

Paavo Brummer

Tilakohtainen lämpöhäviölaskenta ohje CADS Plannerille

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK) -Tutkinto

Rakennusalan työjohto, LVI

Opinnäytetyö

20.10.2012

Tekijä Otsikko	Paavo Brummer Tilakohtainen lämpöhäviölaskenta ohje CADS Plannerille
Sivumäärä Aika	20 sivua + 1 liitettä 20.10.2012
Tutkinto	rakennusmestari (AMK)
Koulutusohjelma	rakennusalan työnjohto
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-tekniikan työnjohto
Ohjaaja	lehtori Jyrki Viranko LVI-suunnittelija Reijo Auvinen
<p>Työn tavoitteena oli koota tietopaketti, joka yhdistää teoreettista ja teknistä osaamista lämpöhäviölaskennasta. Ohjeen tarkoitus on auttaa aloittelevaa suunnittelijaa sisäistämään työvaihe nopeammin ja oppia yhtenäiset toimintatavat.</p> <p>Mestarityössä on pyritty keräämään oleelliset tiedot määräyksistä, alan kirjallisuudesta, eri ohjeista ja vakiintuneista käytännöistä. Tuloksena onnistuttiin kokoamaan tärkeimmät tiedot yhteen ohjeeseen, jota perehdytettävä voi käyttää apuna suullisten ohjeiden ohella.</p> <p>Kaiken kaikkiaan, monimutkaisesta ja laajasta aiheesta luotiin ohjeeksi sopivan kevyt ja selkeä paketti. Työsuoritukseen painottuva työ antaa konkreettisia ohjeita lämpöhäviölaskennan suorittamiseen ja tekee ruudunkaappausten avulla työkalut tutuksi.</p>	
Avainsanat	lämpöhäviölaskenta, talotekniikka, lvi-suunnittelu

Author Title	Paavo Brummer Room-specific heat loss calculation guide for CADs Planner
Number of Pages Date	20 pages + 1 appendices 20 October 2012
Degree	Bachelor of Construction Management
Degree Programme	Construction Site Management
Specialisation option	HVAC Engineering
Instructor	Jyrki Viranko, Principal Lecture Reijo Auvinen, HVAC Designer
<p>The goal of this thesis was to put together an information package which combines theoretical and practical expertise in the area of heat loss calculation. The guide is to help a novice designer to internalize the operation faster and learn the common practices.</p> <p>The aim was to gather the most relevant data from rules and regulations, literature, manuals and established practices. The result was a manual that compiles the most important information and can be used to complement verbal instructions in training.</p> <p>All in all, a complex and wide subject was adapted to a manageable and easily understandable directive. With its focus on practical implementation, the guide gives concrete instructions on performing heat loss calculations with screenshots that help the reader to get to know the tool.</p>	
Keywords	heat loss calculation, HVAC technologies, HVAC planning

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Perusteet	2
2.1	Lämpöhäviö	2
2.2	U-arvo	2
2.3	Lämpövirta	2
3	Lähtöarvot	4
3.1	Ulkolämpötilat	4
3.2	Sisälämpötilat	5
3.3	Lämmönläpäisykertoimien vertailuarvot	5
4	Laskenta	7
4.1	Yleiset suunnitteluohjeet	7
4.2	Laskentatyökalut	7
4.3	Laskennan aloitus	8
4.3.1	Projektin perustaminen	9
4.3.2	Tietopankin perustaminen	9
4.3.3	Tietopankin täyttö	10
4.4	Laskennan osa-alueet	11
5	Tulokset	16
6	Pohdintaa	19
	Lähteet	20
	Liitteet	
	Liite 1. Lähtöarvotaulukko	

1 Johdanto

Lämpöhäviölaskennalla on oleellinen rooli LVI-suunnittelussa. Omakotitalotasolla lämpöhäviöt on helpohkoa laskea ja hallita Microsoft Office Excel -tyyppisillä taulukko-ohjelmilla. Käytäntö on osoittanut, että 5000–30 000 brm²:n kokoisissa, suurissa ja monimutkaisissa rakennuksissa laskenta on nopeampaa ja selkeämpää suorittaa teknisellä piirustusohjelmalla. Tämä työ pohjautuu Kymdatan CADS Planner -ohjelmaan ja kokemuksiin ohjelman käytöstä Asplan Oy Insinööritoimistossa.

Yrityksen palvelimella oleva, lämpöhäviöt sisältävä, suunnittelutiedosto on kaikkien projektiin osallistuvien suunnittelijoiden käytettävissä. Rakennuksen tasokuvan päälle, huoneen keskelle asetut tietopankit kertovat välittömästi huoneen lämpöhäviön määrän ja laskelmia voi tarkistella tarvittaessa tarkemmin nappia painamalla. Vaikka lämpöhäviöiden laskenta on hyvin tärkeää riittävän ja kustannustehokkaan lämmityksen kannalta, suurissa kohteissa laskenta on enimmäkseen mekaanista toistoa ja tehtävä annetaan usein harjoittelijalle. Tämän vuoksi on tärkeää, että kaikki osalliset osaavat tuottaa luotettavaa tietoa muiden käyttöön yhtenäisiä ja loogisia toimintatapoja noudattaen. Tämä ohje edesauttaa tämän tavoitteen toteutumista ja auttaa uusia työntekijöitä oppimaan talon tavoille.

