

Leena Hänninen

Valmistalon E-luvun optimointi kustannuste- hokkaasti

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennesuunnittelu

Insinööriytyö

09.4.2019

Tekijä Otsikko	Leena Hänninen Valmistalon E-luvun optimointi kustannustehokkaasti
Sivumäärä Aika	24 sivua + 1 liitettä 09.4.2019
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Rakennesuunnittelu
Ohjaaja	Lehtori Aarne Seppänen (Metropolia AMK) Kehitysjohtaja Petri Hänninen (Vellamo Kiinteistöt Ky)
<p>Energiäkysymys on etenkin teollistuneessa maailmassa ajankohtainen. Energiaa kuluu tavallisessa arjessa kodin lämmitykseen, kodinkoneiden pyörittämiseen ja moottoroiduilla ajoneuvoilla liikkumiseen. Uusiutumattomien polttoaineiden huetessa on ryhdytty miettimään vaihtoehtoisia energianlähteitä sekä, miten energiankulutusta voidaan vähentää.</p> <p>Noin 25% kaikesta energian loppukäytöstä kuluu asuinrakennusten lämmitykseen. Tässä opinnäytetyössä tutkittiin eri rakenneratkaisujen vaikutusta tehdasvalmisteisen pienomakotitalon energiankulutukseen. Tavoitteena oli löytää kustannustehokas tapa rakentaa energiatehokas rakennus.</p> <p>Työ toteutettiin laskemalla valmiin rakennuksen E-luku laskentaohjelmaa apuna käyttäen. Sen jälkeen rakenneosia muutettiin osa kerrallaan ja laskettiin E-luku uudelleen. Rakennemuutokselle laskettiin kokonaishinta nettikauppojen ilmoitetuilla hinnoilla, ja tästä kokonaishinnasta laskettiin "yksikköhinta" E-luvulle.</p> <p>Työssä ei käsitellä rakennemuutosten mahdollisesti aiheuttamaa muutosta rakennuksen tekniseen toimivuuteen.</p> <p>Työn lopputuloksena saatiin suuntaa-antavat hintatiedot kyseisen talomallin lisälämmöneristykselle ja selvitettiin, miten se kannattaa toteuttaa.</p>	
Avainsanat	E-luku, kustannustehokkuus, rakennemuutokset

Author Title Number of Pages Date	Leena Hänninen Finding a Cost-Effective Way to Build an Energy-Efficient Building 24 pages + 1 appendices 09 April 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Program	Civil Engineering
Specialisation option	Structural Engineering
Supervisor(s)	Aarne Seppänen, Lecturer Petri Hänninen, Development director (Vellamo Kiinteistöt Ky)
<p>The energy issue, especially in the industrialized world, is topical. Energy is consumed in everyday life for home heating, home appliances, and motorized vehicles. When non-renewable fuels dwindle, alternative energy sources have been considered and how energy consumption can be reduced</p> <p>About 25% of all energy end-use is spent on heating residential buildings. In this thesis, the impact of various structural solutions on the energy consumption of a prefabricated small house was studied. The goal was to find a cost-effective way to build an energy-efficient building.</p> <p>The work was implemented by calculating the E-factor of the building using a calculation program. Subsequently, the components were changed one by one and E-factor has counted again. The total price for the change in structure was calculated at the stated prices of the online stores, and the 'unit price' for the E-factor was calculated from this total price.</p> <p>The work does not deal with the possible change in the technical functioning of the building caused by structural changes.</p> <p>Because of the work, indicative price information was obtained for the additional heat insulation of the house model in question and was researched the best way to implement it.</p>	
Keywords	E-factor, cost-efficiency, changes in structure

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Tausta	1
1.2	Tavoite	2
1.3	Rajaus	2
1.4	Tutkimusmenetelmät	2
2	Energiatehokkuuden vaatimukset	4
3	E-luvun määrittäminen	6
3.1	Lähtötiedot	7
3.1.1	Lämmitetty nettoala	7
3.1.2	Ilmanvuotoluku	8
3.1.3	Rakennusvaipan pinta-ala	8
3.1.4	Rakennusvaipan lämmönläpäisykertoimet	9
3.1.5	Ilmanvaihtojärjestelmä	11
3.1.6	Lämmitysjärjestelmä	12
3.1.7	Sisäiset lämpökuormat	14
3.2	Tarkasteltavan kohteen E-luku	15
4	Vellamon tyypirakenne	16
4.1	Yläpohja	16
4.2	Ulkoseinä	16
4.3	Alapohja	17
4.4	Ikkunat ja ovet	17
5	Rakennemuutosten vaikutus E-lukuun	18
5.1	Seinärakenteen muutos	18
5.1.1	SPU-levyn lisääminen	18
5.1.2	70mm SPU-levyn korvaaminen 40mm levyllä	19
5.2	Kattorakenteen suoritusarvojen muuttaminen	19
5.2.1	Kattorakenteen paksuntaminen 40mm SPU-levyllä	19
5.2.2	100mm SPU-levyn korvaaminen 40mm levyllä.	20
5.3	Lattiarakenteen suoritusarvojen muuttaminen	20
6	Johtopäätökset	22

7 Yhteenveto

23

Lähteet

24

Lyhenteet

RakMK	Rakentamismääräyskokoelma
q_{50}	Ilmanvuotoluku ($m^3/(hm^2)$)
U	Lämmönläpäisykerroin ($W/(Km^2)$)
SFP	Ominaisähköteho ($kW/(m^2/s)$)

1 Johdanto

1.1 Tausta

Suomessa energiaa kulutetaan henkilöä kohden eniten Euroopan unionissa, johtuen teollisuuden korkeasta energiantarpeesta, korkeasta elintasosta, kylmästä ilmastosta ja pitkistä etäisyyksistä. Rakennusten lämmitykseen käytettävän energian osuus oli vuonna 2018 neljäsosa kaikesta energian loppukäytöstä [1]. On selvää, että nykyisenä energiansäästöön tähtäävänä aikakautena nimenomaan rakennusten lämmitystarpeen vähentäminen on suurennuslasin alla. Uudisrakentamisen energiatehokkuusvaatimuksia kiristetään yhtenäisen ja muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta kaikille uudisrakennuksille on lupavaiheessa laadittava energiaselvitys. Energiaselvitys sisältää seuraavat tarkastelut [2]:

- rakennuksen kokonaisenergiankulutus (E-luku)
- energialaskennan lähtötiedot ja tulokset
- kesäaikainen huonelämpötila ja tarvittaessa jäähdytysteho
- rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuus
- rakennuksen lämmitysteho mitoitustilanteessa
- rakennuksen energiatodistus

Tarkastelut suoritetaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D3 annettujen ohjeiden ja määräysten mukaan.

