



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Joonas Hukkanen

Kevennetty toimintamalli talotekniikan tavoitekustannuslaskentaa ja/tai ura- koitsijavalintaa varten

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

3.12.2020

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Joonas Hukkanen Kevennetty toimintamalli talotekniikan tavoitekustannuslaskentaa ja/tai urakoitsijavalintaa varten 34 sivua 3.12.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	LVI-suunnittelu
Ohjaajat	lehtori Markku Leino projektipäällikkö Eero Tähkää
<p>Tämän insinööriyön tarkoituksena oli selvittää, voidaanko rakennushankkeiden alkuvaiheessa tehdä suunnitelmat kevennetysti talotekniikan kustannuslaskentaa ja urakoitsijavalintaa varten ja tutkia, kuinka tarkkaan lopputulokseen kevennetyllä mallilla päästäisiin verrattuna perinteiseen malliin. Tämän jälkeen kahden eri urakoitsijan tulokset raportoitiin tässä työssä LVI-järjestelmien osalta ja pohdittiin, mitä kevennyksessä toimintamallissa täytyisi parantaa tulevaisuudessa, jotta päästäisiin mahdollisimman tarkkaan tulokseen.</p> <p>Työssä on suoritettu kaksi eri vaihetta, jossa ensimmäisessä vaiheessa tehtiin suunnitelmat kevennetysti ja toisessa vaiheessa toteutus suunnitelmatasoisesti. Tämän jälkeen tulokset on listattu työhön ja lopuksi vielä vertailtu vaiheiden eroja ja mietitty parannusehdotuksia kevennettyä mallia varten.</p> <p>Insinööriyön seurauksena saatiin paljon hyödyllisiä tuloksia, tietoja ja parannusehdotuksia kevennettyä toimintamallia varten. Näiden avulla pystytään jatkossa kehittämään kevennettyä toimintamallia entistä toimivammaksi ratkaisuksi alkuvaiheen LVI-suunnittelua, kustannuslaskentaa sekä urakoitsijavalintaa varten. Insinööriyön tulokset voidaan siis katsoa onnistuneiksi.</p>	
Avainsanat	kustannuslaskenta, määrälaskenta, toimintamalli

Author Title Number of Pages Date	Joonas Hukkanen Lightweight Model for Target Costing and Contractor Selection in Building Services 34 pages 3 December 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	HVAC Design
Instructors	Markku Leino, Senior Lecturer Eero Tähtkää, Project Manager
<p>The purpose of this bachelor's thesis was to find out and test a new operating model for target costing and contractor selection in building services. The goal of this new operating model was to see if HVAC designs could be made more lightly in the early stages of construction projects and save time and funds in the process.</p> <p>The methods used for the creation of the new operating model were mainly creating calculation instructions and lightweight HVAC designs for contractor's cost calculations. Calculation instructions were created on the basis of a project with similarities with the construction project used in this thesis. Two contractors made cost calculations for the project, and the results were compared against the traditional operating model and the one reported in this thesis.</p> <p>The results of the final year project show that it is possible to make HVAC designs lightly with the new operating model and still get mostly accurate cost calculations. In conclusion the company will greatly benefit from this new operating model after developing it to be even more accurate in the future. The objectives of the bachelor's thesis can be considered to have been fulfilled.</p>	
Keywords	cost calculation, quantity calculation, operating model

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	TATE-urakoitsijan valinta	2
2.1	Projektinjohtourakointi	2
2.2	Valinta toteutussuunnitelmilla	3
2.3	Valinta yleissuunnitelmilla	3
2.4	Valinta yleissuunnitelmilla ja massoitelulla	4
3	Kustannus- ja määrälaskenta	4
3.1	Nimikkeistöt	4
3.2	Kustannuslaskentamenetelmiä	5
3.2.1	Laajuus- ja tilapohjaiset menettelyt	5
3.2.2	Rakennusosa- ja tuoteosalaskenta	6
3.3	Tietomallit	7
3.3.1	Hyödyt rakennushankkeessa	7
3.3.2	Hyödyntäminen määrälaskennassa	8
3.4	Talotekniset määräluettelot rakennushankkeissa (KIRA-digi-hanke)	10
4	Urakkalaskenta	12
4.1	Kevennetty toimintamalli	12
4.1.1	Laskentamateriaalit	12
4.1.2	Suunnitelmat	12
4.1.3	Laskentaohje	13
4.2	Perinteinen toimintamalli	15
4.2.1	Laskentamateriaalit	15
4.2.2	Suunnitelmat	16
5	Tulokset ja huomiot	19
5.1	Yleistä	19
5.2	Urakoitsija A	19

5.2.1	Kevennetty toimintamalli	20
5.2.2	Perinteinen toimintamalli	21
5.3	Urakoitsija B	22
5.3.1	Kevennetty toimintamalli	22
5.3.2	Perinteinen toimintamalli	23
6	Vertailu	24
6.1	Urakoitsija A	24
6.1.1	IV	24
6.1.2	LV	26
6.1.3	Sähkö	28
6.2	Urakoitsija B	29
6.2.1	IV	29
6.2.2	LV	31
7	Yhteenveto	32
	Lähteet	34

Lyhenteet

BIM Building Information Model. Rakennuksen tietomalli.

PJU projektinjohtourakka

TATE talotekniikka

1 Johdanto

Projektinjohtourakoille tyypilliseen tapaan varsinkin kiinteähintaisen TATE-urakkalaskennan takia TATE-toteutussuunnitelmat joudutaan laatimaan liian aikaisin epärealistisessa aikataulussa ja vajailla lähtötiedoilla. Tämä johtaa muun muassa siihen, että kunollista yhteensovitusta ei ehditä tehdä tai rakenneratkaisut sekä arkkitehtipohjat saattavat muuttua tai täydentyä rakentamisen etenemisen tarpeen takia. Esimerkiksi suunnittelukustannukset saattavat nousta merkittävästi tai suunnittelussa jäädään jälkeen työmaan aikataulusta. Tästä syystä on kehitetty toimintamalleja, joilla näitä ongelmia voitaisiin ratkaista.

Kevennetyn toimintamallin avulla tulisi voida, yleissuunnitelmia ja laskentaohjetta hyödyntäen, määrittää kohteen talotekniikalle tavoite- tai kiinteähinta ja sen avulla sitouttaa sekä toimijat että urakoitsijat hankkeeseen ilman alkuvaiheessa tehtäviä pitkälle vietyjä alustavia toteutussuunnitelmia. Kevennetyn mallin avulla myös vähennetään turhaa moninkertaista suunnittelutyötä ja yksinkertaistettaisiin kustannuslaskentaa sekä parannettaisiin muutosten hallintaa.

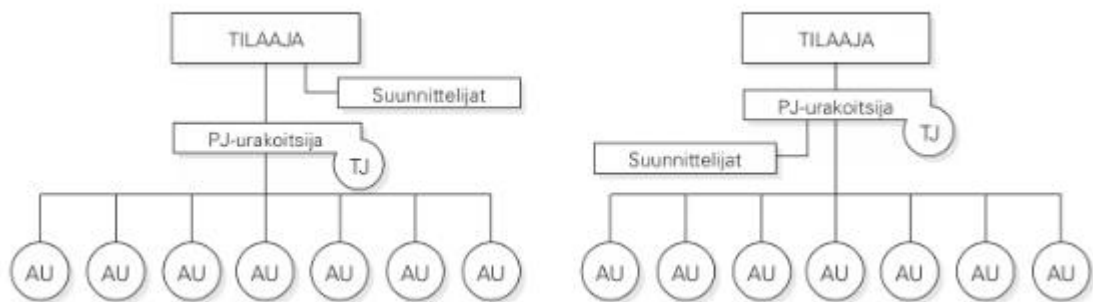
LVI-järjestelmien osalta tämä kevennetty toimintamalli on käytössä tässä työssä ensimmäistä kertaa, mutta sähköjärjestelmien osalta mallia on jo testattu aiemminkin. Lähtökohtana työssä on tilanne, jossa kohteen talotekniikan yleissuunnitelmat on laadittu mutta toteutussuunnittelun lähtötiedot eli arkkitehtipohjat, rakenneratkaisut ja käyttäjätarpeet kehittyvät rakentamisen kanssa rinnan.

Työn tilaajana toimii insinööritoimisto Granlund Oy, ja sen lisäksi kustannuslaskennan suoritti kaksi eri urakoitsijaa. Kustannuslaskennan suorittaneilta henkilöiltä pyydettiin myös parannusehdotuksia ja huomioita kevennetystä toimintamallista ja siitä, mitä voitaisiin tulevaisuudessa parantaa, jotta laskentatarkkuus paranisi.

2 TATE-urakoitsijan valinta

2.1 Projektinjohtourakointi

Projektinjohtourakoinnissa projektinjohtourakoitsija johtaa hanketta läheisessä yhteistyössä tilaajan kanssa. Projektinjohtourakoitsija vastaa rakennuttamistehtävistä, työmaan johtovelvollisuudesta sekä myös varsinaisesta rakennustyöstä tekemällä hankintasopimukset omiin nimiinsä. Suunnittelusopimukset voidaan kuitenkin myös tehdä rakennuttajan nimiin. Sopimusten sopimusehtoina käytetään tyypillisesti rakennusurakan yleisiä sopimusehtoja (YSE). (1, s. 37–39.)



Kuva 1. Sopimussuhteet projektinjohtourakoinnissa (TJ = työmaan johto, AU = aliurakka) (1, s. 38).

Koska hankinnat tehdään projektinjohtourakoitsijan nimiin, myös hän vastaa aliurakoitsijoiden työn laadusta rakennuttajalle. Tästä huolimatta rakennuttajalla eli tilaajalla on lopullinen päätäntävalta ja vaikutusmahdollisuus suunnitelmiin ja hankintoihin. Kuvassa 1 on tarkemmin havainnollistettu sopimussuhteita projektinjohtourakoinnissa. (1, s. 37–39.)

Projektinjohtourakoinnin keskeisimpinä eroina pääurakkamuotoihin on muun muassa suunnittelun ja rakentamisen limittäminen ajallisesti jakamalla rakennustyö lukuisiin hankintoihin, jotka kilpailutetaan suunnittelun etenemisen myötä. Tämän ansiosta rakennustyö voidaan aloittaa jo ennen kuin suunnitelmat ovat kokonaisuudessaan valmiita. Tällä pyritään rakennushankkeen kokonaiskeston lyhentämiseen ja siihen, että vaikutusmahdollisuudet suunnitelmiin säilytetään mahdollisimman pitkään. (1, s. 37–39.)

Projektinjohtourakoinnille tyypilliseen tapaan TATE-urakkalaskenta suoritetaan kiinteähintaisena, minkä takia TATE-toteutussuunnitelmat joudutaan laatimaan liian aikaisessa vaiheessa vajailla lähtötiedoilla. Tämä johtaa lähtötietojen tarkentuessa siihen, että kohde suunnitellaan useampaan kertaan, mikä nostaa suunnittelukustannuksia merkittävästi. (1, s. 37–39.)

2.2 Valinta toteutussuunnitelmissa

Tämä malli on perinteisin; mutta työläin malli, ja se saattaa pahimmillaan johtaa laajaan muutossuunnitteluun. Tässä mallissa kohde suunnitellaan talotekniikan osalta toteutussuunnittelutasoon, vaikka siihen ei olisi käytännössä edellytyksiä. Suurimpia syitä tähän on muun muassa se, että lopulliset käyttäjät eivät ole tiedossa ja tilaajan tai käyttäjän tarpeista ei ole sovittu yksityiskohtaisesti. Myös arkkitehti ja rakennesuunnittelija kehittävät suunnitelmiaan, koska tarve niille on myöhemmin.

