



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Jarno Karjula

RAKENNUKSEN
KOKONAISENERGIATARPEEN
LASKENTA

Tekniikka ja Liikenne
2013

ALKUSANAT

Tämä työ on aloitettu keväällä 2012 Vaasan ammattikorkeakoulussa, rakennustekniikan koulutusohjelman opinnäytetyönä ja valmistui keväällä 2013. Opinnäytetyöhön käytetty, tavallista pidempi tekoaika johtui pitkästä työsuhteesta rakennusmestarin tehtävistä kesällä 2012. Tämä mahdollisti varsinaisen opinnäytetyön, eli laskentapohjan tekemisen rauhallisesti ja tarkasti, antaen hyvän lopputuloksen.

Haluan kiittää valvovaa opettajaani Heikki Paanasta työhöni käytetystä ajastaan ja mielenkiinnostaan aiheeseen. Aikaisemmat luennot ja Paanaselta työn tekemisen aikana saadut ohjeet tekivät laskentapohjan luomisesta mielenkiintoisen projektin. Haluan myös kiittää yliopettaja Tapani Hahtokaria antamastaan tuesta työlleni.

Kiitokset kuuluvat koko koulu-uran aikaisesta kannustuksesta ja tuesta kaikille läheisilleni ja ystäväilleni, joiden avulla tämäkin urakka on saatu päätökseen.

Vaasassa 21.2.2013

Jarno Karjula

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Jarno Karjula
Opinnäytetyön nimi	Rakennuksen kokonaisenergiatarpeen laskenta
Vuosi	2013
Kieli	suomi
Sivumäärä	28 + 3 liitettä
Ohjaaja	Heikki Paananen

Tämä opinnäytetyö tutkii rakennuksen kokonaisenergian laskentaa Microsoft Excel -taulukkolaskentaohjelman avulla, käyttäen Suomen rakentamismääräyskokoelman vuonna 2012 uudistunutta osaa D3 ja vanhempaa vuonna 2007 päivitettyä osaa D5 kaavojen lähteenä. Taulukkolaskentaohjelmalla luodun laskupohjan tarkoituksena on laskea rakennuksen E-luku, eli kokonaisenergian kulutus painotettuna lämmitetyllä nettoalalla. Laskupohja on tehty laskemaan kaikkien yhdeksän eri rakennustyyppin kokonaisenergian tarve ja antaa annetuista lähtöarvoista käyttäjälle rakennuksen E-luku yksinkertaisessa muodossa, mahdollisen lupahakemusten liitteeksi.

Laskupohja on tarkoitettu ensisijaisesti pääsuunnittelijalle työkaluksi uudisrakennuksen suunnitteluun, mutta sovellettavissa myös vanhoihin rakennuksiin esimerkiksi korjausrakennuskohteissa tai E-luvun selvitykseen myynti- tai vuokra-asunnoille. E-luvun laskennassa ja laskupohjan lähteenä käytetään Suomen rakentamismääräyskokoelman osia D3 ja D5, jotka sisältävät laskupohjan tarvittavat kaavat tuloksen saamiseksi, eikä niitä ole eritelty tässä työssä. Laskentapohjalla lienee lähitulevaisuudessa markkina-arvoa, kun uudisrakennuksilta vaaditaan sen energiankulutuksesta dokumentteja. Sama koskee myös rakennuksia, jotka hakevat rakennuslupaa vuoden 2008 alun jälkeen. Kysyntä yksinkertaisille laskentapohjille kasvaa ja tarjonta on rajallinen.

Samaan tarkoitukseen löytyy jo valmiita laskupohjia, mutta opinnäytetyön aloitusvaiheessa niitä ei ollut vielä laisinkaan. Tässä opinnäytetyössä tehty laskupohja on kuukausitason tarkkuudella laskeva. Tiivistettynä laskupohja tarkastelee annetuilla lähtötiedoilla, paljonko uudisrakennus kuluttaa energiaa. Tämä koostuu rakennuksen lämmitys-, laitesähkö- ja jäädytysenergian kulutuksen summasta. Lämmitysenergia sisältää käyttöveden ja tilojen lämmitystarpeen ja lisäksi voidaan hyödyntää rakennuksen sisäisiä lämpökuormia, kuten auringon säteilyenergiaa ja ihmisistä sisäilmaan vapautuvaa lämpöä.

ABSTRACT

Author	Jarno Karjula
Title	Calculation of a Building's Total Energy Requirement
Year	2013
Language	Finnish
Pages	28 + 3 Appendices
Name of Supervisor	Heikki Paananen

In this thesis, we examine the total energy requirement calculations of a building by means of a Microsoft Excel spreadsheet program. The program uses formulas from The National Building Code of Finland. Specifically from norms D3 from 2012 and D5 from 2007. This spreadsheet is meant to be used in calculating E-index for all 9 different types of buildings and give compact information about their energy efficiency. E-index is the sum of a building's total energy requirement multiplied by the heated net area and the weighted energy factor. The weighted energy factor is dependant of the energy form used. E-index is a new tool to guide energy efficiency in construction.

The spreadsheet is meant to be used by the Lead Designer, usually the Architect, during the design phase of a new building project. Energy certificates with calculations containing the E-index are needed when applying for a building permit. Older buildings need to have energy calculations when being sold or rented.

First this thesis introduces what is heating energy, how buildings use it, and the usage of energy in general. We also look into energy efficiency and self-sufficiency. After this we focus on buildings and structures themselves. Especially on the moisture functioning, its effect on a building's energy efficiency and achieving the full lifespan of a building is considered.

When calculating a building's total energy requirement many different factors have to be taken into account. Initial data from the Lead Designer of the building is needed, as are all details regarding the building's heating system and machines used. D3 formula includes worksheets for standard usage as for example the amount of water usage per heated net area. This thesis does not go into all those factors separately but rather picks up critical points for reference examination.

Keywords E-index, total energy requirement, energy efficiency, buildings heating energy

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	LÄMMITYSENERGIA	8
1.1	Energian tuottamisesta	8
1.2	Energiatehokkuus.....	10
1.3	E-luku.....	11
1.4	Rakennusten energiatehokkuus.....	13
1.5	Lämmitysenergia ja omavaraisuus.....	14
2	RAKENTEET JA LÄMPÖ	16
2.1	Lämmitys-, jäähdytys- ja kuluttajalaitteiden käyttämä energia	16
2.2	Rakenteet ja kosteus.....	16
2.3	Kosteudesta aiheutuvia vaurioita	17
3	LASKENTAPOHJA.....	19
3.1	Rakennuksen jäähdytys ja kuukausitason laskenta.....	21
3.2	Laskuesimerkki	21
3.3	Käyttäjälähtöisyys.....	22
3.4	Laskennan tulos	22
3.5	Tulosten tulkinta	24
4	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	26
	LÄHTEET.....	27
	LIITTEET	

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1.	Asuinrakennuksen energiankulutus	s. 7
Kuvio 2.	E-luvun raja-arvot	s. 11
Kuvio 3.	Rakennuksen kokonaisenergian laskennan vaiheet	s. 19
Kuvio 4.	Lähtötiedot-välilehti	s. 23
Kuvio 5.	Tulokset-välilehti	s. 24

LIITELUETTELO

LIITE 1. Suomen rakentamismääräyskokoelma D3

LIITE 2. Suomen rakentamismääräyskokoelma D5

LIITE 3. Vinha Juha. 2012. Kosteus rakentamisessa. TTY.