2 Perusteet

2.1 Lämpöhäviö

Lämpöhäviö tarkoittaa nimensä mukaisesti lämmön häviämistä, johtumalla tai siirtymällä, tarkasteltavasta tilasta. Lämpöhäviöiden laskenta on ensimmäisiä työvaiheita kohti lämmintä ja mukavaa asuinviihtyvyyttä. Laskennan perusteella voidaan valita sopivan tehokkaat patterit tai muu lämmönluovutin. Lämmitystehojen mukaan valitaan myös lopulta muun muassa putkikoot, pumput ja siirtimet.

Lämpöhäviön määrään vaikuttavat pääasiassa rakenteiden eristävyys ja lämpötilaerot. Termodynamiikan sääntöjen mukaisesti lämpötilat pyrkivät tasaantumaan ja mitä suurempi lämpötilaero on, sitä voimakkaampaa tasaantuminen on. [2,s. 57]

2.2 U-arvo

U-arvo (entinen k-arvo) tarkoittaa rakenteen osan lämmönläpäisykerrointa. Mitä pienempi kerroin on, sitä paremmin eristävä rakenne on. Kaavassa 1 on esitetty yksiköt ja U-arvoon vaikuttavat tekijät tarkemmin.

$$\frac{1}{U} = \sum \frac{d}{\lambda} + \sum R \quad (1)$$

U on seinän lämmönläpäisykerroin [W/m² K]

d on rakennusosan paksuus [m]

λ on lämmönjohtavuus [W/m°C]

R on lämmönvastus [m²°C/W]

Pääsuunnittelija (arkkitehti) antaa kohteen U-arvot kirjallisena.

2.3 Lämpövirta

Lämpövirta rakenteen lävitse määräytyy kaavan 2 mukaan. Kaavassa lämpöteho on yhden rakenneosan lämpöhäviö. Laskemalla yhteen tilan eri osien lämpötehot saadaan selville kokonaislämpöhäviö.

$$\Phi = U \cdot A \cdot \Delta t \quad (2)$$

Φ on lämpöteho [W]

U on rakennusosan lämmönläpäisykerroin [W/m² K]

A on rakennusosan pinta-ala [m²]

ΔT on lämpötila ero rakenteen ylitse [°C]

Laskettaessa lämpöhäviöitä CADS Planner -ohjelmalla käyttäjän tarvitsee syöttää vain halutun kappaleen mitat, esimerkiksi seinän pituus, jolloin ohjelma laskee kappaleen lämpöhäviön annettujen lähtötietojen perusteella. Aihetta tullaan käsittelemään tarkemmin luvussa 4 Laskenta.

3 Lähtöarvot

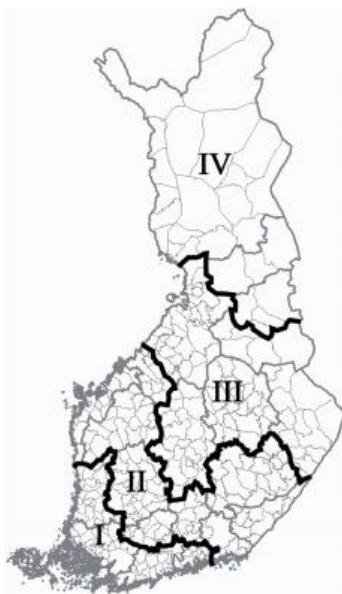
3.1 Ulkolämpötilat

Suomen rakentamismääräyskokoelmista on saatavissa mitoitusarvoja muun muassa lämpöhäviölaskentaan. Laskennan yhtenäistämiseksi Suomi on jaettu neljään osaan. Taulukossa 1 esitetyt mitoitusulkolämpötilat vaihtelevat alueellisesti kuvan 1 mukaan. Lämpötilat on laadittu harvoin toistuvien kovimpien pakkasten mukaan laadittu. [2,s. 102]

Taulukko 1. Ulkolämpötilat [4,s. 29]

Vyöhyke	Mitoittava ulkolämpötila °C
I	-26
II	-29
III	-32
IV	-38

Ulkolämpötilan laskiessa lämmitystarve kasvaa, koska lämpöä karkaa enemmän sisältä ulos. Syy löytyy ulkolämpötilan ja sisälämpötilan kasvaneesta lämpötilaerosta (ΔT), jolla on suora vaikutus seinän läpivirtaavaan lämpötehon määrään kaavan 2 mukaisesti.



Kuva 1. Säävyöhykkeet [4, s. 29]

3.2 Sisälämpötilat

Taulukossa 2 on määräysten mukaiset ohjearvot, joita voidaan käyttää laskennassa[3, s. 6]. Yleensä kuitenkin lämpötilat on projektikohtaisesti sovittu ja koottu lähtöarvotaulukkoon, josta on esimerkki liitteessä 1.

