

Anssi Poikonen

Kerrostalon laskentamalli

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Insinöörityö

03.02.2014

Tekijä Otsikko	Anssi Poikonen Kerrostalon laskentamalli
Sivumäärä Aika	50 sivua 03.02.2014
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Voimasähkö
Ohjaajat	Yliopettaja Osmo Massinen Asuntotuotantopäällikkö Janne Levävaara
<p>Insinööriyön aiheena oli tutkia ja luoda tilastoihin perustuvia paketteja, joita voidaan hyödyntää kerrostalokohteiden tarjouslaskennassa. Työssä pyrittiin keskittymään materiaalihinnointeluun eikä työhinnointeluun oteta kantaa.</p> <p>Paketit ovat urakoitsijan tarjouslaskentaohjelmaan luotuja isompia kokonaisuuksia, jotka syntyvät esimerkiksi huoneistojen sisällä kalusteesta, syöttävästä kaapeleista ja niiden asennukseen tarvittavista materiaaleista. Näin laskelmaan voidaan syöttää tietoa kohteesta nopeammin.</p> <p>Käytännön esimerkki tästä olisi huoneiston laskeminen, jossa pelkällä kalusteiden määrittämisellä voidaan paketteihin perustuva laskelmaa käyttäen määrittämään kalusteiden lukumäärän lisäksi huoneistoon tulevat kaapelit ja asennuksiin tarvittavat materiaalit. Tällä säästetään huomattavasti aikaa laskennassa, koska kaikkia eri osa-alueita ei tarvitse käsitellä erikseen. Laskelmassa säästetyn ajan lisäksi nopeutuu myös tarjouksen syöttäminen laskentaohjelmaan, missä sen sijaan että kaikki osat syötettäisiin erikseen päästään samaan lopputulokseen syöttämällä pienempi lukumäärä valmiita paketteja.</p> <p>Työssä tutkittiin kahden eri mallikohteen sähköurakkaan kuuluvia osia. Tämän lisäksi hyödynnettiin käytössä olevia laskentaperiaatteita ja laskentaohjelmasta saatuja tietoja.</p> <p>Insinööriyön tuloksena saatiin aikaan mallikohteisiin pohjautuva tilasto, jonka perusteella voidaan luoda Aro-Systems Oy:n tarjouslaskennassa käytettyyn ohjelmaan pakettitietokanta, jota voidaan käyttää hyväksi kerrostalokohteita laskettaessa.</p>	
Avainsanat	Tarjouslaskenta, Sähköurakointi, Kerrostalo

Author Title	Anssi Poikonen Calculation Model for an Apartment House
Number of Pages Date	50 pages 3 February 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructors	Osmo Massinen, Senior Lecturer Janne Levävaara, Apartment Production Manager
<p>The objective of this thesis was to research and create statistics that could be used to create packages, which can be used for offer calculations in apartment building constructions.</p> <p>The package is a larger set that consists of electrical fitting, wire and materials needed for installation. This way it is possible to input more information at once.</p> <p>An example of this in practice could be calculating an apartment just by counting all of the units inside using packages. This way, in addition to the units, one can also input all of the wire and materials needed for the installation. This saves time in gathering the information and inputting the collected data into the calculation program. Before it was necessary to input everything separately, whereas now it is possible just to add the correct amount of packages.</p> <p>In this thesis, two example apartment buildings were used to explore different portions of electrical contract. In addition, the calculation principles in use and the information from the calculation program were used to design the packages.</p> <p>As a result from this thesis, the packages that could be used in the calculation of an apartment building were added to Sähkö-Aro Oy's calculation program.</p>	
Keywords	Offer calculation, Electrical contracting, Apartment house

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Kerrostalon laskentamalli	2
2.1	Lähtökohta	2
2.2	Lähestymistapa	2
2.3	Testaaminen	2
3	Asuntojen laskenta	3
3.1	Asuinkohteen laskenta	3
3.2	Asuntojen rajaaminen	4
3.3	Asuntojen kalusteet	5
3.4	Asuntojen kaapelit	6
4	Vertailu huonepohjaiseen laskentaan	8
5	Pakettien luominen asuntoihin	9
5.1	Pistorasiat	9
5.1.1	Kuivatilan pistorasiat	10
5.1.2	Kosteatilan pistorasiat	11
5.2	Kytkimet	12
5.2.1	Kuivatilan kytkimet	12
5.2.2	Kosteatilan kytkimet	12
5.3	Antenni- ja tietoverkkokaapelointi	13
5.4	Asuntojen valaisimet	16
5.4.1	Pistorasialla varustettu valaisinpiste	16
5.4.2	Kiinteä valaisin	17
5.4.3	Muuntajalla varustetut led-valaisimet	17
5.5	Lattialämmitys	18
5.6	Asunnon muut kalusteet	19
5.6.1	Liesi	19
5.6.2	Kiuas	20
5.6.3	Jakorasiat	21
5.6.4	Palovaroitin	22
5.6.5	Ovikello	24
5.6.6	Liesituuletin	25
5.7	Erikoiskalusteet	26

6	Yleiset tilat	27
6.1	Rappukäytävät	27
6.2	Alin kerros	27
6.3	Ylemmät kerrokset	28
6.4	Vaihtoehtoinen rapun laskenta	29
6.5	Johtotiet	30
6.6	Varastotilat	30
6.7	Ulkorakennukset	31
7	Nousujohtot	32
7.1	Liittymiskaapeli	32
7.2	Keskusten väliset syötöt	32
8	Telekaapelit	34
8.1	Tietoverkkokaapelointi	34
8.2	Antennikaapelit	35
8.3	Vaihtoehtoinen pakettien luominen	35
9	Maadoitus	36
10	Voimaryhmät	38
11	Valaisimet	38
12	Sulanapito	39
13	Ovipuhelin	39
14	Turvajärjestelmät	40
15	Savunpoisto	42
16	Rakennusautomaatio	42
17	Autohallit	43
18	Pakettien luonti laskentaohjelmaan	44
19	Tietokoneavusteinen laskenta	44
20	Riskitarkastelu	45
21	Jatkotoimenpiteet	46

22 Yhteenveto

48

Lähteet

50

1 Johdanto

Insinööriytyö tehtiin Aro-Systems Oy:n toimeksiantona. Työn tarkoituksena oli luoda tarjouslaskentaa varten kerrostalokohdetta helpottavia laskentapakettikokonaisuuksia. Pakettien tavoitteena on nopeuttaa ja helpottaa laskentaprosessia sekä saada aikaan tarjous, joka on kilpailukykyinen ilman että laskennassa syntyy suuria riskejä. Työssä käsitellään ainoastaan materiaalin laskentaa eikä huomioida asentajien palkkaosuutta.

Työssä käytettiin hyväksi Aro-Systemsin Broker Estimate -tarjouslaskentaohjelmaa sekä JCAD- ja CADS-suunnitteluohjelmia. Työssä oli myös kaksi toteutusvaiheessa olevaa Sähkö-Aron sähköurakkaa, joita käytettiin malleina pakettien luomisessa ja joita voidaan myöhemmin käyttää vertailukohtana pakettilaskennan tarkkuuden tarkistamisessa.

Työssä pyrittiin hyödyntämään kokemusta tarjouslaskennasta ja toteuttamaan toimeksiantajan tavoitteet pakettilaskennan käyttötavoista ja laskettavista osa-alueista. Työstä keskusteltaessa puhuttiin myös pakettilaskentaan pohjautuvan laskennan riskien arvioinnista ja insinööriytyön pohjalta tehtävistä jatkotoimenpiteistä, joilla pakettilaskennan käyttömahdollisuuksia pyrittäisiin laajentamaan. Kaikki työssä esitetyt taulukot ovat suuntaa antavia mallitaulukoita jotka eivät vastaa todellisia arvoja.

Aro-Systems Oy on talotekniikkapalveluita tarjoava yritys, joka tarjoaa kaikkia talotekniikan urakointipalveluita uudis- ja saneerauskohteissa, taloteknisiä huoltopalveluita sekä talotekniikkaan painottuvia korjausrakentamishankkeita. Aro-Systems Oy vastaa asiakkaan toiveiden mukaisesti hankkeiden suunnittelusta, toteutuksesta ja ylläpidosta.

2 Kerrostalon laskentamalli

2.1 Lähtökohta

Lähtökohtana oli luoda tilastoja eri kerrostalokohteille sekä tutkia tulosten tarkkuutta ja keskiarvoja eri kohteiden välillä ja tämän jälkeen saatujen tulosten pohjalta luoda kilpailukykyinen ja riskitön laskentamalli tavallisille kerrostalolle.

2.2 Lähestymistapa

Laskentamallien luomista lähestyttiin vanhempien, jo laskettujen ja toteutuksessa olevien kohteiden avulla. Tämän jälkeen analysoitiin saatuja laskentatuloksia, käytiin läpi laskennan pohjana käytetyt kuvat ja pyrittiin löytämään osa-alueita, joiden laskentatehokkuutta pystyttäisiin parantamaan.

Tarkempaa analyysia varten valittiin kaksi kohdetta, jotka sopivat parhaiten käyttökelpoisten tulosten saavuttamiseen. Kohteet valittiin, koska ne olivat molemmat yksinkertaisia peruserrostaloja, jotka eivät sisällä erikoisjärjestelmiä, minkä vuoksi saatuja tuloksia voitiin vertailla keskenään ilman erikoisjärjestelmien aiheuttamia muuttujia. Toinen syy oli se, että molemmat kohteet olivat insinööriyötä tehdessä rakennusvaiheessa, joten rakennuksen valmistuttua voidaan insinööriyössä saatuja tuloksia verrata alkuperäisen tarjouslaskelman lisäksi myös urakan todellisiin kustannuksiin.

2.3 Testaaminen

Kun insinööriyössä tehtävä kerrostalon laskentamalli on valmis, lasketaan sen avulla jokin oikea kohde, josta on tehty tarjouslaskelma. Näin saadaan vertailtua laskentamallin ja tarkan laskelman eroa ja voidaan päätellä, pystyttäisiinkö mallia käyttämään oikeassa kohteessa. Koska tarjouslaskelmat koostuvat pienemmistä kokonaisuuksista, voidaan näin myös havaita mahdollisia ongelmakohtia, jos tarkan laskelman ja insinööriyön mallin välillä havaitaan eroja.

3 Asuntojen laskenta

3.1 Asuinkohteen laskenta

Kerrostalon tarjoustusta laskettaessa täytyy ottaa huomioon asuntotuotannon yksikköhinnan mukainen asuntolaskelma. Tällä tarkoitetaan laskelmaa, jossa kerätään kaikki huoneiston sisällä olevat pisteet. Tämä sisältää kaiken kalusteista ja keskuksista aina mahdolliseen huoneiston sisällä olevaan ovipuhelimeen. Asuntojen pisteet on laskettava kuvasta, koska asunnoissa olevien pisteiden määrä vaikuttaa asentajalle maksettavaan urakkapalkkaan.

Laskelmasta saadaan asuntotuotannon yksikköhintaan pohjautuva hinta, joka syntyy sovittujen työehtosopimuksen hintojen perusteella. TES:n pohjalta määräytyy myös muita kustannuksia, jotka lasketaan tarjoukseen, esimerkiksi työmatkakulut. Koska insinööriyössä päätettiin keskittyä materiaalin hinnoitteluun, ei työhinnointia tai muita TES:n määäämiä kustannuksia otettu huomioon.

Tarjouslaskennasta saatava tarjous ei perustu suoraan asuntotuotannon yksikköhintaan, vaan laskentaa tekevä henkilö pyrkii urakasta saadun laskentasarjan perusteella hahmottelemaan mahdollisimman tarkan todellisen hinnan talolle. Tämä siis sisältää muun muassa tarkkojen kalustemallien ja -määrien sekä kaapelityyppien ja niiden pituuksien todellisten tukkuhintojen syöttämistä laskentaan. Lopulliseen tarjoukseen tulee lisäksi asuntohinnoittelun ulkopuolelle kuuluvia kokonaisuuksia, kuten liiketilat tai autohalli. Tarjoustusta viimeisteltäessä verrataan tarjouslaskennasta saatua tarkkaa hintaa asuntotuotannon yksikköhintaan.

Asuntotuotannon yksikköhinta otettiin työssä esille, koska sitä varten tehtävä asuntolaskelma suoritetaan joka tapauksessa, ja näin voitaisiin tätä laskelmaa pyrkiä hyödyntämään pakettilaskelmassa. Tämän perusteella insinööriyöhön asuntojen kohdalla syntyi ajatusmalli, että tuosta asuntotuotannon yksikköhinnan määrittämiseksi suoritettavasta pisteisiin pohjautuvasta laskelmasta pyrittäisiin siirtämään tilastojen ja keskiarvojen avulla mahdollisimman paljon myös muuta laskennassa tarpeellista informaatiota helposti tarjouslaskelmaan.

Pisteisiin pohjautuvaa laskentaa tukee myös se, että tietokoneavusteisista laskentaohjelmista saatavat massalistat on helppo hyödyntää pistepohjaisessa laskennassa. Tietokoneavusteisten laskentaohjelmien hyödyntäminen käydään tarkemmin läpi omana osa-alueena kappaleessa 19.

3.2 Asuntojen rajaaminen

Laskettavia kokonaisuuksia täytyy pilkkoa, jotta tarjouslaskelma pysyy selkeänä ja tarjousta laskevan henkilön lisäksi myös muut ymmärtäisivät laskelmaa. Kun kerralla ei käsitellä liian montaa asiaa, virheiden määrä pienenee ja niiden tapahtuessa on ne helpompi havaita ja korjata. Kohteisiin voi tulla myös muutoksia ja selkeä rajaaminen auttaa muutosten tekemistä laskelmaan. Tämä rajaaminen koskee kaikkia osa-alueita rakennuksessa, mutta jotta asuntojen laskentaa voidaan lähteä suorittamaan, täytyy myös asuntolaskelma rajata.

Tässä insinööriyössä katsotaan että asuntolaskelman alle syötetään kaikki asunnon pohjapiirustuksen sisällä olevat sähköasennukset asuntokeskukselta eteenpäin. Eli itse keskus ja keskukseen tehtävät kytkennät eivät kuulu asunnon alle, mutta keskukselta lähtevä kaapeli ja siinä kiinni olevat kalusteet asennuksineen kuuluvat. Jos jokin järjestelmä tulee asuntoon toista kautta eikä kulje asuntokeskuksen läpi, lasketaan se osaksi omaa järjestelmäänsä ja tuo koko järjestelmä lasketaan omana kokonaisuutena (esim. ovipuhelin).

Asuntokeskuksen yhteydessä oleva tietoverkkokaapelointi- tai antenninjakaja katsotaan tässä insinööriyössä osaksi keskusta ja se rajataan ylläolevalla tavalla. Näin ollen asunnon sisällä kulkeva telekaapeli ja rasia, johon se päättyy, kuuluvat asuntolaskennan alle. Raja kulkee jakajassa, jolloin jakaja, siinä olevat kytkennät ja sille tulevat nousukaapelit ovat oma kokonaisuutenansa.

3.3 Asuntojen kalusteet

Insinööriyössä asuntojen massojen laskenta suoritetaan asuntojen kalusteiden pohjalta. Tässä käytetään suoraan apuna asuntotuotannon yksikköhinnoittelua, johon on kerätty kaikki erilaiset pisteet, joita asunnon sisältä löytyy.

Insinööriyössä tarjouslaskennan hinta tulee koostumaan laskentaohjelmaan syötettävistä paketeista. Tätä varten täytyy siis luoda ohjelmaan järkevissä rajoissa pysyvä, mahdollisimman kattava valikoima valmiita paketteja. Kun paketit on luotu, aletaan laskentakuvista ja laskelmista keräämään tilastoja eri pakettien sisällöistä.

