

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Olli Vainikainen

ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN PIENTALOKOhteessa

Opinnäytetyö
Kesäkuu 2014



OPINNÄYTETYÖ
Kesäkuu 2014
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
+358 50 260 6800

Tekijä
Olli Vainikainen

Nimeke
Energiatehokkuuden parantaminen pientalokohteessa

Toimeksiantaja
Karelia-Ammattikorkeakoulu

Tiivistelmä

Opinnäytetyön aiheena oli tehdä parannusehdotus pientalokohteen energiatehokkuuden rakenteellisesta näkökulmasta ja vertailla erilaisia parannusvaihtoehtoja sekä verrata, mikä niistä olisi kustannustehokkain. Kohteeksi valittu omakotitalo oli rakennettu vuonna 1990, ja sen julkisivumateriaalina oli tiili. Haastavaksi kohteen teki rakennuksen yhteydessä oleva autotalli, joka oli puolitetty ja muutettu osittain makuuhuoneeksi. Myös kuisti oli muutettu lämpimäksi tilaksi.

Energiatehokkuutta parannettiin lisäämällä eristettä seiniin ja yläpohjaan, sekä vaihtamalla ovet ja ikkunat energiatehokkaammaksi. Rakenteiden lämmönjohtavuutta ja niiden kustannuksia vertailemalla saatiin selvyys siitä, mikä muutos olisi kustannustehokkain toteuttaa. Tutkimustulokset löytyvät yhteenvedosta.

Tutkimuksissa ilmeni, että kustannustehokkain tapa parantaa kohteen energiatehokkuutta, oli lisätä eristettä seiniin ja yläpohjaan. Ikkunoiden ja ovien vaihtamisen hyöty oli mitätön verrattuna kustannuksiin. Kohteen energiatodistuslaskelmat laadittiin Cads Planner House Pro ohjelmistolla, ja ne löytyvät liitteenä olevasta Raportista. Raportti sisältää myös ohjeistuksen energianlaskentaan kyseisellä ohjelmistolla.

Kieli
suomi

Sivuja	24
Liitteet	7
Liitesivumäärä	46

Asiasanat
Energiatehokkuus, energiasäästöt, parannusvaihtoehdot



THESIS
June 2014
Degree Programme in Civil Engineering
Karjalankatu 3
FI 80200 JOENSUU
FINLAND
+358 50 260 6800

Author
Olli Vainikainen

Title
Energy Efficiency Improvement in Residential Building

Commissioned by
Karelia University of Applied Sciences

Abstract

This thesis is a research about improving energy efficiency in a residential housing. The improvements are structural and are made in the walls, ceilings, windows and doors. The idea is to compare which improvements have the best value for money. The chosen house was built in 1990 and its facade was made of brick. The challenge was the garage, which had been cut half and partially turned into a bedroom. In addition, the porch had been renovated to be a warm space.

The energy efficiency was improved by adding insulation to the walls and floors, and by changing the doors and windows with more energy efficient models. The structure thermal conductivity and costs were obtained by comparing which structure had the best value for money. The research results can be found in the summary.

The studies showed that the most cost-effective way to improve energy efficiency of the house was to add insulation to the walls and the ceiling structure. However, changing windows and doors produced a negligible benefit when compared to the cost. Energy calculations were prepared by the Cads Planner House Pro software, and they are presented in the report. The report also includes guidelines for energy calculations with Cads Planner -software.

Language	Pages	24
Finnish	Appendices	7
	Pages of Appendices	46

Keywords

Energy efficiency, energy economy, improvement options

Sisältö

1	Johdanto	6
1.1	Työn tavoitteet	6
1.2	Työn rajausta	6
1.3	Cads Planner House Pro	7
2	Kohde	7
2.1	Kohteen energiatehokkuusluku	8
2.2	Kohteen kokonaisprimäärienergiankulutus	8
3	Energiatehokkuuden parantaminen	8
3.1	Ulkoseinät	9
3.1.1	Ulkoseinien lisäeristäminen	9
3.1.2	Ulkoseinien U-arvot	11
3.1.3	Ulkoseinien lisäeristämisen hyöty ja kustannukset	12
3.2	Yläpohja	13
3.2.1	Yläpohjan lisäeristäminen	14
3.2.2	Yläpohjan lisäeristämisen hyöty ja kustannukset	15
3.3	Ikkunoiden vaihtaminen	16
3.3.1	Ikkunoiden vaihtamisen hyöty ja kustannukset	16
3.4	Ovien vaihtaminen	18
3.4.1	Ovien vaihtamisen hyöty ja kustannukset	18
4	Tulokset	19
4.1	Kustannustehokkuus	20
4.2	Johtumistiedot	22
5	Pohdinta	22
	Lähteet	24

Liitteet

Liite 1	Rakennustapaselostus
Liite 2	Seinien ominaisuudet ja kustannukset
Liite 3	Yläpohjan ominaisuudet ja kustannukset
Liite 4	Ikkunoiden kustannukset
Liite 5	Ovien kustannukset
Liite 6	Energiatodistuksen laatiminen Cads Planner -ohjelmalla
Liite 7	Energiatodistus

Sanasto

Alapohja	Alapohjalla tarkoitetaan rakennuksen lattiapinnan ja täyttömaan välistä rakennekerrosta.
E-luku	E-luku eli energiatehokkuusluku ilmoittaa rakennuksen vuotuisen energiankulutuksen neliometriä kohden. Yksikkö $\text{kW/m}^2/\text{a}$ [1].
Höyrynsulku	Höyrynsululla tarkoitetaan ainekerrosta, jonka tehtävä on estää haitallisen vesihöyryn pääsyn rakenteisiin [2].
Koolaus	Koolaus tarkoittaa runkoon kiinnitettyä, tietyin välein kiinnitettyjä puurakennneosaa. Esimerkiksi koolausjako voi olla 600mm, jolloin koolaus ilmoitetaan merkinnällä k600. Merkintä tarkoittaa, että runkotolpan keskeltä keskelle etäisyys on 600mm.
U-arvo	U-arvo eli lämmönläpäisykerroin kuvaa rakenteiden sekä ikkunoiden ja ovien lämmöneristyskykyä. Mitä pienempi U-arvo on, sitä paremmin rakenne eristää lämpöä. Yksikkö $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ [3].
Yläpohja	Yläpohjalla tarkoitetaan rakennuksen sisäkattopinnan ja yläpuolisen ulkoilman välistä rakennekerrosta.

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä keskityttiin energiatehokkuuden parantamiseen rakenteellisesta näkökulmasta. Liitteenä oleva raportti on laadittu yhdessä sähkötekniikan opiskelijan Eemeli Vartiaisen kanssa. Raportti sisältää kohteen energiatehokkuuslaskelmat ja ohjeet energialaskelman laatimiseen Cads Planner House Pro -ohjelmalla. Raportti toimi perustana tälle opinnäytetyölle. Kohteena oli vuonna 1990 valmistunut omakotitalo. Kohteen rakenteita parannettiin nykyisten rakennusmääräysten mukaisesti valiten siihen energiatehokkaat materiaalit. Kohteen parannusehdotukset koottiin tuloksiin, jossa käsiteltiin muutosten kannattavuutta. Käytetyillä kaavoilla saatiin suuntaa antavaa tietoa kustannuksista. Kustannuslaskelmissa käytettiin hyödyksi Excel taulukkolaskentaohjelmaa. Ilmoitetut hinnat ovat alv. 24 %:n hintoja.

1.1 Työn tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää kustannustehokkain ratkaisu rakennuksen vuotuisen energiankäytön parantamiseen ja selvittää, mitä hyötyä käyttämästäni Cads Planner House Pro -ohjelmasta oli rakennuksen kokonaisenergiankulutuksen pienentämisessä.

1.2 Työn rajaus

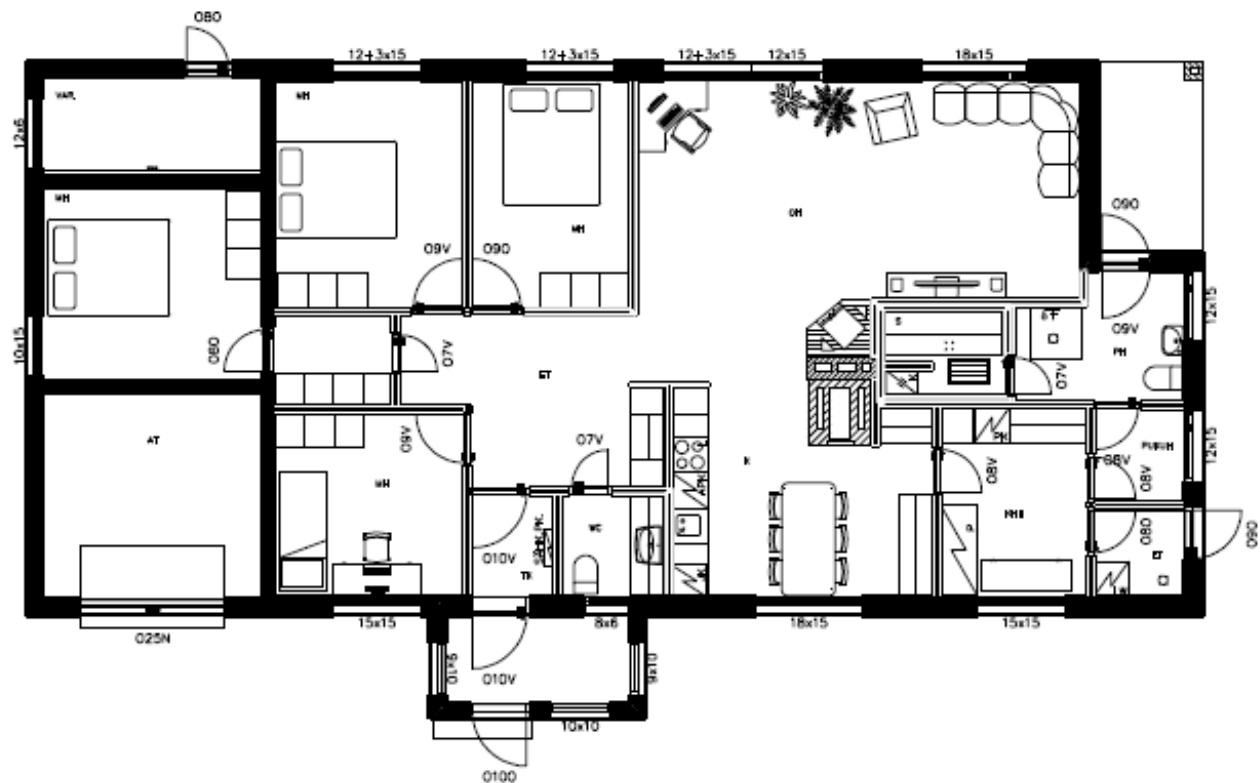
Tarkastelun alle otettiin ulkoseinät, yläpohja sekä ovet ja ikkunat. Materiaalien ja työn osat eriteltiin, mikäli muutostyöt pystyisi tekemään itse. Alapohjaa ei muutettu, koska työ olisi ollut suhteettoman vaikea toteuttaa, ja siitä saatu hyöty ei olisi ollut riittävän suuri. Alapohjan betonilaatan olisi joutunut piikkaamaan kokonaisuudessaan pois ja lisäämään alapuolisen eristeen päälle lisää eristettä. Tuloksista selviää mitkä parannusvaihtoehdot ovat kannattavimpia ja kuinka nopeasti ne maksavat itsensä takaisin säästettynä energiankulutuksena.

1.3 Cads Planner House Pro

Cads Planner House Pro on Kymdata Oy:n lanseeraama ohjelmisto, joka on taloteknisten ja arkkitehti- ja rakennesuunnittelun CAD-ohjelma. Kymdata Oy on vuonna 1979 perustettu suomalainen yritys (liite 6 s. 5).

2 Kohde

Kohteeksi valittiin vuonna 1990 valmistunut yksikerroksisen kalkkitiili verhoiltu omakotitalo, jonka huoneistoala oli 148 m² ja kerrosala 178,5 m² (kuva 1). Avo-kuisti oli muutettu umpinaiseksi lämpimäksi tilaksi ja sen ulkoverhousmateriaalina oli lautapaneeli. Kohteen lämmin autotalli oli myöhemmässä vaiheessa puolitettu. Toiseen puolikkaaseen oli tehty makuuhuone. Haastavaksi kohteen teki autotallin ja varaston ulkoseinä, joka oli 50 mm ohuempi kuin muualla rakennuksessa.



Kuva 1. Pohjakuva kohteesta.

2.1 Kohteen energiatehokkuusluku

Energiatodistuslaskelmat tehtiin Cads Planner House Pro ohjelmistolla ja energiatehokkuusluvaksi saatiin $E=262 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$ (liite 7), mikä tarkoittaa sitä, että rakennus kuluttaa 262 kilowattituntia neliometriä kohden vuodessa. Laskelmat ovat nähtävillä liitteenä olevassa raportissa (liite 6).

2.2 Kohteen kokonaisprimäärienergiankulutus

Kohteen lämmitysmuotona oli suora sähkö, joten energiamuodon kerroin oli 1,7. Kokonaisprimäärienergiankulutus saatiin, kun kerrottiin saatu e-luku kohteen neliöillä (kaava 1). Saatu tulos kertoi koko rakennuksen vuotuisen energiankulutuksen kWh/a (kaava 2).

$$\text{kWh/m}^2/\text{a} * \text{m}^2 = \text{kWh/a} \quad (1)$$

Kohteen todellinen kokonaisprimäärienergiankulutus ilman energianmuoto kerrointa saatiin jakamalla e-luvun ja neliöiden tulo energiamuotokertoimella 1,7.

$$\frac{\left(\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2/\text{a}} * 148 \text{ m}^2 \right)}{1,7} = 22\,809,4 \text{ kWh/a} \quad (2)$$

3 Energiatehokkuuden parantaminen

Energiatehokkuutta voi parantaa useilla eri keinoilla. On olemassa muun muassa lämmöntalteenottolaitteita, ilmalämpöpumppuja, energiatehokkaampia ikkunoita ja eristeitä. Tässä opinnäytetyössä keskityttiin parantamaan energiatehokkuutta rakenteellisesta näkökulmasta eli parantamalla seinien ja katon eristepaksuuksia sekä ikkunoiden ja ovien muuttamisella energiatehokkaimmik-

si. Energiatehokkuutta parannettiin mahdollisimman kustannustehokkain menetelmin. Kustannustehokkuus (kaava 3) saatiin laskettua, kun muutoksiin kulu-
neiden eurojen määrä jaettiin muutoksesta aiheutuvalla vuosittaisella energian-
säästöllä (kaava 4).

$$\text{vuotuinen energiansäästö} * \text{sähkön hinta} = \text{vuosittainen säästö} \quad (3)$$

$$\frac{\text{muutostöiden hinta€}}{\text{vuosittainen säästö €/a}} = \text{aika, joka kuluu kulujen kattamiseen} \quad (4)$$

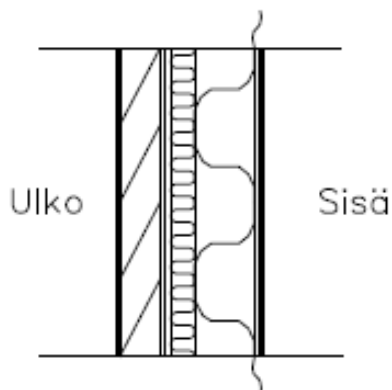
3.1 Ulkoseinät

Kohteessa oli kaksi erilaista ulkoseinätyyppiä. Ulkoseinä 1:n paksuus oli 295 mm (kuva 2) ja ulkoseinä 2, jonka paksuus oli 245 mm (kuva 3). Ulkoseinä 2 oli rakennuksen yhteydessä olevassa autotallissa ja muualla oli ulkoseinä 1-tyyppiä. Lämpimäksi tilaksi muutetun etukuistin seinärakenne oli samanlainen kuin ulkoseinä 1:n, mutta julkisivu oli puupaneelia. Se ei kuitenkaan vaikuttanut seinän eristävyyteen, sillä puupaneelin alla on tuuletusrimat. Seinien u-arvoon vaikuttavat rakennekerrokset ovat ulkopuolisen tuulensuojalevyn ja sisäpuolisen kipsilevyn väliset rakenteet.

3.1.1 Ulkoseinien lisäeristäminen

Kohteen ulkoseinien julkisivupinta oli tiiltä, joten seinien lisäeristäminen kustannustehokkaasti tapahtuisi sisäpuolen lisäeristämällä. Seiniä ei tulisi kuitenkaan paksuntaa liikaa, koska se samalla pienentää huonepinta-alaa. Seinärakenteiden detaljikuvien luonti onnistui helposti Cads Planner House Pro ohjelmalla (kuva 2, 3, 4 ja 5). Seinäleikkauksia piirrettäessä käytettiin samoja seinärakenteita, jotka oltiin luotu piirtäessä taloa.

Rakenne sisältä ulospäin

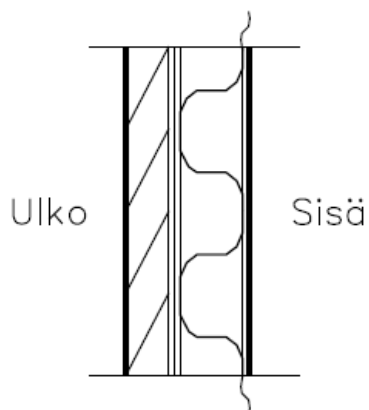


13mm kipsilevy
0,2mm muovikalvo
125mm runko + mineraalivillaaeriste
50mm koolaus + mineraalivillaaeriste
12mm puukuitulevy
10mm tuuletusrako
85mm tiilimuuraus

Seinän paksuus 295 mm

Kuva 2. Vanha ulkoseinärakenne (Ulkoseinä 1).

