



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
EHITUSE JA ARHITEKTUURI INSTITUUT

KORTERMAJADE ENERGIAMÄRGISTE KONTROLL

INSPECTION OF ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATES OF APARTMENT BUILDINGS

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Karl-Sander Sempelson

Üliõpilaskood: 165149EAKI

Juhendaja: Raimo Simson, teadur

Kaasjuhendaja: Karl-Villem Võsa, doktorant

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"22." detsember 2023

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

"22" detsember 2023

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"....."20... .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Karl-Sander Sempelson (*autori nimi*)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Kortermajade energiamärgiste kontroll,
(*lõputöö pealkiri*)

mille juhendaja on Raimo Simson,
(*juhendaja nimi*)

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

22.12.2023 (kuupäev)

¹ Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingu tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtajaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Karl-Sander Sempelson, 165149EAKI
Õppekava, peaariala: EAKI02/17, Hoonete sisekliima ja veetehnika
Juhendaja: Teadur, Raimo Simson, raimo.simson@taltech.ee
Kaasjuhendaja: Doktorant-nooremteadur, Karl-Villem Võsa, karl-villem.vosa@taltech.ee

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Kortermajade energiamärgiste kontroll
(inglise keeles) Inspection of energy performance certificates of apartment buildings

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Teostada viimase nelja aasta jooksul kasutusse antud kortermajade arvutuslike energiamärgiste kontroll ja tuua välja peamised eksimused
2. hinnata võimalikku energiaklassi muutumist, vastavalt leitud vigadele ning mudeldamise tulemustele,

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Kirjanduse ülevaate koostamine, valimi kohta statistilise analüüsi ja analüüsi kokkuvõtte koostamine vastavalt energiamärgiste lähteandmetele ja arvutustulemustele.	28.09
2.	Valitud 10 kortermaja puhul energiamärgise lähteandmete ja arvutustulemuste kontrollid vastavalt ehitusloa aluseks olnud projektile ning kasutusloa aluseks olnud projektile, paigaldatud seadmete ja materjalide spetsifikatsioonidele ning mõõtmistulemustele. Ülevaatusprotokolli koostamine.	26.10
3.	Dünaamilise mudeli koostamine kolmele erinevale hoonele vastavalt kasutusloa aluseks olnud projektile, paigaldatud seadmetele ja materjalide spetsifikatsioonile. Uute energiatõhususe arvude arvutamine.	23.11
4.	Töö lõplik vormistamine ja viimistlemine, kaitsmiseks esitamine, sh plakati ja presentatsiooni slaidide koostamine.	22.12

Töö keel: eesti **Lõputöö esitamise tähtaeg:** "22." detsember 2023a

Üliõpilane: Karl-Sander Sempelson ".....".....20.....a

/allkiri/

Juhendaja: Raimo Simson ".....".....20.....a
/allkiri/

Kaasjuhendaja: Karl-Villem Võsa ".....".....20.....a
/allkiri/

Programmijuht: Martin Thalfeldt ".....".....20.....a
/allkiri/

Kinnise kaitsmise ja/või lõputöö avalikustamise piirangu tingimused formuleeritakse pöördel

SISUKORD

EESSÕNA	7
Lühendite ja tähiste loetelu	8
1. SISSEJUHATUS	9
2. HOONETE ENERGIATÕHUSUS.....	11
2.1 Kirjanduse ülevaade.....	11
2.2 Energiatõhususe kontseptsioon Eestis	12
2.3 Energiatõhususarvu arvutamine	15
3. METOODIKA.....	24
3.1 Statistiline analüüs.....	24
3.2 10 hoone dokumentatsiooni kontroll.....	26
3.3 Mudelsimulatsioonid	27
4. TULEMUSED	29
4.1 Statistiine analüüs	29
4.1.1 Järeldused.....	39
4.2 10 hoone dokumentatsiooni kontroll.....	40
4.2.1 Järeldused.....	46
4.3 Mudelsimulatsioonid	47
4.3.1 Korterelamu A45	48
4.3.2 Ridaelamu B03	53
4.3.3 Korterelamu C13	56
4.3.4 Järeldused.....	60
4.4 Soovitused.....	61
KOKKUVÕTE	63
SUMMARY.....	65
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	67
LISAD	68
Lisa 1 – Kõrvalekalded kuni 1000 m ² köetava pinnaga elamutel.....	68
Lisa 2 - Kõrvalekalded 1000-3000 m ² köetava pinnaga elamutel	69
Lisa 3 - Kõrvalekalded üle 3000 m ² köetava pinnaga elamutel.....	70
Lisa 4 – ETA arvutuse lähteandmete võrdlus A45 näitel	71
Lisa 5 – ETA arvutustulemuste võrdlus A45 näitel	72
Lisa 6 – Suvise ruumitemperatuuri kontroll A45 näitel.....	73

EESSÕNA

Käesolev magistritöös teostati arvutuslike energiamärgiste kontroll 104-le korter- ja ridaelamule, millele on väljastatud kasutusluba aastatel 2021 kuni 2023. Lõputöö on valminud Tarbijakaitse ja Tehnilise järelevalve Ameti algatusel, kes esitas probleemi püstituse ning hoonevalimi kontroll teostamiseks. Kontroll teostati ehisregistrist avalikult kättesaadava dokumentatsiooni põhjal.

Töö koostamisel osutas omapoolset abi Tarbijakaitse ja Tehnilise järelevalve Ametit esindanud Priit Pallu ja Riina Tamm ning teadur Raimo Simson, professor Martin Thalfeldt, doktorandid Karl-Villem Võsa ja Siim Lomp Tallinna Tehnikaülikoolist. Tänan kõiki panustatud aja eest käesoleva töö valmimisse.

Võtmesõnad: energiamärgis, korterelamu, ridaelamu, energiatõhususarv, magistritöö

Lühendite ja tähiste loetelu

EHR – Ehitisregister

EIM – Ettevõtlus- ja infotehnoloogiainister

EL – Euroopa Liit

ETA – Energiatõhususarv, kWh/(m²a)

IDA ICE – (ingl k) *IDA Indoor Climate and Energy* - simulatsioonitarkvara

MTM – Majandus- ja taristuminister

SFP – (ingl k) *Specific Fan Power* - ventilaatori elektriline erivõimsus, kW/(m³/s)

PV-paneelid – päikesevalgus paneelid

TTJA - Tarbijakaitse ja tehnilise järelevalve amet

1. SISSEJUHATUS

Eesti hoonete energiatõhususe poliitika ja seadusandluse kujundamisel lähtunud Euroopa Liidu direktiivist 2010/31/EL [7]. Vastavalt Ehitusseadustiku [1] paragrahvile 65 peab ehitatav uus või oluliselt rekonstrueeritav hoone ehitamise või rekonstrueerimise järel vastama energiatõhususe miinimumnõuetele [2] ning vastavust tõendatakse energiamärgisega. Energiamärgised arvutatakse vastavalt majandus- ja taristuministri määrusele nr. 58 „Hoone energiatõhususe arvutamise meetodika“ [3]. Kortermajade energiatõhusus ja keskkonnasõbralikud lahendused on kinnisvaraturul lisaks asukohale üks olulisemaid müügiargumente [4] ning lisaks nõudlusele [5] uute korterelamute järele, on kasvanud ka kortermajade turuhinnad. Riikliku kohustuse, kallinenud ehitushindade ning muude tegurite tõttu võib olla tekkinud olukordi, kus esineb ebakõlasid energiamärgise ja projekti osade vahel, mis omakorda võivad põhjustada kõrvalekaldeid arvutuslikust energiatõhususest ning päädida miinimumnõuete mittetäitmisega.

Viimastel aastatel energiamärgiseid süstemaatiliselt kontrollitud ei ole, kuid vajadus selleks on selgelt olemas. Muutunud on nii miinimumnõuded kui meetodika ning energiatõhususspetsialistide koolitusele on rohkem tähelepanu pööratud. Sellegi poolest on nii erialaliitudest, meediast kui äärmuslikel juhtudel ka kohtutest läbi käinud energiatõhususe ja energiamärgistega otseselt või kaudselt seotud vaidlusi, mis on püstitanud küsimusi energiamärgiste kvaliteedi üle. Viimane suurem hoonetega seotud energiamärgiste kontroll, mille tulemusena esitati ettepanekuid energiamärgise arvutamise protsessis, toimus 2016. aastal, kus kontrolliti väikeelamuid, korterelamuid ja büroohooneid [6]. Vahepealse ajaga on hoonete energiatõhusust ning turgu üldiselt puudutavad tegurid palju muutunud.

Lõputöö eesmärgiks on viimase nelja aasta jooksul kasutusloa saanud kortermajadele ja ridaelamutele teostada arvutuslike energiamärgiste kontroll ning hinnata märgiste vastavust valmis ehitatud hoonetele ja seaduses kehtivatele nõuetele. Töös on uuritud energiamärgiste arvutuste aluseks võetud lähteandmete ja kasutatud arvutusmeetodika vastavust kehtivates määrustes sätestatud nõuetele, lähteandmete vastavust ehitusprojektis kajastatud andmetele, välja toodud ja analüüsitud peamisi kõrvalekaldeid ning mõju hoone arvutuslikule energiatõhususele ning võimalikku mõju lõpptarbijale. Analüüsitud arvutuslikud energiamärgised ning vastavate hoonete ehitusprojektid on alla laetud ehitisregistrist. Hoonete valim on koostatud Tarbijakaitse ja Tehnilise Järelevalve Ameti poolt ning hooned on jagatud köetava pinna alusel kolme gruppi: köetava pinnaga kuni 1000m², köetava pinna suurus vahemikus 1000 m² – 3000 m² ning köetava pinnaga üle 3000 m². Töö põhiosa on jaotatud kaheks. Esimeses osas

antakse ülevaade meetodikast, kuidas ja mille alusel kontrolli teostati. Teises osa analüüsitakse tulemusi ning hinnatakse mõju hoone tarbijale. Energiamärgiste kontroll hõlmab endas peamiselt hoonete energiamärgiste ja dokumentatsiooni statistilist analüüsi. Lisaks luuakse kolmele kortermajale dünaamiline mudel kasutades IDA ICE programmi, arvutatakse välja uued energiatõhususarvud ning kõrvutatakse neid hoonele väljastatud energiamärgistega. Lõpetuseks antakse soovitusi, kuidas muuta energiamärgiste kontroll tulevikus efektiivsemaks.

2. HOONETE ENERGIATÕHUSUS

2.1 Kirjanduse ülevaade

Viimastel aastatel energiamärgiseid süstemaatiliselt kontrollitud ei ole, kuid vajadus selleks on selgelt olemas. Peamiselt on keskendutud ühe hoone energiatõhususe analüüsile või energiatõhusale renoveerimisele [8]. Viimane suurem hoonetega seotud energiamärgiste kontroll, mille tulemusena esitati ettepanekuid energiamärgise arvutamise protsessis, toimus 2016. aastal, kus kontrolliti väikeelamuid, korterelamuid ja büroohooneid [6]. Vahepealse ajaga on hoonete energiatõhusust ning turgu üldiselt puudutavad tegurid palju muutunud. Muutunud on nii miinimumnõuded kui meetodika ning energiatõhususspetsialistide koolitusele on rohkem tähelepanu pööratud. Kuigi energiatõhususe tõendamine on Eestis erinevate instantside poolt väga hästi toetatud, leidub omajagu kitsaskohti, mis vajavad parandamist ning mille tõttu tuleb energiamärgiseid sügavamalt analüüsida.

2019. aastal andis TTJA välja juhendmaterjali eluhoonete arvutuslike energiamärgiste kontrollimiseks, kuid see ei tähenda, et viimase nelja aasta jooksul ei oleks väljastatud energiamärgiseid, mille lähteandmeid ja arvutustulemused ei ole korrektsed. Kortermajade projekteerimise lihtsustamiseks on Kredex koostanud kortermajadele mitmeid juhendeid, mis käsitlevad piirdetarindeid [9], valgustust, tehnosüsteeme, lokaalset taastuenergiat jm [10].

Eestis kasutatakse ehitiste kohta informatsiooni esitamiseks ja hoiustamiseks ning erinevate lubade taotlemiseks Ehitisregistrit. 2023. aastal kaitsti TalTechis magistritöö, mis hindas EHR-i andmete korrektsust ja kvaliteeti andmeanalüüsi allikana [11].

2019. aastal uuriti Ühendkuningriigis sealsete hoonete energiatõhusust [12]. Leiti, et vähemalt kolmandik energiamärgised sisaldab vigu ja vead on enamasti kergesti avastatavad. Kõrvalekallete tulemusena väheneb hoonete energiatõhusus keskmiselt 4 punkti võrra. Kõrvalekallete iseloomu arvestades usutakse, et masinlugemine omab potentsiaali vigade leidmisel ja parandamisel.

2022 avaldatud uuringus nähtub, et energiamärgis ei oma üksi hoone hinna kujunemisel suurt rolli [13]. Kui arhitektuur ja asukoht on sobilikud, tõstab hoone energiaklassi tõus ühe klassi võrra hoone hinda 7,5%.

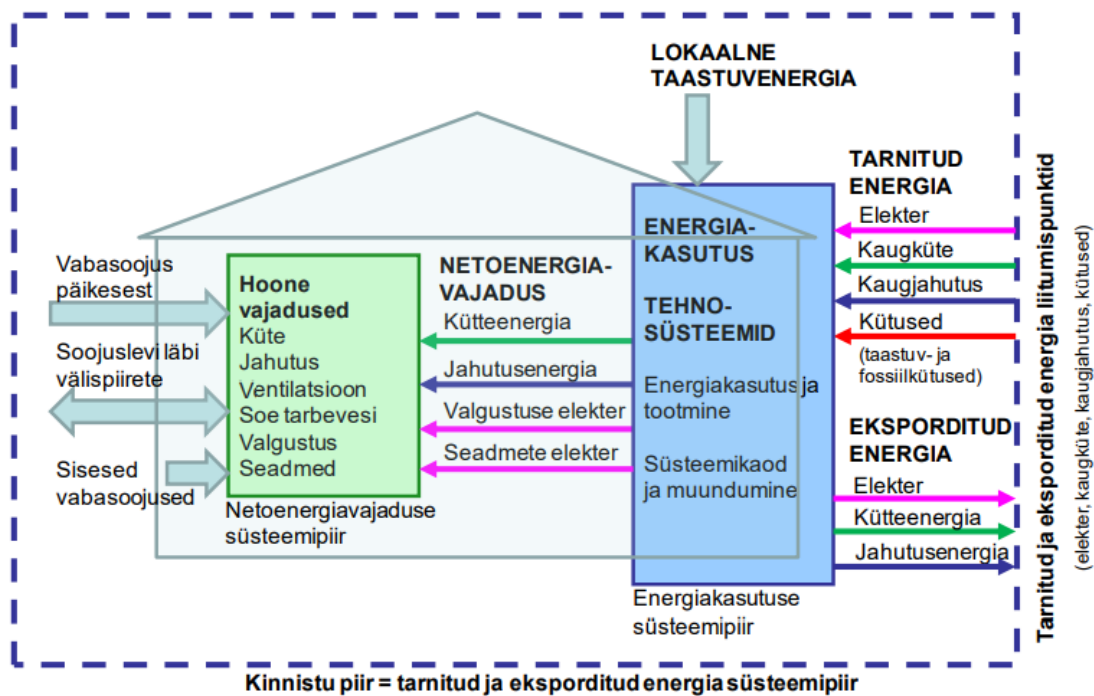
2021. aastal uuriti Baskimaal energiamärgiste kvaliteeti [14]. Leiti, et ebatäpsusi esineb umbes 78% märgistest. Uuringu tulemustes, et valdavalt ei ole tegemist märgiseväljastaja tahtliku rikkumisega, vaid väärtuste valesti mõistmise küsimus.

Soovitati märgiste väljastajate täpsemat väljaõpet ning kontrolli efektiivsemaks muutmist.

2.2 Energiatõhususe kontseptsioon Eestis

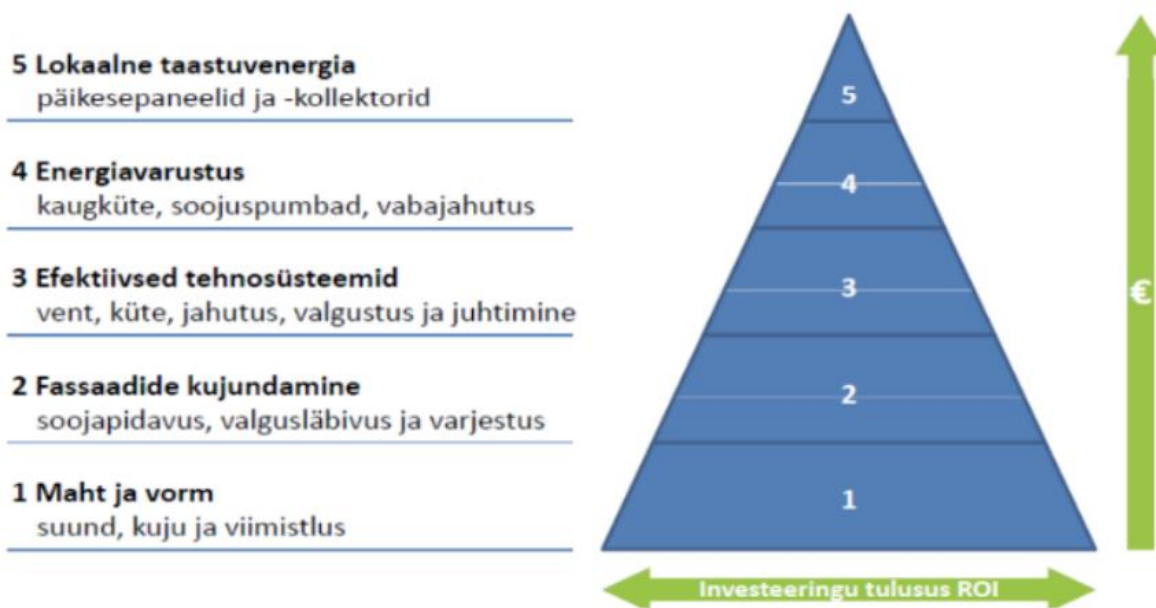
Tulenevalt Euroopa Liidu Hoonete Energiatõhususe Direktiivist [7] on EL liikmesriigid, sealhulgas Eesti, kohustatud järgima energiatõhususe nõudeid. Seetõttu peab vastavalt Ehitusseadustiku paragrahvile 65 ehitatav uus või oluliselt rekonstrueeritav hoone ehitamise või rekonstrueerimise järel vastama energiatõhususe miinimumnõuetele ning vastavust tõendatakse energiamärgisega. Energiamärgis on dokument, mis annab informatsiooni projekteeritava või olemasoleva hoone projekteeritud või tegeliku energiatarbimise kohta [1]. Energiamärgised arvutatakse vastavalt majandus- ja taristuministri määrusele nr. 58 „Hoone energiatõhususe arvutamise metoodika“.

Hoone energiatõhusus on energiamärgises toodud energiatõhususarvuna. Energiatõhususarv on arvutuslik summaarne tarnitud energiate kaalutud erikasutus hoone tüüpilisel kasutusel, mis kajastab hoone kompleksset energiakasutust nii sisekliima tagamiseks, tarbevee soojendamiseks kui ka olme- ja muude elektriseadmete kasutamiseks hoone kōetava pinna ruutmeetri kohta hoone tüüpilisel kasutamisel ja mida väljendatakse kilovatt-tundides hoone kōetava pinna ruutmeetri kohta aastas (kWh/m²a) [3]. Hoone energiatõhususarvu leidmisel arvutatakse hoone summaarne energiakasutus, määratakse taastuenergia tootmise, taastuenergia kasutamise ja ekspordi maht ning korrutatakse vastava kaalumisteguriga. Hoone tarnitud ja eksporditud energia süsteemi piir on toodud joonisel 1.



Joonis 1. Tarnitud ja eksporditud energia süsteemi piir

Kaalutud summaarse energiatarbe järgi hoone energiatõhususe hindamine tähendab seda, et energiatõhusa hoone kavandamisel tuleb arvestada mitmete erinevate faktoritega ning ei piisa ainult ühe komponendi (fassaadi soojapidavus, efektiivsed tehnosüsteemid jne) energiatõhusaks muutmisest. Alljärgnev joonis 2 näitab, missuguses järjekorras tuleks eelistatavalt hoonet projekteerida ja missugune on mõju hoone energiatõhususele.[9]



Joonis 2. Energiatõhususe kavandamise püramiid

Alates 1. jaanuarist 2020 peavad kõik uued ehitatavad hooned, v.a. <220m² köetava pinnaga väikeelamud, vastama liginullenergiahoone nõuetele. Liginullenergiahoone nõuetele vastamiseks võib kasutada teatud mahus lokaalse taastuvenergia tootmisega. Lokaalse taastuvenergia kasutamisel peab hoone vastama taastuvenergiat arvestamata madalaenergiahoone nõuetele. Kui lokaalse taastuvenergia tootmine ei ole majanduslikult põhjendatud või tehniliselt teostatav, ei rakendata liginullenergia nõuet, vaid madalenergiahoone nõuet [2]. Seega peavad kõik uued hooned vastama vähemalt madalenergiahoone nõuetele.

Energiatõhususe miinimumnõuetele vastav hoone peab päikesekiirgusest tuleneva ülekuumenemise vältimiseks vastama suvise ruumitemperatuuri nõuetele. Suvise ruumitemperatuuri kontroll tuleb hoone energiatõhususe tõendamisel esitada juhul, kui hoones ei kasutata jahutust või jahutust kasutatakse osaliselt. Suvise ruumitemperatuuri nõue loetakse täidetuks, kui ruumitemperatuur ei ületa elamus ajavahemikul 1. juunist 31. augustini sätestatud 27°C jahutuse seadeväärtust rohkem kui 150 kraadtundi. Suvise ruumitemperatuuri nõude täitmist tõendatakse simulatsioonarvutuse abil [2].

Tabel 1. Liginullenergiahoonete energiatõhususarvude piirväärtused.

Hoone	kWh/(m ² a)
1) väikeelamu köetava pinnaga < 120 m ²	145
2) väikeelamu köetava pinnaga 120–220 m² ja ridaelamu	120
3) väikeelamu köetava pinnaga > 220 m ²	100
4) korterelamu	105
5) kasarmu	170
6) kontorihoone	100
7) majutushoone	145
8) ärihoone	130
9) avalik hoone	135
10) kaubandushoone ja terminal	160
11) haridushoone	100
12) koolieelse lasteasutuse hoone	100
13) ravihoone	100
14) laohoone	65
15) tööstushoone	110
16) suure energiatarbega hoone	820

Tabel 2. Madalenergiahoone energiatarvete piirväärtused.