Energiatodistus on vertailun väline valmiille rakennuksille, ja se on laadittava myös olemassa oleville rakennuksille myynti- ja vuokraustilanteessa. Velvoite laatia energiatodistus koskee muutamaa laissa määriteltyä poikkeusta lukuun ottamatta kaikkia rakennuksia.

1.2 Tavoite

Tämä opinnäytetyö tehdään Seinäjoella toimivalle Vellamo-Kiinteistöt Ky:lle, joka on erikoistunut siirrettävien valmistalojen rakentamiseen. Työn tavoitteena on tutkia, miten rakenneosien eristevahvuuksien muuttaminen vaikuttaa rakennuksen kokonaisenergiankulutukseen. Tarkastelun alla on yleinen talomalli yrityksen mallistosta, mutta tulokset ovat sovellettavissa teoriassa mihin tahansa saman kategorian rakennukseen. Asuinrakennuksille määritetyt energiatehokkuuden vaatimukset pyritään toteuttamaan mahdollisimman kustannustehokkaasti.

1.3 Rajaus

Tarkasteltavalle kohteelle on suoritettu energialaskenta jo aiemmin, ja tätä laskentaa hyödynnetään tässä opinnäytetyössä. Eri rakenneosien pinta-alat, ilmanvaihtolaitteen suoritusarvot ja ikkunoiden tyyppitiedot on saatu olemassa olevista asiakirjoista, ja laskenta itsessään suoritetaan energiatodistusten laadinnassa käytettävän laskentaohjelman avulla. Laskentaohjelma on lainattu alalla toimivalta yritykseltä.

Työssä ei huomioida rakennemuutosten aiheuttamaa vaikutusta rakennuksen kosteustekniseen toimivuuteen, eikä oteta kantaa rakennemuutoksen täsmälliseen toteutukseen.

Kokonaisenergiankulutukseen vaikuttaa huomattavan moni muukin asia kuin lämmöneristys. Esimerkiksi ikkunoiden suoritusarvoja parantamalla, lämmitysmuotoa vaihtamalla, varaavalla takalla tai tehokkaammalla lämmöntalteenotolla saadaan energiankulutusta vähennettyä, mutta tässä työssä käsitellään ainoastaan lämmöneristystä.

1.4 Tutkimusmenetelmät

Tärkeimpänä työkaluna tässä opinnäytetyössä ovat rakennuksen energiatehokkuudesta annetut lait ja säädökset, jotka löytyvät rakentamismääräyskokoelmasta ja ympäristöministeriön internetsivuilta. E-luvun laskennassa esitetään vaihe vaiheelta ensin laissa määritellyt raja-arvot, ja sen jälkeen laskettavan kohteen vastaavat arvot.

Rakennemuutokset toteutetaan lisäämällä tai poistamalla lämmöneristettä eri rakennesista. Muutetulle osalle lasketaan käsin uusi lämmönläpäisykerroin, joka syötetään laskentaohjelmaan. Ohjelma laskee uuden E-luvun.

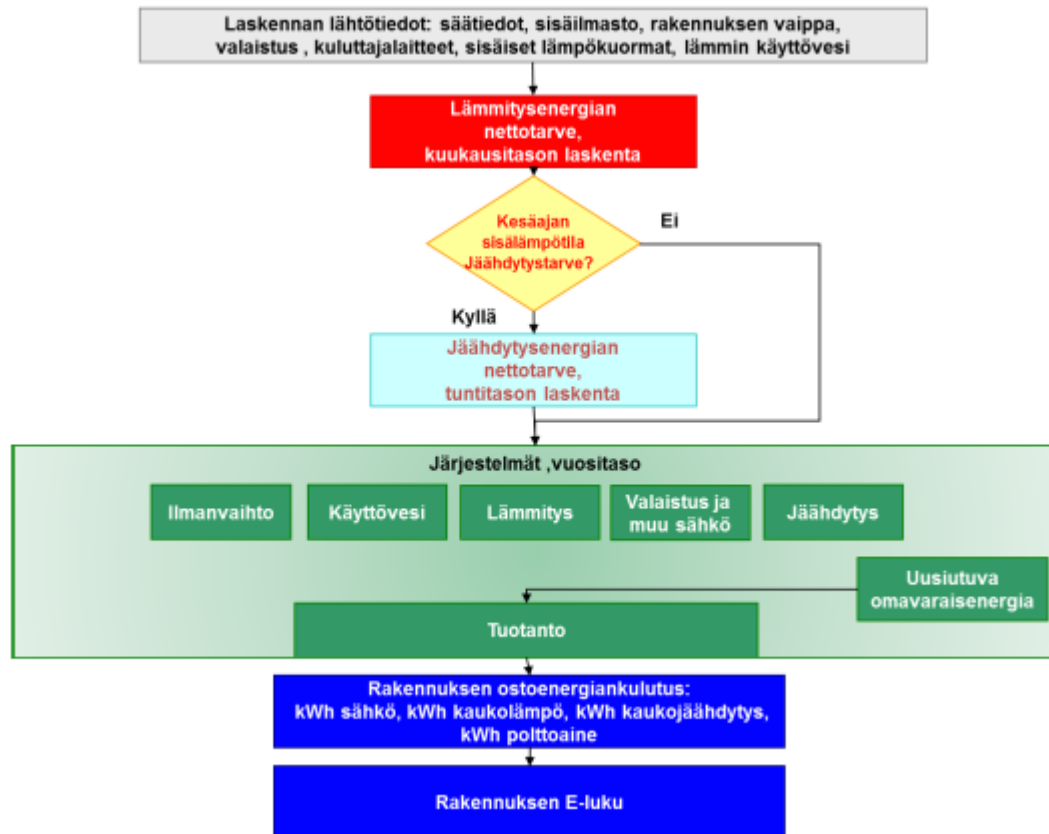
Ohjelma on Excel-pohjainen laskentaohjelma, joka on jaettu useisiin välilehtiin. Omille välilehdilleen syötetään kohteen lähtötiedot käsin tai vetovalikosta valitsemalla. Ohjelma sisältää runsaasti ohjeistusta energialaskennan eri vaiheisiin liittyen. Ohjelma on tarkoitettu kyseisen yrityksen sisäiseen käyttöön.

Hintavertailua tehdessä kilpailutetaan eri verkkokauppoja, ja johdonmukaisuuden säilyttämiseksi valitaan yksi potentiaalinen tavarantoimittaja. Vaadittava eristemäärä lasketaan ja haetaan verkkokaupan sivuilta tämän hetkiset hintatiedot tarvittavalle määrälle. Näin E-luvulle saadaan laskettua ”yksikköhinta”, joka toimii vertailun välineenä.