Rakenne sisältä ulospäin



13mm kipsilevy
0,2mm muovikalvo
125mm runko + mineraalivillaaeriste
12mm puukuitulevy
10mm tuuletusrako
85mm tiilimuuraus

Seinän paksuus 245 mm

Kuva 3. Vanha ulkoseinärakenne (Ulkoseinä 2).

Seinien lisäeristeeksi valittiin 50 mm paksu Isover KL-33 -mineraalivillaaeriste. Kyseinen eriste valittiin siksi, että se omaa markkinoiden alhaisimman lämmönjohtavuuden, vain 0,033 W/mK. Alhainen lämmönjohtavuus tarkoittaa myös parempaa eristävyyttä, eli u-arvoa.

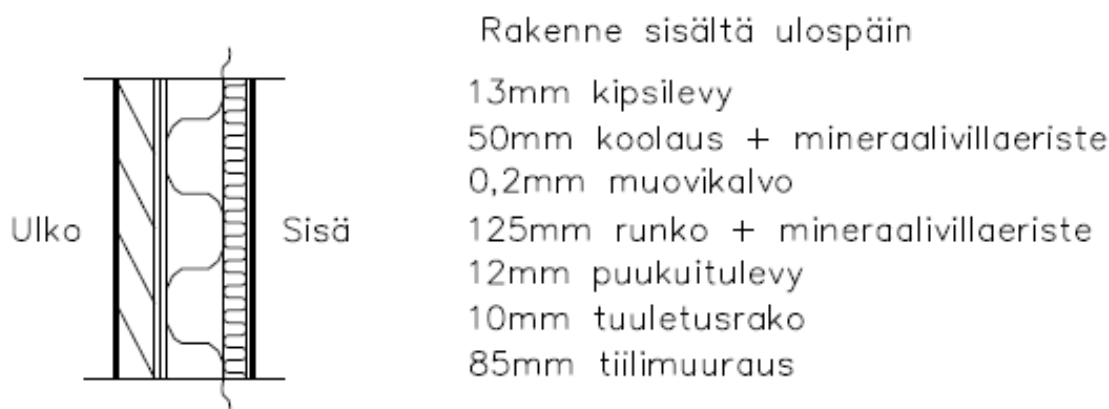
Remontointivaiheessa seinien sisäpuolinen kipsilevy purettiin ja höyrynsulkumuovi vaihdettiin uuteen. Sisäpuolelle asennettiin koolauspuu 50 x 50 mm² vaakaan, 600 mm välein. Koolauspuiden väliin asennettiin Isover KL33 -mineraalivillaaeristeet, joiden vakioleveys oli 560 mm. Koolauksen väliin jäävä tila oli 550 mm, joten villalevy pysyi hyvin paikoillaan, hieman puristuneena.

Tämän jälkeen asennettiin 13 mm Gyproc-kipsilevy ja seinä maalattiin (kuva 4 ja 5).



Seinän paksuus 345 mm

Kuva 4. Uusi ulkoseinärakenne (Ulkoseinä 1).



Seinän paksuus 295 mm

Kuva 5. Uusi ulkoseinärakenne (Ulkoseinä 2).

3.1.2 Ulkoseinien U-arvot

U-arvojen laskeminen hoitui Cads Planner ohjelmassa, aputoimintojen alta löytyvällä U-arvon laskenta työkalulla. Ensimmäiseksi laskettiin vanhojen seinien u-arvot (liite 2 s. 1-2). Laskeminen tapahtui siten, että jokainen ainekerros ja sen paksuus syötettiin ohjelmaan. Ohjelmassa oli mahdollisuus muokata myös lambda-arvoja, mikä tulikin tarpeeseen uuden seinärakenteen eristevalinnan takia (liite 2 s. 3-4). Koska kyseessä oli seinä, pintavastuksiksi valittiin vaakasuora.

3.1.3 Ulkoseinien lisäeristämisen hyöty ja kustannukset

Laskennassa käytettiin kylmäsiltojen osalta 10 prosentin arvoa rakenteiden johtumistiedoista, koska kyseessä oli olemassa oleva rakennus. Mikäli kyse olisi ollut uudisrakennuksesta, olisi kylmäsiltoja voitu määrittää tarkasti tuomalla tiedot piirustuksesta. Ulkoseinien u-arvot paranivat seuraavasti: Ulkoseinä 1:n u-arvo parani 0,257 W/(m²K) arvosta (Kuva 19 s.1) 0,197 W/(m²K) arvoon (liite 2 s. 3). Ulkoseinä 2:n u-arvo parani 0,348 W/(m²K) arvosta (liite 2 s. 2) arvoon 0,246 W/(m²K) (liite 2 s. 4). Energiatohokkuuteen lisäeristäminen vaikutti seuraavasti: Lämmön johtuminen rakenteissa pieneni entisestä 16869 kWh/a (kuva 6) arvosta arvoon 15194 kWh/a (kuva 7). Tämä tarkoitti sitä, että vuosittainen säästö energiankulutuksessa kyseisillä muutoksilla olisi 1675 kWh vuodessa. Suomessa kotitaloussähkön keskihinta on 0,15 €/kWh [5], joten säästöä kertyisi 251,25 euroa vuodessa (kaava 5).

$$1678 \text{ kWh/a} * 0,15 \text{ €/kWh} = 251,25 \text{ €/a} \quad (5)$$

Määritetyt johtumistiedot

Tyyppi	Ala	U-arvo	Ts/Tupoik	Maalaji
APm	148	0.317	21	1
IKka	2.34	1	21	
IKko	9	1	21	
IKlo	6.76	1	21	
IKlu	2.82	1	21	
OVI	5.25	1	21	
OVI	8.4	1	21	
US	125	0.257	21	
US	48.44	0.348	21	
YP	148	0.129	21	

Qrakosa: 16869 kWh/a

Qjohtuminen: 18558 kWh/a

Määritetyt kylmäsiltoja

Laskettava kohde on olemassa oleva rakennus.
Qkylmäsiltoja arvona käytetään 10% Qrakosa-arvosta.

Tyyppi	Pituus	Kond.	Materiaali
Alapohja/seinä	59.6	0.08	Betoni, maata vasten/P
Ikkuna-/oviliitos	102	0.04	Puu
Sisänurkka	8.4	-0.04	Puu
Ulkonurkka	18.1	0.04	Puu
Yläpohja/seinä	59.6	0.05	Puu/Puu

Qkylmäsiltoja: 1689 kWh/a

Kuva 6. Ulkoseinien johtumistiedot ennen muutoksia.

Määritetyt johtumistiedot

Tyyppi	Ala	U-arvo	Ts/Tupoik	Maalaji
APm	148	0.317	21	1
IKka	2.34	1	21	
IKko	9	1	21	
IKlo	6.76	1	21	
IKlu	2.82	1	21	
OVI	5.25	1	21	
OVI	8.4	1	21	
US	125	0.197	21	
US	48.44	0.246	21	
YP	148	0.129	21	

Qrakosa: 15194 kWh/a

Qjohtuminen: 16714 kWh/a

Määritetyt kylmäsilat

Laskettava kohde on olemassa oleva rakennus.
Qkylmäsilat arvona käytetään 10% Qrakosa-arvosta.

Tyyppi	Pituus	Kond.	Materiaali
Yläpohja/seinä	59.6	0.08	Betoni, maata vasten/P
Ikkuna-/oviliitos	102	0.04	Puu
Sisänurkka	8.4	-0.04	Puu
Ulkonurkka	18.1	0.04	Puu
Yläpohja/seinä	59.6	0.05	Puu/Puu

Qkylmäsilat: 1520 kWh/a

Kuva 7. Johtumistiedot ulkoseinien lisäeristämisen jälkeen.

Kuluja lisäeristämisestä tuli yhteensä 4658 euroa. Työn osuus oli 2170 euroa ja materiaaleihin kului 2488 euroa (liite 2 s.5). Se kuinka nopeasti saatu hyöty maksaa itsensä takaisin säästettynä energiana on laskettavissa, kun jaetaan lisäeristämisestä aiheutuneet kulut vuosittaisella säästöllä (kaava 6).

$$\frac{4658\text{€}}{251,25\text{€/a}} = 18,54 \text{ a eli noin } 19 \text{ vuotta} \quad (6)$$

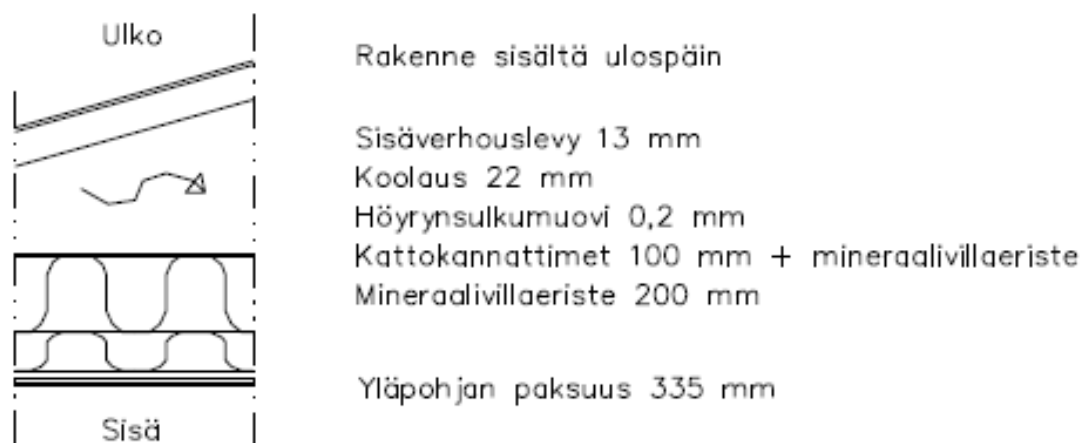
Kustannuksia voidaan karsia tekemällä työ itse, jolloin laskuissa käytetään vain materiaalien osuutta (kaava 7).

$$\frac{2488\text{€}}{251,25\text{€/a}} = 9,9 \text{ a eli noin } 10 \text{ vuotta} \quad (7)$$

3.2 Yläpohja

Yläpohja oli tärkeässä osassa tarkastellessa rakennuksen energiatehokkuutta. Lämmin ilma nousee aina ylöspäin, koska se on kevyempää kuin kylmä ilma. Katonrajassa ilma onkin aina lämpimämpää mikäli sen luontaista kiertoa ei sot-

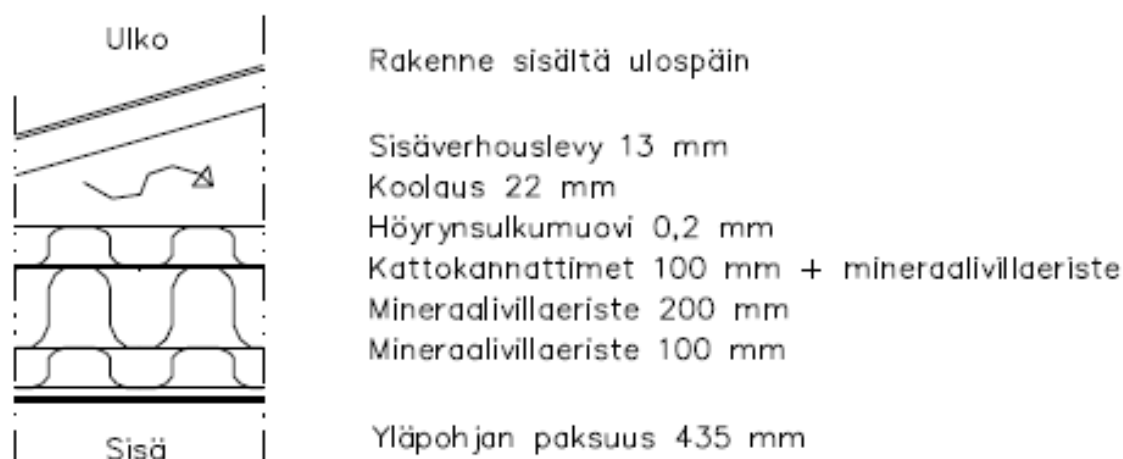
keta puhaltimilla. Yläpohjassa tulisi siis olla enemmän eristettä kuin seinissä, ettei lämmin ilma pääsisi johtumaan yläpohjan läpi rakennuksen ulkopuolelle. Kohteessa yläpohjan rakennekerrokset olivat seuraavanlaiset: Sisäverhouslevy, koolaus k400, höyrynsulkumuovi, kattokannattimet ja mineraalivilla (liite 1). Tämän rakennekerroksen u-arvo oli $0,129 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ (liite 3 s. 1).



Kuva 8. Vanha yläpohjarakenne.

3.2.1 Yläpohjan lisäeristäminen

Yläpohjassa oli ennestään 300 mm paksu kerros puhallusvillaa (kuva 8). Puhallusvillan yläpuolella oli tuuletustila. Tuuletustilaan piti jäädä yli 200 mm tilaa [2 s. 2]. Tilanpuutteen vuoksi lisäeristettä ei mahtunut kuin 100 mm, ettei tuuletustila menisi liian ahtaaksi, ja siten aiheuttaisi ongelmia rakenteisiin. Eristäminen toteutettiin 100 mm:n paksuisilla Isover KL-33 mineraalivillalevyillä yläpohjan eristeen päälle (kuva 9).



Kuva 9. Uusi yläpohjarakenne.

3.2.2 Yläpohjan lisäeristämisen hyöty ja kustannukset

Yläpohjan u-arvo parani entisestä 0,129 W/(m²K) arvosta (liite 3 s. 1) arvoon 0,093 W/(m²K) (liite 3 s. 2). Energiatohokkuuteen lisäeristäminen vaikutti seuraavasti: Lämmön johtuminen rakenteissa pieneni entisestä 16869 kWh/a (kappale 3.1.3, kuva 6) arvosta arvoon 16150 kWh/a (kuva 10). Tämä tarkoittaa sitä, että vuosittainen säästö energiankulutuksessa kyseisillä muutoksilla olisi 719 kWh vuodessa. Suomessa kotitaloussähkön keskihinta on 0,15 €/kWh [5], joten säästöä kertyisi 107,85 euroa vuodessa (kaava 8).

$$719 \text{ kWh} * 0,15\text{€/kWh} = 107,85 \text{ €} \quad (8)$$

The screenshot shows two panels: 'Määritetyt johtumistiedot' (Defined thermal conductivity data) and 'Määritetyt kylmäsilillat' (Defined cold bridges).

Määritetyt johtumistiedot

Tyyppi	Ala	U-arvo	Ts/Tupoik	Maalaji
APm	148	0.317	21	1
IKka	2.34	1	21	
IKko	9	1	21	
IKlo	6.76	1	21	
IKlu	2.82	1	21	
OVI	5.25	1	21	
OVI	8.4	1	21	
US	125	0.257	21	
US	48.44	0.348	21	
YP	148	0.093	21	

Qrakosa: 16150 kWh/a
Qjohtuminen: 17767 kWh/a

Määritetyt kylmäsilillat

Laskettava kohde on olemassa oleva rakennus.
 Qkylmäsilillat arvona käytetään 10% Qrakosa-arvosta.

Tyyppi	Pituus	Kond.	Materiaali
Yläpohja/seinä	59.6	0.08	Betoni, maata vasten
Ikkuna-/oviliitos	102	0.04	Puu
Sisänurkka	8.4	-0.04	Puu
Ulkonurkka	18.1	0.04	Puu
Yläpohja/seinä	59.6	0.05	Puu/Puu

Qkylmäsilillat: 1617 kWh/a

Kuva 10. Johtumistiedot yläpohjan lisäeristämisen jälkeen.

Kuluja lisäeristämisestä tuli yhteensä noin 1732,41 euroa. Työn osuus oli 266 euroa ja materiaaleihin kului 1466,41 euroa (liite 3 s. 3). Se kuinka nopeasti saatu hyöty maksaa itsensä takaisin säästettynä energiana on laskettavissa kun jaetaan lisäeristämisestä aiheutuneet kulut vuosittaisella säästöllä (kaava 9).

$$\frac{1732,41\text{€}}{107,85\text{€/a}} = 16,1 \text{ a eli noin 16 vuotta} \quad (9)$$

Kustannuksia voitiin karsia tekemällä työ itse, jolloin laskuissa käytetään vain materiaalien osuutta (kaava 10).

$$\frac{1466,41\text{€}}{107,85\text{€/a}} = 13,6 \text{ a eli noin 14 vuotta} \quad (10)$$

3.3 Ikkunoiden vaihtaminen

Kohteen ikkunat olivat 90-luvun 3-kerros ikkunoita ja niitä oli yhteensä 15 kappaletta (liite 4 s. 1). Ikkunat koostuivat tuulensuojalasista ja kaksiosaisesta lämpölasista. Karmien syvyys oli 170 mm. Vanhojen ikkunoiden u-arvo oli hyvä, 1,0 W(m²K). Haluttiin kuitenkin selvittää, mitä hyötyä ikkunoiden vaihtamisella saavutettaisiin.

3.3.1 Ikkunoiden vaihtamisen hyöty ja kustannukset

Uusilla ikkunoilla u-arvo oli 0,8 W(m²K). Energiatehokkuuteen lisäeristäminen vaikutti seuraavasti: Lämmön johtuminen rakenteissa pieneni entisestä 16869 kWh/a (Kuva 6) arvosta arvoon 16305 kWh/a (kuva 11). Tämä tarkoittaa sitä, että vuosittainen säästö energiankulutuksessa kyseisillä muutoksilla olisi 564 kWh vuodessa. Suomessa kotitaloussähkön keskihinta on 0,15 €/kWh [5], joten säästöä kertyisi 84,60 euroa vuodessa (kaava 11).

$$563 \text{ kWh} * 0,15\text{€/kWh} = 84,6 \text{ €} \quad (11)$$

Määritetyt johtumistiedot

Tyyppi	Ala	U-arvo	Ts/Tupoik	Maalaji
APm	148	0.317	21	1
IKka	2.34	0.8	21	
IKko	9	0.8	21	
IKlo	6.76	0.8	21	
IKlu	2.82	0.8	21	
OVI	5.25	1	21	
OVI	8.4	1	21	
US	125	0.257	21	
US	48.44	0.348	21	
YP	148	0.129	21	

Qrakosa: 16305 kWh/a

Qjohtuminen: 17936 kWh/a

Määritetyt kylmäsiilat

Laskettava kohde on olemassa oleva rakennus.
Qkylmäsiilat arvona käytetään 10% Qrakosa-arvosta.

