

Pekka Iltanen

ERILLISEN ENERGIATODISTUKSEN LAADINTA VANHAAN  
OMAKOTITALOON

Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Tekniikka ja merenkulku Pori  
2010

## ERILLISEN ENERGIATODISTUKSEN LAADINTA VANHAAN OMAKOTI-TALOON

Iltanen, Pekka  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Syyskuu 2010  
Ohjaaja: Heinonen, Jarkko  
Sivumäärä:35  
Liitteitä:11

Asiasanat: energiatodistus, ilmanvuotoluku, yläpohja, energiatehokkuus

---

Tämän opinnäytetyön aiheena oli erillisen energiatodistuksen laadinta vanhempaan, vuonna 1985 rakennettuun, Ikaalisissa sijaitsevaan omakotitaloon. Todistuksen laadinnan yhteydessä pohdittiin eri vaihtoehtoja energiatehokkuuden parantamiseksi kustannustehokkaasti, sekä tutkittiin lähtöarvojen vaikutusta energiatehokkuuslukuun.

Työn alussa käytiin energiatodistusta läpi teoreettisella tasolla, jonka jälkeen käsiteltiin lähtötietojen selvittäminen. Tämän jälkeen päästiin energiankulutuksen laskentaan. Kaikki työhön liittyvät laskut on laskettu käsin paperille laskinta apuna käyttäen. Energialuokaksi rakennuksella tuli E.

Lisäksi työhön liittyen käytiin tapaamassa Pauli Mikkolaa, joka on laatinut energiatodistuksia D.O.F tech Oy:n DOF- Energia- nimisellä ohjelmalla. Näin saatiin tulos, johon verrata käsin laskettua.

Lähtötietojen vaikutusta lopputulokseen tutkittaessa merkittävimmit tekijöiksi nousivat maalaji, rakennuksen ilmanvuotoluku sekä lämpimän käyttöveden kulutus.

Mietittäessä parannusehdotuksia rakennuksen energiatehokkuuteen, vaihtoehtoiksi valittiin yläpohjan lisäeristäminen sekä ikkunoiden uusiminen. Yläpohjan lisäeristämällä saavutettaisiin n. 840kWh:n säästö/vuosi ja ikkunoilla n. 2590kWh/vuosi.

# COMPILING A SEPARATE ENERGY CERTIFICATE TO AN OLD DETACHED HOUSE

Iltanen, Pekka

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Construction Engineering

September 2010

Supervisor:Heinonen, Jarkko

Number of pages:35

Appendices:11

Keywords: energy certificate, air-tightness figure, roof, energy efficiency

---

The purpose of this thesis was to draw up a separate energy certificate to an old detached house built in 1985 in Ikaalinen. During the compilation of certificate different ways to improve the energy efficiency of this building in a cost-effective manner were considered. The impact of the starting values on the energy efficiency figure was also examined.

At the beginning of the thesis energy certificate was handled on a theoretical level, after which the initial data were handled. After this energy consumption was calculated. All the calculations related to this thesis were calculated manually with the help of a calculator. The energy efficiency class obtained was class E.

Pauli Mikkola, who has compiled energy certificates with a software called DOF-Energia by D.O.F tech Oy was also visited. Thus a result was achieved which could be compared to the manually calculated result. The results were very similar compared to each other.

When examining the effect of the starting values on energy efficiency figure the most significant factors proved to be the most were the soil, the air-tightness figure and the consumption of warm water.

When considering proposals for improvement to the energy efficiency of the building, the alternatives decided were adding insulation to the roof and replacing old windows with new ones. By adding insulation the calculated savings were approximately 840kWh/year and the savings by replacing the windows were approximately 2590kWh/year.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	ENERGIATODISTUS .....	7
2.1	Energiatodistuksen antaja .....	7
2.2	Energiatodistus ja voimaantulo.....	7
2.3	Rakennustyyppien luokitteluasteikko .....	8
2.4	Pienet asuinrakennukset .....	8
3	LÄHTÖTIETOJEN SELVITYS .....	10
3.1	Laskentakohteen kuvaus .....	10
3.2	Lähtötiedot .....	11
3.2.1	Laajuustiedot .....	12
3.2.2	U-arvot .....	12
3.2.3	Rakennuksen ilmanvuotoluku ( $n_{50}$ ).....	14
4	LASKENTA.....	14
4.1	Lämpöhäviöenergiat .....	15
4.1.1	Rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia .....	15
4.1.2	Vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia.....	16
4.1.3	Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia.....	17
4.2	Käyttöveden lämmityksen energiankulutus.....	18
4.3	Lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia .....	21
4.4	Laitesähköenergiankulutus .....	23
4.5	Lämpökuormat .....	24
4.5.1	Henkilöistä aiheutuva lämpökuorma.....	24
4.5.2	Lämmitysjärjestelmästä vapautuva lämpökuormaenergia .....	25
4.5.3	Käyttöveden lämmityksestä vapautuva lämpökuormaenergia.....	25
4.5.4	Valaistuksesta ja sähkölaitteista vapautuva lämpökuormaenergia.....	26
4.5.5	Ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia.....	26
4.5.6	Lämpökuormista hyödynnettävä energia .....	28
4.6	Rakennuksen energiankulutus .....	29
4.7	Rakennuksen energiatehokkuusluku.....	30
5	ARVOJEN VAIKUTUKSISTA LOPPUTULOKSEEN .....	30
5.1	Lähtötietojen vaikutus.....	30
5.2	Kertoimien ja taulukkoarvojen vaikutus.....	31
6	KÄYNTI PAULI MIKKOLAN LUONA .....	31
6.1	Tulosten vertailu .....	31

7 TOIMENPIDE-EHDOTUKSET ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMISEKSI .....	32
7.1 Yläpohjan lisälämmöneristys.....	32
7.2 Ikkunoiden uusiminen.....	32
7.3 Energian hinta .....	33
7.4 Kustannustehokkuus .....	33
7.4.1 Yläpohjan lisälämmöneristys .....	33
7.4.2 Ikkunoiden uusiminen .....	33
7.5 Yhteenveto vaihtoehdoista.....	34
LÄHTEET .....	35

5

LIITTEET

## 1 JOHDANTO

Energiansäästö on asia, joka on esillä jatkuvasti. Rakennusten energiataloutta koskien on säädetty laki EU:n rakennusten energiatehokkuutta koskevien direktiivien vuoksi. Taustavaikuttimina osaltaan ovat olleet myös Kioton ilmastopimus sekä Suomen energia- ja ilmastostrategia. Nämä ovat osaltaan ohjanneet kaiken aikaa niin korjaus- kuin uudisrakentamista kohti energiatehokkaampien rakennusten tuottamista. Rakennusten energiataloutta koskeva laki 487/2007 rakennusten energiatodistuksesta annettiin huhtikuussa 2007, ja se tuli voimaan tammikuussa 2008.

Suomen Rakentamismääräyskokoelman osan D5 ”Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta” avulla voidaan laskea rakennuksen energiankulutus energiatodistusta varten.

Opinnäytetyössä laskettiin D5:n ohjeita noudattaen rakennuksen energiankulutus energiatodistusta varten. Samalla tutkittiin, miten hyvin D5:n mukainen laskentamalli toimii vanhempien asuinrakennusten kohdalla, sekä tarkasteltiin miten lähtöarvojen muuttaminen vaikuttaa lopulliseen energiatehokkuuslukuun.

## 2 ENERGIATODISTUS

Energiatodistus on dokumentti, jonka taustalla on EU:n direktiivi rakennusten energiatehokkuudesta. Energiatodistuksesta käy ilmi rakennuksen tarkoitustaan vastaavaan käyttöön tarvitsema energiamäärä, ja se ilmaistaan energiatehokkuus- eli ET-lukuna. Energiatodistuksen avulla on mahdollista verrata vastaavanlaisia rakennuksia keskenään. Rakennukset on jaoteltu käyttötarkoituksensa mukaan eri ryhmiin joissa jokaisessa on oma erillinen asteikkonsa energiatehokkuuden ilmaisemiseen. Energiatodistuksen laadintaan on neljä eri vaihtoehtoa; energiakatselmuksen tai rakennuslupamenettelyn osana, isännöitsijätodistuksen osana tai erillisenä energiatodistuksena. Energiatehokkuus määritetään joko laskennallisesti tai toteutuneiden kulutuslukujen mukaan. Isännöitsijätodistuksen yhteydessä sekä energiakatselmusta laadittaessa käytetään toteutuneita kulutuslukuja. Erillisen energiatodistuksen yhteydessä esitetään lisäksi parannusehdotuksia energiatehokkuuteen. Rakennuslupamenettelyn ts. uudiskohteen sekä pienten asuinrakennusten ollessa kyseessä energiatodistus perustuu aina laskennalliseen määrittelytapaan. (Ympäristöministeriö, 2007 A)

### 2.1 Energiatodistuksen antaja

Energiatodistuksen antajasta on laissa määritelty vaatimukset, jotka todistuksen antajan tulee täyttää. Nämä vaatimukset kuitenkin vaihtelevat tapauskohtaisesti. Isännöitsijätodistuksen yhteydessä annettavan energiatodistuksen laatii joko taloyhtiön isännöitsijä tai hallituksen puheenjohtaja. Erillisen energiatodistuksen antaa riittävät pätevyysvaatimukset täyttävä henkilö. Energiakatselmuksen yhteydessä energiatodistuksen antaa energiakatselmuksen suorittaja. Uudisrakennuksen energiatodistuksen antaa rakennuksen pääsuunnittelija energiaselvityksen yhteydessä. (Ympäristöministeriö, 2007 B)

### 2.2 Energiatodistus ja voimaantulo

Laki energiatodistuksesta säädettiin 13. huhtikuuta 2007, ja laki tuli voimaan 1.tammikuuta 2008. Energiatodistus vaaditaan myytäessä tai vuokrattaessa rakennus-

ta tai sen osaa tai hallinto-oikeutta. Lain voimaantulon jälkeen rakennettaville uudisrakennuksille energiatodistus on pakollinen. (Ympäristöministeriö, 2007 B)

### 2.3 Rakennustyyppien luokitteluasteikko

Ympäristöministeriön 19. kesäkuuta 2007 antamassa asetuksessa rakennuksen energiatodistuksesta rakennukset on jaettu energiatodistusta varten kymmeneen eri rakennustyyppiin:

- Pienet asuinrakennukset
- Suuret asuinrakennukset
- Toimistorakennukset
- Liikerakennukset
- Opetusrakennukset
- Päiväkodit
- Terveystoimintarakennukset
- Kokoon-tumisrakennukset (pl. uimahallit)
- Uimahallit
- Muut rakennukset

(Ympäristöministeriö, 2007 A)

Ylläluetellut rakennustyypit ovat lisäksi kategorioitu eri käyttötarkoitukseluokkiin. Opinnäytetyöni kohde kuuluu rakennustyyppiin ”Pienet asuinrakennukset” joten tarkennan sitä hieman lisää.

### 2.4 Pienet asuinrakennukset

Otsikonmukainen rakennustyyppi on edellämainitussa ympäristöministeriön antamassa asetuksessa (765/2007) jaettu vielä seuraavanlaisiin käyttötarkoitukseluokkiin:

- 01 Erilliset pientalot  
(enintään 6 asuntoa asuinrakennusryhmässä)
- 02 Rivi- ja ketjutilat  
(enintään 6 asuntoa asuinrakennuksessa tai -rakennusryhmässä)
- 03 Asuinkerrostalot



(enintään 6 asuntoa asuinrakennuksessa tai -rakennusryhmässä)

Rakennuksen energiatehokkuus ilmaistaan energiatehokkuus- eli ET-lukuna asteikolla, jossa A-luokkaan kuuluvat energiatehokkuudeltaan parhaimmat ja G-luokkaan vastaavasti energiatehokkuudeltaan heikoimmat rakennukset.

Taulukko 1. Energiatehokkuusluokitteluasteikko pienille asuinrakennuksille.

(Ympäristöministeriö, 2007 A)

Energiatehokkuusluokka	Energiatehokkuusluku (ET-luku, kWh/brm <sup>2</sup> /vuosi)
A	$ET \leq 150$
B	$151 \leq ET \leq 170$
C	$171 \leq ET \leq 190$
D	$191 \leq ET \leq 230$
E	$231 \leq ET \leq 270$
F	$271 \leq ET \leq 320$
G	$ET \geq 321$

## 2.5 Energiatodistusmallit

Energiatodistukseen on olemassa kolme erilaista mallia:

- Pienille asuinrakennuksille (pientaloille ja enintään kuuden asunnon taloyhtiöille)
- Muille rakennuksille (yli kuuden asunnon asuinrakennuksille ja palvelu-kiinteistöille)
- Isännöitsijätodistuksen liitteenä oleva energiatodistus

(Motiva, 2009)

Näistä jokaiselle on olemassa myös omat lomakepohjansa jotka ovat eroavaisia toisiinsa nähden. Selkein ero on lomakkeisiin syötettävien lähtötietojen määrässä, sekä laadussa, joilla laskenta suoritetaan. Isännöitsijätodistuksen liitteenä olevan sekä muiden rakennusten energiatodistuksen lomakepohjaan syötetään rakennuksen bruttoala sekä toteutuneet energian ja veden kulutusluvut, jotka sääkorjauksen avulla muunnetaan vertailukelpoisiksi muille paikkakunnille. Pienten asuinrakennusten

energiatodistuksen lomakepohjaan syötetään rakennuksen laajuustiedot, rakenteet, ilmanvaihdon sekä vedenkulutuksen tunnusluvut sekä lämmitysjärjestelmän tiedot.

