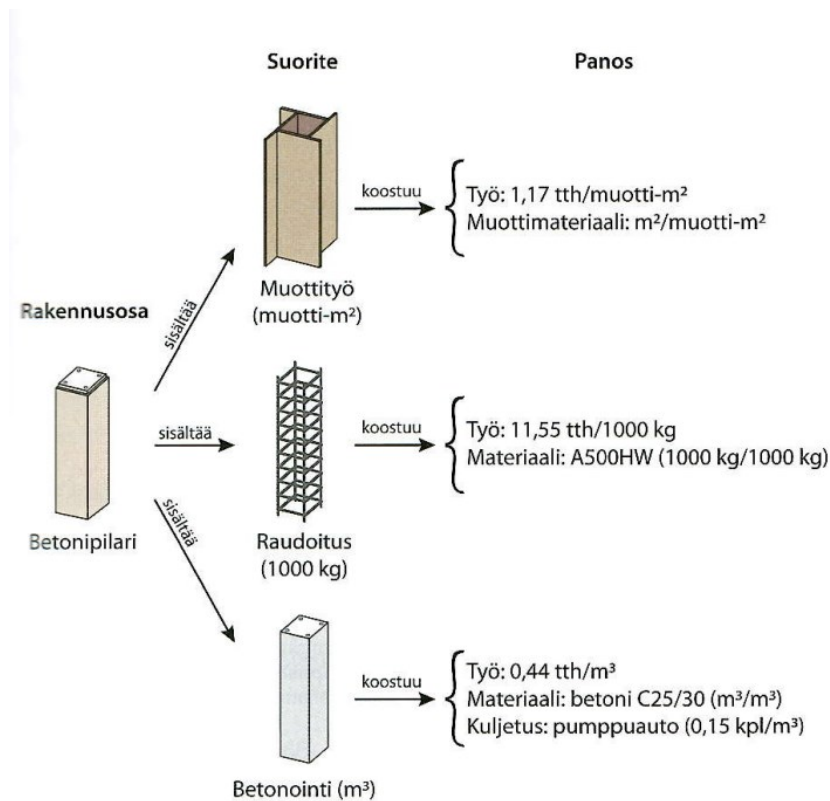
Rakennusosalaskentaa käytetään useissa projektin vaiheissa. Rakennusosalaskennan avulla voidaan määrittää suunnitteluvaiheessa kustannusarvio tai laskea tarjoushinta. Lisäksi tätä menetelmää voidaan käyttää myös hankintojen vertailulaskelmissa. Rakennusosien määrät lasketaan yhteen suunnitelmista tai tietomalleista. Tätä listausta kutsutaan rakenneluetteloksi. Määrälaskennassa tulee selvittää myös eri rakennusosien poikkeavat rakenteet ja erityisvaatimukset. Rakenneluetteloon kerätyille rakenneosille määritetään yksikkökustannus. Yksikkökustannuksista löytyy paljon kirjallisuutta, joissa on esitetty korjaus- ja uudisrakentamisen yksikköhintoja. Kokonaiskustannus muodostuu eri rakenneosien yksikkökustannusten ja kappalemäärän summana. (Rakennushankkeen kustannushallinta 2018: 42.)

Erilaisten suunnitteluratkaisujen kustannusvertailussa voidaan myös käyttää rakennusosalaskentaa. Urakoitsijat käyttävät useasti rakennusosalaskentaa tarjouksen omakustannus- ja tarjoushinnan määrittämiseen. Tarjousta laskiessa on kuitenkin syytä kiinnittää huomiota huolellisuuteen rakenneluettelon muodostamisessa. Menetelmän tarkkuutta voidaan parantaa vertaamalla laskennan tulosta aiemmin toteutettuun, vastaavanlaisen kohteen toteutuneisiin kustannuksiin. Rakennusosalaskenta menetelmän työmäärän kohtuullisuus ja selkeys puoltavat menetelmän käyttöä laskennassa. (Rakennushankkeen kustannushallinta 2018: 42.)

### 5.4 Suorite- ja panospohjainen laskenta

Suorite- ja panospohjaisessa laskennassa kohteen suunnitelmista tai tietomalleista lasketaan suoritemäärät. Suoritteella tarkoitetaan joiakin rakenteen tuottamiseen tarvittavia työkokonaisuuksia. Rakennusosa jaetaan useisiin suoritteisiin, esimerkiksi rakennuksen betonipilarin teko voidaan jakaa kolmeen suoritteeseen, jotka ovat muottityö, raudoitus ja betonointi (kuva 4). Jokainen suorite koostuu panoksesta. Panoksella tarkoitetaan suoritteen tekemiseen tarvittavaa työ- ja materiaalimenekkiä. Kokonaiskustannus saadaan kertomalla suoritteiden

määrät niiden materiaali- ja työkustannuksilla. (Rakennushankkeen kustannushallinta 2018: 45–48.)



Kuva 4. Teräspilarin suoritteet eriteltynä (Rakennushankkeen kustannushallinta 2018: 47).

Suoritelaskentaa voidaan käyttää, kun kohteesta on laadittuna vähintään pääpiirustustasoiset suunnitelmat. Urakkakohteiden lisä- ja muutostyöt hinnoitellaan usein tällä menetelmällä. Laskennan suorittaminen edellyttää materiaalien ja työmenetelmien tuntemusta. Suorite- ja panospohjaista laskentaa käytettäessä on kiinnitettävä huomiota kohdekohtaisesti työmäärän ja materiaalimenekin oikeellisuuteen, lisäksi materiaali- ja työhinnan täytyy olla ajan tasalla. Lopuksi suositellaan myös laskelman kokonaisvaltaista tarkistusta. (Rakennushankkeen kustannushallinta 2018: 45–48.)

## 6 LVI-tarjouslaskenta

LVI-tarjouslaskentaa voidaan myös suorittaa kaikilla luvussa viisi esitetyillä tavoilla. Käytettävä laskentatapa valikoituu yleensä kohteen suunnitteluasteen mukaan. Useasti myös kohteen toteutuksen laajuus ja laskentaan käytettävissä oleva työaika vaikuttavat käytettävän laskentatavan valintaan. Tarjouslaskennan avuksi on kehitetty monia laskentaohjelmia. Laskenta näillä ohjelmilla pohjautuu luvussa 5.4 esitettyyn suorite- ja panospohjaiseen laskentatapaan, jossa lasketaan tarvittavat materiaalit ja niiden asentamiseen käytettävä työaika. Kun tarvittavat materiaalit ja niiden asentamiseen kuluva työaika on tiedossa, määritetään niiden kustannus tarjouksen antamista varten.

### 6.1 Materiaalien määrälaskenta

Massalaskenta on tarjouslaskentaprosessin vaihe, joka kohteen koosta riippuen saattaa kestää päiviä tai jopa viikkoja. Suunnitteluvaiheessa LVI-suunnittelija määrittää toteutuksessa käytettävät asennustavat, materiaalit, laitteet ja kojeet. Suunnittelussa on pyrittävä siihen, että kaikki järjestelmän tekniset ja toiminnalliset ominaisuudet on tarkkaan määritetty. Hyvin toteutetulla suunnittelulla välitetään epäselvyyksiä tarjouslaskenta- ja toteutusvaiheessa. Materiaalien määrät lasketaan tarjouspyynnön mukana toimitetuista suunnitelma-asiakirjoista ja laiteluetteloista. Materiaalien määrälaskentaa kutsutaan usein myös massalaskennaksi. Materiaalien määrälaskentavaiheessa tarjouksen määrälaskija poimii kohteen suunnitelmista, laiteluetteloista ja työselityksistä toteutukseen tarvittavat materiaalit, koneet ja laitteet. (Toimeksiantajayrityksen toimintamalli.)

Määrälaskentaa voidaan suorittaa erilaisilla tavoilla. Esimerkiksi kerrostalokohdeiden asuinkerrokset ovat usein lähes identtisiä. Tämän tyyppisissä kohteissa voidaan laskea yhden kerroksen tarvikemäärät ja määrittää kokonaistarvikemäärä kertomalla yhden kerroksen tarvikemäärä kerrosten lukumäärällä. Tällaista toimintatapaa käytettäessä on huomioitava erityisesti, että mahdolliset laskentavirheet kertaantuvat myös kerroksien lukumäärällä. Paras lopputulos saadaan, kun kaikkien laskenta-asiakirjojen tarvikemäärät lasketaan erikseen.

Tällä toimintatavalla päästään parhaaseen laskentatarkkuuteen. (Saastamoinen & Autio 2014: 23.)

Tarjouksen määrälaskenta on hyvä aloittaa selvittämällä järjestelmän keskeisten komponenttien hankintahinta. LVI-järjestelmän keskeisiä komponentteja ovat esimerkiksi lämmönvaihtimet, ilmanvaihtokoneet, lämpöpumput, oviverhokoneet ja vedenjäähdytyskoneet. Keskeisten laitteiden tiedot ja määrä kootaan yhteen. Laitteista voidaan pyytää tarjous suoraan laitetoimittajalta tai tukkuliikkeeltä. Laitetarjousta pyydetessä on huomioitava, että myös laitetoimittajalle jää tarpeeksi aikaa hinnoitella pyydettyt tuotteet. Siksi laitteiden tarjouspyyntö on syytä lähettää heti määrälaskennan aluksi. (Toimeksiantajayrityksen toimintamalli.)

Seuraavassa vaiheessa massalaskija poimii suunnitelmista putkistojen- ja kanavistojen varusteet ja vesikalusteet. Varusteiden ja vesikalusteiden poimiminen tapahtuu laskemalla suunnitelmista samantyyppisten varusteiden ja vesikalusteiden kappalemäärät yhteen. Varusteita ovat esimerkiksi ilmanvaihtojärjestelmissä päätelaitteet, säätö- ja palopellit ja ilmamääräsäätimet. Lämmitys- ja käyttövesijärjestelmien varusteita ovat esimerkiksi sulkuventtiilit, linjasäätöventtiilit ja lämmityspatterit. Myös näistä voidaan pyytää tarjous suoraan valmistajalta tai tukkuliikkeeltä. (Toimeksiantajayrityksen toimintamalli.)