Näin saadaan luotua pakettikanta, jonka avulla pystytään syöttämään laskelmiin mahdollisimman paljon tietoa pelkillä yksikköhinnoittelua varten lasketuilla kalusteiden määrillä.

Esimerkiksi normaalin 2-osaisen pistorasiapaketin sisälle tulisi:

- Kaluste ja sen malli
- Asennustapa
- Kytkennät
- Kaapeli
- Kaapelin asennustavat

Tämän jälkeen luotuaan pakettiin etsittäisiin kaikki tarvittava materiaali, joka syötettäisiin pakettiin.

Taulukko 1: Yksinkertainen esimerkki laskentaohjelman paketista.

Nimitys	Määrä	Mat á netto	Työ á netto	Netto yht.
2-os uppopistorasia IP21	1,00	30,00	18,00	48,00
SP04404000 MMJ 3X1.5S O	2,00	1,00	0,50	3,00
SP04404001 MMJ 3X1.5S O+JM	3,00	1,00	1,00	6,00
SP04418000 MMJ 3X2.5S O	6,00	2,00	0,50	15,00
SP04418001 MMJ 3X2.5S O+JM	6,00	1,00	1,00	12,00
SP25203100 2-OS. PR IP21 PL JUSSI UA	1,00	7,00	5,00	12,00

Taulukon 1 pistorasiapaketti pitää sisällään kalusteen, sen asennuksen ja kytkennän. Kaapelipaketit puolestaan sisältävät saatujen tilastojen pohjalta tarvittavan määrän kaapelia ja kaapelin asennukseen tarvittavat materiaalit, joko ontelo (O) tai putki (O+JM) asennukseen. Taulukossa käytetyt määrät ja hinnat ovat kuvitteellisia.

Kun nämä paketit on luotu kaikille asunnosta löytyville pisteille ja pakettien sisään saadaan laskettua oikeat määrät kalusteita, asennuksia ja kaapelia, pystytään laskemaan kaikki, mikä sähköurakoitsijan täytyy asuntojen kohdalla ottaa huomioon tarjousta tehdessä. Tällöin siis teoriassa asuntojen hinnoitteluun ei tarvita muuta kuin asuntotuotannon yksikköhinnoittelua varten lasketut pisteet.

On huomioitava, että kaikki saadut tulokset on laskettu annettujen esimerkkitalojen pohjalta eikä voida suoraan olettaa niiden toimivan kaikkien eri asuntojen kanssa ennen kuin saatuja tuloksia on verrattu useampaan erilaiseen kohteeseen.

3.4 Asuntojen kaapelit

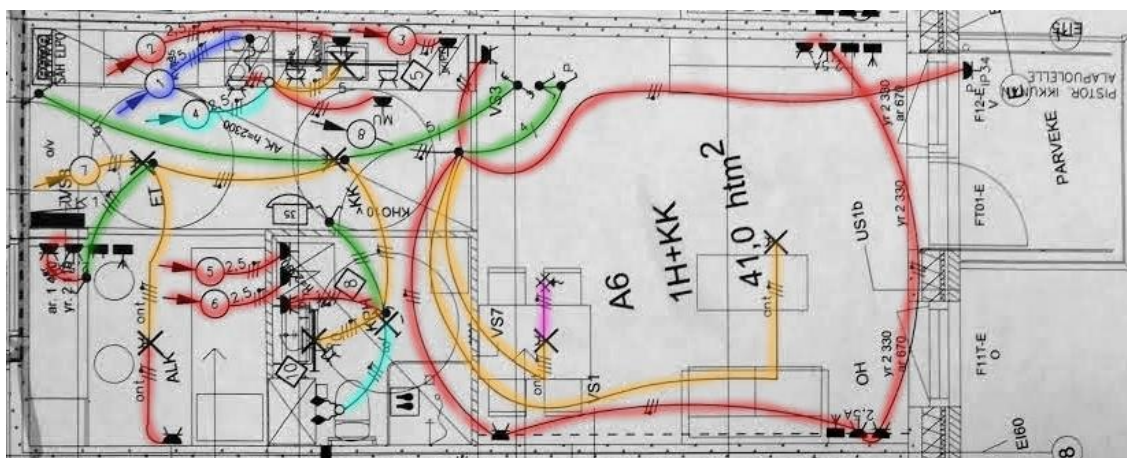
Kalusteiden määrittämisessä puhuttiin, kuinka jokaiseen pakettiin täytyy laskea tarvittava kaapeli ja sen asennustapa. Tätä varten kuvista täytyy selvittää, kuinka paljon kaapelia tarvitaan jokaista eri kalustetta kohden.

Pohjaratkaisusta riippuen jokainen kaluste on eri etäisyydellä keskuksesta ja jotta pakettipohjainen laskenta voisi toimia, täytyy laskea kaapelien pituuksien keskiarvoja erilaisista asunnoista. Keskiarvojen selvittämisessä on tärkeää tutkia, löytyykö asuntojen väliltä jokin yhteys tarvittavan kaapelin määrässä. Jos asuntojen välillä todetaan jonkin

kalusteen tarvitsevan saman verran kaapelia asunnon koosta riippumatta voidaan sen pohjalta luoda kalusteelle paketti. Jos yhteyttä ei löydy täytyy pohtia vaihtoehtoa, jossa kalusteelle luodaan useampi paketti vastaamaan erikokoisia asuntoja.

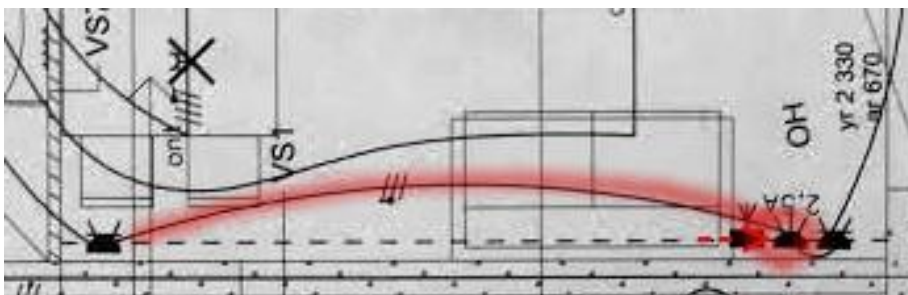
Yksinkertaisena esimerkkinä voisi olla asunto, jossa on viisi pistorasiaa, joiden kytke- miseen käytetään 20 metriä kaapelia. Tällöin pakettiin tulisi pistorasian tyyppiä vastaa- va kaluste ja neljä metriä kaapelia. Tämän jälkeen tehdään sama laskelma muille esi- merkkitaloissa esiintyville asuntotyypeille. Kun kaikista asunnoista on saatu keskiarvo pistorasian tarvitsemasta kaapelista, voidaan tuloksia verrata keskenään ja todeta, onko saatu arvio tarpeeksi tarkka, jotta sen pohjalta voidaan luoda paketti laskentaoh- jelmaan. Tämän jälkeen suoritetaan sama laskelma myös muille asunnossa esiintyville kalusteille.

Keskiarvoja varten laskettiin kahden talon kaikki eri asuntotyypit. Molemmissa asun- noissa kaapelointi oli toteutettu niin, että suurin osa asuntojen valaisimista ja pistorasi- oista haaroitettiin samasta keskuslähdestä. Tämän takia päädyttiin siihen, että paras tapa erotella eri kalusteita syöttävät kaapelit, oli laskea alla olevan kuvan tapaan kalus- te ja siitä välittömästi lähtevä kaapeli joko keskukselle, jakorasiaille tai toiselle kalusteel- le.



Kuva 1: Asunnon pohjapiirustus.

Kuvassa 1 eri kokonaisuuksiin liittyvät kaapelit on värjätty eri väreillä. Jotta saatiin selville kalustetta syöttävä kaapeli, laskettiin asunnosta kuvan 2 tapaan kalusteiden määrä ja suoraan kalusteelta keskuksen suuntaan jatkuva kaapeli. Näin pystyttiin selvittämään, mitkä osuudet asunnon kaapeloinnista kuuluivat eri kokonaisuuksien alle.



Kuva 2: Pistorasia ja sille tuleva kaapeli.

Tämän jälkeen jaettiin yhtä kokonaisuutta vastaava kaapelointi siihen liittyvien kalusteiden määrällä, jolloin saatiin selvitettyä keskiarvo yhden kalusteen tarvitsemasta kaapeloinnista. Kaapeloinnissa huomioon otettavia asioita ovat kaapelin pituus, tyyppi ja asennustapa.

4 Vertailu huonepohjaiseen laskentaan

Toinen laskentaperiaate voisi olla se, että pistepohjaisen laskennan sijaan asunnot laskettaisiin huoneisiin perustuvaan malliin. Tässä käytettäisiin hyväksi työssä laskettuja paketteja, mutta niistä tehtäisiin isompia kokonaisuuksia, joissa yhden paketin alle syötettäisiin esimerkiksi kaikki makuuhuoneessa esiintyvät pisteet. Näin laskentaprosessia saataisiin nopeutettua pistepohjaiseen laskentaan verrattuna. Työssä päätettiin kuitenkin olla tekemättä huoneisiin perustuvia paketteja ja keskittyä pistepohjaiseen laskelmaan, mihin tärkeimpiä syitä olivat seuraavat asiat.

Pistepohjaisella laskelmalla saadaan aikaan tarkempi laskelma, ja näin riski siitä, että paketeilla laskettu hinta eroaa todellisesta hinnasta, pienenee. Suurimmassa osassa perusasuntoja huonepohjaisesta laskennasta tuskin muodostuisi suurta riskiä ja hintarviosta saataisiin melko tarkka. Mutta kohteissa, joissa käytetään erikoisempia ratkaisuja, voivat huoneeseen tulevat kalusteet vaihdella jonkin verran, ja käymällä asunnon pisteet läpi ei mahdollisesti kallis erikoiskaluste jää huomioimatta.

Pistepohjaisessa laskennassa on etuna se, että ajan kuluessa, jos huoneiden sisältö muuttuu esimerkiksi wlan-tekniikan kehittyessä, on uusien kalusteiden lisääminen ja vanhojen päivittäminen helpompaa ja pistepohjainen pakettilaskenta pysyy paremmin ajan tasalla. Huoneisiin perustuvassa laskennassa täytyisi uusien järjestelmien ilmes-tyessä asuntoihin päivittää paketit niin, että kaikki kalusteet tulee laskettua tai luoda

vaihtoehtoisia paketteja huoneille sen mukaan, mitä kohteeseen asennetaan. Pistepohjaisessa laskennassa vanhoja paketteja ei tarvitse muuttaa vaan niiden lisäksi vain tehdään uudelle järjestelmälle paketti, jota lisätään kohteen vaatima määrä.

Työssä pidettiin tärkeänä myös sitä, että pistepohjainen laskenta tukee suoraan laskentaohjelmien käyttöä. Laskennassa käytetään jatkuvasti enemmän tietokoneavusteisia laskentaohjelmia, ja tämä suunta näyttäisi vahvistuvan tulevaisuudessa. Laskentaohjelmien kehittyessä niistä on jatkuvasti helpompi saada pistepohjainen massalista asunnoista, jolloin hyöty huonepohjaisessa laskennassa säästetystä ajasta pienenee koko ajan eikä pisteisiin pohjautuvan laskennan tarkkuutta tarvitse uhrata ajan säästämiseksi.

5 Pakettien luominen asuntoihin

Pakettien luomisessa käsitellään periaatetta, jolla asunnoissa esiintyvät kalusteet on luotu ja tuloksia, joita esimerkkinä olleiden kohteiden perusteella saatiin paketeille luotua. Tämän osion alla olevat alaotsikot on pyritty luomaan niin, että ne vastaavat laskentaohjelmaan luotavia kokonaisuuksia. Näin jos laskennassa esiintyy ongelmia, on insinööriyötä helppo käyttää tukena niiden ratkaisemisessa.

5.1 Pistorasiat

Pistorasiapaketti sisältää haluttua rasiaa vastaavan laskentaohjelmapaketin, josta saadaan hinta tarvittavalle materiaalille ja rasian asennukselle. Tämän lisäksi täytyy laskea rasian kaapelointia varten tarvittavan kaapelin pituus ja asennus.

Työssä päätettiin laskea erityyppisten pistorasioiden kaapelit isompien kokonaisuuksien alle. Näin saatiin suurempi määrä pisteitä keskiarvon määrittämiseen ja kaapeleiden keskiarvot esimerkkitaloissa olivat lähellä toisiaan. Kalusteiden välinen erottelu, joka laskentamalliin tehtiin oli kuiva- ja kosteatan rasioiden sekä uppo- ja pinta-asennuksen välillä.

Lasketuissa arvoissa on tärkeää ottaa huomioon se, että molemmissa työssä käydyissä esimerkkitaloissa pistorasioiden kaapelointi on toteutettu haaroittamalla pistorasialle tuleva kaapeli valaisinkaapeleista. Näin ollen asuntoon tulevasta kaapelista suu-

rin osa on tyyppiä MMJ 3x1,5s. Toinen yleinen kaapelointitapa, jota käytetään on pistorasioiden kaapelointi omana lähtönä keskukselta, jolloin pistorasioiden kaapeloinnissa käytetään kaapelityyppiä MMJ 3x2,5s.

Täytyy siis huomioida, että tässä työssä saatuja tuloksia ei pystytä suoraan käyttämään kaikkien asuntotyyppien kanssa ennen kuin tutkitaan kaapelimäärien erot verrattuna asuntoon, jossa pistorasiat kaapeloidaan omana lähtönään.

5.1.1 Kuivatilan pistorasiat

Kuivatilalla tarkoitetaan kaikkia huonetiloja, joissa pistorasiat eivät tarvitse erikoissuojausta. Suurin osa kerrostalon kuivatilaan asennettavista rasioista asennetaan uppoasennuksella. Koska pinta-asennetut pistorasiat ovat yleensä jotain erikoisjärjestelmää varten, esiintyy tarvittavan kaapelin määrässä eroa uppoasennettuihin rasioihin. Koska pinta-rasioiden pienen määrän takia syntynyt ero olisi hävinnyt massaan, päätettiin pinta- ja uppoasennetuille rasioille laskea omat keskiarvot.

Syötetyt pyöristetyt arvot eivät ole oikeita pyöristyksiä vaan arviota, jotka toimivat paremmin syötettäessä laskentaohjelmaan, jotka on arvioitu hieman ylöspäin, jotta kaapeleissa olisi asennusvaraa.

Uppoasennettavan rasian kaapelille saatiin keskiarvoksi taulukossa 2 esitetty tulos. Saadut arvot ovat suuntaa antavia, eivätkä ole tarpeeksi tarkkoja laskennan käyttöön.

Taulukko 2: Kaapelin keskiarvo kuivatilan uppopistorasialle.

Kuivatila uppopistorasia				
Tyyppi	3x1,5		3x2,5	
	jm	o	jm	o
metriä	3,5	1,0	2,2	1,7
Pyöristys	4,0	1,0	2,0	2,0

Pinta-asennetulle rasiolle kaapelin keskiarvoksi on esitetty taulukossa 3 vastaavat suuntaa antavat tulokset.

Taulukko 3: Kaapelin keskiarvo kuivatilan pintapistorasialle.

Kuivatila pintapistorasia				
Tyyppi	3x1,5		3x2,5	
Asennus	jm	o	jm	o
metriä	2,5	1,00	2,0	0,00
Pyöristys	3,0	1,00	2,00	0,00

Näiden arvojen perusteella pystytään luomaan kuivatilan pistorasioille paketit, jotka vastaavat taulukon 1 esimerkkiä.