2 Energiatohokkuuden vaatimukset

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D3 määrätään, että kaikille rakennuksille on laskettava kokonaisenergiankulutusta kuvaava E-luku. E-luku on energiamuotojen kertoimilla painotettu rakennuksen vuotuinen ostoenergiankulutus rakennustyyppin standardikäytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden [2 s.8]. E-luvun laskennan vaiheet ja laskentaohjeet on esitetty rakentamismääräyskokoelman osassa D5. Kuva 1 esittää laskennan eri vaiheet. Ohjeissa esitettyä kuukausitason laskentamenetelmää voidaan käyttää lämmityksen energiatarpeen, ostoenergiankulutuksen, kokonaisenergiankulutuksen ja lämmitystehon laskentaan jäähdyttämättömissä rakennuksissa tai rakennuksissa, joissa on vain yksittäisiä jäähdytettäviä tiloja [4 s.3].

Rakennuksen energiatohokkuutta koskevien määräysten vaatimustenmukaisuuden osoittamisessa tulee käyttää rakentamismääräyskokoelman osassa D3 annettuja lähtöarvoja, laskentasääntöjä ja sen liitteessä 2 esitettyjä säätietoja sekä kohteen suunniteluarvoja. Muissa tarkasteluissa voidaan käyttää RakMK D5:ssä annettuja arvoja, jos muuta tietoa ei ole käytettävissä [4 s.3]



Kuva 1 RakMK D5 Energiankulutuksen laskennan vaiheet

E-luvun enimmäisarvot on määritelty rakennustyyppiokohtaisesti. Erillisten pientalojen enimmäisarvot on määritelty lämmitetyn nettoalan mukaan. E-luku ja sen laskennassa käytetyt lähtötiedot esitetään energiatodistuksessa. Taulukosta 1 selviää E-luvun enimmäisarvot rakennustyypeittäin.

Taulukko 1 E-luvun enimmäisarvot rakennustyypeittäin [2]

2.1.4

Uudisrakennuksen E-luku ei saa ylittää seuraavia arvoja:

Luokka 1	Erillinen pientalo, rivi- ja ketjutalo	Lämmitetty nettoala, A_{netto}	kWh/m ² vuodessa
	Pientalo	$A_{\text{netto}} < 120 \text{ m}^2$	204
		$120 \text{ m}^2 \leq A_{\text{netto}} \leq 150 \text{ m}^2$	$372 - 1,4 \cdot A_{\text{netto}}$
		$150 \text{ m}^2 \leq A_{\text{netto}} \leq 600 \text{ m}^2$	$173 - 0,07 \cdot A_{\text{netto}}$
		$A_{\text{netto}} > 600 \text{ m}^2$	130
	Hirsitalo	$A_{\text{netto}} < 120 \text{ m}^2$	229
		$120 \text{ m}^2 \leq A_{\text{netto}} \leq 150 \text{ m}^2$	$397 - 1,4 \cdot A_{\text{netto}}$
		$150 \text{ m}^2 \leq A_{\text{netto}} \leq 600 \text{ m}^2$	$198 - 0,07 \cdot A_{\text{netto}}$
		$A_{\text{netto}} > 600 \text{ m}^2$	155
	Rivi- ja ketjutalo		150
Luokka 2	Asuinkerrostalo		130
Luokka 3	Toimistorakennus		170
Luokka 4	Liikerakennus		240
Luokka 5	Majoitusliikerakennus		240
Luokka 6	Opetusrakennus ja päiväkot		170
Luokka 7	Liikuntahalli pois lukien uima- ja jäähalli		170
Luokka 8	Sairaala		450
Luokka 9	Muut rakennukset ja määräaika-		E-luku on laskettava, mutta sille ei ole asetettu vaatimusta

3 E-luvun määrittäminen

Rakennuksen energiatodistuksessa ilmoitettava kokonaisenergiankulutus eli E-luku lasketaan jokaiselle rakennukselle tai erikseen rakennuksen käyttötarkoitukseluokkien

mukaisille osille ympäristöministeriön asetuksen rakennusten energiatodistuksesta 7§:n mukaisesti [3 s.3]. E-luku määritetään laskemalla yhteen laskennallisen vuotuisen ostoenergian ja energiamuotojen kertoimien tulot energiamuodoittain lämmitettyä nettoalaa kohden [3 s.3]. Eri energiamuotojen kertoimet on esitetty alla kuvassa 3.

sähkö	1,7
kaukolämpö	0,7
kaukojäähdytys	0,4
fossiiliset polttoaineet	1,0
rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet	0,5

Kuva 2 Kertoimet eri energiamuodoille, YM säädös 176/2013 liite 1

Ympäristöministeriön säädöksen 176/2013 liitteessä 1 annetaan ohjeet kokonaisenergiankulutuksen eli E-luvun määrittämiseksi. Laskennassa käytettävät lähtötiedot selvitetään suunnitteilla olevan rakennuksen suunnitteluasiakirjoista. Mikäli lähtötiedot eivät ole suunnitelmista selvitettävissä, käytetään kyseisessä liitteessä annettuja lähtöarvoja. E-luvun laskennassa käytetään laskentatyökalua, joka täyttää lain määrittelemät edellytykset.

Tässä kappaleessa käydään läpi E-luvun laskentaa yleisellä tasolla, sekä tarkasteltavan esimerkkikohteen osalta. Kappaleessa 5 käydään tarkemmin läpi esimerkkikohteen rakenteita.

3.1 Lähtötiedot

E-luvun laskennassa käytetyt lähtötiedot kirjataan energiatodistuksen osana olevaan lähtötietotaulukkoon. Liitteessä 1 on esitetty kyseinen taulukko.

3.1.1 Lämmitetty nettoala

Lämmitetty nettoala on lämmitettyjen kerrostasoalojen summa kerrostasoja ympäröivien ulkoseinien sisäpintojen mukaan laskettuna [3 s.5]. Lämmitetty nettoala selvitetään suunnitelmista ja piirustuksista, tai mikäli olemassa olevan rakennuksen ajantaisia piirustuksia ei ole saatavilla, määritetään ala tarkastuksen yhteydessä riittävällä tarkkuudella arvioiden. Mikäli arviointikin osoittautuu vaikeasti toteutettavaksi, arvioi-

daan lämmitetyn nettoalan osuudeksi 90% rakennuksen bruttoalasta. Puolilämpimät tilat, kuten ullakko ja muut rakennuksessa olevat varastot käsitellään lämpiminä tiloina [3 s.5].

Tässä työssä tarkasteltavan rakennuksen lämmitetty nettoala on 95 m².