TATE-urakan hinnoittelu perustuu tarkkoihin laitemääriin ja massoihin, minkä tämä malli mahdollistaa ja onkin myös sen suurin etu. Myöhemmässä vaiheessa suunnitelmien kehityksessä varsinaisiksi toteutussuunnitelmiksi pystytään vertailla todellisia kustannuksia tarjousvaiheessa käytössä olleisiin määriin ja korjata urakkahintaa muutosten osalta, mikä aiheuttaa suuria määriä lisä- ja muutostöitä TATE-urakoitsijoille. Käytännössä siis mallin suurimpana haittana on se, että lähtötietojen tarkentuessa kohde suunnitellaan useaan kertaan, mikä lisää suunnittelukustannuksia merkittävästi. (2, s. 3.)

2.3 Valinta yleissuunnitelmissa

TATE-urakoitsijan valinta voidaan myös suorittaa tavanomaista kattavammilla yleissuunnitelmissa. Tässä mallissa kalliit kokonaisuudet ja pääkomponentit esimerkiksi IV-koneet määritellään tarkasti. Taloteknisistä järjestelmistä pääreitit mitoitetaan ja materiaalit määritellään sekä laaditaan järjestelmäkaaviot. Mallihuoneista myös laaditaan tarkempia suunnitelmia.

Tämän mallin etuna on se, ettei kohdetta välttämättä tarvitse suunnitella ja mallintaa useaan kertaan. Tarkkoja massalistoja ei ole käytettävissä, ja urakoitsijoilla on suuremmat mahdollisuudet pyrkiä kasvattamaan palkkiotaan yksityiskohdista, joita yleissuunnitelmissa ei ole kuvattu, mikä luo omat haasteensa tässä mallissa. (2, s. 3.)

2.4 Valinta yleissuunnitelmilla ja massoittelulla

TATE-urakoitsijan valintaa yleissuunnitelmilla on mahdollista myös täydentää massalistoilla, jotka perustuvat ainakin osittain aikaisempien hankkeiden referenssitietoihin.

Kiinteät alueet, esimerkiksi käytävät ja aulat, voidaan tässä mallissa esittää yksiviivamuotoisesti mutta nousukuilut mallinnetaan ulostuloineen. Muuttuvien alueiden tekniikkapisteet esitetään luettelomaisena ilman sijoitusta. Erikseen annetaan myös urakoitsijoille referensseihin perustuva pistetyyppikohtainen laskentaohje kanavien ja putkistojen määriä varten.

Tätä mallia kutsutaan tässä työssä kevennetyksi toimintamalliksi ja sitä käydään tarkemmin läpi luvussa 4.

3 Kustannus- ja määrälaskenta

3.1 Nimikkeistöt

Rakennusalalla käytetään erilaisia nimikkeistöjä helpottamaan hankkeen osapuolten välistä tiedonsiirtoa, koska eri osapuolet käsittelevät hankkeeseen liittyvää tietoa sekä jäsentelevät suunnittelua ja tuotantoa eri tavalla.

Nimikkeistöjen tarkoituksena on toimia tiedonvaihdon perustana hankkeen osapuolten välillä koko hankkeen olemassaolon ajan. Yleisimmin käytettyjä nimikkeistöjä kiinteistönpidon ja rakentamisen suunnittelun ja toteutuksen tehtävissä ovat Talo 80- ja Talo 2000-nimikkeistöt. Näiden rinnalla voidaan käyttää LVI-tekniisten järjestelmien jäsentelyyn ja luokitteluun LVI2010 nimikkeistöä. (3, s. 23.)

Koska rakennusta voidaan tarkastella eri näkökulmista, myös nimikkeistössä rakennus kuvataan kolmella eri tavalla; 1. rakennuksen muodostamana toimintaympäristönä eli toimintanimikkeistönä. 2. rakennuksen muodostavina rakennusosina eli hankenimikkeistönä ja 3. rakennuksen tuottamiseen tarvittavina hankintoina eli tuotantonimikkeistönä. (4, s. 53.)

3.2 Kustannuslaskentamenetelmiä

Rakennusalalla käytetään pääsääntöisesti neljää eri kustannuslaskentamenetelmää. Näihin kuuluvat projektien vertaamiseen tarkoitettut viitekohde- ja tilastomenettelyt, laajuuteen perustuva arviointi, rakennus- ja tuoteosien määriin ja hintoihin perustuva laskenta sekä suorite- ja panostason laskenta. (3, s. 36.)

Tässä työssä on käyty tarkemmin läpi laajuus- ja tilapohjaisia menettelyjä sekä rakennusosa- ja tuoteosalaskentaa.

3.2.1 Laajuus- ja tilapohjaiset menettelyt

Kustannusarviointi, joka perustuu laajuuteen, on omiaan rakennushankkeen suunnitteluvaiheessa, jos tarkkuus suunnittelussa sallii pinta-alojen ja tilavuuksien mittaamisen. Arvioinnissa käytetään aiempiin kuluihin perustuvaa kustannustietoa jaettuna pinta-alalle (€/m²) tai tilavuudelle (€/m³). (3, s. 39.)

Tilalaskentatermiä käytetään, kun arvioinnin perusteena ovat erilaiset tilat ja niiden pinta-alat. Tilalaskentamenettely on hankesuunnitteluvaiheen kustannuslaskentamenetelmä, jolla muun muassa voidaan arvioida rakennushankkeen kustannuksia rakennusosien määräriippuvuuksien ja muihin ominaisoletuksiin perustuen. Tilalaskennassa hankkeelle lasketaan kustannustavoite, joka perustuu tilaohjelmaan sekä erilaisten tilojen hinnoittamiseen, ja se edellyttää käytettävissä olevaa luetteloa rakennuksen tiloista sekä niiden laajuuksista huonealoina. Tilaan kohdistuvat muut kustannukset jaetaan huonealalle rakennusosien määrän ja yksikkökustannuksen perusteella. (3, s. 39.)

Tavoitehinnalla tarkoitetaan suunnitteluvaiheessa tuotteelle määritettävää hintaa, jonka avulla arvioidaan projektin kustannustekijöiden vaikutuksia projektin kannattavuuden

kannalta. Tavoitehintamenettelyssä arvioidaan rakennushankkeen kustannusten tai olemassa olevan kiinteistön hinnan arviointia Haahtela-nimikkeistön mukaisella toiminta- ja tilatasolla. Tällä menettelyllä voidaan määrittää uudis- tai korjaushankkeen rakentamiskustannukset sekä olemassa oleville kiinteistölle nykyhinta. (3, s. 40.)

Tavoitehinalaskelmalla asetetaan rakennushankkeille tavoitehinta hallitun kustannuslaskentamenettelyn kautta. Tavoitehinta voidaan asettaa muun muassa viitekohde-, laajuus-, tilaohjelma- tai rakennusosaperusteisesti. Tavoitehinalaskelmat ovat hyviä muun muassa erilaisten kustannustavoitteiden asettamisessa hankkeelle, vaihtoehtoisten tilanhankintaratkaisujen vertailussa tai vaikkapa olemassa olevien rakennusten arvon määrittämisessä. (3, s. 40.)

3.2.2 Rakennusosa- ja tuoteosalaskenta

Rakennusosalaskennassa eri rakennusosien määrät kootaan piirustuksista tai tietomallista, sen lisäksi, jokaiselle rakennusosalle lasketaan kustannus rakennusosien yksikkökustannuksien avulla. Rakennusosalaskennalla voidaan muun muassa vertailla eri suunnitteluratkaisujen kustannuksia tai määrittää toteuttajan tarjous- ja omakustannushinta. Rakennusosat sekä niihin liittyvä työ luokitellaan yleensä käytettävän nimikkeistön mukaan. (3, s. 42.)

Rakennusosalaskennan etuja on esimerkiksi se, että työmäärä on kohtuullinen ja se riittää tarjouslaskennan perustaksi, jos rakennusosat eritellään huolella. Laskelmat ovat lisäksi erittelyiltään ja kuvauksiltaan yhtenäisiä, selkeitä ja lyhyitä. Kustannuksien vertailu vastaavanlaisiin hankintoihin on myös mahdollista suhteellisten määrien avulla. (3, s. 42.)

Tuoteosalaskennassa tuoteosat muodostetaan rakennusosista ja suoritteista, joiden kustannukset lasketaan rakennusosien menekkien ja yksikkökustannuksien perusteella. Tuoteosalla tarkoitetaan kokonaisuuksia, joissa on enemmän kuin yksi rakennusosa.

Tuoteosalaskentaa käytetään useimmiten suunnitteluvaiheessa, jossa rakennuskustannuksille halutaan määrittää puitehinta ja siksi on päädytty tuoteosiin perustuvaan kustannuslaskentamalliin. (3, s. 44.)

3.3 Tietomallit

3.3.1 Hyödyt rakennushankkeessa

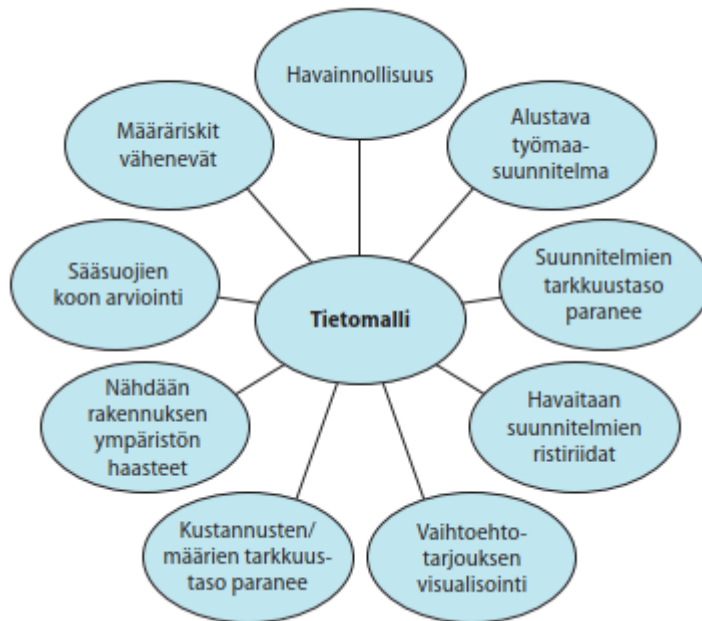
Rakennuksen tietomalli eli BIM on digitaalinen tietokokonaisuus rakennuksesta ja rakennusprosessista. Tietomalleja voidaan hyödyntää monella eri tapaa rakennushankkeen aikana muun muassa suunnittelu-, tarjous-, hankinta-, rakennus-, käyttö- ja ylläpitovaiheessa. Tietomallit koostuvat rakennusosa- ja tilaobjekteista. Eri suunnittelualat luovat omat natiivimallinsa, jotka voidaan myös yhdistää, jolloin luodaan rakennukselle yhdistelmämalli, jonka avulla voidaan tarkastella yhdessä tiedostossa kaikkien suunnittelualojen malleja. Tietomallien käyttö rakennushankkeissa on yleistynyt ja kehittynyt nopeasti viime vuosien aikana. (5, s. 5.)

Tietomallien käytöstä saatavia hyötyjä ovat muun muassa visuaalisuus, jonka avulla voidaan helpottaa suunnitelmiin perehtymistä ja esimerkiksi objekteja voidaan tarkastella mallissa eri suunnista ja niistä voidaan luoda leikkauskuvia halutuista kohdista (5, s. 2).

Tietojenkäsittelyn nopeuden ja tarkkuuden avulla voidaan hakea nopeasti muun muassa määrätietoja, joita hyödynnetään tarjous-, hankinta- ja rakentamisvaiheessa. Mittaus- töissä voidaan esimerkiksi siirtää mittatiedot tietomallista suoraan mittalaitteisiin, minkä avulla nopeutetaan töiden tekemistä ja mahdollisesti vähennetään virheitä. (5, s. 2.)