5.1.2 Kosteatilan pistorasiat

Kosteatila käsittää kaikki rasiat, joiden IP-luokitus on joko IP34 tai IP44. IP-luokituksella tarkoitetaan Euroopassa käytettävää sähkölaitteen tiiviyden määritelmää, joka kuvaa laitteen suojausta ulkoisilta uhilta. Kosteatilat päätettiin erottaa kaapelin arvioinnissa erikseen, koska rasiat sijaitsevat yleensä pesuhuoneessa, joka on yleensä lähellä asunnon keskusta.

Esimerkkitaloissa kaikki roiskesuojauksen vaativat kosteatilan rasiat olivat uppoasennettuja, joten yhden keskiarvon laskeminen riitti.

Keskiarvoksi kosteatilan rasioille saatiin taulukon 4 tapaiset suuntaa antavat tulokset.

Taulukko 4: Kaapelin keskiarvo kosteatilan pistorasialle.

Kosteatila pistorasia				
Tyyppi	3x1,5		3x2,5	
Asennus	jm	o	jm	o
metriä	3,0	1,9	2,8	1,0
Pyöristys	3,0	2,0	3,0	1,0

Lasketulla keskiarvolla saatiin tehtyä kosteatilan pistorasiasta paketti.

5.2 Kytkimet

Kytkimien kanssa käytettiin samaa lähestymistapaa ja erotteluperiaatetta kuin pistorasioilla. Ainoa huomautettava asia on se, että siinä missä pistorasioilla kaapelointitapa saattaa poiketa mallitaloista, kytkimet kaapeloidaan lähes poikkeuksetta samalla tavalla. Kytkimien kaapelit siis mallitalojen tapaan haaraantuvat valaistuksen kaapeloinnista niin, että kytkin haaraantuu siitä valaisimesta, jota kytkin ohjaa.

5.2.1 Kuivatilan kytkimet

Pistorasioiden tapaan päätettiin kytkimet jakaa kuiva- ja kosteatilan välille. Ainoana erona pistorasioihin verrattuna huomattiin se, että uppo- ja pinta-asennuksen välillä ei ollut kaapeloinnissa merkittävää eroa. Syynä tähän todennäköisesti on se, että kytkimien kohdalla pinta-asennetut kytkimet eivät palvele erikoisjärjestelmiä.

Kuivatilassa olevien kytkimien kaapeleille saatu malliarvo on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5: Kaapelin keskiarvo kuivatilan kytkimelle.

Kytkin kuivatila				
Tyyppi	3x1,5		5x1,5	
Asennus	jm	o	jm	o
metriä	3,0	0,5	2,40	2,0
Pyöristys	3,0	1,0	2,00	2,0

Näillä arvoilla saatiin luotua paketit kuivatilan kytkimistä

5.2.2 Kosteatilan kytkimet

Kosteatilan kytkimet päätettiin laskea erikseen, koska niin kuin pistorasioiden kanssa kosteatila käsittää yleensä pesuhuoneen, joka sijaitsee keskuksen lähellä.

Kosteatilaan saatu kaapelin malliarvo on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6: Kaapelin keskiarvo kosteantilan kytkimelle.

Kytkin kosteatile				
Tyyppi	3x1,5		5x1,5	
Asennus	jm	o	jm	o
metriä	4,0	0,00	3,00	0,00
Pyöristys	4,0	0,00	3,00	0,00

Taulukon 6 keskiarvon perusteella pystyttiin luomaan paketit kosteantilan kytkimistä.

5.3 Antenni- ja tietoverkkokaapelointi

Sekä antenni- että tietoverkkokaapelointi toteutetaan tähtiverkkona. Tämän takia asuntoja vertailtaessa oli selvästi huomattavissa pientä kasvua tarvittavan kaapelin pituudessa asunnon koon kasvaessa.

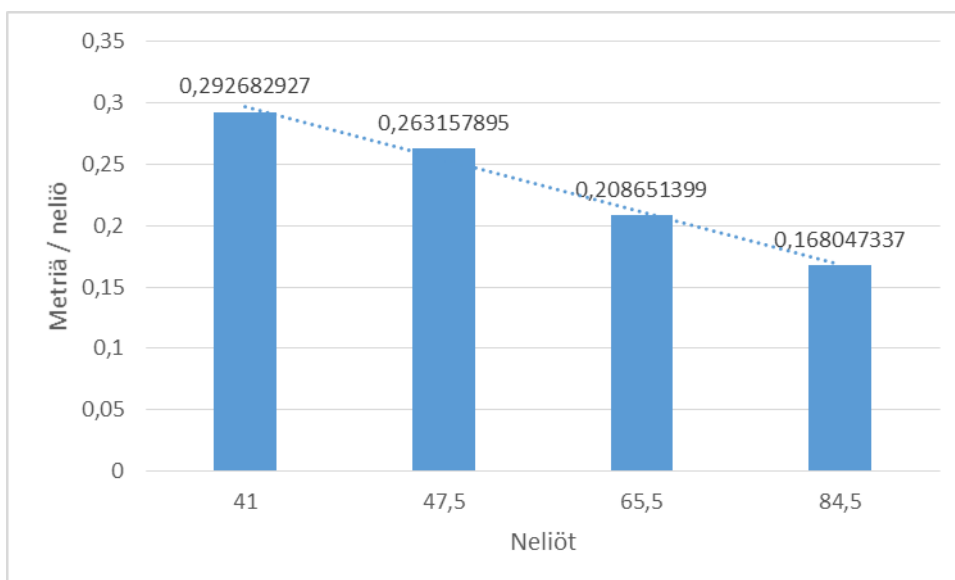
Malliarvot tietoverkkokaapeloinnin CAT 6 -tyypin kaapeleista eri asuntotyypeille on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7: Asuntotyyppiä varten tarvittava telekaapeli.

Asunto	1h+kk	2h+Avok	3h+avok	4h+k+s
Neliöt (m ²)	41	47,5	65,5	84,5
Keskiarvo (m/piste)	16,0	18,0	17,0	19,0

Taulukon 7 nähdään, että asunnon kasvaessa myös keskimääräinen kaapelin tarve kasvaa. On siis pohdittava, kuinka iso muutos on ja täytyykö tietoverkkokaapelointia ja antennijärjestelmää varten luoda erillisiä paketteja asuntojen neliöiden mukaan. Olisi mahdollista luoda paketteja esimerkiksi 20 neliömetrin välein, jolloin saataisiin tarkempia arvioita tarvittavasta kaapelin määrästä.

Samaa taulukkoa tutkittaessa tosin nähdään, että tietoverkkokaapeloinnin kohdalla ei ole mitään tiettyä lukua, jonka avulla voitaisiin laskea kaapelin tarve suhteessa asunnon neliöihin. Sen sijaan kuvan 3 mukaisesti asuntojen kasvaessa huomataan kaapelin tarpeen neliötä kohden laskevan.



Kuva 3: Kaapelin suhde asunnon kokoon.

Koska erot kaapelimäärissä ovat suhteellisen pieniä erikokoisten asuntojen välillä ja asunnon kasvaessa huomataan eron vaikutuksen pienenevän entisestään, päätettiin työssä etsiä yksi keskiarvo, jolla voidaan laskea kaikki erilaiset asunnot.

Samalla käyttäen vain yhtä keskiarvoa nopeutetaan pakettien syöttämisprosessia tietoverkko- ja antennikaapeloinnin kohdalla.

Laskemalla eri asuntojen tietoverkko- ja antennikaapeloinnin tarvitsema kaapeli pistettä kohti saatiin laskettua taulukossa 8 esitetty malliarvo.

Taulukko 8: Kaapelin keskiarvo antenni- ja tietoverkkokaapeleille.

Antenni						
Tellu 7 jm / met- riä	2h+kt+s	4h+k+s	3h+avok	1h+kk	2h+Avok	Keskiarvo
	16,0	18,0	19,0	15,0	14,0	16,4
Tietoverkkokaapeli						
Cat 6 jm / met- riä	2h+kt+s	4h+k+s	3h+avok	1h+kk	2h+Avok	Keskiarvo
	15,0	18,0	18,0	15,0	16,0	16,4

Keskiarvon perusteella pyöristetään saadut arvot 17m / piste, jotta saadaan luku, jota on helpompi käyttää laskentaohjelmassa. Kun pistettä kohti tarvittava metrimäärä tiedetään, voidaan nyt luoda paketti, johon sisältyy kaapeli, kaapelin asennus, peitelevy ja peitelevyn asennus.

Kaikella edellä olevalla tiedolla saatiin luotua esimerkki paketit antenni- ja tietoverkko-kaapelointi pisteille taulukon 9 tapaan.

Taulukko 9: Antenni ja tietoverkkokaapelipaketit.

Nimitys	Määrä
Antenni piste	1,00
SP02500001 TELLU 7 O+JM	17,00
SP9911350140 KOJERASIA 1,5 TBF 1 DUCTEL	1,00
SP21535255 1-OS. PEITELEVY ARTIC VAL AS	1,00
2-os ATK	1,00
SP02128001 UC400 23 Cat6 U/UTP 4P O+JM	17,00
SP9911350140 KOJERASIA 1,5 TBF 1 DUCTEL	1,00
SP21535255 1-OS. PEITELEVY ARTIC VAL AS	1,00
1-os ATK	1,00
SP02129001 UC400 23 Cat6 U/UTP 2X4P O+JM	17,00
SP9911350140 KOJERASIA 1,5 TBF 1 DUCTEL	1,00
SP21535255 1-OS. PEITELEVY ARTIC VAL AS	1,00

Jatkotoimenpiteenä täytyy antenni- ja tietoverkkokaapelointia tutkia useammassa kohteessa. Tämä on tärkeää, koska tähtiverkkomaisen luonteen takia voi kaapelin pituus vaihdella eri kohteiden välillä, ja jotta pakettiin saadaan syötettyä luotettava arvio kaapeleista, on useamman kohteen vertailu tarpeellista.

5.4 Asuntojen valaisimet

Asuntojen valaistukseen liitetään niin kiinteät valaisimet kuin pistorasialla varustetut valaisinpisteet, joihin asukas voi itse asentaa haluamansa valaisimen. Kuvia tutkittaessa päätettiin kiinteät valaisimet ja valaisinpisteet laskea erikseen. Tähän oli syynä selkeästi havaittava ero tarvittavan kaapelin määrässä.

5.4.1 Pistorasialla varustettu valaisinpiste

Pistorasialliset valaisinpisteet ovat asuintaloissa hyvin yleisiä suuressa osassa huoneista. Pistorasiallisia valaisinpisteitä käytetään, koska sähköurakasta tulee halvempi ja asukas saa itse valita sisustukseen sopivan valaisimen. Koska valaisimet asetetaan yleensä huoneen keskelle ja niitä tarvitaan tietty määrä huoneita kohden, mahdollistaa tämä hyvin tarkan keskiarvon saamisen valaisinpisteille.

Valaistukseen tarvittava kaapelointi laskettiin aikaisemmin käytetyllä periaatteella. Tämän perusteella saatiin laskettua taulukon 10 mukainen pistorasiallisen valaisinpisteen malliarvo.

Taulukko 10: Kaapelin keskiarvo pistorasialla varustetulle valaisimelle.

Pistorasialla varustettu valaisinpiste				
Tyyppi	3x1,5		5x1,5	
Asennus	jm	o	jm	o
Metriä	2,9	4,0	0,0	1,0
Pyöristys	3,0	4,0	0,0	1,0

Tällaiset valaisinpisteet pyritään asentamaan kattoon niin, että valaisimen kohdalla katossa kulkee ontelo. Valaisimen sijoitus selittää sen, miksi aikaisemmista laskelmista poiketen pistorasiallisia valaisinpisteitä kaapeloidessa suurin osa kaapelista asennetaan onteloon.

Valaisinpisteistä täytyy laskentaohjelmaan luoda kaksi erilaista pakettia. Toiseen pakettiin tulee pelkkä valaisinpiste, kun taas vaihtoehtoinen paketti luodaan valaisinpisteelle, jossa on yhdistettynä jakorasia.

5.4.2 Kiinteä valaisin

Kiinteitä valaisimia ei yleensä käytetä asunnon päävalon lähteenä, mutta niitä käytetään lähes poikkeuksetta valaisemaan tiettyjä asunnon osia, joita ovat esimerkiksi keittiötasot, WC, pesuhuone, sauna, peilikaapit ja pienet komerot. Tämän ansiosta pystytään kiinteille valaisimille laskemaan keskiarvo, jota voidaan käyttää suurimmassa osassa erityyppisiä asuntoja.

Laskujen perusteella kiinteän valaisimen kaapeloinnista saatiin taulukon 11 mukainen malliarvo.

Taulukko 11: Kaapelin keskiarvo kiinteälle valaisimelle.

Kiinteä valaisin						
Tyyppi	3x1,5		3x2,5		5x1,5	
Asennus	jm	o	jm	o	jm	o
metriä	1,5	2,2	2,5	1,1	2,00	0,0
Pyöristys	2,0	2,0	2,0	1,0	2,0	0,0

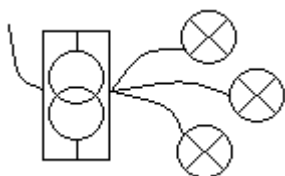
Vaikka laskujen perusteella valaisimiin saatiin myös hieman onteloasennuksella tehtävää kaapelointia, päädyttiin siihen, että kaapelointi oli järkevämpää laskea putkiasennuksella. Putkiasennukseen päädyttiin, koska paketin sisältö pysyy selkeämpänä ja erikoisempia kohteita varten paketissa on laskettu enemmän materiaaleja korjaamaan valaisimen vaikeampaa asennusta. Laskettu keskiarvo sisältää kaikki perinteiset kiinteät valaisimet. Jos arvio todetaan liian epätarkaksi täytyy erityyppisille valaisimille tehdä omat paketit, joihin lasketaan tarkemmat kaapeloinnit.

5.4.3 Muuntajalla varustetut led-valaisimet

On tärkeää ottaa huomioon se, että kiinteille valaisimille laskettua arvoa ei pystytä käyttämään muuntajalla varustettujen led-valaisimien kanssa. Led-valaistus yleistyy asuin-kohteissa ja niissä muuntajalle tuodaan yksi kaapeli, joka haaraantuu muuntajalta led-valaisimille.

Kummassakaan laskennassa olleessa esimerkkitalossa ei käytetty led-valaistusta, mutta koska niin toteutettua valaistusta löytyy nykyään kasvavissa määrin, on hyvä tehdä led-valaistusta varten ainakin alustavat paketit.

Tässä on kyseessä led-valaistus, jossa yhdeltä muuntajalta haaraantuu erillisiä led-valaisimia varten kaapelit. Pidemmät led-nauhat ovat harvinaisempia, ja niiden kanssa on niin suuria vaihteluita, että ne päätettiin laskea erikoiskalusteiden alle.



Kuva 4: Muuntajalta haarautuvat led-valaisimet.

Jotta paketit voidaan luoda, täytyy kohteesta, jossa led-valaistusta on käytetty, laskea keskiarvo kaapelin pituudesta keskukselta muuntajalle. Kun arvo on selvitetty, täytyy laskea keskiarvo muuntajalta valaisimelle. Tämän jälkeen luodaan erikokoisia paketteja, joihin jokaiseen syötettäisiin muuntaja ja sille tuleva kaapeli ja paketista riippuen oikea määrä valaisimia sekä muuntajan ja valaisimien väliin tulevat kaapelit.