3.1.2 Ilmanvuotoluku

Ilmanvuotoluku q_{50} kuvaa rakennusvaipan keskimääräistä vuotoilmavirtaa tunnissa 50 Pa paine-erolla kokonaissämittojen mukaan laskettua rakennusvaipan pinta-alaa kohden [3 s.8]. Suunnitteilla olevalle rakennukselle ilmanvuotoluku määritetään suunnitteluvaiheessa laadittavan energiaselvityksen pohjalta. Olemassa olevan rakennuksen rakennusvaipan ilmanvuotoluku selvitetään mittaamalla, suunnitelmista tai ajantasaisista rakennuksen asiakirjoista [3 s.8]. Ilmanvuotoluvun raja-arvona uudiskohteille käytetään arvoa $q_{50} \leq 4,0$ (m³/(h m²)), mitä käytetään myös, mikäli luku ei ole muilla menetelmillä selvitettävissä.

Ilmanvuotoluku voi ylittää arvon 4 (m³/(h m²)), jos rakennuksen käytön vaatimat rakenteelliset ratkaisut huonontavat merkittävästi ilmanpitävyyttä [2 s.10].

Tarkasteltavan kohteen todennettu ilmanvuotoluku $q_{50}=0,2$

3.1.3 Rakennusvaipan pinta-ala

Rakennusosien pinta-alat lasketaan rakennussuunnitteluasiakirjoista rakennuksen kokonaissämittojen mukaan. Ala- ja yläpohjan pinta-alat lasketaan läpivientejä vähentämättä. Mahdollisten kattoikkunoiden pinta-ala vähennetään yläpohjan pinta-alasta. Ulkoseinien pinta-ala lasketaan alapohjan lattiapinnasta yläpohjan alapintaan ikkunoiden ja ovien aukkojen pinta-alat vähentäen [3 s.6]. Ikkunoiden ja ovien pinta-alat lasketaan karmirakenteen ulkomittojen mukaan.

Tarkasteltavan kohteen rakennusosien mitat esitetään taulukossa 2.

Taulukko 2 Rakennusosien alat ja U-arvot [6]

	A m ²	U W/(m ² K)	U×A W/K	Osuus lämpöhäviöistä %
Ulkoseinät	93,7	0,13	12,2	23 %
Yläpohja	95,0	0,05	4,8	9 %
Alapohja	95,0	0,09	8,6	16 %
Ikkunat	19,0	0,64	12,2	23 %
Ulko-ovet	6,5	0,80	5,2	10 %
Kylmäsiilat	-	-	9,1	18 %

3.1.4 Rakennusvaipan lämmönläpäisykertoimet

Rakenteiden lämmönläpäisykertoimet selvitetään uudisrakennukselle suunnitelmista [3 s.6]. Olemassa oleville rakennuksille lämmönläpäisykertoimet määritetään ajantasaisista piirustuksista ja asiakirjoista. Mikäli tarvittavia asiakirjoja ei ole saatavilla, käytetään laskennassa ympäristöministeriön säädöksen 176/2013 liitteessä 1 annetun taulukon mukaisia arvoja. Tämä taulukko on esitettyä kuvassa 4.

Taulukko 1. Rakenteiden lämmönläpäisykertoimet, W/m²K.

Rakennusosa	Rakennusluvun vireilletulovuosi								
	-1969	1969-	1976-	1978-	1985-	10/2003-	2008-	2010-	2012-
Lämpimät tilat									
Ulkoseinä	0,81	0,81	0,70	0,35	0,28	0,25	0,24	0,17	0,17
Maanvarainen alapohja	0,47	0,47	0,40	0,40	0,36	0,25	0,24	0,16	0,16
Ryömintätilainen alapohja	0,47	0,47	0,40	0,40	0,40	0,20	0,20	0,17	0,17
Ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,35	0,35	0,35	0,29	0,22	0,16	0,16	0,09	0,09
Yläpohja	0,47	0,47	0,35	0,29	0,22	0,16	0,15	0,09	0,09
Ovi	2,2	2,2	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,0	1,0
Ikkuna	2,8	2,8	2,1	2,1	2,1	1,4	1,4	1,0	1,0
Puolilämpimät tilat									
Ulkoseinä	0,81	0,81	0,70	0,60	0,45	0,40	0,38	0,26	0,26
Maanvarainen alapohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,36	0,34	0,24	0,24
Ryömintätilainen alapohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,40	0,30	0,28	0,26	0,26
Ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,30	0,28	0,14	0,14
Yläpohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,30	0,28	0,14	0,14
Ovi	2,2	2,2	2,0	2,0	2,0	1,8	1,8	1,4	1,4
Ikkuna	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	1,8	1,8	1,4	1,4

Kuva 3 Rakenteiden lämmönläpäisykertoimet, mikäli suunnittelu-arvot eivät ole selvitettävissä

Lähtötietoihin kirjataan rakenneosien alat ja niiden U-arvot sekä niiden osuus lämpöhäviöistä. Taulukossa 2 on esitetty tarkasteltavan kohteen tiedot.

Ikkunan valoaukon kohtisuoran auringonsäteilyn kokonaisläpäisykertoimen ($g_{\text{kohtisuora}}$) käytetään ikkunoiden tuotetiedoissa määritettyjä arvoja tai jos niitä ei ole käytettävissä, käytetään arvoa 0,6 [3 s.7]. Ikkunoiden pinta-alat ilmansuunnittain lasketaan.

Taulukossa 3 on esitetty esimerkkikohteen kyseiset tiedot.

Taulukko 3 Ikkunat ilmansuunnittain [6]

	A m ²	U W/(m ² K)	g_{kohtisuora}-arvo -
Pohjoinen			
Koillinen	3,7	0,64	0,66
Itä			
Kaakko	4,5	0,64	0,66
Etelä			
Lounas	10,5	0,64	0,66
Länsi			
Luode	0,4	0,64	0,66

Rakenteiden välisten liitosten kylmäsiltojen lämpöhäviö on laskettava [3 s.7]. Laskennassa käytetään rakennuksen asiakirjoista määritettyä ominaislämpöhäviötä ja kylmäsiltojen pituutta, ja mikäli kyseisiä tietoja ei ole saatavilla, käytetään RakMK D5/2012:ssa annettuja taulukkoarvoja.

Rakennusosien välisten liitosten aiheuttamien kylmäsiltojen lämpöhäviöt lasketaan kaavalla [4 s.16]

$$Q_{\text{kylmäsiltilat}} = \sum l_k \Psi_k (T_s - T_u) \Delta t / 1000$$

jossa

$Q_{\text{kylmäsiltilat}}$ johtumislämpöhäviö kylmäsiltojen läpi, kWh

l_k viivamaisen kylmäsiltilan pituus, m

Ψ_k viivamaisen kylmäsiltilan lisäkonduktanssi, W/(m K)

Tarkasteltavan kohteen kylmäsiltojen lämpöhäviöksi on laskettu 9,1 W/K.