Hoone	kWh/(m ² a)
1) väikeelamu köetava pinnaga < 120 m ²	165
2) väikeelamu köetava pinnaga 120–220 m² ja ridaelamu	140
3) väikeelamu köetava pinnaga > 220 m ²	120
4) korterelamu	125
5) kasarmu	200
6) kontorihoone	130
7) majutushoone	170
8) ärihoone	150
9) avalik hoone	160
10) kaubandushoone ja terminal	190
11) haridushoone	120
12) koolieelse lasteasutuse hoone	120
13) ravihoone	130
14) laohoone	80
15) tööstushoone	140
16) suure energiatarbega hoone	850

2.3 Energiatarvete arvutamine

Hoonete energiatarvete arvutamine teostatakse vastavalt MTM määrusele nr 58 korras. Hoone energiatarvete nõuetele vastavuse kontrolliks sooritatakse energiaarvutus hoone tüüpilisel kasutamisel, määruses toodud välis- ja sisekliima, hoone ja tehnosüsteemi kasutus- ja käiduaegade, vabasoojuse ning hoone välispiirde õhulekke lähteandmetega. Muud arvutuseks vajalikud lähteandmed võetakse hoone ehitusprojektist. Energiaarvutuse kõikides etappides ja tulemuste esitamisel käsitletakse soojus- ja elektrienergiakasutust eraldi [3].

Energiaarvutus sisaldab vastavate tehnosüsteemide olemasolul vähemalt järgmisi etappe:

- netoenergiavajaduse arvutus, mille käigus tehakse ruumi kütte netoenergiavajaduse, ventilatsiooniõhu soojustagastuse ja soojendamise netoenergiavajaduse arvutus;
- tarbevee soojendamise netoenergiavajaduse ja ruumi jahutuse netoenergiavajaduse arvutus;
- ventilatsioonisüsteemi elektrikasutuse arvutus;

- küttesüsteemi ligikaudne arvutus, lähtudes soojusallika kasutegurist või soojuspumbasüsteemi soojustegurist, soojuse jaotamise ja väljastamise kadudest ning abiseadme elektrikasutusest;
- jahutussüsteemi ligikaudne arvutus, võttes arvesse jahutussüsteemi kondensaadi- ja soojuskadu ja külmatootmist;
- elektrisüsteemi elektrikasutuse arvutus vastavalt valgustuse ja seadmete kasutuse lähteandmetele;
- lokaalse taastuenergia-süsteemi energiatoodangu ja lokaalse elektritootmise omatarbe arvutus;
- arvutustulemuste ja lähteandmete esitus hoone energiatõhususe arvutamise meetodikas sätestatud korras.

Energiamärgise arvutuse lähteandmetes tuuakse välja peamised tehnilised näitajad arvutuses kasutatud piirdetarindite, tehnosüsteemide, lokaalse taastuenergia-süsteemide ja vabasoojuste kohta. Lähteandmetes toodud väärtused annavad esimese indikatsiooni, missugustele aspektidele on hoone energiatõhususes peamiselt keskendunud. Arvutustulemustes tuuakse välja hoone netoenergiavajadus ruumide kütteks, ventilatsiooniõhu soojendamiseks, tarbevee soojendamiseks, ruumide jahutuseks ning ventilatsiooniõhu jahutuseks. Tuginedes netoenergiavajadusele, abiseadmetele ning vabasoojusele, arvutatakse seejärel välja hoone summaarne energiakasutus. Summaarsele energiakasutusele võetakse arvesse lokaalne energiatootmine ning energiaallika kaalumistegur, mille tulemusena saadakse hoone energiatõhusust kirjeldav energiatõhususarv.

Kogu hoone soojuserikad on leitav valemiga:

$$\Sigma H = H_{juhtivus} + H_{joonsl} + H_{\text{õhuleke}}, \quad (1.1)$$

kus ΣH – hoone soojuserikadu kokku, W/K,

$H_{juhtivus}$ – soojuserikadu läbi piirdetarindite, W/K,

H_{joonsl} – soojuserikadu läbi joonkülmasildade, W/K,

$H_{\text{õhuleke}}$ – ventilatsiooni ja infiltratsiooni soojuserikadu, W/K.

Välispiirde summaarne soojuserikadu köetava pinna kohta leitakse valemiga:

$$H/A = \Sigma H/A_{\text{köetav}}, \quad (1.2)$$

kus, H/A – Välispiirete summaarne soojuserikadu kütava pinna kohta, $W/(m^2K)$,

ΣH – Välispiirde summaarne soojuserikadu, W/K ,

$A_{k\ddot{o}etav}$ – Hoone k\ddot{o}etav pindala, m^2 .

Tulenevalt soojusallikast tuleb k\ddot{u}tuse tarbimisaine alumise k\ddot{u}ttev\ddot{a}artuse alusel valida vastav soojusallika kasutegur, kirjeldamaks, missugusel hulgal soojusallikast soojust k\ddot{a}tte saadakse [3].

Tabel 3. Soojusallika kasutegurid

Soojusallikas	Kasutegur
Kaugk\ddot{u}te	0,9
\u00d3li- v\u00f6i gaasikatel	0,85
\u00d3li, kondensatsioonikatel	0,90
Gaas, kondensatsioonikatel	0,95
Pelletikatel	0,85
Muu tahkek\ddot{u}tuse katel	0,75
Elekterk\ddot{u}ttega katel	1,0
Ahi	0,6

Tulenevalt soojuse jaotamise ja v\ddot{a}ljastamise viisist tuleb valida korrektne v\ddot{a}rtus kirjeldamaks soojuse jaotamise ja v\ddot{a}ljastamise efektiivsust ning jaotamiseks kuluvat t\ddot{a}iendavat energiat. Elektriradiaatorite jms ning soojuspumps\ddot{u}steemide puhul on ringluspumba energiatarve $0 \text{ kWh}/(m^2a)$ [3].

Tabel 4. Soojuse jaotamise ja v\ddot{a}ljastamise kasutegurid

Hoone t\ddot{u}p	K\ddot{u}tteviis	Kasutegur	Veek\ddot{u}ttes\ddot{u}steemi ringluspumba elektritarbimine ¹ , $kWh/(m^2a)$
V\ddot{a}ikeelamu	Radiaator	0,97	1
	P\ddot{o}randak\ddot{u}te, plaat pinnasel v\u00f6i alt tuulutatav p\ddot{o}rand	0,85	2
	P\ddot{o}randak\ddot{u}te vahelaes	1,0	2
	Laek\ddot{u}te katuslaes	0,90	2
	Laek\ddot{u}te vahelaes	1,0	2
Muu hoone	Radiaator	0,97	0,5
	P\ddot{o}randak\ddot{u}te, plaat pinnasel v\u00f6i alt tuulutatav p\ddot{o}rand	0,85	1
	P\ddot{o}randak\ddot{u}te vahelaes	1,0	1

Soojuspumpsüsteemide korral lähtutakse soojuspumba soojusteguritest soojuse ja sooja tarbevee tootmiseks. Soojustegur näitab, mitu kWh soojusenergiat saadakse ühest kWh elektrienergiast. Kasutatakse soojuspumba andmeid või andmete puudumisel MTM määruse nr 58 tabelis 10³ toodud andmeid [3].

Tabel 5. Soojuspumba aasta keskmine soojustegur

Küttegaafik	Maasoojuspump, on/off	Maasoojuspump, inverter	Õhk-vesi soojuspump	Õhk-õhk soojuspump	Väljatõmbe soojuspump
-				3,0	3,0
30/25	4,5	4,8	3,1		
35/28	4,3	4,7	3,0		
40/33	4,0	4,4	2,9		
45/35	3,8	4,3	2,9		
50/35	3,6	4,2	2,8		
55/40	3,4	4,0	2,7		
60/40	3,3	3,9	2,7		
Soe tarbevesi	2,6	2,7	2,0		

Soojuspumbaga toodetud soojusenergia osakaal ruumide kütte ja sooja tarbevee netoenergia vajadusest arvutatakse vastavalt MTM määruse nr 58 tabelis 10 toodud väärtustele [3].

$\left(\frac{\Phi_{sp}^a}{\Phi_{ruumid}}\right)^b \left(\frac{Q_{küte}^{ruumid}}{Q_{küte}^{soe\ vesi}}\right)^c$	Maasoojuspump				Õhk-vesi soojuspump			
	Pealevoolu maksimaalne temperatuur, T _p				Pealevoolu maksimaalne temperatuur, T _p			
	30	40	50	60	30	40	50	60

Tabel 6. Lähteandmed soojuspumba osakaalu leidmiseks

¹ Juhul kui soojuspump soojendab ka ventilatsiooniõhku, siis ventilatsiooniõhu soojendamiseks vajalik küttevõimsus ja netoenergiavajadus lisatakse ruumide küttekoormusse ja ruumide kütte netoenergiale.

^a Φ_{sp} on nominaalvõimsus, mis antakse maasoojuspumbale tööpunktis T_{vedelik}/T_{pealevool} 0/35 °C, õhk-vesi soojuspumbale tööpunktis T_{välis}/T_{pealevool} +7/35 °C ja õhk-õhk soojuspumbale tööpunktis T_{välis}/T_{sise} +7/20 °C,

^b Φ_{sp}/Φ_{ruumid} on soojuspumba nominaalse soojusvõimsuse ja ruumide küttekoormuse (arvutuslikul välisõhu temperatuuril) suhe,

^c $Q_{küte}^{ruumid}/Q_{küte}^{soe\ vesi}$ on ruumide kütmise ja tarbevee soojendamise netoenergiate suhe.

Tabel 7. Sooja tarbevee erikulu ja netoenergiavajadus köetava pinna ruutmeetri kohta

Hoone kasutusotstarve	Sooja vee erikulu, l/(m ² a)	Netoenergiavajadus, kWh/(m ² a)
Väikeelamu köetava pinnaga 120–220 m ² ja ridaelamu	430	25
Korterelamu	516	30

Aastasest netoenergiavajadusest, mida on vaja ruumide kütteks ja tarbevee soojendamiseks, realselt tarnitud energia saamiseks jagatakse vastav netoenergia läbi soojusallika kasuteguriga ning jaotamise ja väljastamise kasuteguriga. Soojuspump lahenduste korral kasutatakse alljärgnevat valemit [3].

$$E_{sp} = \frac{Q_{sp,küte}^{ruumid}}{SPF_{ruumid}} + \frac{Q_{sp,küte}^{soe\ veesi}}{SPF_{soe\ veesi}} + E_{lisaküte}, \quad (1.3)$$

kus E_{sp} on soojuspumbaga küttesüsteemi elektrienergiakasutus kWh;
 $Q_{sp,küte}^{ruumid}$ on soojuspumbaga toodetud ruumide kütteenergia kWh;
 $Q_{sp,küte}^{soe\ veesi}$ on soojuspumbaga toodetud tarbevee soojendamise kütteenergia kWh;
 SPF_{ruumid} on soojuspumba aasta keskmine soojustegur ruumide kütmisel;
 $SPF_{soe\ veesi}$ on soojuspumba aasta keskmine soojustegur tarbevee soojendamisel.

Energiaarvutused teostatakse hoone tüüpse kasutuse järgi. Hoone energiatõhususe arvutamisel võetakse arvesse hoone tüübsest kasutusest tekkiv vabasoojus valgustusest, seadmetest ning inimestest [3].

Tabel 8. Hoone tüüpne kasutus ja sellele vastav suurim vabasoojus köetava pinna ruutmeetri kohta.

Hoone kasutusotstarve	Kasutusaeg			Kasutusaste	Valgustus W/m ²	Seade W/m ²	Inimene W/m ²	inimene m ² /inim
	kellaag	h/24h	d/7d					
Väikeelamu köetava pinnaga 120–220 m ² ja ridaelamu	00:00-00:00	24	7	0,6	6	2,4	2	42,5
Korterelamu	00:00-00:00	24	7	0,6	8	3	3	28,3

Ventilatsioonisüsteemi elektrikasutus moodustub ventilaatori ja selle juhtimisseadme ning pumba ja muu abiseadme elektritarbimisest. Elektrikasutuse efektiivsust hinnatakse ventilatsioonisüsteemi elektrilise erivõimsuse järgi arvutuslikul õhuvooluhulgal. Erivõimsus on süsteemi summaarse võimsuse ja õhuvooluhulga (sissepuhke või väljatõmbe õhuvooluhulk, valitakse suurim) suhtarv [(kW/(m³/s)]. Ventilatsiooniseadme, mille õhuvooluhulk on üle 0,25 m³/s, iga ventilaatori elektritarbimine arvutatakse eraldi. Ventilaatori elektritarbimine E_v (kWh/a) arvutatakse järgmise valemiga:

$$E_v = P_v \frac{\tau_d \tau_w}{24 t} t, \quad (1.4)$$

kus P_v – ventilaatori elektrivõimsus kW,

τ_d – seadme käidutundide arv ööpäevas arvutuslikul õhuvooluhulgal, h,

T_w – seadme käidupäevade arv nädalas arvutuslikul õhuvooluhulgal, d,

T – arvutusperioodi pikkus 8760 h.

Ventilaatori elektrivõimsus P_v (W) arvutatakse SFP kaudu järgmise valemiga:

$$P_v = SFP * L, \quad (1.5)$$

kus SFP – ventilaatorite elektriline erivõimsus, kW/(m³/s),

L – arvutuslik õhuvooluhulk, m³/s

Väikeelamu ja korteri ventilatsiooniseadme, mille õhuvooluhulk on alla 0,25m³ /s, elektrienergiakasutus E_v (kWh/a) arvutatakse järgmise valemiga:

$$E_v = P_{vs} * t_{vsn} * x_p, \quad (1.6)$$

kus E_v – ventilatsiooniseadme elektrienergiakasutus, kWh/a,

P_{vs} – ventilatsiooniseadme elektrivõimsus arvutuslikul õhuvooluhulgal, kW,

t_{vsn} – ventilatsiooniseadme aastane töötamisaeg, h,

x_p – torustiku rõhulangutegur. Normaalse rõhulangutaseme juures 1,0

Valgustusele ning seadmetele kuluv aastane energiavajadus (kWh/(m²a)) arvutatakse välja valemiga

$$Q = kP \frac{\tau_d \tau_w 8760}{24 \cdot 7 \cdot 1000}, \quad (1.7)$$

kus k – kasutusaste,

P – soojuseraldus, W/m²,

T_d – hoone kasutustundide arv ööpäevas, h,

T_w – hoone kasutuspäevade arv nädalas, d.

Lokaalne taastuenergia on hoones, kinnistul või hoone lähiümbruses päikese-, vee-, pinnase- või tuuleenergiast toodetud elekter või soojusenergia.

Päikesepaneeliga toodetud aastane elektrienergia arvutatakse valemiga:

$$E_{pan} = \frac{Q_{päike} \cdot P_{max} \cdot k_{kas}}{I_{ref}}, \quad (1.8)$$

kus E_{pan} - päikesepaneeliga toodetud aastane elektrienergia kWh/a;

$Q_{\text{päike}}$ - päikesepaneeli pinnale, millele ei teki varje, tulev aastane päikeseenergia kWh/a;

P_{max} - päikesepaneeli maksimaalne võimsus standardtingimustel kW($I_{\text{ref}} = 1$ kW/m², temperatuur 25 °C);

k_{kas} - tegur, mis arvestab päikesepaneeli kasutustingimusi;

I_{ref} - standardkiirgus 1 kW/m².

Päikesepaneeli pinnale tulev aastane päikeseenergia arvutatakse valemiga:

$$Q_{\text{päike}} = 945 \cdot k_{\text{suund}} \quad (1.9)$$

kus $Q_{\text{päike}}$ - päikesepaneeli pinnale, millele ei teki varje, tulev aastane päikeseenergia kWh/a;

945 – horisontaalpinnale tulev aastane päikesekiirgus, Kwh/(m²a)

k_{suund} – suunategur, mis arvestab päikesepaneeli suunatust ilmakaare ja horisondi suhtes

Päikesepaneeli kasutustegur, k_{kas}

Paneeli paigaldusviis	k_{kas}
Tuulutuseta	0,7
Mööduka tuulutusega	0,75
Intensiivse tuulutusega	0,8

Tabel 9. Päikesepaneeli kasutustegur

Päikesepaneeliga toodetud elektrienergia see osa, mis on ette nähtud hoone toimimiseks, arvutatakse tunnipõhise energiatoodangu ja energiakasutuse simulatsioonarvutusega või selle arvutamisel kasutatakse alljärgnevas tabelis toodud väärtusi.[3]

Tabel 10. Päikesepaneeliga toodetud elektrienergiaosakaal, mis on ettenähtud hoone toimimiseks (omatarbe osakaal).

Hoone	Omatarbe osakaal, %
Väikeelamu köetava pinnaga 120–220 m ² ja ridaelamu	40
Korterelamu	55

Lokaalselt toodetud taastuenergia tulemuste esitamisel arvestatakse, et energiakandja lõikes kohaldatakse valemmeid:

$$E_{\text{lok.ot},i} = O_i \cdot E_{\text{lok},i} \quad (1.10)$$

kus $E_{lok.ot,i}$ - energiakandjale i vastav lokaalse ja tarbitud taastuenergia hulk kWh/a;
 O_i - energiakandjale i vastav lokaalselt toodetud taastuenergia omatarbe osakaal;
 $E_{lok,i}$ - energiakandjale i vastav lokaalse taastuenergia hulk kWh/a;

Eksporditud energia hulk arvutatakse valemiga:

$$E_{eks,i} = E_{lok,i} - E_{lok.ot,i} \quad (1.11)$$

kus $E_{eks,i}$ - energiakandjale i vastav eksporditud energia hulk kWh/a.

$E_{lok,i}$ - energiakandjale i vastav lokaalse taastuenergia hulk kWh/a;

$E_{lok.ot,i}$ - energiakandjale i vastav lokaalse ja tarbitud taastuenergia hulk kWh/a;

Tarnitud energia tulemuste esitamisel arvestatakse, et energiakandja energia hulk arvutatakse valemiga:

$$E_{tar,i} = E_{sum,i} - E_{lok,i} \cdot O_i \quad (1.12)$$

kus $E_{tar,i}$ - energiakandjaga i tarnitud energia hulk kWh/a;

$E_{sum,i}$ - energiakandjale i vastav tehnosüsteemide summaarne energiakasutus kWh/a;

$E_{lok,i}$ - energiakandjale i vastav lokaalne taastuenergia hulk kWh/a;

O_i - energiakandjale i vastav lokaalselt toodetud taastuenergia omatarbe osakaal.

Energiakandja kaalumistegur on tegur, millega võetakse arvesse tarnitud energia tootmiseks vajalik primaarenergia kasutus ja selle keskkonnamõju. Energiakandjate kaalumistegurid on järgmised [2]:

- taastuvtoormel põhinev kütus, puit ja puidupõhine kütus ning muu biokütus, välja arvatud turvas ja turbabrikett – 0,65;
- kaugküte – 0,9;
- tõhus kaugküte – 0,65;
- kaugjahutus – 0,4;
- tõhus kaugjahutus – 0,2;
- vedelkütus, kütteõli ja vedelgaas – 1,0;
- maagaas – 1,0;
- tahke fossiilkütus – 1,0;
- turvas ja turbabrikett – 1,0;
- elekter – 2,0.

Kaalitud energiakasutuse tulemuste esitamisel arvestatakse, et energiakandja lõikes kohaldatakse valemit:

$$E_{kaal,i} = \frac{(E_{tar,i} - E_{eks,i}) \cdot f_i}{A_{kõetav}}, \quad (1.13)$$

kus $E_{kaal,i}$ - energiakandjale i vastav kaalitud energiakasutus;
 $E_{tar,i}$ - energiakandjale i vastav tarnitud energia hulk kWh/a;
 $E_{eks,i}$ - energiakandjale i vastav eksporditud energia hulk kWh/a;
 f_i - energiakandja i kaalumistegur;
 $A_{kõetav}$ - kõetav pind m².

Energiatõhususarv (ETA) arvutatakse, jagades summaarse kaalitud tarnitud energiakasutuse kõetava pinna ruutmeetrite arvuga:

$$ETA = \frac{\sum_i (E_{tar,i} \cdot f_i)}{A_{kõetav}}, \quad (1.14)$$

kus ETA - energiatõhususarv kWh/(m²·a);
 $E_{tar,i}$ - energiakandjaga i tarnitud energia kWh/a;
 f_i - energiakandja i kaalumistegur;
 $A_{kõetav}$ - kõetav pind m².

Energiatõhususarv B (ETA B) arvutatakse, jagades kaalitud tarnitud energiakasutuse ja lokaalselt toodetud hoones tarbitud elektrienergia hulga summa kõetava pinna ruutmeetrite arvuga:

$$ETA B = \frac{\sum_j (E_{tar,j} \cdot f_j) + (E_{tar,el} + E_{lok.ot,el}) \cdot f_{el}}{A_{kõetav}}, \quad (1.15)$$

kus $ETA B$ - energiatõhususarv B kWh/(m²·a);
 $E_{tar,j}$ - energiakandjaga j , mis ei ole elekter, tarnitud energia kWh/a;
 f_j - energiakandja j , mis ei ole elekter, kaalumistegur;
 $E_{tar,el}$ - tarnitud elektrienergia hulk kWh/a;
 $E_{lok.ot,el}$ - lokaalselt toodetud elektrienergia omatarbe hulk kWh/a;
 f_{el} on elektri kaalumistegur;
 $A_{kõetav}$ on kõetav pind m².

3. METOODIKA

Hoonete valim on koostatud Tarbijakaitse ja Tehnilise Järelevalve Ameti (edaspidi TTJA) poolt. Valim on koostatud põhimõttel, et kasutusluba oleks väljastatud ajavahemikul 2021-2023, pindalad varieeruvus oleks suur ja energiamärgised oleksid väljastatud suure hulga erinevate energiatõhususe spetsialistide poolt. Vastavalt hoonete suurusele on elamud jagatud kolme hoonegruppi: kuni 1000m², 1000m² – 3000m², üle 3000m². Valimisse valitud 104 elamutele väljastatud energiamärgist kontrolliti kasutades statistilist analüüsi, dokumentatsiooni andmete vastavuse kontrolli ning mudelsimulatsiooni. Nimetatud kontrollmeetodid teostati erinevates etappides vastavalt eelnevalt mainitud järjekorrale. Iga kontrolli etapi tulemuste põhjal valiti välja teatav hulk hooned, mida kontrolliti täpsemalt järgmise kontrollimeetodiga järgmises etapis. Statistilise analüüsi etapis kontrolliti 104 ja dokumentatsiooni kontrollis 10 ning mudelsimulatsiooniga kontrolliti 3 eluhoonet.

Kolme eelnimetatud etapi järel tuuakse välja soovitud, mida tuleks hoonete energiatõhususe arvutamisel muuta ja missuguseid samme astuda, et tulevikus oleks hoonete energiamärgiste kontroll efektiivsem ja energiamärgiste arvutustes oleksid väärtused paremini tõendatavad.