Tyyppi	Pituus	Kond.	Materiaali
Alapohja/seinä	59.6	0.05	Betoni, maata vasten, P
Ikkuna-/oviliitos	102	0.04	Puu
Sisänurkka	8.4	-0.04	Puu
Ulkonurkka	18.1	0.04	Puu
Yläpohja/seinä	59.6	0.05	Puu/Puu

Qkylmäsiilat: 1631 kWh/a

Kuva 11. Johtumistiedot ikkunoiden vaihtamisen jälkeen.

Hintaa uusien ikkunoiden hankkimiselle tuli yhteensä 11 533,54 euroa. Pelkkien ikkunoiden hinnaksi tuli 10 456,78 euroa (liite 4 s. 2), joten kustannukset nousivat varsin suuriksi. Työn osuus oli 1076,76 euroa (liite 4 s. 3). Kannattavuuslaskelmat työn ja materiaalien osalta olivat seuraavanlaiset (kaava 12).

$$\frac{11533,54\text{€}}{84,60\text{€/a}} = 136,3 \text{ a eli noin } 136 \text{ vuotta} \quad (12)$$

Kustannuksia voitiin karsia tekemällä työ itse, jolloin laskuissa käytetään vain materiaalien osuutta (kaava 13).

$$\frac{10456,78\text{€}}{84,60\text{€/a}} = 123,6 \text{ a eli noin } 124 \text{ vuotta} \quad (13)$$

3.4 Ovien vaihtaminen

Vanhat ovet olivat suhteellisen hyvässä kunnossa. Niiden u-arvo oli 1,0 W(m²K), mikä oli tyypillistä normaaleille ulko-oville. Haluttiin kuitenkin selvittää mitä hyötyjä ovien vaihtamisella saavutettaisiin, joten ovet vaihdettiin uusiin.

3.4.1 Ovien vaihtamisen hyöty ja kustannukset

Uusiksi oviksi valittiin energiatehokkaat, 0,6 W(m²K) u-arvon ovet. Energiatehokkuuteen lisäeristäminen vaikutti seuraavasti: Lämmön johtuminen rakenteissa pieneni entisestä 16869 kWh/a (kappale 3.1.3, kuva 6) arvosta arvoon 16417 kWh/a (kuva 12). Tämä tarkoittaa sitä, että vuosittainen säästö energiankulutuksessa kyseisillä muutoksilla olisi 452 kWh vuodessa. Suomessa kotitalous-sähkön keskihinta on 0,15 €/kWh [5], joten säästöä kertyisi 67,80 euroa vuodessa (kaava 14).

$$452 \text{ kWh} * 0,15\text{€/kWh} = 67,80 \text{ €} \quad (14)$$

Määritetyt johtumistiedot

Tyyppi	Ala	U-arvo	Ts/Tupoik	Maalaji
APm	148	0,317	21	1
IKka	2,34	1	21	
IKko	9	1	21	
IKlo	6,76	1	21	
IKlu	2,82	1	21	
OVI	5,25	1	21	
OVI	8,4	0,6	21	
US	125	0,257	21	
US	48,44	0,348	21	
YP	148	0,129	21	

Qrakosa: 16417 kWh/a

Qjohtuminen: 18058 kWh/a

Määritetyt kylmäsilat

Laskettava kohde on olemassa oleva rakennus.
 Kylmäsilat arvona käytetään 10% Qrakosa-arvosta.

Tyyppi	Pituus	Kond.	Materiaali
Yläpohja/seinä	59,6	0,08	Betoni, maata vasten/PU
Ikkuna-/oviliitos	102	0,04	Puu
Sisänurkka	8,4	-0,04	Puu
Ulkonurkka	18,1	0,04	Puu
Yläpohja/seinä	59,6	0,05	Puu/Puu

Qkylmäsilat: 1641 kWh/a

Kuva 12. Johtumistiedot ovien vaihdon jälkeen.

Hintaa ovitilaukselle tuli noin 950 euroa per ovi. Kohteessa oli neljä ovea, eli yhteensä 3839 euroa (liite 5 s. 1). Työkustannukset tekivät 193,26 euroa (liite 5 s. 2) Kokonaisuudessaan ovet maksoivat asennettuna 4032,26 euroa. Tämä suhteutettuna kannattavuuteen (kaava 15).

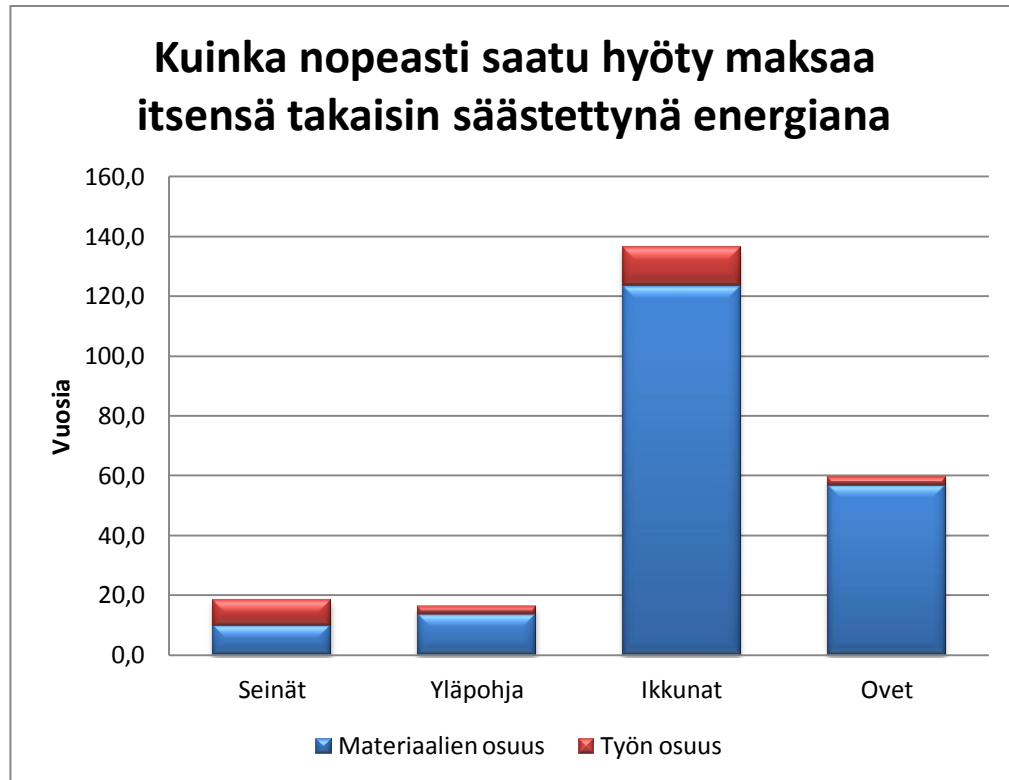
$$\frac{4032,26\text{€}}{68,70\text{€/a}} = 58,7 \text{ a eli noin } 59 \text{ vuotta} \quad (15)$$

Kustannukset pelkille materiaalihankinnoille (kaava 16).

$$\frac{3839\text{€}}{68,70\text{€/a}} = 55,9 \text{ a eli noin } 56 \text{ vuotta} \quad (16)$$

4 Tulokset

Lisäeristämisen kustannustehokkuudesta saatiin selvää tietoa siitä, mitkä toimenpiteet olisivat kannattavia toteuttaa. Seinien osalta materiaalikustannusten takaisinmaksuaika säästettynä energiana oli noin 10 vuotta, ja yläpohjan noin 8 vuotta. Ikkunoiden ja ovien hyöty puolestaan oli vaatimaton ja kustannukset nousivat suuriksi. Tästä voidaankin päätellä, ettei ikkunoiden ja ovien vaihtamisella saavuteta tarpeellista hyötyä, vaan huomio keskittyy seinän ja yläpohjan alueelle (kuvio 13).



Kuvio 13. Yhteenveto kannattavuudesta.

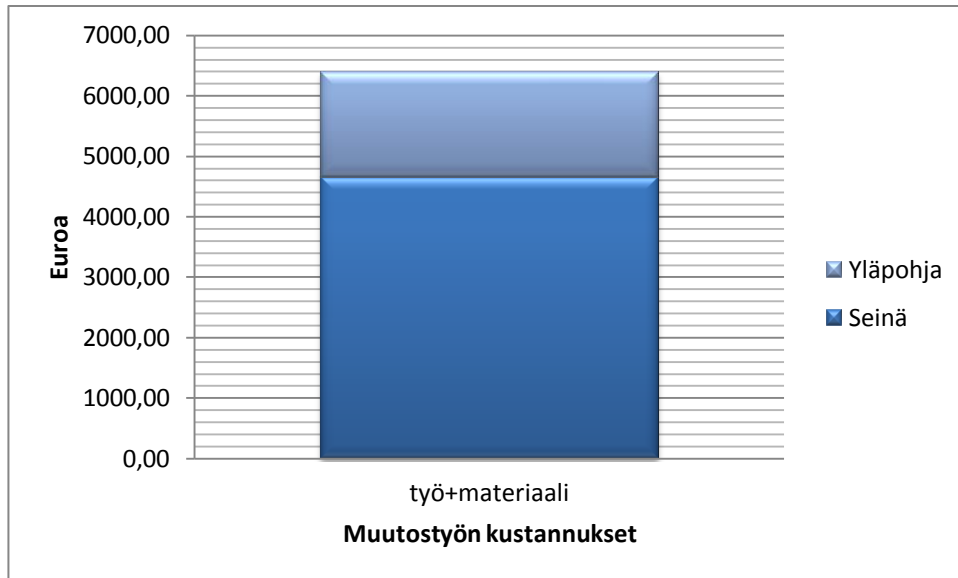
4.1 Kustannustehokkuus

Kun halutaan mahdollisimman kustannustehokas ratkaisu, on järkevää yhdistää seinä ja yläpohjan eristäminen. Seinien ja yläpohjan eristämisen kokonaiskustannukset olivat yhteensä 6390,41 euroa (kuvio 14). Saavutettu hyöty säästettynä energiana oli yhteensä 2394 kWh/a. Kun säästetty energia kerrotaan sähkön keskihinnalla [5], saadaan vuotuinen säästö euroissa (kaava 17).

$$2394 \text{ kWh} * 0,15\text{€/kWh} = 359,10 \text{ €} \quad (17)$$

Kustannustehokkuus saadaan puolestaan kun jaetaan vuosittainen säästö muutokseen kuluneilla euroilla (kaava 18).

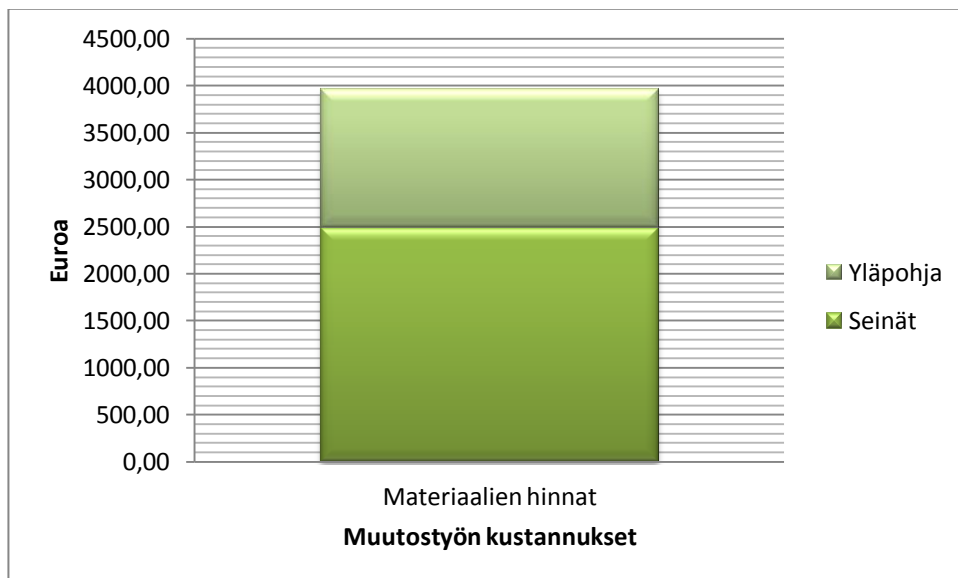
$$\frac{6390,41\text{€}}{359,10\text{€/a}} = 17,8 \text{ a eli noin } 18 \text{ vuotta} \quad (18)$$



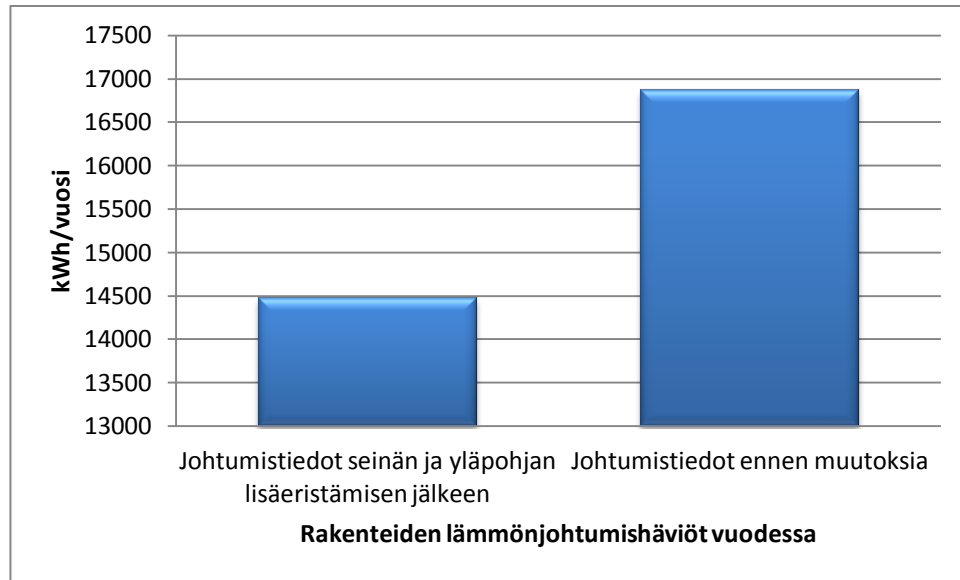
Kuvio 14. Seinien ja yläpohjan kokonaiskustannukset.

Jos työn tekisi itse, tarvitsisi tarkastella vain materiaalien kustannuksia. Materiaalien osalta seinien ja yläpohjan kustannukset olivat yhteensä 3954,41 euroa (kuvio 15). Takaisinmaksuaika säästettynä energiana oli 10 vuotta (kaava 19).

$$\frac{3954,41\text{€}}{359,10\text{€/a}} = 11 \text{ a eli } 10 \text{ vuotta} \quad (19)$$



Kuvio 15. Seinien ja yläpohjan materiaalikustannukset.



Kuvio 16. Vuosittainen ero rakenteiden lämmönjohtumismäärissä.

4.2 Johtumistiedot

Rakenteiden johtumisarvot pienenevät alkuperäisestä 16869 kWh vuosittaisesta arvosta (kappale 3.1.3, kuva 6) 2394 kilowattituntia (kuvio 16). Tästä saatiin laskettua ero prosentteina:

$$\frac{2394 \text{ kWh/a}}{16869 \text{ kWh/a}} * 100 = 14,2 \% \quad (20)$$

Kohteen alkuperäinen kokonaisenergiankulutus ilman energianmuotokerrointa oli 22 809,4 kWh vuodessa (kaava 2). Muutoksilla saavutettu hyöty oli 2394 kWh vuodessa. Tästä saatiin laskettua ero prosentteina:

$$\frac{2394 \text{ kWh/a}}{22\,809,4 \text{ kWh/a}} * 100 = 10,5 \% \quad (21)$$

5 Pohdinta

Cads Planner -ohjelmasta oli paljon hyötyä energiatehokkuuden laskemisessa. Ohjelmassa johtumistiedot saatiin suoraan talokuvasta energiatodistuslaskentaan. Kun rakenteita muutettiin, uudet johtumistiedot saatiin tuotua laskentaan napin painalluksella. Tämä helpotti suuresti tutkimuksen tekemistä. Täytyi kuitenkin muistaa, että kohteen piirtäminen vaatii aikaa ja tarkkuutta. Näkisin, että ohjelma on hyödyllinen laskettaessa energiatehokkuutta. Kohteen energiate-

hokkuuden parantaminen kävi helpoiten ja edullisimmin lisäämällä eristettä yläpohjaan, jolloin lämmönjohtuminen yläpohjan kautta pieneni. Pelkkä yläpohjan eristäminen ei kuitenkaan ole järkevää, sillä lämpöhäviöt kohdistuvat huonomman u-arvon omaaviin, viereisiin rakenteisiin rakenteisiin, eli ulkoseiniin. Tästä johtuen myös seiniä tulisi eristää paremman hyödyn saavuttamiseksi. Tuloksien perusteella voitaisiin sanoa, että tässä kohteessa kustannustehokkaat rakenteelliset muutokset ovat seinän ja yläpohjan lisäeristäminen. Näiden rakennesien lisäeristämällä saavutettava hyöty oli 359,10 euroa vuodessa (kaava 17). Kohteen rakenteiden johtumishäviöt pienenivät 14,2 prosenttia (kaava 20) ja kokonaisprimäärienergiankulutus 10,5 prosenttia (kaava 21). Jos muutostyön pystyisi toteuttamaan itse, säästyisi kuluissa lähes puolet. Takaisinmaksuaika säästettynä energiana lyhenisi 18 vuodesta (kaava 18) kymmeneen vuoteen (kaava 19). Saaduista tuloksista sai suuntaa antavaa tietoa muutosten kustannustehokkuudesta ja siitä, mikä olisi kannattavin toteuttaa.