### 3 LÄHTÖTIETOJEN SELVITYS

Energiankulutus pienille asuinrakennuksille energiatodistusta varten lasketaan aina Suomen rakentamismääräyskokoelman D5/2007 mukaan käyttäen ympäristöministeriön asetuksen 765/2007 mukaisesti määrättyjä lähtöarvoja:

- Pinta-alat
- U-arvot (rakennusosien lämmönläpäisykertoimet)
- Veden kulutus (määräytyy henkilömäärästä, jonka laskentaperusteena on asunnon makuuhuoneiden lukumäärä +1)
- Rakennuksen ilmanvuotoluku (jos halutaan käyttää parempaa vaipan ilmanvuotoluvun  $n_{50}$  arvoa kuin 4 l/h, on tehtävä mittaus tai muu selvitys)
- Massiivisuus rakennuksen ominaisuuksien pohjalta
- Laitesähkönkulutus (vakioarvo)

(Ympäristöministeriö, 2009 C)

#### 3.1 Laskentakohteen kuvaus

Opinnäytetyön laskennan kohteena on Ikaalisissa sijaitseva yksikerroksinen omakotitalo. Alunperin 1985 rakennettua kerrosalaltaan 129 m<sup>2</sup> olevaa rakennusta on laajennettu 45m<sup>2</sup> vuonna 2002, jonka yhteydessä vesikatto on uusittu kauttaaltaan sekä lisäeristetty alkuperäisen osan yläpohja vastaamaan sen aikaisia rakentamismääräyksiä. Myöskin sisäpinnat on uusittu samassa yhteydessä. Rakennuksessa on koneellinen poistoilmanvaihto. Lämmitysmuotona on sähkö. Lämmönlvutuksessa käytetään sähkölämmityspattereita alkuperäisessä osassa sekä sähköistä lattialämmitystä laajennusosassa sekä märkätiloissa. Kohteessa on myös takka, mutta sitä ei huomioida laskennassa satunnaisen käytön vuoksi ja koska vuodessa poltetun puun määrää ei voitu luotettavasti määrittää..



Kuva 1. Laskentakohde Ikaalinen 2010

### 3.2 Lähtötiedot

Lähtötietojen selvittäminen, kun kyseessä on tällainen vanha rakennus, saattaa useimmiten olla melkoisen haastavaa. Tässäkin tapauksessa laajennusosan lupakuvat löytyivät ongelmitta mutta alkuperäisen osan lupakuvat olivat ajansaatossa hukku- neet. Tähän kuitenkin löytyi apu Ikaalisten kaupungin rakennusvalvontavirastosta, jota kautta saatiin puuttuvat kuvat. Kaikkien kuvien löydyttyä olikin jo helppo laskea lähtöarvot laskentaa varten.

### 3.2.1 Laajuustiedot

Laajuustiedot pitävät sisällään rakennuksen fyysisten mittojen tuottamia numeroarvoja kuten mm. rakennuksen bruttopinta-ala ja rakennustilavuus. Bruttopinta-alan laskennasta on olemassa ympäristöministeriön antama asetus jonka mukaan laskenta suoritetaan.

Rakennuksen energiatehokkuusluvun laskennassa pinta-alana käytetään standardin SFS 5139 mukaista bruttopinta-alaa, josta on vähennetty energiatodistuksen kohteena olevan rakennuksen tai rakennusryhmän lämmittämättömien tilojen osuus. Lämmittämättömällä tilalla tarkoitetaan tässä rakennusta tai sen osaa, jota ei ole varustettu lämmitysjärjestelmällä.

(Ympäristöministeriö 2008 E)

Rakennuksen laajuustietoja laskeessani olen käyttänyt tarkkoja arvoja, jotta voidaan poissulkea pyöristysten aiheuttama virhe mahdollisimman hyvin lopullisessa energiatodistuksessa.

- Bruttopinta-ala, 144,8m<sup>2</sup>
- Rakennustilavuus, 522,7m<sup>3</sup>
- Huoneistoala, 121,6m<sup>2</sup>
- Ilmatilavuus, 296,3m<sup>3</sup>
- Ulkoseinien pinta-ala 115,0m<sup>2</sup>
- Ikkuna pinta-ala 16,0m<sup>2</sup> (etelään 8,2m<sup>2</sup>, pohjoiseen 7,8m<sup>2</sup>)
- Ulko-ovien pinta-ala 8,0m<sup>2</sup>

### 3.2.2 U-arvot

U-arvolla ilmoitetaan rakennusosan lämmönläpäisykerroin, jonka yksikkö on W/(m<sup>2</sup>K), ja jonka suuruus määräytyy rakenteiden ominaisuuksien perusteella lasketuna. Tähän vaikuttaa ulkovaipan rakenteissa käytetyt materiaalit sekä niiden vahvuus (paksuus). Lyhyesti selitettynä, mitä pienempi rakenteen U-arvo on, sitä parempi on sen lämmöneristävyys.

Opinnäytetyön esimerkkikohteen rakenteet selviävät liitteenä olevasta laajennusosan rakenneleikkauskuvasta, kuten myös rakenteiden lämmönläpäisykerroimet.

Rakenteet sekä alkuperäisessä että laajennusosassa ovat hyvin samanlaiset keskenään, joten niitä ei katsottu tarpeelliseksi lähteä laskemaan kuin tarkistusmielessä. Ainoa jonka laskentaa varten joutui erityisesti laskemaan oli alapohjan lämmönläpäisykerroin, koska energiatodistuksen laskennan yhteydessä alapohjan lämmönläpäisykertoimeen ei oteta huomioon maaperän lämmönvastusta. Liitteenä 4 olevassa laajennusosan leikkauskuvassa esitetään U-arvot eri rakenneosille;

- ulkoseinät,  $0,28\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$
- yläpohja  $0,16\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$
- alapohja (maaperän lämmönvastus poisluettuna)  $0,29\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$

Ikkunat kyseisessä kohteessa ovat sekä MSK- että MSE-tyyppisiä, mikä tässä tapauksessa aiheutti pientä päänvaivaa U-arvon suhteen. Lopulta löysin RT-kortistosta taulukon, jonka perusteella päädyin käyttämään ikkunoiden U-arvona  $1,8\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ .

Taulukko 2. Puuikkunoiden ohjeellisia lämmönläpäisykertoimia (Rakennustieto, 2008)

*Taulukko 3. Puuikkunoiden ohjeellisia lämmönläpäisykertoimia. Arvot ovat keskimääräisiä arvoja ikkunalle, jonka koko on  $12\text{M} \times 12\text{M}$ . Mitatut arvot saattavat poiketa taulukossa esitetyistä. Arvoihin vaikuttavat ikkunoiden rakenteelliset tekijät, kuten esimerkiksi lasityypit, lasien väliset etäisyydet, eristyslasin täytekaasu ja välilistamateriaali, karmi- ja puiterakenne sekä valoaukon koko.*

Ikkunatyyppe	Lasiosa	Täytekaasu	U-arvo ( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ )	
			Lasiosa	Koko ikkuna
MSU	2 x float	-	2,8 ... 3,0	2,4 ... 2,8
MS	2 x float	-	2,8 ... 3,0	2,4 ... 2,8
MSK	3 x float	-	1,7 ... 1,9	1,7 ... 1,9
MSE	3 x float	ilma	1,8 ... 1,9	1,7 ... 2,0
	float – float – selekt.	ilma	1,0 ... 1,5	1,3 ... 1,5
	float – float – selekt.	argon	0,9 ... 1,2	1,1 ... 1,3
	selekt – float – selekt.	argon	0,7 ... 1,0	0,9 ... 1,2
MS2E MS3E	4 x float	ilma	1,3 ... 1,4	1,4 ... 1,5
	3 x float + 1 x selekt.	ilma	0,8 ... 1,2	1,1 ... 1,3
	3 x float + 1 x selekt.	argon	0,7 ... 1,0	1,0 ... 1,2
	2 x float + 2 x selekt.	ilma	0,6 ... 1,0	0,8 ... 1,1
	2 x float + 2 x selekt.	argon	0,5 ... 0,9	0,7 ... 1,0
MEK	3 x float	ilma	1,8 ... 2,0	1,8 ... 2,0
	float – float – selekt.	ilma	1,0 ... 1,6	1,3 ... 1,6
	float – float – selekt.	argon	0,9 ... 1,4	1,1 ... 1,5
	selekt – float – selekt.	ilma	0,7 ... 1,3	0,9 ... 1,4
	selekt – float – selekt.	argon	0,5 ... 1,1	0,8 ... 1,3
SEK	3 x float	ilma	1,8 ... 1,9	1,7 ... 2,0
	float – float – selekt.	ilma	1,0 ... 1,5	1,3 ... 1,5
	float – float – selekt.	argon	0,9 ... 1,2	1,1 ... 1,3
	selekt – float – selekt.	argon	0,7 ... 1,0	0,9 ... 1,1
SE	3 x float	ilma	1,8 ... 2,0	1,8 ... 2,0
	float – float – selekt.	ilma	1,0 ... 1,6	1,4 ... 1,6
	float – float – selekt.	argon	0,9 ... 1,4	1,1 ... 1,5
	selekt – float – selekt.	ilma	0,7 ... 1,3	1,0 ... 1,4
	selekt – float – selekt.	argon	0,5 ... 1,1	0,9 ... 1,3

Ovien U-arvo oli myös melko hankala määrittää, koska ulko-ovista ei löytynyt vastaavanlaista taulukkoa, mutta Suomen rakentamismääräyskokoelman osaa C4 apuna käyttäen päädyttiin ovissa arvoon  $1,5\text{W/m}^2\text{K}$ . (Ympäristöministeriö, 2002 F)

### 3.2.3 Rakennuksen ilmanvuotoluku ( $n_{50}$ )

Ilmanvuotoluvulla tässä yhteydessä tarkoitetaan rakennuksen vaipan ilmanpitävyyden arvoa 50 Pa:n paine-erolla. Ilmanvuotoluku saattaa vaihdella suuresti eri rakennusten kesken, ja sillä on myöskin suuri vaikutus rakennuksen energiatehokkuuslukuun. Suomen Rakentamismääräyskokoelman osan D5 luvussa 4 olevassa taulukossa on esitetty erilaisille rakennuksille tyypillisiä ilmanvuotolukuja. Lähtökohtaisesti pientalon energiatodistusta laskettaessa käytetään ilmanvuotoluvulle arvoa  $4\text{ l/h}$ , ellei sitä pystytä mittauksin tai muulla menetelmällä toisin todistamaan.

Tähän liittyen löysin Tampereen Teknillisen yliopiston rakennustekniikan yksikön tekemän tutkimuksen ”Puurunkoisten pientalojen kosteus- ja lämpötilaolosuhteet, ilmanvaihto ja ilmatiiviys”, johon tutkijat olivat mitanneet 100:n puurunkoisen talon ilmanvuotoluvut. Tutkimuksesta selviää että valtaosan rakennuksista ilmanvuotoluku sijoittui välille  $3\text{--}5\text{ l/h}$ , mutta myös, että pahimmillaan ilmanvuotoluku joissain tapauksissa oli lähes  $9\text{ l/h}$ . (Tampereen teknillinen yliopisto, 2005)

## 4 LASKENTA

Rakennuksen energiankulutuksen laskennan kulku on esitetty Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D5. Laskenta tässä opinnäytetyössä on suoritettu käsin. Aluksi lasketaan lämpöhäviöenergiat, joihin kuuluu rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia, vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia sekä ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema lämpöenergia.

Tämän jälkeen lasketaan käyttöveden lämmityksen tarvitsema energiankulutus ja lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia sekä laitesähkönkulutus.

Seuraavaksi lasketaan lämpökuormat jotka pitävät sisällään henkilöistä, lämmitysjärjestelmästä, käyttöveden lämmityksestä, valaistuksesta ja sähkölaitteista vapautuvan lämpöenergian sekä ikkunoiden kautta rakennukseen tulevan auringon säteilyenergian.

Seuraavana on laskuvuorossa lämpökuormista hyödynnettävä energia. Viimeisenä lasketaan rakennuksen energiankulutus, joka lasketaan edellä laskettujen tulosten perusteella.

Tulosten yhteydessä esitän laskentakaavat, joilla olen kyseisiin tuloksiin päässyt. Laskennassa käytettävät kaavat ja symbolit selityksineen sekä esitellyt taulukot löytyvät RakMk D5:stä.

(Ympäristöministeriö, 2007 D)

#### 4.1 Lämpöhäviöenergiat

Lämpöhäviöenergioihin lasketaan rakennuksen vaipan, vuotoilman sekä ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia. Sää tietoina käytetään Jyväskylän arvoja ja sisätilan ( $T_s$ ) lämpötilana  $21^\circ\text{C}$ .

##### 4.1.1 Rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia

Rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia lasketaan kaavalla:

$$Q_{\text{joht}} = \sum H_{\text{joht}} (T_s - T_u) \Delta t / 1000$$

Rakennusosien yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö lasketaan rakennekohtaisesti:

$$\sum H_{\text{joht}} = \sum (U_{\text{ulkoseinä}} A_{\text{ulkoseinä}}) + \sum (U_{\text{sokkeli}} A_{\text{sokkeli}}) + \sum (U_{\text{yläpohja}} A_{\text{yläpohja}}) + \sum (U_{\text{alapohja}} A_{\text{alapohja}}) + \sum (U_{\text{ikkuna}} A_{\text{ikkuna}}) + \sum (U_{\text{ovi}} A_{\text{ovi}})$$

Koska rakennuksessa on maanvastainen alapohja, käytetään ensiksi esitettyssä kaavassa ulkoilman lämpötilan sijaan alapohjan alapuolisen maan lämpötilaa, joka saadaan kaavalla:

$$T_{\text{maa, vuosi}} = T_{\text{u, vuosi}} + \Delta T_{\text{maa, vuosi}}$$

Arvot kaavaan saadaan taulukoista,  $T_{\text{u, vuosi}}$  D5:n liitteestä 1 Jyväskylän sää tiedoista ja  $\Delta T_{\text{maa, vuosi}}$  kappaleen 4 taulukosta 4.1. Lisäksi alapohjan U-arvon laskennassa ei oteta huomioon maan lämmönvastusta

Kohteen maaperä on savea joka on salaojitettu. Tämän ja aiemmin lasketun alapohjan U-arvon perusteella käytetään  $\Delta T_{\text{maa, vuosi}}$  arvona  $7^\circ\text{C}$ .

Taulukossa 6. esitetään eri rakenteiden läpi johtuvat lämpöenergiat.