Viimeisessä vaiheessa massalaskija yleensä määrittää suunnitelmista muiden tarvikkeiden, kuten ilmanvaihtokanavien, kanavaosien, lämmitys- ja käyttövesijärjestelmien putkien ja muiden putkiosien, määrät. Kanava- ja putkiosilla tarkoitetaan tässä tapauksessa esimerkiksi putkien käyriä, t-haaroja ja jatkoliittimiä. Määrälaskenta tapahtuu yleensä mittaamalla putkireittien pituus suunnitelmista. Putki- ja kanavaosat massalaskija poimii suunnitelmista yksitellen. Joissain tapauksissa saattaa olla kannattavaa pyytää erillinen tarjous suoraan toimittajalta tai tukkuliikkeeltä jo tarjouslaskentavaiheessa. (Toimeksiantajayrityksen toimintamalli.)

Perinteisesti massalaskijat mittaavat ja laskevat tuotteiden menekin paperille tulostetuista suunnitelmista. Putki- ja kanavamäärien mittaaminen tapahtuu suhdeviivaimella tai digitaalisella karttamittarilla. Osien laskenta tapahtuu käyttäen apuna yliviivaustussia, jolla massalaskija merkkää suunnitelmiin laskemansa tuotteet. Tämä selkeyttää laskentaa ja vähentää virheiden määrää. Tuotemäärät merkitään muistiin erilliselle paperille tai laskentakaavakkeelle. (Saastamoinen & Autio 2014: 23.)

Massalaskentaan on kehitetty myös tietokonepohjaisia ohjelmia. Ohjelman avulla määrälaskija mittaa ja laskee tuotteet LVI-suunnitelmista. Ohjelmistolla määrälaskenta suoritetaan tietokoneen ruudulta suoraan suunnitelmien PDF- tai DWG- tiedostoista. Ohjelma muodostaa laskennasta määräluettelon. Määräluettelo voidaan tallentaa Excel-tiedostoksi. Määräluettelosta voidaan muodostaa siirtotiedosto, jonka avulla määräluettelo voidaan suoraan siirtää tarjouslaskentaohjelmistoon. Laskentaohjelmaa käytettäessä suunnitelmia ei tarvitse tulostaa paperille, kuten perinteistä menetelmää käytettäessä. Perinteiseen menetelmään verrattuna tietokonepohjaisen ohjelmiston käytön etuja ovat mittaustarkkuus, ohjelman selkeys sekä nopeus. Näistä syistä tarjouslaskentaa suoritetaan yhä enenevässä määrin tietokonepohjaisilla ohjelmilla. (JCAD 2024.)

## 6.2 Työn laskenta

Työn määrä muodostuu massalaskennassa suunnitelmista poimittujen asennusmateriaalien, koneiden ja laitteiden asennukseen kuluva ajasta. Jokaiselle asennettavalle tuotteelle tulee laskea aika, joka sen asentamiseen kuluu. Työaikojen määrittäminen tapahtuu laskentahetkellä voimassa olevan työehtosopimuksen mukaisesti. Työehtosopimuksessa on määritelty asennusmateriaaleille ja laitteille asennusaika. Asennusaika on riippuvainen putken koosta ja asennuspaikasta. Saman materiaalin eri asennustapojen asennusajat poikkeavat toisistaan, mikä on syytä huomioida laskentaa suoritettaessa. Asennustavan valinnalla on suuri vaikutus asennuksen työmäärään ja täten myös asennuskustannuksiin. (LVI-toimialan työehtosopimus työntekijöille 2023.)

Työehtosopimuksessa määriteltyä asennusaikaa kutsutaan normiajaksi. Normiajat ovat käytössä putki-, ilmavaihto- ja putkieristysaloilla. Normiajat ilmoitetaan putkistojen asennuksessa muodossa normituntia (NH) /metri ja kytkenöissä ja muissa asennuksissa normituntia (NH) /kappale. Putkiasennusalan ja ilmanvaihtoalan työajan määrittämisessä on eroja. Putkiasennusalalla putkiin asennettaville varusteille, haaroille tai käyrille ei ole erillistä asennusaikaa. Haarojen, käyrien ja muiden putkivarusteiden asennukseen kuuluva aika on huomioitu suorien putkien asennusajoissa. Ilmanvaihtoalalla putkistojen käyrille, haaroille ja varusteille on ilmoitettu erillinen työaika työehtosopimuksessa. Hankkeen kokonaistyöaika saadaan kertomalla työehtosopimuksessa määritetty asennuksen normiaika asennettavien tuotteiden määrällä. (LVI-toimialan työehtosopimus työntekijöille 2023.)

Laskennassa tulee huomioida myös, vaativuus- ja olosuhdelisät. Vaativuuslisä maksetaan erikoisputkistojen asennuksesta. Tällaisia putkistoja ovat esimerkiksi RST-, HST-, sairaalakaasu- tai höyryputkistot. Työskentelytilan korkeuden ollessa poikkeuksellisen matala tai työskentelyn tapahtuessa korkealla korotetaan asennuksen metri- tai kappalekohtaisia normiaikoja olosuhdelisällä niiltä osin, kun työskentely tapahtuu poikkeuksellisissa olosuhteissa. Vaativuus- ja olosuhdelisän korotusprosentti vaihtelee 10–50 prosentin välillä (LVI-toimialan työehtosopimus työntekijöille 2023.)

Työt, jotka eivät suoranaisesti kuulu asennustyöhön, mutta ovat kuitenkin osa sovitun työn suorittamista, korvataan työn suorittajalle haittalisällä. Haittalisä on normaalitaloissa 7 prosenttia ja erikoistaloissa 16 prosenttia. Normaalitaloihin luetaan muun muassa asuinrakennukset, palvelutalot, hotellit ja muut majoitusrakennukset. Erikoistaloja ovat esimerkiksi myymälät, sairaalat, liikerakennukset ja parkkitalot. Haittalisää sovelletaan myös rakennuksen ulkopuolella tehtäviin töihin. Haittalisä lisätään normiaikojen summaan. (LVI-toimialan työehtosopimus työntekijöille 2023.)

Normiajat ovat voimassa uudisrakennustyömailla. Saneeraustyömailla normiaikoja korotetaan saneerauslisällä. Saneerauslisän suurus vaihtelee rakennustyyppin ja rakennuksen käytön perusteella. Rakennuksen käytöllä tarkoitetaan rakennuksen urakka-aikaista muuta käyttöä. Rakennuksen ollessa kokonaan poistettu käytöstä työn suorittamisen ajaksi, saneerauslisän suuruus on rakennustyyppistä riippuen 6–13 prosenttia. Suurimmillaan saneerauslisän suuruus voi olla 23 prosenttia. Saneerauslisä lisätään haittalisän tavoin normiaikojen summaan. (LVI-toimialan työehtosopimus työntekijöille 2023.)

## **7 Tarjouksen muodostaminen ja antaminen**

Tarjousten laadinnassa yleisperiaatteena on, että ne laaditaan vastaamaan tarjouspyyntöä (Kankainen & Junnonen 2017: 75). Tarjous kertoo sen, mihin hintaan urakoitsija on valmis tekemään esitetyn rakennuskohteen. Urakoitsijan tekemä tarjous perustuu laskelmiin kustannusarviosta sekä tarjouksen lisäeristä, kuten riskistä, kustannustason muutosvarauksesta sekä työmaakatteesta. (Lindholm 2009, 31.) Urakoitsijan onkin voitava luottaa tilaajan tarjouspyyntöasiakirjoissa antamiin tietoihin (Kankainen & Junnonen 2017: 75).

Tarjouksen kustannusarvio on laskennallinen selvitys kohteen yritykselle aiheutuvista todennäköisistä, eli ennustetuista kustannuksista. Lindholm (2009: 31) kertoo kustannusarviolaskennan tuloksien osien olevan työsuhdokustannukset sekä käyttö- ja yhteiskustannuserät. Kustannusarvio tehdään käyttäen standardikustannuslaskennan menetelmiä tai kohdekohtaista resurssihinnoittelua. Tarjouksen lisäerien suuruuteen vaikuttavat yrityksen kustannusrakenne, kohteen ominaisuudet eli riskit, sekä yrityksen tarjouspolitiikka. Laskennan riskien määrä riippuu urakan maksuperusteista, eli käytetystä urakkamuodosta, suunnitelmien laadusta ja mahdollisista urakkarajoista. (Lindholm 2009: 32.)

Mikäli tarjouspyyntöasiakirjoissa puuttuu mainintoja jostain seikasta, on tarjouslentekijän laskettava siitä aiheutuva mahdollinen taloudellinen riski, otettava se tarjouksessaan huomioon, ilmoitettava tarjouksessa puuttuva asia huomioineen tai tehtävä siitä täydennyskysely tilaajalle (Kankainen & Junnonen 2017: 75).

Lindholmin (2009: 33) mukaan tarjouslaskennassa riskeihin varaudutaan tarjoushintaa korottavilla riskivarauksilla. Kustannuslaskennassa esiintyviä riskejä ovat muun muassa tekniset riskit, sopimustekniset riskit, hallinnolliset riskit ja epätarkkuusriskit.

Tekniset riskit käsittävät vaikean työvaiheen, uuden rakenneratkaisun tai uuden menetelmän aiheuttavat riskit. Laskelmassa tekniisiin riskeihin voidaan varautua korottamalla aliurakkahintaa tai lisäämällä työ- ja tarvikemenekkejä. Laskenta-asiakirjoissa ilmenevät vaikeasti hinnoiteltavat ehdot aiheuttavat sopimusteknisiä riskejä. Näitä ovat esimerkiksi poikkeaminen tavanomaisista urakkarajoista tai YSE:n menettelyistä. Hallinnollisilla riskeillä tarkoitetaan toiminnan laajuuden, toimialan tai toiminta-alueen muutosta, joista voi aiheutua henkilö- tai konehankintoja kertainvestointiluontoisesti. Epätarkkuusriski on epätarkkuutta hinnoittelussa tai määrälaskennassa. Epätarkkuus hinnoittelussa voidaan välttää pyytämällä ennakkotarjouksia mahdollisimman kattavasti. Määrälaskennan epätarkkuusriski on vältettävissä täysin valmiilla tuotesuunnitelmilla. Kustannuslaskennassa muita huomioitavia riskejä ovat esimerkiksi rahoitukseen ja työturvallisuuteen liittyvät riskit. (Lindholm 2009: 33.)

Tarjoushinnan laskelmat tehdään laskentahetken hintatason mukaan, ja niiden perusta muodostuu rakennusosa- tai suoritelaskelman kohdistumisesta työmaakustannuksiin. Kustannustason muutosvarauksella pyritään ennakoimaan rakennustyön pitkäaikaisuudesta johtuvaa epävarmuutta työmaakustannuksissa. Kustannusten nousuvaraus sisältää mahdollisen materiaalien kustannusten nousun sekä työvoiman palkkojen nousun. Vuoden tai sitä pidemmät hankkeet voidaan yleensä sitoa rakennusurakkasopimuksessa tarvikeindeksiin, mikä auttaa pienentämään kustannustason muutosvarausta ja jakamaan riskiä. (Lindholm 2009: 34.)