1 LÄMMITYSENERGIA

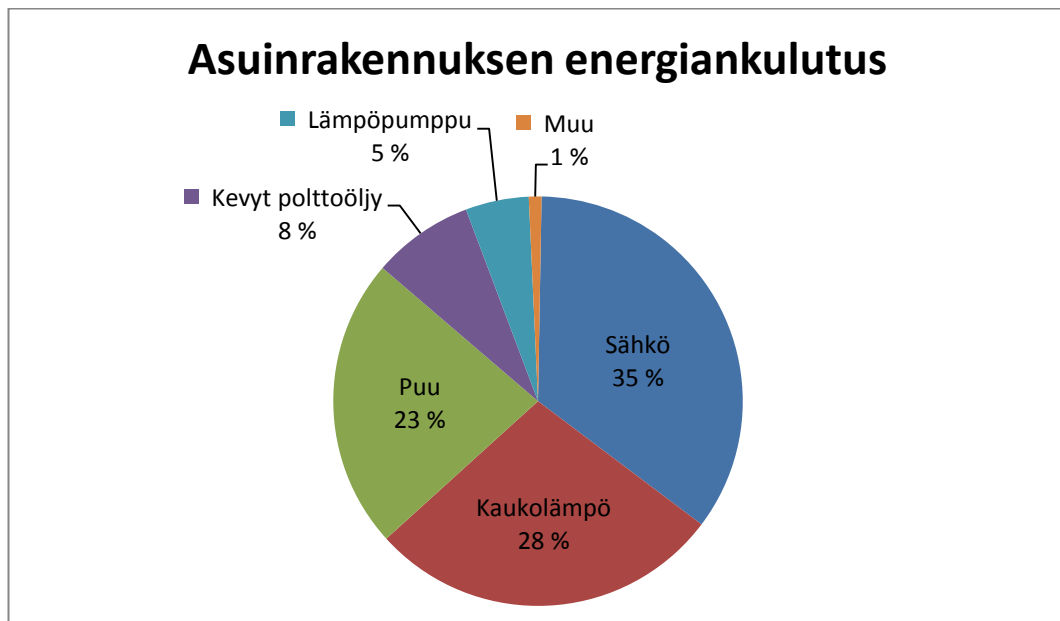
Fysiikan säilymislaeista energian häviämättömyyden laki on yksi yleisimmistä. Tämän lain pohjalta on luotu energiaperiaate, joka kuuluu tietosanakirjan /3/ mukaan seuraavasti: ”Suljetun systeemin alkuenergian ja loppuenergian erotus on systeemin tekemä työ.” Tästä johdettuna työllä tuotetaan esimerkiksi lämmitysenergiaa. Tätä kutsutaan lämpöopiksi, eli termodynamiikaksi. Ensimmäinen perussääntö termodynamiikassa on energian säilyminen. Tämä tarkoittaa, että energiaa ei voida luoda, eikä hävittää, vain ainoastaan muuttaa muodosta toiseen. Energialajit jaotellaan kahteen pääryhmään, sidottuihin ja vapaisiin energioihin. Vapaasta energiasta esimerkkejä ovat liike-energia, säteilyenergia ja lämpöenergia. Sidottua energiaa on esimerkiksi kasviin yhteyttämisen avulla säilötyä auringon säteilyenergiaa, joka voidaan vapauttaa palamisreaktion avulla. /4/.

1.1 Energian tuottamisesta

Primäärienergia on luonnosta sellaisenaan löytyvää, muokkaamatonta energiaa. Sekundäärienergialla tarkoitetaan tästä energiavarasta jalostettua energiaa, kuten sähkö- ja lämpöenergia. Koko tätä pitkää prosessia kutsutaan energiantuotannoksi. Sekundäärisiä energiamuotoja ovat lämpö, sähkö, höyry sekä mekaaninen ja kineettinen energia. Energiantuotanto on itse asiassa energian muuttamista muodosta toiseen, kuten termodynamiikan ensimmäinen perussääntö energian säilyvyydestä määrää. Jokaisessa muodonmuutoksessa osa hukkaantuu hyödyntämiskelvottomaksi, joka on termodynamiikan toinen perussääntö. Yleensä energiantuotannolla tarkoitetaan teollista tuotantoa eli energiateollisuutta. Talotekniikassa rakennuksen tarvitseman lämpöenergian tuottamista, varastointia, siirtoa ja jakoa huonetilaan tai käyttöveteen kutsutaan lämmitykseksi. Lämmityksellä saavutetaan kylmänä vuodenaikana haluttu sisälämpötila ja lämmitys on osallisena rakenteiden kosteusteknisessä toiminnassa.

Tilastokeskuksen mukaan Suomessa vuonna 2011 asumisen energiankulutus on kokonaisuudessaan 61884 gigawattituntia (GWh), josta suurin osa on lämmitysenergian kulutusta. Asuinrakennusten yleisin lämmitysenergian lähde

kyseisen tilaston mukaan on kaukolämpö. Vuonna 2011 kaukolämmön osuus on 28 prosenttia. Puun käyttö lämmitysenergiana oli toisena 23 prosentin osuudella. Asuinrakennuksista eniten puuta lämmitysenergianlähteenä käyttivät erilliset pientalot ja vapaa-ajan asunnot. Kaukolämpöä suosittiin erityisesti rivi- ja ketjutaloissa, sekä asuinkerrostaloissa.



Kuvio 1. Asuinrakennuksen energiankulutus.

Elintason nousun myötä energian tuotto ja kulutus on nousujohteisessa trendissä. Tilojen lämmityksen ja jäähdytyksen tarve on kasvanut tasaisesti. Haluamme viihtyisämpiä tiloja, kuten asuntoja, kouluja, kauppoja ja liiketiloja, joiden energiantarve kasvaa koko ajan. Energiaa kuluttavien laitteiden määrä on jatkuvassa kasvussa ja syömme tehomaataloudessa tuotettua ruokaa, sekä liikumme paikasta toiseen energiaa tuhlailevasti. Energian tuotannon painopiste on uusiutumattomissa, fossiilisissa polttoaineissa. Energiatehokkuus ja energian tuotanto ovat kumpikin suuren asennekartoituksen edessä, sillä ympäristön nykyinen tila vaatii suuria muutoksia, ensisijaisesti kuitenkin tulisi vähentää kulutusta systemaattisesti jokaisella osa-alueella. Fossiilisten energialähteiden rinnalla on myös uusiutuvia energialähteitä, kuten vesi-, tuuli- ja aurinkoenergia. Näiden kaikkien energiamuotojen, uusiutuvien ja uusiutumattomien, muunnosvaiheessa energiasta vapautuu lämpöhävikkiä, jota voidaan hyödyntää

esimerkiksi kaukolämmityksessä. Energian muuttamisen lisäksi sen siirto kuluttaa energiaa. Siksi olisikin hyvä vähentää kuljetuksia ja pyrkiä paikallisten energialähteiden käyttöön. /5/.

