



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Ehituse ja arhitektuuri instituut

REKONSTRUEERITUD KORTERELAMUTE
ENERGIATÕHUSUSE ANALÜÜS

ENERGY CONSUMPTION ANALYSIS OF
RENOVATED APARTMENT BUILDINGS

EA 70 LT

Üliõpilane: **Reet Maidre**

Juhendaja: **Anti Hamburg**

Tallinn, 2018.a.

Kokkuvõte

Uuringuobjektideks oli 6 kortermaja. Kolm neist said rekonstrueerimistoetust 25% ja kolm 40%. Toetuse andmise tingimusena pidi saavutatav energiatõhususarvu klass olema vastavalt $D \leq 180 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ või $C \leq 150 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Hoonetes rekonstrueeriti küttesüsteem, ehitati välja uus mehaaniline ventilatsioonisüsteem ja suurendati välispiirete soojapidavust.

Töö eesmärk oli hinnata energiaauditis, energiamärgise arvutusel ja ehitusprojektis toodud andmete usaldusväärsust. Dünaamilise simulatsiooniprogrammi abil luua mudelid, mille abil saaks analüüsida erinevate parameetrite mõju kütteenergia tarbele. Rekonstrueerimisjärgsete tarbimisandmete ja mõõtmistulemuste võrdlemine eelduslike projektikohaste arvutustulemustega.

Energiamärgiste arvutused oli tehtud neljal juhul ühetsoonilise arvutusprogrammiga (BV²-ga). Ühetsooniline arvutusmudel pole aga piisav, kui on eri ilmakaarde avanevad aknad. Samuti tuleks sel juhul teha eraldi keldri vahelae arvutus vastavalt standardile [12], projektides aga sellekohane info puudus. BV² puuduseks peetakse seda, et see arvestab liiga palju vabasoojuse mõju. BV² arvutuste puhul saadakse tunduvalt madalam kütteenergia vajadus. Energiamärgise arvutustes olid mõningad puudused seoses välispiiretega. Mitmel juhul oli olemasolevate välispiirete soojapidavust hinnatud paremaks, kui need tegelikult olid, ka oli puudusi külmasildade osas. Mitme hoone puhul olid need jäetud osaliselt arvestamata. Kohati oli antud väärtus liialt madal ja samas puudus projektis ka vastav arvutuskäik. Mõnel juhul oli arvutuses jäetud arvestamata olemasolevate akende soojuslähivus.

Edasine analüüs toimus dünaamilise simulatsiooniprogrammiga IDA-ICE loodud arvutusmudelite abil. Esimese mudeli (Mudel-EA) aluseks olid enegiamärgise arvutuse andmed muutmata kujul. See andis võimluse võrrelda kahe erineva arvutusprogrammi tulemusi samade sisendväärtuse korral. IDA-ICE puhul oli vastavalt hoonele kütteenergia vajadus suurem 5-25%. Mudel-P puhul lisandusid puuduolevad külmasillad ja korrigeeritud välispiirete U-arvud. Võrreldes Mudel-EA-ga suurenes kütteenergia tarve 16-28%, keskmiselt 19 kWh/(m²a). Mudel-M-i puhul muutusid ventilatsiooniõhu hulk ja

sisetemperatuur vastavalt mõõtmistulemustele. Võrreldes Mudel-P-ga vähenes hoonete 1.1-1.3 ja 2.11 kütteenergiatarve keskmiselt u 15 kWh/(m²a). Mehaanilise väljatõmbe- ja sissepuhkeventilatsiooniga hoonetel (2.4 ja 2.8) õhuhulgad oluliselt ei muutunud, seega andis Mudel-M tulemuseks keskmiselt 12 kWh/(m²a) suurema energiavajaduse. Mudel-K on kalibreeritud andmetega mudel, mille puhul mõõtmisandmetele tuginedes tuletatud tõenäolised väärtused. Viimase mudeli tulemus on eelduslikult kõige lähem tegelikule kütteenergia tarbimisele. Erinevuseks keskmiselt 5%. Mudel-K tulemuste alusel saab määrata ligilähedased tegelikud soojuskaod ja muud parameetrid.

Projekteeritud ja tegeliku kütteenergia komponendid on võrreldavad Mudel-EA ja Mudel-K põhjal. Väljatõmbeventilaatoriga süsteemi puhul (hooned 1.1-1.3) on õhuvahetuse osa keskmiselt 39 kWh(m²a), mis moodustab kütteenergia kulust u 34%. Soojustagastusega ventilatsioonisüsteemiga hoonetel (2.4 ja 2.8) on keskmine kulu 29 kWh(m²a) ehk u 37%, väljatõmbeõhusoojuspump süsteemi puhul (hoone 2.11) 12 kWh(m²a) ehk 44% kogu kütteenergia tarbest.