3.1.5 Ilmanvaihtojärjestelmä

Lähtötietoihin kuvaillaan ilmanvaihtojärjestelmä. Ilmanvaihdon käyntiaikoina ja ilmamäärinä käytetään laskennassa RakMK D3:ssa esitettyjä käyttötarkoituksaluokan mukaisia arvoja. Kokonaisenergiankulutuksen laskennassa käytetään taulukon 5 mukaisia huonelämpötilan asetusarvoja ja ilmanvaihdon määriä [2 s.18]

Taulukko 4 Energialaskennassa käytettävät huonelämpötilan asetusarvot ja käyttöajan ilmanvaihtomäärät [2 s.18]

Käyttötarkoitukseluokka	Ulkoilmavirta $\text{dm}^3/(\text{s m}^2)$	Lämmitysraja $^{\circ}\text{C}$	Jäähdytysraja $^{\circ}\text{C}$
Erillinen pientalo sekä rivi- ja ketjutalo	0,4	21	27
Asuinkerrostalo	0,5	21	27
Toimistorakennus	2	21	25
Liikerakennus	2	18	25
Majoitusliikerakennus	2	21	25
Opetusrakennus ja päiväkot	3	21	25
Liikuntahalli	2	18	25
Sairaala	4	22	25

Taulukossa 6 on määritelty rakennusten standardikäyttö ja sitä vastaavat sisäiset lämpökuormat [2 s19].

Taulukko 5 Rakennusten standardikäyttö ja energialaskennassa käytettävät sisäiset lämpökuormat

Käyttötarkoitukseluokka	Kellonaika ^d	Käyttöaika		Käyttöaste	Valaistus W/m ²	Kuluttajalaitteet W/m ²	Ihmiset ^a W/m ²
		h/24h	d/7d				
Erillinen pientalo sekä rivi- ja ketjutalo	00:00-24:00	24	7	0,6	8 ^{b,c}	3	2
Asuinkerrostalo	00:00-24:00	24	7	0,6	11 ^{b,c}	4	3
Toimistorakennus	07:00-18:00	11	5	0,65	12 ^c	12	5
Liikerakennus	08:00-21:00	13	6	1	19 ^c	1	2
Majoitusliikerakennus	00:00-24:00	24	7	0,3	14 ^c	4	4
Opetusrakennus ja päiväkot	08:00-16:00	8	5	0,6	18 ^c	8	14
Liikuntahalli	08:00-22:00	14	7	0,5	12 ^c	0	5
Sairaala	00:00-24:00	24	7	0,6	9 ^c	9	8

a ei sisällä kosteuteen sitoutunutta lämpöä, kokonaislämmönluovutus saadaan jakamalla kertoimella 0,6

b asuinrakennusten valaistuksen käyttöaste on 0,1

c ohjearvo uudisrakennuksille ellei tarkempaa tietoa ole käytettävissä, pienempää valaistuksen tehoa voi käyttää, mikäli valaistustaso säilyy ja siitä esitetään erilliselvitys kohtien 3.3.3 ja 3.3.4 mukaisesti.

d ilmanvaihdon käyntiaika kohdan 3.3.7 mukaisesti

Lähtötiedoissa mainitaan myös ilmanvaihtojärjestelmän SFP-luku eli ominaissähköteho. Ominaissähköteho kuvaa sähkötehoa, joka vaaditaan yhden ilmakehän kuljettamiseen rakennuksen läpi sekunnissa. Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarvetta ja sähkökäyttöä laskettaessa käytetään ilmanvaihtojärjestelmän lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteena ja ominaissähkötehona uudisrakennukselle suunnitelmien arvoja [3 s.7]. Tämänhetkisten määräysten mukaan SFP-luvun suurin sallittu arvo on 2,0 kW/(m³/s).

Tarkasteltavassa kohteessa käytetään Valloxin ilmanvaihtolaitetta mallia Vallox 096MV, jonka ilmoitettu SFP-luku on 0,93 ja lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde 0,72.

3.1.6 Lämmitysjärjestelmä

Lämmitysjärjestelmän energiankäyttö koostuu tilojen lämmityksestä, ilmanvaihdon lämmityksestä ja lämpimän käyttöveden valmistuksen energiankäytöstä [2 s.23]. E-luvun laskennan lähtötiedoissa kuvaillaan lämmitysjärjestelmä ja sen vuosihyötysuhteet. Lämmitysjärjestelmien hyötysuhteiden ohjearvot on määritelty RakMk D5:ssä.

Tilojen lämmityksen energiankulutus lasketaan jakamalla tilojen lämmitysenergian nettotarve lämmitysjärjestelmän lämmönjaon ja -luovutuksen hyötysuhteella. Tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve lämmönjakojärjestelmittäin lasketaan kaavalla [4 s.38]

$$Q_{\text{lämmitys,tilat}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}}{\eta_{\text{lämmitys,tilat}}} + Q_{\text{jakelu,ulos}} + Q_{\text{varastointi,ulos}}$$

jossa

$Q_{\text{lämmitys, tilat}}$ tilojen lämmityksen lämpöenergiatarve, joka katetaan laskettavalla lämmön jakelujärjestelmällä, kWh/a

$Q_{\text{lämmitys, netto}}$ tilojen lämmitysenergian nettotarve, joka katetaan laskettavalla lämmön jakelujärjestelmällä, kWh/a

$Q_{\text{jakelu, ulos}}$ lämmön jakelujärjestelmän lämpöhäviö lämmittämättömään tilaan, kWh/a

$Q_{\text{varastointi, ulos}}$ laskettavan lämmön jakelujärjestelmän varastoinnin lämpöhäviö, kWh/a

$\eta_{\text{lämmitys, tilat}}$ laskettavan lämmön jakelujärjestelmän hyötysuhde

Ilmanvaihdon lämmitysenergian kulutuksen laskennassa voidaan olettaa ilmanvaihtokoneen lämmityspattereiden hyötysuhteeksi 1,0, jolloin $Q_{\text{lämmitys,iv}}=Q_{\text{iv}}$

Lämpimän käyttöveden nettoenergiatarpeena käytetään RakMk D3:ssa annettuja taulukkoarvoja [3 s.7]. Nämä arvot esitetään taulukossa 7.