Laadunvarmistus paranee tietomallien avulla, kun natiivimallit yhdistetään yhdistelmämalliksi ja voidaan tehdä suunnittelualojen kesken säännöllisiä törmäystarkasteluja. Tämä myös parantaa suunnittelun laatua perinteiseen suunnitteluprosessiin verrattuna. (5, s. 2.)

Visuaalisten, yhteisesti jaettujen ja ajan tasalla olevien tietomallien avulla voidaan myös parantaa tiedonkulkua ja yhteistyötä hankkeessa eri osapuolten kesken (5, s. 2).



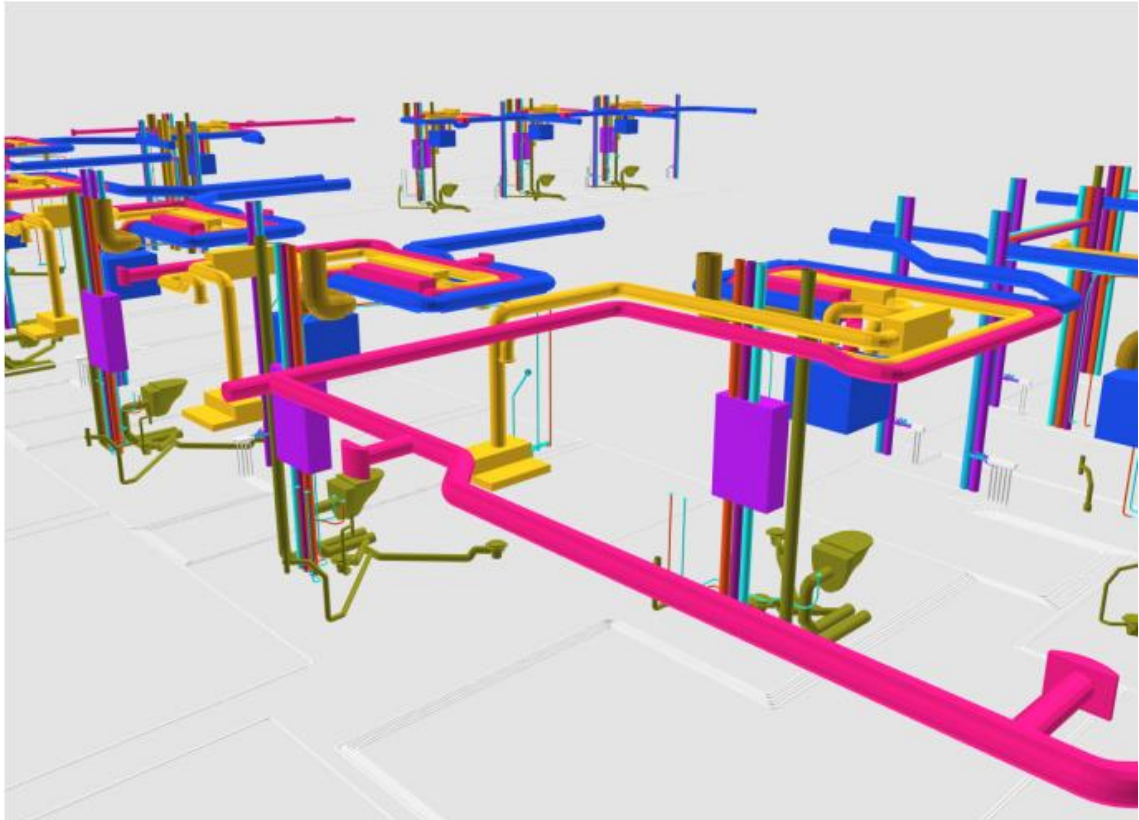
Kuva 2. Tietomallin hyötyjä toteuttajan tarjouslaskennassa (3, s. 29).

Kuvasta 2 voidaan myös huomata, että tietomallien käytöstä määrälaskennassa on muitakin hyötyjä toteuttajan tarjouslaskennassa.

3.3.2 Hyödyntäminen määrälaskennassa

Tietomallien hyödyntämisellä määrälaskennassa voidaan vähentää määrälaskijan rutiiniväilyä ja samalla ammattitaidon merkitys kasvaa. Tarkoituksena on siis korvata määrien manuaalinen mittaaminen piirustuksista tietokoneavusteisella mittaamisella mallista. Määriä voidaan mitata kaikkien suunnittelualojen malleista. Tietomallien käyttö ei kuitenkaan ratkaise kaikkia määrälaskentaan liittyviä kysymyksiä, vaan edelleen määrälaskijaa tarvitaan lähtötietojen ja lähtömateriaalien arvioinnissa ja esimerkiksi laskennan kattavuuden varmistamisessa. Kattavasti, sovittujen tietomalliohjeiden mukaan laadituilla ja riittävällä tarkkuudella yhteen sovitetuilla tietomalleilla säästetään määrälaskentaan kuluva aikaa ja vähennetään inhimillisiä virheitä verrattuna perinteiseen laskentamalliin. (3, s. 31.)

Määrä- ja mittatietojen luotettavuuteen vaikuttavat tiedonsiirrossa ja määrälaskennassa käytetty ohjelmisto. Määrälaskenta voidaan suorittaa esimerkiksi suunnitteluohjelman alkuperäisessä tiedostomuodossa tai IFC-muodossa olevasta tietomallista. Mallin tarkkuus on tosin täydellisempi alkuperäisessä tiedostomuodossa olevassa mallissa, ja onkin suositeltavaa käyttää sitä määrälaskennassa, mikäli mahdollista. (3, s. 31.)



Kuva 3. Esimerkki LVI-mallista (6, s. 32).

IFC-tyyppisissä malleissa laskijan on varmistuttava siitä, mitkä rakennusosat on luettu mukaan IFC-tiedostoon natiivimallista ja miten ohjelmisto, jota käytetään määrälaskennassa, käsittelee IFC-tiedostossa olevia rakennusosia (3, s. 32). Kuvassa 3 on näkyvissä IFC-tyyppinen LVI-malli.

3.4 Talotekniset määräluettelot rakennushankkeissa (KIRA-digi-hanke)

Vuonna 2017 toteutettiin KIRA-digi-hanke, jonka tarkoituksena oli hyödyntää taloteknisiä määräluetteloita rakennushankkeen tarjousvaiheessa automatisoimalla osa laskemisesta ja samalla vähentämään urakoitsijoiden tarvitsemaa aikaa tarvittavien materiaalien ja komponenttien määrälaskennassa. Tämän avulla päästäisiin laskennassa parempaan tarkkuuteen ja tarjouksien vertaaminen helpottuisi. (6, s. 1–2.)

Suunnittelijat tuottavat urakoitsijoille määräluettelot, jolloin urakoitsijan ei tarvitsisi käyttää aikaa tarjousvaiheessa kappalemäärien ja pituuksien laskemiseen piirustuksista. Arviolta tähän kuluu nykyään 70–75 % tarjouksentekoajasta. (6, s. 4.)

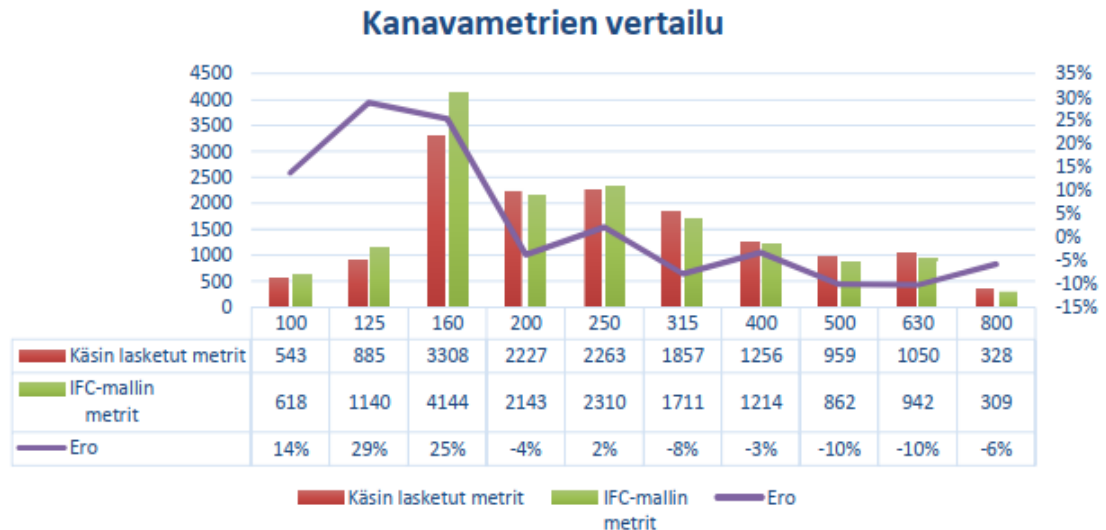
Talotekniseen määrälaskentaan ja määräluetteloiden laatimiseen on myös luotu avustava ohje BuildingSMART Finlandin toimesta ja arviolta säästöjä tehtäisiin vuodessa jopa 30–50 miljoonan euron edestä, jos määräluettelot otettaisiin käyttöön talotekniikan suunnittelijoiden, rakennuttajien ja urakoitsijoiden toimesta (6, s. 1–2; 7).

KIRA-digi hankkeen pilotoinnin tarkoituksena oli siis se, että talotekniikan suunnittelijat toimittivat valmiit määräluettelot urakoitsijoille ja tällä karsittaisiin turhaa mittailua rakennusvaiheen aikana. Pilotointia varten ei kuitenkaan löytynyt sopivaa rakennushanketta, joten varasuunnitelmana pilotoinnissa päädyttiin vertaamaan jo laadittuja, perinteisin menetelmin laskettujen kohteiden määrätietoja vastaavien kohteiden IFC-tietomalleista otettuihin määrätietoihin. Tämän lisäksi haastateltiin urakoitsijoiden tarjouslaskijoita, jotta voitaisiin saada tietoja myös heidän mielipiteistään ja suhtautumisestaan määräpohjaiseen urakkalaskentaan. (6, s. 4.)

Kohteena tässä pilotoinnissa käytettiin noin 20 000 m²:n uudisrakennus sairaalakiinteistöä, joka on ollut yleisten tietomallivaatimusten mukainen suunnittelutilaus ja josta ei ole vaadittu määräluetteloita suunnittelijoilta (6, s. 4).

Pilotoinnin loppuraportin liitteessä 1 on vertailtu muun muassa ilmanvaihtokomponenttien metrimääriä. Kohteen ilmanvaihdon IFC-mallissa on 37 686 objektiä, ja raportissa

on arvioitu, että noin 70 % näistä on huomioitavia objekteja. Jos yhden objektin siirtäminen esimerkiksi Exceliin kestäisi kymmenen sekuntia, tarkoittaisi se noin 73 tunnin työ määrää. (6, s. 7.)



Kuva 4. Kanavametrioiden vertailu käsin lasketuista 2D-piirustuksista verrattuna IFC-mallista otettuun määrälliseen. (6, s. 7.)

Yleisesti ottaen määrällisillä päästiin hyvin lähelle käsin laskettua tarkkuutta, joten niiden käyttämiselle ei ole tarkkuustason tuomia esteitä. Kuvasta 4 voidaan huomata, että suurimmat erot tulevat pienimpien kanavakokojen osalta, mikä voi johtua siitä, että jo-kaista kanavaa ei välttämättä ole mitattu laskennan nopeuttamisen vuoksi.