Taulukko 2. Sisälämpötilat

Tila	Huonelämpötila °C
Oleskelutila	21
Porrashuone	17
Kylpyhuone, pesuhuone	22
Kuivaushuone	24
Myymä	18
– myymälän kiinteä työpiste	21
Liikuntahalli	18
Kirkkosali	18
Tehdashalli, keskiraskas työ	17
Autokorjaamo, katsastustilat	17
Hissikuilu	17

3.3 Lämmönläpäisykertoimien vertailuarvot

Rakenteiden U-arvojen pitäisi olla vähintään lämpimissä tiloissa taulukon 3 mukaisia, mutta tasauslaskennalla tässä saadaan vähän joustoa. Tasauslaskenta liittyy koko rakennuksen lämpöhäviöiden määräystenmukaisuuden osoittamiseen. Jos joku osa-alue, vaippa, vuotoilma tai ilmanvaihto, on vertailuarvoja suurempi, pitää jonkin toisen osa-alueen alittaa arvot vähintään ylityksen verran[4,s. 12]. Puolilämpimissä tiloissa on hiukan väljemmät arvot, kuten taulukko 4 osoittaa.

Taulukko 3. Lämpimän tilan vertailuarvot

Rakennuksen osa	Lämmönläpäisykerroin, U-arvo W/(m ² K)
Seinä	0,17
Hirsiseinä (hirsirakenteen keskimääräinen pak- suus vähintään 180 mm)	0,40
Yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,09
Ryömintätilaan rajoittuva alapohja (tuuletusaukkojen määrä enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta)	0,17
Maata vasten oleva rakennusosa	0,16
Ikkuna, kattoikkuna, ovi, kattovalokupu, savunpoisto- ja uloskäyntiluukku	1,00

Taulukko 4. Puolilämpimän tilan vertailuarvot

Rakennuksen osa	Lämmönläpäisykerroin, U-arvo W/(m ² K)
Seinä	0,26
Hirsiseinä (hirsirakenteen keskimääräinen pak- suus vähintään 180 mm)	0,60
Yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,14
Ryömintätilaan rajoittuva alapohja (tuuletusaukkojen määrä enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta)	0,26
Maata vasten oleva rakennusosa	0,24
Ikkuna, kattoikkuna, ovi, kattovalokupu, savunpoisto- ja uloskäyntiluukku	1,40

4 Laskenta

4.1 Yleiset suunnitteluohjeet

Seuraavat pikakomennot voivat olla kone-, järjestelmä- ja versiokohtaisia. Työ perustuu versionumeroon 14.0.12. ja Asplanin asetuksiin.

Suunnittelussa sopiva piirtotarkkuus saadaan laittamalla rasterin jaoksi $X=25$ ja $Y=25$. Rasterin saa päälle ja pois näppäinyhdistelmällä: *ctrl + r*. Rasterin ja muiden piirtoasetusten painikkeet löytyvät ohjelman oikeasta alanurkasta.

Pakotus kannattaa pitää vähintään 45° :ssa. Pakotuksen saa päälle ja pois näppäinyhdistelmällä: *ctrl + p*. Viivaa jo piirtäessä pakotuksen voi väliaikaisesti laittaa päälle tai pois *shift*-näppäintä pohjaan painamalla.

Kirjoittamalla komentokenttään *vä + e* valitaan viivojen ja tekstien värit elementtien mukaan. Komennolla *vä + t* värit vaihtuvat tasojen mukaisiksi. Kuvia työstettäessä voi käyttää itselle mieluista piirtoväriä. Tulostusvaiheessa värit on kuitenkin syytä muuttaa elementtien mukaisiksi oikeiden viivapaksuuksien saavuttamiseksi. Viivapaksuudet on määritetty kynäasetuksissa, jotka on eritelty värien mukaan.

Työ kannattaa tallentaa mahdollisimman usein, vähintään joka kerta kun poistuu työpisteeltä.

4.2 Laskentatyökalut

Lämpöhäviölaskennan työkalupalkissa on koottuna kaikki tärkeimmät toiminnot lämpöhäviölaskentaan. Palkki löytyy sovelluksen Hepac Pro, tasot/putki työkaluista.



Kuva 2. Työkalupalkki

Työkalupalkista (kuva 2) löytyvät seuraavat toiminnot vasemmalta alkaen:

- Lämpöhäviöasetukset
- Lämpöhäviölaskenta
- Lämpöhäviölaskennan näyttö
- Lämpöhäviörajat päälle/pois
- Lämpöhäviölaskennan muokkaus
- Lämpöhäviölaskennan kopiointi
- Lämpöhäviölaskentojen kopiointi toiseen kuvaan
- Lämpöhäviölaskennan poisto
- Kuvan tietopankkien ja tiedoston yhtenevyyden tarkistus
- Lämpöhäviöluettelo.

Eri toimintoja käytetään työn edetessä ja niiden käyttötarkoitus selviää tarkemmin seuraavissa kappaleissa.

4.3 Laskennan aloitus

Aluksi kootaan lähtötiedot lähtöarvotaulukkoon liitteen 1 mukaisesti. U-arvot löytyvät rakennekuvista. U-arvojen määräystenmukaisuus tulee aina tarkistaa. Lisäksi arvoja korotetaan laskentaa varten vielä 20 prosentilla, sillä käytäntö on osoittanut, että U-arvot ilmoitetaan usein rakenteen ideaaliselta kohdalta mitattuna[1,s. 1]. Taulukkoon kootaan myös huonelämpötilat, ulkolämpötilat, vuotoilmakertoimet ja varmuuskertoimet.