Taulukko 6 Lämpimän käyttöveden ominaiskulutus ja sitä vastaava lämmitysenergian tarve, RakMK D3 s.21

Käyttötarkoitusluokka	LKV:n ominaiskulutus dm ³ /(m ² a)	Lämmitysenergia kWh/(m ² a)
Erillinen pientalo, rivi- ja ketjutalot, asuinkerrostalo	600	35
Toimistorakennus	103	6
Liikerakennus	68	4
Majoitusliikerakennus	685	40
Opetusrakennus ja päiväkot	188	11
Liikuntahalli	343	20
Sairaala	515	30

Lämpöenergiantarve lasketaan nettoenergiantarpeesta kaavalla [4 s.41]

$$Q_{\text{lämmitys, lkv}} = \frac{Q_{\text{lkv, netto}}}{\eta_{\text{lkv, siirto}}} + Q_{\text{lkv, varastointi}} + Q_{\text{lkv, kierto}}$$

jossa

$Q_{\text{lämmitys, lkv}}$ lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve, kWh/a

$Q_{\text{lkv, netto}}$ lämpimän käyttöveden lämpöenergian nettotarve

$\eta_{\text{lkv, siirto}}$ lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhde

$Q_{\text{lkv, varastointi}}$ lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviö, kWh/a

$Q_{\text{lkv, kierto}}$ lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviö, kWh/a

Tarkasteltavassa kohteessa on suora sähkölämmitys. Varaavia tulisijoja ei ole.

3.1.7 Sisäiset lämpökuormat

Sisäisiin lämpökuormiin lukeutuu valaistuksen, kuluttajalaitteiden ja ihmisten aiheuttamat lämpökuormat. Sisäisten lämpökuormien laskentaan annetaan ohjeet RakMK:n osassa D3. Lämpökuormien määrittäminen tapahtuu käyttötarkoituksittain arvioitujen käyttöajan ja käyttöasteen mukaan taulukon 8 mukaisesti.

Taulukko 7 Sisäisten lämpökuormien käyttöajat ja -asteet, RakMK D3 s.19

Käyttötarkoitukseluokka	Kellonaika ^d	Käyttöaika		Käyttöaste	Valaistus	Kuluttajalaitteet	Ihmiset ^a
		h/24h	d/7d				
Erillinen pientalo sekä rivi- ja ketjutalo	00:00-24:00	24	7	0,6	8 _{b,c}	3	2
Asuinkerrostalo	00:00-24:00	24	7	0,6	11 _{b,c}	4	3
Toimistorakennus	07:00-18:00	11	5	0,65	12 ^c	12	5
Liikerakennus	08:00-21:00	13	6	1	19 ^c	1	2
Majoitusliikerakennus	00:00-	24	7	0,3	14 ^c	4	4

	24:00						
Opetusrakennus ja päiväkot	08:00-16:00	8	5	0,6	18 ^c	8	14
Liikuntahalli	08:00-22:00	14	7	0,5	12 ^c	0	5
Sairaala	00:00-24:00	24	7	0,6	9 ^c	9	8

3.2 Tarkasteltavan kohteen E-luku

Kohdassa 4.1 määritetyjä lähtötietoja käyttämällä laskettu E-luku tarkasteltavalle rakennukselle on 201,9. Laskennassa on käytetty energialaskennan alalla toimivan yrityksen käyttämää laskentaohjelmaa. Kyseistä ohjelmaa käytetään myös määrittäessä E-luvun muutosta suhteessa rakennemuutoksiin.

Kohteen kokonaisenergiankulutus ei ylitä energiatehokkuuden vaatimusten enimmäisarvoa. Taulukon 1 mukaan alle 120m² rakennuksen E-luku ei saa ylittää arvoa 204 kWh/m².

4 Vellamon tyyppirakenne

4.1 Yläpohja

Tarkasteltavan kohteen yläpohjan lämmöneristeenä käytetään puukuitueristettä sekä polyuretaanilevyä. Yläpohjan rakenne ylhäältä alas on

- Peltikate
- Ruodelauta 25mm k300
- Tuuletusrima 48x48mm
- Hengittävä aluskate
- Kattopalkki SEPA K900
- Puukuitueriste 400mm
- SPU-levy 100mm, saumat vaahdotettu ja teipattu
- Koolaus 22x100 K900 kattovasansuuntaisesti
- Koolaus 22x100 K400 poikittain kattovasaan nähden
- MDF-paneeli 10mm

Yläpohjan U-arvo on 0,06.

4.2 Ulkoseinä

Ulkoseinän lämmöneristeenä käytetään mineraalivillaa ja polyuretaanilevyä. Ulkoseinän rakenne ulkoa sisälle on

- Vaakapaneeli
- Tuuletusrima 22x100 k600
- Pontattu OSB-puukuitulevy 11mm
- Pystyrunko 48x148 k600 +Mineraalivilla 150mm
- SPU-levy 70 mm, saumat vaahdotettu ja teipattu
- Koolaus 22x100
- Sisäverhouslevy 13mm

Ulkoseinän U-arvo on 0,13

4.3 Alapohja

Alapohjan lämmöneristeenä käytetään puukuitueristettä. Alapohjan rakenne ylhäältä alas on

- Pintamateriaali
- Askeläänieriste
- 2x kipsilevy
- Lattialastulevy 22mm
- Lattiavasa 444mm k600+ selluvilla tiiviisti puhallettuna vasojen välissä
- Tuulensuojalevy 9mm yhtenäisenä vasojen alapinnassa
- Lauta22x100 k400 lattiavasaan nähden poikittain pidikkeenä / jäykisteenä

Alapohjan U-arvo on $U=0.09$

4.4 Ikkunat ja ovet

Kohteessa käytetään Skaalan Alfa40-tuoteperheen ikkunoita ja ovia. Alfa40- mallin ikkunoiden U-arvo on 0,64.

5 Rakennemuutosten vaikutus E-lukuun

Tässä kappaleessa tarkastellaan eri rakennevaihtoehtoja ja niiden vaikutusta E-lukuun. Tavoitteena on siis määrittellä E-luvulle ikään kuin yksikköhinta, eli lasketaan kokonaisenergiankulutus esimerkiksi kahdella vaihtoehtoisella seinärakenteella ja verrataan nykyrakenteella saatuihin arvoihin. Sen jälkeen arvioidaan kyseisten rakennemuutosten vaikutus rakentamiskustannusten muutokseen, jolloin tuloksena on E-luvun hinta yksikkönä €/kWh/(m²vuosi). On huomattava, että näin saatavat arvot ovat suuntaantavia, ja riippuvaisia esimerkiksi markkinahinnoista.