Loppuraportin liitteessä 2 on listattu TATE-tarjouslaskijoiden haastatteluja taloteknisestä urakkalaskennasta. Yleisesti tarjouslaskijat suhtautuivat myönteisesti määrälluetteloiden käyttämiseen laskennassa, mutta luetteloiden oikeellisuus herätti epäilyksiä. Tarjouslaskijoiden mielestä hinnoittelua ei voida tehdä pelkästään määrälluetteloiden avulla, vaan kohteeseen on päästävää tutustumaan piirustusten ja 3D-mallin kautta. Tarjouslaskijat olivat myös yhtä mieltä siitä, että tietomallipohjainen määrälllaskenta on suositeltavaa ja heillä on myös halu kehittää omaa organisaatiotaan tähän suuntaan. (6, s. 19.)

4 Urakkalaskenta

4.1 Kevennetty toimintamalli

4.1.1 Laskentamateriaalit

Urakoitsijalle toimitettiin laskentamateriaalina tasopiirustukset, laiteluettelo ja yleiset asiakirjat. Tasopiirustuksissa kiinteiden tila-alueiden tekniikka oli mallinnettu yleissuunnitelmatasoisesti. Muuttuvien tila-alueiden pisteet ja elimet olivat tilakohtaisena listauksena. Tämän lisäksi toimitettiin leikkauspiirustus käytävältä, jotta voidaan varmistua tekniikan yhteensovituksesta. Laiteluettelossa on listattuna ilmanvaihtokoneet mitoitusarvoineen sekä puhallinkonvektorit. Yleisistä asiakirjoista toimitettiin asiakirjaluettelo ja laskentaohje.

4.1.2 Suunnitelmat

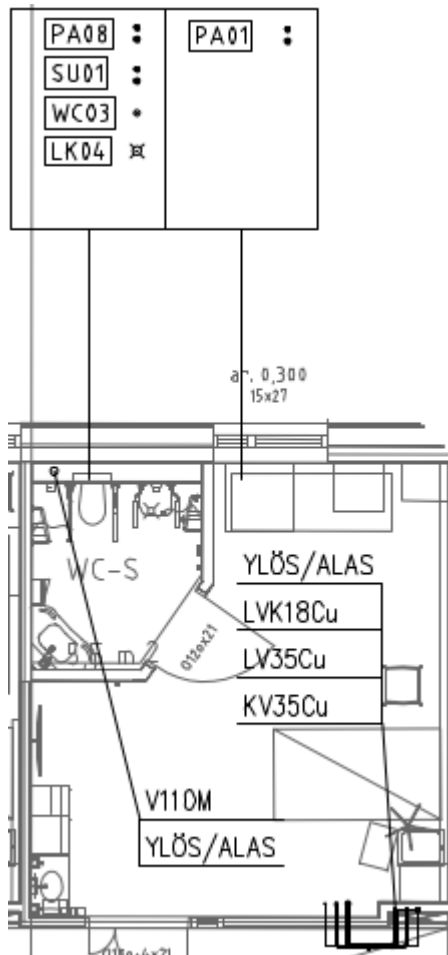
LVI-tekniikan suunnitteluratkaisut jakautuvat kevennetyssä mallissa kolmeen osakokonaisuuteen.

Ensimmäisenä kokonaisuutena ovat keskuslaitteet ja niiden esittäminen, ja siinä määritellään keskuslaitteet laiteluettelomuotoisena, piirretään periaatekaaviot järjestelmistä, sekä esitetään konehuoneiden ja laitetilojen laitesijoitukset ja verkostot yksiviivaperiaatteella.

Toisena kokonaisuutena ovat runkoverkostot, joissa nousukuiluihin tulevat verkostot esitetään mallintaen ulostuloineen. Vaakareittien runkoverkostot esitetään yksiviivaperiaatteella, jossa verkostojen koot on määritelty tekstimerkinnöin tai mallintamalla, sekä runkoverkostojen reiteiltä esitetään riittävästi yhteisleikkauksia, jotta voidaan varmistua asennettavuudesta ja yhteensovituksesta.

Kolmantena kokonaisuutena on muuttuvia tiloja palveleva tekniikka, jossa huonetiloihin tulevat tekniikkapisteet esitetään huonetiloissa luettelomaisena ilman sijoitusta. Tekniik-

kapisteita palvelevat kanavat, putket, kaaret, mutkat ja vaimennus-, säätö- ja palosuojaosat esitetään kootusti lohkokohtaisina määräluetteloina. Asennushukat, sovitus- ja päätekappaleet sekä asennus- ja kiinnitystarvikkeet arvioi urakoitsija kokemusperäisesti.



Kuva 5. Mallihuoneen käyttövesi- ja viemärisuunnitelmat kevennetyn mallin mukaisesti.

Kuvassa 5 on havainnollistettu kevennetyn mallin käyttövesi- ja viemärisuunnitelmat. Vesipisteet on tässä toimintamallissa listattu luettelona pohjakuvaan.

4.1.3 Laskentaohje

Laskenta-alueena tässä pilotoitihankkeessa on ollut 1 385 brm²:n kokoinen lohko isommasta kiinteistöstä. Yleisesti laskentaohjeeseen saadut arvot esimerkiksi

ilmanvaihtokanavien metrimääristä on otettu samankaltaisesta referenssikohteesta, joka tässä työssä on 1 520 brm²:n kokoinen lohko isommasta kiinteistöstä. Kuitenkin esimerkiksi asennushukat ja sovituspalat sekä asennus- ja kiinnitystarvikkeet eivät ole listattuna laskentaohjeessa vaan urakoitsija arvioi nämä kokemusperäisesti.

Tiloihin liittyvä tekniikka						
Pistepohjaisesti						
	-10% (m/elin)	m/elin	+10% (m/elin)	Lämpöeriste	Lämpöeriste + pelti	
Kanava 125 mm		3,4	3,8	4,2	1,5 %	0,0 %
Kanava 160 mm		3,3	3,7	4,1	0,0 %	0,4 %
Kanava 200 mm		4,5	5,0	5,5	57,2 %	12,4 %
Asennushukat ja sovituspalat sekä asennus- ja kiinnitystarvikkeet arvioi urakoitsija kokemusperäisesti						
Käyrät						
	-10% (kpl/elin)	kpl/elin	+10% (kpl/elin)			
Kanavalle 125 mm		2,4	2,6	2,9	1,5 %	0,0 %
Kanavalle 160 mm		2,5	2,8	3,1	0,0 %	0,4 %
Kanavalle 200 mm		1,2	1,3	1,4	57,2 %	12,4 %
Äänenvaimentimet						
	-10% (kpl/elin)	kpl/elin	+10% (kpl/elin)			
Kanavalle 125 mm		0,42	0,47	0,52		
Kanavalle 160 mm		0,47	0,52	0,58		
Kanavalle 200 mm		0,00	0,00	0,00		
Palopellit						
	-10% (kpl/elin)	kpl/elin	+10% (kpl/elin)			
125 mm kanavalle		0,17	0,18	0,20		
160 mm kanavalle		0,02	0,02	0,03		
200 mm kanavalle		0,00	0,00	0,00		
Savunhallintapellit						
	-10% (kpl/elin)	kpl/elin	+10% (kpl/elin)			
125 mm kanavalle		0,42	0,47	0,52		
160 mm kanavalle		0,47	0,52	0,58		
200 mm kanavalle		0,00	0,00	0,00		
Tarkistusluukut						
	Urakoitsija arvioi kokemusperäisesti					

Kuva 6. Ilmanvaihdon pistepohjaiset metri- ja kappalemäärät referenssikohteesta Excelliin listattuna.

Laskentaohje urakkalaskijaa varten on luotu kevennettyä toimintamallia varten siten, että referenssikohteen massalista on tuotu LVI-järjestelmien osalta Excelliin, jossa on laskettu ja poimittu kuvan 6 mukaisesti muuttuvien tilojen metri- ja kappalemäärät esimerkiksi ilmanvaihdon osalta. Excelissä metri- ja kappalemäärät on jaoteltu neliöpohjaisesti sekä pistepohjaisesti, mutta tässä työssä laskentaohjeessa on käytetty pistepohjaisia määriä. Pistepohjaiset määrät kertovat esimerkiksi sen, kuinka monta metriä tiettyä kanava- tai putkikokoa tarvitaan päätelaitetta kohden. Neliöpohjaiset määrät taas kertovat sen, kuinka monta metriä tarvitaan tiettyä kanava- tai putkikokoa neliömetriä kohden.

Ilmanvaihtojärjestelmä		Määrät ja tiedot laiteluettelossa	IU
17	Ilmanvaihtokoneet	Määrät tasokuvista	IU
18	Päätelaitteet	Määrät tasokuvista	IU
19	Kanavat 125 mm	3,8 metriä/päätelaite	IU
20	Käyrät 125 mm	2,6 kpl/päätelaite	IU
21	Kanavat 160 mm	3,7 metriä/päätelaite	IU
22	Käyrät 160 mm	2,8 kpl/päätelaite	IU
23	Kanavat 200 mm	5,0 metriä/päätelaite	IU
24	Käyrät 200 mm	1,3 kpl/päätelaite	IU
25	Kanavien ja sen osien eristäminen	IU arvio työselityksen pohjalta	IU
26	Äänenvaimentimet 125 mm	0,47 kpl/päätelaite	IU
27	Äänenvaimentimet 160 mm	0,52 kpl/päätelaite	IU
28	Palopellit	Määrät tasokuvista	IU

Kuva 7. Ilmanvaihtojärjestelmän metri- ja kappalemäärät laskentaohjeessa.

Kuvassa 7 on listattuna Excelistä poimitut metri- ja kappalemäärät ilmanvaihtojärjestelmän osalta. Laskentaohjeessa vasemmalla on listattuna kyseisen järjestelmän tekniikka, keskellä on listattuna jokaiselle laskentaperuste ja oikealla on listattuna hankintaraja.

Yleisenä huomiona laskentaohjeessa on mainittu se, että jos laskentaperusteissa tai huomautuksissa ei muuta ole määritetty, urakoitsija laskee määrät suunnitelmista tai arvioi ne kokemuserusteisesti. Määräluettelon määrät sisältävät taso- ja mallihuoneiden asennusten määrät sekä käytävien ja aulojen eli kiinteiden tilojen kanavat, mutta runkoputket urakoitsijan on arvioitava asennuksineen ja asennustarvikkeineen tasokuvien perusteella. Hukka-, ripustus- ja asennusosat arvioidaan urakoitsijan toimesta.

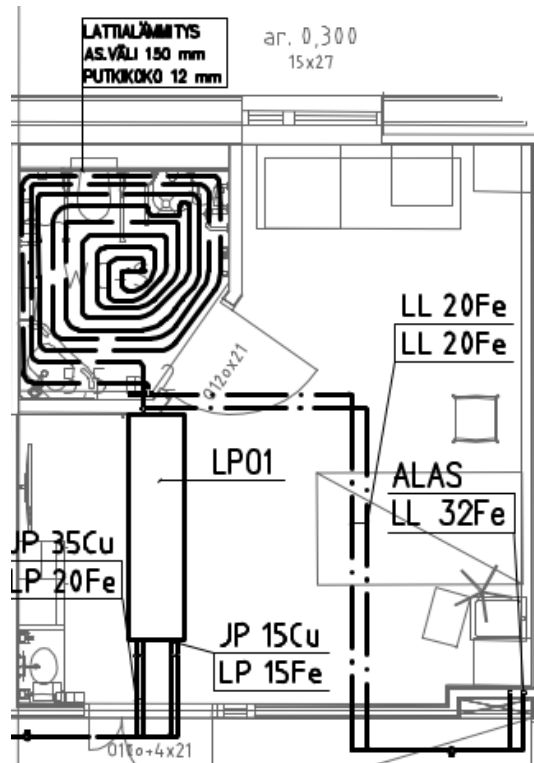
4.2 Perinteinen toimintamalli

4.2.1 Laskentamateriaalit

Urakoitsijoille toimitettiin laskentamateriaalina normaalit tasopiirustukset alueelta, normaalit laiteluettelot ja yleisistä asiakirjoista asiakirjaluettelo.