3.1 Statistiline analüüs

Statistilise analüüsi toetamisel on lähtutud TTJA juhendmaterjalist eluhoonete arvutuslike energiamärgiste kontrollimiseks [15]. Statistilise analüüsi etapis keskendutakse järgmistele aspektidele:

- Lähteandmetes ja arvutustulemustes esinevad väärtused ei vasta õigusaktides toodud väärtustele,
- lähteandmetes toodud hoone parameetrid ei pruugi praktikas teostatavad olla,
- energiaarvutuste tulemuste ja arvutuste lähteandmete vahel on nõrk seos.

Statistiline analüüs põhineb „Punaste lipukeste“ meetodil, kus hinnatakse erinevate kõrvalekallete mõju. „Punased lipukesed“ on jaotatud kolme kategooriasse, mis omavad erinevat kaalumistegurit: 1, 0,5 ja 0,25. Kaalumisteguriga 1 märgitakse kõrvalekalle, kui kõrvalekalle kuulub järgmistesse valdkondadesse:

- Soojuspumba kütteperioodi keskmine kasutegur ületab MTM määrus nr 58 tabelis 10³ toodud väärtuseid vastaval küttegraafikul,

- Ruumide kütte netoenergia vajadus on liialt väike arvestades piirdetarindite summaarset soojuserikadu köetava pinna kohta.
- Ventilatsiooniseadme elektriline erivõimsus arvutuslikul õhuvooluhulgal (SFP) ja ventilatsiooni elektrienergia vajaduse korrelatsiooni vahel on nõrk seos,
- Ventilatsiooniõhu soojendamise netoenergiavajaduse ja ventilatsiooniseadme temperatuuri suhtarvu omavaheline seos on nõrk,
- PV paneelide maksimaalse võimsuse ja lokaalselt tarnitud elektrienergia vahel on nõrk seos.

Kaalumisteguriga 0,5 on märgitud väärtused, mis ei vasta määrusejärgsetele väärtustele, kuid ei kuulu ülalnimetatud valdkondadesse, väärtus on jäetud lähteandmetesse või arvutustulemusesse sisestamata, on märgitud valesti või ei pruugi olla praktikas teostatavad.

Kaalumisteguriga 0,25 on märgitud olukorrad, kus on alust arvata, et projekteeritud väärtuseks on võetud määrusejärgsetest väärtustest tunduvalt suurem väärtus, mille tulemusena elamu ETA väärtus arvutuslikult suureneb.

Õigusaktidele vastavust on hinnatud MTM määrusest nr 58 „Hoone energiatõhususe arvutamise meetodika“ ja EIM määrusest nr 63 „Hoone energiatõhususe miinimumnõuded“ lähtuvalt. Kui hoone energiatõhusarvu arvutuse lähteandmetes või arvutustulemuses ei vasta eelnimetatud õigusaktides toodud väärtustele, märgitakse parameetri väärtus kaalumisteguriga 0,5. Kui väärtus kuulub valdkonda, mille kaalumistegur on 1, arvestatakse väärtuse kõrvalekallet kaalumisteguriga 1.

Hoone parameetrite praktikas teostatavuse hindamisel on lähtutud antud parameetri suhtelisest väärtusest võrreldes valimis olevate teiste hoonetega. Kui vaadeldav väärtus on võrreldes teiste hoonete väärtustega samal parameetril äärmiselt erinev või on antud väärtust äärmiselt keeruline mõistlike ressursidega saavutada, märgitakse vastav väärtus kõrvalekaldena kaalumisteguriga 0,5.

Energiaarvutuses tulemuste ja arvutuse lähteandmete vahelise seose tugevust on kontrollitud väärtuste kõrvutamisel erinevate kontrolljoontega. Erinevate väärtuste omavaheliste seoste kõrvutamine kontrolljoone väärtusega, annab adekvaatse hinnangu, kas energiamärgise arvutuse lähteandmetes toodud väärtused on kooskõlas arvutustulemuses toodud väärtustega. Kontrolljooned, millega väärtuste omavahelisi seosesid kõrvutatakse, pärinevad teistest antud parameetri kohta teostatud täpsematest uurimustest.

Statistilise analüüsi etapis on vaadeldud ainult energiamärgiste arvutuste lähteandmeid ja arvutustulemusi ning seal toodud väärtused on kõrvutatud eelpool mainitud õigusaktides toodud väärtustega ning erinevate kontrolljoontega. Graafiliselt on välja toodud kaalumisteguriga 1 arvesse minevad kõrvalekalded. Teised kõrvalekalded on välja toodud tekstiliselt kõrvalekallete koguarvuna. Otseselt tõestusi erinevatele arvutuses toodud väärtuste tõeksosutumise kohta statistilise analüüsi etapis ei otsita.

Erinevate kaalumisteguritega kõrvalekalded on kokku liidetud ning igale hoonele tekkis koondsumma, mille alusel valiti igast hoonegrupist 2-4 hoonet, mida vaadeldakse järgmises etapis täpsemalt.

3.2 10 hoone dokumentatsiooni kontroll

Korterimajade energiamärgiste kontrolli teises osas kontrolliti eelnevalt valitud kümne elamu energiamärgise arvutamise lähteandmeid ja arvutustulemusi ehitusloa aluseks olnud projektile ning kasutusloa aluseks olnud projektile, paigaldatud seadmete ja materjalide spetsifikatsioonidele ning mõõtmistulemustele. Hooned valiti vastavalt statistilise analüüsi tulemustele, kus 8 hoonet on suurima punktiskooriga ning 2 hoonet madalaima punktiskooriga. Kontrolli eesmärk oli leida energiamärgise ja ehitusloa või kasutusloa dokumentatsiooni vahel erinevusi ja puuduseid ning hinnata nende võimalikku mõju hoone energiaklassi muutumisele. Kümne hoone kontrollis kontrolliti, kas energiaarvutus vastas järgmistele küsimustele:

- Kas energiaarvutus vastab õigusaktidele?
- Kas energiaarvutus vastab ehitusloa aluseks olnud ehitusprojektile?
- Kas energiaarvutus vastab kasutusloa aluseks olnud ehitusprojektile, materjalide spetsifikatsioonile, seadmete passile, jt dokumentidele?
- Kas hoone tehnosüsteemid on seadistatud vastavalt energiaarvutusele?

Energiamärgise arvutuse õigusaktidele vastavuse kontrollimisel vaadeldakse, kas erinevaid valemeid ja kasutegureid, mille alusel arvutustulemuste väärtused saadakse, on arvutustes kasutatud õigesti või mitte.

Energiaarvutuste vastavust ehitusloa ja kasutusloa aluseks olevatele dokumentidele hinnati vastavalt sellele, kas dokumentatsiooni põhjal oli võimalik erinevate parameetrite väärtuste tõepärasust tuvastada või mitte. Energiamärgises toodud väärtuste vastavust hinnati kattub- ei kattu meetodil ning kui parameetri väärtust pole võimalik kontrollida, märgiti see vastavalt. Erinevate parameetrite väärtuste muutumist ja nende mõju hoone energiatõhususarvule hinnati igale hoonele eraldi tuues välja, missugust mõju erinev aspekt hoone ETA väärtusele omas.

Kontrolli tulemusena valiti välja kolm hoonet, igast hoonegrupist 1 hoone. Valitud hoonest kaks olid hooned, millel tuvastatakse kõige rohkem kõrvalekaldeid ja küsitavusi energiamärgise ja dokumentatsiooni võrdluses ning millel kasutusloa aluseks olev dokumentatsioon oli piisavalt detailne, mis võimaldab elamu energiatõhususarvu mudelsimulatsioonide kaudu kontrollida. Kaks valitud hoonet valiti kaheksa hoone hulgast, mis said statistilise analüüsi käigus kõige suurema kõrvalekallete punktisumma. Lisaks kahele enim kõrvalekaldeid kogunud hoonele valiti üks hoone, mis ei kuulu kahe eelnevalt valitud hoonega samasse hoone suurusgruppi. Valitud hoone valiti käesolevasse kontrollietappi kui kõige vähem kõrvalekallete punktisumma kogunud hoone ning dokumentatsiooni võrdlemisel energiamärgisega oli kõige väiksem kahtlus, et hoone ei vasta väljastatud energiamärgisele.

3.3 Mudelsimulatsioonid

Korterelamute energiamärgiste kontrolli kolmandas etapis loodi kolmest hoonest dünaamilised mudelid, arutati välja uued energiamärgised vastavalt valitud hoonete kasutusloa taotluses olevale projekti dokumentatsioonile ning paigaldatud seadmete ja materjalide spetsifikatsioonile ning teostati suvised ruumitemperatuuri kontrollid. Kui kasutusloa taotluses esitatavad dokumendid ei andnud selget informatsiooni hoone püstitamiseks kasutatud seadmete ja materjalide kohta, võeti energiaarvutuse teostamiseks andmed ehitusloa taotluses esitatud dokumentatsioonist, materjali tootjate andmetest, kui oli teada ebaselge materjali tootja, MTM määrusest nr 58 või kasutati juhendmaterjalis „Liginullenergia eluhooned. Piirdetarindite liitekohtade joonsoojuslähivuse arvutus“ tabelis 3.8 toodud tüüpiliste materjalide soojuslähivuste omadusi. Energiasimulatsioon teostati ühele hoonele igast hoonegrupist.

Dünaamilise mudeli loomise ja energiamärgise arvutamise anti täpsem hinnang hoone arvutuslikule energiatarbimisele, võrreldi saadud väärtusi energiamärgises toodud väärtustega ning toodi välja, kuidas erinevad tegurid mõjutavad konkreetse hoone energiatarvet. Kui hoonel kasutati lokaalset taastuenergia tootmist ning hoone energiatõhususarv oli märgises toodud väärtusest kehvem, toodi välja, missugusel määral tuleks taastuenergia tootmist muuta, et saavutada märgises toodud energiatõhususarvu väärtus.

Suvised ruumitemperatuuri kontrolli raames hinnati, kas märgises toodud ruumide valik oli põhjendatud või mitte, kuidas suhestuvad märgises toodud ruumide maksimaalsed temperatuurid ja piirtemperatuuri ületavad kraadtundide arv hoone teiste ruumide samalaadsete näitajatega ning missugusel määral muutus selle tagajärjel tulemus.

Kui hoone dokumentatsioon ei võimaldanud hoonet dünaamilises arvutusprogrammis arvutada, tuli siiski teha täiendavad arvutused:

- Soojusläbivusarvutused mittehomogeense piirdetarinditele, katusele ning põrandatele.
- Avatäidete kontroll ilmakaarte suhtes sh. tuleb arvesse võtta ka raami osakaalu.
- Suvise ruumiõhu temperatuuri kontroll.

Energiasimulatsioon teostati kasutades IDA ICE 4.8 dünaamilist simulatsiooniprogrammi.

Mudelsimulatsioonide tulemuste põhjal arvutatakse, missugusel määral mõjutab hoone energiatarbe muutus kulukust tarbija kohta. Toodud on hoonete aastane energiakulude võrdlus energiamärgise ning kontrollarvutuse järgsetel energiatõhususarvu väärtustel 50m² ja 80m² korteri näitel. Elektrienergia hinna arvestamisel on lähtud 12 kuu keskmisest elektri börsihinnast novembri seisuga, milleks on 11,5 s/kWh. Gaasi hinnaks on arvestatud 0,67€/m³.

4. TULEMUSED

4.1 Statistiine analüüs

Kuni 1000 m² köetava pindalaga hoonete gruppi kuulus 48 elamut, millest 21 olid korterelamud ning 27 ridaelamud. Kõigis kortermajades kasutati põrandkütet, kus kahe puhul kasutati täiendavalt ka radiaatorkütet. Kortere lamute korral kasutati kaugkütet 15, kondensatsioonikatelt 1 ja maasoojuspumpa 5 korral. Ridaelamute puhul kasutati kaugkütet 1, kondensaadikatelt 2, maasoojuspumpa 8 ja õhk-vesi soojuspumpa 15 korral. Lisaks kasutati ühel korral kondensatsioonikatla ja maasoojuspumba kombinatsiooni. Täpne elamute hulk vastavalt soojuse tootmise ja jaotamise viisile on toodud alljärgnevas tabelis.

Tabel 11. Elamute hulk vastavalt soojuse tootmise ja jaotamise viisile.

Elamu tüüp	Kogus
Kortere lamu	21
Põrandküte	19
Kaugküte	13
Kondensatsioonikatel	1
Maasoojuspump	5
Põrandküte/Radiaator	2
Kaugküte	2
Ridaelamu	27
Põrandküte	27
Kaugküte	1
Kondensatsioonikatel	2
Kondensatsioonikatel/maasoojuspump	1
Maasoojuspump	8
Õhk-vesi soojuspump	15
Summa	48

Köetava pindalaga 1000 m²-3000 m² hoonete gruppi kuulus 36 elamut, millest 30 oli korterelamud ning 6 ridaelamud. 25 korterelamu korral kasutati põrandkütet. 5 korterelamu puhul kasutati radiaatorkütet ning 6 korterelamu puhul kasutati kombinatsiooni põrandküttest ja radiaatorküttest. Kortere lamute korral kasutati kaugkütet 21, kondensatsioonikatelt 6 ja maasoojuspumpa 3 korral. Ridaelamute puhul kasutati kaugkütet 1, kondensaadikatelt 1, maasoojuspumpa 3 ja õhk-vesi soojuspumba ja maasoojuspumba kombinatsiooni 1 korral. Kõigis ridaelamutes kasutati põrandkütet, millest ühel kasutati täiendavalt radiaatorkütet. Täpne elamute hulk vastavalt soojuse tootmise ja jaotamise viisile on toodud alljärgnevas tabelis.

Tabel 12. Elamute hulk vastavalt soojuse tootmise ja jaotamise viisile.

Elamu tüüp	Kogus
Korterelamu	30
Kaugküte	21
Põrandküte	14
Põrandküte/radiaator	4
Radiaatorküte	3
Kondensatsioonikatel	6
Põrandküte	2
Põrandküte/radiaator	2
Radiaatorküte	2
Maasoojuspump	3
Põrandküte	3
Ridaelamu	6
Kaugküte	1
Põrandküte	1
Kondensatsioonikatel	1
Põrandküte/radiaator	1
Maasoojuspump	3
Põrandküte	3
Maasoojuspump/Õhkvesi soojuspump	1
Põrandküte	1
Summa	36

Üle 3000 m² köetava pindalaga hoonete gruppi kuulus 20 korterelamut. Kõigis korterelamut kasutati põrandkütet, kus 7 puhul kasutati täiendavalt ka radiaatorkütet ning 2 korral lisati juurde ka õhkküte või puhurid. Korterelamute korral kasutati kaugkütet 17 ja kondensatsioonikatelt 3 korral. Täpne elamute hulk vastavalt soojuse tootmise ja jaotamise viisile on toodud alljärgnevas tabelis.

Tabel 13. Elamute hulk vastavalt soojuse tootmise ja jaotamise viisile.

Elamu tüüp	Kogus
Korterelamu	20
Kaugküte	17
Põrandküte	10
Põrandküte/Radiaator	6
Põrandküte/Õhkküte/Radiaator	1
Kondensatsioonikatel	3
Põrandküte	2
Põrandküte/Radiaatorid/puhurid	1
Summa	20

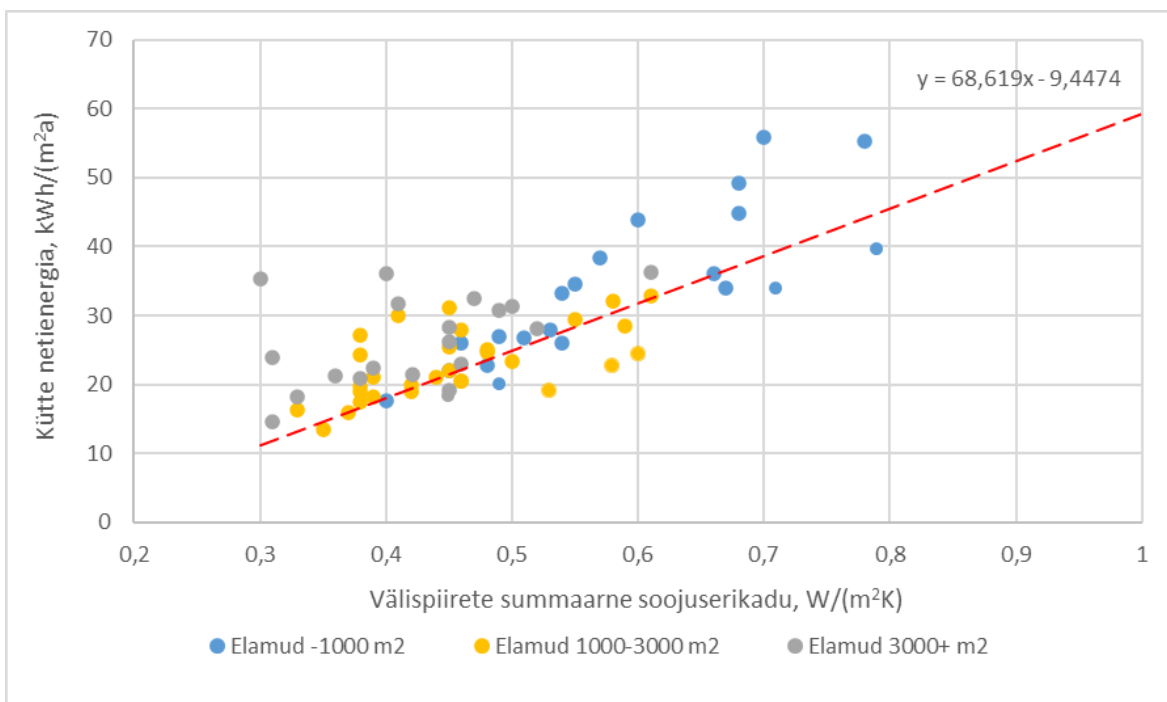
Elamute kuni 1000 m² arvutustsoonide arv oli vahemikus 1-81. MTM määrus nr 58 §3 sätestab, et arvutustsoonide arv peab olema valitud nii, et see eristab erinevate kasutusotstarbe ja kasutusajaga tsoone. Ühe korterelamu puhul, kus lisaks elamupindadele oli ka bürooruume ja äripindu, märgiti arvutustsoonide arvuks 1, mis ei ole korrektne. Elamute suurusega 1000-3000 m² arvutustsoonide arv oli vahemikus 1-179. Kuna ühe arvutustsooniga hoone puhul oli tegemist 100% muu kolme või enam korteriga elamuga, ei ole antud teguviis määrusevastane. Kõige suurema köetava pindalaga, üle 3000m² elamute arvutustsoonide arv oli vahemikus 16-1484. Antud olukorras kõrvalekaldeid ei tähendatud.

Kuni 1000 m² suuruste elamute puhul viidati joonsoojuslähivuste väärtuste allikaks Kredexi juhendmaterjalile 30 korral, arvutustele ehitusprojektis 16 korral, MTM määrusele nr 58 2 korral. 1000-3000 m² suuruste hoonete korral viidati joonsoojuslähivuste väärtuste allikaks Kredexi juhendmaterjalile 19 korral, arvutustele ehitusprojektis 14 korral, MTM määrusele nr 58 3 korral[16]. Üle 3000 m² hoonete joonsoojuslähivuste väärtuste allikaks viidati Kredexi juhendmaterjalidele 6 korral, arvutustele 3 juhul, analoogsetele konstruktsioonidele, ehitusprojektile ja MTM määrusele. 6 hoone puhul vastav viide puudus [16].

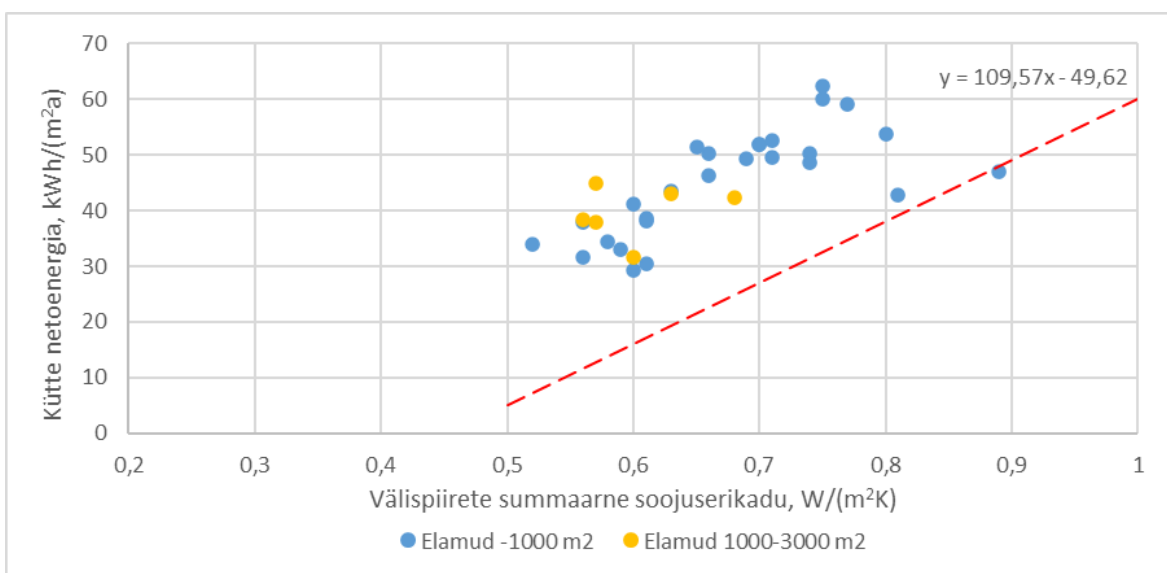
Kuni 1000 m² hoonete õhulekkearvu väärtuse allikaks viidati 34 korral MTM määrusele nr 58, 7 korral viidati planeeritud mõõtmisele, 3 korral ehitusprojektile, 3 korral mõõdetud tulemustele ja 1 korral praktikale, kirjutades lähteandmete tabeli vastavasse lahtrisse „1,5,võetud praktikast“. Vastavalt MTM määrusele 58 §9 võib kasutada õhulekkearvu 1,5, kui hoone ehitamisel kavandatakse läbi viia õhulekkearvu mõõtmine. Tabelis 6 toodud hoone õhulekkearvu baasväärtusi tuleb kasutada, kui välispiirete õhuleket ei ole mõõdetud ega muul viisil tõendatud. Antud nõudele mittevastavust leiti 15 korral. Hoonete 1000-3000 m² puhul viidati õhulekkearvu väärtuse allikaks viidati 23 korral MTM määrusele nr 58, 6 korral viidati planeeritud mõõtmisele, 1 korral ehitusprojektile, 5 korral mõõdetud tulemustele ja 1 deklareerimismeetodile. Eelpool viidatud nõudele mitte vastavust leiti 16 korral. Üle 3000 m² hoonete õhulekkearvu väärtuse erinevatele allikatele viidati 13 korral ning 7 korral allikale ei viidatud. Allikad, millele viidati olid planeeritud mõõtmine, analoogsete hoonete mõõdistused, ehitusprojekt ja MTM määrus nr 58. 20-st elamust 12 pole õhulekkearvu väärtus kooskõlas.