Arkkitehdiltä saadaan taso-, leikkaus- ja julkisivukuvat. Tasopiirustus laitetaan lämpöhäviölaskentatiedoston pohjaksi viitekuvana ja tarkistetaan samalla mittakaava. Leikkaus- ja julkisivukuvista saadaan muun muassa ikkunoiden ja maanpinnan korkeudet.

Lopuksi tutustutaan rakennukseen ja merkataan erotuvalla katkoviivalla rakennuksen osat, joissa on kerroksen normaalista kokoonpanosta poiketen esimerkiksi kylmää ylä- tai alapohjaa tai jotain muita erikoisuuksia. Samalla katsotaan, mitkä seinät ovat mitään rakennetta ja U-arvoa, ja mitkä tilat voidaan jättää pois laskennasta. Keskellä rakennusta olevat tilat, lämmönjakohuoneet ja kylmiöt vaativat harvoin lämmitystä.

4.3.1 Projektin perustaminen

Aloitustoimenpiteiden jälkeen voidaan luoda projekti. Valitaan *lämpöhäviöasetukset*-toiminto työkalupalkista, johon syötetään projektin tiedot kuvan 3 mukaisesti.

Kuva 3. Lämpöhäviöasetukset

Projektin oletusarvoiksi laitetaan yleisimmät U-arvot ja huonekorkeudet, joita voidaan tilakohtaisesti muuttaa vielä myöhemmin tarpeen mukaan. Lisäksi ylä- ja alapohjille, ikkunoille, oville ja seinille voi antaa vaihtoehtoisia arvoja toiminnon alalaidassa.

4.3.2 Tietopankin perustaminen

Tietopankin perustaminen on yhtä kuin tilakohtainen laskenta. Valitaan *lämpöhäviölaskenta*-toiminto työkalupalkista ja nimetään tietopankki huoneen nimen mukaan kuvan

4 tapaan. Samaa nimeä ei voi käyttää kahta kertaa, ja jo käytössä olevat nimet ovat listattuina vasemmassa laidassa.

Kuva 4. Huoneen lähtötiedot

Lähtötiedot tarkistetaan tilanmukaisiksi, jonka jälkeen huoneen pinta-ala määritetään kuvasta *Laske*-painiketta käyttäen.

4.3.3 Tietopankin täyttö

Seuraavaksi esiin tulevaan valikkoon (kuva 5) syötetään kaikki tilan lämpöön vaikuttavat tekijät.

Kuva 5. Lämpöhäviölaskenta

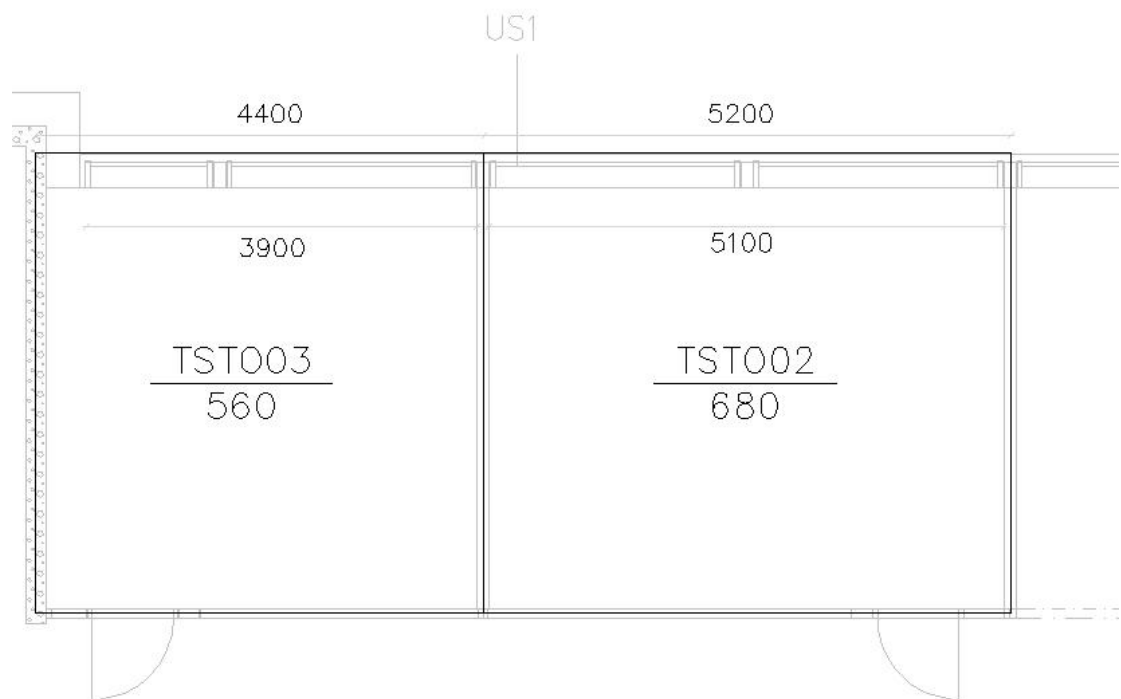
Esimerkiksi ikkuna-painiketta painamalla esiin tulee kuvan 6 mukainen valikko, johon syötetään lisättävän ikkunan tiedot tarkemmin.