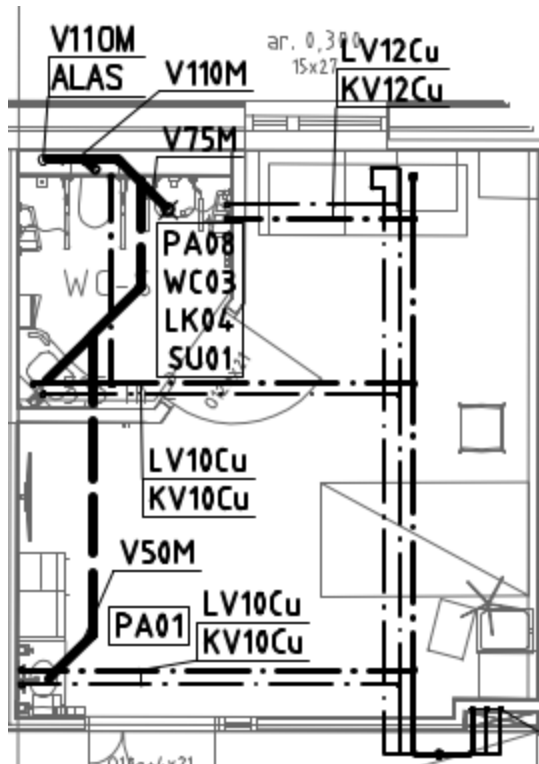
4.2.2 Suunnitelmat

Perinteisessä toimintamallissa suunnitelmat tehtiin toteutussuunnitelmatasoisesti, kuitenkin siten, että toistuvien samanlaisten huoneiden osalta tehtiin yksi mallihuone, jolla viitattiin muihin huoneisiin.



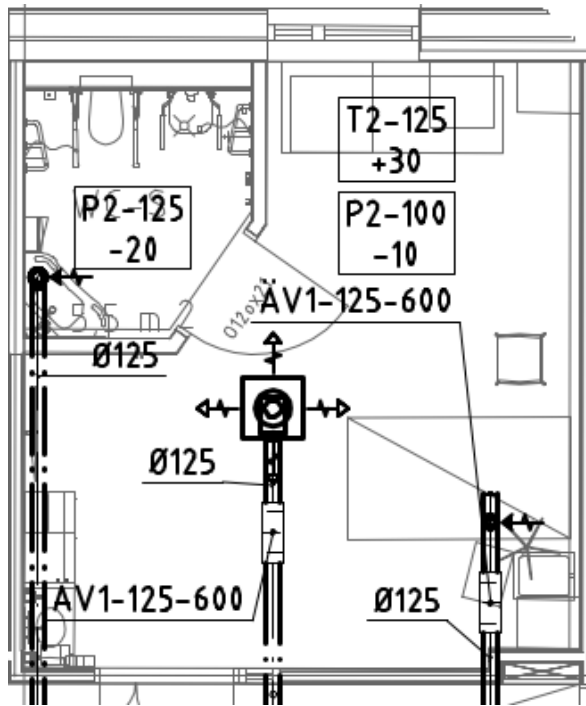
Kuva 8. Mallihuoneen lämmitys- ja jäähdytys suunnitelmat perinteisen mallin mukaisesti.

Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän osalta mallihuoneisiin on mallinnettu kuvan 8 mukaisesti säteilypaneelit. Mallihuoneen vessassa on lattialämmitys 150 mm:n asennusvälillä ja 12 mm:n putkikoolla. Jäähdytys tele-, sähkö-, toimisto- ja neuvottelutiloissa on suoritettu puhallinkonvektoreilla. Kiinteissä tiloissa jäähdytys toteutetaan ilmanvaihdon kautta.



Kuva 9. Mallihuoneen käyttövesi- ja viemärisuunnitelmat perinteisen mallin mukaisesti.

Kuvan 9 mukaisesti käyttövesijärjestelmä on mallinnettu pintavetoina kuparilla. Vesikalusteisiin liittyvinä hanoina käytetään yleisesti yksiotehanoja. Kosketusvapaita hanoja käytetään tiloissa, joissa on erityisiä hygieniavaatimuksia ja yleisö-WC-tiloissa. Suihkuina käytetään termostaattisia sekoittajia. Vesikalusteet on listattu mallihuoneeseen toteutussuunnitelmatasoisesti.



Kuva 10. Mallihuoneen ilmanvaihtosuunnitelmat perinteisen mallin mukaisesti.

Kuvan 10 mukaisesti ilmanvaihtojärjestelmässä mallihuoneissa on yksi tuloilmalaite ja kaksi poistoilmaventtiiliä. Päätelaitteina käytetään pääasiassa sekoittavaan ilmanjakotapaan perustuvia pääte-elimiiä. Ilmamääräksi on laskettu 30 l/s, josta vessan likaisen poiston kautta poistuu 20 l/s ja mallihuoneen poistoilmaventtiin kautta 10 l/s. Mallihuoneen tulo- ja poistoilmakanavaan on lisätty äänenvaimentimet. Mallihuoneiden tuloilmakanavat on myös varustettu takaisinvirtauksen estävin virtaussuojin.

5 Tulokset ja huomiot

5.1 Yleistä

Alkuvuodesta 2020 urakoitsijat saivat laskentaan kevennetyn mallin suunnitelmat laskentaohjeineen. Tämän jälkeen teimme perinteisen mallin toteutuskuvat, jotka urakoitsijat saivat laskentaan kesällä 2020. Suurin osa tuloksista saatiin loppukesästä, ja ne on tässä luvussa eritelty sillä tarkkuudella, millä urakoitsijat ovat ne meille toimittaneet. Tästä syystä tulosten erittelyt urakoitsijoiden kesken vaihtelevat eivätkä ole vertailukelpoisia keskenään.

5.2 Urakoitsija A

Molempien toimintamallin laskentatulokset ja huomiot saatiin urakoitsijalta järjestelmäkohtaisella jaottelulla, ja ne on tässä työssä eritelty taulukoihin 1 ja 2 sekä omien alaotikoiden alle.

Taulukko 1. Toimintamallien välinen hintaero prosentteina (LV).

Toimintamallien välinen ero prosentteina, LV

Lämpö	-19 %
Vesi	17 %
Viemärit	27 %
Jäähdytys	22 %
Lattialämmitys	0 %
Puhallinkonvektorit	0 %
Säteilylämmitin	-9 %
Vesi- ja viemärikalusteet	22 %
Yhteensä	12 %

Taulukon 1 mukaan voidaan huomata, että lämmitys-, jäähdytys-, käyttövesi- ja viemärijärjestelmistä urakoitsija on päässyt 12 % tarkkuuteen toimintamallien välillä.

Taulukko 2. Toimintamallien välinen hintaero prosentteina (IV).

Toimintamallien välinen ero prosentteina, IV

Pyöreät kanavat ja osat	10 %
IV-kone kammiot	0 %
Tulo- ja poistoventtiilit	-3 %
Palopellit	-33 %
Äänenvaimentimet	-33 %
Säätöpellit	-900 %
Ilmamääräsäätimet	-100 %
Ilmanvaihtokoneet	0 %
Savunrajoittimet	0 %
Mittaus- ja säätötyöt	-33 %
Eristys	-175 %
Yhteensä	-17 %

Taulukon 2 mukaan voidaan huomata, että ilmanvaihtojärjestelmässä urakoitsija on päässyt 17 % tarkkuuteen toimintamallien välillä. Eroja avataan perusteellisemmin luvussa 6.

5.2.1 Kevennetty toimintamalli

Huomioita urakkalaskijalta tuli muun muassa siitä, onko LVI-määrälaskenta perusteissa eli laskentaohjeessa huomioitu riittävä määrä metriä päätelaitetta kohden, jotta se myös

riittäisi lähtökauluksiin ja muuntoyhteisiin. Tämän lisäksi huomioita tuli yleisistä asiakirjoista, joissa oli ollut ristiriitoja. Esimerkiksi työselityksessä oli maininta ilmamääräsäätimistä, mutta laskentaohjeesta nämä puuttuivat kokonaan. Urakoitsija oli laskennassa huomionnut 4 kappaletta ilmamääräsäätimiä runkokanaviin. Laskentaohjeessa oli myös maininta savunhallintapelleistä, mutta työselostuksessa kerrottiin savukaasupelleistä. Urakoitsija oli päättänyt tehdä laskennan takaisinvirtaussuojilla. On kuitenkin huomiotava se, että vaikka suunnittelumateriaalissa on ollut ristiriitoja, tämä ei kuitenkaan varsinaisesti vaikuta siihen, mitä tässä työssä tutkitaan.

Lämmitys-, jäähdytys-, käyttövesi- ja viemärijärjestelmistä urakkalaskijalta tuli huomioina muun muassa se, että myös pesualtaat voitaisiin jatkossa määritellä. Tehotietoihin laiteluettelossa on kiinnitettävä jatkossa huomiota enemmän sekä pitää se myös ajan tasalla suunnitelmien muuttuessa. Vesijohtorungot oli laskettu kuparilla, mutta urakoitsija oli päättänyt laskea hanoille menevät putket PEX-putkena. Jatkossa olisi hyvä myös lisätä laskentaohjeeseen maininta siitä, että lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän putkimetrit laitteille tarkoittavat kokonaismetrejä yhteensä eikä menoa ja paluuta erikseen, koska metrimääriin vaikuttaa huomattavasti se, kummalla tavalla lasketaan.

Putkipuolen laskelmista oli myös urakoitsijan puolesta jätetty laskematta sprinkleri- ja sairaalakaasujärjestelmät. Yleisenä huomiona laskijoilta oli tullut, että toimintamalli nykytilanteessa ei nopeuta laskemista ja laskentaohjetta täytyisi täsmentää, jotta täsmällinen hinta kohteesta saataisiin lasketuksi, koska tällä hetkellä liikaa tietoa jää avoimeksi.

Tulevaisuudessa laskentaohjetta kehittäessä täytyy ottaa huomioon mahdolliset ristiriidat, jotta mahdolliset isommat erot saataisiin poistettua.

5.2.2 Perinteinen toimintamalli

Ilmanvaihtojärjestelmän perinteisen toimintamallin tuloksista voidaan heti huomata, että ilmamääräsäätimiä ei ole hinnoiteltu ollenkaan. Kevennetyssä mallissa ilmamääräsäätimiä oli huomioitu neljä kappaletta runkoihin, mutta nämä ovat jääneet perinteisen mallin piirustuksista, koska niille ei tässä pilottihankkeessa ollut tarvetta. Muita isoja eroja oli säätöpelleissä sekä eristyksessä, joita käydään tarkemmin läpi luvussa 6. Ilmanvaihtojärjestelmän laskijoilta ei tullut perinteisestä mallista uusia huomioita.

Lämmitys-, käyttövesi- ja viemärijärjestelmien laskijoilta saatiin myös huomioita ja kommentteja perinteisestä toimintamallista. Perinteisen toimintamallin kuvista on laskettu vain suunnitellut vesijohdot, viemärit sekä lämmitys- ja jäähdytysputket. Laskelmat eivät siis sisällä sairaalakaasuja, rakennusautomaatiota eikä sprinkleriä. Tämän lisäksi kondenssivesiviemäreitä ei ollut mukana laskelmissa. Ilmanvaihtokoneilta puuttuivat LTO-putket sekä IV-konehuoneen laskelmissa laskettu pelkkä nousu.