Taulukko 3. Jyväskylän kuukausittaiset säätiedot (Ympäristöministeriö, 2007 D)

<i>Taulukko L1.4. Säätiedot kuukausittain säävyöhykkeellä III. Jyväskylä, 1979.</i>			
Kuukausi	Ulkoilman keskilämpötila, $T_u$ , °C	Auringon kokonaissäteilyenergia vaakatasolle, $G_{\text{säteily, vaakapinta}}$ , kWh/m <sup>2</sup>	Normitukseen käytettävä lämmitystarveluku, S17, Kd
Tammikuu	-10,6	5,7	856
Helmikuu	-12,2	23,3	816
Maaliskuu	-2,58	47,3	607
Huhtikuu	0,20	93,4	504
Toukokuu	10,3	147,1	183
Kesäkuu	14,9	171,4	8
Heinäkuu	15,0	138,4	0
Elokuu	14,8	116,4	18
Syyskuu	7,97	61,4	264
Lokakuu	1,73	26,6	473
Marraskuu	-0,59	5,5	528
Joulukuu	-6,90	2,8	741
Koko vuosi	2,76	839	4 997

Taulukko 4. Alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman vuotuisen lämpötilan ero (Ympäristöministeriö, 2007 D)

Maan ja ulkoilman vuotuisen keskilämpötilan ero saadaan taulukosta 4.1 maalajista ja alapohjan U-arvosta riippuen. Ellei maaperästä ole tarkempaa tietoa, voidaan lämpötilaeroa käyttää arvoa 5 °C.

<i>Taulukko 4.1 Alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman vuotuisen keskilämpötilan ero.</i>			
Maalaji	Alapohjan U-arvo, W/m <sup>2</sup> K		
	<0,2	0,2 – 0,3	>0,3
	$\Delta T_{\text{maa, vuosi}}$ , °C		
Savi, salaojitettu hiekka ja sora	5	7	8
Hiesu, moreeni, hieta, salaojittamaton hiekka ja sora	3	5	6
Kallio	2	3	4

#### 4.1.2 Vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia

Rakenteiden epätiiviyksien kautta sisään ja ulos virtaavan vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia lasketaan kaavalla:

$$Q_{\text{vuotoilma}} = H_{\text{vuotoilma}}(T_s - T_u) \Delta t / 1000$$

Vuotoilman ominaislämpöväiö  $H_{\text{vuotoilma}}$  lasketaan kaavalla:

$$H_{\text{vuotoilma}} = \rho_i c_{pi} q_{v, \text{vuotoilma}}$$

Vuotoilmavirran  $q_{v, \text{vuotoilma}}$  lasketaan käytetään kaavaa:  $q_{v, \text{vuotoilma}} = n_{\text{vuotoilma}} V / 3600$



Ellei rakennuksen ilmanpitävyyttä tiedetä, käytetään vuotoilmakertoimena  $n_{\text{vuotoilma}}$  laskennassa arvoa 0,16 1/h, joka vastaa ilmanvuotoluvun  $n_{50}$  arvoa 4. Jos ilmanvuotoluku tiedetään, lasketaan ilmanvuotokerroin kaavalla:  $n_{\text{vuotoilma}} = n_{50}/25$ .

Vuotoilman kaava voidaan johtaa muotoon:

$$Q_{\text{vuotoilma}} = [\rho_i c_{pi} (n_{\text{vuotoilma}} V/3600)] (T_s - T_u) \Delta t / 1000$$

Taulukossa 7. esitetään tulokset vuotoilman lämmitykseen tarvittavalle energialle.

Taulukko 5. Taulukko tyypillisistä rakennuksen vaipan ilmanvuotoluvuista (Ympäristöministeriö, 2007 D)

<i>Taulukko 4.3. Tyypillisiä vaipan ilmanvuotolukuja (<math>n_{50}</math>) erilaisille rakennuksille riippuen rakentamis- ja toteutustavasta.</i>		
Tavoiteilmanpitävyys	Yksityiskohdat	Tyypilliset $n_{50}$ -luvut, 1/h
Hyvä ilmanpitävyys	Saumojen ja liitosten ilmanpitävyyteen on kiinnitetty erityistä huomiota sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa (erillistarkastus)	Pientalo 1 ... 3 Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 0,5 ... 1,5
Keskimääräinen ilmanpitävyys	Ilmanpitävyys on huomioitu tavanomaisesti sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 3 ... 5 Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 1,5 ... 3,0
Heikko ilmanpitävyys	Ilmanpitävyyteen ei ole juurikaan kiinnitetty huomiota suunnittelussa eikä rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 5 ... 10 Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 3 ... 7

#### 4.1.3 Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia

Ilmanvaihdosta johtuva lämmitysenergian tarve  $Q_{iv}$  lasketaan seuraavasti:

$Q_{iv} = \sum (H_{iv} (T_s - T_u) \Delta t / 1000)$ , josta ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö lasketaan kaavalla:

$$H_{iv} = \rho_i c_{pi} q_{v,poisto} t_d r_{tv} (1 - \eta_a)$$

ET-luvun laskennassa käytettävän ilmanvaihdon poistoilmavirran ( $q_{v,poisto}$ ) arvo määritetään siten, että rakennuksen ilmanvaihtuvuus on jatkuvasti 0,5 1/h. Tässä tapauksessa rakennuksen ilmatilavuus on 296,3m<sup>3</sup> ja poistoilmavirta 148,2m<sup>3</sup>/h eli 0,041m<sup>3</sup>/s.

Ilmanvaihdon tarvitseman lämmitysenergian kaava voidaan johtaa seuraavasti:  $Q_{iv} = \sum [(\rho_i c_{pi} q_{v,poisto} t_d r_{tv} (1 - \eta_a)) (T_s - T_u) \Delta t / 1000]$ . Laskennan tulokset esitetään taulukossa 7.

Taulukko 6. Rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia

Kuukausi	Kuukauden pituus	Ulkolämpötila	Maan lämpötila	Ulkoseinä	Yläpohja	Alapohja	Ikkunat	Ulko-ovet	YHT
	h	°C	°C	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
tammikuu	744	-10,6	9,76	867,04	457,42	294,90	677,95	281,42	<b>2578,73</b>
helmikuu	672	-12,2	8,76	822,78	434,07	290,06	643,34	267,06	<b>2457,31</b>
maaliskuu	744	-2,58	7,76	646,98	341,33	347,37	505,88	210,00	<b>2051,56</b>
huhtikuu	720	0,20	6,76	552,3	291,37	361,55	431,85	179,26	<b>1816,33</b>
toukokuu	744	10,3	6,76	293,58	154,89	373,61	229,56	95,29	<b>1146,93</b>
kesäkuu	720	14,9	7,76	161,97	85,45	336,16	126,65	52,57	<b>762,80</b>
heinäkuu	744	15,0	9,76	164,63	86,85	294,90	128,72	53,43	<b>728,53</b>
elokuu	744	14,8	10,76	170,11	89,75	268,66	133,01	55,22	<b>716,75</b>
syyskuu	720	7,97	11,76	345,98	182,53	234,60	270,53	112,30	<b>1145,94</b>
lokakuu	744	1,73	12,76	528,73	278,94	216,19	413,42	171,61	<b>1608,89</b>
marraskuu	720	-0,59	12,76	573,27	302,44	209,21	448,25	186,07	<b>1719,24</b>
joulukuu	744	-6,90	11,76	765,52	403,86	242,42	598,57	248,47	<b>2258,84</b>
<b>YHT</b>	<b>8760</b>			<b>5892,89</b>	<b>3108,9</b>	<b>3469,63</b>	<b>4607,73</b>	<b>1912,7</b>	<b>18991,85</b>
<b>KA</b>		<b>2,67</b>	<b>9,76</b>						

Taulukko 7. Vuotoilman ja ilmanvaihdon lämmitysenergia

Kuukausi	Q <sub>vuotoilma</sub>	Q <sub>v</sub>
	kWh	kWh
tammikuu	371,54	1156,71
helmikuu	352,58	1097,67
maaliskuu	277,24	863,14
huhtikuu	236,67	736,82
toukokuu	125,81	391,67
kesäkuu	69,41	216,10
heinäkuu	70,55	219,63
elokuu	72,90	226,95
syyskuu	148,26	461,57
lokakuu	226,57	705,37
marraskuu	245,66	764,80
joulukuu	328,04	1021,27
<b>YHT</b>	<b>2525,23</b>	<b>7861,70</b>

#### 4.2 Käyttöveden lämmityksen energiankulutus

Käyttöveden lämmityksen energiankulutus saadaan kaavasta:

$$Q_{lkv} = Q_{lkv,netto} + Q_{lkv,häviöt}$$

Käyttöveden lämmityksen tarvitsema lämpöenergia lasketaan kaavalla:

$$Q_{lkv,netto} = \rho_v c_{pv} V_{lkv} (T_{lkv} - T_{kv}) / 3600$$

Rakennuksen lämpimän käyttöveden ( $V_{lkv}$ ) kulutus voidaan laskea joko pinta-ala perusteisesti tai henkilölukuun perustuen. Asuinrakennusten kohdalla laskenta suoritetaan ensisijaisesti henkilöperusteisesti. Laskentaan käytetään kaavaa:

$$V_{lkv} = V_{lkv,omin,henk} n \Delta t / 1000$$

Laskenta perustuu vuorokausikohtaiseen kulutukseen per henkilö, joka saadaan taulukosta.

Taulukko 8. Lämpimän käyttöveden kulutuksia (Ympäristöministeriö, 2007 D)

<i>Taulukko 5.1 Lämpimän käyttöveden ominaiskulutuksia eri rakennustyypeille.</i>	
Rakennustyyppi	Lämpimän veden kulutus henkilöä kohti, $V_{lkv,omin,henk}$ dm <sup>3</sup> /henk vuorokaudessa
Asuinrakennus (huoneistokohtainen mittaus ja laskutus)	50
Asuinrakennus (muut)	60

Opinnäytetyön kohteessa on huoneistokohtainen mittaus, joten käytetään taulukon arvoa 50 dm<sup>3</sup>/henk. Laskennassa käytettävä henkilömäärä lasketaan makuuhuoneiden lukumäärä+1.

Käyttöveden lämmityksen tarvitseman energian kaava johdetaan muotoon:

$$Q_{lkv,netto} = \rho_v c_{pv} (V_{lkv,omin,henk} n \Delta t / 1000) (T_{lkv} - T_{kv}) / 3600$$

Käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia lasketaan seuraavasti:

$$Q_{lkv,häviöt} = Q_{lkv,kehityshäviöt} + Q_{lkv,kiertohäviöt} + Q_{lkv,varaajahäviöt}$$

Kohteessa lämpimän käyttöveden kehityksestä vastaa Jäspin lämminvesivaraaja, mallimerkinnältään VLM-300S. Varaajan lämpöhäviöistä ei ole valmistajan antamia arvoja tiedossa, joten laskuissa käytetään D5:n mukaista arvoa.

Yleensä lämpimän käyttöveden lämmönkehityslaitteiden lämpöhäviöenergiat  $Q_{lkv,kehityshäviöt}$  sisältyvät lämmityskaudella tilojen lämmityksen kehityshäviöihin (kohta 6.1.3) eikä niitä tarvitse erikseen laskea. Jos lämpimällä käyttövedellä on oma lämmönkehityslaitte, vaipan lämpöhäviöenergia lasketaan yleensä valmistajan ilmoittamasta tai muulla tavalla todetusta lämpöhäviötehosta. Ellei tietoa laitteen lämpöhäviöenergian määrästä ole käytettävissä, voidaan käyttää arvoa 1 kWh/brm<sup>2</sup> vuodessa, kuitenkin vähintään 1 000 kWh. Kuukausiarvot lasketaan vuosiarvoista kuukausien pituuksien suhteessa.

Kuva 2. RakMk D5:n kohta 6.2.3 (Ympäristöministeriö, 2007 D)

Lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviöenergia lasketaan kaavalla:

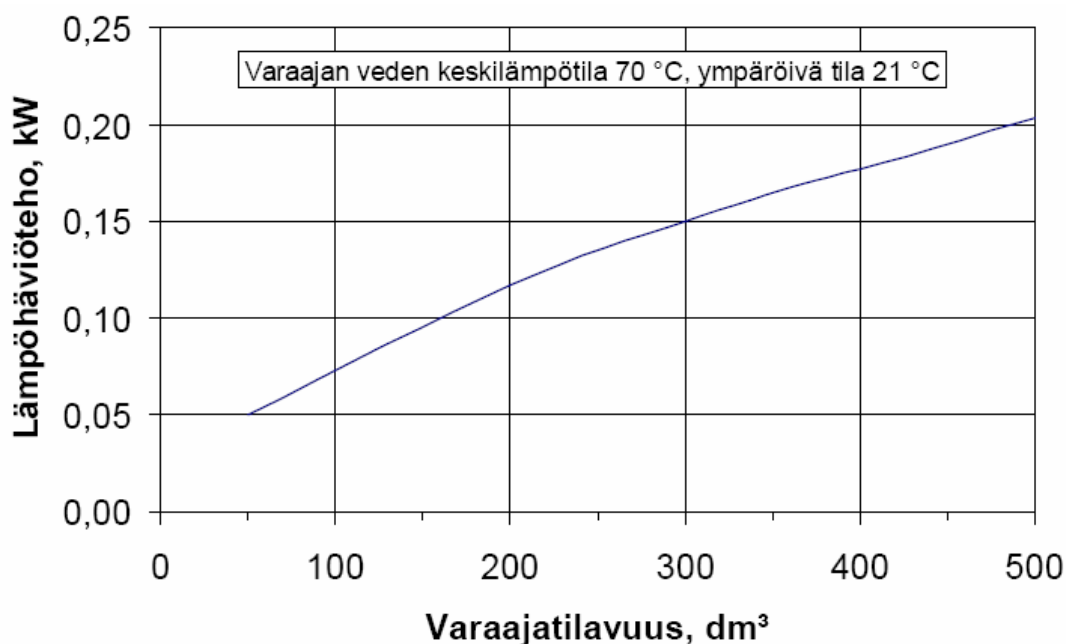
$$Q_{lkv,kiertohäviöt} = Q_{lkv,kiertohäviöt,omin} A_{br}$$

Lämpimän käyttöveden kiertopiiriin ei ole kytketty märkätilojen lämmityslaitteita, joten laskussa  $Q_{lkv,kiertohäviöt,omin} = 15 \text{ kWh/brm}^2$ .