6 Lähteet

1. Lamit energiapalvelut. E-luku on tärkeässä osassa rakennusten energiankulutuksen hillitsemisessä. Julkaistu 16.1.2013. [Viitattu 7.5.2014.] Saatavissa: <http://www.lamit.fi/fi/e-luku>
2. Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto. C2 Suomen Rakentamismääräyskokoelma. Julkaistu 9.9.1998. [Viitattu 7.5.2014.] Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/normit/1918-c2.pdf>
3. Motiva. Energiatehokas koti. Määritelmiä ja termejä. Julkaistu 25.4.2013. [Viitattu 7.5.2014.] Saatavissa: http://www.energiatehokaskoti.fi/perustietoa/hyva_tietaa/maaritelmia_ja_termeja
4. Ratu KI-6017. 2009. Rakennustöiden menekit 2010. Helsinki: Rakennustieto.
5. Vattenfall. Sähkölaitteiden keskimääräinen sähkönkulutus. 2013. [Viitattu 15.5.2014] Saatavissa <http://www.vattenfall.fi/fi/keskimaarainen-kulutus.htm>
6. Nevalainen, R. Kohteen rakennustapaselostus. Julkaistu 24.2.1990. Saatavissa: liite 1

<p>III ULKOSEINÄT (ulkopuolelta lukien)</p> <p>1. Kellarin seinät</p> <p>2. Muut ulkoseinät</p> <p>3. AJONEUVOSUOJA</p> <p>4.</p>	<p>2.-VALK. KALKKIHIERRATILI 85</p> <ul style="list-style-type: none"> - TUULETUSRAKO 10 - TUULENSUOJALEVY 12 - VAAKAKOOLAUS 50x50, MIN.VILLA 50 - KANTAVA RUNKO 50x125, " " 125 - MUOVIKALVO 0.20 - SISÄVERHOUSLEVY 13 <p>3.-VALK. KALKKIHIERRATILI 85</p> <ul style="list-style-type: none"> - TUULETUSRAKO 10 - TUULENSUOJALEVY 12 - KANTAVA RUNKO 50x125, MIN.VILLA 125 - MUOVIKALVO 0.20 - SISÄVERHOUSLEVY 2x13 GYPROC
---	--

Kuva 17. Ulkoseinät kohteen rakennustapaselostuksesta.

<p>VÄLIPOHJAT (rakenne lattian pinnasta alaspäin; laatu, aine ja paksuus)</p> <p>1. Yläpohja</p>	<p>1.-MIN. VILLA 300</p> <ul style="list-style-type: none"> - PÄÄKANNATAJAT (KATTO RISTIKÖT) K. 1200 - MUOVIKALVO 0.20 - KOOLAUS 22x100 K. 400 - SISÄVERHOUS
--	--

Kuva 18. Yläpohja kohteen rakennustapaselostuksesta.

U-arvon laskenta

Rakennekerroksen lisäys

Tasa-aineinen rakennekerros

Materiaali: Puukuitulevy Lambda: 0.11

Epätasa-aineinen rakennekerros

1. materiaali: Puu Lambda: 0.14 Leveys: 50 mm

2. materiaali: Mineraalivilla Lambda: 0.041 Leveys: 550 mm

Ainekerroksen paksuus: 50 mm

Määritetty rakenne

Rakenteen ulkopuoli

Materiaali	Lambda	Paksuus	R
Tiili	0.7	85	
Tuuletettu ilmarako	-1	10	
Puukuitulevy	0.11	12	0.109
Puu[50] + Mineraalivilla[550]	0.14;0.041	125	2.538
Puu[50] + Mineraalivilla[550]	0.14;0.041	50	1.015
Muovikalvo	0	0.2	0
Kipsilevy	0.23	13	0.056

Rakenteen sisäpuoli

Pintavastukset

Sisä: Vaakasuora 0.13 (m²K)/W

Ulko: Vaakasuora 0.04 (m²K)/W

Tulokset

Rakenteen kokonaispaksuus = 295.2 mm
 Lämmönvastus (RT) = 3.88 m²K/W
 U-arvo = 0.257 W/(m²K)

Kuva 19. Vanha ulkoseinä 1:n u-arvo (Cads Planner).

U-arvon laskenta

Rakennekerroksen lisäys

Tasa-aineinen rakennekerros

Materiaali: Puukuitulevy Lambda: 0.11

Epätasa-aineinen rakennekerros

1. materiaali: Puu Lambda: 0.14 Leveys: 50 mm

2. materiaali: Mineraalivilla Lambda: 0.041 Leveys: 550 mm

Ainekerroksen paksuus: 12 mm

Määritetty rakenne

Rakenteen ulkopuoli

Materiaali	Lambda	Paksuus	R
Tiili	0.7	85	
Tuuletettu ilmarako	-1	10	
Puukuitulevy	0.11	12	0.109
Puu[50] + Mineraalivilla[550]	0.14;0.041	125	2.538
Muovikalvo	0	0.2	0
Kipsilevy	0.23	13	0.056

Rakenteen sisäpuoli

Pintavastukset

Sisä: Vaakasuora 0.13 (m²K)/W

Ulko: Vaakasuora 0.04 (m²K)/W

Tulokset

Rakenteen kokonaispaksuus = 245.2 mm
 Lämmönvastus (RT) = 2.87 m²K/W
 U-arvo = 0.348 W/(m²K)

Kuva 20. Vanha ulkoseinä 2:n u-arvo (Cads Planner).

U-arvon laskenta

Rakennekerroksen lisäys

Tasa-aineinen rakennekerros

Materiaali: Tuuletettu ilmarako Lambda: -1

Epätasa-aineinen rakennekerros

1. materiaali: Puu Lambda: 0.14 Leveys: 50 mm

2. materiaali: Mineraalivilla Lambda: 0.033 Leveys: 550 mm

Ainekerroksen paksuus: 50 mm

Määritetty rakenne

Rakenteen ulkopuoli

Materiaali	Lambda	Paksuus	R
Tiili	0.7	85	
Tuuletettu ilmarako	-1	10	
Puukuitulevy	0.11	12	0.109
Puu[50] + Mineraalivilla[550]	0.14;0.041	50	1.015
Puu[50] + Mineraalivilla[550]	0.14;0.041	125	2.538
Muovikalvo	0	0.2	0
Puu[50] + Mineraalivilla[550]	0.14;0.033	50	1.192
Kipsilevy	0.23	13	0.056

Rakenteen sisäpuoli

Pintavastukset

Sisä: Vaakasuora 0.13 (m²K)/W

Ulko: Vaakasuora 0.04 (m²K)/W

Tulokset

Rakenteen kokonaispaksuus = 345.2 mm
 Lämmönvastus (RT) = 5.07 m²K/W
 U-arvo = 0.197 W/(m²K)

Kuva 21. Uusi ulkoseinä 1:n u-arvo (Cads Planner).

U-arvon laskenta

Rakennekerroksen lisäys

Tasa-aineinen rakennekerros

Materiaali: Tuulettettu ilmarako Lambda: -1

Epätasa-aineinen rakennekerros

1. materiaali: Puu Lambda: 0.14 Leveys: 50 mm

2. materiaali: Mineraalivilla Lambda: 0.033 Leveys: 550 mm

Ainekerroksen paksuus: 50 mm

Määritetty rakenne

Rakenteen ulkopuoli

Materiaali	Lambda	Paksuus	R
Tiili	0.7	85	
Tuulettettu ilmarako	-1	10	
Puukuitulevy	0.11	12	0.109
Puu[50] + Mineraalivilla[550]	0.14;0.041	125	2.538
Muovikalvo	0	0.2	0
Puu[50] + Mineraalivilla[550]	0.14;0.033	50	1.192
Kipsilevy	0.23	13	0.056

Rakenteen sisäpuoli

Pintavastukset

Sisä: Vaakasuora 0.13 (m²K)/W

Ulko: Vaakasuora 0.04 (m²K)/W

Tulokset

Rakenteen kokonaispaksuus = 295.2 mm
 Lämmönvastus (RT) = 4.06 m²K/W
 U-arvo = 0.246 W/(m²K)

Kuva 22. Uusi ulkoseinä 2:n u-arvo (Cads Planner).

Taulukko 1. Ulkoseinien lisäeristämisen työkustannukset [4 s. 78, 86, 96, 110 ja 112]

Työnosa	Työmenekki			
	T3			
sisäseinälevytyksen purku ja jätteiden siirrot	0,15	tth/m2		
höyrynsulku	0,02			
koolaus	0,28			
lämmöneristys	0,04			
levytys	0,12			
tasoitetyö + saumanauha	0,023			
tasoitus	0,022			
hionta	0,004			
maalaus telalla	0,055			
Yhteensä	0,714	T3		
Lisäaikakerroin	1,2	TL3		
Suoritemääräkerroin	1,1	SMK		
Muu kerroin	1	K		
Yhteensä	0,942	T4	tth/m2	
jos 2 työntekijää	0,471	T4	tth/m2	
seinä m2			132	m2
2 työntekijää			62,2	tth
mittakirvesmies	19,18	€/tth		
rakennusammattimies	15,68	€/tth		
yhteensä			34,86	€/tth
Työn osuus			2168,42	€

Taulukko 2. Ulkoseinien lisäeristämisen materiaalikustannukset (TCM)

Materiaali	Teoreettinen menekki	Kokonais-hukka-%	Kokonais-menekki	Materiaalihinta €/panosyksikkö	Materiaalihinta €/suoriteyksikkö
höyrynsulkumuovi	132,00	10	145,20	0,71	103,09
Höyrynsulkuteippi rll.	10,00	0	10,00	10,00	100,00
50x50 mm2 koolaus jm	221,00	10	243,10	0,69	167,74
isover KL-33 50mm	132,00	7	141,24	5,52	779,64
kipsilevy	132,00	12	147,84	5,38	795,38
saumanauha rll.	4,00	0	4,00	5,29	21,16
tasoite kg	400,00	1	404,00	0,53	214,93
maali	132,00	40	184,80	1,66	306,05
Materiaalikustannukset yhteensä €/suoriteyksikkö					2488,00

U-arvon laskenta

Rakennekerroksen lisäys

Tasa-aineinen rakennekerros

Materiaali: Lambda:

Epätasa-aineinen rakennekerros

1. materiaali: Lambda: Leveys: mm

2. materiaali: Lambda: Leveys: mm

Ainekerroksen paksuus: mm

Määritetty rakenne

Rakenteen ulkopuoli

Materiaali	Lambda	Paksuus	R
Mineraalivilla	0.041	200	4.878
Puu[50] + Mineraalivilla[1150]	0.14;0.041	100	2.216
Puu[100] + Tuuletettu ilmarako[3...]	0.14;1	22	0.028
Puukuitulevy	0.11	13	0.118

Rakenteen sisäpuoli

Pintavastukset

Sisä: (m²K)/W

Ulko: (m²K)/W

Tulokset

Rakenteen kokonaispaksuus = 335 mm
 Lämmönvastus (RT) = 7.70 m²K/W
 U-arvo = 0.129 W/(m²K)

Kuva 23. Vanhan yläpohjan u-arvo (Cads Planner).

U-arvon laskenta

Rakennekerroksen lisäys

Tasa-aineinen rakennekerros

Materiaali: Lambda:

Epätasa-aineinen rakennekerros

1. materiaali: Lambda: Leveys: mm

2. materiaali: Lambda: Leveys: mm

Ainekerroksen paksuus: mm

Määritetty rakenne

Rakenteen ulkopuoli

Materiaali	Lambda	Paksuus	R
Mineraalivilla	0.033	100	3.03
Mineraalivilla	0.041	200	4.878
Puu[50] + Mineraalivilla[1150]	0.14;0.041	100	2.216
Puu[100] + Tuuletettu ilmarako[3...]	0.14;1	22	0.028
Puukuitulevy	0.11	13	0.118

Rakenteen sisäpuoli

Pintavastukset

Sisä: (m²K)/W

Ulko: (m²K)/W

Tulokset

Rakenteen kokonaispaksuus = 435 mm
Lämmönvastus (RT) = 10.72 m²K/W
U-arvo = 0.093 W/(m²K)

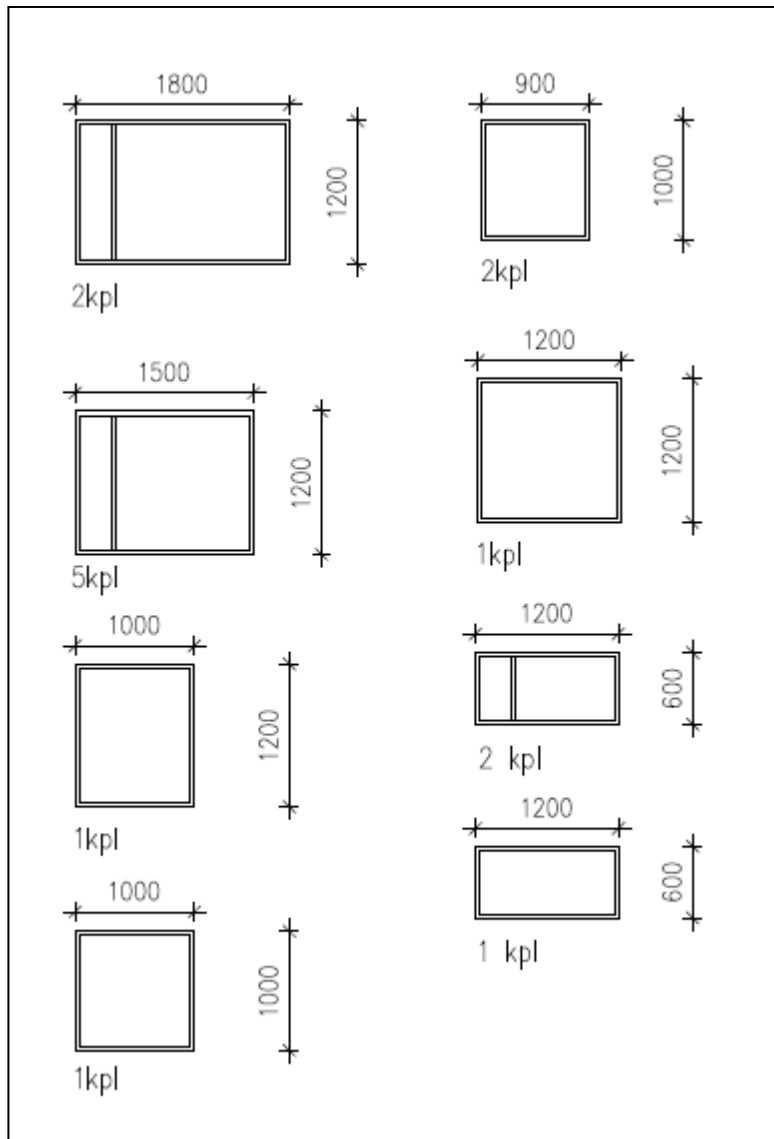
Kuva 24. Uuden yläpohjan u-arvo (Cads Planner).

Taulukko 3. Yläpohjan eristämisen työkustannukset [4 s. 96].









Työnosa	Työmenekki			
	T3			
lämmöneristyslevyt yläpuolelta	0,06	tth/m2		
siirrot ja loppusiivous	0,02			
Yhteensä	0,080	T3		
Lisäaikakerroin	1,3	TL3		
Suoritemääräkerroin	1,1	SMK		
Muu kerroin	1	K		
Yhteensä	0,114	T4	tth/m2	
jos 2 työntekijää	0,057	T4	tth/m2	
seinä m2			148	m2
2 työntekijää			8,5	tth
rakennusammattimies	15,68	€/tth		
rakennusammattimies	15,68	€/tth		
yhteensä			31,36	€/tth
Työn osuus			265,48	€

Taulukko 4. Yläpohjan lisäeristämisen materiaalikustannukset.

Materiaali	Teoreettinen menekki	Kokonais-hukka-%	Kokonais-menekki	Materiaalihinta €/panosyksikkö	Materiaalihinta €/suoriteyksikkö
isover KL-33 100mm	148,00	7	158,36	9,26	1466,41
Materiaalikustannukset yhteensä €/suoriteyksikkö					1466,41



Kuva 25. Ikkunakaavio (Cads Planner).