Yleisenä kommenttina laskijat kertoivat, että perinteisen toimintamallin laskeminen oli nopeampaa kuin kevennetyn mallin, koska massat saatiin nopeammin ja tarkemmin. Hankkeen tarkoituksena kuitenkin on ollut nopeuttaa suunnitteluun vievää aikaa tarjouslaskennan sijaan ja tämän avulla mahdollisesti välttää lisä- ja muutostöiden tarve sekä suunnitteluhukan välttäminen. Tulevaisuudessa kun laskentatapaa saadaan kehitettyä ja urakoitsijat tottuvat laskemaan hieman toisella tavalla, laskenta saadaan sujumaan varmasti nopeammin.

5.3 Urakoitsija B

5.3.1 Kevennetty toimintamalli

Kevennetyn toimintamallin laskentatulokset ja huomiot saatiin urakoitsijalta järjestelmäkohtaisella jaottelulla, ja ne on tässä työssä jaoteltu saman alaotsikon alle. Urakoitsijalta saatiin pääsääntöisesti vain järjestelmien kokonaishinta sekä laskentakuvaukset.

Ilmanvaihtojärjestelmän kokonaishinnaksi kevennyksessä mallissa urakoitsija oli laskenut 260 000 €. Laskentakuvauksena saatiin urakoitsijalta muun muassa seuraavat asiat:

- IV-koneet on laskettu glykolilämmöntalteenotolla.
- TK08-palvelualueeksi on huomioitu vain muuttuvat tilat. TK07-palvelualueeksi on huomioitu kiinteät tilat.
- Porrashuoneiden ilmanvaihtoa ei ole huomioitu.
- Erillispoistoja ei ole huomioitu.
- Kiinteiden tilojen runkokanavat on arvioitu kokemusperäisesti tasokuvasta.
- Tuloilmakanavien eristys on laskettu 13 mm:n solukumilla. Haarakanavat eristämättä. Poistoilmakanavia ei ole eristetty.

- Takaisinvirtauksen estävät virtaussuojat on huomioitu ainoastaan mallihuoneiden tuloilmakanaviin.
- Palopeltejä on huomioitu neljä kappaletta IV-konehuoneen seinään.
- Laskentaohje oli laskijan mielestä todella hyvä.

Lämmitys-, jäähdytys-, käyttövesi- ja viemärijärjestelmien kokonaishinnaksi kevennetyssä mallissa urakoitsija oli laskenut 239 688 €. Laskentakuvauksena saatiin urakoitsijalta muun muassa seuraavat asiat:

- On huomioitu huoneiden lämmitys säteilypaneeleilla.
- Mallihuoneiden WC-tiloihin lattialämmitys.
- Lattialämmityksen jakotukkikaappeja ei ole huomioitu.
- Venttiilien määrät on arvioitu kokemuseräisesti.
- Mallihuoneiden jäähdytys on toteutettu säteilypaneeleilla. Yleisten tilojen jäähdytys ilmanvaihdon kautta.
- Sähkö- ja teletiloihin on laskettu puhallinkonvektorit.
- Konehuoneen työt on arvioitu kokemuseräisesti.
- Glykolilämmöntalteenottoa ei ole huomioitu.
- Toimilaitteellisia venttiileitä ei ole huomioitu.
- Lämmityksen eristykseen on käytetty Ac23:a ja jäähdytyksen eristykseenä Ef13:a.
- Pesualtaita ei ole huomioitu.
- Viemärien materiaalina on dB, erillistä äänieristystä ei ole huomioitu.
- Lämpimän käyttöveden eristykseenä on käytetty Ac23:a ja kylmän käyttöveden eristykseenä käytetty Ac21K:ta.

5.3.2 Perinteinen toimintamalli

Perinteisen toimintamallin laskentatulokset ja huomiot saatiin urakoitsijalta järjestelmäkohtaisella jaottelulla, ja ne on tässä työssä jaoteltu saman alaotsikon alle. Urakoitsijalta saatiin pääsääntöisesti vain järjestelmien kokonaishinta sekä laskentakuvaukset.

Ilmanvaihtojärjestelmän kokonaishinnaksi perinteisessä mallissa urakoitsija oli laskenut 230 000 €. Laskentakuvauksessa oli muutama ero verrattuna kevennetyn toimintamallin laskentakuvaukseen:

- TK07:n palvelualueena oli koko urakka-alue.
- TK08 on huomioitu asennettavana varauksena tasokuvan mukaisesti.
- Kohdepoiston runkohanava on huomioitu asennettavan varauksena tasokuvan mukaisesti.

Lämmitys-, jäähdytys-, käyttövesi- ja viemärijärjestelmien kokonaishinnaksi kevennetyssä mallissa urakoitsija oli laskenut 235 786 €. Laskentakuvauksessa oli muutama ero verrattuna kevennetyn toimintamallin laskentakuvaukseen.

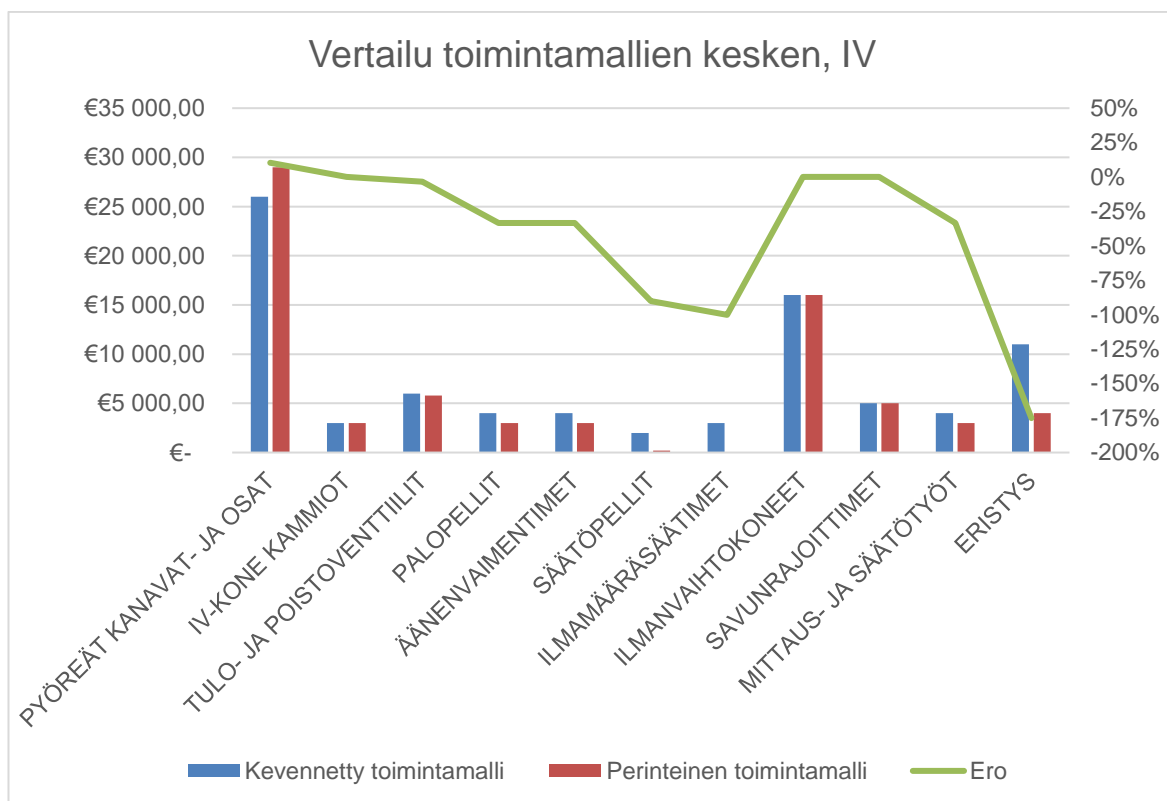
- Viemärien materiaalina oli muovi, mahdollista äänieristystä ei huomioitu.
- Mahdollisia ylempää kerrosta palvelevia viemäreitä ei huomioitu, mutta kerroksen läpi menevät nousuputket on huomioitu.

6 Vertailu

6.1 Urakoitsija A

6.1.1 IV

Ilmanvaihtojärjestelmässä kevennetyn toimintamallin kokonaishinnaksi tuli 84 000 € ja neliöhinnaksi 61 €/m². Perinteisen toimintamallin kokonaishinnaksi tuli 72 000 € ja neliöhinnaksi 52 €/m². Toimintamallien hintaeroksi saatiin näin 12 000 €, eli kevennetty malli oli noin 17 % kalliimpi perinteiseen toimintamalliin verrattuna. Kuvassa 11 on eritelty tarkempi hintavertailu toimintamallien välillä.



Kuva 11. Ilmanvaihdon vertailu toimintamallien kesken

Kuten kuvasta 11 voidaan huomata suurin ero toimintamallien välillä tuli kanavien eristyksestä, joka oli kevennetyssä mallissa laskettu aiheuttavan 11 000 €:n kulut, mutta perinteisessä mallissa vain 4 000 € kulut. Kevennetyn mallin eriste oli siis perinteistä mallia noin 175 % kalliimpi. Tämä ero on johtunut pääsääntöisesti ristiriidasta työselostuksen ja perinteisen toimintamallin suunnitelmien välillä. Työselostuksessa on ollut maininta siitä, että tulokanavat eristetään solukumilla mutta suunnitelmiin oli mallinnettu eri eriste ja sen lisäksi tuloilmakanavien haarat olivat eristämättä.

Prosentuaalisesti suurin lasku toimintamallien välillä tuli säätöpelteistä, joiden hinnaksi oli kevennetyssä mallissa arvioitu 2 000 € ja perinteisessä mallissa 200 €, hinta siis laski 900 %. Tämä ero on tullut siitä, että referenssikohteessa on ollut säätöpeltejä myös haaroissa mutta laskentakohteessa säätöpellit tulivat vain runkokanavien lähtöihin.

Palopeltien, äänenvaimentimien sekä mittaus- ja säätötöiden on kevennetyssä toimintamallissa laskettu kustantavan 4 000 €. Perinteisessä toimintamallissa näiden on laskettu kustantavan 3 000 €. Toimintamallien välillä hinta siis laski noin 33 %.