Välispiirete suhteliselt kõrge summaarne soojuserikadu võrreldes ruumide kütteks kuluva netoenergiavajadusega on üks esimesi viiteid, et hoone üksi oma piirdetarinditega ei pruugi olla nii energiaefektiivne ning sobiliku energiatõhususarvu väärtuse saamiseks võidakse kasutada teisi energiatõhusust tagavaid meetmeid. Välispiirete summaarse soojuserikao ja kütte netoenergia suhte hindamisel on aluseks

võetud TTJA juhendmaterjalis toodud keskmised suhted soojuserikao ja netoenergia vahel korterelamutele ja ridaelamutele [15]. Hooned, mille välispiirete summaarse soojuserikao ja kütte netoenergiavajaduse suhte väärtus on alla kontrolljoone väärtuse, on märgitud statistilise analüüsi etapis kõrvalekaldena kaalumisteguriga 1,0. Kontrolljoon on korterelamute puhul võrdne võrrandiga $y=68,916x-9,4474$ ja ridaelamute korral $y= 109,57x-49,62$.



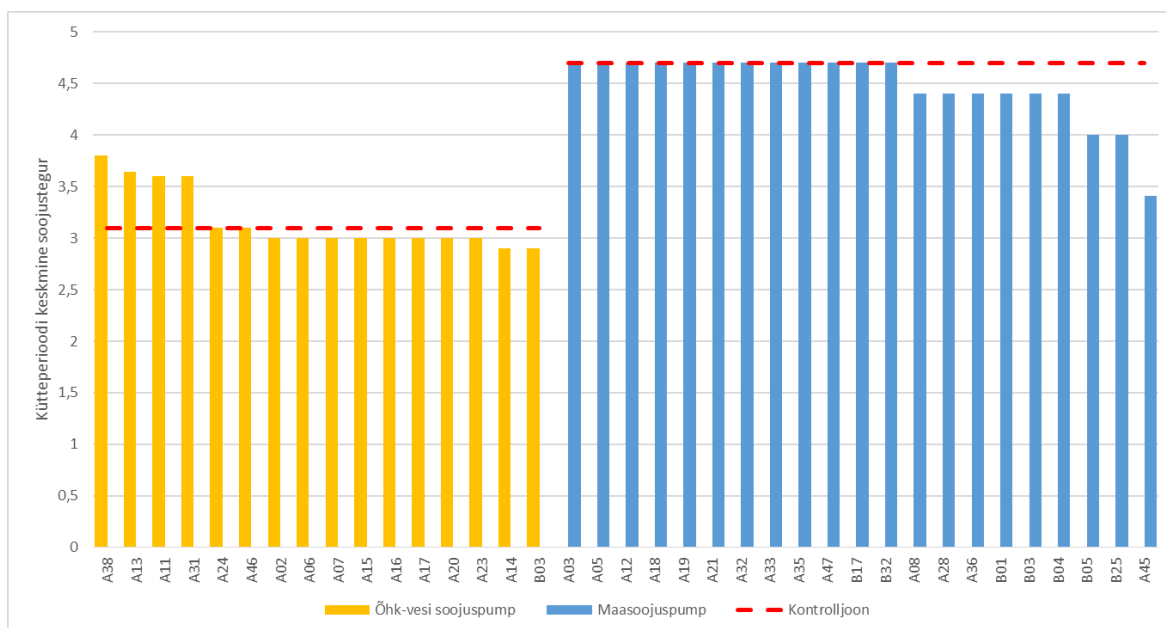
Joonis 3. Korterelamute kütte netoenergia vajaduse ja välispiirete soojuserikao suhe



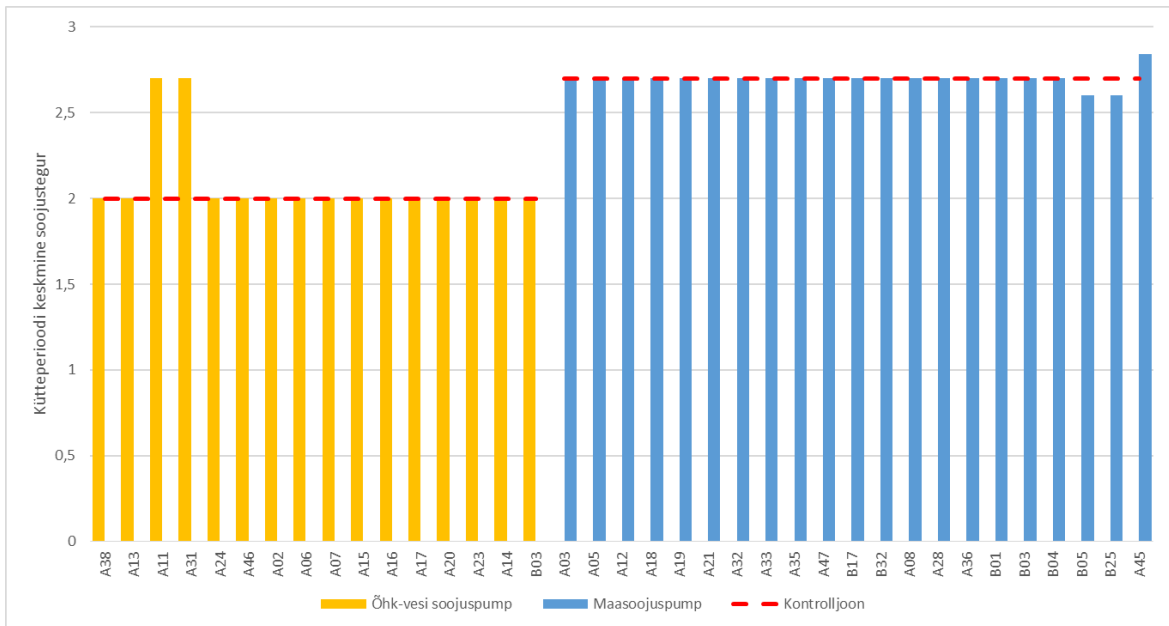
Joonis 4. Ridaelamute kütte netoenergia vajaduse ja välispiirete soojuserikao suhe.

Tulemustest lähtub, et kõrvalekaldega hooneteks, mille kütte netoenergia vajadus ja välispiirete soojuserikao suhe on madalam kontrolljoone väärtusest märgiti kuus kuni 1000 m², kümme 1000-3000 m² ja kaks üle 3000 m² hoonet, millest üks oli kuni 1000 m² ridaelamu ning ülejäänud korterelamud. Kortermajade puhul oli kümme hoonet, mille kütte netoenergia oli vähemalt kümme ühikut suurem, kui kontrolljoone järgne väärtus antud välispiirete summaarse soojuserikao korral. Ridaelamute puhul oli kaks hoonet, mille kütte netoenergia ja välispiirete soojuserikadu oli kontrolljoone väärtustega sarnased. Ülejäänud ridaelamute puhul oli hoonete kütte netoenergiavajadus üle kahekümne ühiku võrra suurem kui kontrolljoone väärtus samal välispiirete soojuserikaol.

Soojuspumpadega soojuse tootmist kasutati vaid kuni 1000 m² ja 1000-3000 m² hoonete puhul. Soojuspumpade aasta keskmiste soojustegurite hindamisel on lähtutud MTM määruses nr 58 tabelis 10³ toodud väärtusest, millele vastavalt on soojuspumpade aasta keskmised soojustegurid ruumide kütteks õhk-vesi soojuspumpadel 3,1 ning maasoojuspumpadel 4,8. Sooja tarbevee tootmiseks on vastavad kasutegurid õhk-vesi soojuspumpa puhul 2,0 ning maasoojuspumba korral 2,7. Kõik väärtused, mis ületavad vastava soojuspumba aasta keskmiseid kasutegureid, märgitakse kõrvalekaldega kaalumisteguriga 1,0. Soojuspumba kütteperioodi keskmine soojustegur ruumide kütteks ületas MTM määruses nr 58 tabelis 10³ toodud väärtuseid 4 korral ning kõigil kordadel oli tegemist kuni 1000 m² elamute õhk-vesi soojuspump süsteemidega. Sooja tarbevee tootmisel ületas aasta keskmine kasutegur 3 korral, mille puhul kaks olid õhk-vesi soojuspumbaga ning 1 maasoojuspumbaga süsteemid.

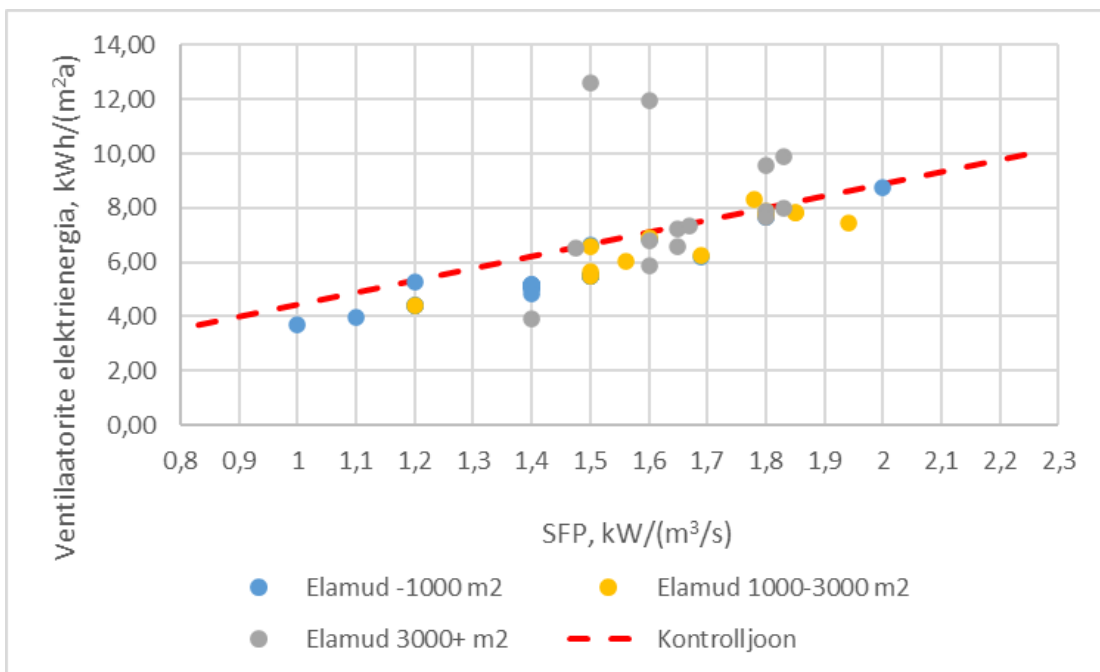


Joonis 5. Soojuspumpade keskmine soojustegur ruumide kütteks.

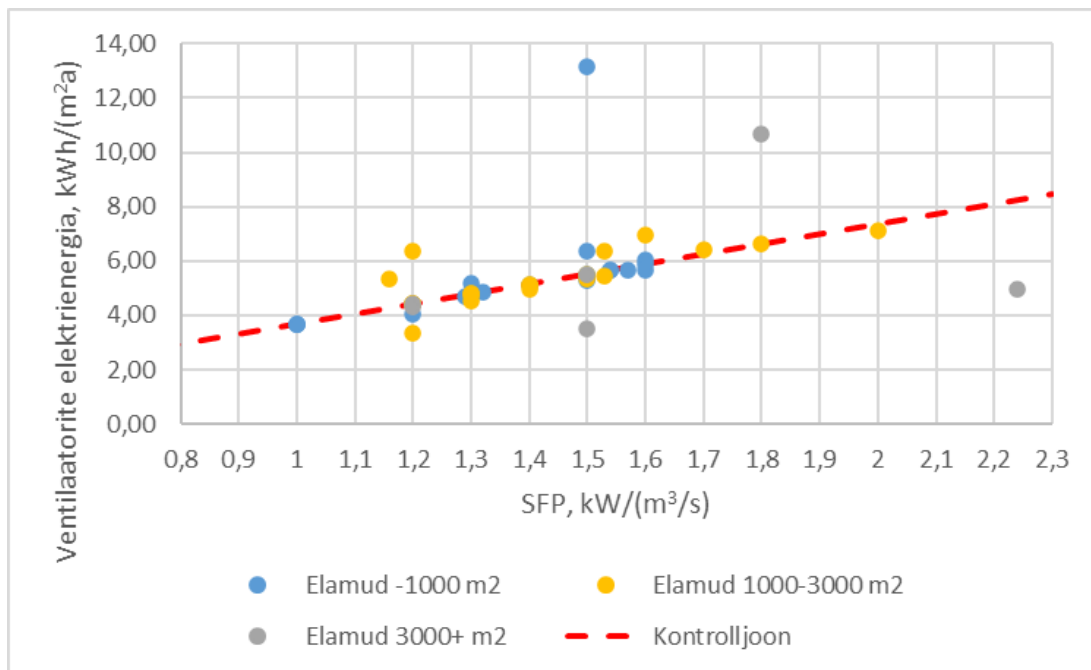


Joonis 6. Kütteperioodi keskmine soojustegur tarvevee soojendamiseks.

Hindamaks, kas energiamärgises toodud ventilatsioonisüsteemi ventilaatoritele kuluv elektrienergia on õiges suurusjärgus, saame võrrelda ventilatsiooniseadme ventilaatorite elektrilist erivõimsust ja ventilaatoritele kuluvat elektrienergiat. „Punase lipuga“ märgiti ventilatsioonisüsteemid, mille SFP ja ventilaatorite elektrienergia suhe jäi allapoole kontrolljoont või ventilatsiooniseadme SFP jäi alla 1,20 kW/(m³/s). Alljärgnevalt on toodud SFP ja ventilaatoritele kuluva elektrienergia suhe tsentraalsete ja korteripõhiste seadmete korral.



Joonis 7. Seos ventilatsioonisüsteemi SFP ja ventilatsiooni elektrienergia vajaduse vahel tsentraalse ventilatsiooniga elamutes.

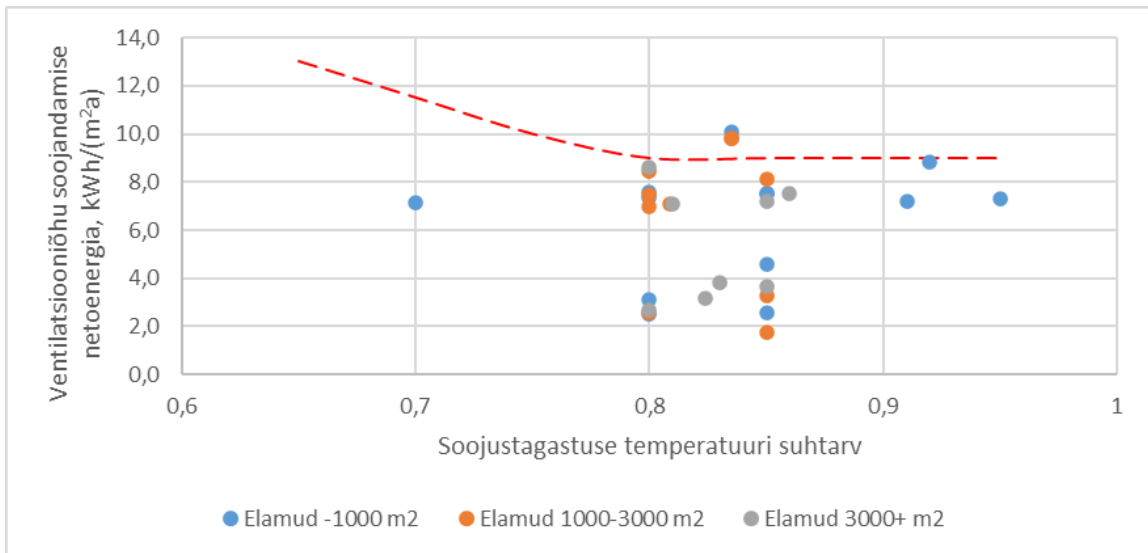


Joonis 8. Seos ventilatsioonisüsteemi SFP ja ventilatsiooni elektrenergia vajaduse vahel korteripõhise ventilatsiooniga elamutes.

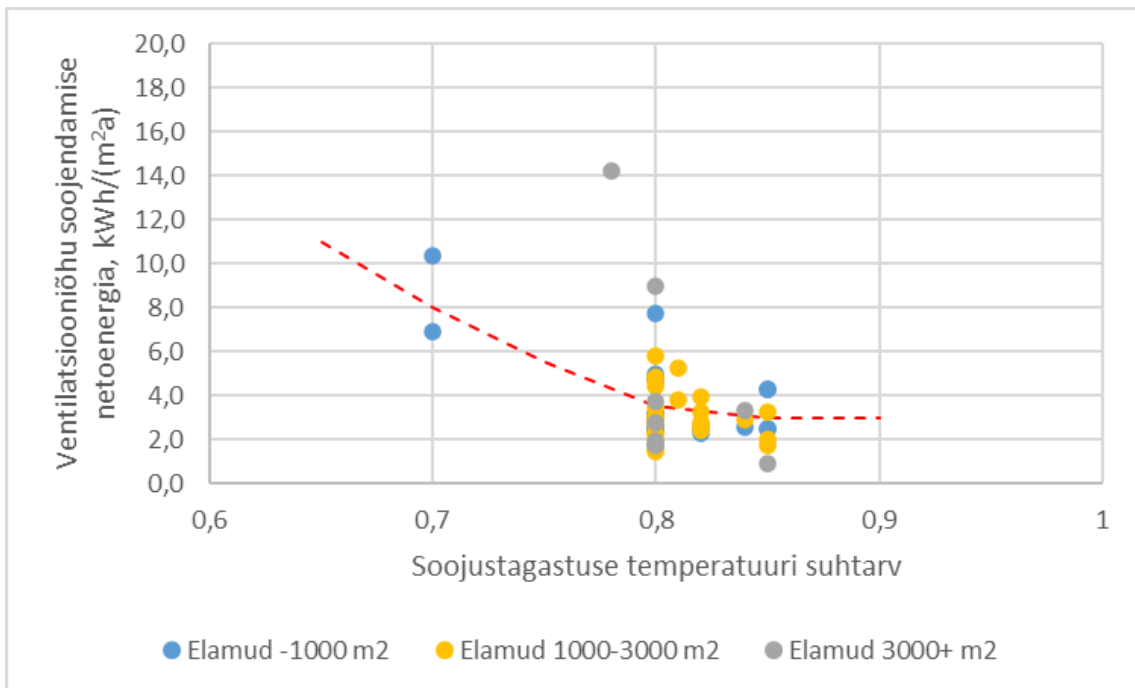
Tulemustest lähtub, et valdavalt oli tsentraalsete ventilatsiooniseadmete ventilaatorite elektritarve veidi madalam kontrolljoone väärtusest samal SFP-l. Selgelt eristus kaks seadet, mille elektrenergia kulu oli oluliselt suurem ning üks, mille elektrenergia kulu oli väiksem, kui kontrolljoone väärtus. Korteripõhiste seadmete puhul eristus 4 hoonet, millest kahel oli elektrenergia tarve suurem ning kahel väiksem, kui kontrolljoone väärtus.

Korrutades ventilatsiooni õhuhulga, SFP väärtuse ja tundide arvu aastas, on võimalik ventilaatoritel energiatarve välja arvutada. Kõrvutades märgises toodud ventilaatorite elektrenergia tarvet arvutusliku tarbega samal õhuhulgal ja SFP väärtusel, leiti 4 kõrvalekallet, kus märgises toodud ventilaatorite elektrenergia oli märgatavalt väiksem kui arvutuslik elektrenergia. Lisaks leiti kaks kõrvalekallet, kus ventilatsiooni ventilaatorite elektrenergia märgises oli tunduvalt suurem, kui arvutuslik väärtus.

Ventilatsiooniõhu soojendamiseks kuluva energia suurusjärgu hindamiseks tuleb hinnata seost ventilatsiooniseadme soojustagastuse suhtarvu ja ventilatsiooniõhu soojendamiseks kuluva netoenergia vahel. Valimis olevate hoonete puhul oli ventilatsiooniseadmetes kasutatud valdavalt plaat- või rootorsoojustagastit. Ühel juhul oli kasutatud soojuspumbaga lahendust. Soojustagastite ja ventilatsiooniõhu soojendamiseks kuluva netoenergia seose hindamiseks on kasutatud Kredexi „Liginullenergia eluhooned. Rida- ja korterelamud“ juhendmaterjalis toodud referentskõveraid [9].



Joonis 9. Ventilatsiooniõhu soojendamise netoenergiavajadus sõltuvalt temperatuuri suhtarvust plaatsoojustagasi korral.

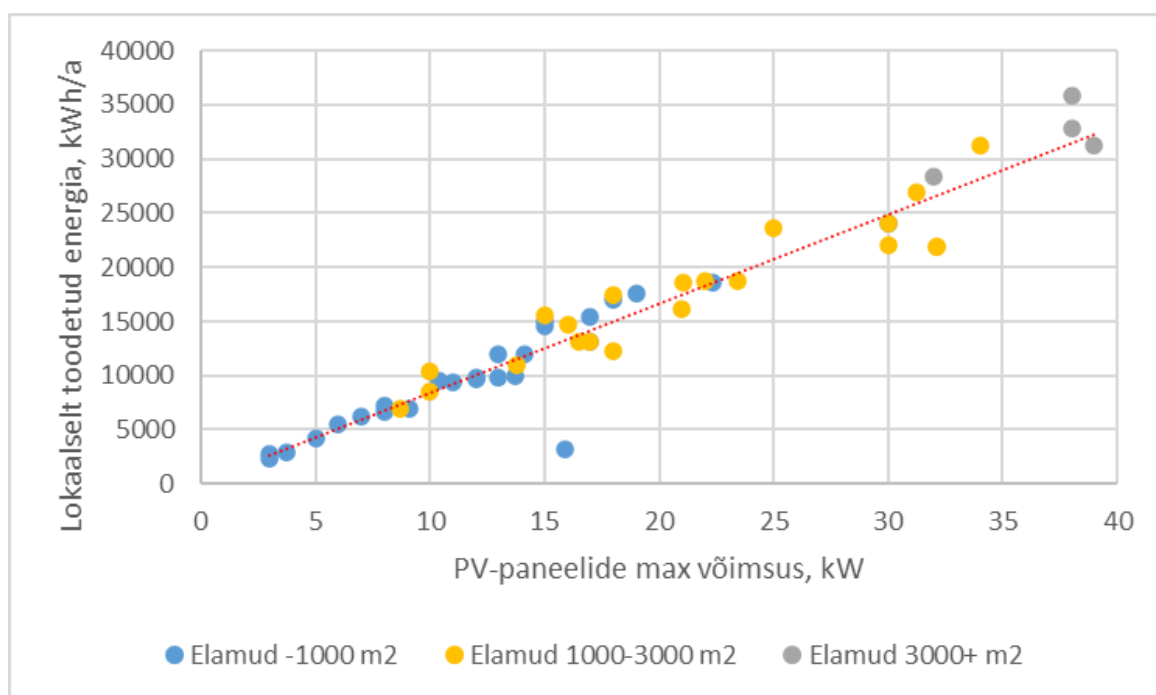


Joonis 10. Ventilatsiooniõhu soojendamise netoenergiavajadus sõltuvalt temperatuuri suhtarvust rootorsoojustagasi korral.