5.5 Lattialämmitys

Koska lattialämmitykset eroavat toisistaan lämmitettävän alan määrässä, täytyy laskentaohjelmaan luoda useita paketteja. Paketit luodaan kaikille erikokoisille tyypillisesti käytetyille lattialämmityksille.

Pakettien luomisen jälkeen sen sisälle syötetään vastaava lattialämmityspaketti laskentaohjelmasta ja paketista poistetaan lämmityskaapeli ja termostaatti. Näin tehdään, koska sähköurakassa lämmityskaapeli ja termostaatit hankitaan projektihankintana ja ne täytyy poistaa paketista, jottei projektihankkijalta tulevia materiaaleja lasketa kahdesti.

Tämän jälkeen laskettiin, kuinka paljon lattialämmitys vaati kaapelia. Asuntotyyppien perusteella, joita esimerkkitaloista löytyi, saatiin lattialämmitystä syöttävälle kaapelille malliarvoksi laskettua 14 metriä.

Taulukko 12: Kaapelin keskiarvo lattialämmitykselle.

Lattialämmitys	2h+kt+s	3h+k+s	4h+k+s	Keskiarvo
3x1,5 jm	12,0	16,0	14,0	14,0

Kun kaapeli ja sen asennus on lisätty pakettiin lämmityskaapelin ja termostaatin asennukseen tarvittavien materiaalien lisäksi, sisältää paketti kaiken materiaalin ja työn, jota lattialämmityksen laskemiseen tarvitaan. Täytyy tosin huomioida, että esimerkkirakennuksissa oli vain muutamia lattialämmityksiä. Tämän takia luotettavamman keskiarvon saamiseksi täytyy saatuja tuloksia verrata kohteisiin, joissa lattialämmitys on yleisempää. Tehty paketti ei ota huomioon tilannetta, jossa termostaatti on keskuksessa. Jos näin on, täytyy termostaattia varten lisätä erillinen jatkokaapeli. Koska esimerkkirakennuksissa ei esiintynyt tällaista tilannetta, ei pakettia pystytty luomaan.

5.6 Asunnon muut kalusteet

Asuntoihin tulee myös pienempiä kokonaisuuksia, jotka on selkeämpää käsitellä erikseen. Eri kalusteet on eroteltu omien alaotsikoiden alle, mutta tehtäessä paketteja laskentaohjelmaan syötetään ne kaikki osion ”*Muut kalusteet*” alle, jotta laskentaohjelman syöttösivu saadaan pidettyä selkeänä ja kansioiden määrä ei kasva liian suureksi.

5.6.1 Liesi

Liesi sijaitsee aina keittiössä, ja lähes poikkeuksetta keittiö sijoitetaan lähelle keskusta. Tällä säästetään liedelle tulevaa paksua kaapelia, joka samalla mahdollistaa tarkan keskiarvon laskemisen liedelle tehtävää pakettia varten.

Esimerkkitalojen asunnoista laskettu malliarvo liedelle on esitetty taulukossa 13.

Taulukko 13: Kaapelin keskiarvo liedelle.

Liesi							
5x2,5 jm / metri	2h+kt+s	3h+k+s	4h+k+s	3h+avok	1h+kk	2h+Avok	Keskiarvo
	13	15	17	14	12	16	14,5

Pienen vaihtelun takia on turvallisempaa pyöristää pakettiin tuleva kaapeli ylöspäin 15 metriin. Näin saadaan tehtyä liedelle paketti johon tulee tarvittava määrä kaapelia ja lieden kytkemiseen tarvittava puolikiinteä liitos tyyppin 5x2,5 kaapelille.

Taulukko 14: Liesipaketti.

Nimitys		Määrä
Liesi		1,00
SP04412001	MMJ 5X2.5S O+JM	15,00
SP42106119	PUOLIKIINTEÄ LIITOS 5x2,5, KOSTEA TILA UA	1,00

Paketti ei sisällä itse liettä, koska jääkaapin ja pakastimen tapaan liesi ja sen asennus kuuluu rakennusurakkaan ja sähköurakoitsija tuo ainoastaan syötön, johon liesi kytetään

5.6.2 Kiuas

Kiukaaseen pätee sama periaate kuin lieteen kaapelin pituudessa. Tämä johtuu siitä että keittiön tapaan pesuhuone sijaitsee kerrostaloasunnoissa lähellä asuntokeskusta.

Vain toisessa esimerkkitaloista oli saunallisia asuntoja, joten tilastosta ei saatu kovin laajaa, minkä vuoksi tuloksiin ei voi luottaa ennen kuin on tutkittu useampaa kohdetta. Työssä esimerkkinä olleiden talojen perusteella saatiin laskettua seuraava malliarvo kiukaalle.

Taulukko 15: Kaapelin keskiarvo kiukaalle.

Kiuas				
5x2,5 jm / met- riä	2h+kt+s	4h+k+s	3h+avok	Keskiarvo
	150,	16,0	17,0	16,0

Keskiarvon perusteella voidaan laskentaohjelmaan luoda taulukon 16 mukainen paketti kiuasta varten.

Taulukko 16: Kiuaspaketti.

Nimitys		Määrä
Kiuas		1,00
SP04412001	MMJ 5X1.5S O+JM	16,00
SP42106119	PUOLIKIINTEÄ LIITOS 5x2,5, KUIVA TILA UA	1,00

Kiukaan laskentapaketti ei sisällä itse kiuasta, koska yleensä kiukaat ovat osana rakennusurakkaa eivätkä näin kuulu sähköurakoitsijalle.

Sellaisessa erikoistapauksessa, jossa kiuas on merkitty osaksi sähköurakkaa, kiukaasta pyydetään projektihankintana tarjouspyyntö, joten kiukaan kuuluminen urakkaan ei vaikuta paketin sisältöön. Tällaisissa tapauksissa paketin lisäksi täytyy laskelmaan lisätä kiukaan asennus.

5.6.3 Jakorasiat

Jakorasioihin laskettiin yksittäiset jakorasiat. Valaisimien yhteydessä olevat jakorasiat laskettiin valaisimien alle, missä niille luotiin omat paketit, jotka valaisinpaketin lisäksi sisältävät jakorasian ja sen vaatimat asennukset.

Jakorasioita ei eroteltu sen perusteella, mitä rasialta lähtevät kaapelit palvelevat vaan sen perusteella, miten keskuksen suunnasta tuleva kaapeli on asennettu ja mitä tyyppiä kaapeli on. Koska jakorasiapaketissa on varaus useammalle kytkennälle, ei jakorasialta lähtevien kaapeleiden määrää huomioitu.

Jakorasiat eroteltiin sen perusteella, oliko kyseessä pinta- vai upporasia, koska eri tyyppien jakorasioita käytetään eri tarkoituksiin huonetyypistä tai jakorasiaan liittyvästä kalusteesta riippuen. Tämän takia pinta- ja upporasioiden tarvitseman kaapelin välille syntyi hieman eroa.

Laskettujen erilaisten asuntotyyppien perusteella saatiin jakorasioille taulukon 17 mukaiset malliarvot.

Taulukko 17: Kaapelin keskiarvo jakorasioille.

Upporasia				
Tyyppi	3x1,5		3x2,5	
Asennus	jm	o	jm	o
metriä	2,8	4,0	2,3	1,8
Pyöristys	3,0	4,0	2,0	2,0
Pintarasia				
Tyyppi	3x1,5		3x2,5	
Asennus	jm	o	jm	o
metriä	3,1	2,8	0,0	1,6
Pyöristys	3,0	3,0	0,0	2,0

Näiden keskiarvojen jälkeen voitiin seuraavaksi luoda laskentaohjelmaan paketit, joihin laitettiin tarvittavan kaapelin lisäksi jakorasia, sen asennus sekä jakorasiolle tulevan ja siitä lähtevien kaapelin kytkennät. Tämän avulla saatiin tehtyä uppo- ja pintarasiolle paketit, joihin saatiin sisällytettyä kaikki tarvittava.

5.6.4 Palovaroitin

Nykyään palovaroittimet kytketään yleensä asunnon kaapelointiin ja niille tulee syöttö asuntokeskukselta. Tämän lisäksi toisin kuin toimistoissa, joissa koko kerroksen varoitimet ketjutetaan yhteen lenkkiin, asuntojen kohdalla palovaroitin tulee yleensä asunnon sisäiseen verkkoon. Tämä mahdollistaa sen, että palovaroittimelle voidaan pyrkiä luomaan tilastojen pohjalta oma paketti, jota pystytään käyttämään erilaisissa asuntotyypeissä.

Palovaroittimien kanssa syntyi ongelma siinä, että työssä käytettyjen kahden esimerkitalon välillä esiintyi merkittävä ero kaapelointitavan takia varoitimien välille. Siinä missä talon A palorasiat tuotiin eteisessä sijaitsevalta jakorasiolta pitkällä kaapelilla, talossa B palovaroitin sijoitettiin heti jakorasian viereen, joten kaapelia tarvittiin vain hyvin pieni määrä.

Käymällä asuntotyypit läpi saatiin talojen perusteella luotua taulukko 18 mukainen suuntaa antava tilasto palovaroittimille.

Taulukko 18: Kaapelin keskiarvo palovaroittimille.

Palovaroitin					A + B
3x1,5	2h+kt+s	3h+k+s	4h+k+s	Talo A	Keskiarvo
jm	3	3	3	3	1,5 m
o	3	7	5	5	4,4 m
3x1,5	3h+avok	1h+kk	2h+Avok	Talo B	
jm	0	0	0	0	m
o	2	4	5	3,7	m

Yksittäistä varoitinta tarkkailtaessa muutaman metrin ero ei välttämättä tunnu merkittävästä, mutta laskettaessa esimerkiksi kohde, jossa on 40 asuntoa, huomataan, että tarvittavan kaapelin määrässä syntyy selkeä ero.

Taulukko 19: Esimerkkikohteissa esiintyvä ero massojen välillä.

	jm	o	Summa	
Talo A 40 asuntoa	120	200	320	m
Talo B 40 asuntoa	0	148	148	m
Keskiarvo 40 asuntoa	60	174	234	m

Näin taloon A tulisi keskiarvoa käyttäen noin 90 metriä liian vähän kaapelia ja taloon B puolestaan 90 metriä liian paljon kaapelia. Tämän takia pelkkien esimerkkitalojen pohjalta ei insinööriyössä uskallettu tehdä luotettavaa keskiarvolaskelmaa, jonka perusteella voisi tehdä käyttökelpoisen paketin laskentaohjelmaan.

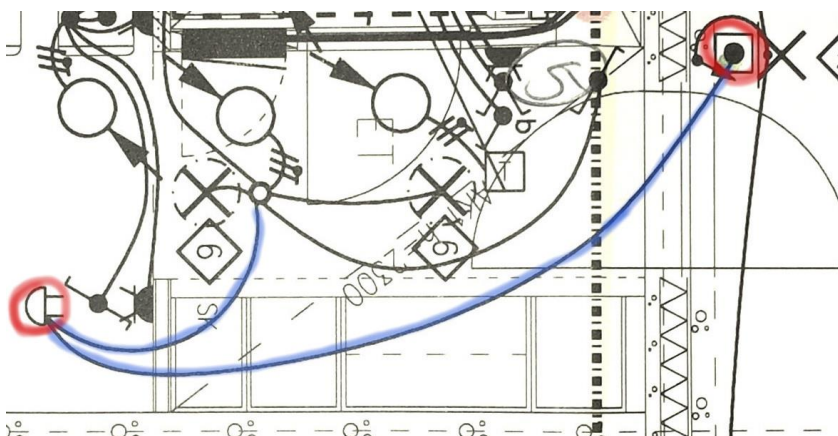
Jos paketti kuitenkin luotaisiin, voidaan sen pohjana käyttää saatua keskiarvoa pyöristäen tulosta hieman ylöspäin. Tällöin laskennassa syntynyt epätarkkuus saataisiin mahdollisimman pieneksi ja kaapelia laskettaisiin tarjoukseen mieluummin hieman liikaa kuin liian vähän, mikä on parempi vaihtoehto. Näin voitaisiin laskentaohjelmaan tehdä taulukkoa 20 vastaava paketti käyttäen asuintaloissa yleisesti käytettyä palovaroitinta.

Taulukko 20: Palovaroitinpaketti.

Nimitys		Määrä
Palovaroitin		1,00
SP04404000	MMJ 3X1.5S O	5,00
SP04404001	MMJ 3X1.5S O+JM	2,00
S7111800	PALOVAR.FINALERT FA230 OPTI 230VAC+9V VARMEN- NUS,EN14604:2005,MA	1,00

5.6.5 Ovikello

Sähköistetty ovikello esiintyi vain muutamassa asunnossa, mutta vaikka tilastosta ei kovin laajaa saatu, pystytään sen pohjalta silti luomaan laskentaohjelmaan esimerkkipaketti, jota voidaan myöhemmin käyttää pohjana, kun tilastoa saadaan täydennettyä kohteilla, joissa näin toteutettu ovikello on yleisempi.



Kuva 5: Esimerkki ovikellon kaapeloinnista.

Kuvasta nähdään, miten soittokellolle tuleva syöttö haaraantuu jakorasiaalta, mikä jatkuu soittokellosta oven ulkopuolella olevalle painonapille.

Käymällä läpi asunnot, joissa ovikello oli toteutettu tällä tavalla, pystyttiin luomaan tilasto, josta saatiin taulukon 21 mukainen malliarvo.

Taulukko 21: Kaapelin keskiarvo ovikellolle.

Ovikello	
3x1,5	
jm	8,0
o	9,0

Tätä tietoa käyttämällä voitiin laskentaohjelmaan luomaan ovikellolle paketti, johon sisällytettiin kaapelin lisäksi soittokellon ja painonapin vaatimat materiaalit ja asennukset.

Taulukko 22: Ovikellopaketti.

Nimitys	Määrä
Ovikello	1,00
SP04404000 MMJ 3X1.5S O	9,00
SP04404001 MMJ 3X1.5S O+JM	8,00
SP70532211 KUMISTIN 213 DING DONG FRIEDLAND KIV	1,00
SP70535211 PAINIKE 534W LIGHTSPOT FRIEDLAND KIV	1,00

5.6.6 Liesituuletin

Keittiössä sijaitsevan liesituulettimen kohdalla täytyy käsitellä myös tuulettimen ohjaus. Liesituuletin saattaa toimia oman säädön lisäksi myös ajastetusti eri tehoilla eri kellon aikoina, mutta esimerkkitaloissa tuulettimen kaapelointi oli toteutettu asuntokeskukselta tulevalla kaapelilla, joka jatkui tuulettimelta sen ohjaukseen. Laskemalla kaapelin pituus pystyttiin eri asunnoista selvittämään malliarvo kaapeleille.

Taulukko 23: Kaapelin keskiarvo liesituulettimelle.

Liesituuletin				
3x1,5	2h+kt+s	3h+k+s	4h+k+s	Keskiarvo
jm	12,0	14,0	13,0	13,0
o	0,0	0,0	8,0	2,7

Taulukosta 23 saadun keskiarvon perusteella pystyttiin luomaan paketti liesituulettimen vaatimasta kaapeloinnista.

5.7 Erikoiskalusteet

Joissain tapauksissa asuntoon tahdotaan normaalista poikkeavia kalusteita kuten koristepistorasioita tai -valokatkaisimia. Koska pakettilista kasvaisi liian suureksi ja tehtäisiin paljon työtä, josta olisi hyvin vähän hyötyä, ei jokaista erilaista kalustetta kohden voida luoda omaa pakettia.