Yrityksen käyttämä tarjouspolitiikka määrittelee hankkeen katevaatimuksen. Työmaakate on yrityksen määrittelemä tuotto-odotus, eli myyntikate. Työmaakate sisältää yrityksen hallinnon kulut, korot, verot, poistot, voiton sekä muut

hankkeille kohdistamattomat kustannukset. Yrityskohtaisiin kateodotuksen eroihin vaikuttavat muun muassa yrityksen koko, toimintatapa sekä se, missä määrin alihankintaa käytetään. (Lindholm 2009: 34.)

Määrälaskennassa rakennusmäärät, eli massat, lasketaan lähtötiedoiksi kustannusarvioon. Määrät voidaan saada joko tilaajalta valmiiksi laskettuina tai yritys voi tilata laskennan ulkopuolisena palveluna tai laskea ne oman laskentahenkilöstön toimesta. Suunnitelmissa esiintyvät puutteet ja ristiriitaisuudet vaativat laskijalta ammattitaitoa ja aikaa arvioida täydennykset suunnitelmiin, sekä niiden vaikutukset määrätietoihin. (Rakennushankkeen kustannushallinta 2018: 25.)

Urakoitsijan tarjous tulee sitovaksi sen jälkeen, kun tilaaja on saanut tiedon tarjouksen sisällöstä. Tilaajalle toimitetun tarjouksen urakoitsija voi perua tarjouksen ennen tarjouspyynnössä ilmoitettua viimeistä tarjouksen toimituspäivää. Tarjouspyynnössä ilmoitetun tarjouksen toimituspäivän jälkeen urakoitsijalla on oikeus perua tarjous, mutta tämä tulee tehdä ennen tarjouksen selonottoneuvottelussa tai viimeistään sen aikana. Julkisissa tarjousten avaustilaisuuksissa tarjouksen peruminen on tehtävä ennen ensimmäisen tarjouksen avaamista. Tarjouksen peruminen on myös mahdollista selonottoneuvottelun jälkeen. Tällaisissa tapauksissa tarjouksen perumiselle on oltava erityisen painava syy. Painava syy voi olla esimerkiksi kirjoitusvirhe, vaikka yhden numeron pois jäanti tarjoussummasta tai olennainen virhe tarjouksen laskennassa. Olennaisen virheen täytyy olla huomattavan suuri. Tällöin voidaan olettaa, että tilaajan olisi pitänyt se huomata tarjouksia vertaillessaan. (Kankainen & Junnonen 2017: 75.)

Tarjouksessa ilmoitettu voimassaoloaika on sitova. Jos urakoitsija ei ilmoita tarjouksella poikkeavaa tarjouksen voimassaoloaikaa tarjous on voimassa tarjouspyynnössä ilmoitetun ajan. Tarjouksen voimassaolo lakkaa kuitenkin viimeistään, jos tilaaja hyväksyy jonkin muun tarjouksen tai hylkää annetun tarjouksen. Tapauksissa, joissa tarjouspyynnössä eikä tarjouksessa ole ilmoitettu voimassaoloaikaa, urakoitsijan tulee saada vastaus antamaansa tarjoukseen kohtuulli-

sessä ajassa. Urakoitsija voi myös ilmoittaa, että tarjous ei ole voimassa. Suullisiin tarjouksiin vastaus tulee saada heti tarjouksen antohetkellä. Lisä- ja muutostyötarjouksissa vastaus tulee saada muutamassa päivässä tai muuten kohtuullisessa ajassa. Kohtuullinen aika arvioidaan alan yleisten käytäntöjen mukaan. (Kankainen & Junnonen 2017: 76.)

Urakoitsijan ilmoittaessa tarjouspyynnöstä poikkeavan tarjouksen voimassaoloajan, tilaaja voi tarjouksia vertaillessaan katsoa tarjouksen olevan tarjouspyynnöstä poikkeava ja hylätä tarjouksen. Tilaajalla on myös oikeus hyväksyä tarjous. Mikäli tarjous on muilta osin tarjouspyynnön mukainen, tulee huomioida, että tarjous sitoo tarjouksen antajaa tarjouksessa ilmoitettuun päivämäärään saakka, vaikka tarjouksessa olisi ilmoitettu tarjouspyynnöstä poikkeava voimassaolo aika. (Kankainen & Junnonen 2017: 76.)

## **8 Tarjouslaskentaohjelmistot**

Oikein laadittu laskentaohjelma parantaa yrityksen kilpailukykyä. Laskentaohjelman avulla pyritään säästämään urakkalaskentaan käytettävää aikaa ja luomaan varmuutta laskennan oikeasta hinnoittelusta. Monessa yrityksessä on käytössä tarjouslaskentaan itserakennettu Excel-tiedosto, jonka avulla massalaskennassa saaduille tarvikkeille määritetään materiaali- ja työkustannus. Tällainen toimintamalli on yleensä käytössä pienemmissä yrityksissä. Markkinoilla on myös saatavilla LVI-tarjouslaskentaan suunniteltuja ohjelmia. Yksi tällaisista ohjelmista on Broker Estimate. Yrityksen oma tarjouslaskentaosio on useasti liitetty myös moniin LVI-alalla yleisesti käytössä oleviin toiminnanohjausjärjestelmiin. Tarjouslaskentaosio löytyy esimerkiksi Ecomin ja Adminetin järjestelmistä.

Osassa tarjouslaskentaohjelmia on mahdollista hyödyntää kustannusten laskentaan laskentarekistereitä. Laskentarekistereissä on materiaalin yhteyteen kytketty myös sen asentamiseen kuluva laskennallinen työaika. Käytettäessä laskentarekisteriin luotuja paketteja, saadaan laskentaohjelmasta myös tieto asennustyöhön kuluva työajasta. Tämä helpottaa ja nopeuttaa kustannuslaskentaa. Markkinoilta löytyvät LVI-laskentarekisterit helpottavat tarjouslaskentaa.

Granlund Oy:n ylläpitämiä LVI-laskentarekistereitä on saatavilla putki-, ilmanvaihto- ja eristysaloille. Vuonna 2011 julkaistut LVI-laskentarekisterit ovat alun perin Vesi & Watti Oy:n kehittämiä. LVI-laskentarekisteristä löytyy tällä hetkellä noin 120 000 laskentapakettia. Laskentapakettiin on yhdistetty asennustyön keston sekä putkien, ilmanvaihtokanavien ja eristeiden lisäksi myös kaikki tarvittavat oheistuotteet ja asennustarvikkeet, kuten kannakkeet, kierretangot, mutterit sekä muut putkien kannakointiin tarvittavat tarvikkeet. Kuvassa 5 on esitetty kierresaumakanavan paketin sisältö. (LVI-Laskentarekisteri 2024.)

▼ KIERRESAUMAKANAVA KG 200 asennus < 1,8 tai > 5 m	PI8103325 0...	104,00	
▶ eristämätön pyöreä kanava D -200 asennus < 1,8 tai > 5 m	0301010102...	1,00	m
▶ KIERRESAUMAKANAVA PUHD. 3M KG 200/0,5MM	I8103325	1,00	M
▶ ILMASTOINTISANKA ZN 200MM	I8353016	0,40	KPL
▶ KIERRETANKO 4.6 ZN M8X2000	L3211108	0,30	M
▶ KUUSIOM M8 934 ZNK 200/LTK	L3246208	0,50	KPL
▶ LYÖNTIANKURI ZN M8 (10X30MM) 100KPL PAK.70008	L3252108	0,50	KPL

Kuva 5. 200mm kierresaumakanavan laskentapakettin sisältö. (Broker Estimate).

Laskentapakettissa on tieto asennusajasta normitunteina. Eristysalla on normituntien sijasta käytössä urakkayksikön rahakerroin. Urakkayksikön rahakerroin on laskentapaketeissa muutettu vastaamaan ilmanvaihto ja putkialalla käytössä olevia normitunteja. Muutoksella on mahdollistettu eristystöiden laskenta samaan position ilmanvaihto tai putkitöiden kanssa. (Granlund 2024.)

LVI-laskentarekistereiden käyttöä helpottamaan on luotu syöttösivut. Syöttösivuille on koottu järjestelmäkohtaisesti siihen liittyvät laskentapaketit. Syöttösivujen avulla voidaan samalta sivulta syöttää lähes kaikki kyseisen järjestelmään kuuluvat tarvikkeet. Esimerkiksi kierresaumakanavat, käyrät, haarat, säätöpellit ja muut kanavistoon liittyvät osat löytyvät samalta syöttösivulta. Syöttösivuilla on myös paketit eri olosuhteille. Näin laskentaan saadaan suoraan olosuhteilla korotetut normitunnit. (Granlund 2024.)

## 9 Yrityksen tarjouslaskentaprosessin kartoitus

Opinnäytetyön toimeksiantajayrityksenä toimi Nevera Oy. Nevera Oy on perustettu vuonna 2016 ja yrityksen toimipaikka sijaitsee Seinäjoella. Nevera Oy tuottaa asiakkailleen kiinteistötekniikan urakointi-, huolto- ja suunnittelupalveluita. Yrityksen päätoimialat ovat sähkö-, LVI-, AV-, paloilmoin, tele- ja tietoverkkojärjestelmät. Nevera Oy tuottaa palveluita teollisuuden ja julkisen sektorin toimijoille, rakennusliikkeille ja rakennuttajille, kiinteistönomistajille ja kiinteistöjen käyttäjille. (Nevera 2024)

Yrityksen toiminnan alkuvaiheessa liiketoiminnan pääpaino on suurelta osin ollut talotekniikan huolto- ja kunnossapito tyyppisissä töissä. Vuonna 2020 yrityksen strategian mukaisesti, talotekniikkaurakoinnin osuutta päätettiin alkaa aktiivisesti kasvattamaan. Talotekniikkaurakoinnin lisäämisellä pyrittiin saamaan yritykselle strategista kasvua. Urakoinnin lisääminen mahdollistaa liikevaihdon kasvua, laajentaa yrityksen asiakuntaa ja avaa mahdollisuuksia uusille tulovirroille. Talotekniikkaurakoinnilla voidaan saavuttaa merkittävä markkinaosuuden kasvu ja vahvistaa yrityksen asemaa markkinoilla.