Märgises toodud soojusvahetite suhtarvude ja ventilatsiooniõhu soojendamiseks kuluva netoenergia võrdlusel referentskõveraga selgus, et valdav enamus plaatsoojustagastitega seadmeid tarbib vähem energiat, kui referentskõvera järgi peaks. Mõnel üksikul seadmel on energiatarve referentskõveraga kooskõlas. Pea pooltel juhtudest oli vahe $2 \text{ kWh}(\text{m}^2/\text{a})$, kuid suurel osal oli erinevus üle $4 \text{ kWh}(\text{m}^2/\text{a})$, mis oli piisavalt suur erinevus ning märgitakse kõrvalekalde vääriliseks. Rootorsoojusvahetite puhul oli suurem osa väärtuseid referentskõvera läheduses. Eristus kolm olukorda, kus

kõrvalekalle referentsjoonest oli tunduvalt madalam ja kolm korda, kus kõrvalekalle oli tunduvalt suurem referentskõvera väärtusest.

Liginullenergiahoone energiatõhususarvu saavutamiseks on vajalik lokaalne taastuvenergia tootmine, kui see on majanduslikult põhjendatud ja tehniliselt teostatav. Hindamaks, kas PV-paneelide tootlikus on õigesti arvatud, tuleb võrrelda lokaalselt toodetud elektrienergiat paneelide maksimaalse võimsusega. Kuni 1000 m² elamute puhul kasutati ainult PV-paneele. Päikesepaneele kasutati 28 hoonel 48-st. Tulemustest lähtub, et valdavalt oli PV-paneelide võimsus ja toodang korrelatsioonis. Väljaarvatud ühel korral, kui toodang oli märgatavalt madalam keskmisest tootlusest. Hoonete 1000-3000 m² puhul kasutati päikesepaneele 22 hoonel 36-st. Lisaks päikesepaneelidele kasutati ühel hoonel ka päikesekollektoreid sooja tarbevee tootmiseks. Üle 3000m² hoonetel kasutati 5 korral 20-st päikesepaneele. Kahel juhul on märgitud omatarbe osakaaluks 100%, mis ei vasta MTM määruses nr 58 tabelis 19 toodud omatarbe väärtustele kortermajale. Teisi taastuvenergia lahendusi ei kasutatud.



Joonis 11. PV-paneelide maksimaalse võimsuse ja lokaalselt toodetud elektrienergia vaheline seos.

Hoonete kuni 1000 m² lähteandmetest leitud vabasoojuste võrdlusest määrusejärgsete väärtustega leiti 5 erinevust, millest 4 olid seotud valgustusega. Ühel korral võeti inimese soojuseralduseks ridaelamu puhul 1 W/m², kahe korterelamu puhul valgustuse soojuseladuseks väiksem väärtus põhjustele viitamata ning kahel korral võeti valgustuse soojuseralduseks 4 W/m² viidates madalama võimsusega LEDide kasutamisele, mida tõendati valgustusarvutusega. 1000-3000 m² elamute

lähteandmetest leitud vabasoojuste võrdlusest määrusejärgsete väärtustega leiti 5 valgustusega seotud kõrvalekallet, kus viidati madalama võimsusega LEDide kasutamisele. Üle 3000 m² hoonete puhul leiti 6 olukorda, kus valgustusest tekkiv vabasoojus on madalam määruses toodud väärtustest.

Kuni 1000 m² köetava pinnaga hoonete puhul leiti kõige rohkem kõrvalekaldeid õhulekkearvu väärtuses (15 korda), välispiirete soojuserikao ja kütte netoenergia suhtes (14 korda), soojuspumba osakaalus ruumide kütteks (10 korda). Väiksematest kõrvalekalletest, mida hinnati kaalumisteguriga 0,5, leiti katuse soojuslähivusega seotud kõrvalekaldeid 2 korral ja põranda soojuslähivust 7 korral, kus tarindi soojuslähivust võib hinnata praktiliselt teostamatuks. Väga madalat akende soojuslähivuse väärtust tuvastati 6 korral. 9 hoonel tuvastati määrusejärgsest väiksem ventilatsiooni õhuhulk. 3 korral ei vastanud heitõhu ning 6 korral sissepuhke temperatuur määrusejärgsetele nõuetele. Ühel hoonel tuvastati kõrvalekalle köetava pinna pindalas ning ühel juhul ei vastanud PV-paneelide omatarve määrusejärgsetele nõuetele.

Kõrvalekaldeid kaalumisteguriga 0,25 leiti 4 korral. Ühel juhul oli tegemist määrusejärgsest väärtusest tunduvalt suurema ventilatsiooni õhuhulgaga, 2 juhul oli minimaalne heitõhutemperatuur määrusejärgsest väärtusest tunduvalt suurem ning 1 korral arvestati määrusest tunduvalt suurema abiseadmete elektritarbega.

Keskmiselt tuvastati ühe elamu kohta 2,2-punktiline kõrvalekallete kogusumma, mis on võrdväärne ühe kõige tõsisema ja kahe keskmise astme kõrvalekaldega. Kõige suurem punktisumma on 6,5 ning kõige väiksem 0 punkti. Vähemalt 4 punkti kogus 8 hoonet ning 0 punkti saavutas 2 hoonet.

1000-3000 m² köetava pinnaga hoonete puhul tuvastati kõige rohkem kõrvalekaldeid ventilatsiooni õhuhulgas pinnaühiku kohta (16 korral), õhulekkearvus (15) ja välispiirete soojuserikao ja kütte netoenergia suhtes (12). Väiksematest kõrvalekalletest, mida hinnati kaalumisteguriga 0,5, leiti põranda soojuslähivusega seotud kõrvalekaldeid 4 korral, kus tarindi soojuslähivust võib hinnata praktiliselt teostamatuks. Väga madalat akende soojuslähivuse väärtust tuvastati 3 korral. Madaltemperatuuriga pind oli märkimata 5 korral. Abiseadmete elektritarbega seotud kõrvalekaldeid tuvastati 7 korral. Ühel hoonel oli valesti märgitud hoone köetav pindala.

Kõrvalekaldeid kaalumisteguriga 0,25 leiti 2 korral. 2 juhul oli minimaalne heitõhutemperatuur määrusejärgsest väärtusest tunduvalt suurem, mille tulemusena on energiatarvet suure tõenäosusega arvestatud tegelikkusest suuremana.

Keskmiselt tuvastati ühe elamu kohta 2,2-punktiline kõrvalekallete kogusumma, mis on võrdväärne ühe kõige tõsisema ja kahe keskmise astme kõrvalekaldega. Kõige suurem punktisumma on 5 ning kõige väiksem 0 punkti. Vähemalt 4 punkti kogus 6 hoonet ning 0 punkti saavutas 2 hoonet.

Üle 3000 m² köetava pinnaga hoonete puhul tuvastati kõige rohkem kõrvalekaldeid õhulekkearvus (12 korral), ventilatsiooni õhuhulgas pinnaühiku kohta (11) ja ventilatsiooni heitõhu- ning sissepuhke temperatuuris (mõlemat 9 korral).

Väiksematest kõrvalekaltest, mida hinnati kaalumisteguriga 0,5, leiti väga madalat akende soojuslähivuse väärtust 4 korral. 9 korral ei vastanud heitõhu ning 9 korral sissepuhke temperatuur määrusejärgsetele nõuetele. 4 korral leiti kõrvalekalle abiseadmete elektrienergiatarbe juures.

Kõrvalekaldeid kaalumisteguriga 0,25 leiti 4 korral. 2 korral tuvastati äärmiselt kõrge joonsoojuslähivuse väärtus. 2 juhul oli minimaalne heitõhutemperatuur määrusejärgsest väärtusest tunduvalt suurem, mille tulemusena on energiatarvet suure tõenäosusega arvestatud tegelikkusest suuremana.

Keskmiselt tuvastati ühe elamu kohta 3,5-punktiline kõrvalekallete kogusumma, mis on võrdväärne 3 kõige tõsisema ja ühe keskmise astme kõrvalekaldega. Kõige suurem punktisumma on 7,5 ning kõige väiksem 0,5 punkti. Vähemalt 4 punkti kogus 8 hoonet ning 0,5 punkti saavutas 1 hoone.

Vastavalt statistilise analüüsi tulemustele uuriti kontrolli teises faasi, dokumentatsiooni kontrollis, nelja kuni 1000 m², nelja 1000-3000 m² hoonet ja kaht üle 3000 m² hoonet. Nendeks hooneteks oli A11, A12, A45, A48, B03, B08, B14, B33, C13 ja C18. Valdavalt on võetud hooned, mis said statistilise analüüsi tulemusena kõige rohkem punkte. Hooned B03 ja A12 olid hooned, kus statistilise analüüsi põhjal ei tuvastatud ühtegi kõrvalekallet.

4.1.1 Järeldused

Hoonete energiamärgiste arvutuste lähteandmete ja arvutustulemuste kontrollist saadud tulemustest võib järeldada, et pea kõigis parameetrites on võimalik leida väärtuseid, mille tagajärjel hoone arvutuslik energiatarve väheneb ning seeläbi hoone arvutuslik energiatõhususarv väheneb. Esines ka ebakõlasid, mille puhul hoone arvutuslik energiatarve suurenes ja mis võisid tingida suuremaid investeeringuid hoone energiatõhususe tagamiseks. Arvestades asjaolu, et suurem osa (54%) ETA väärtuseid on kas võrdväärseid energiaklassi piirväärtusega või kuni 2 punkti madalamad,

eksisteerib reaalne oht, et kasvõi ühe arvutuses näidatud väärtuse mitte realiseerumisel hoone ETA väärtus suureneb ning energiaklass muutub. Valimi peale leiti kokku ainult 4 hoonet, mille puhul ei tuvastatud ühtegi kõrvalekallet.

4.2 10 hoone dokumentatsiooni kontroll

Käesolevas osas kontrolliti 10 hoone energiatõhususe arvutuses toodud väärtusi vastava hoone ehitus- ja kasutusloa aluseks olevate dokumentatsioonidega. Kümnehoonelise valimi moodustasid kolm ridaelamut ning seitse korterelamut. Vastavalt statistilise analüüsi tulemustele valiti dokumentatsiooni kontrolli 4 kuni 1000m², 4 1000-3000m² hoonet ja 2 üle 3000m² hoonet. Kontrollitavad hooned on järgmised:

- Kuni 1000 m² – A11, A45, A48
- 1000 m² kuni 3000 m² – B08, B14, B33
- Üle 3000 m² – C13, C18

Hooned B03 ja A12 on hooned, kus statistilise analüüsi põhjal ei tuvastatud ühtegi kõrvalekallet.

Kõrvalekalded õigusaktides toodud arvutusmetoodikast olid järgnevad:

- Korterehamu A48 ja B33 tarnitud energia arvutamisel ei ole lähtutud metoodika valemist.
- Korterehamu B08 ja B33 ruumide kütteks kuluva soojusenergia kasutuse arvutamisel ei ole arvestatud jaotamise ja väljastamise kasuteguritega.
- Korterehamu A11 soojuspumba keskmine soojustegur ruumide kütteks ei vastanud määrusejärgsele väärtusele. Soojustegur oli arvutusmetoodika väärtusest suurem, kuid dokumentatsioonis puudus selle kohta täpsem info.
- Korterehamu A11 ja A45 soojuspumba keskmine soojustegur tarbevee soojendamiseks ei vastanud määrusejärgsele väärtusele. Soojustegur oli arvutusmetoodika väärtusest suurem, kuid dokumentatsioonis puudus selle kohta täpsem info.
- Korterehamu A11 ja A45 soojuspumba osakaale ruumide kütteks ja tarbevee soojendamiseks pole märgitud. A11 puhul pole osakaaludega arvutuses arvestatud. A45 puhul on osakaaludega tegelikult arvestatud.
- Kortermajade A48, B14, B33 ja C18 ventilatsioonisüsteemile vastav õhuhulk pinnaühiku kohta oli madalam arvutusmetoodikas toodud väärtustest.
- Kortermajade B08 ja C13 PV-paneelide omatarve oli vastavalt 75% ja 100%, erinedes metoodikajärgsest 55%-st, kuid viited väärtuste saavutamisest puudusid.

- Kortermajade A11 ja B14 ventilatsiooniseadme minimaalne heitõhu temperatuur rootorsoojustagasti korral oli arvutusmetoodikas toodud temperatuurist kõrgem. Märgisejärgselt on võetud minimaalseks heitõhutemperatuuriks 0°C asemel vastavalt 1°C ja 5°C, mis suurendab arvutusliku sissepuhkeõhu soojendamiseks kuluvat energiat.
- Kortermajade B14, B33, C13 ja C18 hoonete valgustuse vabasoojus oli väiksem arvutusmetoodikas toodud väärtusest. Ainult hoonele C13 oli teostatud valgustusarvutus, kuid arvutuse rakendamine on küsitav, kuna eeldaks arvutuses kasutatud valgustite tegelikult paigaldamist.

Energiamärgiste vastavuse kontrollis ehitusloa taotlusega esitatud dokumentatsioonile leiti järgmised ebakõlad ja puudused:

- Korterehamu A45 soojuse tootmise viis ei ühtinud. Energiaarvutuses oli näidatud soojusallikana maasoojuspump, kuid ehitusloa taotluses õhk-vesi soojuspump.
- Hoonete A45, B08, B14, B33 ja C18 välispiirete soojuskaod olid ehitusloa taotluses suuremad kui energiamärgise lähteandmetes toodud väärtused.
- Kortermaja A45 ehitusloa dokumentatsioonis ja energiamärgisel eksisteeris hoone korruselise erinevus. Energiamärgisele oli märgitud korruselisuseks 4, ehitusloa taotlusel 3 korrust.
- Kortermaja C13 energiaarvutuse vastavuse kontrolli ehitusloa aluseks olevale dokumentatsioonile ei olnud võimalik teostada kuna EHR-is andmed ehitusloa aluseks olevavale dokumentatsioonile digitaalsel kujul puuduvad.

Energiamärgiste vastavuse kontrollis kasutusloa taotlusega esitatud dokumentatsioonile leiti järgmised ebakõlad ja puudused:

- Hoonete A45 ja B03 soojuse tootmise viis ei vastanud energiamärgisele. Soojusallikana oli energiamärgisel toodud vastavalt maasoojuspump ja maasoojuspump/õhk-vesi soojuspump, kuid kasutusloa järgselt oli kasutatud vaid õhk-vesi soojuspumpasid.
- Korterehamu A11 tarnitud energia arvutuses oli jäetud arvestamata, et õhk-vesi soojuspumba puhul tuleb osa hoone soojusvajadusest katta täiendava allikaga.
- Kortermaja C13 soojuse jaotamine ei vastanud energiamärgisele. Kasutusloa taotluses on viide soojapuhuritele. Kasutusloa dokumentatsioonis täpsem informatsioon puudus.
- Ridaelamute A11 ja A12 kasutusloa dokumentatsioonist ei tulnud selgelt välja välispiirete soojuslähivused. Seetõttu ei saanud selgelt väita, kas välispiirete soojuslähivused vastasid või ei vastanud energiaarvutuses toodud väärtustele.
- Hoonete A48, B08, B33, C13 ja C18 välispiirete soojuslähivused ei vastanud energiamärgise lähteandmetes toodud väärtustele. Välispiirete soojuslähivused olid valdavalt suuremad kui energiamärgises toodud väärtused.

- Hoonete A48, B08, B14 ja C13 õhulekkearv ei vastanud energiamärgises toodud väärtustele. B03, B08 ja B14 puhul oli õhulekkearv tõendatud testiga. C13 hoone puhul ei õnnestunud leida kinnitust testiga tõendatud õhulekkearvu väärtusele.
- Hoonete A48, B08, B33 ja C18 ventilaatorite tegelik elektritarbimine ei vastanud lähteandmetes toodud ventilaatorite eritarbimisele. Hoonetes A48 ja C18 oli tegelik väärtus kõrgem ning hoonetes B08 ja B33 madalam.
- Hoonete A48, B08, B33 ja C18 ventilatsiooni soojustagasti temperatuuri suhtarv erines märgises toodud väärtusest. Hoonete A48, B08 ja B33 seadmete temperatuuri suhtarv võrreldes märgisega oli madalam, hoonel C18 kõrgem.
- Hoone C13 dokumentatsioonis puudus informatsioon paigaldatud päikeseelektrisüsteemi kohta. PV-paneelide olemasolu ei olnud võimalik tuvastada ka alternatiivsete meetoditega, näiteks aerofotodelt.

Vastavalt ehitusloa ja kasutusloa aluseks olevate dokumentatsioonide võrdlusele energiamärgises toodud väärtustega on loodud kokkuvõtlik tabel, kus on kujutatud, missugune informatsioon ehitusloa ja kasutusloa dokumentatsioonis kattus energiamärgises toodud väärtusega (roheline), milline ei kattunud (oranž) ning mille kohta informatsioon puudus (kollane).

Tabel 14. Energiamärgiste ja ehitusdokumentatsiooni vastavuse ülevaade

Hoone	Dokumentatsioon	Soojuse tootmine ja kütus	Piirdetarindite soojusläbivused	Õhulekkearv	Välispiirde summaarne soojuserikadu kätava pinna kohta	Ventilaatorite erivõimsus	Soojustagastuse temp. suhtarv	Sissepuhkeõhu temperatuur	Soojuspumba keskmine soojustegur, ruumide kütte	Soojuspumba keskmine soojustegur, soe tarbevesi	Abiseadmete elekter	Päikesepaneelide paigaldatud võimsus	Valgustuse võimsus
A11	Ehitusloa dok												
	Kasutusloa dok												
A12	Ehitusloa dok												
	Kasutusloa dok												
A45	Ehitusloa dok												
	Kasutusloa dok												
A48	Ehitusloa dok												
	Kasutusloa dok												
B03	Ehitusloa dok												
	Kasutusloa dok												
B08	Ehitusloa dok												
	Kasutusloa dok												
B14	Ehitusloa dok												
	Kasutusloa dok												
B33	Ehitusloa dok												
	Kasutusloa dok												
C13	Ehitusloa dok												
	Kasutusloa dok												
C18	Ehitusloa dok												
	Kasutusloa dok												

	Tähistus
	Kattub
	Info puudub
	Ei kattu
	Pole aktuaalne

Hinnang võimalikule energiaklassi muutusele

Korterelamu A11 puhul kasutati soojuse tootmiseks õhk-vesi soojuspumpa, mille kütteperioodi keskmised soojustegurid hoone kütte ja sooja tarbevee tootmiseks ei tulnud dokumentatsioonist välja. Samas oli energiamärgise arvutamise lähteandmetes tühjaks ning arvestamata jäetud soojuspumba osakaalud ruumide kütteks ja sooja tarbevee tootmiseks. Arvestades nende mõju, tõusis hoone ETA väärtus hinnanguliselt 9 kWh/(m²a) võrra. Võrreldes energiamärgise arvutustulemustes toodud ventilatsioonisüsteemi ventilaatorite energiatarvet lähteandmetes toodud õhuhulga ja ventilatsiooniseadme SFP väärtusega, oli tulemustes toodud ventilaatorite energiatarve madalam, kui võiks arvutuslikult olla. Hinnanguliselt tõstis arvutusliku väärtuse kasutamine hoone ETA väärtust 3 kWh/(m²a) võõra. Hoone arvutuslikus energiamärgises puudub informatsioon abiseadmete elektritarbe kohta. Soojuspumpsüsteemide puhul võib abiseadmete elektritarbimise jätta nulliks, kui see on arvestatud soojuspumba kasuteguri sisse. Kui abiseadmetega ei ole soojuspumba kasuteguri määramisel arvestatud, tõuseb hoone energiatarve 2 kWh/(m²a). Vastavalt eelnevale võis hoone energiatarve muutuda hinnanguliselt 12-14 kWh/(m²a). Antud hoone energiatarve oli 116 kWh/(m²a) ning hoone vastas liginullenergia hoone nõuetele, mille piirväärtus on 120 kWh/(m²a). Lisades hinnangulise tõusu 12-14 kWh/(m²a), sai hinnanguliseks hoone energiatarvikuks 128-130 kWh/(m²a), mille tulemusena hoone energiaklass muutus sedavõrd, et ületas liginullenergiahoonele esitatavaid nõuded ning hoone oleks vastanud madalenergiaklassiga hoone nõuetele.

Ridaelamu A12 puhul oli vastavalt ventilatsiooni teostusjoonistele muutunud ventilatsiooniseade, millest tulenevalt oli langenud ventilaatoritele kuluv elektrienergia hinnanguliselt 1,5 kWh/(m²a), mistõttu vähenes hoone ETA 3 kWh/(m²a) võrra. Hoone piirdetarindite materjalide omaduste kohta hoone kasutusloa dokumentatsioonis informatsioon puudus. Kasutades materjalide puhul turu keskmiseid väärtuseid suurenes hoone välispiirete soojuserikadu, mis tõstis hoone ETA väärtust hinnanguliselt 1 kWh/(m²a). Kuna muudes aspektides täpselt kasutatavate materjalide ja seadmete mõju polnud dokumentatsiooni puudumise tõttu võimalik hinnata, võis eeldada hoone ETA väärtus muutus 2 kWh/(m²a) võrra väiksemaks. Hoonele väljastatud arvutusliku energiamärgise järgselt oli hoone ETA 105 kWh/(m²a). Arvestades mõju võis eeldada, et hoone ETA võiks hinnanguliselt olla 103 kWh/(m²a).

Korterelamu A45 energiamärgise ja kasutusloa dokumentatsiooni võrdlemisel selgus, et energiamärgises hoone soojuse tootmiseks kasutatud maasoojuspump oli vahetatud õhk-vesi soojuspumba vastu. Kasutatava õhk-vesi soojuspumba aasta keskmised soojustegurid hoone kütteks ja tarbevee soojendamiseks jäid dokumentatsiooni puudumise tõttu selgusetuks. Asendades energiamärgises toodud maasoojuspumba õhk-vesi soojuspumbaga ning kasutades õhk-vesi soojuspumbal määrusejärgseid

kasutegureid, tõusis hoone ETA hinnanguliselt 20 kWh/(m²a) võrra. Võrreldes energiamärgises toodud ventilatsiooniseadmete väärtuseid ventilatsioonis mõõdistuspassis viidatud seadmete SFP väärtustega, võis hinnata, et ventilaatoritele kuluv elektrienergia suurenes ning ETA väärtus tõusis hinnanguliselt 1 kWh/(m²a). Hoone piirdetarindite ning avatäidete võimalikku mõju ETA muutumisele oli täpse informatsiooni puudumisel esialgu keeruline hinnata. Kortermaja A45 energiamärgise järgne ETA oli 105 kWh/(m²a), mis vastas täpselt liginullenergia hoone miinimumnõudele. Arvestades soojuspumba ja ventilatsiooniseadmete muutumist võrreldes energiamärgisega, võis hinnata, et hoone ETA väärtus tõusis ning võis olla suurusjärgus 126 kWh/(m²a), mille tulemusena hoone ei vastaks isegi enam madalenergiahoone nõuetele.