Vuonna 2010 Suomessa energian kokonaiskulutus oli 1,46 miljoonaa terajoulea (TJ). Energian kokonaiskulutus kasvoi 10 prosenttia vuodesta 2009. Sähköä käytettiin 87,7 terawattituntia (TWh), mikä tarkoittaa 8 prosentin kasvua edellisvuoteen nähden. Fossiilisten polttoaineiden käyttö kasvoi 11 prosenttia ja uusiutuvien energialähteiden, kuten tuuli- ja vesivoiman osuudet kasvoivat yhteensä 16 prosenttia. Hiilidioksidipäästöt kasvoivat 15 prosenttia vuodesta 2009. Energian tuotannon ja sen käytön päästöt olivat 59,6 miljoonaa hiilidioksiditonnia. /6/. Laskua tapahtui vuoden 2010 - 2011 välisenä aikana viisi prosenttia, vaikka vuoden 2009 lukemat olivat vieläkin matalammat. Kokonaiskulutus tilastokeskuksen mukaan vuonna 2011 oli 1,39 terajoulea (TJ). Sähkönkulutus laski verrattuna edellisvuoteen 4 prosenttia, yhteensä 84,2 terawattituntia (TWh). Uusiutuvien energialähteiden, kuten tuuli- ja vesivoiman, käyttö laski prosentin ja fossiilisten polttoaineiden käyttö 12 prosenttia. Erityisesti hiilen käyttö polttoaineena väheni edellisvuodesta, jopa 22 prosenttia. /7/.

Energiatehokkuutta pyritään kasvattamaan energian käytön tehostamisella. Nykyisten tuotantotapojen kehittämistä ja uusien suunnittelua tapahtuu eri puolilla maailmaa, sekä sen tutkimuksiin ja neuvontaan suunnataan enemmän varoja kuin aiemmin. Suomessa työ- ja elinkeinoministeriö jakaa energiatukea uusiutuvan energian käytön, säästön tai käytön tehostamista edistäviin hankkeisiin, hankekohtaisen harkinnan perusteella. Eri energialähteiden käyttöä ja investointeja tuetaan eri tavoin /8/. Kannustus ja neuvonta energian säästöön tulisikin olla energiapolitiikan lähtökohtana. /9/.

1.2 Energiatehokkuus

Energiatehokkuus on pyrkimystä tuottaa hyödykkeitä ja palveluita mahdollisimman pienellä kokonaisenergiämäärällä. Energiantehokkuuteen vaikuttaa valmistustavan lisäksi myös laitteen käytössä kuluvan energian määrä. Tavoitteena on 20 % parannus energiatehokkuuteen sekä

energiatehokkuussuunnittelun ja rakentamisen laadun edistäminen. /10/. EU:n lähtökohdat ovat ilmastopolitiikassa, jossa tärkeimpänä tavoitteena on kasvihuonekaasupäästöjen, kuten hiilidioksidin ja metaanin, kustannustehokas vähentäminen /9/. Energiatehokkuus ohjaa myös energian säästämiseen.

Energiatehokkuutta voidaan tarkastella sähkön- tai lämmöntuoton näkökulmasta. Lämpöenergian kulutusta pyritään hillitsemään energiatehokkaalla rakentamisella ja tehokkaalla lämmön talteenotolla poistoilmasta. Uudisrakentamisessa suunnitteluun tulee kiinnittää erityistä huomiota, sillä suunnitteluvaiheessa rakentamisaikaiset kustannukset voidaan ennakoida lähes 90 prosenttisesti. /11/.

Energiansäästöillä yleensä tarkoitetaan tehokkuuden parantamista energian käytössä siten, että energian ominaiskulutus pienenee. Ominaiskulutuksella tarkoitetaan prosentuaalista energiankulutusta laskettuna tuoteyksikköä tai jotain tiettyä palvelua kohden. Näistä tuoteyksiköistä esimerkkeinä ovat tuotetonni (MWh/tuotetonni) tai rakennuskuutiot (KWh/m³.) /9/.

1.3 E-luku

E-luku eli rakennuksen kokonaisenergian kulutus lasketaan rakennuksen standardikäytöstä lämmitettyä nettoalaa kohden. Laskennassa painotetaan eri ostoenergiamuotoja niiden omilla kertoimilla, jotka vaihtelevat energiamuodon tuottamisen ympäristöystävällisyyden mukaan. E-luvun laskennassa suositetaan ilmaston kannalta mahdollisimman haitattomia, ympäristöystävällisiä, ja paikallisia uusiutuvia energiamuotoja, kuten aurinkokeräimillä ja tuulivoimalalla tuotettua ja erilaisten lämpöpumppujen lämmönlähteistä saatua energiaa. E-luku toimii myös suunnittelun ohjauksessa. E-luvun raja-arvot määritellään uudistuneessa rakentamismääräyskokoelmassa D3 ja tämän raja-arvon saavuttamiseksi suunnitteluun annetaan useita vaihtoehtoja. Tämä vaikuttaa myös suoraan rakennusluvan saantiin. Energiatehokkaan rakentamisen ja hyvän sisäilman saavuttamiseksi D3 sisältää paljon ohjaavia ja määrääviä kohtia. Erityismainintana näistä ohjaavista kohdista on D3:sen sisältämä rakennuksen standardikäyttö, joka luo laskennalle perustaa ja mahdollistaa eri rakennusten keskinäisen vertailun. Rakennuksen standardoidulla käytöllä tarkoitetaan

rakennuksen vakioitua käyttöä. Rakennuksen standardikäytöstä poiketen sen todellinen käyttö useimmiten eroaa käyttäjän toimintojen vuoksi /1,6./ Tämä myös tarkoittaa sitä, että standardikäyttö pyyhkii vaikutusmahdollisuudet esimerkiksi energiatehokkaiden kuluttajalaitteiden valinnassa, sillä sähkölaitteiden sähkönkulutus lasketaan D3 taulukon arvoilla.

Suomen rakentamismääräyskokoelma D3 asettaa raja-arvot uudisrakennusten E-luvuille. E-luvulle ei anneta alarajaa, mutta suunnittelussa laskennallisesti saatu E-luku ei saa ylittää määräyksen antamaa raja-arvoa.

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 määräaikaiset rakennukset		E-luku on laskettava, mutta sille ei ole asetettu vaatimusta

Kuvio 2. E-luvun raja-arvot

Luokassa 1 on eriteltyinä pientalot, hirsitalot ja rivi- ja ketjutalot kolmeen erilliseen kategoriaan, joista kaksi ensimmäistä sisältävät E-luvun riippuvuuden

lämmitettyä nettoalaa kohden. Rakenteellisista eroavaisuuksista luokan eri talotyyppien välillä ja talotyyppien monimuotoisuudesta johtuen E-lukua on tässä kyseisessä luokassa laajennettu soveltumaan käytännön tilanteisiin paremmin antamalla raja-arvot kullekin talotyypille erikseen. Hirsitaloille asetettujen U-arvojen vuoksi niiden E-luvut poikkeavat perinteisistä pientaloista. Muille luokille on asetettu yksi raja-arvo, jonka alapuolelle uudisrakennuksien suunnittelussa on päästävä.