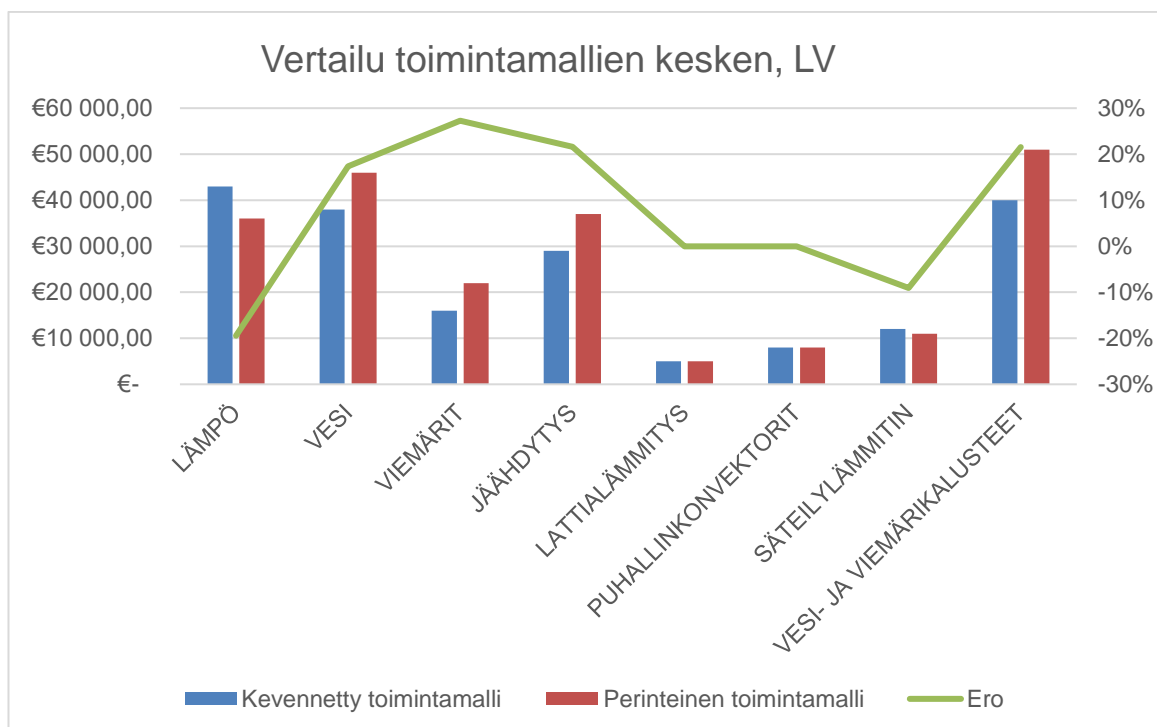
Ilmamääräsäätimien kustannus oli arvioitu kevennetyissä toimintamallissa työselostuksen mukaisesti niin, että neljä kappaletta oli sijoitettu runkokanaviin ja niiden hinnaksi oli laskettu 3 000 €. Tämä ero johtui siitä, että perinteisen toimintamallin kuvista nämä puutuivat, joten niitä ei ole myöskään silloin laskettu olevan yhtään kappaletta kyseisessä toimintamallissa.

Tulo- ja poistoilmaventtiileissä päästiin jo alle 10 %:n eroihin. Kevennetyissä toimintamallissa hinnaksi oli arvioitu 6 000 € ja perinteisessä toimintamallissa 5 800 €. Hinta siis laski vain 3 % toimintamallien välillä. Metrimäärissä päästiin myös hyviin lopputuloksiin, kevennetyissä mallissa pyöreiden kanavien ja osien hinnaksi oli laskettu 26 000 € ja perinteisessä mallissa 29 000 €. Toimintamalleja verratessa laskua tuli noin 10 %, joten metrimäärissä päästiin jo pelkän laskentaohjeen avulla lähelle tarkkaa hintaa. Tämä ero on johtunut siitä, että likaisen poiston runkokanavaa ei ollut huomioitu kevennetyn mallin laskelmissa.

Toimintamallien välillä päästiin myös 0 %:n eroihin IV-koneiden kammioissa, ilmanvaihtokoneissa sekä savunrajoittimissa. Nämä on kuitenkin laskettu työselostuksen perusteella.

6.1.2 LV

Lämmitys-, jäähdytys-, käyttövesi- ja viemärijärjestelmissä kevennetyn toimintamallin kokonaishinnaksi tuli 191 000 € ja neliöhinnaksi 138 €/m². Perinteisen toimintamallin kokonaishinnaksi tuli 216 000 € ja neliöhinnaksi 156 €/m². Toimintamallien hintaeroksi saatiin näin 25 000 €, eli kevennetty malli oli laskettu noin 12 % halvemmaksi perinteiseen toimintamalliin verrattuna. Kuvassa 12 on eritelty tarkempi hintavertailu toimintamallien välillä.



Kuva 12. LV-järjestelmien vertailu toimintamallien kesken.

Kuten kuvasta 12 voidaan huomata, suurin ero toimintamallien välillä tuli viemäreistä, jossa kevennetyn toimintamallin lasketuksi hinnaksi saatiin 16 000 € ja perinteisen toimintamallin hinnaksi saatiin 22 000 €. Hinta siis nousi 27 % verrattuna kevennettyyn toimintamalliin. Viemäreistä kuitenkin oli jätetty pois kondenssivesi, mikä on saattanut vaikuttaa lopulliseen laskentaan.

Jäähdytyksen hinnaksi oli kevennetyissä toimintamallissa laskettu 29 000 € ja perinteisessä toimintamallissa 37 000 €. Hinta siis nousi noin 22 % verrattuna kevennettyyn toimintamalliin. Lämmitysputkien hinnaksi kevennetyissä mallissa laskettiin 43 000 € ja perinteisessä mallissa 36 000 €. Hinta siis laski noin 19 % verrattuna kevennettyyn malliin. Tämä eron voi osittain molemmissa selittää sillä, että ilmanvaihtokoneille ei ole laskettu lämmöntalteenoton putkia ja että IV-konehuoneesta on laskettu pelkkä nousu. Tämän lisäksi putkikoissa on mahdollisesti ollut eroja.

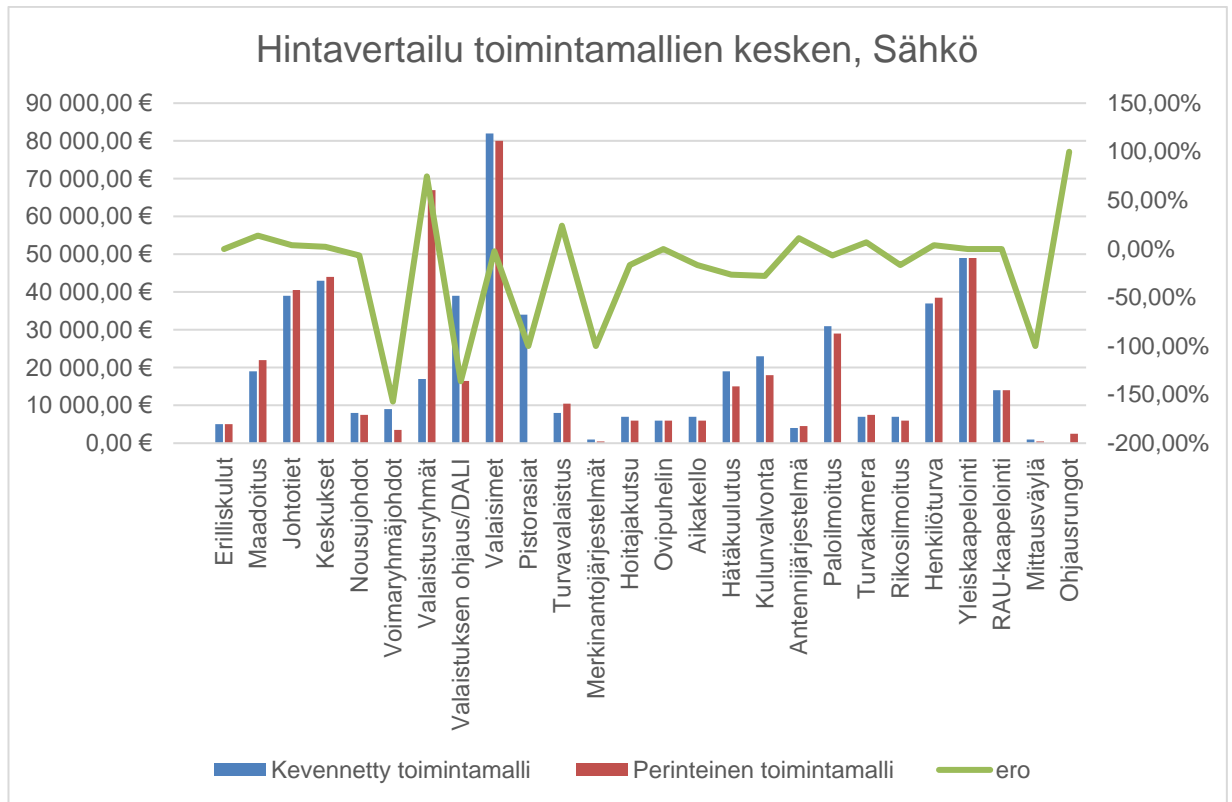
Vesi- ja viemärikalusteiden hinnaksi oli laskettu kevennetyssä toimintamallissa 40 000 € ja perinteisessä toimintamallissa 51 000 €. Hinta siis nousi tämänkin kohdalla 22 % verrattuna kevennettyyn toimintamalliin. Ero toimintamallien välillä johtuu osaltaan siitä, että pesualtaita ja vesilukkoja ei ollut mukana laskennassa.

Alle 20 %:n muutokseen päästiin käyttövesiputkissa, joiden hinnaksi kevennetyssä mallissa oli laskettu 38 000 € ja perinteisessä mallissa 46 000 €. Hinta nousi kevennettyyn malliin verrattuna 17 %. Tämä ero on osaltaan johtunut siitä, että urakoitsija on kevennetyssä mallissa laskenut hanoille PEX-putket, mutta perinteisessä mallissa hanoille on mallinnettu pintavetoina kupariputket.

Alle 10 %:n muutokseen päästiin säteilylämmittimissä, joiden hinnaksi kevennetyssä mallissa oli arvioitu 12 000 € ja perinteisessä mallissa 11 000 €. Hinta siis laskee noin 9 % verrattuna kevennettyyn malliin. Lattialämmityksen hinnaksi oli molemmissa toimintamalleissa laskettu 5 000 €, joten muutosprosentiksi jäi 0 %. Puhallinkonvektorien hinnaksi oli molemmissa toimintamalleissa laskettu 8 000 €, joten näidenkin muutosprosentiksi jäi 0 %.

6.1.3 Sähkö

Vaikka tämän työn tarkoituksena on ollut tutkia kevennetyn toimintamallin hyötyjä LVI-järjestelmien näkökulmasta, on hyvä myös hieman sivuuttaa sähköjärjestelmien tuloksia. Sähköjärjestelmissä kevennetyn toimintamallin kokonaishinnaksi tuli 516 000 € ja perinteisen toimintamallin kokonaishinnaksi tuli 499 500 €. Toimintamallien hintaeroksi saatiin näin 16500 € eli kevennetty malli oli laskettu vain noin 3 % kalliimmaksi perinteiseen toimintamalliin verrattuna. Kuvassa 13 on eritelty tarkempi hintavertailu toimintamallien välillä.



Kuva 13. Sähköjärjestelmien hintavertailu toimintamallien kesken.

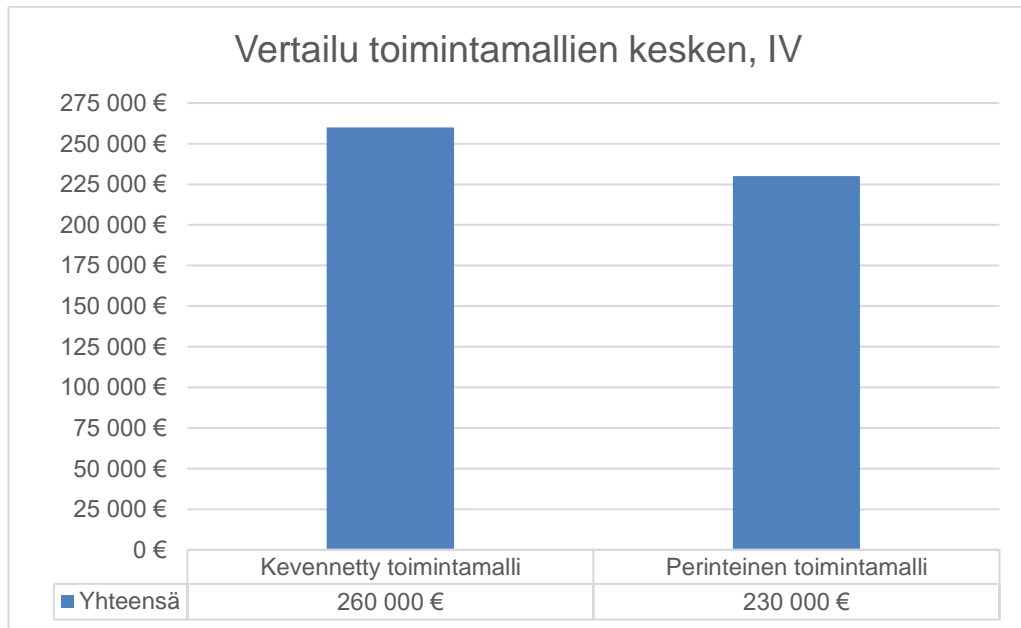
Sähköjärjestelmien erot toimintamallien väleillä johtuvat suureksi osaksi siitä, että kevennetyn ja perinteisen toimintamallin kustannusjako ei ole ollut täysin sama. Sähkön määrien arvaaminen siis onnistuu kohtalaisen hyvin, kunhan periaateratkaisut on sovittu jo projektin aikaisessa vaiheessa ja periaatteita ei muuteta suunnittelun edetessä. Sähkön osalta on myös jo aikaisemmin testattu kevennettyä mallia.