Korterelamu A48 kasutusloa dokumentatsiooni võrdlemisel energiamärgises toodud väärtustega nähtus, et kõige suurem muutus oli toimunud ventilatsiooniseadmetega. Muutunud oli ventilatsiooniseadmete SFP ja soojustagastuse temperatuuri suhtarv, mis olid suuremad, kui energiamärgises toodud väärtused. Hinnanguliselt tõstis ventilatsiooniseadmete SFP tõus hoone ETA väärtus 5 kWh/(m²a) ja ventilatsiooniõhu soojendamiseks kuluv energia vähendas 2 kWh/(m²a) võrra. Piirdetarindite materjale ning soojuslähivust võrreldes, võis hinnata, et piirdetarindite soojuserikadu oli veidi väiksem märgises toodud väärtustest, mistõttu võis hinnata, et hoone ETA vähenes 1 kWh/(m²a) võrra. Korteralamu ETA väärtus vastavalt energiamärgisele oli 102 kWh/(m²a). Liites muutuste mõju saame hinnanguliselt hoone ETA väärtuseks 104 kWh/(m²a), mille tulemusena hoone ei vastaks liginullenergiahoone miinimumnõuetele ning kuuluks madalenergiahoone energiaklassi.

Ridaelamu B03 energiamärgise ja kasutusloa dokumentatsiooni võrdlusel selgus, et muudetud oli soojuse tootmise viisi. Maasoojuspumba ja õhk-vesi soojuspumba kombinatsioon oli muudetud ainult õhk-vesi soojuspumbaga soojuse tootmiseks. Muudatuse tulemusena alanes hoone ETA hinnanguliselt 1 kWh/(m²a). Võrreldes energiamärgisega oli muutunud ventilatsiooniseadme SFP, mille tulemusena vähenes hoone ETA hinnanguliselt 1 kWh/(m²a). See tähendab, et oli võimalik, et hoone ETA langes 2 kWh/(m²a) võrra ning energiamärgises toodud ETA 113 kWh/(m²a) võiks hinnanguliselt 111 kWh/(m²a).

Korterelamu B08 kasutusloa dokumentatsioonist selgus, et võrreldes energiamärgisega oli muutunud ventilatsiooniseadmed ning nende ventilaatorite SFP oli märgises toodud väärtustest suurem, mille tulemusena võis hinnata, et ETA tõusis 6 kWh/(m²a). Küsimusi tekitas hoonele paigaldatud PV-paneelide omatarve. Kasutades määrusejärgset 55% nõuet, tõusis hoone ETA 5 kWh/(m²a) võrra. Väiksemal määral tõstsid hoone ETA väärtust märgisejärgsetest väärtustest suurem piirdetarindite soojuslähivus ning väiksem ventilatsiooniseadme soojusvaheti temperatuuri suhtarv,

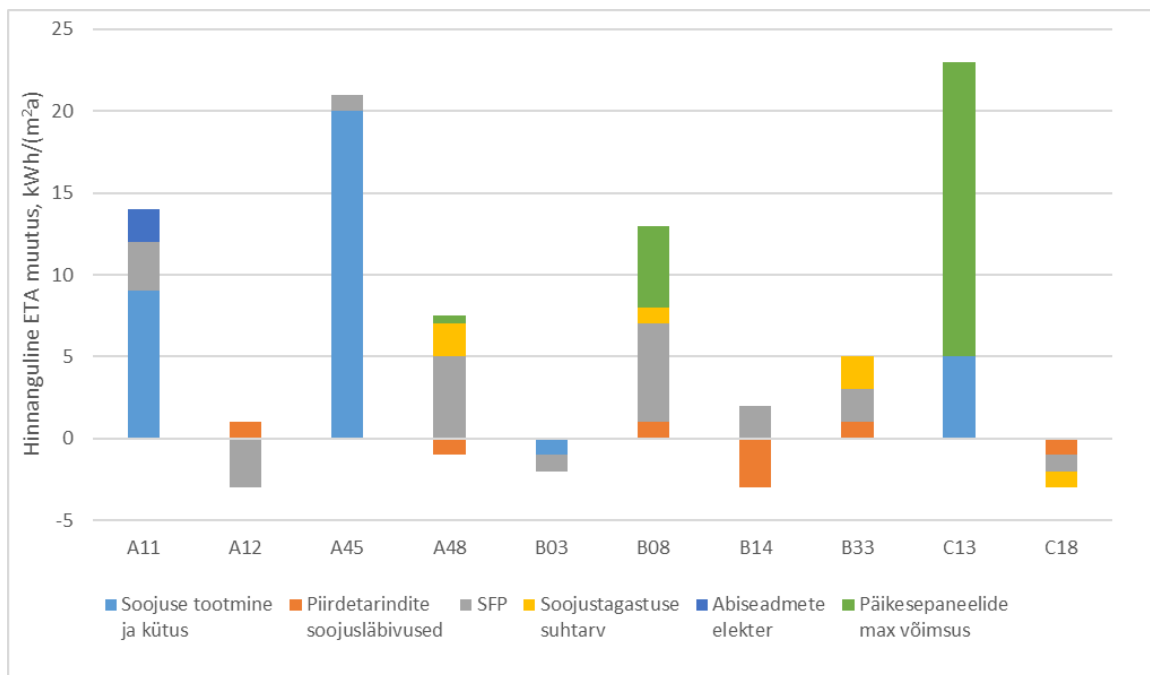
mille mõju oli mõlemal juhul 1 kWh/(m²a). Märgisejärgne ETA 104 kWh/(m²a) muutus hinnanguliselt 13 kWh/(m²a) võrra ning tõusis väärtuseni 117 kWh/(m²a), mis muutis liginullenergiahoone madalenergiahooneks.

Korterelamu B14 kasutusloa dokumentatsiooni võrdlemisel energiamärgisega selgus, et hoone köetav pindala oli suurenenud pea 30 m² võrra, mille tulemusena väheneb hoone ETA 3 kWh/(m²a) võrra. Samas oli suurenenud ventilatsiooniseadmete SFP, mille tulemusena ETA suurenes 2 kWh/(m²a) võrra. Hoone energiamärgisejärgne ETA oli 125 kWh/(m²a). Arvestades muutuseid võis hinnata, et hoone ETA vähenes 1 kWh/(m²a), ja oli 124 kWh/(m²a).

Korterelamu B33 energiamärgise ja kasutusloa dokumentatsiooni võrdlusel selgus, et energiamärgises toodud SFP ja soojustagasti temperatuuri suhtarvu väärtused olid paremad, kui realselt paigaldatud seadmel. Sellest tulenevalt tõusis hoone ETA kokku 4 kWh/(m²a) võrra. Samuti selgus, et energiamärgises toodud väärtused hoone välispiirete soojuslähivuse kohta olid optimistlikumad, kui päriselt, mille tulemusena tõusis hoone ETA 1 kWh/(m²a) võrra. Erinevate mõjude koondsummana tõusis korterelamu ETA 5 kWh/(m²a) võrra ning tõusis väärtuselt 105 kWh/(m²a) väärtuseni 110 kWh/(m²a). Selle tulemusel ei vastaks antud korterelamu enam liginullenergiahoone nõuetele.

Korterelamu C13 kasutusloa dokumentatsioonis esitatud andmete võrdlusel energiamärgises esitatud väärtustega selgus, et ei ole võimalik tõendada PV-paneelidega taastuvenergia tootmist. PV-paneelide mõju hoone energiatõhususele mitte arvestades, tõusis hoone ETA 18 kWh/(m²a). Võrreldes energiamärgises toodud informatsiooni piirdetarindite kohta kasutusloa dokumentatsiooniga oli pea kõikide tarindite soojuslähivused muutunud ning reaalse hoone piirdetarindite summaarne soojurerikadu oli suurem kui energiamärgises toodud väärtused. Selle tulemusena võis eeldada, et elamu ETA tõusis hinnanguliselt 5 kWh/(m²a). Muutuseid summeerides oli kahtlus, et hoone ETA tõusis märgatavalt. Liites energiamärgisejärgsele ETA väärtusele 125 kWh/(m²a) täiendavad 23 kWh/(m²a), saime hoone ETA väärtuseks hinnanguliselt 148 kWh/(m²a).

Korterelamu C18 kasutusloa dokumentatsiooni võrdlemisel hoonele esitatud energiamärgisega selgus, et energiamärgises toodud väärtused ventilatsiooniseadmete SFP ja soojustagastite temperatuuri suhtarvude kohta olid suuremad, kui realselt paigaldatud seadmed. Summaarne mõjuna vähenes hoone ETA hinnanguliselt 2 kWh/(m²a). Piirdetarindite soojuserikao võrdlusel nähtus, et realselt ehitatud piirdetarindite soojuslähivus oli veidi parem märgises esitatud väärtustest, mille tulemusena vähenes korterelamu ETA 1 kWh/(m²a) võrra. Erinevad muutused kokku liites saime, et energiamärgisejärgne ETA 118 kWh/(m²a) võiks olla hinnanguliselt 115 kWh/(m²a).



Joonis 12. Erinevate ebakõlade mõju ETA väärtusele

4.2.1 Järeldused

Ehitusloa ja kasutusloa aluseks olevate dokumentatsioonide võrdlemisel energiamärgise arvutuses toodud väärtustega selgus, et erinevusi leiab kõigis hoone energiatõhusust oluliselt mõjutavates aspektides: soojuse tootmine, välispiirete soojuslähivus, õhulekke arv, ventilatsiooni õhuhulk, ventilatsiooniseadme erivõimsus ja soojustagastuse suhtarv. Lisaks erinevusele võrreldes energiaarvutuses olevatele väärtusele, erinesid väärtused ka sama loa dokumentatsiooni siseselt, kus erinevates osaprojektides sama elemendi väärtused ei ühtinud, valdavalt piirdetarindite soojuslähivus. Mitmel juhul ei olnud võimalik määrata, mille alusel vastavat väärtust on kasutatud, kuna vastavat dokumentatsiooni ei õnnestunud leida. Enamasti puudus täpne dokumentatsioon piirdetarindite, avatäidete ning ventilatsiooni- ja kütteseadmete kohta. Kasutusloa dokumentatsioonist tuleb küll välja, kelle tooteid on kasutatud, kuid täpsed väärtused puuduvad. Valdavalt puudus igasugune informatsioon õhulekke arvu ja valgustusest tekkiva vabasoojuse tõendamise kohta.

Lähtudes esitatud kasutusloa taotlusel esitatud dokumentatsioonist ja asendades dokumentatsioonilist kinnitust mitteleidnud väärtused määrusejärgsete väärtustega, võib väita, et kõigi hoonete puhul on põhjust kahelda arvutatud energiatõhususarvu väärtuses ja on põhjust arvata, et energiatõhususarvu arvutuslik väärtus ei pruugi olla reaalsusega kooskõlas. Nelja hoone puhul on alust arvata, et hoone energiatõhususarvu

väärtus väheneb, ehk hoone muutub võrreldes arvutusliku märgisega energiatõhusamaks. Kuue hoone puhul on alust arvata, et hoone ETA väärtus suureneb. ETA suurenemine jääb hinnanguliselt vahemikku 5 kuni 29 kWh/(m²a). Suurima mõjuga ETA väärtusele on muutused soojuspumbas ja paigaldamata jäetud või valesti arvatud päikesepaneelides. Olulist mõju avaldavad ka valgustuse võimsus ja ventilaatorite energiatarbimise erinevus. Muutused soojustagasti temperatuuri suhtarvus ja välispiirete soojusläbivused omavad vaadeldavate hoonete puhul kõige väiksemat mõju. Valdavalt on hoonete energiatõhususarvud miinimumnõude piirväärtusega samasugused või sellele väga lähedal, mistõttu võib eeldada, et hooned ei vasta miinimumnõuete väärtusele ega kuulu väljastatud energiaklassi.

„Kortermajade ETA märgiste kontrolli“ kolmandas osas analüüsitakse energiaarvutuste kvaliteeti mudelsimulatsiooni kaudu. Mudelsimulatsiooni valitakse igast hoonegrupist 1 hoone. Mudelsimulatsiooniga kontrollitakse järgmiseid hooned: A45, B03, C13

A45 korterelamu puhul on tegemist hoonega, mille projekti on muudetud ning seetõttu ei saa kindel olla, et esialge energiamärgise arvutus vastab tegelikule olukorrale. Võrreldes energiamärgise arvutusega on kasutusloa dokumentatsioonis muutunud on soojuses tootmise viis ja ventilatsioonisüsteemide arv. Kuna hoone energiatõhusus vastab esialgse arvutuse järgselt täpselt miinimumnõuetele, tuleks täpsemalt kontrollida, missugust mõju avaldavad projekti muudatused.

B03 ridaelamu puhul on tegemist hoonega, mille energiatõhususarvu arvutuse lähteandmete ja arvutustulemuste esimeses kontrollis, „Kortermajade ETA märgiste kontrolli“ esimeses osas leiti antud hoonegrupi puhul kõige vähem küsitavusi ja kõrvalekaldeid. Kasutusloa dokumentatsiooni võrdlusel energiaarvutuses toodud väärtustega on leitud, et hoonel on muutunud soojuse tootmise viis. Seevastu on kasutatud suuremaid soojuspumba soojustegureid, kui esialgses energiamärgises toodud väärtused.

C13 kortermaja puhul erinevad piirdetarindite soojusläbivused energiamärgise ja kasutusloa võrdluses kõigil piiretel, va avatäited, olulisel määral. Vastavalt ventilatsiooni moodsustprotokollile on muutunud ventilatsiooni õhuhulk. Võrreldes teise samasse hoonegruppi kuuluva hoonega, C18, on hoone kohta võimalik teha mõistlik mudelsimulatsioon.

4.3 Mudelsimulatsioonid

Käesolevas peatükis analüüsitakse täpsemalt hoonete A45, B03 ja C13 arvutusliku energiatarvet. Hoonetest luuakse kasutusloa taotlusega esitatud dokumentatsiooni

põhjal dünaamilised mudelid kasutades Ida ICE 4.8 tarkvara, arvutatakse välja uued energiatõhususarvud ning teostatakse suvine ruumitemperatuuri kontroll. Saadud tulemused kõrvutatakse energiamärgise tulemustega ning hinnati mõju energiaarvetele.

4.3.1 Korterelamu A45

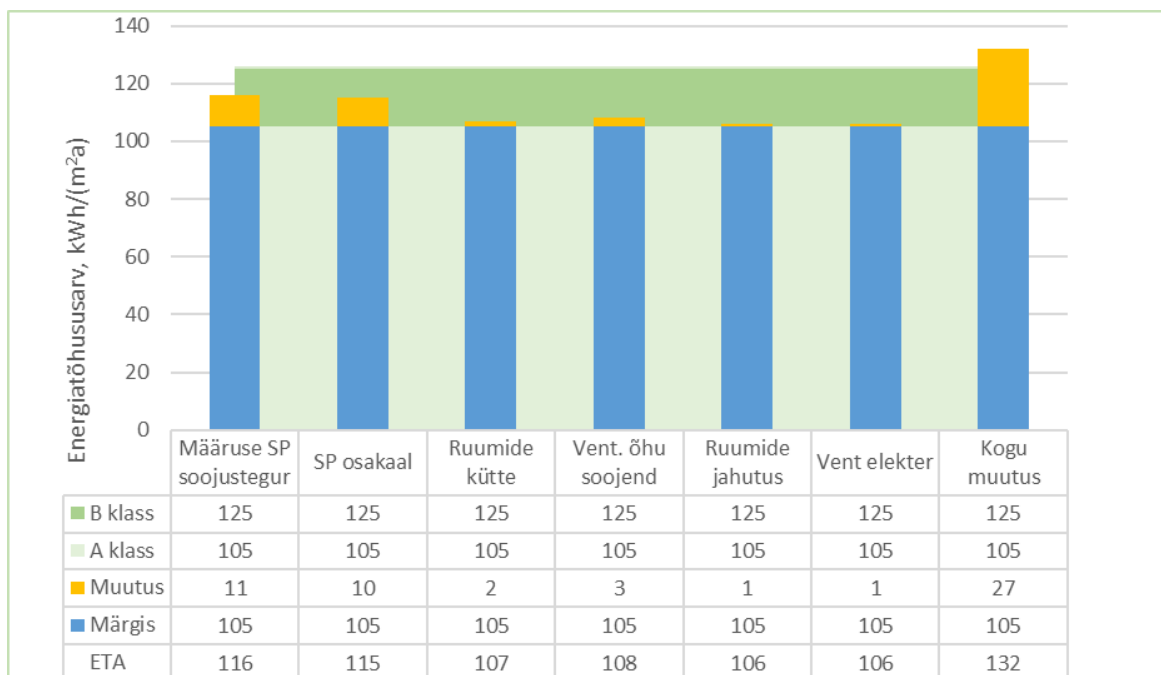
Hoone arhitektuurne dokumentatsioon võimaldas hoonest luua suhteliselt täpse mudeli. Joonistel oli väga täpselt ära toodud andmed piirdetarindite ning avatäidete suuruse ja paigutuse kohta. Samas puudus kasutusloa dokumentatsioonis valdavalt informatsioon materjalide omaduste kohta. Vastavalt hooldus- ja kasutusjuhenditele oli võimalik tuvastada, missuguse tootjate aknaid ja uksi ning ventilatsiooniseadmeid kasutati, kuid täpsed andmed paigaldatud toodete omaduste kohta jäid selgusetuks ning kasutati tootja sarnase toote väärtuseid. Kasutusloa dokumentatsioonist tuleb välja, et ehitusloa taotluses esitatud kütteallikas, maasoojuspump, oli asendatud õhk-vesi soojuspumbaga, kuid ka soojuspumba tehniliste andmete kohta puudub igasugune informatsioon. Korterelamu A45 puhul tekitas kõige suuremaid küsimusi, missuguseid materjale ja seadmeid milliste omadustega oli tegelikult kasutatud. Eeldades, et hoone ei ole ehitatud kasutades parimate omadustega materjale ning kasutades turult saadavaid keskmiste omadustega materjale ja tootjate tootelehtedelt leitavaid andmeid, saame hoone energiatõhususarvuks 132 kWh/(m²a). Täpsemad väärtused võrreldes energiamärgises toodud väärtustega on leitavad alljärgnevas tabelis.

Tabel 15. Kortermaja A45 energiatarbe võrdlus energiamärgisega

	Märgis	Kontroll	Erinevus	Erinevus
	kWh/(m ² a)	kWh/(m ² a)	kWh/(m ² a)	%
ETA A	105	132	27,0	25,7
Toodetud elektrienergia	14,7	14,7	0,0	
Tarbitud elektrienergia	52,6	65,8	13,2	
Summaarne energiakasutus				
Küttesüsteem				
Ruumide küte	9,6	15,2	5,6	
Ventilatsiooniõhu soojendamine	2,8	4,2	1,4	
Tarbevee soojendamine	12,5	18,3	5,8	
Abiseadmete elekter	1,0	1,0	0,0	
Ventilatsioonisüsteem	4,7	5,0	0,3	
Jahutussüsteem	0,3	0,7	0,4	
Abiseadmete elekter	-	-	-	
Valgustus	7,0	7,0	0,0	
Seadmed	22,4	22,5	0,1	
Summa	60,5	73,9	13,4	22,1
Netoenergiavajadus				
Ruumide küte	26,7	30,2	3,5	13,1
Ventilatsiooniõhu soojendamine	2,8	4,2	1,4	50,0
Tarbevee soojendamine	30,1	30,0	-0,1	-0,3
Ruumide jahutus	1,0	2,1	1,1	110,0
Ventilatsiooniõhu jahutus	-	-	-	-

Tabeli 15 tulemustest lähtub, et netoenergiavajadus ruumide kütteks tõusis 3,5 kWh/(m²a) (6%), ventilatsiooniõhu soojendamiseks 1,4 kWh/(m²a) (50%) ja ruumide jahutamiseks 1,1 kWh/(m²a) (118%). Netoenergia tõus ruumide kütteks on seletatav akende soojuslähivuse kerge tõusuga, kuna muude tarindite soojuslähivused olid summa summaarumis samad. Vastavalt aknatootja andmetele on projektis toodud akende soojuslähivus mitte 0,8 W/(m²K), vaid 0,88 W/(m²K). Aknad moodustasid välisseinte pindalast 31%. Ventilatsiooniõhu soojendamiseks kuluva netoenergia tõus tulenes märgises toodud seadmete erinevusest võrreldes päriselt paigaldatud seadmetest. Ventilatsiooni mõõdistuspassist selgus, et hoone alumist korrust teenindab 2 plaatsoojustagastiga seadet. Märgises oli toodud, et hoones kasutatakse vaid rootorsoojustagastusega ventilatsiooniseadmeid. Plaatsoojustagastite osakaal hoones oli 25%. Kõige suurem tõus netoenergiavajaduses tulenes ruumide jahutusest. Ehitusloa dokumentatsioonist selgus, et jahutust kasutatakse äripindade jahutuseks. Kasutusloa dokumentatsioonis pole jahutuse osa kusagil mainitud. Teada on äripindade asukoht on võrreldes ehitusloa dokumentatsiooniga muutunud ning asukohast tulenevad muutused võisid seeläbi tõsta jahutuseks kuluva energia hulka.