Urakointiliiketoiminnan kasvattaminen tarkoittaa käytännössä aktiivista osallistumista julkisen- ja yksityisensektorin urakkakilpailuihin. Rakennusalalla toimijoita on paljon ja kilpailu urakoista on kovaa. Julkisen sektorin urakkakilpailun voittamisen suurin edellytys on yleensä halvin hinta. Yksityisen sektorin urakkakilpailuissa myös muilla tekijöillä kuin hinnalla saattaa joissain tapauksissa olla merkitystä, mutta myös hinnan täytyy olla näissä tapauksissa lähellä edullisinta vaihtoehtoa. Tästä syystä myös KVR-tyyppisten urakoiden laskentaprosessia täytyi kehittää. Yrityksen nuoresta iästä ja aiemmasta liiketoiminnan pääpainosta johtuen yrityksellä ei ole käytössä suurta määrää tietoa aiemmin toteutettujen hankkeiden toteutuneista kustannuksista. Tämä koettiin yrityksessä ongelmalliseksi tarjottaessa KVR-tyyppisiä hankkeita, koska hinnoittelua ei voida suorittaa viitekohde- ja tilastomenettelyllä. Viitekohde- ja tilastomenettely on yleinen käytössä oleva tapa hinnoitella KVR-tyyppisiä tarjouksia. Laskemalla tarjous tarkemmin ja käyttämällä siihen enemmän aikaa pienennetään riskiä tappiollisista

projekteista, lisäksi urakkakilpailun voittaminen on todennäköisempää oikein lasketun tarjouksen avulla.

KVR-tyyppisen urakkatarjouksen laskenta on haastavaa ja aikaa vievää. KVR-tarjoukseen sisältyy myös iso riski tarjouksen kustannusten oikeellisuudesta. Tarjouslaskentavaiheessa projektin toteutuskustannusten määrittely voi epäonnistua monella tapaa. Toteutuskustannukset voidaan tarjouslaskentavaiheessa virheellisesti määrittää liian matalaksi tai liian korkeiksi. Matalaksi määritetyt toteutuskustannukset tuottavat yritykselle tappiota projektin toteutusvaiheessa. Liian korkeaksi määritetyt toteutuskustannukset nostavat tarjoushinnan liian korkeaksi, näin ollen yritys on ulkona tarjouskilpailusta. Tästä koituu yritykselle kustannuksia tarjouslaskentaan käytetyn työajan myötä.

Toimeksiantajayrityksessä on tällä hetkellä neljä projektihenkilöä, jotka osallistuvat KVR-tyyppisten tarjouksien laskentaan, kaksi sähköpuolelle ja kaksi LVI-puolelle. Yleensä KVR-tarjouslaskentaa suoritetaan kahden henkilön toimesta, joista toinen laskee sähköpuolen tarjouksen ja toinen LVI-puolen tarjouksen. Molemmat tarjouksen laskijat massoittelevat ja hinnoittelevat oman osuuden hankkeesta ja tästä muodostetaan kokonaishinta. Kokonaishinnan määrittämiseen osallistuu yleensä tarjouksen laskijoiden lisäksi myös yrityksessä työskenteleviä LVIS-projektihenkilöitä. Näin pyritään havaitsemaan tarjouslaskennassa mahdollisesti syntyneet virheet aikaisessa vaiheessa jo ennen tarjouksen jättämistä.

Sähköpuolen KVR-tarjouslaskentaan on yrityksessä kehitetty avuksi Excel-taulukko, jonka avulla hinnoittelu suoritetaan. Sähkötarjouslaskennassa käytössä oleva Excel-taulukko pohjautuu Sähköinfo Oy:n julkaisemaan sähköurakan yksikkökustannuksia kirjaan. Kirjassa on määritelty yksikkökustannukset kaapeleille ja muille sähkötuotteille. Hinnat on ilmoitettu kirjassa metri- tai kappalehinnoin. Yksikkökustannuskirjan hinta sisältää tarvikkeen, asennustyön, työnjohdon lisäksi myös yrityksen katteen.

LVI-puolen KVR-tarjouslaskentaan ei tällaista Excel-taulukkoa ole yrityksessä aiemmin ollut käytössä. KVR-tarjouksen LVI-hinta on aikaisemmin muodostettu suorittamalla luonnossuunnittelu tarjouspyynnön liitteenä toimitettuihin pohjakuviin. Luonnossuunnitelmaan on piirretty putkilinjat ja ilmanvaihtokanavat, ja tämän jälkeen kanavien, putkien, ja osienmäärät on laskettu. Lasketut massat on syötetty laskentaohjelmaan, jonka avulla lopullinen tarjoushinta on muodostettu. Laskentaohjelmana yrityksessä on käytössä Broker Estimate -tarjouslaskentaohjelmisto.

## **10 Laskentataulukon tausta ja tavoitteet**

Kanavakokojen määrittäminen luonnossuunnittelun ja KVR-tarjouslaskennan vaiheessa on koettu yrityksessä haastavaksi ja aikaa vieväksi. Tätä haluttiin helpottaa ja nopeuttaa laskentataulukon avulla. Kanavakoon oikea määrittäminen jo luonnossuunnitteluvaiheessa KVR-tarjousta tuo laskentaan tarkkuutta. Väärän kanavakoon valinta muuttaa tarjoushintaa merkittävästi, koska materiaalihinnan lisäksi myös työn hinta nousee kanavakoon kasvaessa. Erityisesti suurien kanavien koon muutos suuntaan tai toiseen vaikuttaa merkittävästi kustannuksiin. Taulukossa 1 on esitetty pyöreän eristämättömän kierresaumakanavan työehtosopimuksen mukainen metrikohtainen asennusaika normitunteina ja materiaalin OVH-hinta. (Onninen 2024).

Taulukko 1. Eristämättömän pyöreän ilmanvaihtokanavan metrikohtainen asennustyö normitunteina ja materiaalin OVH-hinta. (Onninen 2024)

Kanavakoko	Asennusaika (NH)	Materiaalihinta (€/m)
-125	0,18	12,90 €
-200	0,21	20,80 €
250	0,25	28,20 €
315	0,28	35,80 €
400	0,32	62,60 €
500	0,41	83,30 €
630	0,54	103,00 €
800	0,60	128,00 €
1000	1,02	239,00 €
1250	1,34	486,00 €

Kustannusvaikutus korostuu eristettyjen kanavistojen kohdalla. Väärän putkikoon asennus- ja materiaalihinta kertautuu myös eristystyön materiaalin ja työn osalta.

Ilmanvaihtokoneen ilmamäärän mitoitus koettiin myös yrityksen sisällä hankalaksi. Ilmanvaihtokoneen ilmamäärän mitoitukseen vaikuttavat sen palvelualueella olevien tilojen käyttötarkoitus ja niissä työskentelevien tai oleskelevien henkilöiden määrä. Aikaisemmin koneen mitoitus on suoritettu arvioimalla. Tähän haluttiin saada laskentataulukon avulla tarkkuutta jo luonnossuunnitteluvaiheessa.

Laskentataulukoon haluttiin myös päätelaiteiden määrien laskenta, jonka avulla saataisiin suuntaa antava päätelaitemäärä tilakohtaisesti. Laskentataulukon avulla haluttiin myös muodostaa suuntaa antava tarvikelistaus, jonka avulla hinnoittelu voitaisiin suorittaa. Hinnoittelu suoritetaan syöttämällä laskentataulukosta saatu materiaalilistaus Broker Estimate tarjouslaskentaohjelmaan.

Laskentataulukon ulkopuolelle jätettiin asuinrakennusten KVR-tarjouslaskenta. Taulukkoon otettiin kuitenkin mukaan palveluasuntojen ilmamäärämitoitus. Asuinrakennukset jätettiin ulkopuolella, koska yrityksen tämänhetkinen tarve on enemmän toimisto-, liike- ja opetusrakennusten KVR-tarjouslaskennassa. Asuinrakennukset voidaan tarpeen vaatiessa lisätä osaksi taulukkoa.

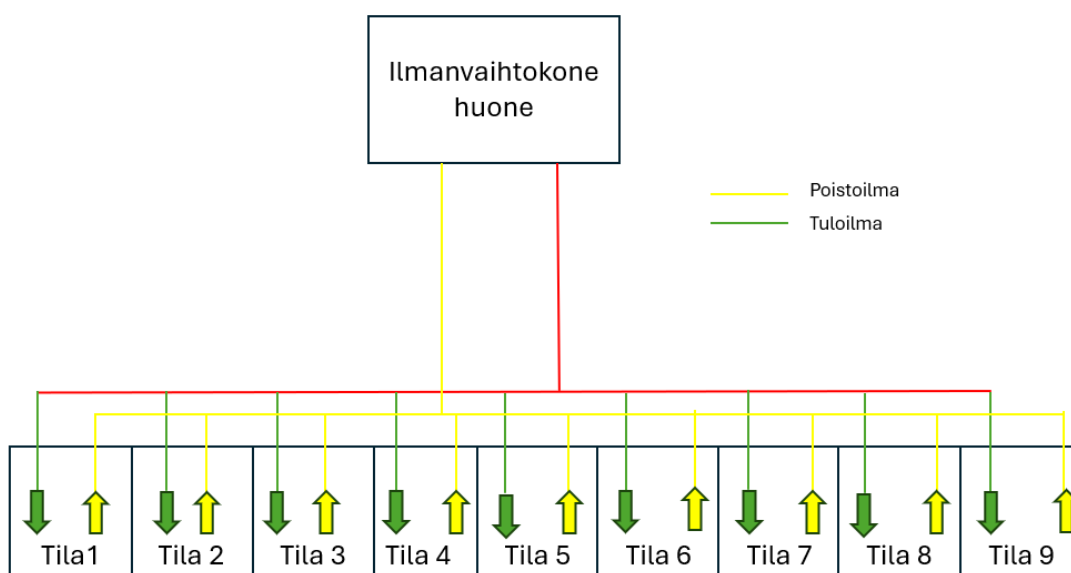
## **11 KVR-laskentataulukon sisältö ja toimintaperiaatteet**

Laskentataulukon kehittäminen aloitettiin perehtymällä ilmanvaihtoprojektin koulurakenteeseen ja selvittämällä, mitkä tekijät vaikuttavat kustannusten muodostumiseen. Tässä vaiheessa tarkastelun ulkopuolelle jätettiin erikoisjärjestelmät, kuten pölyn- ja purunpoistot. Tällaiset järjestelmät tulee laskijan aina huomioida tapauskohtaisesti. Tarkastelun kohteeksi otettiin kohdeyrityksellä laskennassa oleva koulurakennus.