6.2 Urakoitsija B

6.2.1 IV

Ilmanvaihtojärjestelmässä kevennetyn toimintamallin kokonaishinnaksi tuli 260 000 € ja neliöhinnaksi 188 €/m². Perinteisen toimintamallin kokonaishinnaksi tuli 230 000 € ja neliöhinnaksi 166 €/m². Toimintamallien hintaeroksi saatiin näin 30 000 € eli kevennetty

toimintamalli oli laskettu noin 13 % kalliimmaksi perinteiseen toimintamalliin verrattuna kuten voi huomata kuvasta 14.



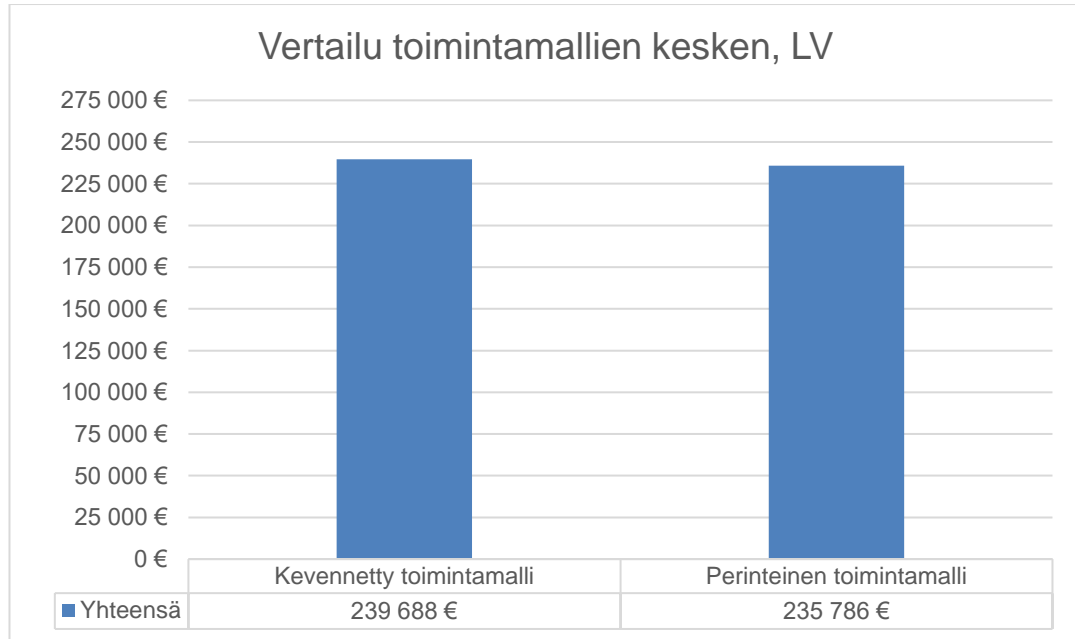
Kuva 14. IV-järjestelmän vertailu toimintamallien kesken.

Urakoitsijan kanssa pidetyssä palautepalaverissa keskusteltiin, mistä erot mahdollisesti johtuivat ilmanvaihdon osalta. Selvisi, että kevennetyn toimintamallin kuvissa oli ollut risiiriä ilmanvaihtokoneiden kanssa. Kevennetyssä toimintamallissa ovat olleet virheellisesti TK07:n palvelualueena muuttuvat tilat ja TK08:n palvelualueena kiinteät tilat. Perinteisessä toimintamallissa TK07:n palvelualueena ovat olleet kaikki tilat, mikä oli tarkoituskin. Kustannuslaskijan mukaan tämä selittää noin 75 % eroista toimintamallien välillä.

Loput 25 % eroista selittyvät sillä, että savupeltien määrä laski vaiheiden välissä puoleen ja tuloilmakanavien eristyksen kanssa oli ollut laskennan puolelta metrimäärien kanssa eroja. Eristystä tuleva ero on tulevaisuudessa helposti korjattavissa laskentaohjeeseen lisäämällä eristetyille kanavalle oman metrimäärän päätelaitetta kohden. Savu- ja säätöpeltien erot voidaan korjata huomioimalla projektikohtaiset asiat sillä tavalla, että periaateratkaisut on sovittu jo projektin aikaisessa vaiheessa ja periaatteita ei muuteta suunnittelun edetessä. Näihin on myös kiinnitettävä erityistä huomiota laskentaohjetta tehdessä.

6.2.2 LV

Lämmitys-, jäähdytys-, käyttövesi- ja viemärijärjestelmissä kevennetyn toimintamallin kokonaishinnaksi tuli 239 688 € ja neliöhinnaksi 173 €/m². Perinteisen toimintamallin kokonaishinnaksi tuli 235 786 € ja neliöhinnaksi 170 €/m². Toimintamallien hintaeroksi saatiin näin 3 902 € eli kevennetty malli oli laskettu noin 2 % kalliimmaksi perinteiseen toimintamalliin verrattuna.



Kuva 15. LV-järjestelmien vertailu toimintamallien kesken.

Kuvasta 15 voidaan huomata, että lämmitys-, jäähdytys-, käyttövesi- ja viemärijärjestelmissä erot toimintamallien välillä olivat vain 2 %, joten kevennettyä toimintamallia voidaan pitää hyvinkin onnistuneena kokeiluna. Erot tulivat pääsääntöisesti kiinteiden tilojen laitteistosta. Urakoitsijan kanssa pidetyssä palautepalaverissa selvisi, että työtunteja tuli noin 7 % enemmän kevennetyn toimintamallin laskennassa, joten työmääräkään ei juurikaan noussut tässä kokeilussa.

7 Yhteenveto

Insinööriyön tarkoituksena oli vertailla kahta eri toimintamallia projektinjohtourakoinnin urakkalaskentavaiheessa, jotta voitaisiin selvittää, pystytäänkö taloteknisiä suunnitelmia tehdä niin sanotusti kevennetysti ja näin ollen säästää aikaa ja rahaa kohteen taloteknisen suunnittelun alkuvaiheessa ja myös välttää turhaa suunnittelua ja suunnitteluhukkaa. Lopuksi työssä raportoitiin tulokset jokaisen järjestelmän kohdalta ja vertailtiin toimintamalleja keskenään.

Työn tulokset olivat vaihtelevia, mutta jokaisen järjestelmän kohdalta päästiin alle 20 prosentin eroavaisuuteen toimintamallien välillä. Urakoitsija A:n kohdalla toimintamallien väliseksi eroksi tuli yli 10 % ilmanvaihto- ja putkijärjestelmien tuloksissa, mutta suurin osa eroista oli helposti selitettävissä ja korjattavissa. Urakoitsija B:n kohdalla toimintamallien väliseksi eroksi saatiin LV-järjestelmien osalta 2 % ja IV-järjestelmän eroksi saatiin 13 %. Tulokset eivät kuitenkaan olleet kaukana tarkasta tuloksesta, kun otetaan huomioon, että ero johtui ristiriidasta materiaalissa. Vaikka työn tarkoituksena oli käydä läpi toimintamallien tulokset LVI-järjestelmien näkökulmasta, myös sähköä sivuutettiin hetkellisesti. Sähköjärjestelmien tulokset olivat todella lähellä toisiaan, ja eroa jäikin vain kolmen prosentin verran. Sähkön osalta kevennettyä mallia on kuitenkin testattu jo aiemminkin.

Laskentaohjeesta saatiin laskijoilta pääsääntöisesti kehuja, mutta myös palautetta tuli siitä, että laskentaohje ei nopeuta tarjouslaskijoiden työn määrää. Hankkeen tarkoituksena kuitenkin on ollut nopeuttaa suunnitteluun vievää aikaa tarjouslaskennan sijaan ja tämän avulla mahdollisesti välttää lisä- ja muutostöiden tarve sekä suunnitteluhukan välttäminen.

Työn tuloksia voidaan pitää onnistuneina. Tulevaisuuden hankkeissa suunnittelumateriaalia luotaessa on kuitenkin kiinnitettävä erityistä huomiota projektikohtaisiin asioihin, jotta ristiriidoista ja isoimmista eroista päästäisiin eroon. Laskentaohjeeseen olisi hyvä tulevaisuudessa saada muun muassa eristetylle ilmavaihtokanavalle oma osionsa. Projektikohtaisesti on kiinnitettävä jatkossa erityistä huomiota muun muassa panostamalla enemmän laite- ja vesikalusteluetteluun, jotta välttyttäisiin ristiriidoilta, sekä tarkistettava,

että referenssikohteen säätö- ja savupellit vastaavat laskentakohteen sovittuja periaate-
ratkaisuja. Myös ilmanvaihtokoneiden säätökaavioita olisi hyvä verrata laiteluetteloon
merkittyihin koneisiin.

Tämä työ oli vasta pintaraapaisu annetusta aiheesta, ja kyseessä oli ensimmäinen kerta,
kun kyseistä toimintamallia on käytetty LVI-järjestelmien kustannusten arvioinnissa. Tu-
levaisuudessa kevennetyllä toimintamallilla voidaan päästä kiinni hankkeen todellisiin
hintoihin, eli tästä voidaan varmasti kehittää hyvinkin toimiva ratkaisu alkuvaiheen LVI-
suunnittelua, kustannuslaskentaa sekä urakoitsijavalintaa varten.

Lähteet

- 1 Junnonen, Juha-Matti; Kankainen, Jouko. 2017. Rakennuttaminen. Rakennustieto Oy.
- 2 Projektinjohtototeutuksen riskienhallinta. 2012. RT 10-11081 -ohjekortti. Rakennustieto Oy. Rakennustietosäätiö.
- 3 Rakennushankkeen kustannushallinta. 2018. Talonrakennusteollisuus ry; Rakennustietosäätiö. Rakennustieto Oy.
- 4 Haahtela, Yrjänä; Kiiras, Juhani. 2015. Talonrakennuksen kustannustieto. Helsinki. Haahtela-kehitys Oy.
- 5 Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 4. Talotekninen suunnittelu. Verkkoaineisto. BuildingSMART Finland. <https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_4_tate.pdf>. Luettu 9.4.2020.
- 6 Taloteknisten määräluetteloiden pilotointi rakennusprojekteissa loppuraportti. Verkkoaineisto. BuildingSMART Finland. <https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/12/bsf_tatepilotointi_loppuraportti2017.pdf>. Luettu 14.4.2020.
- 7 Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 4. Talotekninen suunnittelu. Määrälaskennan prosessiohje. Verkkoaineisto. BuildingSMART Finland. <https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YTV2012_Taydentava_liite_TATE_Prosessiohje.pdf>. Luettu 9.4.2020.
- 8 Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 7. Määrälaskenta. Verkkoaineisto. BuildingSMART Finland. <https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_7_maaralaskenta.pdf>. Luettu 15.4.2020.