Taulukko 9. Lämpimän käyttöveden kiertopiirin lämpöhäviö (Ympäristöministeriö, 2007 D)

Taulukko 6.2 Lämpimän käyttöveden kiertopiirin lämpöhäviöenergia.	
Rakennustyyppi	Lämpimän käyttöveden kiertopiirin ominaislämpöhäviöenergia, $Q_{lkv,kiertohäviöt,omin}$ kWh/brm <sup>2</sup> vuodessa
Asuinrakennus tai vastaava 1)	
- kiertopiiriin ei ole kytketty märkätilojen lämmityslaitteita	15
- kiertopiiriin on kytketty märkätilojen lämmityslaitteita	30

Varaajasta aiheutuva lämpöhäviöenergia  $Q_{lkv,varaajahäviöt}$  saadaan kertomalla kuvasta 3 saatava arvo ajanjakson pituudella (h).



Kuva 3. Lämpimän käyttöveden varaajan lämpöhäviöteho (Ympäristöministeriö, 2007 D)

Käyttöveden lämmityksen kokonaisenergiankulutuksen kaava saadaan muotoon:

$$Q_{lkv} = Q_{lkv,netto} + Q_{lkv,kehityshäviöt} + Q_{lkv,kiertohäviöt} + Q_{lkv,varaajahäviöt}$$

Taulukossa 10. esitetään tulokset käyttöveden lämmityksestä aiheutuvalle energiankulutukselle.

Taulukko 10. Käyttöveden lämmityksen energiankulutus

Kuukausi	Q <sub>lkv,netto</sub>	Q <sub>lkv,kehityshäviöt</sub>	Q <sub>lkv,kiertohäviöt</sub>	Q <sub>lkv,varasjahäviöt</sub>	YHT
	kWh	kWh	kWh		
tammikuu	361,67	84,93	184,47	111,60	<b>742,67</b>
helmikuu	326,67	76,71	166,62	100,80	<b>670,8</b>
maaliskuu	361,67	84,93	184,47	111,60	<b>742,67</b>
huhtikuu	350,00	82,20	178,52	108,00	<b>718,72</b>
toukokuu	361,67	84,93	184,47	111,60	<b>742,67</b>
kesäkuu	350,00	82,20	178,52	108,00	<b>718,72</b>
heinäkuu	361,67	84,93	184,47	111,60	<b>742,67</b>
elokuu	361,67	84,93	184,47	111,60	<b>742,67</b>
syyskuu	350,00	82,20	178,52	108,00	<b>718,72</b>
lokakuu	361,67	84,93	184,47	111,60	<b>742,67</b>
marraskuu	350,00	82,20	178,52	108,00	<b>718,72</b>
joulukuu	361,67	84,93	184,47	111,60	<b>742,67</b>
<b>YHT</b>	<b>4258,36</b>	<b>1000,02</b>	<b>2171,99</b>	<b>1314,00</b>	

#### 4.3 Lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia

Rakennuksen tilojen lämmityksessä syntyy lämpöhäviöitä lämmön kehityksessä, varastoinnissa, siirrossa ja luovuttamisessa. Säätojärjestelmä osaltaan myös lisää häviöitä. Lämmönkehityslaitteista aiheutuvat lämpöhäviöenergiat lasketaan pääosin valmistajan ilmoittamasta tai muuten todetusta lämpöhäviötehosta.

(Ympäristöministeriö, 2007) /4/

Ellei lämmitysjärjestelmästä ole olemassa selkeitä dokumentteja, voidaan lämpöhäviöenergioiden määrittämisessä hyväksikäyttää taulukon mukaisia ominaislämpöhäviöitä.

Laskentakohteen lämmitysjärjestelmä koostuu sähkölämmityspattereista ja sähköisestä lattialämmityksestä. Laskennassa huomioidaan luovutus- ja säätöhäviöt. Sähkölämmityspatterit lämmittävät 95m<sup>2</sup>:ä ja lattialämmitys 49,8m<sup>2</sup>:ä lämpimistä tiloista. Tästä syystä laskenta ei käynyt suoraan D5:ssä annetulla kaavalla, vaan jouduttiin laskemaan lämmitysjärjestelmien ominaislämpöhäviö pinta-alojen mukaan painotettuna keskiarvona:

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,häviöt}} = \left[ (Q_{\text{häviöt,luovutus,patterit}} + Q_{\text{häviöt,säätö,patterit}}) A_{\text{patterit}} / A_{\text{br}} \right] + \left[ (Q_{\text{häviöt,luovutus,lattia}} + Q_{\text{häviöt,säätö,lattia}}) A_{\text{lattia}} / A_{\text{br}} \right] A_{\text{br}}$$

Taulukossa 12. esitetään tulokset lämmitysjärjestelmästä aiheutuvista lämpöhäviöenergioista.

Taulukko 11. Eri lämmitysjärjestelmien lämpöhäviöenergiat (Ympäristöministeriö, 2007) /4/

Lämmitysjärjestelmä	Lämmitysjärjestelmän ominaislämpöhäviöt $Q_{\text{lämmitys,tilat,häviöt,omin}}$ , kWh/brm <sup>2</sup> vuodessa				
	Kehityshäviöt 2)	Jakeluhäviöt 3)	Luovutus-häviöt 3)	Säätöhäviöt 3)	Varaajahäviöt 2)
Sähkölämmityspatterit	0	0	4	1	0
Sähköinen lattialämmitys	0	0		4	0
- alapohjan lämmöneristys 200 mm 1)			10		
- alapohjan lämmöneristys 100 mm 1)			20		
- välipohja lämmöneristys 50 mm 1)			15		
- välipohja ilman lämmöneristystä			30		
Sähköinen ilmanvaihtolämmitys					0
- keskitetty tuloilman lämmitys	0	5	1	4	
- huonekohtainen tuloilman lämmitys	0	0	1	1	

1) Eristyspaksuus vastaa lämmöneristettä, jonka suunnittelulämmönjohtavuus on enintään 0,045 W/(m K).

Taulukko 12. Lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia

Kuukausi	$Q_{\text{lämmitys,tilat,häviöt}}$ kWh
tammikuu	113,80
helmikuu	102,78
maaliskuu	113,80
huhtikuu	110,12
toukokuu	113,80
kesäkuu	110,12
heinäkuu	113,80
elokuu	113,80
syyskuu	110,12
lokakuu	113,80
marraskuu	110,12
joulukuu	113,80
<b>YHT</b>	<b>1339,86</b>

#### 4.4 Laitesähköenergiankulutus

Laitesähköenergiankulutukseen lasketaan niin valaistuksesta kuin ilmanvaihdosta sekä muista laitteista (mm. kodinkoneista) aiheutuva energiankulutus. Riippuen siitä, kuinka hyvin talon sähköjärjestelmä tunnetaan, voidaan laitesähköenergiankulutus joko laskea yksityiskohtaisesti tai käyttää taulukossa annettuja arvoja. Tässä kohdassa koettiin varmemmaksi käyttää taulukossa annettua arvoa, koska kohteen sähköjärjestelmästä ei ollut riittävästi tietoa.

Taulukko 13. Laitteiden ominaissähköenergiankulutusarvoja (Ympäristöministeriö, 2007 D)

*Taulukko 7.1. Rakennuksen laitteiden ominaissähköenergiankulutusarvoja rakennustyypeittäin.*

Rakennustyyppi	<b>Laitteiden sähkönkulutus yhteensä</b>	Valaistus- järjestelmä	Ilmanvaihto- järjestelmä	Muut laitteet
	$W_{\text{laitesähkö}}$	$W_{\text{valaistus}}$	$W_{\text{ilmanvaihto}}$	$W_{\text{muut laitteet}}$
	kWh/brm <sup>2</sup> /vuosi	kWh/brm <sup>2</sup> /vuosi	kWh/brm <sup>2</sup> /vuosi	kWh/brm <sup>2</sup> /vuosi
Asuinkerrostalo	<b>50</b>	7	<b>10</b>	33
Rivitalo	<b>50</b>	7	7	36
Pientalo	<b>50</b>	7	7	36
Toimistorakennus	70	30	12	28
Opetusrakennus	<b>60</b>	23	12	25
Liikerakennus	<b>80</b>	48	17	15
Hotelli	<b>110</b>	60	17	33
Ravintola	<b>110</b>	42	36	32
Liikuntarakennus	<b>180</b>	60	41	79
Sairaala	<b>100</b>	60	28	12
Muut rakennukset	<b>100</b>	30	11	59

Energiatodistuksen laskennassa käytettiin laitteiden ominaissähkökulutuksen arvona taulukon arvoa 50kWh/brm<sup>2</sup>/vuosi, josta saadaan laitesähkön vuosittainen kokonaiskulutus:  $W_{\text{laitesähkö}} = 50\text{kWh/brm}^2 A_{\text{br}}$

Tulos jaetaan kuukausittain kuukausien pituuksien suhteessa. Taulukossa 14. esitetään laitesähköenergiankulutuksen kuukausittaiset arvot.

Taulukko 14. Laitesähköenergiankulutus

Kuukausi	Valaistus	Ilmanvaihto	Muut laitteet	YHT
	kWh	kWh	kWh	
tammikuu	86,09	86,09	442,73	<b>614,91</b>
helmikuu	77,76	77,76	399,89	<b>555,41</b>
maaliskuu	86,09	86,09	442,73	<b>614,91</b>
huhtikuu	83,31	83,31	428,45	<b>595,07</b>
toukokuu	86,09	86,09	442,73	<b>614,91</b>
kesäkuu	83,31	83,31	428,45	<b>595,07</b>
heinäkuu	86,09	86,09	442,73	<b>614,91</b>
elokuu	86,09	86,09	442,73	<b>614,91</b>
syyskuu	83,31	83,31	428,45	<b>595,07</b>
lokakuu	86,09	86,09	442,73	<b>614,91</b>
marraskuu	83,31	83,31	428,45	<b>595,07</b>
joulukuu	86,09	86,09	442,73	<b>614,91</b>
<b>YHT</b>	<b>1013,63</b>	<b>1013,63</b>	<b>5212,80</b>	<b>7240,06</b>

#### 4.5 Lämpökuormat

Rakennukseen tulevat lämpökuormat aiheutuvat siellä tapahtuvasta toiminnasta. Lämpökuormia tulee valaistuksesta, lämmitysjärjestelmästä, sisällä olevista laitteista, ikkunoiden kautta tulevasta auringon säteilyenergiasta sekä ihmisistä. Lämpökuormia voidaan hyödyntää vain, jos samanaikaisesti esiintyy lämmitystarvetta ja säätölaitteet vähentävät lämmitystehoa vastaavasti.

Taulukossa 17. on esitetty eri osa-tekijöistä aiheutuvat lämpökuormat.

##### 4.5.1 Henkilöistä aiheutuva lämpökuorma

Henkilöistä aiheutuva lämpökuorma lasketaan valmiita rakennustyyppi kohtaisia arvoja käyttäen kaavalla:

$$Q_{\text{henk}} = Q_{\text{henk,omin}} A_{\text{br}}$$



Taulukko 15. Henkilöiden luovuttama vuotuinen lämpöenergia vuodessa. (Ympäristöministeriö, 2007 D)

Rakennustyyppi	$Q_{\text{henk,omin}}$ kWh/bm <sup>2</sup> vuodessa
Asuinkerrostalo	17
Rivitalo	11
Pientalo	8
Toimistorakennus	10
Opetusrakennus	58
Liikerakennus	13
Hotelli	18
Ravintola	38
Liikuntarakennus	16
Sairaala	70
Muut rakennukset	13

#### 4.5.2 Lämmitysjärjestelmästä vapautuva lämpökuormaenergia

Lämmitysjärjestelmästä aiheutuva lämpöhäviöenergia ei kokonaisuudessaan siirry lämpökuormaksi rakennukseen, vaan siirtyy esimerkiksi vaipassa olevien roilojen ja lämmityslaitteiden kautta ulos. Lämpökuormaksi tuleva osuus lämpöhäviöistä, ellei tarkempaa tietoa ole, ajatellaan laskelmissa olevan 70% koko lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiasta. Tämä lasketaan kaavalla:

$$Q_{\text{lämmitys,kuorma}} = 0,7 Q_{\text{lämmitys,tilat,häviöt}}$$

#### 4.5.3 Käyttöveden lämmityksestä vapautuva lämpökuormaenergia

Lämpimästä käyttövedestä aiheutuvia lämpökuorma koostuu käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergioista sekä käyttöveden lämmityksen tarvitsemasta lämpöenergiasta. Tarkemman tiedon puutteessa laskelmissa lämpökuormaksi tuleva osuus on käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiasta 50% ja käyttöveden lämmityksen vaatimasta lämpöenergiasta 30%.

Laskenta suoritetaan kaavalla:

$$Q_{\text{lkv,kuorma}} = 0,3 Q_{\text{lkv,netto}} + 0,5 Q_{\text{lkv,häviöt}}$$

#### 4.5.4 Valaistuksesta ja sähkölaitteista vapautuva lämpökuormaenergia

Tässä kohdassa päätettiin käyttää RakMk D5:stä löytyvää taulukkoarvoa samasta syystä kuin käytettiin kohdassa 4.4 ”Laitesähköenergiankulutus”.