Tarkastelun perusteella KVR-tyyppisen kohteen suurin tarjoushintaan vaikuttava tekijä on tilakohtaiset ilmamäärät. Tilakohtaiset ilmamäärät ovat myös tärkein yksittäinen lähtötieto KVR-tarjouslaskentaa suoritettaessa. Tilakohtaisten ilmamäärien avulla voidaan määrittää tarvittavat ilmanvaihdon päätelaitteet sekä tilaa syöttävien tulo- ja poistokanavien koot. Laskettaessa kaikkien tilojen ilmamäärät yhteen saadaan ilmanvaihtokoneen palvelualueen kokonaisilmamäärä, jonka perusteella voidaan määrittää myös runkokanavien koko. Palvelualueen kokonaisilmamäärän perusteella voidaan määrittää ilmanvaihtokone. Ilmanvaihtokoneelle tulee varata palvelualueen kokonaisilmamäärän lisäksi tehostus- ja laajennusvara. Ilmanvaihtokoneen kokonaisilmamäärä saadaan lisäämällä palvelualueen kokonaisilmamäärään haluttu ilmanvaihdon tehostusvara. Ilmanvaihtokoneen kokonaisilmamäärän perusteella voidaan määrittää koneen raitis- ja ulospuhalluslaitteiden koko. Tarkastelussa huomattiin myös, että KVR-tarjouslaskenta kannattaa suorittaa ilmanvaihtokoneiden palvelualuekohtaisesti sellaisissa rakennuksissa, joissa on useita ilmanvaihtokoneita.

## 11.1 Runkokanavien laskenta

Ennen tilakohtaisten ilmamäärien määrittystä, laskentataulukon käyttäjällä tulee olla tieto, miten ilmanvaihdon runkokanavisto sijoittuu rakennukseen. Runkokanaviston mahdollinen reitti rakennuksessa riippuu monesta eri tekijästä kuten ilmanvaihtokoneen sijainnista ja kerroksen tai rakennuksen pohjaratkaisusta. Runkokanavisto saattaa myös haarautua useaan eri suuntaan. Tästä syystä runkokanavien määrän automaattinen laskenta esimerkiksi rakennuksen ulkoimittojen perusteella osoittautui vaikeaksi. Runkokanaviston määrälaskenta laskentataulukossa toteutettiin osaksi käyttäjän antamien lähtötietojen perusteella ja osaksi automaattisella laskennalla. Laskentaa varten tarvittiin kolme lähtötietoa, jotka ovat runkokanaviston kokonaispituus, ensimmäisen haarakanavan etäisyys ilmanvaihtokoneesta ja kuilun korkeus. Kuilun korkeudella tarkoitetaan kaikkia runkokanaviston pystysuuntaisia osia. Tulo- ja poistoilmakanavia ei käsitellä laskentataulukossa erikseen. Laskentataulukkoa rakennettaessa on oletettu, että kanavistot ovat lähes samanlaiset, jolloin vain toisen pituus ilmoitetaan laskentataulukoon. Mitattavan kanaviston osuus esitetty kuvassa 6 punaisella. Taulukon yhteenveto -välilehdellä on kuitenkin ilmoitettu tulo- ja poistokanaviston yhteismäärä.

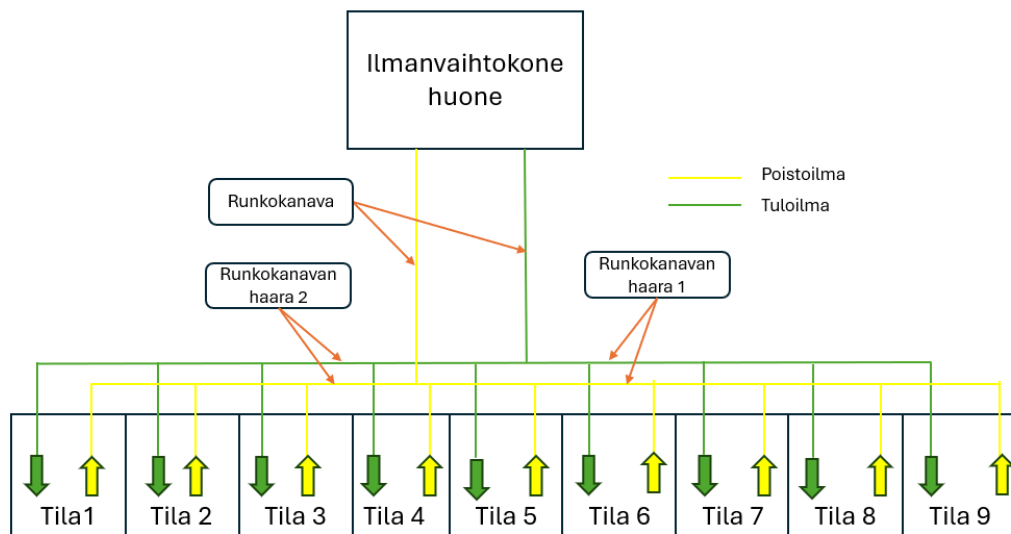


Kuva 6. Mitattavan runkokanavan osuus.

Laskentataloukon käyttö aloitetaan luonnostelemalla runkokanaviston mahdollinen reitti rakennuksen pohjapiirustukseen. Tämän jälkeen mitataan luonnostelun runkokanaviston reitin pituus, minkä tulos syötetään laskentataulukkoon. Tässä vaiheessa runkokanaviston haaroja ei tarvitse huomioida, vaan koko runkokanaviston yhteispituus ilmoitetaan laskentataulukkoon (kuva 7). Runkokanaviston haarat huomioidaan vasta tilakohtaisten ilmamäärien laskentavaiheessa, jolloin laskentataulukkoon ilmoitetaan, mihin kohtaan runkokanavaa yksittäistä tilaa syöttävä tulo- ja poistokanava liitetään.

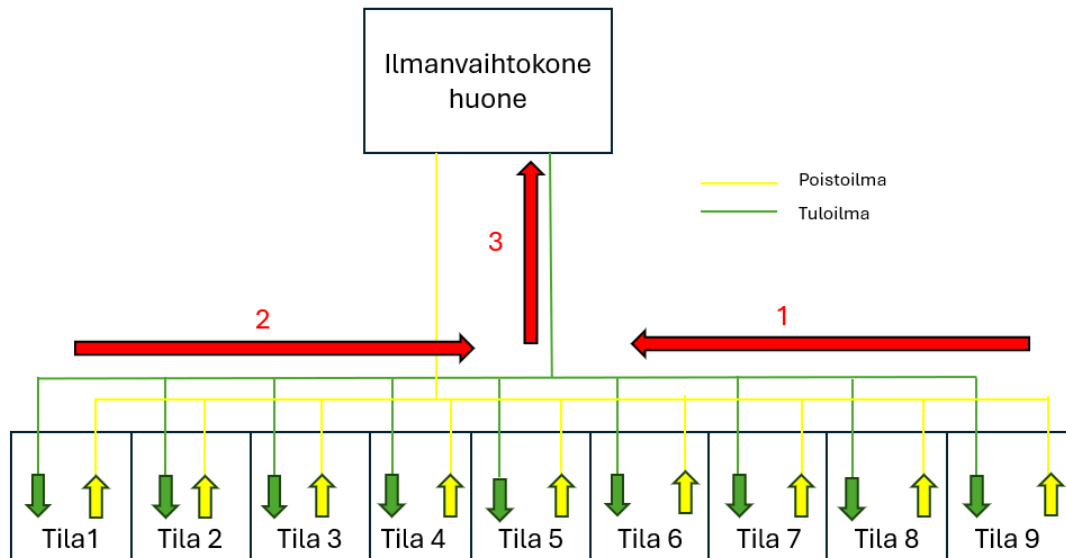
Runkokanavan pituudessa tulee huomioida myös runkokanaviston pystysuuntaiset osat, kuten kuilut. Kuilujen korkeudelle laskentataulukkoon tehtiin erillinen syöttöruutu. Laskentataulukon lähtötietoihin ilmoitetaan lisäksi runkokanavan ensimmäisen haaran etäisyys ilmanvaihtokoneesta. Ensimmäisen haaran etäisyys ilmanvaihtokoneesta vaikuttaa runkokanavan koko laskentaan.

Runkokanaviston koko lasketaan käyttäen määrävänä tekijänä ilman nopeutta runkokanavistossa, ja kanaviston painehäviötä ei huomioida runkokanavien koon laskennassa. Haluttu ilman nopeus syötetään laskentataulukkoon, jonka perusteella laskentataulukko määrittää tarvittavan runkokanavan koon. Tilanteissa, joissa runkokanava haarautuu useaan eri suuntaan jokaisen runkokanavahaaran koko lasketaan erikseen. Runkokanavan koon laskentaa varten laskentataulukon ilmamäärän mitoitusvälilehdellä ilmoitetaan, mihin kohtaan runkokanavistoa tilan liitoskanava liitetään. Kuvassa 7 on esitetty periaate, miten runkokanavan haarautumista käsitellään laskentataulukossa. Tätä tietoa käytetään runkokanavakoon laskentaan kanavahaara kohtaisesti.



Kuva 7 Periaatepiirros runkokanaviston haarautuminen.

Runkokanavan ja runkokanavan haarojen koon laskennan takia luvussa 11.2 esiteltävä tilojen ilmamäärien määrittäminen tulee aloittaa ilmanvaihtokoneelta katsottuna kauimmaisesta pisteestä. Tilojen ilmamäärien määrittäminen suoritetaan haarakanavakohtaisesti syöttämällä tilan ilmamäärän mitoitusperuste taulukkoon. Kuvassa 8 on kuvattu ilmamäärien mitoitusjärjestys laskentataulukkoa käytettäessä esitetty numeroilla. Kuvassa 8 esitetyssä tapauksessa kaikki tilojen syöttökanaavat liittyvät runkokanavien haaroihin 1 ja 2. Tilanteessa, jossa runkokanavaan liitettäisiin myös huoneiden syöttökanaavia, syötettäisiin nämä laskentataulukkoon vasta haarakanavien jälkeen.



Kuva 8. Ilmamäärien mitoitusjärjestys laskentataulukkoa käytettäessä.

Laskentataulukon yhteenveto -välilehdelle muodostetaan erittely minkä kokoisista kanavista runkokanavisto koostuu. Kanavamäärät on ilmoitettu metreinä kokokohtaisesti. Laskenta toteutettiin jakamalla runkokanaviston pituus tilakohtaisen haarakanavakokojen perusteella prosentuaalisesti. Runkokanaviston toteuttamiseen tarvittaville kanavaosille ei toteutettu laskentaa tässä vaiheessa.