Tuote	Toimitus	Hinta	Määrä	Summa
 Matalaenergiaikkuna Pihla Oiva 2+2 lasia huurtumaton Leveys 1200 mm Korkeus 600 mm Vasenkätinen Karmin syvyys 170 mm Ulkopuolen alumiiniosat valkoinen RAL 9010 Valkoinen NCS S 0502-Y sisäpuolen puuosat Valkoiset painikkeet Ei tuuletusikkunavarustusta Ei raitisilmaventtiiliä IW-W00820	Tehtaalta:Pihla	467.14 €	1 KPL	467.14 €
 Matalaenergiaikkuna Pihla Oiva 2+2 lasia huurtumaton Leveys 1200 mm Korkeus 1200 mm Vasenkätinen Karmin syvyys 170 mm Ulkopuolen alumiiniosat valkoinen RAL 9010 Valkoinen NCS S 0502-Y sisäpuolen puuosat Valkoiset painikkeet Ei tuuletusikkunavarustusta Ei raitisilmaventtiiliä IW-W00820	Tehtaalta:Pihla	646.90 €	1 KPL	646.90 €
 Matalaenergiaikkuna Pihla Oiva 2+2 lasia huurtumaton Leveys 900 mm Korkeus 1000 mm Vasenkätinen Karmin syvyys 170 mm Ulkopuolen alumiiniosat valkoinen RAL 9010 Valkoinen NCS S 0502-Y sisäpuolen puuosat Valkoiset painikkeet Ei tuuletusikkunavarustusta Ei raitisilmaventtiiliä IW-W00820	Tehtaalta:Pihla	499.40 €	2 KPL	998.80 €
 Matalaenergiaikkuna Pihla Oiva 2+2 lasia huurtumaton Leveys 1000 mm Korkeus 1000 mm Vasenkätinen Karmin syvyys 170 mm Ulkopuolen alumiiniosat valkoinen RAL 9010 Valkoinen NCS S 0502-Y sisäpuolen puuosat Valkoiset painikkeet Ei tuuletusikkunavarustusta Ei raitisilmaventtiiliä IW-W00820	Tehtaalta:Pihla	527.45 €	1 KPL	527.45 €
 Matalaenergiaikkuna Pihla Oiva 2+2 lasia huurtumaton Leveys 1000 mm Korkeus 1200 mm Vasenkätinen Karmin syvyys 170 mm Ulkopuolen alumiiniosat valkoinen RAL 9010 Valkoinen NCS S 0502-Y sisäpuolen puuosat Valkoiset painikkeet Ei tuuletusikkunavarustusta Ei raitisilmaventtiiliä IW-W00820	Tehtaalta:Pihla	585.15 €	1 KPL	585.15 €
 Matalaenergiaikkuna Pihla Oiva 2+2 lasia välikarmilla Kokonaisleveys 1200 mm Korkeus 600 mm Tuuletusikkunan leveys 340 mm Tuuletusikkuna vasemmalla Karmin syvyys 170 mm Ulkopuolen alumiiniosat valkoinen RAL 9010 Valkoinen NCS S 0502-Y sisäpuolen puuosat Valkoiset painikkeet Ei raitisilmaventtiiliä Ei hyttysverkkoa IW-W00830	Tehtaalta:Pihla	619.54 €	1 KPL	619.54 €
 Matalaenergiaikkuna Pihla Oiva 2+2 lasia välikarmilla Kokonaisleveys 1500 mm Korkeus 1200 mm Tuuletusikkunan leveys 340 mm Tuuletusikkuna vasemmalla Karmin syvyys 170 mm Ulkopuolen alumiiniosat valkoinen RAL 9010 Valkoinen NCS S 0502-Y sisäpuolen puuosat Valkoiset painikkeet Ei raitisilmaventtiiliä Ei hyttysverkkoa IW-W00830	Tehtaalta:Pihla	901.96 €	5 KPL	4509.80 €
 Matalaenergiaikkuna Pihla Oiva 2+2 lasia välikarmilla Kokonaisleveys 1800 mm Korkeus 1200 mm Tuuletusikkunan leveys 340 mm Tuuletusikkuna vasemmalla Karmin syvyys 170 mm Ulkopuolen alumiiniosat valkoinen RAL 9010 Valkoinen NCS S 0502-Y sisäpuolen puuosat Valkoiset painikkeet Ei raitisilmaventtiiliä Ei hyttysverkkoa	Tehtaalta:Pihla	997.00 €	2 KPL	1994.00 €
Toimitukset (1 kuljetus)				
Kuljetus 1: Tehtaalta:Pihla		Toimitusaika n. 5-6 viikkoa		
Hintayhteenveto				
Tuotteiden hinta				10348.78 €
Rahti				108.00 €
Laskutussisä				0.00 €
Hinta yhteensä				10456.78 €

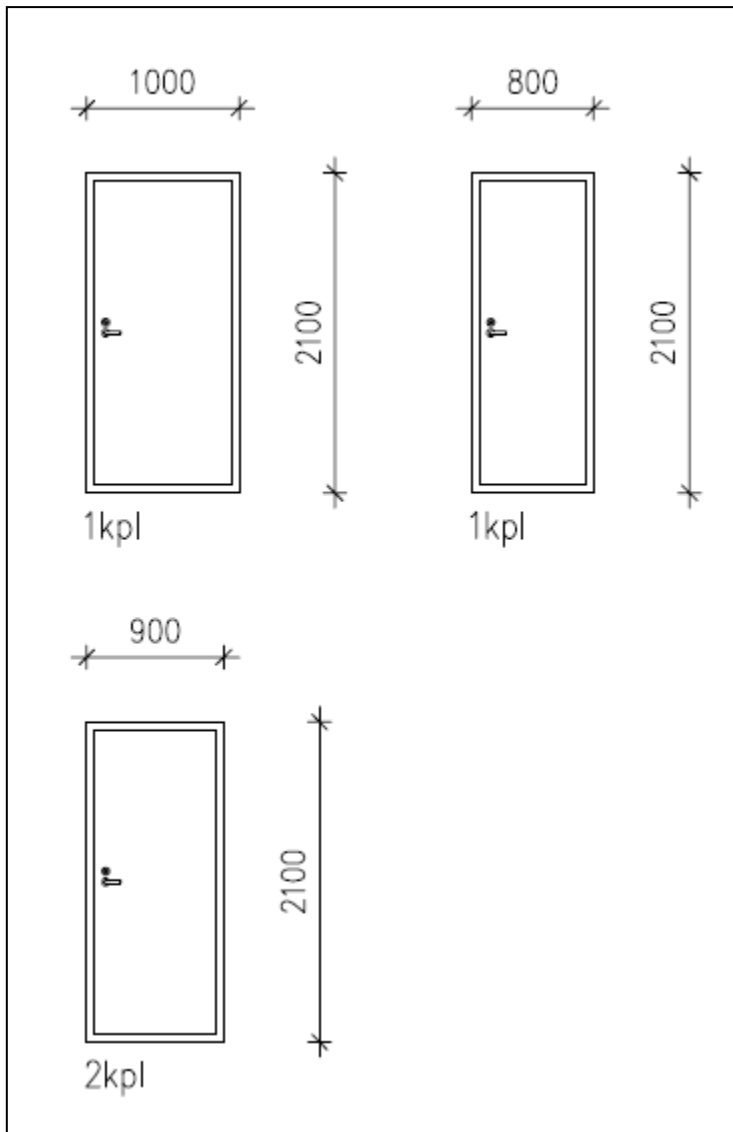
Kuva 26. Uusien ikkunoiden hinnat (tilaus www.taloon.com sivustolta).

Taulukko 5. Ikkunoiden työkustannukset [2 s.80].

Työnosa	Työmenekki			
	T3			
Ikkunoiden purku ja siirrot	0,85	tth/kpl		
Ikkunoiden siirto kohteeseen	0,35			
Ikkunoiden asennus	1,30			
Ikkunoiden listoitus	0,50			
Ikkunoiden pellitys	0,40			
Siivous ja jätteiden siirrot	0,20			
Yhteensä	3,600	T3		
Lisäaikerroin	1,2	TL3		
Suoritemääräkerroin	1,1	SMK		
Muu kerroin	1	K		
Yhteensä	4,752	T4	tth/kpl	
jos 2 työntekijää	2,376	T4	tth/kpl	
Ikkunat			13	kpl
2 työntekijää			30,9	tth
mittakirvesmies	19,18	€/tth		
rakennusammattimies	15,68	€/tth		
yhteensä			34,86	€/tth
Työn osuus			1076,76	€

Taulukko 6. Ikkunan asennustarvikkeet [8 ja 9].

Materiaali	Teoreettinen menekki	Kokonais-hukka-%	Kokonais-menekki	Materiaalihinta €/panosyksikkö	Materiaalihinta €/suoriteyksikkö
Elastinen uretaanivahto	5,00	10	5,50	8,05	44,28
Karmiruuvi 90mm 100kpl	2,00	0	2,00	14,90	29,80
Materiaalikustannukset yhteensä €/suoriteyksikkö					74,08



Kuva 27. Ovikaavio (Cads Planner).

Taulukko 6. Ovien työkustannukset.

Työnosa	Työmenekki			
	T3			
oven purku	0,40	tth/kpl		
oven asennus	1,00			
heloitus	0,50			
listoitus	0,20			
Yhteensä	2,100	T3		
Lisäaikakerroin	1,2	TL3		
Suoritemääräkerroin	1,1	SMK		
Muu kerroin	1	K		
Yhteensä	2,772	T4	tth/kpl	
jos 2 työntekijää	1,386	T4	tth/kpl	
Ikkunat			4	kpl
2 työntekijää			5,5	tth
mittakirvesmies	19,18	€/tth		
rakennusammattimies	15,68	€/tth		
yhteensä			34,86	€/tth
Työn osuus			193,26	€

Tuote	Toimitus	Hinta	Määrä	Summa
■ Ulko-ovi Pihla 111 mittatilausovi 990 mm(10M) 2090 mm(21M) 170 mm energiatehokas e-rakenne U-arvo 0.6 Kromi Ei painiketta Valkoinen Oikeakätinen Ulkopuolella Ei potkupertä Lukkorunko LC 102 Ei ovisilmää PL-UO111	Tehtaalta:Pihla	941.00 €	1 KPL	941.00 €
■ Ulko-ovi Pihla 135 mittatilausovi 790 mm(8M) 2090 mm(21M) 170 mm energiatehokas e-rakenne U-arvo 0.6 Kromi Ei painiketta Valkoinen Oikeakätinen Ulkopuolella Ei potkupertä Lukkorunko LC 102 Ei ovisilmää PL-UO135	Tehtaalta:Pihla	941.00 €	1 KPL	941.00 €
■ Ulko-ovi Pihla 135 mittatilausovi 890 mm(9M) 2090 mm(21M) 170 mm energiatehokas e-rakenne U-arvo 0.6 Kromi Ei painiketta Valkoinen Oikeakätinen Ulkopuolella Ei potkupertä Lukkorunko LC 102 Ei ovisilmää PL-UO135	Tehtaalta:Pihla	941.00 €	2 KPL	1882.00 €

Toimitukset (1 kuljetus)

Kuljetus 1: Tehtaalta:Pihla Toimitusaika n. 5-6 viikkoa

Hintayhteenveto


Tuotteiden hinta	3764.00 €
Rahti	75.00 €
Laskutuslisä	0.00 €
Hinta yhteensä	3839.00 €


KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennus- ja sähkötekniikan koulutusohjelma

Olli Vainikainen
Eemeli Vartiainen

ENERGIATODISTUKSEN LAATIMINEN CADS PLANNER-OHJELMALLA

Raportti
Kesäkuu 2014

	<p>Kesäkuu 2014 Rakennus- ja sähkötekniikan koulu- tusohjelma</p> <p>Karjalankatu 3 80200 JOENSUU +358 50 260 6800</p>
<p>Tekijä Olli Vainikainen, Eemeli Vartiainen</p>	
<p>Nimeke</p> <p>Energiatodistuksen laatiminen Cads planner ohjelmalla</p>	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämä raportti sisältää ohjeet energiatodistuksen laadintaan Cads Planner Pro ohjelmalla, lisäksi raportissa on laskettu vertailuarvoja käsin, rakentamismääräyskoelman osan D5 ohjeiden mukaan. Raportti tehtiin rakennus- ja sähkötekniikan opiskelijoiden toimesta. Raportti toimii liitteenä molempien opinnäytetöissä.</p>	
<p>Kieli suomi</p>	<p>Sivuja 70</p>
<p>Asiasanat Energiatodistus, Cads Planner, energiatehokkuus</p>	

 <p>Karelia UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES</p>	<p>June 2014 Degree Programme in Construction and Electrical Engineering</p> <p>Karjalankatu 3 FI 80200 JOENSUU FINLAND +358 50 260 6800</p>
<p>Authors Olli Vainikainen, Eemeli Vartiainen</p>	
<p>Title</p> <p>Preparation of the energy audit using Cads Planner -software</p>	
<p>Abstract</p> <p>This report contains the instructions for the preparation of the energy audit using Cads Planner Pro –software. The report benchmarks have been hand calculated, according to the National Building Code Part D5 instructions. The report was made by civil engineering student Olli Vainikainen and electrical engineering student Eemeli Vartiainen. The report is used in both students' theses.</p>	
<p>Language Finnish</p>	<p>Pages 70</p>
<p>Keywords</p> <p>Energy audit, Cads Planner, energy efficiency</p>	

SISÄLTÖ

1	Johdanto	5
2	Yleistä käytetyistä ohjelmista	5
2.1	AutoCad.....	5
2.2	CADS Planner	5
2.3	IFC.....	5
3	Kohde	6
4	Paperikuvat sähköiseen muotoon	6
5	Piirtäminen AutoCad ohjelmistolla	6
6	Cads Planner House Pro	7
6.1	Piirtäminen.....	7
6.2	Seinän piirto.....	8
6.3	Ikkunoiden ja ovien lisäys	9
6.4	Tilajako	10
6.5	Uusien rakennetyyppien määrittäminen.....	10
6.6	Tilojen määrittäminen	11
6.7	Aukkojen määrittäminen tilaan.....	12
6.8	Tilatietojen muokkaus	13
6.9	Tilatietojen hyödyntäminen energialaskelmassa	14
7	Energialaskenta	15
7.1	Yleistiedot ja perustiedot.....	16
7.2	Johtuminen ja vuotoilma	16
7.3	Lämmitysjärjestelmä	17
7.4	Ilmanvaihto	17
7.5	Valaistus	19
7.6	Kuluttajalaitteet	22
7.7	Lämpökuorma ja jäähdytys	22
7.8	Todistus	22
8	Pohdinta.....	22
	Lähteet.....	24

1 Johdanto

Tässä raportissa keskityttiin pientalon energiatodistuksen laadintaan. Laskelmat tehtiin Cads Planner ohjelmaa apuna käyttäen. Kohteeksi valittiin Kontiolahdella sijaitseva omakotitalo, jolle laadittiin energiatodistus CADS Planner ohjelmalla, jonka pohjalta molemmat laativat omat opinnäytetyönsä. Rakennustekniikan opiskelija Olli Vainikainen kirjoitti osat 3-6, ja digitalisoi piirustukset. Sähkötekniikan opiskelija Eemeli Vartiainen kirjoitti osat 2 ja 7 ja kertoi yleistä tietoa energiatodistuksen laatimisesta.

2 Yleistä käytetyistä ohjelmista

Energiatodistuksen laadinnassa käytettiin CADS Planner –ohjelmaa, kuvien digitalisointiin käytettiin myös Autocad ohjelmaa.

2.1 AutoCad

AutoCAD on yhdysvaltalaisen Autodesk Inc kehittämä yleissuunnitteluohjelma, jolla on useita rajapintoja, joiden avulla on mahdollista luoda sisätoimintoja useita eri ohjelmistokieliä käyttäen. Autocadia on mahdollista laajentaa sovelluskohteisilla laajennuksilla, joita valmistaa Autodesk sekä monet muut yritykset [8].

2.2 CADS Planner

Cads Planner on vuonna 1979 perustetun Kyndata Oy:n perustama ohjelmisto, joka on taloteknisten ja arkkitehti- ja rakennesuunnittelun CAD-ohjelma. Ohjelma on IFC-yhteensopiva ja se sisältää eri laitevalmistajien tuotekirjastoja, joita on mahdollista käyttää suunnittelun apuna järjestelmien mitoituksessa ja 3d-mallinnuksissa [9].

2.3 IFC

IFC (Industry Foundation Classes) on kansainvälisesti käytetty rakennusalan ISO/PAS 16739 standardi, tiedon siirtoon tietokonejärjestelmästä toiseen. IFC-tiedonsiirtoa käytetään tuotemalliperusteisessa rakennussuunnittelussa, stan-

dardin avulla on mahdollista siirtää tuotemallitietoa CAD-järjestelmien välillä kuitenkin vain 3D-geometria ja parametreja, sillä ei voida siirtää piirustusmuotoista tietoa. IFC-standardia kehittää IAI-järjestö (International Alliance for Interoperability) [10].

3 Kohde

Kohteeksi valitsimme vuonna 1990 valmistuneen yksikerroksisen kalkkitiili verhoillun omakotitalon, jonka huoneistoala oli 148 m² ja kerrosala 163 m². Kohteen autotalli oli myöhemmässä vaiheessa puolitetty ja toisesta puolikkaasta oli tehty makuuhuone. Kohteen avokuisti oli muutettu umpinaiseksi lämpimäksi tilaksi.

4 Paperikuvat sähköiseen muotoon

Kiinteistön rakennuspiirustukset piirrettiin ensin Autocad ohjelmalla käyttäen apuna alkuperäisiä paperipiirustuksia, ideana oli siirtää Autocadilla piirretty kuva Cads Planneriin, jolla energiatodistus laadittiin. Autocad ohjelmalla laadittu kuva saatiin siirrettyä Cads Planneriin, mutta rakenteiden ominaisuudet eivät siirtyneet kokonaisuudessaan, ja niinpä piirustukset laadittiin uudestaan käyttäen CADS Planneria. Kohteelle laadittiin energiatehokkuutta parantavia ehdotuksia joille laskettiin kustannukset ja kannattavuus, näistä lisätietoa löytyy varsinaisista opinnäytetyön raporteista.