Erikoiskalusteiden kohdalla on huomioitava että kalustetta lukuun ottamatta saattaa paketin sisältö muuten olla hyvin samantapainen. Jos näin on, pystytään normaaleja paketteja varten laskettuja keskiarvoja käyttämään hyväksi erikoispakettien luomisessa.

Tällöin ongelma voitaisiin ratkaista niin, että normaalien pakettien lisäksi tehtäisiin ns. kalusteettomat paketit, jotka sisältäisivät vain kaapelin. Näin paketin lisäksi voitaisiin laskelmaan lisätä vain erikoiskaluste eikä kohteeseen näin tarvitsisi laskea kaapelointia.

Erikoiskalusteita sisältävät kohteet ovat tosin hyvin harvinaisia. Tämän takia täytyy pohtia kannattaako syöttösivujen sisältöä hankaloittaa kalusteettomilla paketeilla. Vaarana on se että pakettia käytetään vahingossa ja kaluste jää laskematta. Tarvittaessa erikoiskalusteet voidaan toteuttaa poistamalla normaalista paketista kaluste ja lisäämällä erikoiskalusteet erikseen muokatun paketin rinnalle. Paketteja muokatessa täytyy tosin olla varovainen, koska pakettiin tehtävät muutokset vaikuttavat koko tarjoukseen. Jos muutoksia ei tahdota tehdä kaikkiin paketteihin täytyy paketista tehdä kopio uudella koodilla.

Koska kalusteettomat paketit täytyisi tehdä suurimmalle osalle paketeista, syntyy pakettien luomisesta huomattavasti ylimääräistä työtä. Ilman selkeää järjestelmällisyyttä saattavat kalusteettomat paketit sekoittaa laskentaohjelman syöttösivua ja hankaloittaa kohteen käsittelyä.

6 Yleiset tilat

Yleisillä tiloilla tarkoitetaan tiloja, jotka palvelevat kaikkia asukkaita. Tähän kuuluvat esimerkiksi rappukäytävät, varastot ja kerhotilat. Asuntojen ulkopuoliset tilat, jotka eivät kuulu yleisien tilojen alle, ovat autohalli ja talossa sijaitsevat liiketilat. Tämä johtuu siitä, että ne lasketaan asuntotuotannon yksikköhinnoittelun ulkopuolelle.

Yleisten tilojen kanssa täytyy tutkia, löytyykö kokonaisuuksia, jotka toistuvat hyvin samanlaisina eri talojen välillä. Koska insinööriyössä tutkittiin vain kahta rakennusta täytyy saatujen arvioita tutkia useamman kohteen välillä.

6.1 Rappukäytävät

Rappukäytäviin lasketaan ulko-ovelta kerrostasanne ja kerrosten välillä nousevat rappuset. Rappukäytävät on järkevämpää jakaa eri kokonaisuuksiin. Ensimmäinen osuus on talon alin kerros ja toinen osuus on toisesta kerroksesta ylöspäin olevat kerrokset. Jako tehdään, koska ylemmissä kerroksissa asunnot vievät suurimman osan pinta-alasta, kun taas alin kerros sisältää paljon enemmän erilaisia tiloja, joten sitä ei voi suoraan verrata ylempiin kerroksiin.

6.2 Alin kerros

Koska alimmat kerrokset ovat niin erilaisia, täytyy tutkia, onko järkevää edes yrittää laskea alinta kerrosta keskiarvoilla vai täytyykö se käydä läpi erikseen jokaisessa kohteessa. Monissa taloissa voi olla suuria eroja siinä, onko alimmassa kerroksessa asuntoja vai muita asuntoa palvelevia tiloja. Laskennassa voi syntyä ongelma, jos alimmassa kerroksessa olevilta isoilta keskuksilta haarautuu suuria määriä kaapeleita eri puolelle taloa. Rakennuksen alimmassa kerroksessa voi olla myös keskuksilta lähteviä kaapelihyllyjä, joita ei esiinny kaikissa taloissa. Suuri muutostekijä alimmassa kerroksessa on mahdollisesti esiintyvä kellari, joka vaikuttaa merkittävästi kaapelointiperiaatteisiin ja yleisten tilojen sijaintiin.

6.3 Ylemmät kerrokset

Ylemmillä kerroksilla tarkoitetaan kaikkia maantason yläpuolella olevia kerroksia. Käymällä läpi mallitalojen erilaisia kerroksia saatiin laskettua arvio rappuun tarvittavista materiaaleista. Arvio pystyttiin tekemään vain kerrosten välillä, missä rappukäytävässä oli neljä asuntoa kerrosta kohden. Tähän oli syynä se, että mallitalossa oli myös rappukäytävä, jossa jokaisessa kerroksessa oli kahdeksan asuntoa. Isompi rappukäytävä ei kasvanut selkeässä suhteessa verrattuna pienempään, joten laskennassa ei voi käyttää useampaa pienelle rapulle tehtyä pakettia. Toinen suuri ero syntyi siinä, että rappu koon takia jokaiseen kerrokseen tuotiin oma syöttö keskukselta, kun taas pienemmissä rappukäytävissä kaikki kerrokset kaapeloidaan yleisesti kahden lähdön alle, jotka kulkevat kerrosten välillä. Rappukäytävään tulevista lähdöistä toinen syöttää valaistusta ja toinen pistorasioita.

Laskemalla kerrokset, joissa oli neljä asuntoa, saatiin rappukäytävään tarvittavalle materiaalille taulukon 24 mukaiset malliarvot.

Taulukko 24: Tarvittavat massat rappukäytävään kerrosta kohden.

Rappu		
Kalusteet		
Läsnäolotunnistin		2 kpl
1os Pistorasia		3 kpl
Kaapelit	O+JM	KHPY
MMJ 3x1,5	26	4 m
MMJ 3x2,5	7	0 m
MMJ 5x1,5	9	0 m

Tilaston luvut ovat selkeitä, koska eri rappujen välillä oli vain hyvin pieniä eroja.

Rappupaketin ulkopuolelle jätettiin rapussa esiintyvät palovaroittimet. Tämä johtuu siitä, että palovaroittimet sijoitetaan yleensä noin kolmen kerroksen välein, ja siksi varoittinta ei voi sellaisenaan sijoittaa tässä muodossa olevaan pakettiin. Tähän todennäköisesti järkevin ratkaisu olisi luoda rappukäytävässä olevalle palovaroittimelle oma pakkettinsa, mutta se tarkoittaisi sitä, että rappukäytävään sijoitettavien varoittimien määrä täytyisi laskea erikseen.

Ongelmaksi voi syntyä myös se, että kaikissa taloissa palovaroittimia ei haaroiteta valaistuksen syötöstä vaan ne ovat oma järjestelmänsä, milloin palovaroittimen lisääminen isomman paketin alle aiheuttaa vaaran, että varoittimet lasketaan kahteen kertaan. Tämä vahvistaa ratkaisumallia, jossa palovaroittimille luodaan oma paketti. Näin tehtyä pakettia käytetään vain rakennuksessa, jossa palovaroittimen syöttö haaraantuu valaistuksesta.

Toinen ongelma, joka rapun arvioinnissa syntyy, on valaistuksen ohjaus, jota ei kaikissa kohteissa toteuteta samalla tavalla. Mallikohteissa valaistusta ohjattiin läsnäolotunnistimilla, mutta jos rapussa olisi sen sijaan käytetty painonappeja, olisi rappuun tarvittavan materiaalin hinta huomattavasti pienempi.

Rappukäytävässä täytyy ottaa huomioon myös ylimmän kerroksen erot. Ylimmässä kerroksessa on usein jotain erilaista, kuten mahdollinen syöttö hissille tai savunpoisto. Täytyy pohtia, kannattaako hissien syöttöä yhdistää rappukäytävään, täytyykö sille tehdä oma paketti vai pyrkiä laskemaan hissi nousujohtojen yhteydessä, missä se on usein myös esitetty omana nousunaan. Koska kaikissa taloissa ei ole hissiä, sen ottaminen mukaan rappulaskelmaan aiheuttaa sen, että rappuun tehtävistä paketeista täytyy tehdä kaksi versiota, hissillä ja ilman hissiä.

6.4 Vaihtoehtoinen rapun laskenta

Vaihtoehtoinen ajatusmalli rappupaketeissa olisi se, että yhtä kerrosta vastaavan pakettiin sijaan tehtäisiin useampia paketteja eri korkuisille rapuille. Tämän mallin huono puoli on se, että paketteja täytyy luoda huomattavasti enemmän.

Näin toteutettuun pakettiin olisi helpompi saada asioita, jotka aikaisemmin muodostuivat ongelmaksi. Selkein esimerkki tästä olisi palovaroittimet, koska niitä ei esiinny joka kerroksessa, mutta näin toteutettuun pakettiin ne saataisiin sisällytettyä. Jos muille ongelmakohtille, kuten alimman kerroksen laskeminen, hissi ja savunpoisto löydetään keskiarvo, joka pitää paikkaansa kaikissa erilaisissa kohteissa, on niiden syöttäminen tällaiseen isompaan pakettiin helpompaa.

Tämä tosin saattaa osoittautua hankalaksi, sillä mitä isompia kokonaisuuksia koetetaan laskea kerralla, sitä suuremmalla todennäköisyydellä laskelmassa syntyy virheitä. Use-

amman paketin luonti tekee myös laskentaohjelman syöttösivusta epäselvemmän. Ongelman voisi korjata sillä, että loisi kaksi pakettia, joista toiseen sijoitettaisiin ylin ja alin kerros ja toinen vastaisi väliin jääviä kerroksia, joita syötettäisiin sen mukaan kuinka korkea talo on. Tämä tosin palauttaa ongelman palovaroittimien laskemisesta.

6.5 Johtotiet

Johtoteihin kuuluu niin vaakatasossa olevat kaapelihyllyt kuin kerrosten välillä kulkevat pystyhyllyt. Koska kohteiden välillä oli paljon eroa siinä, kuinka johtotiet oli toteutettu ja oliko pystyhyllyjä käytetty, päätettiin insinööriyössä johtoteiden laskeminen jättää pakettilaskennan ulkopuolelle. Johtoteiden laskemisessa kannattaa mieluummin tutkia tietokoneavusteisten laskentaohjelmien käyttöä johtoteiden massojen hahmottamiseen.

6.6 Varastotilat

Kerrostalo sisältää yleensä useampia erityyppisiä varastotiloja. Yleisimmät tilat, jotka löytyvät lähes poikkeuksetta jokaisesta talosta, ovat ulkovälinevarasto esimerkiksi pyörille ja irtaimistovarasto, jossa jokaista asuntoa kohden löytyy oma lukollinen säilytystila. Nämä tilat ovat tyypillisesti hyvin yksinkertaisia ja samankaltaisia, joten yhteyden löytäminen eri kohteiden väliltä on täysin mahdollista. Insinööriyössä käytettyjen esimerkkikohteiden välillä oli tosin pientä eroa, minkä takia tilastojen pohjalta ei pystytty luomaan tarkkaa arviota. Koska varastotilat täytyy todennäköisesti toteuttaa niin, että kokonainen varasto sijoitetaan yhden paketin alle, kasvaa paketin koko niin paljon, ettei pakettia uskallettu luoda vain kahden kohteen perusteella.

Ulkovälinevaraston kanssa ongelmaksi voi muodostua se, että kaikissa kohteissa varastoa varten keskuksessa ei ole omaa lähtöä. Koska ulkovälinevaraston luoma kuorma on niin vähäistä, näissä kohteissa kaapeloidaan varasto jatkoksi viereistä tilaa syöttävään kaapeliin. Tästä on toki myös hyötyä, koska tällöin pakettia tehtäessä ei tarvitse miettiä varaston ja keskuksen välisen eron luomaa vaihtelua. Koska ulkovälinevaraston kohdalla sitä varten tarvittavat materiaalit ja asennukset ovat niin vähäiset, on varaston vaikutus urakassa hyvin pieni. Tämän takia ulkovälinevarastolle ei luotu omaa pakettia, vaan se voidaan helposti laskea osana rappukäytävän kaapelointia.

Irtaimistovaraston kohdalla puolestaan voi syntyä merkittäviä eroja eri kohteiden välille. Näistä selkein on asuntojen määrästä riippuva irtaimistovaraston koko. Varastoissa tosin valaistaan yleensä vain käytävät, joten varaston hinta ei muutu tämän takia merkittävästi. Irtaimistovarastojen valaistus ja pistorasiat kaapeloidaan yleensä omana lähtönä keskukselta, joten varaston ja keskuksen välinen etäisyys voi luoda eroa eri kohteiden välille. Tämä esiintyy erityisesti kohteissa, joissa alimman kerroksen sijaan irtaimistovarasto on sijoitettu ullakolle. Tällainen ratkaisu tosin on yleisempää vanhojen talojen kohdalla ja melko harvinaista uusien kohteiden yhteydessä. Paketteja luodessa täytyy huomioida myös se, että kohteessa saattaa olla useampia varastoja.

Merkittävämpi ero puolestaan syntyy siitä, että osa irtaimistovarastoista toimii myös väestönsuojana. Tämä kasvattaa varaston hintaa huomattavasti ja täytyy miettiä, miten tällainen varasto toteutetaan laskentaohjelmaan. Koska väestönsuojan tarpeet sähköurakoitsijan kannalta ovat yleensä hyvin samanlaiset eri kohteiden välillä, voi väestönsuojaa varten tulevat materiaalit mahdollisesti sijoittaa suoraan irtaimistovaraston alle. Tällöin irtaimistovarastoille tehtäisiin siis kaksi eri pakettia, normaalille varastolle ja varastolle, joka toimii väestönsuojana. Toinen tapa olisi luoda väestönsuojalle oma pakettinsa, jonka lisääminen irtaimistovarastosta tehdyn paketin kanssa kattaa kaikki tarvittavat materiaalit väestönsuojana toimivasta varastosta.

6.7 Ulkorakennukset

Rakennuksessa saattaa olla myös erillisiä ulkotiloja. Näitä voivat muun muassa olla roskakatos tai edellä mainittujen varastotilojen lisäksi tontilla sijaitseva halli, joka toimii varastotilana. Tällaiset tilat yleensä palvelevat koko kohdetta eikä aikaisempien tilojen tapaan yhtä rappua. Koska ulkorakennukset palvelevat monia eri tarpeita, on niiden välillä huomattavasti eroa, esimerkiksi roskakatoksessa saattaa olla roskalaatikoiden lisäksi joissain tapauksissa jätepuristin.

Pakettien luonnissa täytyy miettiä, onko pakettiin selkeämpää sisällyttää vain ulkorakennuksen sisäiset massat. Koska ulkorakennuksen sijainti syöttävään keskukseseen nähden voi vaihdella huomattavasti kohteesta toiseen, mikä vaikuttaa niin syöttävän kaapelin pituuteen kuin myös sen asennustapaan. Koska insinööriyössä käytettyjen esimerkkikohteiden kohdalla ei tällaisista tiloista ollut hyviä esimerkkejä, päätettiin ulkorakennuksille tehtävät paketit jättää työn ulkopuolelle.

7 Nousujohdot

Nousujohdoilla tarkoitetaan keskusten välisiä syöttöjä. Koska talojen pohjaratkaisut ovat erilaisia ja talot ovat eri kokoisia, eli keskusten määrä vaihtelee, voi olla hankalaa löytää sellainen keskiarvo, joka kattaisi kaikki keskusten väliset syötöt. Sen sijaan täytyy tutkia nousujohdon osia pienempinä kokonaisuuksina. Voidaan esimerkiksi pyrkiä mittauskeskuksen ja asuntokeskuksen välinen kaapeli laskemaan omana osionaan.