## 11.2 Tilakohtainen ilmamäärä

Tilakohtainen ilmamäärämitoitus suoritettiin Finvac Ry:n julkaiseman Opas ilmapaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa ohjeen mukaisesti. Opaspaassa on ilmoitettu vähimmäisilmavirtoja eri rakennus- ja tilatyypeille. Ilmamäärä määritetään pinta-alan tai henkilömäärän perusteella. Hygieniatiloissa mitoitus perustuu suihkujen ja WC-istuinten määrään. (Finvac Ry 2019: s 4–6.)

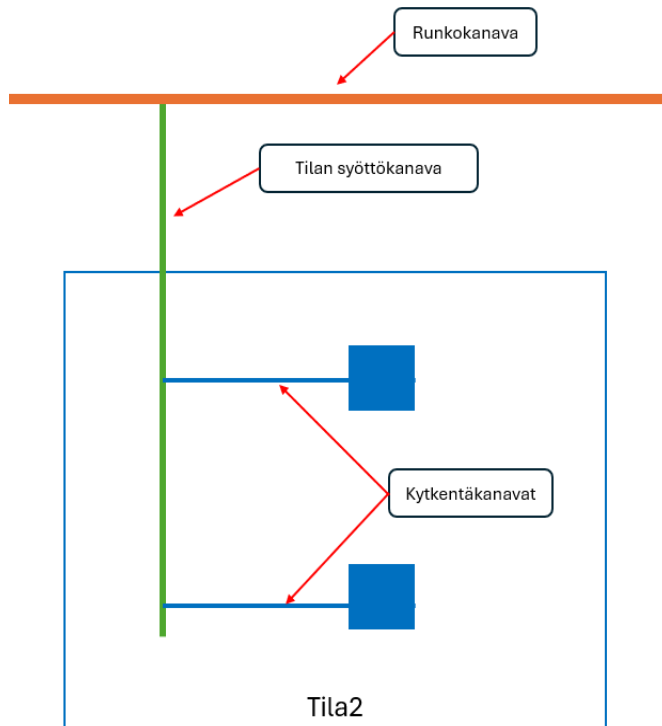
Tilakohtaisen ilmamäärän perusteella pystyttiin määrittämään tilaan tarvittavien päätelaitteiden määrä. Päätelaitteiden määrälaskenta toteutettiin käyttäjän määrittämän päätelaittekohtaisen ilmamäärän mukaan, tilan kokonaisilmamäärän ja

päätelaitekohtaisen ilmamäärän osamääränä. Päätelaitteiden määrälaskennassa otettiin oletusarvoksi, että tulo- ja poistoilman päätelaitteita on tilassa yhtä monta kappaletta. Päätelaitteiden laskennassa tulee myös huomioida erikseen, jos käytetään esimerkiksi siirtoilmaa. Käytettävä päätelaitetyyppi jätettiin laskentataulukon käyttäjän määritettäväksi.

Laskentataulukkoon haluttiin mukaan myös laskenta päätelaitteiden kytkentään tarvittavista osista. Kytkenäkanaville ja päätelaitteille ei tässä vaiheessa tehty kokolaskentaa. Kytkenäkanavien ja osien laskenta suoritettiin päätelaitekohtaisesti syöttöarvon ja päätelaitemäärän tulona.

Yksittäisen tilan tulo- ja poistoilman syöttökanaville haluttiin tehdä kokolaskenta. Kanavakokolaskennan kriteerinä käytettiin ilman nopeutta kanavassa. Kanaviston painehäviötä ei kanavakoon laskennassa huomioitu. Kanavan ilmannoisuus on käyttäjän määriteltävissä laskentataulukossa. Kanavien kokolaskenta toteutettiin siksi, että joidenkin tilojen ilmamäärät saattavat olla niin suuret, että kus-

tannusvaikutus näistä saattaa nousta merkittäväksi. Tilakohtainen ilmamääräsääto jätettiin huomioimatta laskentataulukossa. Kuvassa 9 on esitetty periaate, miten kanaviston osia käsitellään laskentataulukossa.



Kuva 9. Periaatepiirros kanaviston osista laskentataulukossa.

### 11.3 Ilmanvaihtokoneen mitoitus

Ilmanvaihtokoneen kokonaisilmamäärä saadaan tilojen yhteenlasketusta ilmamäärästä. Koneelle tulee laskentavaiheessa varata tehostusvara. Tehostusvara täytyy olla vähintään 30 % tilojen kokonaisilmamäärästä. Ilmanvaihtokoneen kokonaisilmamäärän perusteella voidaan mitoittaa myös koneen raitis- ja jäteilmalaitteet. Ilmanvaihtokoneen kammiot ja muut konehuoneen varusteet jätettiin pois laskentataulukosta. Nämä tulee kuitenkin huomioida laskentaa suoritettaessa.

## 11.4 Tarjoushinnan muodostaminen

Tarjouksen kustannusten ja tarjoushinnan muodostaminen jätettiin pois laskentataulukosta. Taulukko suunniteltiin tuottamaan vain materiaalista kohteen kanavistoista ja päätelaitteista. Varsinainen tarjouksen kustannusten määrittäminen suoritetaan erillisellä tarjouslaskentaohjelmistolla. Tällaiseen toimintatapaan päädyttiin, koska materiaalikustannukset muuttuvat tällä hetkellä nopealla syklillä, tämän takia erillisen laskentatiedoston pitäminen ajan tasalla on työlästä. Toimeksiantajayrityksellä on tällä hetkellä käytössä Broker Estimate tarjouslaskentaohjelmisto, jossa on käytössä Granlund Oy:n tuottamat laskentapaketit. Broker Estimaten hinnastopäivitykset hoidetaan yrityksessä keskitetysti, joten laskentaohjelmassa on aina käytössä uudet voimassa olevat hinnastot tuotteille. Tämä pienentää laskentavirheen mahdollisuutta olennaisesti.

Kustannusten määrittäminen tapahtuu syöttämällä laskentataulukon yhteenveto -välilehdelle kootut kanava- ja päätelaitemäärät tarjouslaskentaohjelmaan. Käyttämällä laskentapaketteja, ohjelmasta saadaan samalla myös tarvittavat kannakointi- ja asennustarvikkeet. Työkustannukset tulevat myös laskentaohjelmasta automaattisesti laskentapaketteja käytettäessä. Myös mahdolliset kanavaeritykset voidaan syöttää Broker Estimate laskentaohjelman laskentarekistereiden kautta käyttäen apuna laskentataulukon yhteenveto välilehden kanavamääriä. Kanavaeristeiden laskennassa on kuitenkin eroteltava kanavien kokonaismäärästä eritettäväksi haluttu osuus.

Ilmanvaihtokoneen hankintakustannus saadaan laskentataulukosta saatavan kokonaisilmamäärän avulla. Tarjouspyyntömateriaalissa on yleensä määritelty tekniset vaatimukset ilmanvaihtokoneille. Ilmoittamalla ilmanvaihtokoneen tekniset vaatimukset ja kokonaisilmamäärän ilmavaihtokonetoimittajalle, hän pystyy antamaan tarjouksen kyseisestä ilmanvaihtokoneesta. Myös raitis- ja jäteilmalaitteista voidaan pyytää laskentavaiheessa tarjous toimittajalta. Tarjouksien pyytäminen lisää laskennan tarkkuutta.

Kanaviston, päätelaitteiden ja ilmanvaihtokoneen lisäksi tarjouksen laskijan tulee huomioida ja lisätä laskentaan tarvittavat muut kanavavarusteet, jotka tässä vaiheessa jätettiin pois laskentataulukosta. Tällaisia ovat esimerkiksi ilmamääräsäätimet, palo- ja säätöpellit ja äänenvaimentimet. Laskijan tulee myös huomioida laskennassa ilmanvaihtokoneen asennuksen työkustannukset, ilmanvaihtokoneen kammiot ja muut konehuoneen sisäpuoliset työt.

## **12 KVR-laskentataulukon esittely**

Laskentataulukko toteutettiin Microsoft Excel taulukkolaskentaohjelmalla. Laskentataulukko koostuu kolmesta välilehdestä: lähtötiedot, Ilmamäärän mitoitus ja yhteenveto. Lisäksi taulukossa on kaksi apuvälilehteä. Lähtötiedot -välilehdellä annetaan laskentaan liittyviä perustietoja. Mitoitus -välilehdellä syötetään ilmamäärien mitoitukseen tarvittavia tilakohtaisia tietoja. Mitoitus -välilehdellä lasketaan myös kanavakoot. Yhteenveto -välilehdelle muodostetaan listaus kierresaumakanavien määristä ja osista, joita koneen palvelualueen toteuttamiseen tarvitaan.

### **12.1 Lähtötiedot -välilehti**

Lähtötiedot -välilehdelle luottiin taulukkoon syöttöruudut laskettavan kohteen perustiedoille (kuva10). Perustietoja ovat esimerkiksi asiakas, kohde, laskija ja ilmanvaihtokoneen tunnus, -palvelualue ja laskennan päivämäärä. Kohteen perustiedot kopioituvat automaattisesti muille taulukon välilehdille. Perustiedot -välilehdellä laskentataulukoon syötetään laskentaa varten lähtötiedot, joiden perusteella laskentataulukko muodostaa, yhdessä ilmamäärän mitoitus -välilehden tietojen kanssa laskennan lopputuloksena yhteenveto -välilehdelle kanava ja osalistan. Solut, joihin lähtötietoja ilmoitetaan, merkittiin vaaleankeltaisella värillä.

<b>NEVERA</b>	
Asiakas:	Testi asiakas
Kohde:	Testi kohde
Ilmanvaihtokoneen palvelualue:	Luokkatilat
Ilmanvaihtokoneen tunnus:	Luokkatilat
Laskija:	Testi laskija
Päivämäärä	25.3.2024
<b>Päätelaitteet</b>	
Päätelaitteen ilmamäärä	40 l/s
<b>Päätelaitteiden kytkentäkanavien materiaalit</b>	
Kierresaumakanava/päätelaite	1,5 m
Käyrä 45/päätelaite	2 kpl
Käyrä 90/päätelaite	0 kpl
T-Haarat/päätelaite	1 kpl
<b>Tilojen syöttökanavat</b>	
Kierresaumakanava/tila	2 m
Käyrä 45/tila	2 kpl
Käyrä 90/tila	0 kpl
T-Haarat/tila	1 kpl
Ilman nopeus tilan syöttökanavassa	3 m/s
<b>Runkokanavat</b>	
Runkokanavan päätepiSTEEN etäisyys Ilmanvaihtokoneesta	48 m
Ensimmäisen haaran etäisyys ilmanvaihtokoneesta	20 m
Kuilun korkeus	4,5 m
Suunnanmuutokset	4 Kpl
Ilman nopeus runkokanavassa	5 m/s

Kuva 10. Laskentataulukko lähtötiedot-välilehdellä.