5 Piirtäminen AutoCad ohjelmistolla

Pientalokuvat piirrettiin pohjakuvien ja rakennustapaselosteen pohjalta käyttäen koululle lisensoitua Autocad 2013 Rak ohjelmaa. Piirtäminen alkoi ulkoseinälinjoista, jonka jälkeen tehtiin väliseinälinjat. Seinien piirto tapahtui siten, että ohjelmalla luotiin uusia seinätyyppejä, jotka vastasivat kyseisen talon rakennustapaselosteesta löytyviä seiniä. Kun seinät oli saatu piirrettyä, vuoroon tulivat ikkuna- ja oviaukot, niiden luominen tapahtui samaan tapaan kuin seinien. Tark-

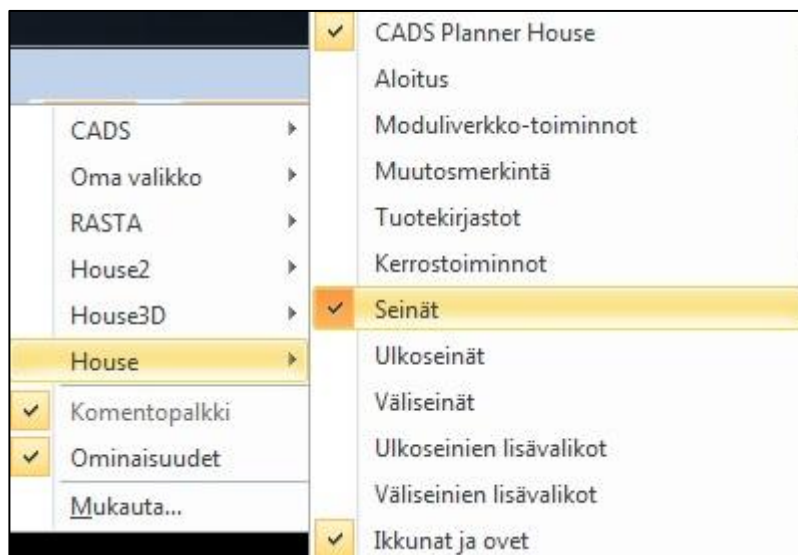
kuuden parantamiseksi ikkuna- ja ovikohtiin, tehtiin alkamiskohtaan apuviivat ennen ikkunoiden ja ovien lisäämistä. Kun tämä oli tehty, piirustus tallennettiin dwg-muodossa ja siirryttiin käyttämään Cads Planner ohjelmaa.

6 Cads Planner House Pro

Cads Planner House Pro ohjelmisto ei ollut meille entuudestaan tuttu, mutta pohjimmiltaan se on hyvin samantapainen kuin Autocad. Autocadissa laadittu talopiirustus avattiin Cads planner ohjelmassa, pian huomataksemme, ettei Autocadista tuotu kuva toiminut Cads Planner House Pro:ssa kuten odotimme. Ohjelma ei ymmärtänyt kaikkia Autocadissa laadittuja seiniä seininä. 3D restauroinnin jälkeen huomasimme, etteivät kaikki seinät ja aukot olleet kohdallaan. Tästä syystä piirsimme talon uudestaan käyttäen Cads Planner House Pro ohjelmaa.

6.1 Piirtäminen

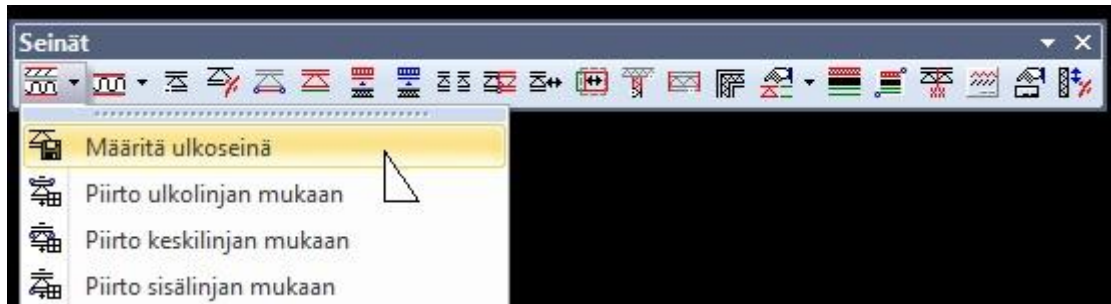
Piirtäminen Cads:llä on hyvin samankaltaista kuin Autocad:llä ja se eteni hyvin, ohjelman tultua tutuksi. Ennen kuin rakenteita päästiin piirtämään, piti ohjelmaan lisätä tarvittavat työkalut. Tämän onnistui painamalla hiiren oikeaa painiketta ylhäällä ohjelman toiminto palkin kohdalla. Hiiren kursori vietiin kohtaan House, jolloin aukesi uusi valikko. Valikosta valittiin tarvittavat työkalut piirtämiseen (kuva 1).



Kuva 29. Seinä työkalu.

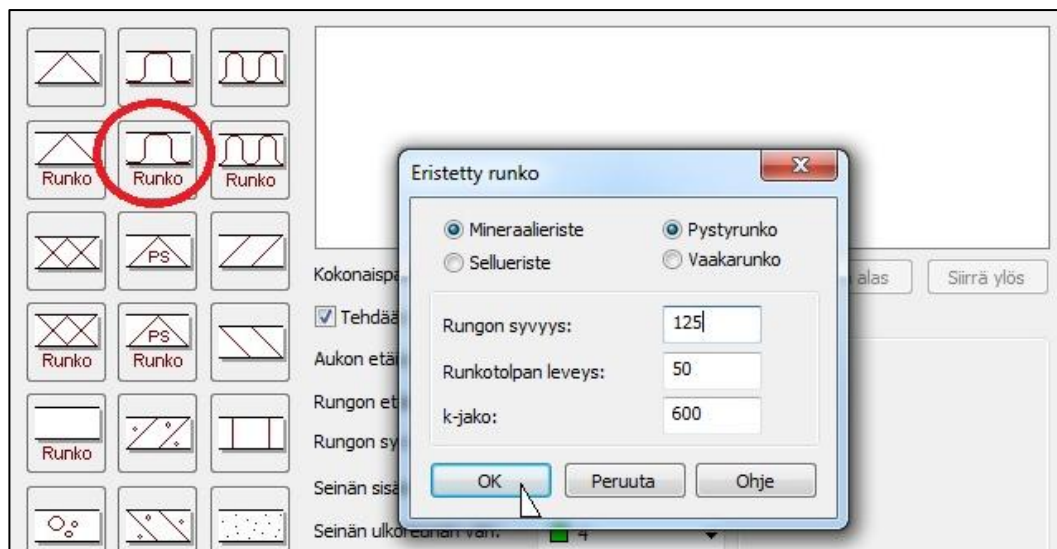
6.2 Seinän piirto

Seinän piirtäminen tapahtui Määritä ulkoseinä painikkeella (kuva 2).



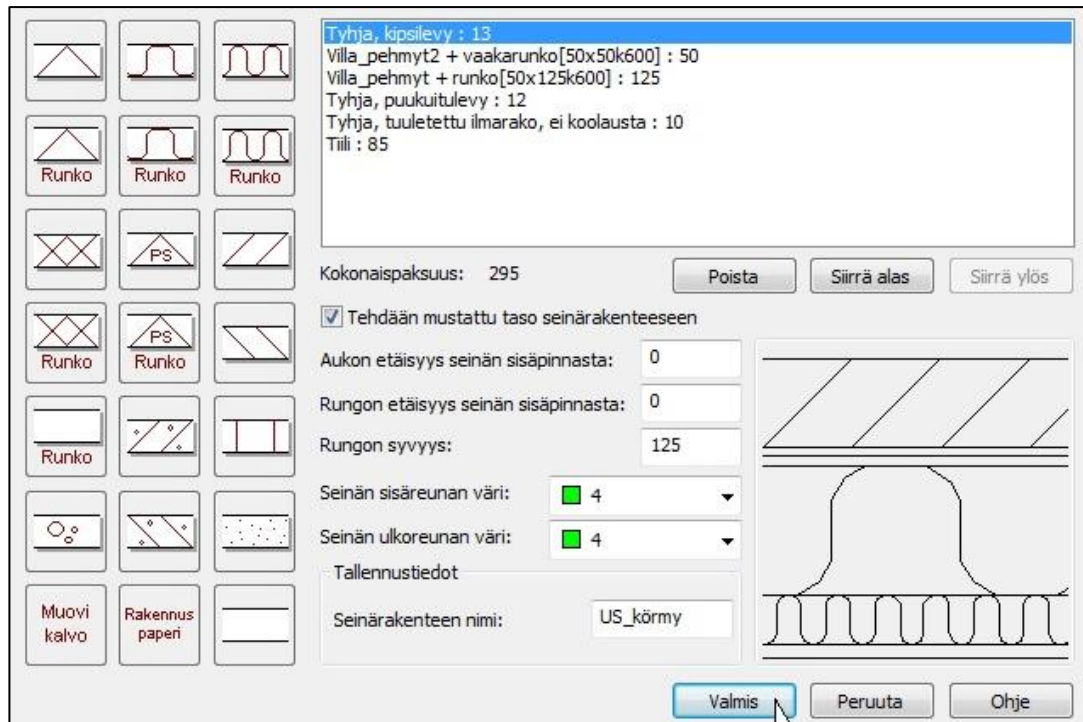
Kuva 30. Ulkoseinän määrittäminen.

Tämän jälkeen aukesi uusi ikkuna, jossa seinän rakenteita pystyi määrittämään (kuva 3).



Kuva 31. Seinärakenteiden määrittäminen.

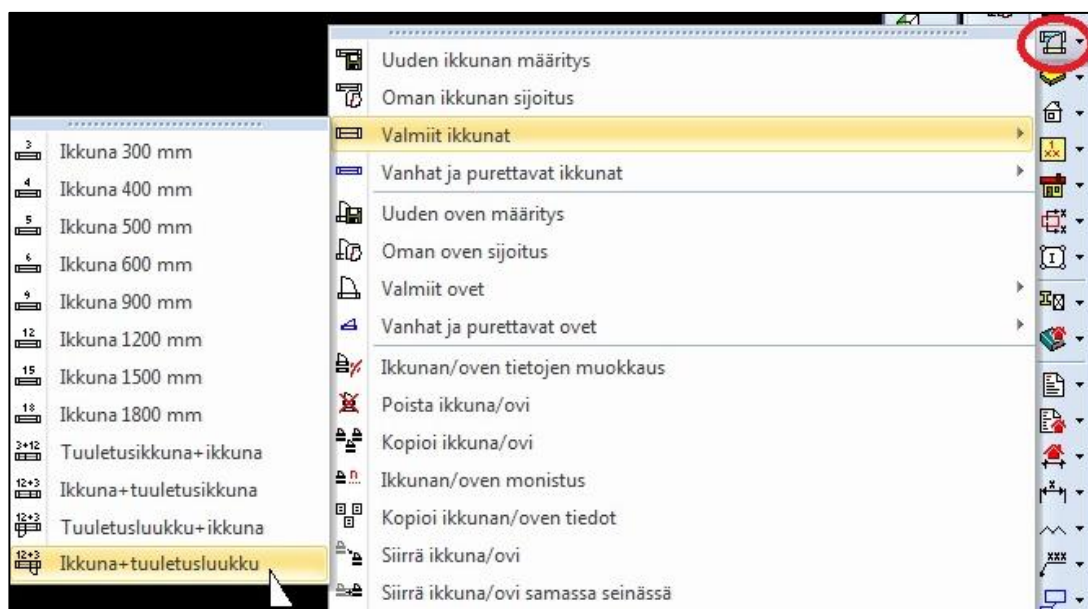
Seinärakenteiden määrittäminen tapahtui sisältä ulospäin. Kun haluttu seinärakenne oli saatu luotua, sille annettiin nimi ja painettiin valmis (kuva 4). Määritetty seinärakenne pystyttiin nyt piirtämään halutun seinälinjan mukaan.



Kuva 32. Valmis seinärakenne.

6.3 Ikkunoiden ja ovien lisäys

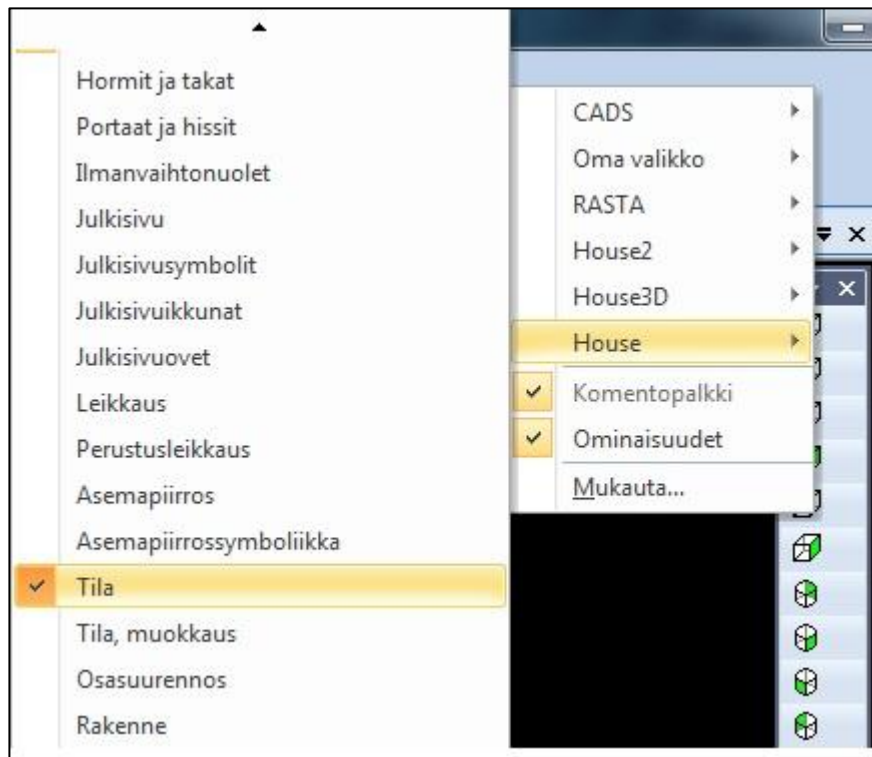
Ikkunat ja ovet voitiin lisätä ohjelmassa samaan tapaan, kuin Autocadissä. Oikeasta reunasta löytyvän ikkunan- ja oven kuvakkeen alta löytyi työkaluja, joilla lisääminen valmiiseen seinään onnistui helposti (kuva 5). Ikkunoiden ja ovien tietoja ja kokoa pystyi myös muokkaamaan jälkepäin.



Kuva 33. Ikkunoiden ja ovien lisääminen.

6.4 Tilajako

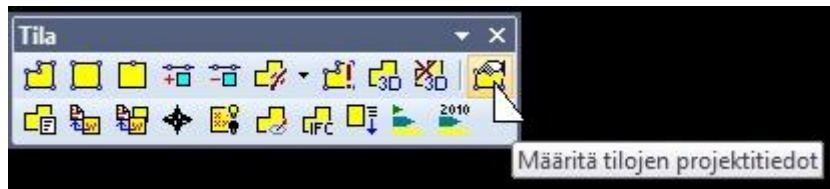
Kun seinät, ovi- ja ikkuna-aukot olivat paikallaan, siirryimme seuraavaksi luomaan tilarajoja. Tilajakoon tarvittiin tilatyökalu. Tilatyökalurivin sai näkyviin painamalla oikeaa hiirenpainiketta ylhäällä ohjelman toiminto palkin kohdalla, jolloin aukeaa valikko. Valikosta hiiren kursori vieään kohtaan House, jolloin aukeaa uusi valikko. Tästä valikosta löytyy Tila, ja tätä klikkaamalla saadaan ohjelmaan lisättyä tila -palkki (kuva 6).



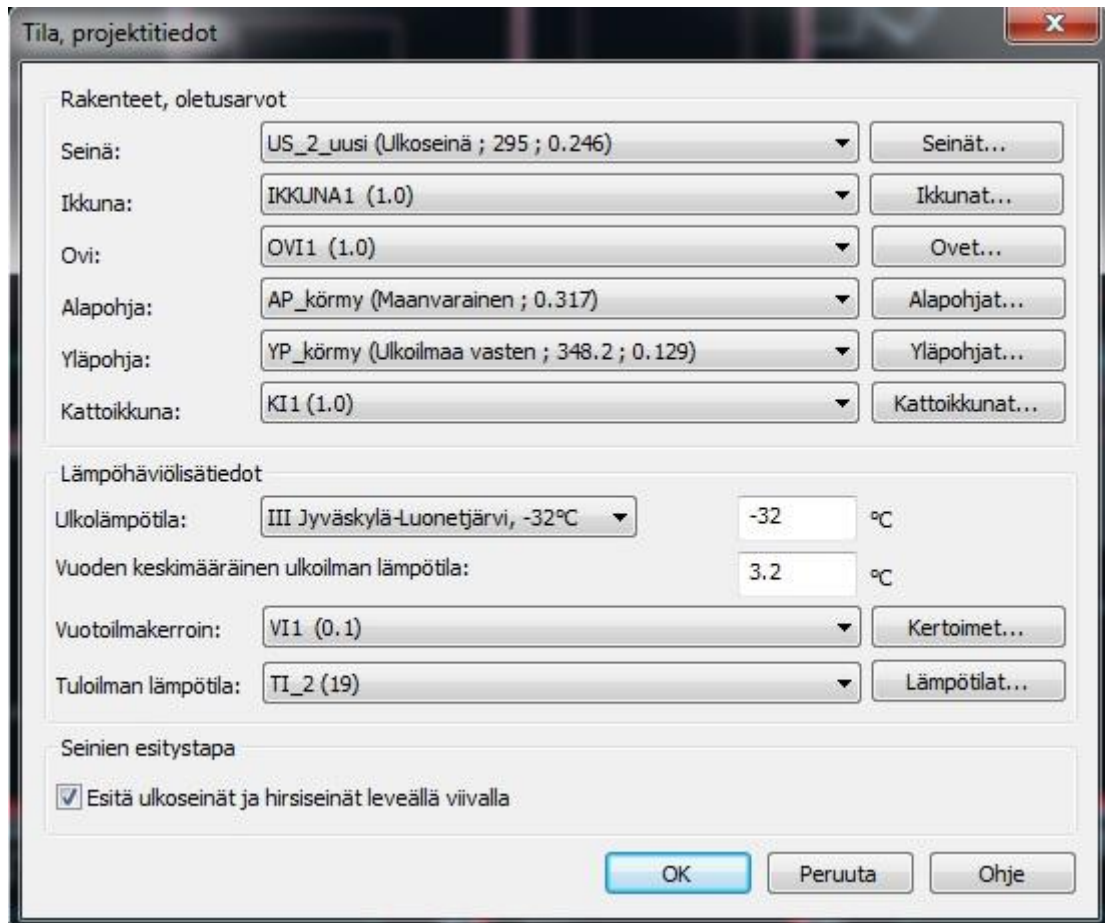
Kuva 34. Tila-palkin lisäys.