7.1 Liittymiskaapeli

Liittymispisteen ja kiinteistön pääkeskuksen välistä kaapelia kutsutaan liittymiskaapeliksi. Yleensä liittymispiste sijaitsee kiinteistön tontin rajalla ja liittymispisteessä kiinteistö liitetään jakeluverkkoon. Koska liittymiskaapeli on peruskaapeleihin verrattuna kallista ja kaapeleita asennetaan yleensä useampi rinnakkain, täytyy laskennassa saada mahdollisimman tarkka arvio liittymiskaapelin pituudesta.

Jakeluverkonhaltija tuo syöttökaapelin yleensä tontin rajalle, mistä se täytyy sähköura-koitsijan useimmiten jatkaa. Kaapelin jatkamisessa ongelmana on se, että liittymiskaapelia ei aina lasketa, mikä on helppo korjata jättämällä paketti pois laskennasta. Suurempi ongelma on se, että tontin koosta ja pääkeskuksen sijainnista riippuen voi kaapelin pituus vaihdella merkittävästi. Liittymiskaapelin laskentaprosessi on hyvin nopea, koska rakennusurakoitsija yleensä asentaa kaapelille valmiit putkitukset maahan. Tämän takia insinööriyössä ei kannata liittymiskaapelille luoda omaa pakettia.

7.2 Keskusten väliset syötöt

Keskusten välisillä syötöillä tarkoitetaan pääkeskukselta eteenpäin lähteviä nousuja. Kuten edellä mainittiin, voi pakettien luominen kaikille nousujohdoille olla hankalaa. Asunnoille tulevia nousuja voidaan kuitenkin tutkia, jos löydetään keskiarvo, jolla voi nopeuttaa kaapeleiden laskemista.

Työssä nousujohtoille tehtäviä paketteja hahmoteltiin laskemalla asunnoille asennettavien nousujohtojen pituuksia ja arvioimalla, mitä asennustapoja nousujohton asentamiseen pääkeskukselta asunnolle tarvitaan. Malliasuntojen pohjalta saatiin laskettua suuntaa antava arvio, jota käyttäen pystyttiin arvioimaan prosenttiosuudet siitä, mikä osuus nousujohtosta asennetaan milläkin tavalla.

Taulukko 25: Nousujohtojen keskiarvot eri asunnoille.

Nousu	1krs	2krs	3krs	4krs	5krs	
jm	71	67	62	66	46	
oh	145	143	145	108	120	
khpy	20	40	60	80	100	
yht	236	250	267	254	266	
Prosenttiosuus						Keskiarvo
jm	0,30	0,27	0,23	0,26	0,17	0,25
oh	0,61	0,57	0,54	0,43	0,45	0,52
khpy	0,08	0,16	0,22	0,31	0,38	0,23

Taulukosta huomataan, että kerroksia vertailtaessa, samanpituisen syöttö kahteen eri kerrokseen tuotti hyvin erilaiset suhteet asennustapojen välillä. Mutta laskettaessa kaikkien eri nousujen asennustavat yhteen ja käyttäen näin saatua suhdetta tasoittuivat nousujen väliset erot niin, että lopputulos oli hyvin lähellä tarkkaan laskettua arvoa.

Tältä pohjalta luotiin laskentaohjelmaan paketit eripituisille kaapeleille 20 metristä eteenpäin 10 metrin välein. Samat paketit toistettiin kaikille yleisimmille nousujohtotyypeille, jolloin saatiin kattava valikoima paketteja eri tilanteisiin. Koska nousujohtoja varten tarvittavat kytkennät laskettiin keskuksissa, ei niitä tarvitse huomioida nousujohtolaskelmassa.

Laskentaprosessin voisi toteuttaa käymällä läpi talon nousujohtojen pituuksia niin, että saadaan tarpeeksi kattava arvio eripituisista nousuista. Tämän jälkeen lasketaan näiden perusteella keskiarvo ja syötetään laskentaohjelmaan asuntojen lukumäärän verran keskiarvopituutta vastaavia paketteja. Jos talosta käytetään useampaa kuin yhtä kaapelityyppiä, täytyy tapauskohtaisesti arvioida, joudutaanko eri kaapelityypeille laskemaan omat keskiarvonsa. Tällainen tilanne olisi esimerkiksi silloin, jos keskusta lähempänä olevat alemmat kerrokset kaapeloidaan ohuemmalla kaapelilla kuin ylempien kerrosten asunnot.

8 Telekaapelit

Telekaapeleilla tarkoitetaan asuntoon tulevia tietoverkko- ja antennikaapeleita. Tässä tutkitaan erityisesti sitä, miten asunnoille tulevat kaapelit pystyttäisiin laskemaan paketteja käyttäen. Laskennan kannalta nopein lähestymistapa olisi syöttää jakamolta asunnoille nousevat telekaapelit nousujohtojen yhteydessä. Tällöin, jos todetaan, että telekaapelit kaapeloidaan nousujohtojen tapaan ja kaapelit ovat yhtä pitkiä, voitaisiin telekaapelit pyrkiä sijoittamaan suoraan nousujohtojen kanssa saman paketin sisälle.

8.1 Tietoverkkokaapelointi

Molempia kohteita tutkittaessa todettiin, että tietoverkkokaapelointi on lähes identtinen nousukaapeleiden kanssa. Ainoa ero syntyy siinä, että nousukaapelit lähtevät rappukohtaisilta mittauskeskuksilta, kun vastaavasti tietoverkkokaapelointi lähtee molemmissa kohteissa keskushuoneen vieressä olevasta teletilasta. Tämä tekee kaapeleihin muutaman metrin eron, joka todennäköisesti estää yhdistelmäkaapeleiden käytön. Erilistä Cat- ja valokuitukaapelia käytettäessä pitäisi pienen eron kuitenkin tasaantua nousujen lähtiessä eri puolille asuntoa.

Laskennassa voi tosin syntyä ongelma silloin, jos esimerkkikohteista poiketen mittauskeskukset sijaitsevat vastaavan rapun alimmassa kerroksessa. Esimerkkikohteissa mittauskeskukset sijaittivat keskushuoneessa, joka oli teletilan vieressä. Tällöin asunolle nousevat kaapelit olivat samanpituiset. Tilanteessa, jossa mittauskeskus sijoitetaan muualle, voi tietoverkkokaapelin ja nousujohtojen välille syntyä merkittävä ero.

Koska tietoverkkokaapelointi toteutetaan projektihankintana, lasketaan siitä vain kaapeleiden veto ilman kytkentöjä ja RJ45-rasiaa varten asennettavat peitelevyt asuntoihin. Projektihankkija toteuttaa pisteiden päättämisen. Koska peitelevyt ja asuntojen sisäiset tietoverkkokaapelit lasketaan asuntojen kalusteiden yhteydessä, ei niitä huomioida tässä kohtaa. Projektihankinnasta syntyvä ongelma on se, että tietoverkkokaapeloinnissa voi projektihankkijoiden välillä olla eroja sen kanssa, mikä osuus urakasta kuuluu projektihankkijalle ja mikä sähköurakoitsijalle.

Laskelmassa ei ole huomioitu ristikytkentätelineiden välisiä kaapeleita sekä asuntojen ulkopuolelle jääville rasioille tarvittavaa kaapelia. Tämä johtuu siitä, että rakennusten

koosta ja teletilojen sijainnista johtuen voivat kaapeleiden pituudet vaihdella huomattavasti. Toinen asia, jota laskennassa ei ole huomioitu, on joissain kohteissa tarvittavat Cat6-kaapelin sijaan käytetyt erikoiskaapelit, kuten maahan asennettavaa supercat-kaapeli.

8.2 Antennikaapelit

Antennikaapeleita tutkittaessa todettiin, että kaikki, mikä pitää paikkansa tietoverkko-kaapeloinnista, on totta myös antennikaapeleiden kohdalla. Ainoa ero oli siinä, että tietoverkkokaapeloinnissa kaikille asunnoille asennetaan yleensä saman tyypin kaapelit, kun antennikaapeleiden kanssa kaapelin pituudesta riippuen käytettiin eri kaapelityyppejä. Paketteja luotaessa täytyy siis ottaa huomioon se, että antennikaapelin tyyppi täytyy valita pakettiin nousujohdon pituuden mukaan.

Antennikaavioiden epäselvyyden takia kuvasta oli hankalaa selvittää tarkkaa etäisyyttä, jolla antennikaapelityyppi vaihtuu. Kaaviossa esitettiin ohjaava teksti, jonka mukaan jaottimen ja kotijakamon välin ollessa yli 30 metriä käytetään kaapelityyppiä Tellu7. Asian varmistamiseksi olisi kuitenkin hyvä jatkotoimenpiteenä pakettilaskentaa testatessa tarkistaa tuo pituus jostain selkeämmästä kohteesta. Tämän perusteella voidaan nousujohtopaketteihin syöttää antennikaapelit samassa suhteessa nousujohdon kanssa niin, että 10 ja 20 metrin paketeissa käytetään kaapelityyppiä Tellu13 ja siitä eteenpäin kaapelityyppiä Tellu7.

Tietoverkkokaapeloinnin tapaan antennijärjestelmä toteutetaan projektihankintana, jolloin siitä lasketaan vain kaapeleiden osuus ja antennirasiaa varten asennettava peitelevy. Antennikaapeleiden pakettilaskennassa ei myöskään ole huomioitu muuta kuin jaottimen ja kotijakamon välinen nousu ja asunnon sisällä kulkevat kaapelit. Kaikki muut rappujen jakamoiden väliset kaapelit ja asuntojen ulkopuolelle tulevat antennipisteet täytyy laskea erikseen tapauskohtaisesti.

8.3 Vaihtoehtoinen pakettien luominen

Jos yleis- ja antennikaapeleiden laskennassa syntyneet ongelmat osoittautuvat arvioitua isommiksi, voi niiden sisällyttäminen nousujohtojen kanssa käydä hankalaksi. Tämä voi johtaa siihen, että laskelma ei pidä paikkaansa tai nousujohtojen tehtävien pa-

kettien määrä kasvaa moninkertaiseksi, jos kaikille erilaisille toteutustavoille täytyy tehdä omat paketit. Tällöin täytyy miettiä vaihtoehtona sitä, että tietoverkkokaapeloinnille ja antennikaapeleille luodaan omat paketit.

Telekaapeleiden syöttötapa laskentaohjelmaan olisi periaatteeltaan sama kuin nousujohtojen kanssa. Jos nousujohdolle lasketaan keskiarvoksi 40 metriä, voidaan telekaapeleiden kanssa käyttää samaa keskiarvoa, syöttämällä laskentaohjelmaan oikeaa tyyppiä olevat 40 metrin paketit. Huono puoli erillisten pakettien kanssa on se, että yhden pakettityypin syöttämisen sijaan täytyy nyt syöttää kolmea eri pakettia.

Näin tehtävistä paketeista saatava hyöty puolestaan olisi siinä, että paloista rakennettava kokonaisuus olisi joustavampi kohteen eri vaatimuksille ja poikkeustilanteille. Toinen hyöty on se, että jos poikkeustilanteet todetaan hinnan kannalta merkittäviksi, täytyisi niitä varten luoda omat versiot nousujohtopaketeista. Tämä voi nopeasti moninkertaistaa tarvittavien pakettien määrän ja näin tehdä pakettien käytöstä laskennassa sekavampaa.

9 Maadoitus

Maadoitus käsittää kaikki talossa esiintyvät erilaiset potentiaalin tasaukset. Kerrostoiloissa nämä sijaitsevat yleensä keskushuoneessa ja mahdollisten muiden isojen keskusten yhteydessä. Näissä tiloissa esimerkiksi isot keskukset, putkitukset ja kaapelihyllyt maadoitetaan. Asuntoihin ei tarvita erillisiä maadoituksia vaan asuntojen maadoitus hoidetaan nousujohtojen mukana tulevalla maajohtolla. Maadoitukseen voisi mahdollisesti löytyä jokin keskiarvo, missä maadoituskaaviosta laskettaisiin lähtevien maajohtojen määrä ja syötettäisiin saadun lukumäärän verran laskelmaan paketteja, joissa olisi keskiarvon perusteella saatu kaapelia.

Insinöörityötä tehdessä todettiin, että koko rakennuksen kattavan keskiarvon löytäminen oli hankalaa, sillä ainoastaan keskushuoneiden sisäiset maadoitukset olivat samankaltaisia molemmissa kohteissa. Keskushuoneen ulkopuolisten maadoituskiskojen ja suurien kojeiden maadoitukselle ei löydetty mitään yhteistä keskiarvoa.

Tämä loi kohteiden välille maadoituksessa niin selkeän eron, että järkevien pakettien hahmottaminen oli hankalaa ja maadoituksesta olisi saatu vain osa pakettipohjaiseen laskentaan. Tällöin ongelmaksi syntyi se, että vain helpoimmat osa-alueet maadoituksesta saataisiin laskettua paketeilla ja pakettien sekoittaminen laskelmaan saattaisi vain hankaloittaa laskentaprosessia, koska laskentaa tekevän henkilön täytyisi muistaa, mitkä osuudet maadoituksesta on jo laskettu, jottei laskelmaan syntyisi päällekkäisyyksiä.

Kaapeloinnin lisäksi maadoitukseen kuuluu myös esimerkiksi maadoituskiskoja sekä putkistoa varten tarvittavia erikoiskiinnikkeitä. Näiden erot vaihtelivat kohteessa jonkin verran, ja selvä samanlaisuus oli havaittavissa jälleen vain keskushuoneessa. Tämäkin tosin saattaa muiden kohteiden kanssa vaihdella, koska maadoituskiskojen koko ja erikoiskiinnikkeiden määrä vaihtelee sen mukaan, kuinka iso rakennus on. Koska näiden materiaalien laskeminen maadoituskaaviosta on hyvin helppoa, ei työssä nähty tarpeelliseksi pyrkiä luomaan maadoitukselle paketteja, joilla laskennasta voitaisiin saada tehokkaampaa.

Maadoituksen viimeinen tärkeä osa-alue on maahan tuleva kuparijohto, jolla maadoituksen potentiaali saadaan yhtä suureksi maan sähkökentän potentiaaliksi kanssa. Tämä luo usein suuren osan maadoituksen hinnasta, ja näin sen laskeminen tarkasti on tärkeää. Koska yleisesti maahan asennettava kuparijohto vedetään rakennuksen ulko-reunojen mukaan, ei kohteiden väliltä löydetty selkeää yhteyttä, koska rakennukset olivat ulkomuodoltaan hyvin erilaiset. Kuparijohto kytketään talon kiertämisen jälkeen päämaadoituskiskoon, joten tarvittavan johdon määrä riippuu myös rakennuksen päämaadoituskiskon sijainnista.

Koska kohteiden väliltä ei löytynyt selkeää yhtenäisyyttä, jolla koko kohde saataisiin laskettua pakettien avulla, päätettiin maadoitus jättää pakettilaskennan ulkopuolelle. Ainoa osa-alue, johon pakettien luominen olisi voinut olla mahdollista, oli keskushuoneen sisältämät maadoitukset. Mutta myös keskushuoneissa saattaa esiintyä pieniä eroja ja pienen osan erottaminen muusta maadoituksesta eri laskentamallin alle todennäköisesti vain hankaloittaa laskentaprosessia.

10 Voimaryhmät

Voimaryhmillä tarkoitetaan suoraan keskuksilta lähteviä syöttöjä moottoreille tai muille kojeille. Isoja kojeita laskiessa täytyy usein ottaa huomioon myös turvakytkimet, liitäntäkaapeli, kumijatko ja moottorin perushinta. Monen huomioon otettavan asian takia pakettien luominen voi olla hankalaa, mutta voimaryhmien saamisella pakettilaskentaan säästettäisiin pakettienkäytöllä selkeästi aikaa laskennan suorittamisessa.