Kuva 6. Ikkunan tiedot

Lopuksi, kun kaikki tarvittavat tiedot on lisätty, painetaan *valmis* ja sijoitetaan tietopankki lasketun tilan keskelle. Tietopankissa lukee huoneen nimi ja lämpöhäviön määrä.

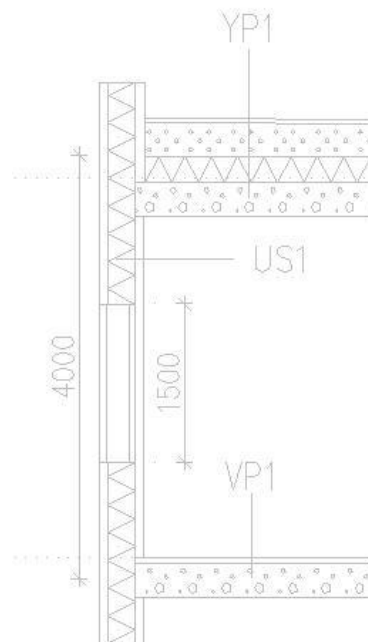
4.4 Laskennan osa-alueet

Huoneelle piirretään ulkoreunat *pinta-alan* laskentaa varten. Kuvan 7 mukaan ulkoseinien kohdalla viiva osoitetaan uloimmalle seinän pinnalle ja väliseinissä keskelle. Näin katetaan koko rakennuksen pinta-ala laskennassa.



Kuva 7. Tilan ala

Samaan tapaan korkeussuunnassa kerroskorkeudet otetaan välipohjan keskeltä eriste-kerroksen ulkoreunaan asti kuvan 8 mukaisesti.



Kuva 8. Tilan korkeus

Näin saadaan laskettua rakennuksen koko vaippa ja tilavuus. Määräysten mukaan lämpöhäviölaskennassa huomioitaisiin vain nettoala ja -tilavuus, mutta käytäntö on osoittanut että suurissa rakennuksissa päästään paremmin toivottuun lopputulokseen huomioimalla bruttoala ja -tilavuus. [3,s. 12]

Ulkoseinät piirretään huoneen ulkoseinille tietopankin alan viivoja mukaillen. Kuvassa 7 on esimerkkinä huoneen TSTO02 ulkoseinän pituus 5 200 mm ja rakennetyyppi US1.

Ikkunat mitataan karmin ulkoreunasta karmin ulkoreunaan. Vierekkäiset ikkunat voi piirtää yhdeksi ikkunaksi, kuten kuvassa 6 on tehty. Useamman samanlaisen ikkunan kohdalla voidaan käyttää myös kappalemäärä.

Ikkunoiden korkeudet syötetään leikkaus- ja julkisivukuvien mukaan. Pyöreissä ikkunoissa lasketaan ikkunan ala ja syötetään sen kokoinen neliö tietopankkiin. Ohjelma vähentää seinän pinta-alasta ikkunan pinta-alan automaattisesti, kuten myös kattoikkunat yläpohjasta. Toiminnon ilmansuuntavaliolla ei ole merkitystä lämpöhäviölaskennassa.

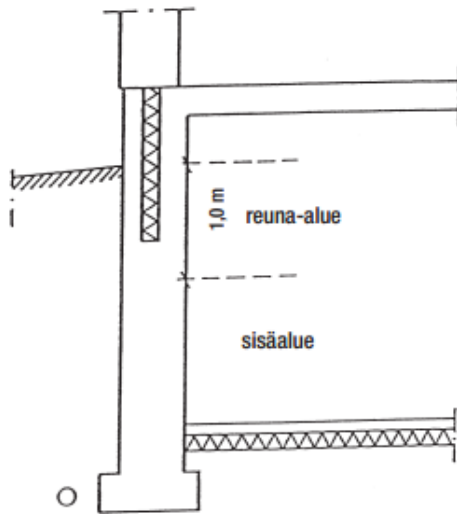
Ovet mitataan karmin ulkoreunasta karmin ulkoreunaan. Ovien korkeudet tarkistetaan leikkaus- ja julkisivukuvista.

Ala- ja yläpohjan pinta-alat tulevat suoraan huoneen alan mukaan, paitsi jos tilassa on erilaisia rakennetyyppejä. Reuna-alueella tai useammalla alapohjatyypillä olevan tilan tietopankkiin syötetään kaksi alapohjaa, joiden tietoihin määritetään oikeat alat ja lämmönvastuskertoimet.

Lattialämmityksellä lämmitettävälle huoneelle ei tarvitse laskea alapohjan lämpöhäviötä, koska lattia toimii lämmönluovuttimena ja ylimitoitetaan tällöin sen verran, että sen todellinen lämmitysteho kattaa huoneen muut lämpöhäviöt.