1.4 Rakennusten energiatehokkuus

Kaikesta rakentamiseen liittyvästä energiantuotosta, lämmön- ja sähkönkulutuksen osuus tuotetusta primäärienergiasta on yli 40 prosenttia /12/. Rakennusten suunniteltu käyttöikä on 50–100 vuotta, mikä tarkoittaa, että rakennuksilla on pitkäaikaisia vaikutuksia tulevaisuuteen energian käytössä. Energiatehokkuuden parantamisen kannalta eräs keskeisin ala Suomessa on rakennus- ja kiinteistöala. Lämmitysenergia muodostaa noin puolet asuinrakennusten energiankulutuksesta ja sähkönkulutus kolmanneksen, sisältäen valaistuksen ja muut sähkölaitteet. Lämmitysenergian kulutus jakautuu kolmeen samansuuruiseen lohkoon, joita ovat ilmanvaihto, käyttöveden lämmitys ja johtumishäviöt. Johtuminen on lämpöenergian tapa tasoittua materiaalin sisällä. Rakennuksissa se tarkoittaa, että sisälle tuotettu lämpöenergia pyrkii poistumaan vaipan läpi pois päin rakennuksesta. Johtumishäviöihin vaikuttavat vaipan materiaalit ja sen kyky vastustaa johtumista, kuten tiiviit materiaalit ja hyvä eristävyys /13/.

Vuotokohdista sekä rakennusvaipan että tilojen välisten rakenteiden läpi tapahtuvat ilmavirtaukset eivät saa aiheuttaa merkittäviä haittoja rakennuksen käyttäjille, rakenteille tai rakennuksen energiatehokkuudelle. Siksi rakenteiden liitosten ja läpivientien suunnitteluun tulee kiinnittää erityistä huomiota sekä pyrkiä huolellisuuteen rakennustöissä. Rakenteet on tarvittaessa tiivistettävä erillisellä ilmansululla. Seinän, yläpohjan ja alapohjan eli rakennuksen vaippaan kuuluvaan tai puolilämpimään tilaan rajoittuvan rakennusosan, lämmönläpäisykerroin saa olla enintään $0,60 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$. Lämpimässä tilassa

olevan oven, ikkunan, tai umpinaisen savunpoisto- ja uloskäyntiluukun lämmönläpäisykerroin saa olla enintään $1,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ ja puolilämpimässä sijaitsevien enintään $2,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$. /1, 10–11/.

1.5 Lämmitysenergia ja omavaraisuus

Ostoenergialla tarkoitetaan rakennuksen energiaa, joka hankitaan rakennukseen keskeisesti tuotettuna, esimerkiksi sähköverkosta, kaukolämpöverkosta, kaukojäähdytysverkosta ja näihin mukaan luettuna myös uusiutuvasta tai fossiilisesta polttoaineesta saatua paikallista energiaa. Ostoenergia koostuu rakennuksen kaikista energiankulutuksista energiamuodoittain eriteltynä. Näitä kulutuksia ovat lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutus, joissa on otettu huomioon vähennykset uusiutuvasta omavaraisenergiasta /1, 6/.

Omavaraisenergia on paikallisesti, esimerkiksi rakennuksen tontilla, tuotettua uusiutuvaa lähienergiaa. Omavaraisista energiamuodoista esimerkkeinä mainittuna ovat tuulivoima, lämpöpumppu tai aurinkoenergia, jos rakennuksessa on järjestelmä näiden hyödyntämiseen. Paikallinen energia pienentää sen siirtämiseen ja säilömiseen kulunutta energiaa, mutta vaatii useasti kalliita investointeja rakennusvaiheessa. /1, 7/.

Ostoenergiasta vähennetään suoraan kaikki mahdollinen omavarainen energiantuotto, pois lukien uusiutuvat polttoaineet. Ostoenergiiaan voidaan vaikuttaa vähentävästi myös suunnitteluajkaisilla ratkaisuilla, kuten rakennuksen ikkunoiden oikealla sijoittelulla, tai muilla rakenteellisilla ratkaisuilla, mutta on pidettävä huolta, ettei rakennus pääse lämpiämään haitallisesti kesäaikaan. Auringon tuottamaa ilmaista lämmitysenergiaa laskupohjassa käsitellään ikkunoiden sijoittelun ja niiden pinta-alan kautta. Tähänkin yksityiskohtaan täytyy suunnittelussa ja rakentamisessa kiinnittää huomiota. Ensisijaisesti tilojen yllämpiämisen estämiseksi käytetään passiivisiä ja rakenteellisia keinoja. Karmirakenteet, kaihtimet, markiisit ja paksut verhot vähentävät auringon läpäisyä rakennuksen sisälle. Rakennuksen käyttäjät, ihmiset, tuovat myös rakennukseen oman lämpökuormansa, joka vähentää tilojen lämmitystarvetta,

mutta nostaa vuorostaan ilmanvaihdon ja mahdollisesti jäähdytyksen tarvetta. /1,
9/.

2 RAKENTEET JA LÄMPÖ

Tässä kappaleessa selvitetään lämpöhäviöiden merkitys rakenteiden toimivuuden kannalta ja rakenteiden mahdolliset vauriot.

2.1 Lämmitys-, jäähdytys- ja kuluttajalaitteiden käyttämä energia

Lämmityshäviöiden laskenta on tärkeä osuus, mutta pelkästään näiden tietojen avulla rakennuksen kokonaisenergia ei ole vielä selvillä, vaan seuraavaksi halutaan selvittää, kuinka paljon energiaa sähkölaitteet rakennuksen sisällä kuluttavat. Tähän lasketaan mukaan myös mahdolliseen jäähdytykseen käytettävä energia. Asuinrakennusten sähkönkulutus on noin kolmannes kokonaisenergiasta. Rakennuksen sähkönkulutus koostuu pääasiassa kolmesta laiteryhmästä, jotka ovat valaistus, kylmälaitteet ja muu kuluttaja elektroniikka. Energiatehokkaat kodinkoneet ovat pienentäneet sähkönkulutusta, mutta vastavuoroisesti viihde- ja tietotekniikkalaitteiden määrä on kasvanut merkittävästi. Kotitaloussähkön kulutus on kasvanut eniten omakotitaloissa. Tähän vaikuttavat viihde- ja tietotekniikkalaitteiden lisäksi koneellisen ilmanvaihdon, sekalämmitysjärjestelmien ja lattialämmitysjärjestelmien yleistyminen /14/.