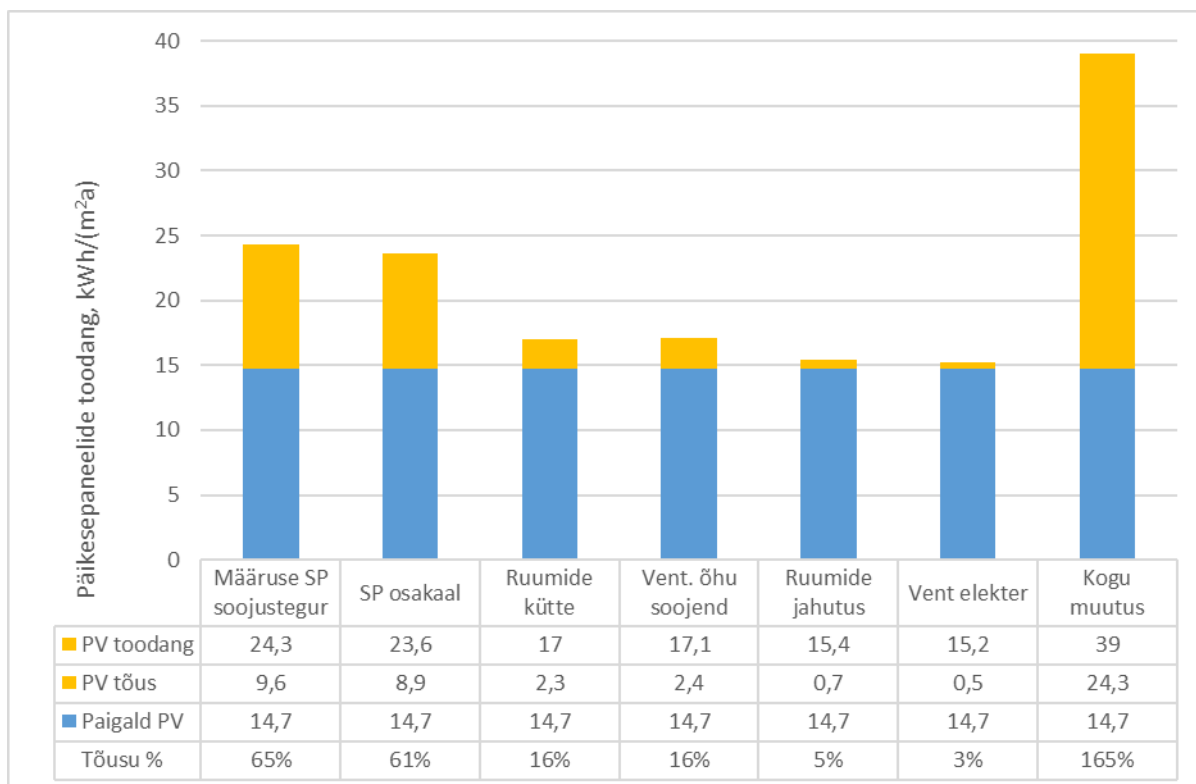
Summaarset energiakasutust vaadates tuleneb, et kõige suurem protsentuaalne erinevus võrreldes märgises toodud väärtustega oli energiakulu jahutuseks. Energiatarbes oli muutus vaid 0,4 kWh/(m²a). Väike tõus oli samuti ventilatsioonisüsteemile, mille elektrikulu, ja ventilatsiooniõhu soojendamine, tõuseb 0,3 kWh/(m²a). Muutus ei ole ootuspärane, kuna energiamärgises toodud ventilatsiooniseadme SFP oli 1,29 kW/(m³/s), kuid vastavalt ventilatsiooni mõõdistuspassis toodud seadmetootja andmetele oli kontrollis võetud SFP väärtuseks 1,08 kW/(m³/s). Tekib küsimus, mille põhjal oli märgises SFP valitud. Kõige suuremat mõju energiatarbe tõusule omas ruumide kütteks ja tarbevee soojendamisele kuluv energia. Põhjus seisneb kütteallika muutumises, mille tagajärjel muutus kütteperioodi jaotamise ja väljastamise kasutegur ning soojuspumba osakaal ruumide kütteks ja tarbevee soojendamiseks. Kuna pole teada, missugust õhk-vesi soojuspumpa päriselt kasutati, oli kontrollis kasuteguri ja osakaalude arvestamisel kasutatud MTM määrus nr 58 tabelites 10 ja 10³ toodud väärtuseid. Sellest tulenevalt tõuseb ruumide kütteks ja tarbevee soojendamiseks energiakasutus vastavalt 4,5 ja 5,7 kWh/(m²a). Täpsemat mõju, kuidas erinevad aspektid muudavad hoone energiatõhusarvu võrreldes märgises toodud väärtusega, näeb alljärgnevalt jooniselt.



Joonis 13. Muudatuste mõju ETA väärtusele

Märgisejärgselt on korterelamu A45 liginullenergia hoone, mille katusele on paigaldatud lokaalne energia tootmine päikesepaneelide näol. Hoone vastabki liginullenergia hoone tingimustele puhtalt päikesepaneelide tõttu. Energiämärgise järgselt on hoone ETA väärtus 105 kWh/(m²a). Jooniselt 13 on näha, et suurima mõjuga hoone energiatõhususele on maasoojuspumba asendamine õhk-vesi soojuspumbaga, millest tulenevalt alaneb soojuspumba kasutegur ning osa soojusvajadusest tuleb katta täiendavalt otse elektriga, kuna õhk-vesi soojuspump ei suuda väga madalatel välisõhu temperatuuridel efektiivselt töötada. Muude ebakõlade mõju hoone ETA väärtusele on vahemikus 1-3 kWh/(m²a). Ebakõladest tingituna tõuseb hoone ETA 27 kWh/(m²a), mille tulemusena muutub hoone energiaklass „A“ klassist „C“ klassi.

Liginullenergia hoone energiatõhususklassi saavutamiseks on hoone katusele installeeritud 15 kW maksimaalse võimsusega päikesepaneelid, mille aastane arvutuslik toodang on 14500 kWh/a. Vastavalt MTM määruse nr 58 tabelile 19 on kortermajade omatarbe osakaal 55%. Alljärgneval joonisel on toodud, missugune peaks olema päikesepaneelide toodang ja kui palju peaks tootmist suurendama, et lokaalne tootmine kataks kontrolli tulemusena saadud muutused energiatõhususarvus.

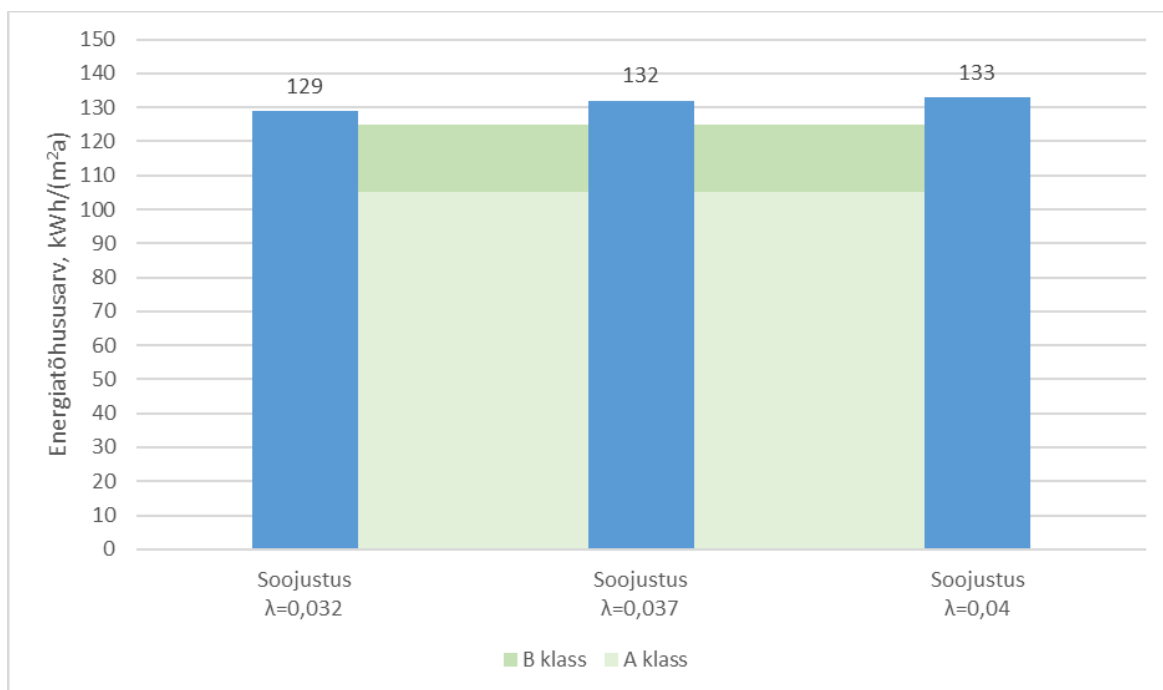


Joonis 14. PV paneelide tõus katmaks muudatuste mõju.

Hoone päikesepaneelide paigalduse teostusjooniselt oli näha, et korterelamu katus oli paneelidega peaaegu täielikult kaetud ning täiendavat ruumi paneelidele oleks keeruline ette näha. Kuna hoone asju linnas sees ja fassaad ning tasapind on kohati varjestatud ümbritsevate hoonete poolt, ei oleks paneelide lisamine väljaspoole katuse pinda praktiliselt teostatav. Praktiliselt ainuke viis, kuidas päikesepaneelide poolt toodetavat energiat kogust tõsta, oleks installeerida võimsamad paneelid, mis suudaksid sama paneelid pindalaga toota rohkem energiat. Eeldades, et PV paneelide tootlikust oleks võimalik 10% tõsta, oleks teoreetiliselt võimalik päikesepaneelide tootlikkuse tõusuga katta täiendav energiakulu, mis tekib ruumide küttest ja jahutusest ning ventilatsioonisüsteemi energiakulust. Ventilatsiooniseadmete märgisest erinevuse tõttu suurenenud ventilatsiooniõhu soojendamiseks kuluvat energiakulu on päikesepaneelidega äärmiselt keeruline katta. Selleks on vaja leida juba 17,2% võimsamad paneelid. Soojuspumba vahetusest tulenevat mõju ETA väärtusele on peaaegu võimatu katta, kuna soojusteguri muutudes muutuvad ka soojuspumba osakaalud.

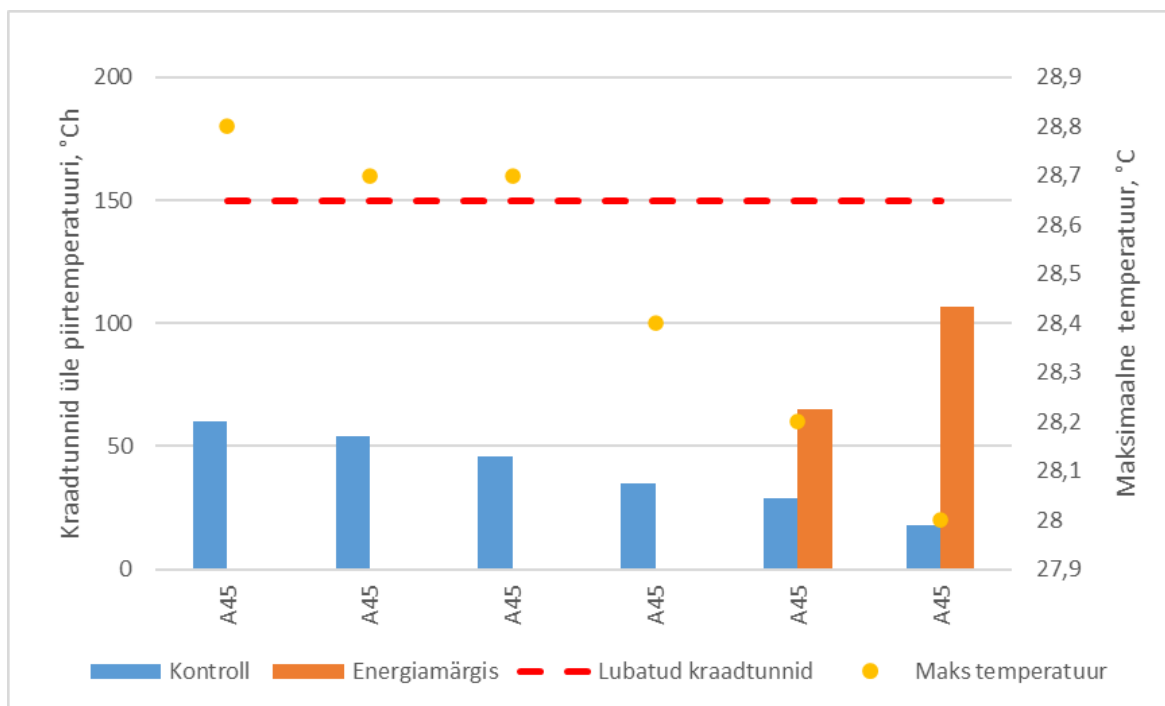
Nagu eelnevalt mainitud ei ole hoone dokumentatsioonis toodud, missuguseid materjale oli hoone püstitamiseks kasutatud. Eelnev võrdlus märgisejärgsete väärtustega on toodud eeldusel, et on kasutatud turult leitavaid keskmise väärtusega soojustusmaterjale. On teada, et on kasutatud vahtpolüstüreeni ehk EPS-i, kuid tootja ja materjali omadused on teadmata. Antud hoone kontrolli puhul on kasutatud

vahtpolüstireeni, mille soojuslähivus on $0,037 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Näitlikustamiseks, kuidas muutub hoone energiatõhususarv, kui kasutatakse soojustust, mille soojuslähivus on $0,032 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ või $0,040 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, on toodud alljärgnev joonis.



Joonis 15. Soojustustmaterjali mõju energiatõhususarvule

Korterelamule oli EIM määruse nr 63 §11 kohaselt teostatud suvise ruumitemperatuuri kontroll. Energiamärgise suvise ruumitemperatuuri kontrollis oli esitatud 2 ruumi, mille puhul mõlemal oli $27 \text{ }^\circ\text{C}$ piirtemperatuuri ületavad kraadtunnid alla $150 \text{ }^\circ\text{Ch}$ ehk alla piirväärtuse. Esitatud kraadtunnid vastavalt ruumidele oli $65,3 \text{ }^\circ\text{Ch}$ ja $106,8 \text{ }^\circ\text{Ch}$. Energiamärgise kontrolli käigus loodud mudeli simulatsioonist selgus, et märgises viidatud ruumide suvine maksimaalne temperatuur ei olnud võrreldes teiste eluruumidega kõrgem, vaid temperatuurilt 7. ja 9. positsioonil. Suvine maksimaalne ruumitemperatuur annab aimu, millistel ruumidel on kõige tõenäolisemalt kõige suurem piirtemperatuuri ületavate kraadtundide arv. Kontrollides hoone kõige kõrgema suvise ruumitemperatuuriga eluruume, selgus, et ka kõige kõrgema suvise ruumitemperatuuriga ruumide temperatuur ei ületa $150 \text{ }^\circ\text{Ch}$ piirväärtust. Kontrolli tulemusena saadi maksimaalseks piirtemperatuuri ületavate kraadtundide arvuks $60 \text{ }^\circ\text{Ch}$. Seega saab öelda, et kuigi energiamärgise suvise ruumitemperatuuri kontrollis ei esitletud ei kõige kõrgema suvise ruumitemperatuuriga ega piirtemperatuuri enim ületavaid ruume, ei ole antud hoone ruumide suvine temperatuur suure tõenäosusega probleem ning vastab seaduses toodud nõuetele.



Joonis 16. Suvise ruumitemperatuuri kontrolli ülevaade.

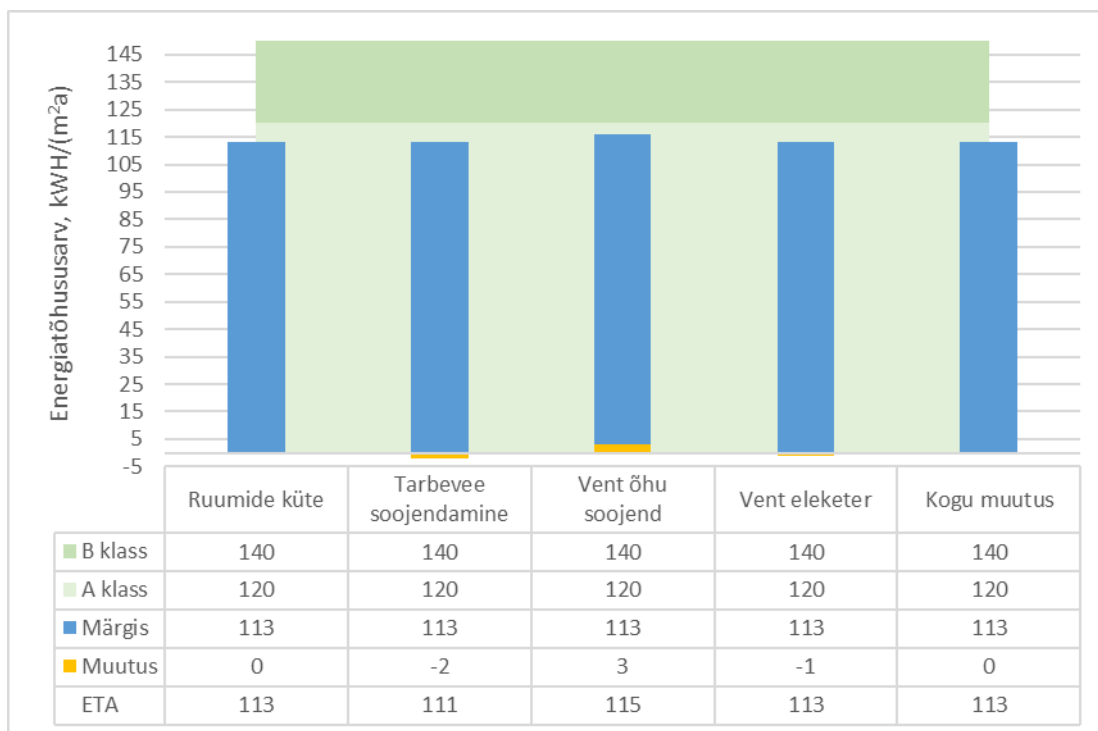
4.3.2 Ridaelamu B03

Ridaelamu B03 on hoone, mille puhul oli eelmiste etappide jooksul kõige vähem kõrvalekaldeid leitud. Ridaelamu näol on tegemist suhteliselt lihtsa teostusega hoonega. Põhilise informatsiooni hoone püstitamiseks kasutatud materjalidest saab ehitusloa dokumentatsioonist. Kuigi otseselt kasutusloa dokumentatsioonis pole materjalide kohta täpset informatsiooni toodud, leiab eelprojektis valitud materjalide reaalse kasutamise kohta tõestuse ehituskoosolekute protokollidest. Kasutusloa dokumentatsioonist tuli välja, et hoone soojuse tootmiseks kasutatakse vaid õhk-vesi soojuspumpa energiamärgises toodud maasoojuspumba ja õhk-vesi soojuspumba kombinatsioonis asemel. Kasutusloa dokumentatsioonis oli välja toodud, missugust soojuspumpa ja ventilatsiooniseadmeid kasutatakse ning oli võimalik määrata nende tehnilised näitajad. Ainuke kitsaskoht hoone kohta täpse mudeli loomisel, oli täpse informatsiooni puudus avatäidete tehniliste andmete kohta. Tuli välja küll tootja, kuid energiamärgises toodud andmetega toodet ei ole võimalik leida. Vastavalt energiasimulatsiooni andmetele saame hoone energiatõhusarvuks 113 kWh/(m²a), mis on samasugune väärtus kui energiamärgises toodud väärtus. Seega hoone energiaklass ei muutu ning on jätkuvalt „B” klass. Täpsemad väärtused võrreldes energiamärgises toodud väärtustega on nähtavad alljärgnevast tabelist.

Tabel 16. Ridaelamu energiatarbe võrdlus energiamärgisega

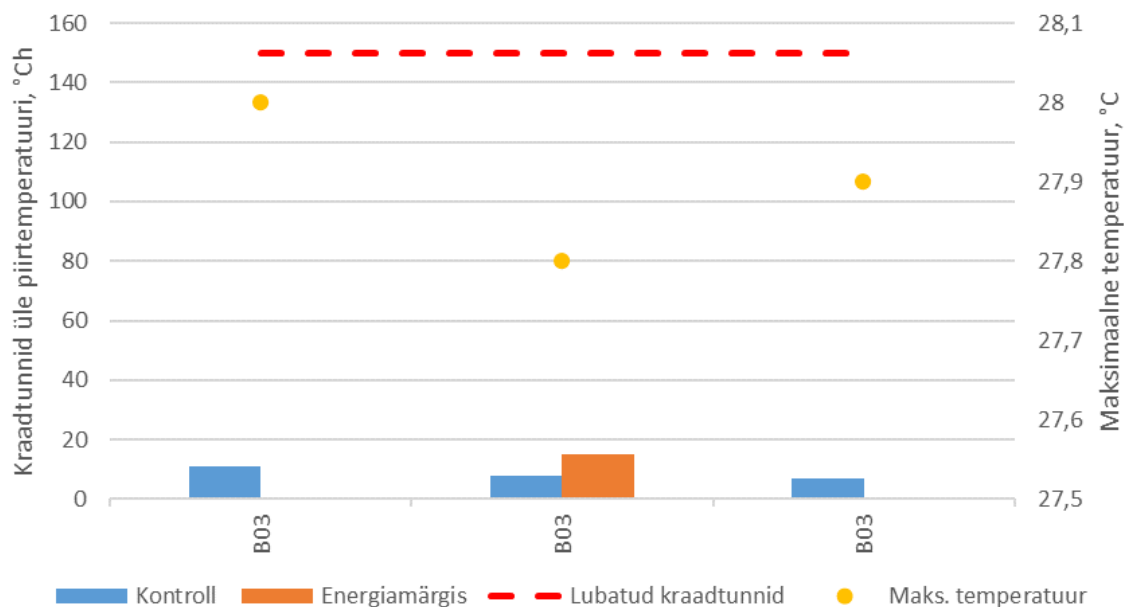
	Märgis	Kontroll	Erinevus	Erinevus
	kWh/(m ² a)	kWh/(m ² a)	kWh/(m ² a)	%
ETA A	113	113	0,0	0%
Toodetud elektrienergia	0	0	0	
Tarbitud elektrienergia	56,4	56,3	-0,1	
Summaarne energiakasutus				
Küttesüsteem				
Ruumide küte	15,0	15,0	0,0	
Ventilatsiooniõhu soojendamine	2,2	3,7	1,5	
Tarbevee soojendamine	11,5	10,3	-1,2	
Abiseadmete elekter	-	-	-	
Ventilatsioonisüsteem	4,4	4,0	-0,4	
Jahutussüsteem	-	-	-	
Abiseadmete elekter	-	-	-	
Valgustus	5,3	5,3	0,0	
Seadmed	18,0	18,0	0,0	
Summa	56,4	56,3	-0,1	0%
Netoenergiavajadus				
Ruumide küte	43,1	42,5	-0,6	-1%
Ventilatsiooniõhu soojendamine	2,2	3,7	1,5	68%
Tarbevee soojendamine	25,0	25,0	0,0	0%
Ruumide jahutus	-	-	-	-
Ventilatsiooniõhu jahutus	-	-	-	-

Tulemustest lähtub, et erinevused energiamärgises ja dokumentatsiooni põhjal loodud mudeli põhjal saadud tulemuste vahel on äärmiselt väikesed. Suurim protsentuaalne muutus toimus ventilatsiooniõhu soojendamises, kus hoone energiatarve tõuseb 1,5 kWh/(m²a) (68%). Kuigi kütte netoenergia vähenes 0,6 kWh/(m²a), tasandas muutuv soojuspumba lahendus vahe ning summaarne kütteenergia oli võrdne. Tarbevee soojendamiseks kuluv energia vähenes soojuspumba kasuteguri muutuse tõttu 1,2 kWh/(m²a) ning ventilatsioonisüsteemile kuluv energia vähenes 0,4 kWh/(m²a) soojustagasti temperatuuri suhtarvu tõusu tõttu. Täpsemat mõju, kuidas erinevad aspektid mõjutasid hoone energiatarvet võrreldes märgises toodud väärtusega, näeb järgnevalt jooniselt.



Joonis 17. Erinevate tegurite mõju energiatõhususarvule.