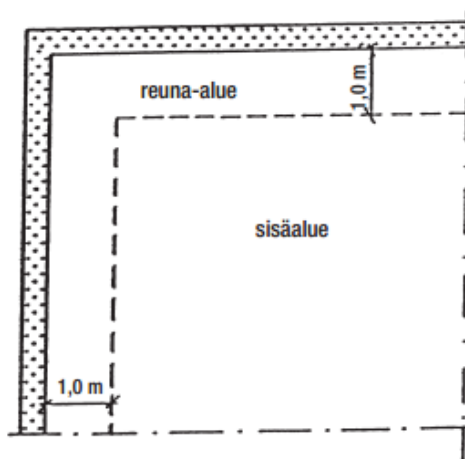
Reuna-alueet otetaan huomioon, kun seinä tai ala-pohja on maanvastainen. Kylmän ulkoilman vaikutus katsotaan ulottuvan 1 metrin syvyyteen maassa. Maanpinnan korkeuden avulla saadaan määritettyä seinälle kylmä reuna-alue, joka lasketaan ulkoilmaa vasten. Sisäalue voidaan laskea maata vasten, joten käytetään ulkolämpötilan sijasta

maan keskiarvoista lämpötilaa $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Lämpötilaeron pienentyessä alueen häviöt supistuvat huomattavasti. Kellarin reuna-alueet ja sisäalueet on esitetty kuvassa 9.



Kuva 9. Seinän reuna-alue [5,s. 19]

Alapohjan reuna-alue (kuva 10) kannattaa merkitä laskennan alussa katkoviivalla tasokuvaan. Siten eri alapohjatyypin pinta-ala on helpompi osoittaa laskentavaiheessa.



Kuva 10. Maavaraisen alapohjan reuna-alue [5,s. 18]

Joissain tapauksissa reuna-alueen eristävyttä on rakenteellisesti parannettu. Tämä selviää rakennekuvista ja otetaan huomioon laskennassa.

Vuotoilman kerroin syötetään lähtöarvotaulukon mukaan. Ohjearvoina käytetään Asplanin käytännön mukaan läpätalon- ja kulmahuoneissa 0,2 kertaa/h ja fasadi-

huoneissa 0,1 kertaa/h. Näin saadaan huomioitua kulmasaumojen mahdollinen vuoto ja rakennuksen eri puolilla oleva paine-eron vaikutus. Tämä koskee vain huonekohtaista lämpöhäviölaskentaa, energialaskennassa käytetään tarkempia rakennuskohtaisia laskelmia. Vanhoissa rakennuksissa, teollisuushalleissa ja erityisen tuulisella paikalla olevissa rakennuksissa on syytä laskea korkeammilla arvoilla, jotka arvioidaan tapauskohtaisesti. Rakennusten kellarikerroksissa vuotoilmaa ei yleensä huomioida. [1,s. 2]

Onnistuneen lopputuloksen varmistamiseksi käytetään *varmuuskertoimia*. Kerroin kohtaan annetaan 5 %:n korotus jokaista huoneen kylmää pintaa kohden [1,s. 2]. Esimerkiksi ylimmän kerroksen kulmahuoneessa varmuuskertoimeksi tulisi:

seinä 5 % + seinä 5 % + yläpohja 5 % = 15 %.

Huoneelle syötettäisiin siis 1,15 varmuuskertoimeksi. Näin saadaan huomioitua kylmien pintojen mahdolliset eristävyvyyden laatu poikkeamat sopivalla skaalalla.

Ilmanvaihdon ilmamäärät selviävät ilmanvaihtokuvista tai kysymällä ilmanvaihtosuunnittelijalta eri tilojen litramäärät per neliometri. Mitoitusperusteet vaihtelevat projektin ja halutun sisäilmaluokitukseen mukaan. Ilmanvaihdon vaikutusta ei yleensä huomioida toissijaisissa tiloissa kuten varastoissa.

5 Tulokset

Laskennan lopuksi suoritetaan tulosten tarkastus. *Lämpöhäviöluettelo*-toiminnolla saadaan luotua tekstitiedosto, jossa on kuvan 11 tapaan koottu kaikkien laskentojen tiedot. Listan perusteella erottuvat tilat, joissa on selvästi suhteellisesti suuremmat häviöt. Tarkistetaan, onko tähän jokin syy: erityisen suuret ikkunat, tavallista enemmän kylmiä pintoja tai ihan vain näppäilyvirhe.

Lämpöhäviöluettelo huoneittain 6,10,2012 klo 13:01
 Kohteen nimi :
 Kohteen osoite:

Työn numero :

huone	m2	m	ker	w/m2	w/m3	w
TST001	23,7	4,0	1,1	28,6	7,2	678
TST002	23,7	4,0	1,1	28,6	7,2	678
TST003	20,1	4,0	1,1	27,7	6,9	556
NEUV01	20,1	4,0	1,1	36,1	9,0	726
NEUV02	20,1	4,0	1,1	36,1	9,0	726
NEUV03	20,1	4,0	1,1	36,1	9,0	726
	127,8			32,0	8,0	4090

Kokonaisilmatilavuus 511,2 m3
 Tuloilma 702 w
 Yläpohjat 540 w
 Alapohjat 0 w
 Ulkoseinät 586 w
 Ikkunat 1092 w
 Kattoikkunat 0 w
 Ovet 0 w
 Vuotoilmat 788 w
 Lämmittimet 0 w

Johtumiset

	m ²	w/(m ² °C)	Ts	w
US	73,3	0,17	21	586
IKit	38,7	0,60	21	1092
YP	127,8	0,09	21	540