Lämmitysjärjestelmien ja ilmanvaihtokoneiden suurista käyttötunneista johtuen, niiden energiategokkuuteen kannattaa kiinnittää huomiota. Puhaltimet ja erilaiset kiertovesipumput ovat usein päällä ympäri vuoden. Kesällä valaistukseen ja lämmitykseen käytetään huomattavasti vähemmän energiaa kuin talvisin, johtuen pitkistä valoisista jaksoista ja ulkolämpötilan pysytellessä ympäri vuorokauden yli 20 °C. Mahdollisen ilmastoinnin ja jäähdytyksen käyttämä osuus kulutetusta energiasta kasvaa, sillä aurinko nostaa lämpötilaa myös sisällä. Laitteiden käyttö, sijoitus ja niiden tarvitsemat säännölliset huollot vaikuttavat oleellisesti niiden todelliseen kulutukseen /1, 19/.

2.2 Rakenteet ja kosteus

Kerättyjen lähtötietojen avulla lasketaan, paljonko rakennuksen vaipan läpi poistuu lämmitysenergiaa, joka ilmoitetaan rakennuksen lämpöhäviöinä.

Lämpöhäviöt ovat rakennuksen rakenteiden kosteusteknisen toimivuuden kannalta isossa roolissa. Vaipan läpi kulkeutuvan lämpövirran on esimerkiksi pidettävä rakennuksen perustukset sulana yhdessä routaeristeiden kanssa. Pystysuuntaisten ulkoseinärakenteiden eristekerrosten kasvattaminen ei ole energiansäästön kannalta pysyvä ratkaisu, sillä rakenteen läpi kulkevan kostean ilman ei tulisi jäähtyä liian aikaisin lähestyessä kylmempää ulkopintaa. Eristekerroksen kasvattaminen hidastaa diffuusion aiheuttamaa sisältä ulospäin virtaavan lämpövirran määrää, mikä vuorostaan laskee ulkoseinän lämpötilaa, joka taas aiheuttaa kosteuden kondensoitumista mahdollisesti väärässä paikassa, suhteellisen kosteuden noustessa 100 prosenttiin.

Kosteuspitoisuuden kohoaminen ja riittävä lämpötila tarjoavat erilaisille homesienille kasvuolosuhteet, josta aiheutuu erilaisia asumismukavuutta heikentäviä ongelmia ja mahdollisesti jopa terveyshaittoja. Alipaineistetussa talossa konvektion eli ilmanpaine-eron vuoksi, rakenteiden läpi virtaa rakennuksen sisälle ilmaa, joka saattaa lisätä sisäilman mikrobien määrää, mikäli seinärakenteeseen on päässyt syntymään homekasvustoja. Tästä syystä kosteuden hallitsemisessa höyrynsululla on suuri merkitys rakenteessa. Diffuusion aiheuttaman kosteusvirran mukana sisältä kulkeva kosteus pysäytetään lähellä lämmintä sisäpintaa höyrynsululla, jolloin se ei pääse tiivistymään rakenteen sisälle vedeksi ja rakenteen riittävällä tuuletuksella vähennetään ulkoa tuodun kosteuden määrää. Rakenteiden toimivuus varmistetaan rakenteen diffuusiovastuksen pienentämällä sisältä ulkoa päin, siten että suurin vastus on lähellä lämmintä ilmaa ja rakenteen ulkopinnassa sijaitsevan tuulensuojan diffuusiovastus on pienin, että rakenteeseen kertynyt kosteus voitaisiin tuulettaa pois. (Liite 3).

2.3 Kosteudesta aiheutuvia vaurioita

Rakennuksen käyttämää energiaa voidaan ajatella myös sijoituksena rakennuksen elinikään, sillä rakenteiden rapautuminen, rakennusmateriaalista riippumatta, alkaa yleensä siitä, kun rakenteeseen pääsee haitallinen määrä kosteutta. Tarkoituksena ensisijaisesti on varmistaa rakenteiden kosteustekninen toimivuus,

mutta rakennuksen käytöstä rakenteisiin joutuu vääjäämättäkin kosteutta. Rakennukseen tuotetulla energialla kasvatetaan sisäilman lämpötilaa, mikä sitoo itseensä kosteutta, joka siirretään ilmanvaihdolla ulos rakennuksesta. Alipaineistuksella rakenteen sisältä saadaan kuivatettua sinne joutunut kosteus, mikä asettaa rakennuksen ikkunoiden ja ovien tiivistämiselle vaatimuksia. Tiiviillä rakennuksella ilmavirta saadaan tuotua rakenteiden läpi, eikä korvausilma kerääny pelkästään ikkunoiden ja ovien raoista.

Mekaanisilla ratkaisuilla ennalta ehkäistään ulkoa kohdistuvan rasituksen määrää. Varsinkin julkisivuilla vedenpoistojärjestelmät, kuten räystäsrakenteet, ikkunapellit ja syöksytorvet, ovat iso tekninen ratkaisu julkisivujen kestävyuden kannalta. Eri rakennusmateriaalit kestävät kosteutta eri määriä ja rapautuminen on kullekin rakenteelle yksilöllistä. Puurakenteisissa ratkaisuissa kosteus ja vesi altistavat sen home- ja lahottajasierille, jotka käyttävät puuta ravintonaan, mikä heikentää sen lujuutta.

Betonissa kosteus on osallisena sekä karbonatisoitumisessa että pakkasrapautumisessa. Karbonatisoituminen on kemiallinen reaktio, joka ilman hiilidioksidin ja betonin sidosaineena toimivan sementin alkalisten hydroksidien kohdatessa vesiliuoksessa aktivoituu. Karbonatisoituminen on betonin yksi ominaisuus, sillä se tiivistää betonia ja hidastaa karbonatisoitumisen etenemistä, mutta edetessään syvemmälle karbonatisoitunut betoni menettää alkalisuuttaan ja tämä altistaa sen sisällä suojassa olevat teräkset korroosiolle eli ruostumiselle. Jos rakenne toimii oikein, eli ei päästä sisäänsä haitallisia määriä kosteutta, sen käyttöikä kasvaa ja siihen käytettävä korjaustarve alenee. Julkisivuja rasittaa biologisten vaurioiden lisäksi säärasitukset, kuten pakkasen ja auringon UV-säteily. Vesi voi aiheuttaa rapautumista jäätyessään pakkasella. Jäätyessään vesi laajenee ja jos laajeneminen ei ole mahdollista, niin nämä pakkovoimat purkaantuvat lohkeamilla tai repeytymisillä. Esimerkiksi rapautumista auringon ultravioletti-säteilystä tapahtuu orgaanisissa materiaaleissa ja erilaisissa öljypohjaisissa tuotteissa /14/.