Taulukko 15. Valaistuksesta, iv-järjestelmästä ja muista laitteista aiheutuva vuotuinen lämpökuormaenergia (Ympäristöministeriö, 2007 D)

Rakennustyyppi	$Q_{\text{säh, omin}}$ kWh/brm <sup>2</sup> vuodessa
Asuinkerrostalo	32
Rivitalo	32
Pientalo	32
Toimistorakennus	53
Opetusrakennus	44
Liikerakennus	66
Hotelli	88
Ravintola	79
Liikuntarakennus	128
Sairaala	81
Muut rakennukset	71

Valaistuksesta ja sähkölaitteista vapautuva lämpökuormaenergia lasketaan tässä tapauksessa kaavalla:

$$Q_{\text{säh}} = Q_{\text{säh, omin}} A_{\text{br}}$$

#### 4.5.5 Ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia

Ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia pitää sisällään ikkunoista suoraan sisälle tulevan sekä ikkunan absorptiolämpönä rakennuksen sisälle tulevan energian.

Auringon säteilyenergia lasketaan kaavalla:

$$Q_{\text{aur}} = \sum G_{\text{säteily, pystypinta}} F_{\text{läpäisy}} A_{\text{ikk}} g$$

Ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin ( $g$ ) ei ollut tiedossa, se laskettiin kaavalla:

$$g = 0,9 g_{\text{kohtisuora}}$$

Myöskään kohtisuoran auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin ( $g_{\text{kohtisuora}}$ ) ei ollut tiedossa, joten käytettiin taulukossa annettua arvoa.

Taulukko 16. Ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykertoimia (Ympäristöministeriö, 2007 D)

Ikkunalasituksen tyyppi (lasitusta vastaava U-arvo, W/m <sup>2</sup> K)	$g_{\text{kohtisuora}}$
Yksinkertainen lasitus (6,0)	0,85
Kaksinkertainen lasitus (3,0)	0,75
Yksipuitteinen, kolmilasinen ikkuna (2,0)	0,70
Eristyslasi + erillislasi (1,8)	0,65
Eristyslasi, matalaemissiviteettipinnoite + erillislasi (1,0 - 1,4)	0,55
Yksipuitteinen, kolmilasinen ikkuna, matalaemissiviteettipinnoite (1,0 - 1,4)	0,50
Kaksi eristyslasiä, matalaemissiviteettipinnoite (0,7 – 0,9)	0,40
Tehokas auringonsuojalasi	0,20

Auringonsäteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskertoimelle käytin arvoa  $F_{\text{läpäisy}}=0,75$ .

Koska laskennassa merkitsevät ikkunat sijaitsevat kohteen etelä- ja pohjoissivulla, ovat ne laskettu erikseen ilmansuunnittain. Taulukossa 17. esitetyt luvut ovat näiden yhteenlaskettu summa.

Taulukko 17. Lämpökuormat

Kuukausi	$Q_{\text{henk}}$	$Q_{\text{lämmitys, kuorma}}$	$Q_{\text{ilv, kuorma}}$	$Q_{\text{säh, omin}}$	$Q_{\text{aur}}$	YHT
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	
tammikuu	98,38	79,65	299,00	393,54	86,18	956,75
helmikuu	88,86	71,95	270,07	355,45	420,00	1206,33
maaliskuu	98,38	79,65	299,00	393,54	639,15	1509,72
huhtikuu	95,21	77,08	289,36	380,84	981,37	1823,86
toukokuu	98,38	79,65	299,00	393,54	327,25	1197,82
kesäkuu	95,21	77,08	289,36	380,84	363,15	1205,64
heinäkuu	98,38	79,65	299,00	393,54	301,95	1172,52
elokuu	98,38	79,65	299,00	393,54	258,56	1129,13
syyskuu	95,21	77,08	289,36	380,84	176,81	1019,30
lokakuu	98,38	79,65	299,00	393,54	340,27	1210,84
marraskuu	95,21	77,08	289,36	380,84	69,89	912,38
joulukuu	98,38	79,65	299,00	393,54	31,59	902,16
<b>YHT</b>	<b>1158,36</b>	<b>937,82</b>	<b>3520,51</b>	<b>4633,59</b>	<b>3996,17</b>	

#### 4.5.6 Lämpökuormista hyödynnettävä energia

Lämpökuormaenergiaa voidaan hyödyntää vain sillä edellytyksellä, että samanaikaisesti esiintyy lämmitystarvetta ja että säätölaitteet vähentävät muun lämmön tuottoa vastaavalla määrällä. (Ympäristöministeriö, 2007 D)

Rakennuksen lämpökuormaenergia lasketaan kaavalla:

$$Q_{\text{lämpökuorma}} = Q_{\text{henk}} + Q_{\text{lämmitys,kuorma}} + Q_{\text{lkv,kuorma}} + Q_{\text{säh}} + Q_{\text{aur}}$$

Lämpökuormista lämmityksessä hyödynnettävä lämpöenergia saadaan kaavasta:

$$Q_{\text{sis,lämpö}} = \eta_{\text{lämpö}} Q_{\text{lämpökuorma}}$$

Lämpöenergian hyödyntämistä  $\eta_{\text{lämpö}}$  lasketaan kaavalla:  $\eta_{\text{lämpö}} = (1-\gamma^a)/(1-\gamma^{a+1})$

Lämpöenergian hyödyntämistä  $\eta_{\text{lämpö}}$  kaavassa esiintyvä  $a$  on tekijä, jonka suuruus riippuu aikavakiosta  $\tau$ , ja joka lasketaan kaavalla:  $a = 1+(\tau/15)$ ,

josta taas aikavakio  $\tau$  lasketaan kaavalla:

$$\tau = C_{\text{rak}}/H \text{ ja josta rakennuksen ominaislämpöhäviö } H \text{ lasketaan kaavalla:}$$

$$H = (Q_{\text{lämpöhäviö}} / ((T_s - T_u) \Delta t)) 1000$$

Rakennuksen sisäpuolisen tehollisen lämpökapasiteetin  $C_{\text{rak}}$  arvo saadaan kertomalla taulukosta saatu  $C_{\text{rak,omin}}$  rakennuksen bruttopinta-alalla.

Taulukko 18. Tehollisen lämpökapasiteetin arvoja eri rakennustyypeille (Ympäristöministeriö, 2007 D)

<i>Taulukko 8.9. Tehollisen lämpökapasiteetin <math>C_{\text{rak,omin}}</math> arvoja eri rakennustyypeissä kalusteineen.</i>		
Rakennustyyppi	Esimerkkirakenteita (US on ulkoseinä, VS väliseinä, VP välipohja, YP yläpohja ja AP on alapohja)	$C_{\text{rak,omin}}$ Wh/(brm <sup>2</sup> K)
Pientalot		
Kevytrakenteinen	US, VS, YP, AP kevyitä rankarakenteita	40
Keskiraskas I	US, VS, YP kevyitä rankarakenteita, AP betoni	70
Keskiraskas II	US harkko tai massiivihirsi, VS, YP kevyitä rankarakenteita, AP betoni	110
Raskasrakenteinen	US betoni tai tiili, VS harkko tai tiili, YP, AP betoni	200
Asuinkerrostalot		
Kevytrakenteinen	US, VS, VP kevyitä rankarakenteita, AP betoni	40
Keskiraskas	US kevyitä rankarakenteita, VS kevyitä rankarakenteita tai betoni, VP betoni, AP betoni	160
Raskasrakenteinen	US betoni, VS harkko tai betoni, VP betoni, AP betoni	220
Toimistorakennukset		
Kevytrakenteinen	US, VS, VP kevyitä rankarakenteita, AP betoni	70
Keskiraskas	US kevyitä rankarakenteita, VS kevyitä rankarakenteita tai betoni, VP betoni, AP betoni	110
Raskasrakenteinen	US betoni, VS harkko tai betoni, VP betoni, AP betoni	160
Muut rakennukset		
Sovelletaan taulukon arvoja tai tehollinen lämpökapasiteetti lasketaan esimerkiksi standardien SFS-EN ISO 13786 tai SFS-EN ISO 13790 mukaan.		

Aikavakion kaava voidaan esittää muodossa:

$$\tau = (C_{rak,omin} A_{br})/H$$

Suhdeluvun  $\gamma$  arvo saadaan kaavasta:

$$\gamma = Q_{lämpökuorma}/Q_{lämpöhäviö},$$

josta  $Q_{lämpöhäviö}$  tulee kaavalla:

$$Q_{lämpöhäviö} = Q_{joht} + Q_{vuotoilma} + Q_{iv}$$

Taulukko 19. Lämpökuormista hyödynnettävä osuus

Kuukausi	$Q_{lämpöhäviö}$	H	T	a	$\gamma$	$\eta_{lämpö}$	$Q_{sis}$
	kWh	W/K	h				kWh
tammikuu	4106,98	174,69	58,02	4,868	0,233	0,999	955,79
helmikuu	3907,56	175,15	57,87	4,858	0,309	0,998	1203,92
maaliskuu	3191,94	181,94	55,71	4,714	0,473	0,984	1485,56
huhtikuu	2789,82	186,29	54,41	4,627	0,654	0,947	1727,20
toukokuu	1664,41	209,08	48,48	4,232	0,720	0,915	1096,01
kesäkuu	1048,31	238,69	42,47	3,831	1,150	0,734	884,94
heinäkuu	1018,71	228,21	44,42	3,961	1,151	0,739	866,49
elokuu	1016,60	220,39	45,99	4,066	1,111	0,758	855,88
syyskuu	1755,77	187,15	54,16	4,611	0,581	0,964	982,61
lokakuu	2540,83	177,22	57,19	4,813	0,477	0,985	1192,68
marraskuu	2729,70	175,60	57,72	4,848	0,334	0,997	909,64
joulukuu	3608,15	173,82	58,31	4,887	0,250	0,999	901,26
<b>YHT</b>	<b>29378,78</b>						<b>13061,98</b>

#### 4.6 Rakennuksen energiankulutus

Rakennuksen energiankulutus ilmaistaan tilojen lämmityksen nettoenergiatarpeen, lämmityksen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergian, käyttöveden lämmityksen energiantarpeen sekä laitesähköenergian yhteenlaskettuna summana.

Nettoenergiatarve tilojen lämmitykseen lasketaan kaavalla:

$$Q_{lämmitys,tilat,netto} = Q_{joht} + Q_{vuotoilma} + Q_{iv} - Q_{sis}$$

Rakennuksen tilojen lämmitysenergiankulutus saadaan kaavasta:

$$Q_{lämmitys,tilat} = Q_{lämmitys,tilat,netto} + Q_{lämmitys,tilat,häviöt}$$

Rakennuksen lämmitysenergiankulutus lasketaan kaavalla:

$$Q_{lämmitys} = Q_{lämmitys,tilat} + Q_{lkv}$$

Taulukko 20. rakennuksen energiankulutus

Kuukausi	Q <sub>lämmitys,netto</sub>	Q <sub>lämmitys,tilat</sub>	Q <sub>lämmitys</sub>
	kWh	kWh	kWh
tammikuu	3151,19	3264,99	4007,66
helmikuu	2703,64	2806,42	3477,22
maaliskuu	1706,38	1820,18	2562,85
huhtikuu	1062,62	1172,74	1891,45
toukokuu	568,40	682,20	1424,87
kesäkuu	163,37	273,49	992,20
heinäkuu	152,22	266,02	1008,69
elokuu	160,72	274,52	1017,19
syyskuu	773,16	883,28	1601,99
lokakuu	1348,15	1461,95	2204,62
marraskuu	1820,06	1930,18	2648,89
joulukuu	2706,89	2820,69	3563,36
<b>YHT</b>			<b>26400,99</b>

#### 4.7 Rakennuksen energiatehokkuusluku

Rakennuksen energiatehokkuusluku saadaan jakamalla rakennuksen lämmitysenergi- ja laitesähkönkulutuksen summa rakennuksen bruttopinta-alalla.

$$ET = \frac{\sum(Q_{\text{lämmitys}} + W_{\text{laitesähkö}})}{\sum A_{\text{br}}}$$

joka luvut syöttämällä saadaan muotoon:

$$ET = (26400,99 + 7240) \text{ kWh} / 144,8 \text{ m}^2$$

$$ET = 233 \text{ kWh/brm}^2/\text{vuosi} \rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow \text{Energiatehokkuusluokka E}$$

## 5 ARVOJEN VAIKUTUKSISTA LOPPUTULOKSEEN

### 5.1 Lähtötietojen vaikutus

Laskennan edetessä tutkin miten eri lähtöarvot vaikuttaisivat lopputulokseen. Tutkimuksen kohteena oli maaperän, ilmanvuotoluvun sekä lämpimän käyttöveden kulutuksen vaikutus ET-lukuun.

Maaperän vaikutus oli todella suuri. Jos laskennan kohde olisi rakennettu kalliolle savisen maan sijaan, olisi rakennuksen ET-luku huonontunut arvosta

233kWh/brm<sup>2</sup>/vuosi arvoon 240kWh/brm<sup>2</sup>/vuosi, koska laskennassa käytettävän alapohjan alapuolisen maan lämpötilana käytettäisiin 4°C alhaisempaa lämpötilaa.

Ilmanvuotoluku on myös merkittävä tekijä energiatodistuksen lopputulokseen. Tässä tapauksessa jos kohteen ilmanvuotolukuna olisi käytetty 4 l/h sijaan arvoa 10 l/h, olisi energiatehokkuusluvuksi tullut 258kWh/brm<sup>2</sup>/vuosi.

Lämpimän käyttöveden kulutusluvulla oli myös melko iso vaikutus. Koska veden kulutus on henkilöperustainen ja lasketaan periaatteella makuuhuoneiden lukumäärä +1, laskettiin työssä veden kulutus neljän (4) henkilön mukaan. Jos kulutus olisi laskettukin kahden (2) henkilön mukaan, olisi ET-luvuksi saatu 221kWh/brm<sup>2</sup>/vuosi.

## 5.2 Kertoimien ja taulukkoarvojen vaikutus

Työn edetessä pohdin, miten taulukkoarvojen sekä valmiiden kertoimien käyttö vaikuttaa lopputulokseen. Vaikutti siltä, että valtaosin taulukkoarvot ja kertoimet antoivat jokseenkin reilumpia kulutuslukemia kuin jos olisi laskenut tarkoilla arvoilla. Tällä mitä ilmeisimmin on pyritty estämään liian positiivisten ET-lukujen antaminen ns.”vahingossa”. Toisaalta lämpökuormia laskettaessa kertoimien käyttö kasvattaa lämpökuormien summaa, joka taasen vaikuttaa pienentävästi ET-lukuun.