## 12.2 Ilmamäärien mitoitus -välilehti

Rakennuksen tilakohtaisen ilmamäärän mitoitus suoritetaan ilmamäärien mitoitus -välilehdellä. Välilehden yläreunaan kopioituu lähtötiedot -välilehdellä ilmoitetut kohteen perustiedot. Tilojen ilmamäärät mitoitetaan Finvac Ry:n ”Opas ilmavaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa” -julkaisun mukaisesti. Oppaassa on ilmoitettu vähimmäisilmavirtoja eri rakennus- ja tilatyypeille. Oppaassa ilmoitetut ilmavirrat listatattiin taulukkomuotoon rakennus- ja tilatyypeittäin laskentataulukon apuvälilehdelle 1. Ilmamäärien mitoitus aloitetaan laskijan luonnosteleman runkokanavareitin mukaisesti, ilmanvaihtokoneelta katsottuna runkokanavan kauimmaisesta tilasta. Tilojen ilmamäärän mitoitusta helpottamaan ilmamäärän mitoitus -välilehdelle luotiin suodattavat pudotusvalikot. Taulukon vasemmanpuoleisesta solusta käyttäjä valitsee halutun rakennustyyppin (kuva 11).

A	B	C
	<b>NEVERA</b>	
Asiakas:	Testi asiakas	
Kohde:	Testi kohde	
Ilmanvaihtokoneen palvelualue:	Luokkatilat	
Ilmanvaihtokoneen tunnus:	Luokkatilat	
Laskija:	Testi laskija	
Päivämäärä	25.3.2024	
<b>Rakennustyyppi</b>	<b>Tilantyyppi</b>	<b>Neliö</b>
Myymälät	Pieni myymälä, suuri epäpuhtauskuorma Esim. kosmetiikkan	
Toimistorakennukset		
Toimistorakennukset		
Oppilaitokset_ja_päiväkodit		
Sairaalat_ja_lääkärikeskukset		
Hoitolaitokset_ja_palvelutalot		
Ravintolat		
Myymälät		
Liikuntatilat_ja_uimahallit		
Teatterit_ja_muut_julkiset_tilat		
Työtilat_muut_kuin_toimistot		
Tilat_monessa_rakennustyyppissä		
Tekniset_tilat		

Kuva 11. Rakennustyyppi-pudotusvalikko.

Taulukko suodattaa automaattisesti seuraavan solun pudotusvalikkoon valitun rakennustyyppin alle listatut tilat (kuva 12). Tällä toiminnolla pyrittiin nopeuttamaan tilatyyppien syöttämistä laskentataulukkoon. Pudotusvalikkojen toteuttamista varten taulukkoon luotiin apuvälilehti 2, jonka avulla pudotusvalikko rakenne toteutettiin. Kun rakennus- ja tilantyyppi on valittu pudotusvalikoista, laskentataulukko hakee automaattisesti valitun tilan vähimmäismitoitustilavirran apuvälilehdeiltä 1. Tämän hakutoiminnon toteuttamiseen käytettiin Excel taulukkolaskentaohjelman PHAKU-funktiota.

<b>NEVERA</b>	
Asiakas:	Testi asiakas
Kohde:	Testi kohde
Ilmanvaihtokoneen palvelualue:	Luokkatilat
Ilmanvaihtokoneen tunnus:	Luokkatilat
Laskija:	Testi laskija
Päivämäärä	25.3.2024
<b>Rakennustyyppi</b>	<b>Tilantyyppi</b>
Myymlät	Pieni myymälä, suuri epäpuhtauskuorma Esim. kosmetiikka
Toimistorakennukset	
	Toimisto-huone dm <sup>3</sup> /s,m <sup>2</sup>
	Toimisto-huone dm <sup>3</sup> /s,hlö
	Avotoimisto tai kokonaan avoin työskentelyalue dm <sup>3</sup> /s,m <sup>2</sup>
	Avotoimisto tai kokonaan avoin työskentelyalue dm <sup>3</sup> /s,hlö
	Neuvotteluhuone, kokoontumistila tai vastaava dm <sup>3</sup> /s,m <sup>3</sup>
	Neuvotteluhuone, kokoontumistila tai vastaava dm <sup>3</sup> /s,hlö
	Käytävä, joka on tarkoitettu vain läpikulkuun dm <sup>3</sup> /s,m <sup>2</sup>
	Kahvio, taukotila dm <sup>3</sup> /s,m <sup>2</sup>
	Varasto dm <sup>3</sup> /s,m <sup>4</sup>
	Tulostus-, kopiointi- yms. tilat dm <sup>3</sup> /s,m <sup>2</sup>

Kuva 12. Tilantyyppi-pudotusvalikko.

Ilmamäärä määritetään pinta-alan tai henkilömäärän perusteella. Hygieniatiloissa mitoitus perustuu suihkujen ja WC-istuinten määrään. Rakennus- ja tilantyyppien valinnan jälkeen käyttäjä syöttää taulukon seuraavaan soluun ilmamäärän mitoitusperusteen. Mitoitusperuste voi olla pinta-ala, henkilömäärä tai hygieniatiloissa kappalemäärä. Tämän jälkeen laskentataulukko laskee tilaan tarvittavan kokonaisilmamäärän. Laskentataulukko ei erottele onko mitoitusilmavirta tulo- vai poistoilmaa. Ilmavirtaa käsitellään laskentataulukossa kokonaisuutena oletuksella, että rakennuksen yhteenlasketut tulo- ja poistoilmavirrat ovat yhtä suuret.

Viimeisenä käyttäjän määrittämänä tietona laskentataulukkoon tulee määrittää tilan syöttökanavan liitospiste runkokehänavassa (kuva 13). Tämän tiedon avulla taulukko laskee runkokehänavan haarojen kokoa tapauksissa, joissa runkokehänava haarautuu useampaan suuntaan.

	<i>Mitoitusperuste</i> <i>M<sup>2</sup>/hlö/kpl</i>	<i>Tilan syöttökanavan liitospiste</i> <i>runkokanavistossa</i>	<i>Mitoitusilmavirta</i>
m.	25	Runkokanavan haara 1	3
	200	Runkokanavan haara 1	2
ö	1	Runkokanavan haara 1	25
ö	2	Runkokanavan haara 1	25
ö	3	Runkokanavan haara 1	25
ö	4	Runkokanavan haara 1	25
ö	5	Runkokanavan haara 2	25
ö	6	Runkokanavan haara 2	25
ö	7	Runkokanavan haara 2	25
ö	8	Runkokanava	25
ö	9	Runkokanavan haara 1	25
ö	10	Runkokanavan haara 2	25
ö	11	Runkokanavan haara 3	25
		Runkokanavan haara 4	25

Kuva 13. Tilan syöttökanavan liitospiste runkokanavistossa-pudotusvalikko.

Lähtötietojen syöttämistä varten olevat solut merkittiin vaaleankeltaisella värillä. Päätelaitekohtainen ilmamäärä kopioituu rivikohtaisesti lähtötiedot -välilehdeltä. Päätelaitekohtaisten ilmamäärien solut merkittiin myös vaaleankeltaisella värillä. Laskentataulukkoa käyttäessä tulee tarkastaa tilakohtainen päätelaitemäärä. Tiloiissa, joissa on suuri ilmamäärä, tulee päätelaitekohtainen ilmamäärä arvioida tapauskohtaisesti. Tämän takia myös päätelaitekohtainen ilmamäärä merkittiin värillä, joka edellyttää käyttäjän toimia.

### 12.3 Yhteenveto -välilehti

Yhteenveto -välilehdellä lasketaan kierresaumakanavien ja osien määrät. Lisäksi tällä välilehdellä lasketaan ja määritellään ilmanvaihtokoneen tehostusvara. Laskentataulukkoon määritellään ilmavaihtokoneelle tehostusvara, joka kasvattaa palvelualueen kokonaisilmamäärää. Palvelualueen kokonaisilmamäärän ja tehostusvaran summasta muodostuu ilmanvaihtokoneen kokonaisilmamäärä. Haluttu tehostusvara ilmoitetaan prosentuaalisesti palvelualueen kokonaisilmamäärästä. Ilmanvaihtokoneen kokonaisilmamäärän ja tilaajan ilmoit-

tamien teknisten vaatimusten perusteella voidaan pyytää tarjous ilmanvaihtokoneesta koneitoimittajalta. Ilmanvaihtokoneen tehostusvara lisätään prosentuaalisesti palvelualueen kokonaisilmamäärään.

Päätelaitteidenmäärät ja päätelaitteiden kytkentään tarvittavat tarvikkeet koetaan yhteenveto -välilehdelle (kuva 14). Päätelaitteiden kokonaismäärä lasketaan ilmamäärien mitoitus -välilehdeltä summana. Päätelaitteiden laskennassa on oletettu että tulo- ja poistoilmalaitteita on yhtä monta. Tähän tulee kiinnittää erityistä huomiota laskentataulukkoa käytettäessä. Päätelaitteiden kytkentään tarvittavien tarvikkeiden määrät lasketaan ilmoitettujen lähtötietojen ja päätelaitemäärän perusteella.

NEVERA	
Asiakas:	Testi asiakas
Kohde:	Testi kohde
Ilmanvaihtokoneen palvelualue:	Luokkatilat
Ilmanvaihtokoneen tunnus:	Luokkatilat
Laskija:	Testi laskija
Päivämäärä	25.3.2024
Koneen palvelueen kokonaisilmamäärä	2125 l/s
Tehostusvara	20 %
Ilmanvaihtokoneen kokonaisilmamäärä	2550 l/s
<b>Päätelaitteet</b>	
Päätelaittekohtainen ilmamäärä lähtötiedoissa	40 l/s
Tuloilman päätelaitteet	58 kpl
Poistoilma päätelaitteet	58 kpl
<b>Päätelaitteiden kytkentään tarvittavat materiaalit (HUOM Laske koko päätelaitteen mukaan)</b>	
Kierresaumakanava	174 m
Käyrä 45°	232 kpl
Käyrä 90°	0 kpl
T-Haarat/lähtökaulus	116 kpl

Kuva 14. Yhteenveto-välilehti, johon on koottu tiedot ilmanvaihtokoneista ja päätelaitteista.