3 LASKENTAPOHJA

Tämän opinnäytetyön varsinainen työ on uudistetun rakentamismääräyskokoelman (RakMK) osan D3 ja vuoden 2007 D5 mukaisten määräysten täyttävä laskentapohja Microsoft Officen Excel- taulukkolaskentaohjelmalla. Valmiin laskupohjan on tarkoitus mahdollistaa kaikkien yhdeksän erilaisen rakennustyyppin kokonaisenergiantarpeen laskenta ja ottaa huomioon rakennustyyppistä johtuvat muuttujat laskennan aikana. Laskupohjaan täytetään lähtötiedot ohjeiden mukaisesti ja valitaan laskentaan vaikuttavat muuttujat, sen mukaan kuinka ne laskettavassa kohteessa on. Laskun kulku on esiteltyä yksityiskohtaisesti RakMK:n osissa D3 ja D5. Lyhyesti selitettynä laskupohja tarkastelee annetuilla lähtötiedoilla, paljonko uudisrakennus kuluttaisi energiaa. Tämä koostuu rakennuksen lämmitys-, laitesähkö- ja jäähdytysenergian kulutuksen summasta. Lämmitysenergia sisältää käyttöveden ja tilojen lämmitystarpeen ja lisäksi voidaan hyödyntää rakennuksen sisäisiä lämpökuormia, kuten auringon säteilyenergiaa /2, 10/.



Kuvio 3. Rakennuksen kokonaisenergian laskennan vaiheet

3.1 Rakennuksen jäähdytys ja kuukausitason laskenta

Jäähdytysenergian laskenta on toteutettu laskupohjassa yksinkertaistettuna RakMK:n osan D5 mukaisesti kuukausitason laskentamenetelmällä. Kylmäntuottoenergiaan vaikuttavat kuukauden keskimääräinen sisäilman lämpötila, jäähdytysenergian nettotarve ja jäähdytysjärjestelmän hyötysuhde. Laskentatyökalusta, joka pystyy ottamaan huomioon ajasta riippuvaisena rakenteiden lämmönvarausominaisuuden, käytetään termiä dynaaminen laskentamenetelmä ja menetelmän kelpoisuus tulee osoittaa. Kuukausitason menetelmää voidaan käyttää rakennuksiin, joissa ei ole jäähdytystä tai sitä on vain yksittäisissä tiloissa /2, 69–71/.

3.2 Laskuesimerkki

Alla on esitettyä kuvankaappauksina lähtötiedot ja tulokset laskentapohjasta, tarkoituksena selventää opinnäytetyön varsinaisen työn ulkoasua ja siitä saatavaa tietoa. Opinnäytetyö ei toimi laskentapohjan käyttöohjeena, eikä opinnäytetyön julkaisussa ole laskentapohjaa tiedostomuodossa, vaan pelkästään kuvina. Laskentapohjan käyttö- ja levitysoikeudet täten pysyvät työn tekijällä. Tarkistukseen käytetyn vähäisen ajan vuoksi laskentapohjassa lienee mahdollisesti vielä joitakin puutteita ja eri asetuksia muuttelemalla ja syöttötietoja vaihtelemalla saattanee siinä esiintyä mahdollisesti vielä laskuvirheitä. Täten vastuu tulosten oikeellisuudesta ja niiden käyttämisestä esimerkiksi energiatodistuksen hankkimisessa on laskupohjan käyttäjällä, ei sen tekijällä.

Esimerkkirakennuksen lähtötiedot ovat kuviteltuja normaaleja kaksikerroksisen pientalon suunnitteluarvoja. Rakennuksen lämmitetty nettoala on 150 neliometriä ja rakenteellisista yksityiskohdista valittu alapohja maanvastaisena, salaojitetun soran päälle ja rakenteet kevytrakenteiset. Lämmitysmuotoina rakennuksessa on puutulisija ja sähköinen lattialämmitys. Lähtötiedot-välilehti sisältää useita muitakin kaavoihin vaikuttavia pudotusvalikoista valittavia vaihtoehtoja ja standardikäytöstä riippuvaisia tekijöitä, mitkä vaikuttavat laskennallisesti lopputulokseen, eli E-lukuun. Laskentapohjassa käytetyt laskukaavat löytyvät Suomen rakentamismääräyskokoelman normeista D3 ja D5, jotka ovat myös

opinnäytetyön liitteenä, mutta laskentapohjassa niitä ei käyttäjälle anneta tarkasteltavaksi, vaan ovat suljettu salasanalla välilehden taakse tekijänoikeudellisista syistä. Käyttäjälle jää avonaiseksi lähtötietojen syöttämiseksi ja tulosten tulkitsemiseksi kaksi välilehteä, joiden avulla E-luku on laskettavissa.

3.3 Käyttäjälähtöisyys

Laskentapohjassa käytetään käyttäjää helpottavaa väritystä. Lähtötiedot-välilehdellä tekstiselitteet ovat sinisävyiset ja pudotusvalikot vaalean vihreät. Pudotusvalikoista tulee käyttäjän valita laskettavaa rakennusta vastaavat tiedot. Harmaana ovat väritettynä ne solut, joihin ei käyttäjä voi vaikuttaa, kuten esimerkiksi standardikäytöstä tulevat lähtötiedot. Tulokset-välilehdellä yleisilme on vihreä. Välilehden muu ilme on hyvin sama kuin lähtötiedoilla, mutta pudotusvalikkoja ei ole, vaan kaikki tiedot tulevat joko suoraan lähtötiedoista, tai niiden ja kaavojen avulla lasketuista laskuista.

Käyttäjän avuksi laskentapohjasta löytyy myös soluista kommentteja, jotka ohjaavat laskentapohjan käyttöön ja solujen täyttämiseen. Myös varsinaisissa laskuosuuksissa dokumentointia ja välivaiheita on kommentoitu ajatuksena työn tekeminen pitkällä aikavälillä ja siihen palaaminen mahdollisesti myös myöhemmin jatkokehitysmielessä.

3.4 Laskennan tulos

Tulokset-välilehdellä voidaan myös uusiutuvista energianlähteistä rakennukseen tai sen läheisyyteen kuuluvalla laitteistolla tuotetulla uusiutuvan energian määrällä, laskennallisesti vähentää rakennuksen ostoenergiaa. Vähennys pienentää myös siten E-lukua. Uusiutuvalla energialla voidaan kompensoida joitakin rakennuksen vähemmän energiatehokkaita osa-alueita. Uusiutuvasta omavaraisenergiasta esimerkkeinä ovat aurinkopaneeleista ja – keräimistä saatu energia, paikallisesti tuotettu tuulienergia ja mahdollisen lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia.