## 6 KÄYNTI PAULI MIKKOLAN LUONA

Tiistaina 7.9.2010 kävin tapaamassa lavialaisen Insinööritoimisto MarPau:n toista pääosakasta Pauli Mikkolaa. Mikkola on laskenut energiatodistuksia D.O.F tech Oy:n DOF-Energia nimisellä laskentaohjelmalla. D.O.F. tech Oy on vuonna 1992 perustettu ohjelmistoalan yritys, joka tarjoaa rakennusalan laskenta- ja mitoitusohjelmia teräs-, puu- ja betonirakenteiden suunnitteluun.

Tarkoitus oli saada opinnäytetyötä varten laskentaohjelmalla laskettu tulos, jolloin pystyisi vertailemaan käsinlaskettua ja laskentaohjelmalla saatua tulosta keskenään.

### 6.1 Tulosten vertailu

Tarvittavat tiedot ohjelmaan syötettyämme, pääsimme vertailemaan tuloksia keskenään. DOF-Energian antama ET-luku laskentakohteelle oli 215kWh/brm<sup>2</sup>/vuosi ja

käsinlaskettu tulos oli 233kWh/brm2/vuosi. Tulosten erilaisuutta selittää osaltaan se, että Mikkola käytti arvojen syötössä pääosin valmiita taulukkoarvoja sekä kertoimia laskelmien sijaan., esimerkiksi lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia on laskettu pelkästään sähköisen lattialämmityksen arvoja käyttäen. Lisäksi Mikkolan tulos on laskettu kahden henkilön käyttöasteella neljän sijasta. Käsinlaskennasta saattaa myöskin aiheutua jonkinasteista epätarkkuutta, koska laskenta on hyvin monivaiheinen ja mahdollisuuksia erehtymiseen on monia..

## 7 TOIMENPIDE-EHDOTUKSET ENERGIA TEHOKKUUDEN PARANTAMISEKSI

Erillisen energiatodistuksen yhteydessä tulee selvittää kustannustehokkaita sekä sisäilman laatua huonontamattomia tapoja parantaa rakennuksen energiatehokkuutta.

(Ympäristöministeriö, 2007 A)

Parannusehdotusten miettiminen oli melkoisen haasteellinen tehtävä, koska tavoitteena oli pitää toimenpiteet maltillisina ja rakenteita rikkomattomina. Lopulta päädyttiin laskemaan vaihtoehdot, jossa toisessa lisättäisiin yläpohjan eristystä ja toisessa vaihdettaisiin ikkunat uusiin, tulosilmaventtiileillä varustettuihin malleihin. Laskelmissa ei huomioitu toimenpiteestä mahdollisesti aiheutuvia lisäkustannuksia, pelkästään materiaaleista aiheutuvat kulut.

### 7.1 Yläpohjan lisälämmöneristys

Yläpohjaa ajateltiin lisäeristettävän 150mm puhallusvillalla, jolloin yläpohjan U-arvo muuttuisi 0,16W/m<sup>2</sup>K:sta 0,12W/m<sup>2</sup>K:een. Energiakulutusta toimenpide vähentäisi n. 840kWh vuodessa.

### 7.2 Ikkunoiden uusiminen

Vanhat ikkunat ajateltiin korvattavan Fenestran Fenair-mallisarjan ikkunoilla. Ikkunoille on TTY:llä mitattu U-arvoksi 0,79W/m<sup>2</sup>K. Tällä toimenpiteellä saavutettaisiin n. 2590kWh:n säästö vuodessa.



### 7.3 Energian hinta

Laskentakohteessa lämpö tuotetaan sähköllä. Käytettävä sähkö on kausisähköä. Energiamaksu on talviarkepäivinä 1.11-31.3 klo 7-22 välisenä aikana 10,87snt/kWh. Muuna aikana 7,81 snt/kWh. Liitteenä 8. esitetään Leppäkosken Sähkö Oy:n sähköhinnasto, josta laskelmissa käytettävät arvot on saatu. Laskelmissa käytän näiden hintojen keskiarvoa, joka on:  $(10,87+7,81)/2$  snt/kWh.

Tulokseksi saadaan 9,34snt/kWh.

### 7.4 Kustannustehokkuus

#### 7.4.1 Yläpohjan lisälämmöneristys

Yläpohjan lisäeristyksen kustannusta selvitetessä puhelintiedusteluna Ikaalisten Sellueriste Oy:stä, saatiin hinnaksi 26€/m<sup>3</sup> puhallettuna sisältäen arvonlisäveron. Puhallusvillaa 150mm:n lisäyksellä menisi n.19m<sup>3</sup>. Täten tämän vaihtoehdon hinnaksi tulisi:  $19\text{m}^3 \times 26\text{€/m}^3 = 494\text{€}$ .

Vuotta kohti saatava säästö olisi:

$$840\text{kWh} \times 9,34\text{snt/kWh} / 100 = \underline{78,5\text{€}}$$

Näin ollen lisäeristyksen takaisinmaksuaika olisi hieman vajaa 6,5 vuotta.

#### 7.4.2 Ikkunoiden uusiminen

Ikkunoiden uusimista varten pyydettiin JPS KOSKELA OY:n kautta tarjous Fenestran Fenair- mallisarjan ikkunoista. Uusittavia ikkunoita on 11 kappaletta. Fenestralta saatu tarjous oli 5042,99€ sisältäen arvonlisäveron 23%. Liitteenä 11. esitetään Fenestra Oy:n tarjous ikkunoista.

Ikkunoiden uusimisella saavutettava vuotuinen säästö olisi:

$$2586\text{kWh} \times 9,34\text{sent/kWh} / 100 = \underline{241,5\text{€}}$$

Ikkunoiden takaisinmaksuajaksi tulisi noin 21 vuotta.

## 7.5 Yhteenveto vaihtoehtoista

Työssä esitettiin kaksi ehdotusta kohteen energiatalouden parantamiseksi: yläpohjan lisälämmöneristys sekä ikkunoiden uusiminen. Samassa yhteydessä laskettiin millaisessa ajassa parannusvaihtoehto maksaisi itsensä takaisin. Yläpohjan lisälämmöneristys maksaisi itsensä takaisin noin 6,5 vuoden aikana ja uudet ikkunat noin 21 vuoden aikana. Selkeästi käy ilmi, että yläpohjan lisäeristys on tässä tapauksessa kustannustehokkain tapa parantaa kohteen energiatehokkuutta. Täysin poissuljettu vaihtoehto ikkunoiden uusiminen ei kuitenkaan ole. Vaikka takaisinmaksuaika ikkunoilla onkin pidempi, toisivat ne kuitenkin mukanaan monenlaisia etuja: kiinteistön arvo kohoaisi, paremman lämmöneristävyyden ansiosta vedontunne ikkunoiden läheisyydessä talvisin vähenisi merkittävästi, tuloilma saataisiin ikkunoiden tuloilmaventtiileillä ohjattua huonetilan yläosiin jolloin myös vedontunne lattialla vähenisi. Ääneneristävyys uusissa ikkunoissa olisi todennäköisesti myöskin parempi. Kaikkia edellä esitettyjä perusteita ei voi rahassa mitata, mutta ovat juuri niitä asioita, jotka parantavat asumisviihtyvyyttä.

## LÄHTEET

Ympäristöministeriö 2007. Asetus rakennuksen energiatodistuksesta. Suomen säädöskokoelma 765/2007, Helsinki: 19.6.2007 A

Ympäristöministeriö 2007. Laki rakennuksen energiatodistuksesta. Suomen säädöskokoelma 487/2007, Helsinki: 13.4.2007 B

Ympäristöministeriö 2009. Energiatodistusopas 2007, Rakennuksen energiatodistus ja energiatehokkuusluvun määrittäminen, Helsinki: 12.1.2009 C

Ympäristöministeriö 2007. Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D5, Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Helsinki: 2007 D

Ympäristöministeriö 2008. Asetus rakennuksen energiatodistuksesta annetun asetuksen muuttamisesta. Helsinki: 16.12.2008 E

Ympäristöministeriö 2002. Suomen rakentamismääräyskokoelman osa C4. Lämmöneristys. Helsinki: 2002 F

Tampereen teknillinen yliopisto 2005. Puurunkoisten pientalojen kosteus- ja lämpötilaolosuhteet, ilmanvaihto ja ilmatiiviys, Rakennustekniikan osasto. Talonrakennustekniikan laboratorio. Tutkimusraportti 131. Tampere

Motiva 2009. Energiatodistus, [verkkodokumentti], Helsinki 2009, [viitattu 25.5.2010]. Saatavissa:

<http://energiatodistus.motiva.fi/energiatodistukset/>

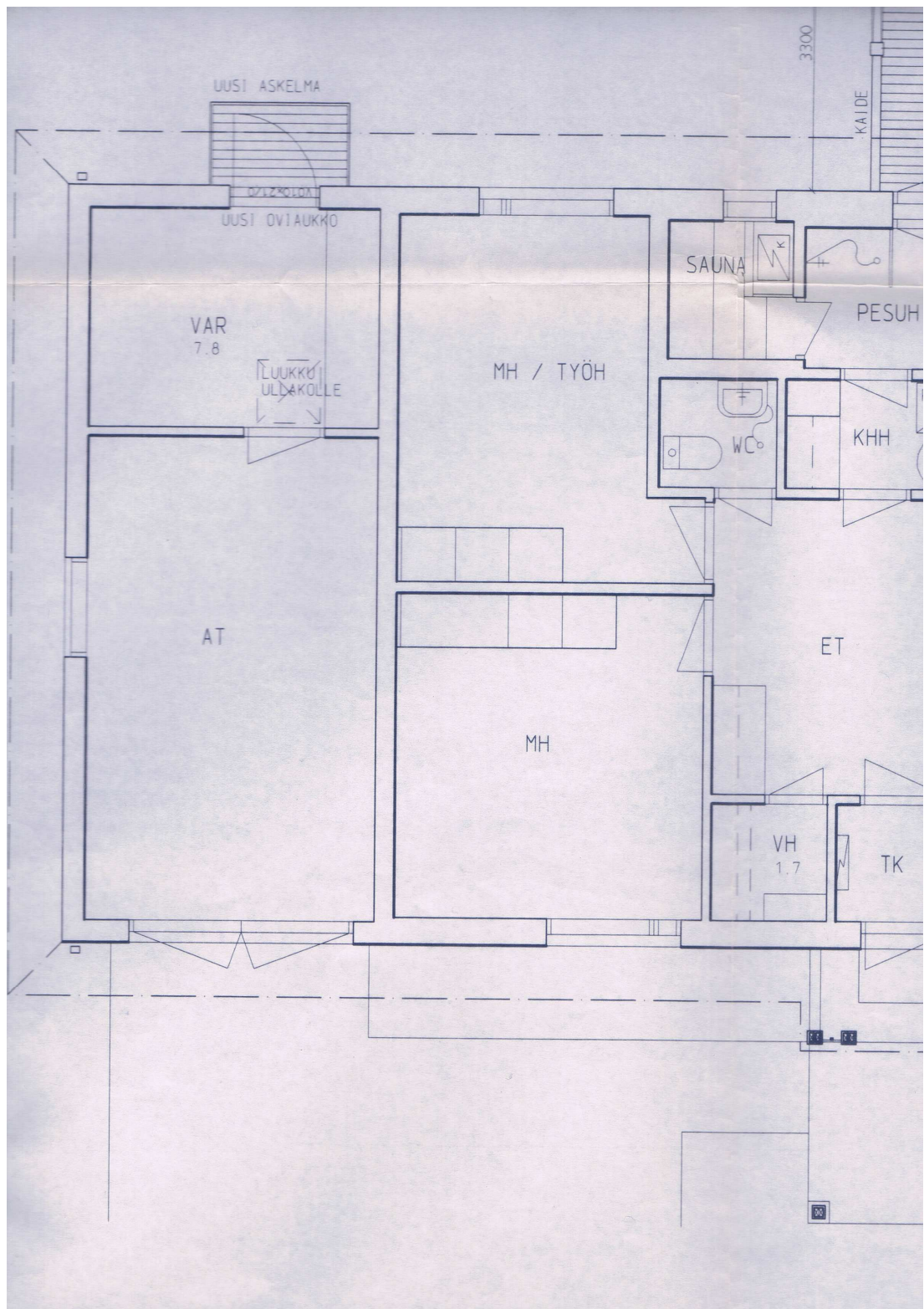
Rakennustieto. RT 41-10644, Puuikkunat ja niiden asennus, RTS 08:9 versio: 1.2.2008, Helsinki:2008

## LIITELUETTELO

LIITE 1	-Laskentakohteen pohjapiirros
LIITE 2	-Laskentakohteen pohjapiirros
LIITE 3	-Laskentakohteen pohjapiirros
LIITE 4	-Laskentakohteen leikkauskuva
LIITE 5	-Laskentakohteen leikkauskuva
LIITE 6	-Energiatodistus etusivu (DOF-Energia)
LIITE 7	-Energiatodistus lähtötiedot (DOF-Energia)
LIITE 8	-Sähköhinnasto (Leppäkosken Sähkö Oy)
LIITE 9	-Energiatodistus etusivu (käsinlaskettu)
LIITE 10	-Energiatodistus lähtötiedot (käsinlaskettu)
LIITE 11	-Tarjous ikkunoista (Fenestra Oy)