6.5 Uusien rakennetyyppien määrittäminen

Uudet rakennetyypit saatiin määritettyä Tila palkista löytyvällä, Määritä tilojen projektitiedot painikkeella (kuva 7). Tilan projektitietoihin voitiin luoda uudet rakennetyypit valitsemalla oikeanpuoleisista painikkeista, haluttu rakennetyyppi (kuva 8). Kaikki rakenteet olivat aluksi perusarvoilla, ja ne muutettiin kohteen mukaisiksi. Lämpöväiölisätieto kohtaan valittiin maantieteellisesti lähimpänä sijaitseva kohde, tässä tapauksessa Jyväskylä. Vuotoilmakerroin ja tuloilman lämpötila saatiin valittua kohteeseen sopiviksi.



Kuva 35. tilojen projektitiedot.

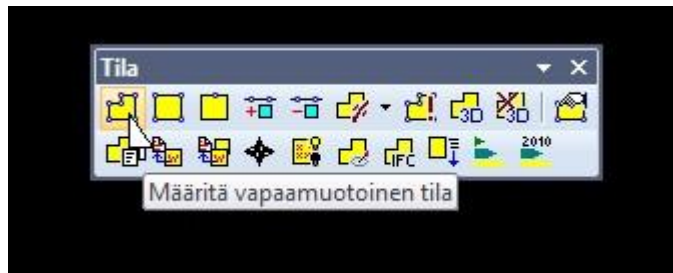


Kuva 36. projektitietojen muokkaus.

Projektitietojen muokkaaminen tuotti kuitenkin päänvaivaa, sillä kohteessa oli kaksi erilaista ulkoseinätyyppiä. Oletusarvoksi piti siis valita näistä toinen ja muokata piirustuksen luotuihin tilarajoihin yksi kerrallaan ne seinät, jotka olivat erilaisia.

6.6 Tilojen määrittäminen

Piirretty rakennus jaettiin tiloihin käyttäen tila-työkaluriviltä löytyvää Määritä tila-painiketta (kuva 9). Tilat piirrettiin sisäseinien mukaan huonekohtaisesti.



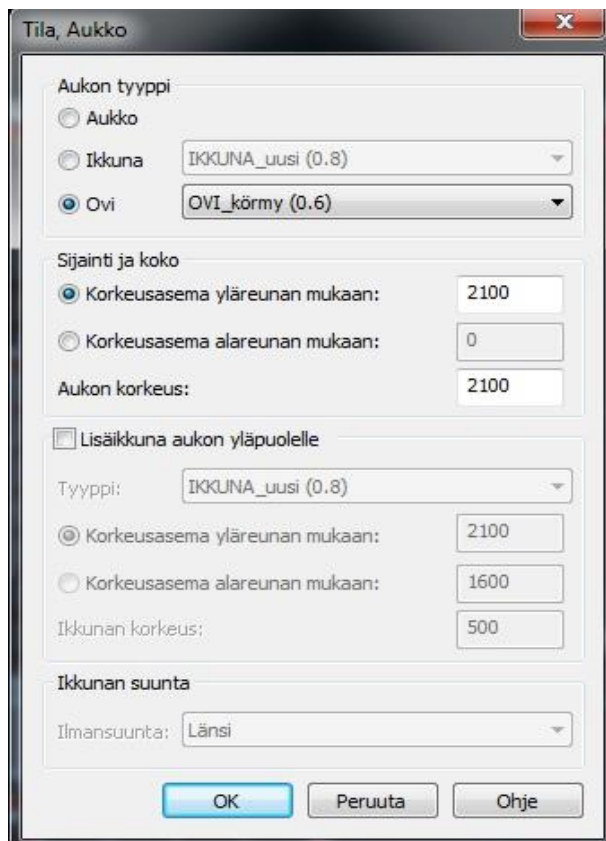
Kuva 37. Tila palkin tilanmäärittäminen.

6.7 Aukkojen määrittäminen tilaan

Ikkunoiden ja ovien kohdat määritettiin tiloihin lisäämällä tilaan aukko (kuva 10). Ensiksi valittiin aukon alku- ja loppupiste, jonka jälkeen aukon muokkausvalikko (kuva 11).



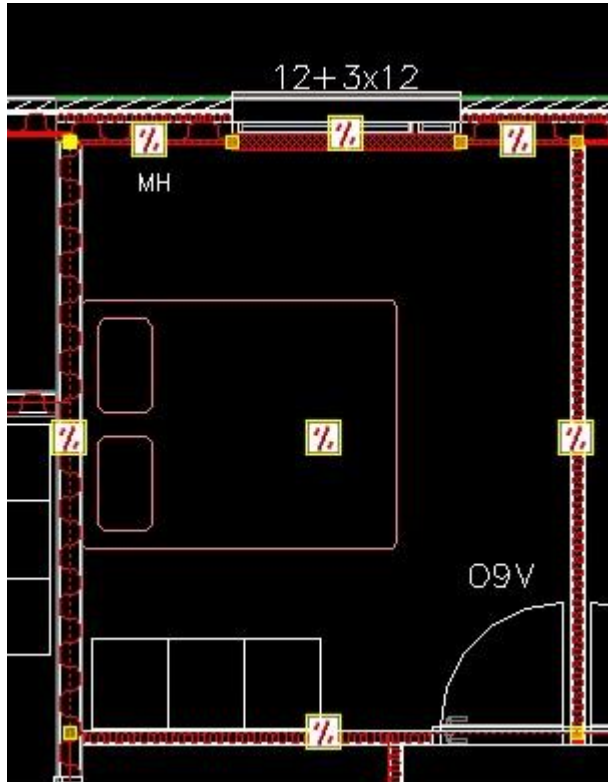
Kuva 38. Aukon lisäys tilaan.



Kuva 39. Aukon määrittäminen.

6.8 Tilatietojen muokkaus

Kun huoneelle oli määritetty tila, tilatietoja päästiin muokkaamaan painamalla luotua tilarajaa. Tilarajan ollessa aktiivinen, ilmestyi tilaan prosentti merkkejä (kuva 12). Tämän jälkeen voitiin muokata haluttua tilarajan seinää klikkaamalla sen prosenttimerkkiä, tai koko tilan tietoja keskellä olevasta merkistä.



Kuva 40. Luotu tila aktiivisena.

Tilarajan seinän tietoja muokattaessa voitiin valita ulkoseinätyyppi. Jos kyseinen tilaraja ei ollut ulkoseinä, valittiin ylhäältä pelkkä reunalinja, jolloin kyseiselle tilanreunalle ei määritetty u-arvoa. Ohjelma mahdollisti myös poikkeavan ulkolämpötilan valinnan, mikäli viereinen tila olisi esimerkiksi puolilämmin tila (kuva 13).

Kuva 41. Tilan seinän tiedot.

6.9 Tilatietojen hyödyntäminen energialaskelmassa

Kun koko rakennus oli jaettu tiloihin, ja tiloihin oli syötetty kohteen tiedot voitiin siirtyä seuraavaan vaiheeseen. Tilatiedot siirrettiin projektitietoihin (kuva 14).



Kuva 42. Tilatietojen siirto projektitietoihin.

Ongelmaksi osoittautuivat lämpöhäviölisätiedot, joita ilman ohjelma ei ymmärtänyt siirtää tilatietoja projektitietoihin. Kun yritimme lisätä tilan tietoja projektitietoihin, ohjelma ilmoitti: "Kuvasta ei löytynyt tilaryhmiä tai yhdellekään tilaryhmälle ei ole määritetty lämpöhäviölisätietoja." Aluksi syötimme kaikki rakennuksen johtumistiedot käsin Cads Planner:in energianlaskennan johtumistietoihin. Tämä tapahtui lisäämällä yksi rakenneosa kerrallaan, ja antamalla sille pinta-ala, u-arvo ja sisälämpötila. Satuimme kuitenkin löytämään lämpöhäviölisätiedot sattumalta, kun olimme tarkastelemassa tilatietoja tilan keskellä olevasta prosenttimerkistä. Tilan tietoihin täytyi laittaa valinta lämpöhäviölisätiedot kohtaan, ja määrittää kohteen sisälämpötila (kuva 15).

The dialog box contains the following information:

- Tilan korko ja korkeus (mm):** Lattiakorko: 0 mm; Tasakorkuinen, korkeus: 2500 mm; Muuttuvakorkuinen: Määritä muuttuva ylätaso...
- Tilan yläpohja:** YP_körmy (Ulkoilmaa vasten; 348.2; 0.129); Poikkeava lämpötila rakenteen takana: 0 °C; Pintamateriaali/-käsittely: Tilan alasta poikkeava pinta-ala: 0; Kattoikkunoita: 0 m²; KI1 (1.0)
- Tilan alapohja:** AP_körmy (Maanvarainen; 0.317); Poikkeava lämpötila rakenteen takana: 0 °C; Pintamateriaali/-käsittely: Tilan alasta poikkeava pinta-ala: 0
- PIIRI = 14396 mm**
- 1. SEINÄLINJA, ULKOSEINÄ:** Pituus 3325 mm; Paksuus 296 mm; Alkukorkeus 2500 mm ja loppukorkeus 2500 mm; Bruttoala 8.5 m²; Materiaali/käsittely: U-arvo 0.257 W/(m²K); Ulkolämpötila -32 °C
- SEINÄLINJAN AUKOT:** Ikkuna 1500x1200 mm²; Yläreunan korko 2100, U-arvo 1 W/(m²K); Seinän nettoala 6.5 m²
- 2. SEINÄLINJA, VÄLISEINÄ:** Pituus 3874 mm; Paksuus 92 mm; Alkukorkeus 2500 mm ja loppukorkeus 2500 mm
- Lämpöhäviölisätiedot:** Lämpöhäviölisätiedot
- Sisälämpötila:** 21 °C; Tuloilma: 0 l/s
- Tulolämpötila:** TI_2 (19)
- Lämmitin-/jäähdytinteho:** 0 W
- Vuotoilma, kerroin:** VI_1 (1)
- Lämpöhäviökerroin:** 1; Lämpöhäviö: 337 W

Kuva 43. Lämpöhäviölisätiedot.

Kun lämpöhäviölisätiedot oli saatu määritettyä kohteen kaikille tiloille, voitiin tilatiedot siirtää uudestaan projektitietoihin (kuva 14). Tällä kertaa ohjelma ei enää valittanut tietojen puuttumisesta. Kun tilatiedot oli saatu siirrettyä projektitietoihin, voitiin aloittaa energianlaskenta (kuva 16).



Kuva 44. Energialaskenta.

7 Energialaskenta

Energialaskentaan siirrytään Energialaskenta-painikkeella, jolloin ohjelma avaa dialogikäyttöliittymän. Käyttöliittymä on jaettu välilehtiin, jotka on nimetty aihealueittain:

- Yleistiedot
- Perustiedot
- Johtuminen
- Vuotoilma
- Lämmitysjärjestelmä
- Käyttövesi
- Ilmanvaihto
- Laitesähkö
- Lämpökuorma
- Jäähdytys
- Yhteenveto, selvitys
- Yhteenveto, todistus

Energialaskenta Cads Planner -ohjelmalla perustuu Suomen rakentamismääräyskokoelman kohdan D5 kuukausitason laskentamenetelmään. Rakennusten energiatehokkuutta koskevat määräykset ja niiden vaatimusten täyttymiseen käytetään rakentamismääräyskokoelman osan D3 arvoja. Laskennassa voidaan

kuitenkin käyttää tarkempia arvoja mikäli mahdollista. Tarkemmat tiedot voidaan tuoda projektista, mikäli ne ovat sinne aikaisemmin syötetty.(5)

7.1 Yleistiedot ja perustiedot

Yleistiedot välilehdelle annettiin yleistietoja rakennuksesta, todistuksesta ja energiaselvityksestä, nämä arvot eivät vaikuttaneet laskentaan. Perustiedot välilehdellä ohjelmaan annettiin laskennassa tarvittavat: rakennuksen alat ja tilavuudet, käyttötarkoitus, sekä lämmöntuottotapa ja käytettävä säävyöhyke. Rakennuksen alat ja tilavuudet saatiin tuotua suoraan projektista, lämmöntuottotapana kohteessa on sähkölämmitys ja säävyöhyke on vyöhyke III. Laskentaa ei voi suorittaa ilman kaikkia perustiedot välilehden arvoja.

7.2 Johtuminen ja vuotoilma

Tuotuja tilatietoja pystyttiin hyödyntämään energianlaskentaa tehtäessä siten, että johtuminen välilehdellä olevat rakenteelliset johtumistiedot voitiin tuoda laskentaan painamalla tuo johtumistiedot projektitiedoista (Kuva 45). Samaten vuotoilma -välilehden määritetyt vuotoilmatiedot saatiin tuotua suoraan projektitiedoista.

Laskennan lähtötiedot

Ilmanvaihto
 Laitesähkö
 Lämpökuorma
 Jäähdytys
 Yhteenveto, selvitys
 Yhteenveto, todistus
 Yleistiedot
 Perustiedot
 Johtuminen
 Vuotoilma
 Lämmitysjärjestelmä
 Käyttövesi

Määritetyt johtumistiedot

Tyyppi	Ala	U-arvo	Ts/Tupoik	Maalaji
APm	148	0.303	21	1
IKka	2.34	0.8	21	
IKko	9	0.8	21	
IKlo	6.76	0.8	21	
IKlu	2.82	0.8	21	
OVI	5.25	1	21	
OVI	8.4	0.6	21	
US	125	0.197	21	
US	48.44	0.246	21	
YP	148	0.093	21	

Lisää johtumistieto...
 Kopioi
 Poista
 Muokkaa...
 Tuo johtumistiedot projektitiedoista

Qrakosa: 13324 kWh/a
Qjohtuminen: 14658 kWh/a

Määritetyt kylmäsilat

Laskettava kohde on olemassa oleva rakennus.
Qkylmäsilat arvona käytetään 10% Qrakosa-arvosta.

Tyyppi	Pituus	Kond.	Materiaali
Yläpohja/seinä	59.6	0.08	Betoni, maata vasten, P...
Ikkuna-/oviliitos	102	0.04	Puu
Sisänurkka	8.4	-0.04	Puu
Ulkonurkka	18.1	0.04	Puu
Yläpohja/seinä	59.6	0.05	Puu/Puu

Lisää kylmäsilta...
 Kopioi
 Poista
 Muokkaa...
 Tuo kylmäsilat projektitiedoista

Qkylmäsilat: 1334 kWh/a

Kuva 45. Johtumistiedot.

7.3 Lämmitysjärjestelmä

Kohde kuuluu käyttötarkoitukseluokkaan 1, erilliset pientalot sekä rivi- ja ketjutalot. Kohteessa on huonekohtainen sähkölämmitys jonka lisäksi kohteen lisälämmöntuotto tapahtuu kahdella tulisijalla ja yhdellä ilmalämpöpumpulla, tulisijojen tuotto on yhteensä 4000 kWh/vuosi ja lämpöpumpun 1000 kWh/vuosi. Käyttöveden kulutus laskettiin pinta-alan mukaan, sillä kohteessa ei ollut huonekohtaisia vesimittareita.

7.4 Ilmanvaihto

Kiinteistössä on painovoimainen ilmanvaihto ja tällöin ei voida valita laskentaa D3-taulukkoarvojen mukaan (kuva 18). Ilmanvaihtokoneelle määritettiin qv,poisto arvon ohjelma toi automaattisesti, tämä on D3 taulukon mukainen arvo. LTO vuosihyötysuhde, nt ja Ppuh arvoiksi annettiin nolla (kuva 19). Tällöin tuloilman lämmitystä ei ole ja kaikki lämmitys tapahtuu tilassa, Qiv korvausilma. Ilmanvaihdon sähkönkulutusta, $W_{\text{ilmanvaihto}}$ ei ole, kun Ppuh arvo on nolla ja lämmitysmuoto on lämmitysjärjestelmä.

IV-kone	qv, poisto	qv, tulo	td	tv	dTpuh	na/nt	Tsp	Tsisä	Ppuh	Jäät.	SFP	Ala	LJ	kpl
TK1	0.11	0.11	24	7	0.5	0.45/0.6	18	21	0.1		0.9	274	0	1

E-luvun laskenta D3-taulukkoarvojen mukaan

Sisälämpötila, Ts: °C Ilmämäärät koneittain D3-taulukkoarvoilla koneen vaikutusalan mukaan.
 Käyntiaikasuhde, td: h/24h Kokonaisilmamäärä, tulo/poisto (m³/s): 0.11/0.11
 Käyntiaikasuhde, tv: vrk/7vrk

Qlämmitys,iv,lämmitysjärjestelmä: 0 kWh/a Qlämmitys,iv,sähkö: 5926 kWh/a
 Qiv,tuloilma: 3459 kWh/a Wiv,muut: kWh/a
 Qiv,korvausilma: 0 kWh/a Wilmanvaihto: 6802 kWh/a

Kuva 18. Ilmanvaihto-välilehti.

Ilmanvaihtokone, muokkaa

IV-koneen tiedot

IV-kone: Samanlaisten IV-koneiden lukumäärä:

Vaikutusala: m² (100 % nettoalasta)

qv, poisto: m³/s dTpuhallin:

qv, tulo: m³/s LTO vuosihyötysuhde (0...1), na: Ei LTO-vaatimusta

td: h/24h (todellinen käyttöaika) nt:

tv: vrk/7vrk Tsp: °C

Puhaltimen tai IV-koneen sähköteho tehonsäätölaitteineen, Ppuh: kW

Jäätymisen esto: °C Tsisä: °C

Lämmitysmuoto:

SFP: kW/(m³/s)

Kuva 19. Uuden ilmanvaihtokoneen määrittäminen.