Rakennuskohde				
Osoite	Esimerkkiosoite 1 A1			
Rakennuksen käyttötarkoitus	1. Pientalo			
Rakennetyyppi	Kevytrakenteinen	40	Wh/(brm ² K)	
Säilyvyshyke	I	Maalaji	salaojitettu sora	
Rakennusvuosi	2013	Kerrostien lkm	II	krs
Lämmitetty nettoala ja bruttopinta-ala	150	m ²	A _{br}	165 m ²
Rakennuksen vaipan pinta-ala	332	m ²		
Ilmanvuotoluku q ₅₀	2,0	m ³ /(h m ²)		
Rakennusvaipan umpiosat				
	A [m ²]	U [W/(m ² K)]	%	U A [W/K]
Ulkoseinät	140	0,17	37,4	23,8
Yläpohja	96	0,09	25,7	8,64
Alapohja (maanvastainen)	96	0,09	25,7	8,64
Ikkunat	35	1	9,4	35
Ulko-ovet	7	1	1,9	7
Yhteensä	374	m²		
Ikkunat ilmansuunnittain				
	Yksipuitteinen, kolmilasinen ikkuna, matalaemissiviteettipinnoite			
	A [m ²]	U [W/(m ² K)]	g-arvo	Ekohitsuure
Pohjoinen	10	1,1	0,45	0,5
Koillinen	0	1,1	0,45	0,5
Itä	5	1,1	0,45	0,5
Kaakko	0	1,1	0,45	0,5
Etelä	15	1,1	0,45	0,5
Lounas	0	1,1	0,45	0,5
Länsi	5	1,1	0,45	0,5
Luode	0	1,1	0,45	0,5
Auringonsäteilyn korjauskertoimet				
	Ikkunan ilmansuunnat	Pohjoinen	Itä ja Länsi	Etelä
	Ympäristön varjostuskulma	0°	35°	20°
	Yläpuolinen varjostuskulma	45°	0°	0°
	Sivuvarjoituskulma	0°	25°	20°
	Verhokerroin	Värikkäät tekstiiliverhot sisäpuolella		0,7
	Kehäkerroin	Paksut karmirakenteet		0,65
Ilmanvaihtojärjestelmä				
	Ilmavirta tulo/poisto	Järjestelmän SFP-luku	LTO:n lämpötilasuhde	Jäätymisen esto
	[m ³ /s]	[kW/(m ³ /s)]	-	[°C]
	Pääilmanvaihtokoneet	0,07	1,5	0,65
	Erillispoistot			
	Ilmanvaihtojärjestelmät			
Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmä				
	Järjestelmä polttoaine	Puu, Tulisija		
		Pilkkeet (havu- ja sekapuut)		
	Tuoton hyötysuhde	Lämmitysjärj. hyötysuhde	Lämpö-kerroin	Apulaitteiden sähkönkäyttö W
	-	-	-	
	Tilojen ja IV:n lämmitys	0,7	2	
	Lämpöpatterit	Vesiradiaattorit 90 °C/70 °C		
	Lattialämmitys	Sähköinen lattialämmitys		
	Alapohjassa	Kyllä	eristys [mm]	200
	Välipohjassa	Kyllä	eristys [mm]	50
	Jakojohtojen lämmöneristys	Kyllä		
	Ilmanvaihtolämmitys	Sähköinen ilmanvaihtolämmitys		
	Ilmanvaihdon tuloilman lämmitys	Keskitetty		
	Varaajatilavuus	2	m ³	
	Märkätilojen lämmityslaitte	Kyllä		
	Rakennuksen jäähdytysjärjestelmä	Ei jäähdytystä		
	Jäähdytysjärjestelmän hyötysuhde	0,7		
LKV:n käyttö				
	m ³ /(m ² a)	yhteensä m ³ /a	kWh/(m ² a)	
	Lämpimän käyttöveden käyttö	0,6	90	35
Sisäiset lämpökuormat				
	Henkilöt [W/m ²]	Kuluttajalaitteet [W/m ²]	Valaistus [W/m ²]	Käyttöaste
	3,33	3	8	0,60

Kuvio 4. Lähtötiedot-välilehti

Rakennuskohde				
Osoite	Esimerkkiosoite 1 A1			
Rakennuksen käyttötarkoitus	1. Pientalo			
Rakennusvuosi	2013			
Lämmitetty nettoala	150	m ²		
E-luku				
Rakennuksen laskennallinen E-luku	144,79	kWh/m ² a		
E-luvun raja-arvo	162	kWh/m ² a		
E-luvun erittely				
	Ostoenergia	Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus	
	kWh/a	-	kWh/a	kWh/(m ² a)
Sähkö	3416,40	1,7	5807,88	38,7
Kaukolämpö		0,7		
Kaukojäähdytys		0,4		
Fossiilinen polttoaine		1		
Uusiutuva polttoaine	31820,57	0,5	15910,28	106,1
Yhteensä		-	21718,16	144,79
Uusiutuva omavaraisenergia				
		kWh/a	kWh/(m ² a)	
Aurinkosähkö				
Aurinkolämpö				
Tuulisähkö				
Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia				
Yhteensä		0,00		0,00
Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus				
	Sähkö	Lämpö	Kaukojäähdytys	
	kWh/(m ² a)	kWh/(m ² a)	kWh/(m ² a)	
Tilojen lämmitys		83,62	-	
Tuloilman lämmitys		75,39	-	
Lämpimän käyttöveden lämmitys		64,76	-	
IV-järjestelmän sähköenergiankulutus		-	-	
Jäähdytysjärjestelmä				
Kuluttajalaitteet ja valaistus	22,88	-	-	
Energian nettotarve				
	kWh/a	kWh/(m ² a)		
Tilojen lämmitys	3980,00	26,53		
Ilmanvaihdon lämmitys	3958,08	26,39		
Lämpimän käyttöveden valmistus	5250,00	35,00		
Jäähdytys	14093,72	93,96		
Lämpökuormat				
	kWh/a	kWh/(m ² a)		
Aurinko	11267,50	75,12		
Ihmiset	2628,00	17,52		
Kuluttajalaitteet	2365,20	15,77		
Valaistus	1051,20	7,01		

Kuvio 5. Tulokset-välilehti

3.5 Tulosten tulkinta

Laskentapohjan kaavat vertaavat E-luvun raja-arvoa saatuun tulokseen ja mikäli laskennallinen luku ylittää sallitun arvon E-luvulle, laskentapohja ilmoittaa siitä punaisella huomiovärillä ja tekstillä solussa, jossa on rakennuksen laskennallinen E-luku. Mikäli luku ylittyy, käyttäjän tulee muuttaa suunnitelmia siten, että saa rakennukselleen hyväksyttävän E-luvun arvon.

Laskuista saatavien tulosten tulee ohjata tekemään oikeita ratkaisuja energiankulutuksen vähentämiseksi ja Suomen rakentamismääräyskokoelman D3 osan asettamat vertailuarvot ovat kullekin rakennustyyppille vuosittaisen kulutuksen ylärajat, joita ei saa uudisrakentamisessa ylittää. Painottamalla eri energiamuotoja saadaan rakentamista ohjattua energiatehokkuuteen ja kulutuksen pienentämiseen jo suunnitteluvaiheessa, mutta myös ohjaamaan valmiissa rakennuksissa energiataloudellisempiin ratkaisuihin esimerkiksi lämmitysmuotojen uusimisen yhteydessä. Taloudellisuutta haetaan paikallisella uusiutuvista energianlähteistä saadulla tuotannolla, kuten aurinko- ja tuulivoimalla. Energiansäästöjä pyritään myös kasvattamaan matalaenergiaratkaisuilla, kuten passiivi- ja nollaenergiataloilla. Rakennusten käyttöikä on pitkä ja uudisrakentaminen kokonaisrakennuskannasta on prosentin luokkaa, kun taas poistuma on rakennustyyppistä riippuen 0,3 % - 2 %. Tästä syystä rakennuksiin käytetyt investoinnit energiatehokkuuden kasvattamiseksi ovat sen käyttöikänsä nähden pieni investointi ja suuri hyöty ympäristön kannalta /16/.