Kuva 11. Tulokset

Tuloksista selviävät myös koko rakennuksen häviöt. Tuloksia voi tarkastella myös kerroskohtaisesti *LHL*-tiedostosta, jossa näkyy kaikki syötetty tieto huoneittain (kuva 12).

```

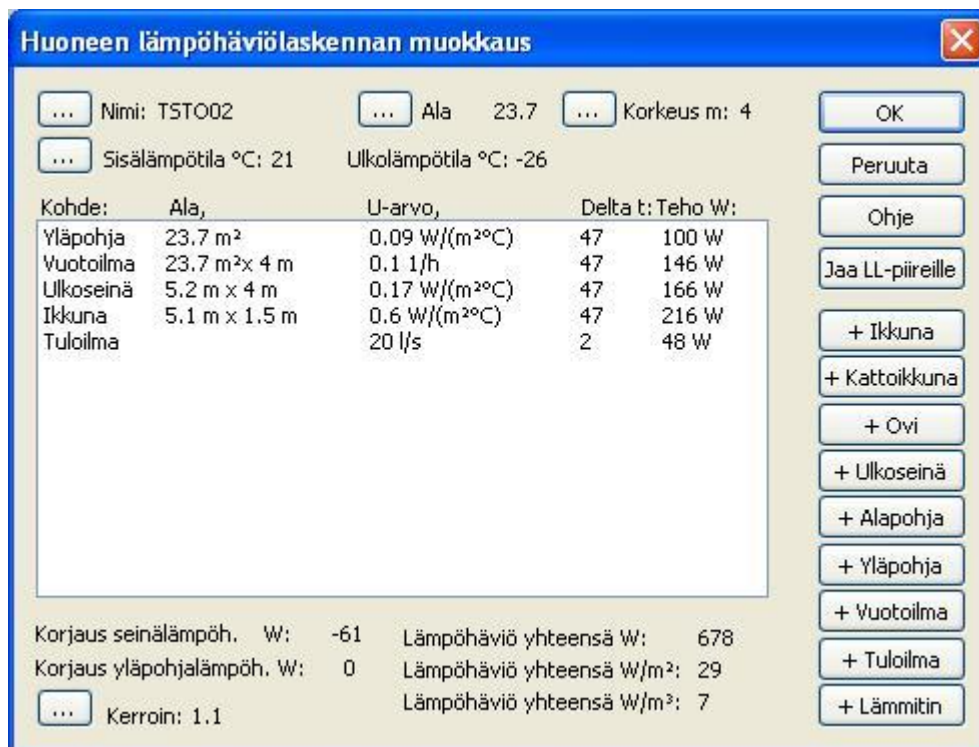
-----
Huone: TST002
Huoneen pinta-ala = 23.7 m²
Huoneen korkeus = 4.0 m
Sisälämpötila = 21.0 °C, Ulkolämpötila = -26.0 °C

Yläpohja: Ala = 23.7 m² U-arvo = 0.09 W/(m²°C) d.t=47 P = 100 W
Vuotoilma: Til. = 23.7 m³ x 4 m Kerroin = 0.1 1/h d.t=47 P = 146 W
Ulkoseinä: Ala = 5.2 m x 4 m U-arvo = 0.17 W/(m²°C) d.t=47 P = 166 W
Ikkuna: Ala = 5.1 m x 1.5 m U-arvo = 0.6 W/(m²°C) d.t=47 P = 216 W
Tuloilma: Vir. = 20 l/s d.t=2 P = 48 W
Kattoikkunoiden alan vähennys yläpohjan lämpöhäviöön = 0 W
Ikkuna ja ovipinta-alan vähennys seinän lämpöhäviöön = -61 W
Korjauskerroin = 1.1
Yhteislämpöhäviö P = 678 W
-----

```

Kuva 12. Lämpöhäviötiedosto

Virheen löytyessä tai arkkitehdin muutoksia päivittäessä käytetään *Lämpöhäviölaskennan muokkaus*-toimintoa. Tällöin osoitetaan haluttua tietopankkia ja saadaan esille kuvan 13 mukainen valikko. Kaikkia tietoja voidaan muuttaa tai poistaa ja myös uusia tietoja voidaan lisätä. Muutokset tehdään valitsemalla listalta haluttu kohde ja tekemällä muutokset esiin tulevaan valikkoon.



Kuva 13. Muokkaus

Tietopankin poisto pitäisi aina tehdä *Lämpöhäviölaskennan poisto* -toiminnolla, koska muuten pankin tiedot jäävät vielä *LHL*-tiedostoon, josta ne täytyy erikseen poistaa.

Tietopankkeja voi kopioida huoneesta toiseen ja myös koko kerroksen voi kopioida uuteen kuvaan. *Lämpöhäviölaskennan kopiointi* -toiminnolla kopioidaan huoneita ja huoneen tiedot, lukuun ottamatta pankin rajoja ja nimeä, uuteen huoneeseen. Tarvitsee vain määrittää uuden pankin nimi ja saadaan hetkessä kymmeniä toimistotalon samanlaisia työhuoneita laskettua.