Ongelma voimaryhmien kanssa tosin syntyi siitä, että kohteiden välillä oli tarvittavilla voimaryhmien lähdoilla ja kaapeleiden pituuksilla selkeitä eroja. Myös kojeiden tarvitsemat asennukset ja materiaalit vaihtelivat niin paljon kojeiden välillä, että insinööri­työssä päätettiin voimaryhmät jättää pakettilaskennan ulkopuolelle. Jatkotoimenpiteenä vertailemalla useampaa kohdetta voisi voimaryhmille löytyä järkeviä paketteja, jos ei muusta niin ainakin kojeen luokse tulevista materiaaleista, jolloin täytyisi laskea vain tarvittava kaapeli.

Toinen osa-alue, jota voimaryhmistä kannattaa tutkia, on IV-konehuoneiden sisältö, jos konehuoneiden välillä useampaa kohdetta tarkastellessa löytyy selkeä yhteys. Pienien erojen takia mallina olleiden kohteiden perusteella ei lähdetty konehuoneelle luomaan omaa pakettia.

11 Valaisimet

Valaisimet hankitaan projektihankintana, siksi tarjousta laskettaessa täytyy ottaa kantaa vain kaapelin pituuteen sekä kaapelin ja valaisimen asennukseen liittyviin tarvikkeisiin. Valaisimille tuleva kaapeli on laskettu jo aikaisemmin paketeissa asuntojen sisällä sekä rappukäytävissä. Erikoistiloissa kuten autohalleissa ja liiketiloissa valaisimille tuleva kaapeli lasketaan samalla, kun kyseiset tilat lasketaan omana osa-alueenaan. Valaisimen asennus on helppo laskea suoraan valaisinluettelosta, jossa käydään eri tyyppin valaisimet läpi ja luettelon mukaan laitetaan valaisimille oikea määrä asennuksia ja samalla laskelmaan syötetään myös valaisimia vastaava määrä asennusvaraksi kaapelijatkoja.

Koska tämä prosessi on niin suoraviivainen ja nopea, ei insinööriyössä pyritty kehittämään laskentaan uutta paketteihin perustavaa laskentatapaa, joka todennäköisesti vain vaikeuttaisi laskentaprosessia. Tarjoushintaan lasketaan myös valaisimien hinta, mutta koska nämä hinnat pyydetään tarjouksena projektihankkijoilta, ei valaisimien hintoja tarvitse sotkea kohteen laskentavaiheeseen.

12 Sulanapito

Sulanapito käsittää suurimmaksi osaksi talon ulkorakenteiden jäätyminen estämistä varten asennettavat lämmitykset. Tähän on syynä se, että asuntoihin kuuluvat lattialämmitykset lasketaan osana asunnon hintaa ja lattialämmityksiä vastaavat paketit on luotu asuntolaskelman yhteydessä. Näin laskematta jää ulkorakenteiden sulanapidot.

Sulanapidolle voi olla mahdollista löytää yhteys, jonka avulla saadaan luotua laskennassa käytettäviä paketteja. Tosin, koska sulanapidon lämmityskaapeleista pyydetään projektihankintatarjous, ei kaapeleita sijoiteta pakettien sisälle laskentaan. Tämän sijaan tarjoukseen lasketaan ainoastaan lämmityskaapeleita syöttävät kaapelit ja projektihankintana hankittavan lämmityskaapelin asennus. Koska sulanapidon lämmityskaapeleita syöttäviä kaapeleita vertailtaessa oli niiden pituuksilla hyvin suuria eroja, ei luotettavaa keskiarvoa pystytty laskemaan. Tämän lisäksi, koska lämmityskaapeleiden pituudet olivat tapauskohtaisia, päätettiin insinööriyössä jättää sulanapito pakettilaskennan ulkopuolelle.

13 Ovipuhelin

Ovipuhelin sisältää ulko-ovilla sijaitsevat sekä asuntokohtaiset puhelimet. Puhelimien lisäksi ovipuhelimeen kuuluu keskus ja puhelimet yhteen kytkevä kaapelointi. Koska ovipuhelinjärjestelmästä kaikki muu paitsi kaapelointi hankitaan projektihankintana, ei pakettilaskennassa tarvitse ottaa mitään muuta huomioon.

Pakettien luominen ovipuhelimille on hyvinkin mahdollista, sillä järjestelmä on aina samantapainen. Puhelimien sijainnit ovat aina samat; jokaiselle ulko-ovelle tulee puhelin ja jokaiseen asuntoon asennetaan yksi puhelin. Näin kohteiden välille ei synny suuria eroja. Ovipuhelin ei ole samantapainen kuin tietoverkkokaapelointi, jossa jokaiselle

asunnolle asennetaan oma kaapeli vaan ylempien kerrosten asunnot jatketaan suoraan alemman kerroksen puhelimelta. Tämän takia asuntojen välisten kaapeleiden hahmottaminen on helppoa ja sitä varten voidaan luoda paketti, joka sisältää kaapelin kerrosten välillä puhelimelta toiselle. Laskennassa täytyisi vain selvittää asuntojen lukumäärä ja syöttää laskelmaan asuntojen määrän verran nousujohtoja.

Insinööriyössä syntyi kuitenkin ongelma siinä vaiheessa, kun yritettiin selvittää alinta kerrosta, jossa luodaan asunnon alimmassa kerroksessa oleva verkko, josta nousut lähtevät asunnoille. Tämä johtui siitä, että esimerkkikohteessa olleet ovipuhelimet kaapelointiin kellarikerroksen kautta kahteen eri rappuun, joista toisessa oli neljä asuntoa kerrosta kohden ja toisessa kahdeksan. Tämän lisäksi molemmat raput ja rappujen ulko-oville tulevat ovipuhelimet kaapeloidaan samasta sähköpääkeskushuoneesta sijaitsevasta ovipuhelinkeskuksesta. Kun eri rappuja palvelevat kaapelit laskettiin, huomattiin tarvittavan kaapelin määrässä merkittävä ero.

Tämän takia ei onnistuttu löytämään yhteistä keskiarvoa, jota voitaisiin käyttää kaikilla eri rapuilla laskemaan alimman kerroksen kaapelointi ja ulko-oven ovipuhelimelle tarvittavat kaapelit. Koska ovipuhelimesta saatiin vain asunnoille nouseva osuus hahmoteltua, jäi ovipuhelinjärjestelmästä niin paljon laskematta, että se päätettiin jättää pakettilaskennan ulkopuolelle. Insinööriyön jatkotoimenpiteenä vertailtaessa useamman kohteen ovipuhelinjärjestelmiä, on mahdollista löytää keskiarvo, jota voitaisiin käyttää ovipuhelimen tuomiseen pakettilaskennan alle.

14 Turvajärjestelmät

Turvajärjestelmien tehtävänä on suojata niin asukkaita kuin irtaimistoa. Yleisiä turvajärjestelmiä ovat oviautomaatiikka, rikosilmoitus, paloilmoitus, videovalvonta ja turvavalistus. Kerrostalokohteissa sähköurakoitsijan kannalta merkittäviä turvajärjestelmiä ovat paloilmoitus ja turvavalistus. Muilla on vain pieni vaikutus sähköurakkaan tai ne ovat hyvin harvinaisia.

Jos järjestelmistä pyydetään sähköurakassa projekti-hankintatarjous, keskus ja laitteet tulevat projekti-hankkijalta eikä niitä tarvitse laskea tarjouksessa. Tarjouslaskennan osat, jotka on mahdollista viedä pakettilaskennan alle, ovat kaapelit, niiden asentaminen ja kalusteiden asennus ja mahdollinen kaapeleiden kytkentä.

Helpoin lähestymistapa pakettien luomiseen olisi hahmotella asuntoon tarvittavan kaapelin määrä turvavalaisimien ja palovaroittimien kohdalla ja sen jälkeen jakaa saatu kaapeli valaisimien tai varoittimien määrällä. Näin pystyttäisiin tekemään karkea arvio siitä, kuinka paljon yhtä valaisinta tai varoitinta kohden tarvitaan kaapelia. Tämän jälkeen luotaisiin paketit, joihin syötettäisiin keskiarvona saadun kaapelin määrä sekä tarpeelliset asennukset ja kytkennät.

Palovaroittimien kohdalla laskettiin yhteen kaikki järjestelmää varten tarvittavat kaapelit ja kohteessa olleet palovaroittimet, kellot ja painikkeet. Tämän perusteella saatiin malliarvot, joilla jaettiin yhteenlasketun kaapelin määrä kohteeseen tulevilla kalusteilla.

Taulukko 26: Kaapelin keskiarvo palovaroitinjärjestelmässä.

Palovaroitin		
KLMA 4x0,8	kaapeli /m	Keskiarvo /piste
KHME	200,00	4,3
OH	100,00	2,2
O+JM	400,00	8,7

Saaduista arvoista voidaan pyöristää paremmin ohjelmaan sopivat määrät kaapeleille ja tehdä paketit, joihin sijoitetaan kaapelin lisäksi tarvittavan kalusteen asennuspaketti. Palovaroitinpaketteja tehdessä täytyy huomioida se, että paketeista täytyy tehdä kaksi versiota, riippuen siitä, asennetaanko kaluste kiveen vai puulle.

Koska kyseessä on vain yhdestä kohteesta tehty raaka-arvio, kannattaa insinööriyön jatkotoimenpiteenä vertailla saatua arvoa muihin kohteisiin, jotta nähdään, vaihtelee kaapelin määrä kohteesta toiseen. Toinen tärkeä asia, joka täytyy ehdottomasti ottaa huomioon muita kohteita tarkkailtaessa, on se, että paloilmoitusjärjestelmän voi toteuttaa monella eri tavalla. Tämän takia kohteessa täytyy varmistaa, että järjestelmä on samanlainen ja miettiä eri toteutustavoille omat paketit laskentaohjelmaan.

Kohteessa ei esiintynyt turvavalaistusta, josta olisi pystytty tekemään paketteja kerrostalolaskentaa varten. Tämän takia insinööriyössä turvavalaistus jätettiin pakettilaskennan ulkopuolelle, mutta jatkossa tutkimalla kohteita, joissa turvavalaistusta esiintyy, on mahdollista löytää yhteys, jolla turvavalaisimet saadaan pakettilaskennan sisälle.

15 Savunpoisto

Savunpoisto on yleensä toteutettu rappukäytävän kattoon asennetuilla savunpoistoikunoilla tai -luukuilla ja mahdollisesti savunpoistopuhaltimilla. Koska savunpoistossa käytettyjen koneiden sijainti on aina rapun päällä ja konetta varten tarvittavat materiaalit hyvin samanlaisia, on savunpoiston tuominen pakettilaskentaan muita voimaryhmiä helpompaa. Savunpoistossa on myös muita osa-alueita kuten autohallit, mutta niiden arviointi ja yhteyden löytäminen on huomattavasti hankalampaa.

Rappujen savunpoistoa varten laskelmassa tarvitaan yleensä moottorin perushinta, savunpoistolaukaisupainike sekä FRHF-kaapeli moottorille ja sv-painikkeelle sekä kaapelin kytkeminen.

Vertailtaessa kahta kohdetta rappua kohden tarvittavat materiaalit olivat samat muuten, mutta tarvittavan kaapelin määrässä oli eroa kohteiden välillä. Tämän takia kahden kohteen perusteella päätettiin insinööriyössä jättää savunpoisto pakettilaskennan ulkopuolelle, mutta jatkotoimena pakettilaskentaa testatessa uusilla kohteilla voidaan savunpoistonkaapeleiden keskiarvoja vertailla, jos kohteiden väliltä löydettäisiin selkeä yhteys.

16 Rakennusautomaatio

Rakennusautomaatiolla tarkoitetaan rakennuksessa olevia automatisoituja järjestelmiä. Sähköurakoitsijalle rakennusautomaatiosta kuuluu RAU-kaapeleiden asentaminen ja kytkeminen. Insinööriyössä todettiin, että RAU-kaapeleiden välillä oli niin suuria eroja, että ne päätettiin jättää pakettilaskennan ulkopuolelle.

Ainoa osa-alue, missä RAU-kaapeleilla ei ollut suuria eroja, oli keskushuoneiden sisällä kulkevat kaapelit. Keskushuoneita laskiessa täytyy käydä RAU-kuvat läpi ja laskea sieltä kaapeleiden määrät. Tämän jälkeen keskushuoneen koon mukaan lasketaan kaapelit arviona. Koska tämä on vain pieni osa RAU-kaapeleita ja prosessina keskushuoneen kaapeleiden laskeminen ei ole hankalaa, todettiin, että pienen osan siirtäminen pakettilaskennan alle vain hankaloittaa rakennusautomaation laskemista.

17 Autohallit

Kummassakaan työssä käytetyssä esimerkkikohteessa ei ollut erillistä autohallia, joten niistä ei saatu laskentatulosta. Mitä taas tiedetään kokemuksesta, autohallien kanssa ongelmaksi saattaa syntyä se, että autohallien varustelutaso vaihtelee kohteiden välillä, mikä voi vaikuttaa huomattavasti hintaan.

Toinen ongelma autohallin laskemisessa pakettien avulla, on autohallien koon vaihtelevuus. Yksi laskentatapa voisi olla autohallin koon hahmottaminen kohteen asuntojen lukumäärän perusteella. Tässä tosin syntyy ongelmaksi se, että kaikki kohteet eivät tarjoa autopaikkoja samassa suhteessa asuntoihin verrattuna. Joissain kohteissa autohallista pyritään tarjoamaan paikka lähes kaikille talon asukkailla ja toisaalla saattaa autohalli olla vain pienelle osalle asukkaista.

Yksi suurimmista vaikuttavista tekijöistä on talon sijainti. Jos talo on alueella, johon saadaan tehtyä ulkopaikkoja, tai alueella sijaitsee jo parkkipaikka, jota talon asukkaat voivat käyttää, voidaan talon parkkihallista tehdä pienempi. Alueella, jolle talo rakennetaan, saattaa olla myös jo valmiiksi iso parkkihalli, jota asukkaat voivat käyttää, jolloin kohteeseen ei tarvitse rakentaa omaa tai pienemmälle määrälle tarjotaan mahdollisuus autopaikkaan talon omasta hallista. Joissain tapauksissa talo rakennetaan tiheään rakennetulle alueelle, milloin alueella ei ole tilaa rakentaa autohallia, jossa olisi tilaa kaikille. Tämän takia autohallin koon vertaaminen kohteeseen tulevien asuntojen määrään voi osoittautua hankalaksi.

Tarkempi laskentatapa voisi olla se, että autohallista tehtäisiin autohallin tilavuuteen pohjautuvia paketteja. Ajatuksena olisi, että kohteesta riippumatta, jokainen autopaikka veisi suunnilleen saman verran tilaa. Näin saataisiin autopaikkojen määrästä varmasti tarkempi arvio. Jos tilavuuden hahmottaminen osoittautuu hankalaksi, vaihtoehtoinen lähestymistapa olisi laskea kuvasta suoraan autopaikkojen määrä. Autopaikkojen mukaan hallia laskettaessa tärkein muuttuja on, tuleeko paikoille lämmitystolpat vai ei.

Mikään näistä ajatusmalleista ei ratkaise sitä ongelmaa, että ennen kuin eri kohteita, joissa on autohalli, pääsee vertailemaan, on vaikea sanoa, pystytäänkö autohalleista luomaan paketteja vai onko kohteiden välillä niin suuri ero autohallin varustelussa, ettei luotettavia arvoja saada.