4 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Työlle asetettu tavoite luoda taulukkolaskentaohjelmalla yksinkertainen laskentapohja kaikkien yhdeksän rakennustyyppin E-luvun laskemiseksi on saavutettu. Laskentapohja on monipuolinen apuväline uudisrakennuksen suunnitteluun ja rakennuksen lämmityslaitteiden mitoittamisessa. Laskentapohja täyttää asetetut tavoitteet, mutta se ei ole vielä täysin valmis. Laskentapohjan lisätarkistuksen ja käyttökokeiden paljastamat mahdolliset virheet huomioiden, tulokset ovat kuitenkin oikeita. Tuloksiin ja monipuolisuuteen vaikuttavat asiat ovat osittain normien kaavojen yksiselitteisyydessä ja normin säätämässä standardikäytössä. Työssä käytetyillä kaavoilla jäähdytys voidaan laskea vain kuukausitason menetelmällä. Sähkönkulutus on sisällytetty lämmöntuottoon ja laitteiden lämpökuormiin, eikä sitä ole eritelty tulokset -välilehdellä, kuin valaistuksen ja kuluttajalaitteiden osalta. Standardikäytön asettamat lähtötiedot poistavat kuluttajalaitteiden energiatehokkuuden ja säästeliään lämpimän käyttöveden kulutuksen vaikutuksen.

E-luvun laskennan muokkaamista dynaamisemmaksi jäähdytyksen osalta ja sähkönkulutuksen erittely käytetyistä sähkölaitteista riippuvaksi lienevät ensimmäiset kehitysosa-alueet. Näiden lisäksi laskentapohjan voisi laajentaa tuottamaan myös esimerkiksi rakennuksen energiatehokkuusluku ja siitä tulostussivu, jossa olisi automaattisesti päivittyvä kuvio. Rakennuksen ulkoseinien U-arvon laskentatyökalu sisällytettynä samaan laskentapohjaan toisi lisää käytettävyyttä. Lämmönläpäisykertoimet uudisrakennukselle eri rakennetyypille ovat määrättyjä, mutta siihen pääsemiseksi suunnittelijalla on useita mahdollisuuksia.

Seinäarakenteen kosteuskäyttäytymisen tutkimista lyhyemmällä aikajänteellä lienee vaikea luoda taulukkolaskentaohjelmalla, mutta tämän mahdollisuuden lisääminen laskentatyökalun rinnalle ja tietojen siirto näiden kahden työkalun välillä olisi korjausrakentamisen kannalta hyödyllinen apuväline. Huomiota tulisi kiinnittää rakenteen kuivumiseen ja kosteuden kertymiseen eri sisä- ja ulkolämpötilayhdistelmillä, mikä antaisi lisää tietoa rakenteen toimivuudesta.

LÄHTEET

- /1/ Suomen rakentamismääräyskokoelma D3 (2012). Ympäristöministeriö. LVI JA energiatalous. Viitattu 21.3.2012.
- /2/ Suomen rakentamismääräyskokoelma D5 (2012). Ympäristöministeriö. LVI JA energiatalous. Viitattu 21.3.2012.
- /3/ Ahola, V., Kuhlman, I., Luotio, J. 1999. Tietojätti. Gummerus, ISBN 951-20-5809-X. 177.
- /4/ Energian säilyminen. Helsingin yliopiston soveltavan kasvatustieteen laitos. Matemaattisten aineiden opetuksen tutkimus- ja kehittämiskeskus. Viitattu 21.3.2012.
http://www.malux.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/energia/4_energiasiirtyy.htm
- /5/ Energian tuotanto ja käyttö. EDU.fi - opettajan verkkopalvelu.
<http://www.edu.fi> Viitattu 21.3.2012.
http://www.edu.fi/yleissivistava_koulutus/aihekokonaisuudet/kestava_kehitys/teemoja/energian_tuotanto_ja_kaytto
- /6/ Suomen virallinen tilasto (SVT): Energiankulutus. ISSN=1798-6842. 2010. Helsinki: Tilastokeskus. Viitattu 20.01.2013.
http://tilastokeskus.fi/til/ekul/2010/ekul_2010_2011-12-13_tie_001_fi.html
- /7/ Suomen virallinen tilasto (SVT): Energian hankinta ja kulutus. ISSN=1799-795X. 2011. Helsinki: Tilastokeskus. Viitattu 20.01.2013.
http://tilastokeskus.fi/til/ehk/2011/ehk_2011_2012-12-13_tie_001_fi.html
- /8/ Energiatuki. Työ- ja elinkeinoministeriö. Verkkopalvelu.
<http://www.tem.fi> Viitattu 22.03.2012. <http://www.tem.fi/index.phtml?s=3091>
- /9/ Energiatehokkuus. Työ- ja elinkeinoministeriö. Verkkopalvelu.
<http://www.tem.fi> Viitattu 22.03.2012. <http://www.tem.fi/index.phtml?s=2586>
- /10/ Rakentajat huomio – rakentamismääräykset uudistuvat. 2011. Motiva Oy. Motivan verkkojulkaisu. <http://www.motiva.fi> Viitattu 23.3.2012.
http://www.motiva.fi/files/4701/Rakentamismaaraykset_tarkea_tiedotus.pdf
- /11/ Rakentamismääräykset ohjaavat energiaterhokkuuteen. 2009. Motiva Oy. Motivan verkkojulkaisu. <http://www.motiva.fi> 29.2.2012.
http://www.motiva.fi/files/1636/Rakmaarays_esite_final_sivutettu.pdf
- /12/ Energiaterhokkuus. 2011. Ympäristöministeriö. Viitattu 29.3.2012.
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=2194>

/13/ Lämmönkulutus. 2011. Motiva Oy. Motivan verkkojulkaisu.
<http://www.motiva.fi>. Viitattu 21.01.2013.
http://www.motiva.fi/koti_ ja_ asuminen/ mihin_ energiaa_ kuluu/ lammonkulutus

/14/ Sähkönkulutus. 2011. Motiva Oy. Motivan verkkojulkaisu.
<http://www.motiva.fi>. Viitattu 21.01.2013.
http://www.motiva.fi/koti_ ja_ asuminen/ mihin_ energiaa_ kuluu/ sahkonkulutus

/15/ Julkisivujen korjausopas. 1997. Julkisivuyhdistys r.y. ISBN 951-97-611-0-1
Viitattu 27.4.2012.
http://www.julkisivuyhdistys.fi/julkkari2/images/stories/File/JulkkariOpas/julksiv_uopas.pdf

/16/ Suomen toinen kansallinen energiatehokkuuden toimintasuunnitelma NEEAP-2. 2011. Työ- ja elinkeinoministeriö. Verkkopalvelu. <http://www.tem.fi>
Viitattu 22.03.2012. http://www.tem.fi/files/30406/NEEAP_2.pdf

Suomen rakentamismääräyskokoelma D3

Suomen rakentamismääräyskokoelma D5

Vinha Juha. 2012. Kosteus rakentamisessa. TTY.