5.1 Seinärakenteen muutos

5.1.1 SPU-levyn lisääminen

Tarkastellaan ensimmäiseksi, mitä tapahtuu rakennuksen E-luvulle, jos seinärakenteeseen lisätään 40mm SPU-eristettä. Rakenteen lämmönvastus on

$$R_T = R_{SI} + R_{OSB} + R_{\text{mineraalivilla}} + R_{\text{SPU110}} + R_{\text{tuuletus}} + R_{\text{kipsilevy}} + R_{SE} \quad \text{eli}$$

$$R_T = 0,13 + 0,11/0,13 + 0,15/0,033 + 0,11/0,023 + 0,022/0,023 + 0,013/0,210 + 0,04 = 9,782$$

jolloin $U_{us} = 1/R_T = 0,1$

Tällöin rakennuksen E-luku pienenee arvoon 195,5 eli muutos on -6,4 kWh/(m²a)

Eristelevyä tarvitaan laskennallisesti 93,7m², eli ulkoseinien pinta-alan verran, mutta hukkamateriaalia syntyy väistämättä, eli lasketaan tarvittavaksi määräksi vaikka seitsemällä prosentilla korotettu tosiasiallinen tarve. Tällöin eristettä tarvitaan n. 100m².

Taloon.com- verkkokauppa tarjoaa edullisimmillaan 40mm SPU-levyä hintaan 14,55€/m². Tällä hinnalla eristyksen lisääminen tulisi kustantamaan 1486€. E-luvun muutokselle tulee näin ollen hintaa 1486€/ 6,4kWh/(m²a) = 232,2€/ kWh(m²a).

5.1.2 70mm SPU-levyn korvaaminen 40mm levyllä

Toinen tarkasteltava tilanne syntyy, kun vähennetään lämmöneristystä seinärakenteessa korvaamalla 70mm SPU-levy 40mm levyllä. Tällöin lämmönvastus on

$$R_T = R_{SI} + R_{OSB} + R_{\text{mineraalivilla}} + R_{\text{SPU40}} + R_{\text{tuuletus}} + R_{\text{kipsilevy}} + R_{SE} \quad \text{eli}$$

$$R_T = 0,13 + 0,11/0,13 + 0,15/0,033 + 0,04/0,023 + 0,022/0,023 + 0,013/0,210 + 0,04 = 6,74$$

ja siten $U_{us} = 0,15$.

U-arvo kasvaa arvoon 206,2 kWh/(m²a) jolloin muutos on 4,3 kWh/(m²a).

40mm SPU-levyä saa Taloon.com:sta edullisimmillaan 14,55€/m². Tällöin syntyvä säästö verrattuna 70mm levyn on 5,55€/m². Kokonaissäästökseksi tulee 555€.

Tällöin E-luvun muutokselle tulee hintaa 555€/ 4,3kWh/(m²a) = 129€/ kWh(m²a).

5.2 Kattorakenteen suoritusarvojen muuttaminen

5.2.1 Kattorakenteen paksuntaminen 40mm SPU-levyllä

Lasketaan ensin, mitä tapahtuu rakennuksen E-luvulle, jos kattorakenteeseen lisätään 40mm SPU-eristettä. Rakenteen lämmönvastus on

$$R_T = R_{SI} + R_{\text{puukuitu}} + R_{\text{SPU140}} + R_{\text{tuuletus}} + R_{\text{kipsilevy}} + R_{SE} \quad \text{eli}$$

$$R_T = 0,13 + 0,4/0,039 + 0,14/0,023 + 0,044/0,023 + 0,01/0,210 + 0,04 = 18,47$$

jolloin $U_{us} = 1/R_T = 0,054$

Tällöin rakennuksen E-luku pienenee arvoon 200,6 kWh/(m²a) eli muutos on -1,3 kWh/(m²a).

Eristelevyä tarvitaan laskennallisesti 95m^2 , eli katon pinta-alan verran, mutta hukkamateriaali huomioon ottaen lasketaan tarvittavaksi määräksi viidellä prosentilla korotettu tosiasiallinen tarve. Tällöin eristettä tarvitaan n. 100m^2 .

Taloon.com- verkkokauppa tarjoaa edullisimmillaan 40mm SPU-levyä hintaan $14,86\text{€/m}^2$. Tällä hinnalla eristyksen lisääminen tulisi kustantamaan 1486€ . E-luvun muutokselle tulee näin ollen hintaa $1486\text{€} / 1,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a}) = 1143\text{€} / \text{kWh}(\text{m}^2\text{a})$.

5.2.2 100mm SPU-levyn korvaaminen 40mm levyllä.

Toinen tarkasteltava tilanne syntyy, kun korvataan 100mm SPU-levy 40mm levyllä. Tällöin lämmönvastus on

$$R_T = R_{SI} + R_{\text{puukuitu}} + R_{\text{SPU40}} + R_{\text{tuuletus}} + R_{\text{kipsilevy}} + R_{SE} \quad \text{eli}$$

$$R_T = 0,13 + 0,4/0,039 + 0,04/0,023 + 0,044/0,023 + 0,01/0,210 + 0,04 = 14,1$$

jolloin $U_{us} = 1/R_T = 0,071$

Tällöin rakennuksen E-luku kasvaa arvoon $204,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ eli muutos on $+2,4 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$.

40mm SPU-levyä saa Taloon.com:sta edullisimmillaan $14,55\text{€/m}^2$. Tällöin syntyvä säästö verrattuna 100mm levyn on $9,37\text{€/m}^2$. Kokonaissäästöksi tulee 937€ .

Tällöin E-luvun muutokselle tulee hintaa $937\text{€} / 2,4 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a}) = 390\text{€} / \text{kWh}(\text{m}^2\text{a})$.

5.3 Lattiarakenteen suoritusarvojen muuttaminen

Lattiarakenteen soritusarvon muutokset päätettiin tehdä hypoteettisella vertailulla, jossa verrataan SPU-levyn lisäämisen vaikutus lattiarakenteeseen, ottamatta kantaa lattiarakenteen toimivuuteen ja kantavuuteen SPU-eristeen kanssa tai SPU-levyn sijaintiin rakenteessa.

Tarkastellaan mitä tapahtuu rakennuksen E-luvulle, jos lattiarakenteeseen lisätään 40mm SPU-eristettä. Rakenteen lämmönvastus on

$$R_T = R_{SI} + R_{tuulensuoja} + R_{SPU40} + R_{selluvilla} + R_{lastulevy} + R_{kipsilevy} + R_{SE} \quad \text{eli}$$

$$R_T = 0,13 + 0,09/0,021 + 0,04/0,023 + 0,444/0,043 + 0,022/0,230 + 0,026/0,230 + 0,04 = 12,8$$

jolloin $U_{us} = 1/R_T = 0,078$

Tällöin rakennuksen E-luku pienenee arvoon 200,7 kWh/(m²a) eli muutos on -1,2 kWh/(m²a).

Eristelevyä tarvitaan laskennallisesti 95m², eli lattian pinta-alan verran, mutta hukkamateriaalia syntyy väistämättä, eli lasketaan tarvittavaksi määräksi viidellä prosentilla korotettu tosiasiallinen tarve. Tällöin eristettä tarvitaan n. 100m².

Taloon.com- verkkokaupasta ostettuna 40mm SPU-levy maksaa tarkasteluhetkellä 14,86€/m². Tällä hinnalla eristyksen lisääminen tulisi kustantamaan 1486€.