18 Pakettien luonti laskentaohjelmaan

Työn tärkein osuus on saada työssä hahmotellut paketit luotua laskentaohjelmaan, jotta niitä voidaan alkaa kokeilla todellisten projektien laskennassa. Työssä määriteltyjen arvojen perusteella luodaan laskentaohjelmaan paketit, jotka sisältävät kaiken tarvittavan.

Syöttäminen aloitetaan luomalla paketeista mallikansioita, jotta niiden muokkaaminen oikeaan muotoon pysyy helppona ja virheitä voidaan vielä korjata, jos sellaisia havaitaan. Tämän jälkeen luodaan ohjelmaan oma alakansio, johon oikeisiin paketteihin kopioidaan mallikansioiden sisältö.

Kun paketit ollaan saatu syötettyä ohjelmaan, pyritään ohjelman syöttösivuille luomaan pakettilaskennalle oma osio, joka havainnollistaa ja helpottaa pakettien käyttöä. Syöttösivujen periaatteena toimii tässä työssä käytetty otsikoiden erottelu. Näin pakettien syöttösivujen rakenne saadaan selkeämmäksi ja insinööriä voidaan helpommin käyttää oppaana ongelmatilanteissa.

19 Tietokoneavusteinen laskenta

Tietokoneavusteisessa laskennassa pyrittäisiin käyttämään hyväksi suunnitteluohjelmia, jotta kuvista voitaisiin saada mahdollisimman paljon massalistoja, joita voitaisiin käyttää tarjouslaskennassa. Insinööriä on käytetty esimerkkinä massalistaa huoneiden kalusteista, joka nopeuttaisi pisteisiin perustuvaa pakettilaskelmaa huomattavasti. Näin asunnoille pystyttäisiin laskemaan melko tarkka hinta helposti ja huomattavasti nopeammin. Tietokoneavusteisia ohjelmia pystytään käyttämään hyväksi myös monessa muussa osa-alueessa ja saatuja massalistoja pystyttäisiin varmasti hyödyntämään eri kohteiden pakettien kanssa. Tässä työssä tosin keskityttiin enemmän pakettien luomisen periaatteisiin eikä niinkään siihen, mitä mahdollisia massalistoja tietokoneavusteisella laskentaohjelmalla voidaan tehdä.

20 Riskitarkastelu

Riskitarkastelun tavoitteena on pyrkiä tunnistamaan pakettilaskennassa syntyviä riskejä, arvioimaan riskien merkitys ja pohtimaan toimenpiteitä, joilla syntyneitä riskejä voidaan hallita. Työn luonteen takia suurin riski, joka pakettilaskennasta syntyy, on kilpailukyisen hinnan uhraaminen laskennan nopeuttamiseksi. Suurimpia tekijöitä tähän on paketeissa käytettyjen keskiarvojen epätarkkuus tai mahdollinen materiaalien unohdaminen pakettia tehdessä. Tähän voi syynä olla esimerkiksi rakennuksessa oleva erikoinen ratkaisu, jota ei ole osattu ottaa huomioon pakettien luonnissa normaaleille asuntotyypeille.

Tästä syntyy riski, kun kaikkia kohteita aletaan tarjoamaan samalla pakettipohjalla. Tällöin pakettien keskiarvojen löytämisen jälkeen laskettaessa tarjous normaalia halvemmalle kohteelle on vaarana hinnoitella itsensä ulos urakasta liian korkealla hinnalla. Toisaalta vastakohtana, kun kohteessa on normaalia kalliimpi kalustetaso, on vaarana pakettilaskennassa tarjota kohdetta liian halvalla, jolloin kohteesta ei saada tavoiteltua myyntikatetta ja pahimmillaan voi urakka tuottaa tappiota. Tämän takia on tärkeää varsinkin pakettilaskennan alkuvaiheessa, kun paketteja testataan, käydä kohteen kuvat nopeasti läpi, jottei kalusteissa ole mitään erikoista, joka voisi nostaa hintaa.

Työssä on pyritty minimoimaan riskejä sillä, että pakettilaskentaa on pyritty käyttämään ainoastaan osa-alueilla, jossa erot kohteiden välillä ovat hyvin pieniä tai vaihtoehtoisesti alueissa, joissa kohteiden väliset erot ovat mitättömiä verratessa pieniä hintaeroja koko urakan kustannuksiin. Riskien tunnistamiseksi täytyykin alkuun pakettilaskentaa testata normaalilaskennan rinnalla. Näin pakettilaskennasta saatuja tuloksia voidaan verrata tarkasti laskettuihin kohteisiin ja havaita, jos jollain osa-alueilla tapahtuu virheitä. Jos virheitä havaitaan, täytyy tutkia, onko virheet korjattavissa vai täytyykö kyseessä oleva osa jättää pakettilaskennan ulkopuolelle. Vastaava vertailu on hyvä toteuttaa myös jatkossa, kun pakettien sisältö on saatu kohdalleen. Näin aina tietyin väliajoin toteutettu vertailu tarkistaa, että paketeilla saadaan edelleen kilpailukyinen hinta eikä sähköurakoinnissa tapahtuneiden muutosten takia pakettien tarkkuus ole heikentynyt ajan kuluessa.

Riskien suuruus kasvaa sen mukaan, mitä enemmän yhden paketin alle on pyritty sijoittamaan asioita. Tämän takia asuntolaskennan pienillä paloilla on huomattavasti pienempi riski verrattuna siihen, että asunto yritettäisiin arvioida isona kokonaisuutena.

Paketit, joista todennäköisesti insinööriyössä voi aiheutua suurin riski, on nousujohtot. Tämä korostuu varsinkin, jos pakettien alle sijoitetaan myös telekaapelit. Tämän takia riskialttiita osia täytyy tarkkailla huomattavasti enemmän ennen pakettien ottamista käyttöön urakan oikean hinnan arvioinnissa. Tästä syystä päädyttiin myös siihen ratkaisuun, että monet epävarmat isommat kokonaisuudet, joista olisi tehty yksi paketti, jätettiin tässä vaiheessa pakettilaskennan ulkopuolelle. Tällaisia olivat esimerkiksi monet yleiset tilat, joissa esimerkkirakennusten väliset vaihtelut tarkoittivat sitä, ettei kohteesta pystytty luomaan pakettia, joka olisi tarpeeksi luotettava.

Pakettilaskennan riskiä vähentää se, että hinnat on sidottu laskentaohjelman ajantasalla pitämiin hintoihin, jolloin paketeissa ei tarvitse ottaa huomioon materiaalien hintojen muutosta vaan oikean massan määrittämisen jälkeen paketti pysyy käyttökelpoisena ohjelman ansiosta.

Pakettilaskennan käyttäminen voi myös vähentää laskennassa tapahtuvan virheen riskiä. Tämä johtuu siitä, että paketit lasketaan selkeinä osina ja laskentaohjelmaan täytyy syöttää vähemmän asioita. Näin vähenee riski, siitä että jotain unohtuu laskea tai ohjelmaan syötettäessä tapahtuu virhe. Toisaalta tämä toimii myös toisinpäin siinä, että laskenta- tai syöttövirheen tapahtuessa on virheen merkitys selvästi suurempi.

Riskitarkastelussa täytyy ottaa huomioon myös se, että pakettilaskennassa voi tulla virhe, jossa jokin osa-alue syötetään kahteen kertaan tai jotain jää laskematta, koska kuvitellaan sen kuuluvan pakettilaskennan alle. Tämä riski on erityisesti pakettilaskennan käyttöönoton alkuvaiheessa, jossa pakettien käyttäminen ja niiden sisältö ei ole vielä tuttu.

21 Jatkotoimenpiteet

Työssä ei ehditty testata laskentaohjelmaan tehtyjä paketteja oikean kohteen kanssa ja verrata saatuja tuloksia. Näin tärkeimpänä jatkotoimenpiteenä insinööriyölle on jonkin kohteen kohdalla testata pakettien toimivuus ja tarkkuus. Tämän lisäksi jatkotoimenpiteitä insinööriyölle on kehittää edelleen saatuja paketteja sekä käydä läpi ja tutkia osa-alueita, jotka ajan ja lähdemateriaalin takia jäivät keskeneräisiksi. Insinööriyötä tehdessä nähtiin tärkeimmiksi asioiksi perehtyä lisää seuraavaksi eritettyihin osa-alueisiin.

Jatkotoimenpiteenä täytyy tutkia erikoisvalaisimia, kuten muuntajan jälkeisiä led-valaisimia ja -nauhoja. Tällaisten valaisimien käyttö on yleistynyt varsinkin pesuhuoneissa ja koristevaloina. Insinööriyössä olleissa kohteissa vastaavia valoja ei esiintynyt, joten valaisimille täytyy luoda paketit myöhemmin muiden kohteiden perusteella.

Koska asuntoihin tulevissa palovaroittimissa oli selkeitä eroja kaapelin määrän kanssa, täytyy ennen paketin käyttöönottoa tarkistaa palovaroittimelle tarvittava kaapeli jostain toisesta kohteesta. Tämän lisäksi yleisten tilojen palovaroittimien laskennassa käytettiin yhden kohteen massoja palovaroittimien kaapelin hahmottamiseksi. Tämän takia täytyy laskentapaketteja palovaroittimien kohdalla tarkistaa ja mahdollisesti suunnitella uudelleen ennen pakettien käyttöönottoa oikeassa kohteessa.

Yleisistä tiloista pystyttiin selvittämään rappukäytävään tarvittavat massat alinta kerrosta lukuun ottamatta. Jatkotoimenpiteenä voisi tutkia muita kohteita ja yrittää selvittää, löytyisikö näistä tiloista pienempiä osia, jotka voitaisiin viedä pakettilaskennan alle. Täytyy tosin arvioida näin saatava hyöty, jottei pienistä osista tehty laskentamalli sekoi laskelmaa.

Koska varastot ovat yleensä hyvin samanlaisia ja väestönsuoja sisältää saman määrän massoja, on molemmista täysin mahdollista saada tehtyä paketti tutkittaessa useampaa kohdetta ja voidaan hahmottaa varastojen erot. Täytyy miettiä ratkaisua, että varastoista luotaisiin paketit, joihin laskettaisiin ainoastaan varaston sisältämät massat. Näin ei tarvitsisi huomioida keskukselta tulevaa kaapelia, joka osoittautui laskennassa ongelmalliseksi, vaan keskukselta tuleva lähtö laskettaisiin tapauskohtaisesti.

Ulkorakennusten kanssa täytyy tutkia samoja ongelmia, jotka esiintyivät varaston kohdalla. Ratkaisu voisi olla varaston tapainen, missä keskukselta tuleva lähtö poistettaisiin paketista ja pyritäisiin hahmottelemaan ainoastaan ulkorakennuksen sisältämät massat. Esimerkkikohteissa ei tosin esiintynyt tarpeeksi malleja ulkorakennuksista, jotta niitä varten olisi saatu luotua paketti, joka perustuisi yksittäisen mallin sijaan yhteinäisyyksiin eri kohteiden välillä.

IV-konehuoneen kohdalla on varaston tapainen tilanne, missä IV-konehuone täytyy hahmotella omana kokonaisuutenaan. IV-konehuoneen hankalan sisällön ja vertailukohtien vähyyden takia ei insinööriyössä esimerkkitalojen pohjalta saatu luotettavaa arviota. Jatkotoimenpiteenä kuitenkin vertailtaessa useamman talon IV-konehuoneita ja

niiden sijoituskohtaa asunnossa, on täysin mahdollista, että osio pystytään laskemaan pakettilaskennalla.

Rappujen savunpoistossa esiintyneet ongelmat olivat sidottu suoraan rapun ylimpään kerrokseen ja voimajohtojen ongelmiin. Jos IV-konehuoneen ja rapun ylimmänkerroksen ongelmat saadaan ratkaistua, pitäisi myös savunpoistossa esiintyneet ongelmat selvitä.

Ovipuhelimien kohdalla ongelmaksi osoittautuivat alimman kerroksen suuret erot. Esimerkkirappujen välillä esiintyi niin suuria eroja kaapeloinnissa, ettei sen pohjalta pystytty tekemään luotettavaa arviota pakettia varten. Jos kuitenkin jatkossa pystytään vertailemaan useampaa kohdetta, voi yhteyden löytyminen eri kohteiden väliltä olla täysin mahdollista.

Autohallin laskemisessa syntyviä ongelmia käsiteltiin autohallien omassa kappaleessa. Koska esimerkkikohteissa ei autohalleja ollut, ei mahdollisia ratkaisuja pystytty tutki-
maan kohteen kuvien avulla. Jatkotoimenpiteenä eri kohteiden autohalleja vertailemalla on täysin mahdollista löytää ratkaisu, jolla saadaan luotua paketit autohallin laskemi-
seen.

22 Yhteenveto

Insinöörityön tuloksena saatiin aikaan perusteet pakettilaskennan luomiselle. Heti työtä aloittaessa tiedettiin, että pakettilaskennassa tulnaisiin tarjouksen tarkkaa arviota heikentämään ajan säästämiseksi. Tästä syystä pyrittiin paketit luomaan tarkasti ja varovasti, jottei liian suuria yleistyksiä tekemällä luoda paketteja, jotka eivät käytössä vastaisi todellisia massoja.

Insinöörityön tuloksena hahmoteltiin paketeille perusarvoja ja periaatteita pakettilaskennalle. Näin voidaan jatkossa pakettien sisältöä tarkentamalla luoda kerrostalolaskentamalli, jolla saadaan nopeasti aikaan kilpailukykyinen tarjous. Työn tavoitteista ei vielä saavutettu kerrostalolaskentaa varten laskentaohjelmaan tehtyä valmista käyttökelpoista mallia, jonka avulla saataisiin tehtyä kilpailukykyinen tarjous.

Koska insinööriyön pohjalta on pakettien sisältö hyvin karkean arvion varassa, täytyy kerrostalolaskenta edelleen toteuttaa vanhan mallin mukaan. Mutta vertailtaessa tuloksia suurempaan määrään kohteita, voidaan pakettien sisältöä ja laskentamenetelmiä hioa ajan myötä tarkemmiksi, jotta kerrostalokohteita voidaan alkaa toteuttaa pakettilaskennan avulla. Tämän lisäksi voidaan insinööriyössä saatuja paketteja kehittää aiemmin mainituilla jatkotoimenpiteillä ja hiljalleen kasvattaa pakettilaskennalla toteutettavien kokonaisuuksien määrää.

Pakettilaskennassa saatavat edut ovat ajallisesti hyvinkin merkittäviä. Kun pakettilaskenta pystytään jatkotoimenpiteiden pohjalta ottamaan käyttöön, päästään tavoitteeseen, jossa kerrostalokohteen laskemiseen kuluva aika saadaan huomattavasti lyhyemmäksi ja näin pystytään tekemään tarjous useampaan kohteeseen.

Tarkan laskennan nopeuttamisen lisäksi tärkeä käyttötarkoitus pakettilaskennalle on kiireelliset kohteet. Tiukalla aikataululla joudutaan kohteille usein antamaan hyvin karkea arvio, joka ei usein vastaa kohteen todellisia kustannuksia. Pakettilaskennalla voidaan karkean arvion sijaan luoda nopeasti huomattavasti tarkempi laskelma kohteen sähköurakasta.

Siirtyessäni töihin insinööriyön teettämälle yritykselle, jatketaan työn kehittämistä ja arvioidaan mainittujen jatkotoimenpiteiden teettämistä pakettilaskennan laajentamiseksi.

Lähteet

Aro Systems Oy:n laskennassa olleet kohteet ja käytössä olevat laskentapohjat