Kerroksen kopioinnilla saadaan kaikki kuvan tietopankit uuteen kuvaan ja se kannattaa tehdä jos kerroksissa on edes muutama täysin samanlainen huone, ylimääräiset saadaan nopeasti poistettua. Kopiointi toiseen kuvaan voidaan tehdä vain toisen kuvan laskennan alussa, koska *Lämpöhäviölaskentojen kopiointi toiseen kuvaan* -toiminto luo lämpöhäviölaskentatiedoston uuden kerroksen nimen mukaan. Laskentatiedostoja, jotka sijaitsevat samassa kansiossa kuin suunnittelutiedosto, voi olla vain yksi kuvaa kohden.

LHL tarkistus 6,10,2012 klo 13 : 10

Huone tiedostossa	Huone pankissa
NEUV01	NEUV01
NEUV02	NEUV02
NEUV03	NEUV03
TST001	TST001
TST002	TST002
TST003	TST003

Kuva 14. Yhtenevyyden tarkistus

Kuvan tietopankkien ja tiedoston yhtenevyyden tarkistus -toiminolla tarkistetaan, että kuvan ja laskentatiedoston huoneet täsmäävät. Muokkausten ja kerrosten kopioimisen yhteydessä se on nopea tapa tarkistaa, että oikeat tiedot ovat käytössä.

6 Pohdintaa

Opinnäytetyötä tehdessä selvisi, että ei ole yhtä oikeaa tapaa tehdä asioita, vaan monta hyvää tapaa. Hyvistä tavoista pitäisi vain valita se paras vaihtoehto ja huolehtia, että valittua tapaa käytetään loogisesti ja yhtenäisesti koko projektissa.

Tietokoneohjelman käyttöön opastavan työn tekeminen osoittautui yllättävän haastavaksi ja ilman ruudunkaappauksia toimintojen esittelemineen olisi ollut hyvin hankalaa.

Lähtötietojen kokoamisessa tuli hyvin esille määräysten ja Asplan Oy Insinööritoimiston laskentaohjeiden erot. Lähtöarvoissa ja laskentatavoissa oli yllättävän suuria eroja. Määräyksissä annetut luvut ovat usein maksimiarvoja, mutta suuremmilla arvoilla laskeminen vain osoittaa että pelataan sopivasti varmanpäälle. Mielestäni Asplanilla laskenta suoritetaan vankalle kokemuspohjalle perustuvilla varmuustekijöillä ja toimintatavat ovat räätälöity yrityksen tyypillisiä kohteita vastaaviksi. Todellisessa kohteessa päästään näin haluttuun lopputulokseen maksamatta liikaa varmuudesta.

Lähteet

- 1 Suunnittelun yleisohje. 1999. Verkkodokumentti. Asplan Oy Insinööritoimisto. <<http://intra/asplan-ohjeet.htm.php>>. Päivitetty 4.9.2008. Luettu 6.10.2012.
- 2 Seppänen, Olli. 1995. Rakennusten lämmitys. Helsinki: Suomen LVI -yhdistyksen liitto ry.
- 3 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. vuosi 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D2. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 4 Rakennusten energiatehokkuus. vuosi 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D3. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 5 Lämmöneristys. vuosi 2003. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa C4. Helsinki: ympäristöministeriö.

Lähtöarvotaulukko

Esimerkki yhteys	Esimerkki kohde	Työnumero		
Lämpökäsit:				
Tsisthuoneet	+23 °C			
Avotomistot, neukkarit, autot yms.	+21,5 °C			
Pesuhuoneet	+23 °C			
IV-konehuone	+18 °C			
Porrashuone/hissit	+18 °C			
ajoväylä	+18 °C			
kellarivarastot	+20 °C			
Ulkolämpötila	-26 °C			
Maanvarainen alapohja	+5 °C			
Ilmanvaihdon sisälämpötila/sisälämpötila talvella	+19 °C			
U-arvot:				
-alapotilja	AP 01	0,16 W/m2K	0,16 W/m2	0,19 W/m2
-yläpotilja	YP 01	0,09 W/m2K	0,09 W/m2K	0,11 W/m2K
-yläpotilja	YP 02	0,07 W/m2K	0,07 W/m2K	0,08 W/m2K
-ulkoseinä	US 01	0,17 W/m2K	0,17 W/m2K	0,20 W/m2K
-ulkoseinä	US 02	0,17 W/m2K	0,17 W/m2K	0,20 W/m2K
keittarin ulkoseinä	KS 01	0,16 W/m2K	0,16 W/m2K	0,19 W/m2K
0-1m maanpinnan alapuolella		0,14 W/m2K		0,17 W/m2K
1-2m maanpinnan alapuolella				
-ikkuna	IK 1	0,60 W/m2K	1,00 W/m2K	0,72 W/m2K
-katotikkuna	IK 2	1,00 W/m2K	1,00 W/m2K	1,20 W/m2K
-ovi	o 1	1,00 W/m2K	1,00 W/m2K	1,20 W/m2K
Vuotolimakertoimet:				
-sisa-		0,1/h		1,2 x Raik. suunn.
-kuima- ja läpilotihuone		0,2/h		min. määrä mukaan.
Varmuuskertoimet:				
-normaali julkisivuhuone (1 kylmäpinta)		1,05		
-kuihuone (2 kylmää pintaa)		1,10		
-kuihuone+tyydytyspinta (3 kylmää pintaa)		1,15		
-kylmäpinta		+5%		
Lähtöarvotaulukko1.xlsx	Lämpöohjelmaselmaan lähtöarvot			