7.5 Valaistus

Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen ohjelma laskee automaattisesti rakennuksen nettoalan mukaan, lasketaan ohjelma käyttää rakentamismääräyskokoelman osan D5 taulukon 7.1 arvoja (kuva 14). Valaistuksen sähköenergiankulutukseksi $W_{\text{valaistus}}$ ohjelma laskee 1037 kWh/a. Sama tulos saadaan siis laskemalla valaistuksen sähköenergian kulutus D5:n taulukon 7.1 arvolla, 7 kWh/brm²/a rakennuksen, nettopinta-ala brm² on 148 m² ja näiden tulo on siis valaistuksen sähköenergiankulutus (kaava 1).

$$W_{\text{valaistus}} = 148 \text{ brm}^2 * 7 \text{ kWh/brm}^2/\text{a} \quad (1)$$

$$W_{\text{valaistus}} = 1037 \text{ kwh/a}$$

Laskennassa voidaan käyttää taulukossa 7.1 esitettyjä rakennustyyppikohtaisia ominaissähköenergiankulutuksen arvoja, mikäli rakennuksen pinta-alan lisäksi tarkempia tietoja ei ole käytettävissä. Rakennuksen laitteiden sähköenergiankulutus lasketaan ominaissähköenergiankulutuksen ja bruttopinta-alan tulona.

Taulukko 7.1. Rakennuksen laitteiden ominaissähköenergiankulutusarvoja rakennustyypeittäin.

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

Kuva 14. Rakennusten ominaissähköenergiankulutuksia [5 s.33]

Vertailun vuoksi valaistuksen ja muiden laitteiden sähkön kulutus laskettiin myös käsin. Valaistuksen sähköenergian laskemiseen käytettiin D5 kaavaa (2)

$$W_{valaistus} = \sum P_{valaistus} A_{huone} \Delta t f / 1000 \quad (2)$$

jossa,

$W_{valaistus}$ = valaistuksen sähkönkulutus, kWh

$P_{valaistus}$ = valaistavan tilan valaistuksen kokonaissähköteho huonepinta-alaa kohti, W/hum²

A_{huone} = valaistavan tilan huonepinta-ala, hum²

Δt = valaistuksen käyttöaika (taulukosta 6), h

f = valaistuksen ohjaustavasta riippuvia ohjauskertoimia:

- läsnäolotunnistin ja päivänvalosäädin 0,70
- päivänvalosäädin 0,80
- läsnäolotunnistin 0,75
- huonekohtainen kytkin 0,90
- huonekohtainen kytkin, erillinen ikkunaseinälle 0,90
- keskitetty päälle / pois 1,00

Laskennassa käytettiin valaistavan tilan valaistuksen kokonaissähkötehona huonepinta-alaa kohti $P_{valaistus}$, 15 W/hum², D5 ohjeen mukaisesti, $P_{valaistus}$ arvilla 15 W/hum² tulokseksi saatiin 1099kWh/vuosi, jolloin valaistusvoimakkuus E on 336 luksia.

$P_{valaistus}$ arvo voidaan myös laskea käsin D5:n ohjeiden (kaava 3) mukaisesti,

$$P_{valaistus} = \frac{1}{\beta \eta \eta_{\phi}} E \quad (3)$$

jossa,

$P_{valaistus}$ = valaistavan tilan valaistuksen kokonaissähköteho huonepinta-alaa kohti, W/hum²

β = valaistuksen alenemakerroin:

- puhdas ympäristö 0,70
- keskinkertainen ympäristö 0,60
- likainen ympäristö 0,50

η = valaistushyötysuhde:

- suora valaistus 0,40
- yhdistetty suora-epäsuora valaistus
- epäsuora valaistus

η_{ϕ} = lamppujen valotehokkuus (Kuva 15), lm/W

E = tilan i valaistusvoimakkuus, lx.

Valaistusvoimakkuutena E käytettiin 336 lx ja lamppujen valotehokkuutena η_{ϕ} kuvan 15 lampputyypin tyypillisiä arvoja. Tulokseksi esimerkiksi loistelampulle saatiin 1099 kWh/vuosi, joka on sama kuin taulukkoarvolla laskettuna, sekä pienloisteputkilampulle 1758 kWh/vuosi. Mikäli kohteen valaistusta ei ole toteutettu loisteputkilla kannattaa valaistuksen sähkönkulutuksen $W_{valaistus}$ laskentaan siis käyttää rakentamismääräyskokoelman osan D5 taulukon 7.1 arvoja, jolloin sähkönkulutus on pienempi.

Lampputyyppe	Valotehokkuus, η_{Φ} lm / W		Teho, $P_{\text{valaistus}}$ W/hum ²			
	Tyypillinen arvo	Vaihtelu- väli	Valaistusvoimakkuus			
			100 lx	300 lx	500 lx	1000 lx
Hehkulamppu	10	8-12	36	107	179	357
Halogeenilamppu	12	10-24	30	89	149	298
Pienloistelamppu	50	50-85	7,1	21	36	71
Loistelamppu	80	50-100	4,5	13	22	45

Kuva 15. Tyypillisiä valotehokkuuksia lampputyypeittäin [5 s.35]

7.6 Kuluttajalaitteet

Muiden laitteiden sähkönkulutus taulukkoarvoilla laskettuna on 5 328 kWh/vuosi, mutta Cads planner antaa kuluttaja laitteiden sähkönkulutukseksi vain 2 334 kWh/vuosi. Mikäli kuluttajalaitteiden sähkönkulutus lasketaan suoraan D5 taulukkoarvoilla, kokonaiskulutukseksi saadaan 2 487 kWh/vuosi.

7.7 Lämpökuorma ja jäähdytys

Lämpökuorma laskettiin kohteelle rakentamismääräyskokoelman D3 taulukkoarvojen mukaisesti, lämpökuorman laskemisessa tarvittavat tiedot ohjelma hakee automaattisesti. Jäähdytystä kiinteistössä ei ole.

7.8 Todistus

Kiinteistölle saatiin E-luvuksi 262 ja energiatehokkuusluokaksi E (liite 7). Tästä energiatehokkuusluokasta lähdettiin E-lukua parantamaan, kumpikin omissa opinnäytetöissään.

8 Pohdinta

Energiatodistuksen laadinta Cads planner -ohjelmalla on hyvin helppoa ja nopeaa, jos rakennuksen kuvat on laadittu Cads planner -ohjelmalla. Ohjelmalla laskenta on nopeampaa ja kätevämpää kuin käsin laskenta, mutta tähän tarkoi-

tukseen löytyy myös ilmaisia sovelluksia, joita kannattaa käyttää hyödyksi. Cads planner on hyödyllinen työkalu rakennekuvien laadintaan ja ohjelmalla saadaan laadittua energiatodistus ja selvitys vaivattomasti samasta ohjelmasta.

Sähköenergian kulutukset laskettiin myös käsin. Kyseessä on pientalo ja käytimme energiatodistuksessa ohjelman antamia sähköenergiankulutuksia, koska ohjelman laskema sähköenergian kulutus oli pienempi.

9 Lähteet

8. Autocad [Viitattu 15.5.2014] Saatavissa:
<http://www.autodesk.fi/products/autodesk-autocad/overview>
9. Kyndata Oy [Viitattu 15.5.2014] Saatavissa:
<http://www.cads.fi/fi/Yhteys/Tietoa%20yrityksest%C3%A4/>
10. Building smart Finland [Viitattu 15.5.2014] Saatavissa:
<http://www.buildingsmart.fi/5>
11. Ympäristöministeriö Energiatodistusopas julkaistu 27.09.2013 | sivuja: 34
[Viitattu 14.5.2014] Saatavissa:
<http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B2F479B50-D83D-4A2C-B726-749FBCF5F7CD%7D/91388>
12. Rakentamismääräyskokoelma osa D5 (2007), Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta julkaistu 19.06.2007 | sivuja: 34 [Viitattu 23.5.2014] Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/normit/29520-D5-190607-suomi.pdf>

ENERGIATODISTUS









Rakennuksen nimi ja osoite:

Rakennustunnus:

Rakennuksen valmistumisvuosi: 1990

Rakennuksen käyttötarkoitusluokka: 1 Erilliset pientalot sekä rivi- ja ketjutalot (Pientalo)

Todistustunnus:

	Energiatehokkuusluokka
A 	
B 	
C 	
D 	
E 	
F 	
G 	

Uudisrakennusten määräystaso 2012

Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus (E-luku)

262 kWh_e/(m²vuosi)

Todistuksen laatija:

Eemeli Vartiainen, Olli Vainikainen

Yritys:

Allekirjoitus:

Todistuksen laatimispäivä:

22.05.2014

Viimeinen voimassaolopäivä:

Todistus ei voimassa

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDESTA

Laskettu kokonaisenergiankulutus ja ostoenergiankulutus

Lämmitetty nettoala **148 m²**
 Lämmitysjärjestelmän kuvaus
 Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus

Käytettävä energiamuoto	Laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energia
	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)		
Sähkö	20834	140.8	1.7	239.3
Uusiutuva polttoaine	6667	45	0.5	22.5
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	3371	22.8		
Kokonaisenergiankulutus (E-luku)				262

Rakennuksen energiatehokkuusluokka

Käytetty E-luvun luokitteluasteikko

Luokkien rajat asteikolla

A (<=80)	B (<=127)	C (<=164)
D (<=244)	E (<=374)	F (<=444)
G (>444)		

Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka

E

E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertoimiin. Kulutus on laskettu standardikäyttöä lämmitettyä nettoalaa kohti. Jolloin eri rakennusten E-luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. E-lukuun sisältyy rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutus. Rakennuksen ulkopuoliset kulutukset kuten autolämmityspistokkeet, sulanapolttoammitukset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.

ENERGIATEHOKKUUTTA PARANTAVAT TOIMENPITEET

Keskeiset suositukset rakennuksen energiatehokkuutta parantaviksi toimenpiteiksi

Tämä osio ei koske uudisrakennuksia

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT					
Rakennuskohde					
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	1 Erilliset pientalot sekä rivi- ja ketjutalot (Pientalo)				
Rakennuksen valmistumisvuosi	1990	Lämmitetty nettoala	148	m ²	
Rakennusvaippa					
Ilmanvuotoluku q50	4.07	m ³ /(h·m ²)			
	A	U	UxA	Osuus lämpöhäviöistä	
	m ²	W/(m ² K)	WK	%	
Ulkoseinät	0	0	0	0	
Yläpohja	166	0.13	21	24.1	
Alapohja	166	0.32	53	60.9	
Ikkunat	0	0	0	0	
Ulkiovet	0	0	0	0	
Kylmäsiilat	-	-	13	14.9	
Ikkunat ilmansuunnittain					
	A	U	gkohtisuora		
	m ²	W/(m ² K)	-		
Pohjoinen					
Kotilinen					
itä					
Kaakko					
Etelä					
Lounas					
Länsi					
Luode					
Ilmanvaihtojärjestelmä					
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:					
	Ilmavirta tulo/osto (m ³ /s)/(m ³ /s)	Järjestelmän SFP-luku kW/(m ³ /s)	LTO:n lämpötilasuhte	Jäähyminenesto °C	Lukumäärä kpl
TK1	0/0.066	0	0		1
Ilmanvaihtojärjestelmä	0/0	0			
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde: 0%					
Lämmitysjärjestelmä					
Lämmitysjärjestelmän kuvaus:					
	Tuoton hyötysuhde	Jaon ja luovutuksen hyötysuhde	Lämpökerroin (1)	Apulaitteiden sähkönkäyttö (2) kWh/(m ² vuosi)	
Lattialämmitys (9m ²)	1	0.85	-	0.5	
patentti (139m ²)	1	0.95	-	0.5	
LKV:n valmistus	1	0.75	-	-	
1) Vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle 2) lämpöpumppujärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökerroin					
	Määrä kpl	Tuotio kWh			
Varaava tulleja	2	4000			
Ilmalämpöpumppu	1	1000			
Jäähdytysjärjestelmä					
Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin					
Jäähdytysjärjestelmä	-				
Lämmin käyttövesi					
	Ominaiskulutus dm ³ /(m ² vuosi)	Lämmitysenergian nettotarve kWh/(m ² vuosi)			
Lämmin käyttövesi	489.19	28.53			
Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla					
	Käyttöaste	W/m ²			
Henkilöt	0.6	2			
Kuluttajalaitteet	0.6	3			
Valaistus	0.1	8			

E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttökäytösuokkia	1 Erilliset pientalot sekä riv- ja ketjutalot (Pientalo)			
Rakennuksen valmistusvuosi	1990			
Lämmitetty nettoala, m ²	148			
E-luku, kWh _e /(m ² vuosi)	262			
E-luvun erittely				
Käytettävät energiamuodot	Laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon kerroin -	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus kWh _e /vuosi kWh _e /(m ² vuosi)	
Sähkö	20834	1.7	35418	239.3
Uusiutuva polttoaine	6667	0.5	3334	22.5
YHTEENSÄ	27501		38751	262
Uusiutuva omavaraisenergia, hyödyksikäytetty osuus				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Lämpöpumpun lämmönlähteestä otama energia		1000	6.76	
Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus				
		Sähkö kWh/(m ² vuosi)	Lämpö kWh/(m ² vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m ² vuosi)
Lämmitysjärjestelmä				
Tilojen lämmitys (1)		0.5	75.39	-
Tulolman lämmitys		0	0	-
Lämpimän käyttöveden valmistus		0	38.05	-
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus		0	-	-
Jäähdytysjärjestelmä		0	-	0.0
Kuluttajalaitteet ja valaistus		22.78	-	-
YHTEENSÄ		23.28	113.44	0.0
1) Ilmanvaihdon tulolman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen				
Energian nettotarve				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Tilojen lämmitys (2)		14299	96.61	
Ilmanvaihdon lämmitys (3)		0	0	
Lämpimän käyttöveden valmistus		4223	28.53	
Jäähdytys		0	0	
2) sisältää vuotolman, korvausilman ja tulolman lämpenemisen tilassa 3) laskettu lämmönlähteenoton kanssa				
Lämpökuormat				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Aurinko		0	0	
Henkilöt		1556	10.5	
Kuluttajalaitteet		2334	15.8	
Valaistus		1037	7	
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöistä		0	0	
Laskentatyökalun nimi ja versionumero				
Laskentatyökalun nimi ja versionumero	CADS Planner 16.1			

TOTEUTUNUT ENERGIANKULUTUS

Saatavilla olevat ostoenergiämäärät ilmoitetaan sellaisenaan ilman lämmöntarvelukkorajusta

Toteutunut ostoenergiankulutus

Lämmitetty nettoala, m ²	148				
Ostettu energia				kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)
Kaukoämpö					
Kokonais sähkö					
Kintelsähkö					
Käyttäjäsähkö					
Kaukojäähdytys					
Ostetut polttoaineet (1)	Polttoaineen määrä vuodessa	Yksikkö	Muunnoskerroin kWh:ksi	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)
Kevyt polttoöljy		litra	10		
Pilkkeet (havu- ja sekapuu)		pino-m ³	1300		
Pilkkeet (koivu)		pino-m ³	1700		
Puupeleett		kg	4.7		
Sähkö yhteensä					
Kaukoämpö yhteensä					
Polttoaineet yhteensä					
Kaukojäähdytys					
YHTEENSÄ					

1) Sisältyvät ostettujen polttoainemäärien arvioinnista (yksikköä vuodessa) tulee esittää kohdassa "Lisämärkintä"

Toteutunut energiankulutus riippuu mm. rakennuksen käyttäjien lukumäärästä ja käyttötottumuksista, käyttöajoista, sisäisistä kuormista, rakennuksen sijainnista ja vuotuisista säätöolosuhteista. Laskennallisessa tarkastelussa nämä asiat on vakioitu. Taulukossa ilmoitetut luvut saattavat sisällyttää kulutusta, joka ei sisälly laskennalliseen ostoenergiankulutukseen. Taulukosta voi myös puuttua energiankulutuksia, joiden kulutusluokka ei ollut saatavilla todistusta laadittaessa. Näiden syiden vuoksi toteutunut ostoenergiankulutus ei ole verratavissa laskennalliseen ostoenergian kulutukseen.

TOIMENPIDE-EHDOTUKSET ENERGIAEHDOKKUUDEN PARANTAMISEKSI

Tämä osio ei koske uudisrakennuksia

Huomiot - ulkoseinät, ulko-ovet ja ikkunat

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

1				
2				
3				
	Lämpö, ostoenergian säästö	Sähkö, ostoenergian säästö	Jäähdytys, ostoenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh _E /(m ² vuosi)
1				
2				
3				

Huomiot - ylä- ja alapohja

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

1				
2				
3				
	Lämpö, ostoenergian säästö	Sähkö, ostoenergian säästö	Jäähdytys, ostoenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh _E /(m ² vuosi)
1				
2				
3				

Huomiot - tilojen ja käyttöveden lämmitysjärjestelmät

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

1				
2				
3				
	Lämpö, ostoenergian säästö	Sähkö, ostoenergian säästö	Jäähdytys, ostoenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh _E /(m ² vuosi)
1				
2				
3				

Huomiot - ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmät**Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt**

1				
2				
3				
	Lämpö, ostoenergian säästö	Sähkö, ostoenergian säästö	Jäähdytys, ostoenergian säästö	E-luvun muutos
	KWh/vuosi	KWh/vuosi	KWh/vuosi	KWh _{EQ} /(m ² vuosi)
1				
2				
3				

Huomiot - valaistus, jäähdytysjärjestelmät, sähköiset erillislämmitykset ja muut järjestelmät**Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt**

1				
2				
3				
	Lämpö, ostoenergian säästö	Sähkö, ostoenergian säästö	Jäähdytys, ostoenergian säästö	E-luvun muutos
	KWh/vuosi	KWh/vuosi	KWh/vuosi	KWh _{EQ} /(m ² vuosi)
1				
2				
3				

Suosituksia rakennuksen käyttöön ja ylläpitoon**Lisätietoja energiatehokkuudesta**

Motva Oy - Asiantuntija energian ja materiaalien tehokkaassa käytössä, www.motva.fi

LISÄMERKINTÖJÄ