E-luvun muutokselle tulee näin ollen hintaa 1486€/ 1,2 kWh/(m²a) = 1246€/ kWh(m²a).

6 Johtopäätökset

Lämmöneristyksen lisääminen katto- ja lattiarakenteisiin on saavutettavaan hyötyyn nähden huomattavan kallista. Edullisemmaksi tulisi lisätä eristystä seiniin. Toki eristyksen lisääminen paksuntaisi seinärakennetta ja mahdollisesti vaikuttaisi myös rakenteen kosteustekniseen toimivuuteen.

Eristyksen vähentäminen kattorakenteesta toisi suuremmat säästöt kuin seinäeristeiden vähentäminen. Säästöä ei kuitenkaan siinäkään tapauksessa synny niin paljon, että ratkaisua voisi suositella.

Yleisesti voidaan todeta, että seinien lisälämmöneristys voi olla melko edullinen tapa saavuttaa parempi energiatehokkuus. Sen sijaan muutaman sadan euron säästö lämmöneristyksestä ei kuulosta mielekkäältä, jos vaihtoehtona on energiatehokkaampi rakennus. Energiatehokkuuden vaatimukset tulevat todennäköisesti vielä kiristymään, eikä rakennuksen arvo ainakaan vähene, vaikka sen energiatehokkuus ylittäisi tämän hetkiset vaatimukset.

Energiatehokkuuteen voidaan vaikuttaa jonkin verran myös esimerkiksi ilmanvaihtolaitteen valinnalla. Saman kategorian laitteiden välillä ei kuitenkaan ole merkittävää eroa suoritusarvoissa, ja ilmanvaihtolaitteen tyyppin muuttaminen esimerkiksi pyöriväkennoiseen laitteeseen vaikuttaisi mahdollisesti rakennuksen muihin parametreihin. Siksi se jätettiin tämän tarkastelun ulkopuolelle.

Omakotitaloasumisessa lämmitystavalla on suuri merkitys. Sähkölämmitteisen talon lämmityskustannukset nousevat korkeiksi etenkin kylminä talvikausina. Sähkölämmityksen rinnalle kannattaa hankkia ainakin yksi vaihtoehtoinen tai tukeva lämmitysmuoto. Esimerkiksi pellettilämmitys sähkönn rinnalla voi tuoda merkittävät säästöt lämmityskustannuksiin. Varaava tulisija toimii mukavana lisälämmitysmuotona talvipakkasilla.

7 Yhteenveto

Työssä perehdyttiin energialaskennan perusteisiin, ja lopputuloksena saatiin suuntaa antava ohjeistus rakenteiden energiatehokkuuden optimointiin. Tarkastelu suoritettiin melko suppealla menetelmällä, mikä jättää huomattavat mahdollisuudet jatkokehitykselle. Rakennusmateriaaleja kehitetään jatkuvasti suorituskykyisemmiksi ja toisaalta energiatehokkuuden vaatimuksia kiristetään. Näin ollen rakennesuunnittelussa on jatkuva työ pysyä ajan tasalla, ja myös mahdollisuus olla suunnittelussa aikaansa edellä. Työn tilaaja sai kirjallisen raportin työn kulusta ja tuloksista, ja päättää itse, hyödyntäkö niitä jollakin tavalla.

E-luvun laskenta edellyttää melko huomattavaa asiantuntemusta ja taitoa pyörittellä numeroita. Vaikka tätä työtä tehdessä käytössä oli laskentaohjelma, oli työssä haastetta henkilölle, joka ei aiemmin ollut ollut asian kanssa tekemisissä. Aihe on kuitenkin mielenkiintoinen ja tulevaisuudessakin varmasti ajankohtainen.

Lähteet

- 1 Tilastokeskus < https://www.stat.fi/til/ehk/2018/04/ehk_2018_04_2019-03-28_kuv_014_fi.html> Luettu 01.04.2019
- 2 Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D3 < https://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Suomi.pdf> Luettu 01.03.2019
- 3 Ympäristöministeriön säädös 176/2013 liite 1 < <https://www.finlex.fi/fi/laki/kokoelma/2013/sk20130176.pdf>> Luettu 01.03.2019
- 4 Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D5 < <https://www.ym.fi/download/noname/%7B8C5C3B41-E127-4889-95B0-285E9223DEE6%7D/40468>> Luettu 15.2.2019
- 5 <https://www.taloon.com/> Luettu 07.04.2019
- 6 Kohteelle laadittu energiatodistus

Taulukko E-luvun laskennassa käytetyille lähtötiedoille

176/2013

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka				
Rakennuksen valmistusvuosi	Lämmitetty nettoala		m ²	
Rakennusvaippa				
Ilmanvuotoluku q_{50}	m ² /(h m ²)			
	A m ²	U W/(m ² K)	U×A W/K	Osuus lämpöhäviöstä %
Ulkoseinät				
Yläpohja				
Alapohja				
Ikkunat				
Uiko-ovet				
Kylmäsilillat	-	-		
Ikkunat ilmansuunnittain				
	A m ²	U W/(m ² K)	g _{ikkunat} ×B _{IKVO}	
Pohjoinen			-	
Koillinen				
Itä				
Kaakko				
Etelä				
Lounas				
Länsi				
Luode				
Ilmanvaihtojärjestelmä				
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:				
	Ilmavirta tulo/poisto (m ³ /s) / (m ³ /s)	Järjestelmän SFP-luku kW / (m ³ /s)	LTO:n lämpötilasuhde	Jäätymisenesto °C
Pääilmavaihtokoneet			-	-
Erillispoistot			-	-
Ilmanvaihtojärjestelmä			-	-
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde:				
Lämmitysjärjestelmä				
Lämmitysjärjestelmän kuvaus:				
	Tuoton hyötysuhde	Jaan ja luovutuksen hyötysuhde	Lämpökerroin ¹	Apulaitteiden sähkökäyttö ² kWh/(m ² vuosi)
Tilojen ja lvn lämmitys Lämpimän käyttöveden valmistus	-	-	-	
¹ vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle				
² lämpöpumpujärjestelmässä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökerroin				
	Määrä kpl	Tuotto kWh		
Varsaava tulisija Ilmalämpöpumppu				
Jäähdytysjärjestelmä				
	Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin			
Jäähdytysjärjestelmä	-			
Lämmin käyttövesi				
	Ominaiskulutus dm ³ /(m ² vuosi)	Lämmitysenergian nettotarve kWh/(m ² vuosi)		
Lämmin käyttövesi				
Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla				
	Käyttöaste	Henkilöt W/m ²	Kuluttajalaitteet W/m ²	Valaistus W/m ²
	-			