Tilojen syöttökanavien koko lasketaan ilmamäärien mitoitus -välilehdellä (kuva 15). Laskettujen tilakohtaisten syöttökanava kokojen ja annettujen lähtötietojen perusteella lasketaan kanavakoko kohtaisesti materiaalimenekki. Myös runkokaanaviston koko lasketaan ilmamäärien mitoitus -välilehdellä. Runkokanavan materiaalilaskennan oletuksena on, että runkokaanava pienenee prosentuaalisesti

ensimmäisen siitä otetun haaran jälkeen. Laskenta suoritetaan annettujen lähtötietojen ja runkokanavien kokolaskennan perusteella. Runkokanaviston osien määrittäminen jätettiin tässä vaiheessa laskijan määriteltäväksi.

Tilan syöttökanaviin tarvittavat materiaalit				
Kanavan koko	Kierresaumakanava (m)	Käyrä 45° (kpl)	Käyrä 90° (kpl)	T-Haarat/lähtökaulus (kpl)
125	2	2	0	1
160	2	2	0	1
200	4	4	0	2
250	4	4	0	2
315	8	8	0	4
400	4	4	0	2
500	2	2	0	1
630	0	0	0	0
800	0	0	0	0

Runkokanavan määrä				
Kanavan koko	Kierresaumakanava (m)	Käyrä 45° (kpl)	Käyrä 90° (kpl)	T-Haarat/lähtökaulus (kpl)
125	0			
160	0			
200	5			
250	0			
315	0			
400	15			
500	15			
630	15			
800	55			
1000	0			
1250	0			

Kuva 15. Yhteenveto-välilehti syöttö- ja runkokanavien ja osien määrä luettelo.

### 13 Laskentataulukon toiminnan testaus

Laskentataulukon testaus suoritettiin vertaamalla laskentataulukon antamia tarvikke- ja ilmamääriä aiemmin tarjotun koulurakennuksen laskennan tuloksiin. Lasketusta kohteesta oli olemassa valmiit ilmanvaihtosuunnitelmat, joiden perusteella on yrityksessä aiemmin suoritettu tarjouslaskenta. Vertailu suoritettiin kolmen ilmanvaihtokoneen palvelualueen osalta. Vertailussa verrattiin kolmea laskentataulukon tuottamaa tietoa: ilmanvaihtokoneen kokonaisilmamäärää, päätelaitteiden määrää sekä kierresaumakanavien ja osien määrää.

Laskentataulukosta avulla mitoitettujen ja suunnitellun koneen kokonaisilmamäärät olivat lähellä toisiaan. Laskentataulukolla saadun ilmamäärän ja suunnitellun koneen ilmamäärän ero vaihteli kolmessa eri vertailussa 2–8 prosentin välillä. Laskentataulukosta saatu ilmamäärä oli kaikissa kolmessa vertailussa pienempi kuin suunnitellun koneen ilmamäärä. Vertailussa ilmanvaihtokoneen tehostusvaraksi asetettiin 30 prosenttia. Ilmanvaihtokoneen mitoituksen osalta voidaan

todeta, että laskentataulukon antamaa ilmamäärää voidaan sellaisenaan käyttää KVR-tarjouslaskennassa.

Laskentataulukon ilmoittamaa päätelaitemäärää verrattiin suunniteltujen päätelaitteiden määrään. Vertailu suoritettiin kolmen ilmanvaihtokoneen palvelualueen päätelaitteiden yhteismäärän kesken. Vertailua ei suoritettu ilmanvaihtokoneiden palvelualuekohtaisesti, koska aiemmin tarjotun kohteen laskennassa päätelaitemääriä ei ollut eroteltu ilmanvaihtokoneiden palvelualuekohtaisesti. Vertailussa havaittiin, että laskentataulukon antama päätelaitemäärä oli 31 prosenttia suurempi kuin suunniteltu päätelaitemäärä. Tämä todennäköisesti johtuu siitä, että kohteen suunnitelmissa on käytetty siirtoilmaa joidenkin tilojen tuloilmana. Myös luokkatilojen päätelaitemäärä oli laskentataulukon mukaan suurempi kuin suunnitelmissa. Suunnitelmissa isoihin luokkatiloihin oli suunniteltu tulo- ja poistoilmalaitteet yhteenlaskettuna yhteensä yhdeksän päätelaitetta. Laskentataulukossa kyseiseen tilaan päätelaitteita laskettiin kaksitoista. Päätelaitteiden määrälaskennan tarkkuutta voitaisiin parantaa rakentamalla laskentataulukoon päätelaitteiden kokolaskenta. Vertailun perusteella voidaan todeta, että laskentataulukkoa voidaan käyttää päätelaitteiden määrän laskentaan. Käyttäjän tulee kuitenkin suhtautua kriittisesti laskentataulukosta saatuun päätelaitemäärään.

Kanaviston vertailu suoritettiin vertaamalla suunnitelmista laskettua kanavien- ja osien määrää laskentataulukon antamaan määrään. Myös tämä vertailu suoritettiin kaikkien kolmen ilmanvaihtokoneen palvelualueen kanavistojen yhteismäärien kesken. Vertailussa havaittiin, että laskentataulukon antaman pienten kanavakokojen määrä oli huomattavasti suurempi kuin suunnitelmista laskettu kanavamäärä. Laskentataulukon antamien kierresaumakanavien ja osien määrä, joiden halkaisija oli pienempi kuin 250 mm, oli 24 prosenttia suurempi kuin suunnitelmista laskettu määrä. Tämä johtuu todennäköisesti väärin arvioituista lähtötiedoista. 250 mm suuremmissa kanavissa laskentataulukon ja suunnitelmista lasketun määrän ero oli huomattavasti pienempi. Laskentataulukon antama määrä oli 4 prosenttia suurempi kuin suunnitelmista laskettu määrä. Vertailun perusteella voidaan todeta, että oikeiden lähtötietojen määrittäminen

laskentaa varten on hankalaa. Laskentataulukon kanavistojen määrän laskentaa tulee suhtautua varauksella. Laskennan tarkkuutta voitaisiin parantaa myös rakentamalla pienille ilmanvaihtokanaville kokolaskenta.

## 14 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda ilmanvaihtoalan KVR-tarjouslaskentaa helppottava ja nopeuttava laskentataulukko. Samalla pyrittiin selkeyttämään yrityksen KVR-tyyppisen tarjouslaskentaprosessin vaiheita.

Suoritetun laskentataulukon testauksen perusteella havaittiin, että laskentataulukon tämänhetkisellä toteutuksella ei päästä kaikilta osin tarpeeksi luotettavaan ja tarkkaan lopputulokseen laskennassa. Laskentataulukon ilmamääränmitoitus toimii luotettavasti ja riittävällä tarkkuudella, joten tätä voidaan jatkossa käyttää tarjouslaskennan tukena.

Kanavien ja kanavaosien määrälaskennan voidaan todeta olevan liian paljon laskijan antamien lähtötietojen varassa. Virheelliset lähtötiedot aiheuttavat liian suuren virheen lopputulokseen. Oikeiden lähtötietojen määrittäminen laskentataulukkoon osoittautui haastavaksi. Jokaisen laskettavan kohteen pohjaratkaisu ja rakennuksen muoto ovat erilaisia. Tällöin myös lähtötiedot vaihtuvat joka kerta. Laskentataulukon kanavien ja kanavaosien määrälaskentaa tulisi kehittää automaattisemmaksi. Tällä poistettaisiin virheellisesti määritettyjen lähtötietojen aiheuttama virhe laskennassa. Yksi tällainen tapa saattaisi olla yksittäisen tilan pinta-alan ottaminen yhdeksi määrääväksi tekijäksi kanavamäärien laskentaan. Päätelaitteiden määrän laskenta yhden määritetyn ilmamäärän perusteella aiheuttaa myös liian suuren virheen laskentaan. Laskentataulukkoon tulisi lisätä päätelaitteiden kokolaskenta. Päätelaitteiden kokolaskennassa tulisi yhdeksi määrääväksi tekijäksi ottaa tilan pinta-ala, jonka avulla päätelaitteiden määrä suhteutetaan tilan ilmamäärään.

Laskentataulukon kehitystä tullaan yrityksessä jatkamaan. Laskentataulukon toimintaperiaate havaittiin työn edetessä toimivaksi, ja potentiaalia jatkokehitykselle löytyy. Laskentataulukkoa tullaan tulevaisuudessa laajentamaan myös putken ja sähköön KVR-tarjouslaskentaan.

## Lähteet

Kankainen, Jouko. & Junnonen, Juha-Matti. 2017. Rakennuttaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Kaunisvirta, Lauri. 2019. Urakkamuodot vertailussa – valitse oikea toteutusmuoto rakennushankkeelle. Blogikirjoitus. <<https://www.fira.fi/blog/valitse-oikea-toteutusmuoto-rakennushankkeelle-urakkamuodot-vertailussa/>>. Luettu 17.2.2022.

Urakkamuodot vertailussa. Verkkajulkaisu. Kiinteistölehti. <<https://www.fira.fi/blog/valitse-oikea-toteutusmuoto-rakennushankkeelle-urakkamuodot-vertailussa/>>. Luettu 24.2.2024.

Rakentaminen – urakkamuodot. Verkkajulkaisu. Kiinteistöoikeus. <<https://kiinteistooikeus.fi/palvelumme/rakentaminen/urakkamuodot/>>. Luettu 14.11.2021.

Rakennushankkeen kustannushallinta. 2018. Mittaviiva Oy. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Saastamoinen, Arto. & Autio, Isto. 2014 Sähköurakoitsijan tarjouslaskenta. Espoo: Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry.

JCAD. 2024. Verkkosivut. <<https://www.jcad.fi/fi/product>>. Luettu 3.3.2024.

Granlund. 2024. Verkkajulkaisu. Granlund Oy. <<https://www.granlund.fi/palvelut/lvi-laskentarekisteri/>>. Luettu 2.3.2024.

Talotekniikka-alan LVI-toimialan työehtosopimus työntekijöille 1.3.2023-28.2.2025. 2023. LVI-Tekniset Urakoitsijat LVI-TU ry. & Rakennusliitto Ry.

Nevera. 2024. Verkkosivut. Nevera Oy. <<https://www.Nevera.fi>>. Luettu 3.3.2024.

Onninen. 2024. Verkkosivut. Onninen Oy. <<https://www.Onninen.fi>>. Luettu 3.3.2024

Opas ilmanvaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa. 2019. Finvac Ry. Helsinki.