Enamiku hoonete (v.a 2.4 ja 2.8) puhul oli tegelik ventilatsiooniõhu hulk projekteeritud tunduvalt madalam. Mõõtmistulemustele tuginedes ei olnud siseõhutemperatuur standardkasutuse kohane, vaid jäi enamjaolt 22-23 °C vahemikku. Võrreldes energiamärgise arvutuses saadud kütteenergia kulu tegeliku tarbimisega, siis oli viimane keskmiselt 25,8 kWh(m²a) suurem.

Toetusmeetmega seatud energiatõhususklassi (D või C) nõuet täitab tegelikkuses vaid hoone 1.2. Hooned 1.1, 1.3 ja 2.4 ületavad piirväärtust ($D \leq 180$ kWh(m²a)) keskmiselt 16 kWh(m²a) ning hooned 2.8 ja 2.11 ($C \leq 150$ kWh(m²a)) keskmiselt 28,5 kWh(m²a) võrra.

Hoonete 1.1-1.3 puhul oli aastane energiasääst rekonstrueerimisega võrreldes 64,7 MWh, hoonetel 2.4 ja 2.8 95 MWh ja hoonel 2.11 148 MWh.

Summary

This research examines six apartment buildings. Three of them got financial aid 25% and other three 40% of the cost of reconstructions works. As a condition of receiving the aid they had to fill some requirements. As a result buildings had to belong to energy efficiency class accordingly $D \leq 180 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{y})$ or $C \leq 150 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{y})$. Renovation works included heating system reconstruction, construction of new mechanical ventilation system and heat transmission reduction through building envelope.

The purpose of this research was to evaluate reliability of data given in energy audits, energy calculations and building renovation projects. To create models with dynamic simulation program, which would help to analyze the impact of different parameters on heat consumption. To compare measured heat energy consumption and indoor climate measurement results with predicted energy use (from building projects).

In four cases the calculations for energy labels were made with one-zone calculation program (BV²). One-zone model is not suitable for buildings that have windows opening to different sides. As well, there should be done a special calculation for basement ceiling, according to the standard [12]. There were no related information in renovations projects. To take into account too much the impact of solar heat radiation is considered to be a lack of BV². Therefore the results often show lower heat demand. There were some shortage in calculation base data related to building envelope. In many cases U-values were evaluated lower and some thermal bridges were not included. Heat transmission of existing windows were not taken into account in some projects.

A dynamic simulation program (IDA-ICE) were used for further analyzing. Four different models were created. First model (Mudel-EA) was created with unchanged data from energy label calculations. This gave a possibility to compare the results of two different programs with the same input data. Heat demand was 5-25% higher with IDA-ICE. Corrected U-values and missing thermal bridges values were added to the next model (Mudel-P). As a result, compared to Mudel-EA, the heat demand increased 16-28%, on average $19 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{y})$. With the next model (Mudel-M) a ventilation air volume and temperature was changed according to indoor measurements. In buildings 1.1-1.3 and

2.11 the heat demand decreased averagely 15 kWh/(m²y) compared to Mudel-P. Air volumes did not change much with mechanical exhaust and supply ventilation system buildings (2.4 and 2.8). Therefore the results with Mudel-M were averagely 12 kWh/(m²y) higher on heat demand. Mudel-K is a model with calibrated values, the data is derived from the measurements. The results of Mudel-K are presumably the closest to the actual heat consumption. Difference is on average 5%. From that it is possible to determine building's approximate real heat losses and other parameters.

According to Mudel-K, with exhaust ventilator system buildings (1.1-1.3) the air exchange part is averagely 39 kWh/(m²y), which makes 34% of heat energy consumption. Buildings (2.4 and 2.8) with heat recovery ventilation systems had averagely 29 kWh/(m²y) which is 37%. With exhaust heat pump system (building 2.11) the air exchange part was 12 kWh/(m²y) or 44% of the heat demand.

In most of the cases, except for buildings 2.4 and 2.8, the actual ventilation air volume was much lower, than it was in renovation projects. According to measurements the interior temperature did not respond to a building's typical use (21 °C). Mostly it was between 22-23 °C. Compared to energy label calculations the real heat consumption was averagely 25,8 kWh/(m²y) higher.

The support measurement requirement (energy efficiency class D or C) is in reality achieved only by building 1.2. Buildings 1.1, 1.3 and 2.4 exceeds the limit (D≤180 kWh(m²y)) on average by 16 kWh/(m²y). Buildings 2.8 and 2.11 exceeds the limit (C≤150 kWh(m²y)) on average by 28,5 kWh/(m²y). In case of 1.1-1.3 achieved annual energy saving is 64,7 MWh. 95 MWh for buildings 2.4 and 2.8 and 148 MWh for building 2.11.