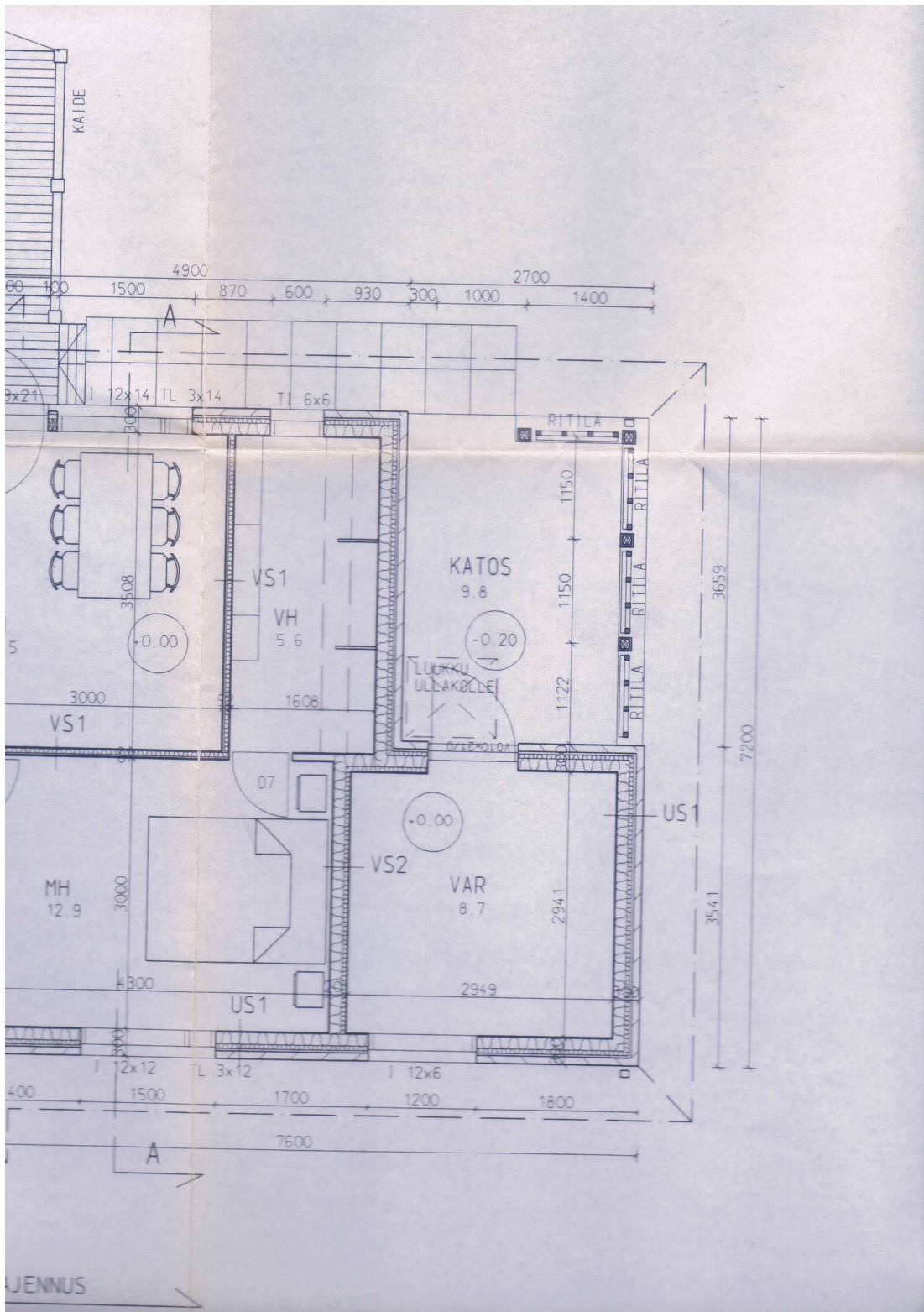
## LIITE 1

## Laskentakohteen pohjapiirros



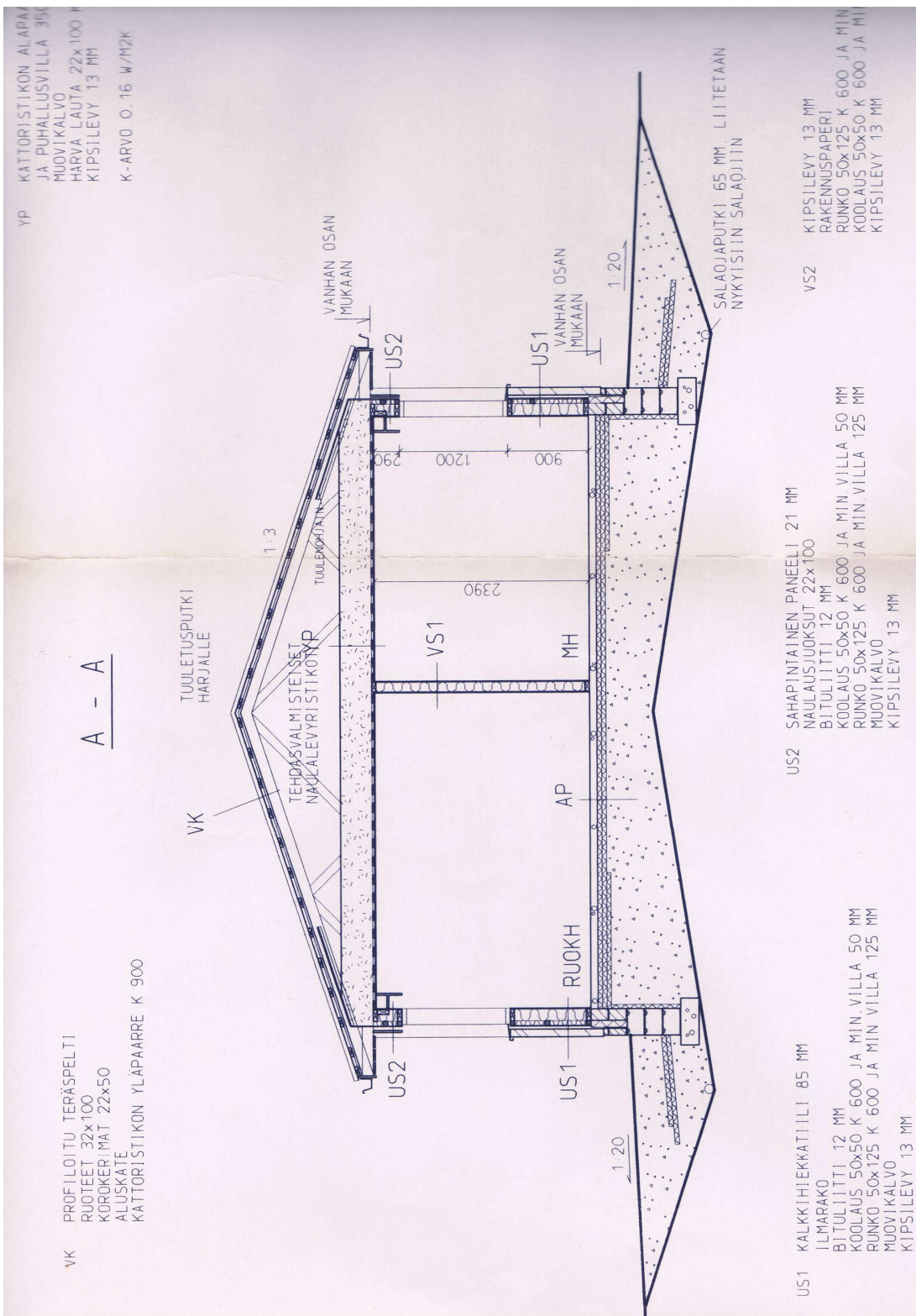


Laskentakohteen pohjapiirros



LIITE 4

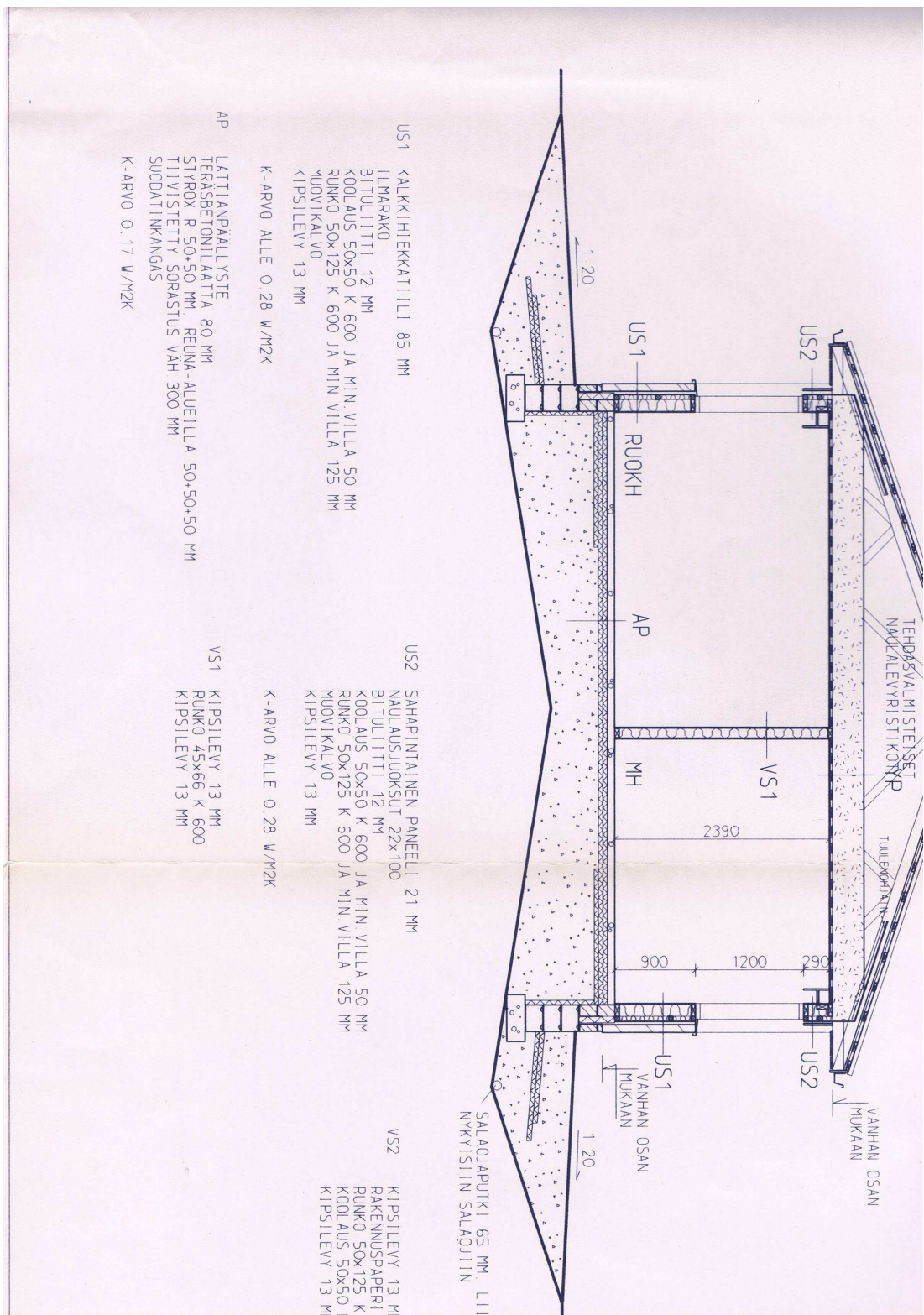
Laskentakohteen leikkauskuva





## LIITE 5

## Laskentakohteen leikkauskuva



## Energiatodistus etusivu (DOF-Energia)

ENERGIATODISTUS																													
<p><b>Rakennus</b>            Rakennustyyppi: <b>Asuinkerrostalot (enintään 6 a</b> Valmistumisvuosi: <b>1985</b>            Osoite: <b>Savistonkatu 8</b> Rakennustunnus: <b>Omakotitalo</b>  <b>Ikaalinen</b> Asuntojen lukumäärä: <b>1</b></p>																													
<p>Energiatodistus perustuu laskennalliseen kulutukseen ja on annettu</p> <p><input type="checkbox"/> rakennuslupamenettelyn yhteydessä  <input checked="" type="checkbox"/> erillisen tarkastuksen yhteydessä</p>																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ET-luku</th> <th>Vähän kuluttava</th> <th>Rakennuksen ET-luokka</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>- 150</td> <td>A </td> <td></td> </tr> <tr> <td>151 - 170</td> <td>B </td> <td></td> </tr> <tr> <td>171 - 190</td> <td>C </td> <td></td> </tr> <tr> <td>191 - 230</td> <td>D </td> <td></td> </tr> <tr> <td>231 - 270</td> <td>E </td> <td></td> </tr> <tr> <td>271 - 320</td> <td>F </td> <td></td> </tr> <tr> <td>321 -</td> <td>G </td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Paljon kuluttava</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			ET-luku	Vähän kuluttava	Rakennuksen ET-luokka	- 150	A		151 - 170	B		171 - 190	C		191 - 230	D		231 - 270	E		271 - 320	F		321 -	G		Paljon kuluttava		
ET-luku	Vähän kuluttava	Rakennuksen ET-luokka																											
- 150	A																												
151 - 170	B																												
171 - 190	C																												
191 - 230	D																												
231 - 270	E																												
271 - 320	F																												
321 -	G																												
Paljon kuluttava																													
<p>Rakennuksen energiatehokkuusluku (ET-luku, kWh/bm<sup>2</sup>/vuosi): <b>215</b>            Energiatehokkuusluvun luokitteluasteikko: <b>Pienet asuinrakennukset</b>            Energiatehokkuusluokitus perustuu rakennuksen laskennalliseen energiankulutukseen.            Todellinen kulutus riippuu rakennuksen sijainnista, asukkaiden lukumäärästä ja asumistottumuksista.</p>																													
Todistuksen antaja: <b>Iltanen Pekka</b>		Todistuksen tilaaja: <b>Iltanen Leo</b>																											
Allekirjoitus:																													
Todistuksen antamispäivä:		Viimeinen voimassaolopäivä:																											

Energiatodistus perustuu lakiin rakennusten energiatodistuksesta (487/2007) ja 19.6.2007 annettuun ympäristöministeriön asetukseen energiatodistuksesta. Tämä energiatodistus on asetuksen lomakkeen 1 mukainen.

## LIITE 7

## Energiatodistus lähtötiedot (DOF-Energia)

ENERGIATODISTUKSEN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT					
<b>Rakennuksen laajuustiedot</b>					
Bruttoala	145 brm <sup>2</sup>				
Rakennustilavuus	523 rak-m <sup>3</sup>	Ilmatilavuus	296 m <sup>3</sup>		
Huoneistoala	122 hum <sup>2</sup>	Henkilömäärä	2		
<b>Rakenteet</b>					
<b>Rakennusosat</b>					
<b>Ulkoseinät</b>	US, kipsilevy, eriste 125 mm, eriste 50	Pinta-ala (m <sup>2</sup> )	U-arvo (W/m <sup>2</sup> K)		
		115.00	0.28		
<b>Yläpohjat</b>	YP, Puhallusvilla 350 mm, höyrynsulku, k	145.00	0.16		
<b>Alapohja</b>	Perustus 300 mm eristeharkko, RUH-290 mm	17.00	0.24		
	AP, 80 mm, styrox 150 mm, sora 300 mm	145.00	0.17		
<b>Ovet</b>	Ulko-ovet	8.00	1.50		
<b>Ikkunat</b>	Ikkuna etelää, MSE-puualumiini 170, sele	8.80	1.80	$g_{\text{kohtisuora}}$	$F_{\text{kehä}}$
	Ikkuna pohjoionen, MSE-puualumiini, 170, s	7.20	1.80	0.70	0.75
				0.70	0.75
<b>Tehollinen lämpökapasiteetti</b> $C_{\text{Rak omin.}}$	70 Wh/(brm <sup>2</sup> K)				
<b>Ilmanvaihto</b>					
Rakennuksen ilmanvuotoluku n50			4.0	1/h	
Ilmanvaihdon poistovirta			0.041	m <sup>3</sup> /s	
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosiyötysuhde			0	%	
<b>Vedenkulutus</b>					
Lämpimän käyttöveden kulutus			73.00	m <sup>3</sup> /vuosi	
Huoneistokohtainen vedenmittaus ja laskutus			Kyllä <input checked="" type="checkbox"/>	Ei <input type="checkbox"/>	
<b>Lämmitysjärjestelmät</b>					
Lämmönkehitys	Sähkölämmitys	Sisältää käyttöveden lämmityksen	Kyllä <input checked="" type="checkbox"/>	Ei <input type="checkbox"/>	
Lämmönjakotapa	Sähköinen lattialämmitys				
Lämmönvaraajat	Lämminvesivaraajat 1 kpl				
Lämpimän käyttöveden kiertojohdo			Kyllä <input checked="" type="checkbox"/>	Ei <input type="checkbox"/>	
- Kiertojohdot on liitetty märkätilojen lämmityslaitteita			Kyllä <input type="checkbox"/>	Ei <input checked="" type="checkbox"/>	
<b>Energiatodistuksen laskenta</b>					
Lämmitysenergian kulutus			23892	kWh/vuosi	
Laitesähköenergian kulutus			7250	kWh/vuosi	
Jäähdytysenergian kulutus			0	kWh/vuosi	
Rakennuksen energiankulutus yhteensä			31142	kWh/vuosi	
<b>Rakennuksen energiatehokkuusluku</b>			<b>215</b>	<b>kWh/brm<sup>2</sup>/vuosi</b>	

## Sähköhinnasto (Leppäkosken Sähkö Oy)



## SÄHKÖHINNASTO 1.7.2010

**YLEISSÄHKÖ**

Perusmaksu €/kk

Pääsulake A	Siirto	Myynti	Kokonaishinta
3 x 16 *	5,90	2,20	8,10
3 x 25	8,85	2,75	11,60
3 x 35	12,50	3,30	15,80
3 x 50	23,65	6,05	29,70
3 x 63	30,20	8,80	39,00

\* Yksivaiheiset sähkökäyttöpaikat kerros- ja rivitaloissa rinnastetaan 3 x 16 A pääsulakekokoon.

Energiamaksu snt/kWh

Siirto	Myynti	Kokonaishinta
2,97	6,95	9,92

**YLEISSÄHKÖ II**

Perusmaksu €/kk

Pääsulake A	Siirto	Myynti	Kokonaishinta
3 x 25	8,85	5,00	13,85
3 x 35	12,50	8,00	20,50
3 x 50	23,65	11,00	34,65
3 x 63	30,20	13,00	43,20

Energiamaksu snt/kWh

Siirto	Myynti	Kokonaishinta
2,97	6,45	9,42

**KAUSISÄHKÖ**

Perusmaksu €/kk

Pääsulake A	Siirto	Myynti	Kokonaishinta
3 x 25	14,10	5,00	19,10
3 x 35	24,15	8,00	32,15
3 x 50	35,25	11,00	46,25
3 x 63	45,35	13,00	58,35

Energiamaksu snt/kWh

Siirto	Myynti	Kokonaishinta	
Talviarkipäivä 1.11.-31.3 klo 7 - 22	3,47	7,40	10,87
Muu aika talvella sunnuntait	1,86	5,95	7,81

**KAKSIAIKASÄHKÖ**

Perusmaksu kuten kausisähköllä.

Energiamaksu snt/kWh

	Siirto	Myynti	Kokonaishinta
klo 7 - 22	3,12	7,10	10,22
klo 22 - 7	1,66	5,60	7,26

**YKSIAIKASÄHKÖ**, ei uusia asiakkaita

Perusmaksu kuten kausisähköllä.

Energiamaksu snt/kWh 9,32

**HYVÄN TUULEN SÄHKÖ**

Valitun tuotteen myyntiosan lisäksi:

Perusmaksu €/kk 0,84  
Energiamaksu snt/kWh 0,84

**Verot**

Hinnat sisältävät 23 %:n arvonlisäveron. Sähkön siirron laskutuksen yhteydessä peritään kulloinkin voimassa olevat sähkön kulutukseen perustuvat sähköverot.

**Sähköverot** (sis. valmisteveron ja huoltovarmuusmaksun)  
Veroluokka I (pääosa sähkökäyttäjistä) 1,08609 snt/kWh  
Veroluokka II (teollisuus ja kasvihuoneet) 0,32349 snt/kWh

**Liittymän ylläpitomaksu**

Liittymän ylläpitomaksua peritään sähkökäyttöpaikoista, joihin ei toimiteta sähköä. Uusissa liittymissä liittymän ylläpitomaksua aletaan periä vuoden kuluttua liittymissopimuksen allekirjoituksesta, jos sähkökäyttö ei ole aiemmin alkanut.

Maksu on yleissähkön ko. pääsulaketta vastaava siirto-osan perusmaksu.

Hinnastoa sovelletaan sähköntoimitusehtojen kohdan 1.13 mukaisesti käyttöpaikkaan, joka on varustettu enintään 3\* 63 A:n pääsulakkeella.

*Palvelumaksut kääntöpuolella*



Leppäkosken Sähkö Oy Y-tunnus 0133023-9 • Leppäkosken Energia Oy Y-tunnus 0429601-3 • kotipaikka Ikaalinen

Eino Salmelaisen katu 23, PL 1, 39501 Ikaalinen • Puh. vaihde (03) 45 031, faksi (03) 450 3375, www.leppakoski.fi

## Energiatodistus etusivu (käsinlaskettu)

ENERGIATODISTUS		
<b>Rakennus</b>		
Rakennustyyppi:	Erillinen pientalo	Valmistumisvuosi: 1985
Osoite:	Savistonkatu 8	Rakennustunnus: Omakotitalo
	Ikaalinen	Asuntojen lukumäärä: 1
<b>Energiatodistus perustuu laskennalliseen kulutukseen ja on annettu</b>		
<input type="checkbox"/> rakennuslupamenettelyn yhteydessä		
<input checked="" type="checkbox"/> erillisen tarkastuksen yhteydessä		
<b>ET-luku</b>	<b>Vähän kuluttava</b>	<b>Rakennuksen ET-luokka</b>
- 150	<b>A</b>	
151 - 170	<b>B</b>	
171 - 190	<b>C</b>	
191 - 230	<b>D</b>	
231 - 270	<b>E</b>	<b>F</b>
271 - 320	<b>F</b>	
321 -	<b>G</b>	
<b>Paljon kuluttava</b>		
<b>Rakennuksen energiatehokkuusluku (ET-luku, kWh/brm<sup>2</sup>/vuosi):</b>		<b>233</b>
<b>Energiatehokkuusluvun luokitteluasteikko: Pienet asuinrakennukset</b>		
Energiatehokkuusluokitus perustuu rakennuksen laskennalliseen energiankulutukseen. Todellinen kulutus riippuu rakennuksen sijainnista, asukkaiden lukumäärästä ja asumistottumuksista.		
<b>Todistuksen antaja:</b>	<b>Todistuksen tilaaja:</b>	
Iltanen Pekka	Iltanen Leo	
<b>Allekirjoitus:</b>		
<b>Todistuksen antamispäivä:</b>	<b>Viimeinen voimassaolopäivä:</b>	
*	*	

## Energiatodistus lähtötiedot (käsineläskettu)

ENERGIATODISTUKSEN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT					
<b>Rakennuksen laajuustiedot</b>					
<b>Bruttoala</b>	145 brm <sup>2</sup>				
<b>Rakennustilavuus</b>	523 rak-m <sup>3</sup>	<b>Ilmatilavuus</b>	296 m <sup>3</sup>		
<b>Huoneistoala</b>	122 hum <sup>2</sup>	<b>Henkilömäärä</b>	2		
<b>Rakenteet</b>					
<b>Rakennusosat</b>					
		<b>Pinta-ala (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U-arvo (W/m<sup>2</sup>K)</b>		
<b>Ulkoseinät</b>					
Tiiliverhoitu puurunko, 175mm mineraalivilla		115	0,28		
Kevytsoraharkko RUH-290, STYROX R 50mm		16,7	0,28		
<b>Yläpohja</b>					
Harjakatto, laajennus 350mm puhallusvilla, vanha osa 250mm minera		121,6	0,16		
<b>Alapohja</b>					
Maanvarainen teräsbetoni-laatta 80mm, STYROX R (50+50)mm, reun		121,6	0,29		
<b>Ovet</b>					
Puualumiinirunkoisia		8	1,5		
<b>Ikkunat</b>					
<b>Pohjoiseen</b>	Sekä MSK- että MSE-tyyppisiä ikkunoita	7,2	1,8	<b>g<sub>kohli-suora</sub></b> 0,7	<b>F<sub>kehä</sub></b> 0,75
<b>Itään</b>		0			
<b>Etelään</b>	Sekä MSK- että MSE-tyyppisiä ikkunoita	8,8	1,8	0,7	0,75
<b>Länteen</b>		0			
<b>Tehollinen lämpökapasiteetti C<sub>rak,omin</sub></b>		Wh/(brm <sup>2</sup> K)		70	
<b>Ilmanvaihto</b>					
Rakennuksen ilmanvuotoluku n <sub>50</sub>				4	1/h
Ilmanvaihdon poistoilmavirta				0,04	m <sup>3</sup> /s
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde				0	%
<b>Vedenkulutus</b>					
Lämpimän käyttöveden kulutus				73	m <sup>3</sup> /vuosi
Huoneistokohtainen vedenmittaus ja laskutus				kyllä <input checked="" type="checkbox"/>	ei <input type="checkbox"/>
<b>Lämmitysjärjestelmät</b>					
<b>Lämmönkehitys</b>	sähkölämmitys	sisältää käyttöveden lämmityksen		kyllä <input checked="" type="checkbox"/>	ei <input type="checkbox"/>
<b>Lämmönjakotapa</b>	sähkölämmityspatterit, lattialämmitys (sähkö)				
<b>Lämmönvaraajat</b>	Jäspi VLM-300S, 290dm <sup>3</sup>				
<b>Lämpimän käyttöveden kiertojohdo</b>				kyllä <input checked="" type="checkbox"/>	ei <input type="checkbox"/>
- kiertojohdoon on liitetty märkätilojen lämmityslaitteita				kyllä <input checked="" type="checkbox"/>	ei <input checked="" type="checkbox"/>
<b>Energiatehokkuusluvun laskenta</b>					
Lämmitysenergian kulutus		26 401 kWh/vuosi			
Laitesähköenergian kulutus		7 240 kWh/vuosi			
Jäähdytysenergian kulutus		0 kWh/vuosi			
Rakennuksen energiankulutus yhteensä		33 641 kWh/vuosi			
<b>Rakennuksen energiatehokkuusluku</b>		<b>233 kWh/brm<sup>2</sup>/vuosi</b>			

Tarjous ikkunoista (Fenestra Oy)

**FENESTRA**

TARJOUS NRO 345725

20.09.2010

JPS KOSKELA OY  
Juha-Pekka Koskela  
KOLMEN AIRONKATU 15  
39500 IKAALINEN

**Iltanen Pekka**

Kiitämme tarjouspyynnöstänne ja tarjoamme Teille seuraavat tuotteet:

<b>Tuotteet</b>	PRIMUS-100 MSE	11 kpl
<b>Hinta</b>	Tuotteet	3974,75 EUR
	Rahti	93,46 EUR
	Kuljetusvakuutus	31,80 EUR
	Yhteensä	4000,00 EUR
	Vero ALV 23 %	942,99 EUR
	<b>Kaikki yht.</b>	<b>5 042,99 EUR</b>

**Toimitusviikko** Sovittava erikseen  
**Toimitusehto** CPT  
**Tarjous voimassa** 30 pv  
**Yhteyshenkilö** Marja-Leena Rantanen  
Puh. 010 525 6382  
Fax. 010 525 6403  
E-mail marja-leena.rantanen@fenestra.fi

**FENESTRA OY**

Marja-Leena Rantanen

Olkaa hyvä ja tarkistakaa tarjouksen sisältö. Pidätämme omistusoikeuden kunnes tavara on kokonaan maksettu.

**FENESTRA OY**

Irsehallintokuja 6  
PL 175  
02601 ESPOO  
Kaupparek.nro: 36.434  
Kotipaikka: Vantaa

Puh. 010 525 4000  
Faksi 010 525 4199  
ALV-rek, Y-tunnus 0177676-7

**Alavuden tehdas**

PL 50 Sepposentie 5  
63301 ALAVUS  
Faksi 010 525 6403