Ridaelamule oli EIM määruse nr 63 §11 kohaselt teostatud suvise ruumitemperatuuri kontroll. Energiamärgise suvise ruumitemperatuuri kontrollis oli esitatud 1 ruum, mille puhul oli 27°C piirtemperatuuri ületavad kraadtunnid alla 150 °Ch ehk alla piirväärtuse. Suvine ruumitemperatuur oli koostatud korteri nr 1 1. korruse ruumi kohta. Piirtemperatuuri ületatavad kraadtunnid antud ruumi kohta olid 8 °Ch. Energiamärgise kontrolli käigus loodud mudeli simulatsioonist selgus, et märgises välja toodud ruum ei olnud suvel maksimaalse ruumitemperatuuriga ruum. Sama korteri teise korruse ruumid saavutasid kõrgema ruumitemperatuuri. Samas ei ületanud ka teise korruse ruumid lubatud 150°Ch piirväärtust, kuna saavutasid tulemuseks 11°Ch. Seega saab öelda, et kuigi energiamärgise suvise ruumitemperatuuri kontrollis ei esitletud ei kõige kõrgema suvise ruumitemperatuuriga ega piirtemperatuuri enim ületavaid ruume, ei ole antud hoone ruumide suvine temperatuur suure tõenäosusega probleem ning vastab seaduses toodud nõuetele.



Joonis 18. Suvise ruumitemperatuuri kontrolli ülevaade.

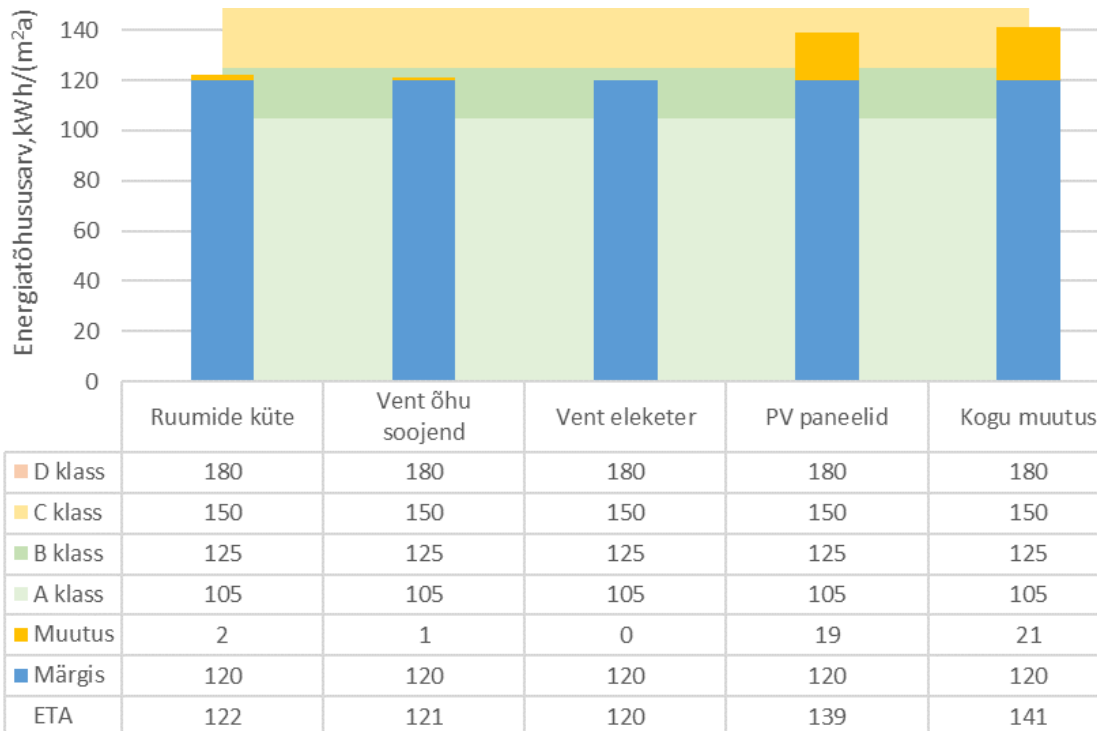
4.3.3 Korterelamu C13

Korterelamu C13 näol oli tegemist kolmest uuritavast hoonest kõige suurema ja keerulisema elamuga. Hoonel kasutati mitmeid erinevaid tarindeid, avatäiteid ning varjestavaid elemente. Hoone nii ehitusloa kui ka kasutusloa dokumentatsioon oli ääriselt detailne, mis võimaldas hoonest võrdlemisi detailse mudeli loomist.

Tabel 17. Korterelamu energiatarbe võrdlus energiamärgisega

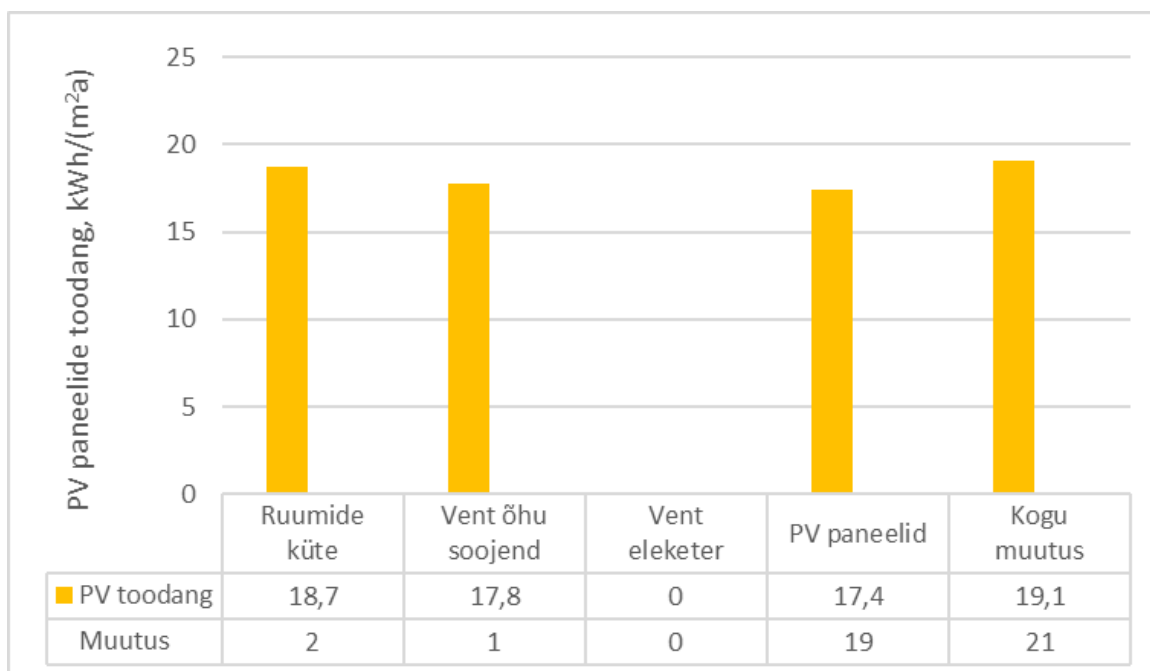
	Märgis	Kontroll	Erinevus	Erinevus
	kWh/(m ² a)	kWh/(m ² a)	kWh/(m ² a)	%
ETA A	120	141	21,00	18%
Toodetud elektrienergia	9,5	0	-9,50	
Tarbitud elektrienergia	30,7	40,3	9,60	
Tarbitud gaas	58,8	60,5	1,70	
Summaarne energiakasutus				
Küttesüsteem				
Ruumide küte	27,2	28,9	1,70	
Ventilatsiooniõhu soojendamine	5,5	5,6	0,10	
Tarbevee soojendamine	31,6	31,6	0,00	
Abiseadmete elekter	1,0	1,0	0,00	
Ventilatsioonisüsteem	7,2	7,2	0,00	
Jahutussüsteem	-	-	-	
Abiseadmete elekter	-	-	-	
Valgustus	3,9	3,9	0,00	
Seadmed	22,5	22,5	0,00	
Summa elekter	40,2	40,3	0,10	0,2%
Summa soojus	58,8	60,5	1,70	3%
Netoenergiavajadus				
Ruumide küte	24,9	26,4	1,50	6%
Ventilatsiooniõhu soojendamine	27,4	27,9	0,50	2%
Tarbevee soojendamine	30,0	30,0	0,00	0%
Ruumide jahutus	-	-	-	-
Ventilatsiooniõhu jahutus	-	-	-	-

Tulemusest selgub, et hoone kütte netoenergia võrreldes energiamärgises toodud väärtusega tõusis 1,7 kWh/(m²a), mis teeb tõusuks 6%. Ventilatsiooniõhu soojendamiseks kuluv netoenergia tõusis 0,5 kWh/(m²a), mis tähendab 2% tõusu. Kõige suurem erinevus võrreldes hoonele väljastatud energiamärgisega seisnes PV-paneelidega toodetud elektrienergia tootmises. Energiamärgises on toodud, et hoone energiatõhususarvu leidmisel arvestati 9,5 kWh/(m²a) suuruse PV-paneelidega taastuvenergia tootmisega, mille omatarve oli ettenähtud 100%. Hoone kasutusloa dokumentatsiooni läbivaatlusel ei leitud ühtegi viidet taastuvenergia tootmise kohta, mistõttu ei ole kontrolli taastuvenergia tootmisega arvestatud. Arvestades eelnevaid asjaolusid, saame hoone energiamärgise väärtuseks 141 kWh/(m²a). Hoone, mis enne vastas „B” energiaklassile, enam antud energiaklassi väärtustele ei vasta, vaid vastab energiaklassile „C”. Täpsemat mõju, kuidas on erinevad aspektid mõjutavad hoone energiatõhusarvu võrreldes märgises toodud väärtusega, näeb alljärgnevalt jooniselt.



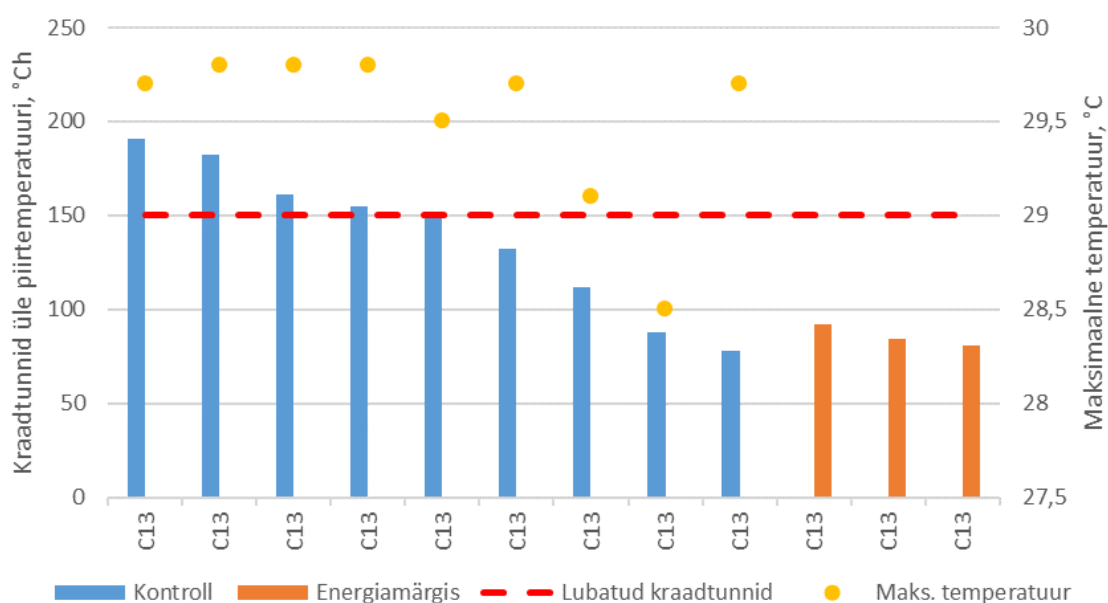
Joonis 19. Erinevate tegurite mõju energiatõhususarvule

Energiamärgises oli hoonele ette nähtud lokaalne taastuvenergia tootmine PV-paneelide näol, kuid ehitatud hoonel taastuvenergia tootmist tuvastada ei ole võimalik. Et hoone saavutaks märgisejärgse ETA väärtuse, tuleks hoonele PV-paneelid lisada, kuid suuremas koguses, kuna tuleb arvestada 55%, mitte 100%, omatarbega. Täpsemat ülevaadet, missugune peaks olema PV-paneelide toodang saavutamaks märgisejärgset tulemust, näeb alljärgnevalt jooniselt.



Joonis 20. PV-paneelide toodang saavutamaks märgisejärgset väärtust.

Energiamärgise seletuskirjas oli välja toodud kolme ruumi suvise ruumitemperatuuri kontrolli tulemused. Kuigi ruumide nimetused olid välja toodud, ei olnud nende nimetuste järgi võimalik öelda, missuguste ruumide tulemused olid välja toodud, kuna selliste nimetustega ruume hoone plaanidelt ei õnnestunud leida. Kolme ruumi piirväärtust ületavate kraadtundide väärtused jäävad 81 ja 92 kraadtundide vahele. Kuigi vastavalt energiamärgisele jäävad kolme toodud ruumi piirtemperatuuri ületavate kraadtundide arv märgatavalt alla lubatud piirväärtuse, on kontrolli tulemustest näha, et mitmed ruumid ületavad lubatud 150 °Ch nõuet. Energiamärgise kontrolli käigus loodud mudeli simulatsiooni tulemustest selgus, et kuuest maksimaalse suvise ruumitemperatuuriga ruumist neli kõige kõrgema temperatuuriga ruumi ületavad lubatud 150 °Ch nõuet. Neli enim piirtemperatuuri ületatavate kraadtundide arv jäi vahemikku 155-192 °Ch. Kontrollitud ruumide maksimaalne ruumitemperatuur oli vahemikus 27,8-29,8 °C, mis tulenes jahutusseadmete puudumisest ja suurtest varjestamata klaaspindadest.



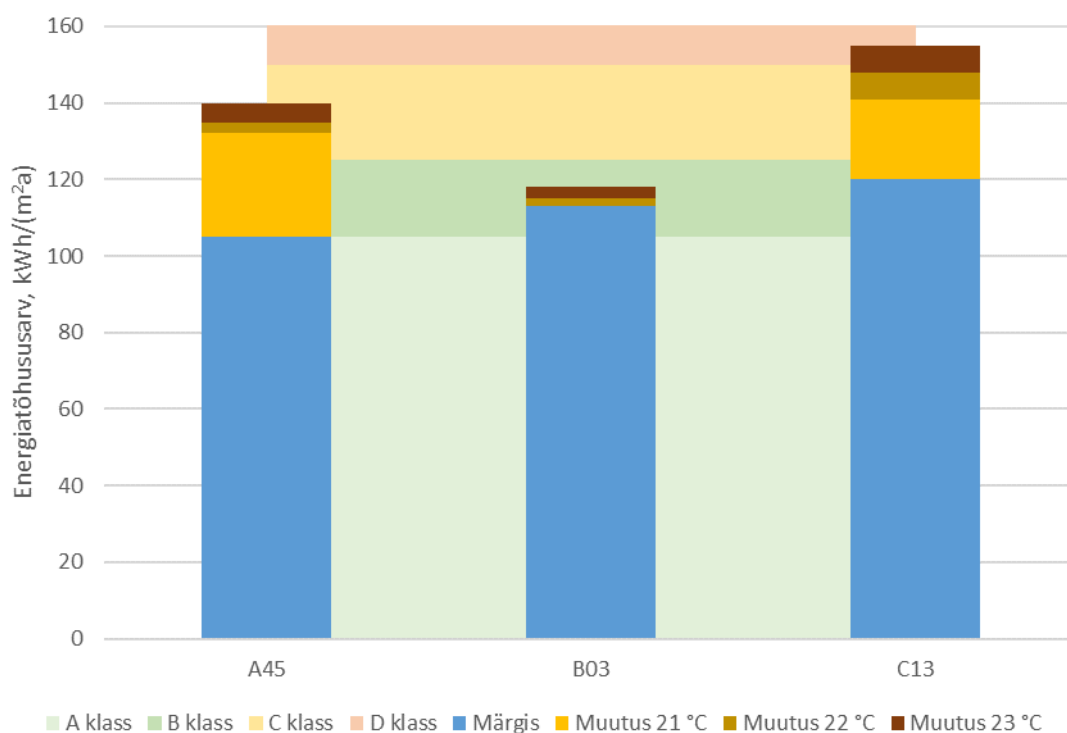
Joonis 21. Suvise ruumitemperatuuri kontrolli ülevaade.

Tabel 18. Hoonete ETA väärtused ja aastane energia kulu

	ETA märgis, kWh/(m ² a)	ETA arvutus, kWh/(m ² a)	50 m ² korteri energiakulu, märgis	50 m ² korteri energiakulu, arvutus	Vahe, €	Vahe, %	80 m ² korteri energiakulu, märgis	80 m ² korteri energiakulu, arvutus	Vahe, €	Vahe, %
A45	105	132	395 €	495 €	99 €	25%	633 €	791 €	159 €	25%
B03	113	113	324 €	324 €	-1 €	0%	519 €	518 €	-1 €	0%
C13	120	141	586 €	680 €	95 €	16%	937 €	1 088 €	151 €	16%

Võttes arvesse hoonete ebakõladest tulenevaid energiatarvete muutuseid, saame võrrelda, missugusel määral mõjutab hoone energiatarbe muutus kulukust tarbija kohta. Järgnevas tabelis on toodud hoonete aastane energiakulude võrdlus energiamärgise ning arvutuse järgsetel energiatõhususarvu väärtustel 50m² ja 80m² korteri näitel. Elektrienergia hinna arvestamisel on lähtud 12 kuu keskmisest elektri börsihinnast novembri seisuga, milleks on 11,5 s/kWh. Gaasi hinnaks on arvestatud 0,67€/m³.

Joonisest 22 on näha, et hoone energiatõhusust oluliselt mõjutavad tegurid, eelkõige soojuse tootmine ja lokaalse taastuenergia tootmislahendused, ning nendes tehtud muudatused mõjutavad hoone energiatõhususarvu ning elanike energiakulu mitmeid kordi rohkem võrreldes sellega, kui korterite kütte seadetemperatuuri tõsta 21°C-lt 23°C-ni. Seega on hoone energiatõhususe seisukohast äärmiselt oluline, et hoonele väljastatud energiamärgis oleks koostatud korrektselt ja hoone ehitatud vastavalt projektile.



Joonis 22. ETA muutus erinevatel ruumitemperatuuri seadeväärtustel.

4.3.4 Järeldused

Kolme kontrollitava hoone põhjal saab väita, et mudelsimulatsioonis saadud väärtused erinesid valdavalt suhteliselt väiksel määral. Kuigi ka väiksel muutusel võib olla mõju hoone energiaklassi muutusele, omavad suuremat mõju hoone energiatõhususele muutused hoone soojusallikas ja taastuenergia tootmises. Antud kontrolli tulemusena

muutus kahe hoone, A45 ja C13, energiatõhususarvu väärtus märgatavalt. Märgatava muutuse põhjus seisnes hoone energiatõhusust mõjutavate aspektide puudulikkusest dokumentatsioonis esitlemisest, mistõttu ei olnud võimalik täpseid väärtuseid määrata või ei olnud lahendust realselt välja ehitatud. Hoone B03, mille energiatõhususarvu arvutamisel on kasutatud suures osas määrusejärgseid väärtuseid ning mille dokumentatsioonis on valdavalt viited kasutatud materjalidele olemas, energiatõhususarv ei muutunud. Seega määrusejärgsed väärtused tagavad piisava kindluse, et väiksemate muutuste puhul hoone energiaklass ei muutu.

Suvised ruumitemperatuuri kontrolli tulemusena ei selgunud, mille alusel märgises toodud ruumid on valitud ruumitemperatuuri seadusele vastavust hindama. Ükski märgises märgitud ruum polnud suurima maksimaalse ruumitemperatuuriga ruum ega suurima piirtemperatuuri ületava kraadtundide arvuga. Elamute A45 ja B03 puhul ei ületanud ka suurima maksimaalse ruumitemperatuuriga ruumid lubatud kraadtundide piirväärtust. Hoone C13 puhul ületasid 4 kõrgeima maksimaalse ruumitemperatuuriga ruumi lubatud piirtemperatuuri 150°C-ni.

Tulemustest järeldub, et hoone energiatõhusust oluliselt mõjutavad tegurid, eelkõige soojuse tootmine ja lokaalse taastuenergia tootmislahendused, ning nendes tehtud muudatused mõjutavad hoone energiatõhususarvu ning elanike energiakulu mitmeid kordi rohkem võrreldes sellega, kui korterite kütte seadetemperatuuri tõsta 21°C-lt 23°C-ni. Muudatuste mõju tähendab elanikule olenevalt korteri suuruselt 100-160 € võrra suuremat aastast kulu energiale.

4.4 Soovitused

Antud töös kasutatud valimi põhjal tuleb tõdeda, et püstitamata hoonele väljastatud energiamärgis ei pruugi vastata ehitatud hoonele. Suurel osal hoonete energiamärgiste arvutuste lähteandmetest ja arvutustulemustest leiti väärtuseid, mis tekitavad küsimusi, kuid mida ei ole võimalik piisava täpsusega ehisregistrist olevate dokumentide põhjal kontrollida. Hoone energiatõhusust oluliselt mõjutavate tegurite täpne arvestamine ja dokumenteerimine on äärmiselt kõrge tähtsusega hoone energiatõhususe tõendamise seisukohast. Hetkel esitatakse dokumentatsioon EHR-is kohati puudulikult ning ilma kindla struktuurita, mis teeb vajaliku informatsiooni leidmise äärmiselt ajakulukaks. Seetõttu tuleks hoonete energiamärgiste kontrollimisel teha järgnevad muudatused:

- Tuleks luua kindel nimekiri dokumentidest, mida hoone kasutusloa dokumentatsioon peab sisaldama, ning struktuur dokumentatsiooni süsteemseks

esitamiseks, tagamaks hoone energiamärgisele vastavuse kontrolli lihtsustamine. Ideaalolukorras võiks tegemist olla infomudeliga.

- Tuleks muuta energiamärgiste uuendamine hoone kasutusloa taotlemisel kohustuslikuks. Ehituse käigus tihti tehnilised lahendused muutuvad ning eelprojekt võib seetõttu jääda elukaugeks. Lisaks motiveerib nõue arendajat ja ehitajat eelistama energiatõhusamaid lahendusi.
- Tuleks luua süsteem, mis loeb EHR-is esitatud energiamärgiste lähteandmeid ja arvutustulemusi masinloetavalt, teostab esmast kvaliteedi kontrolli ning annab tagasisidet, tagamaks energiatõhusust mõjutavate tegurite korrektset arvestamist.
- Tuleks luua süsteem mõõdetud energiakasutuse ja arvutatud energiamärgise võrdlemiseks ning nendevaheliste seoste esitamiseks hoone omanikule arusaadaval viisil
- Tõsta kõigi osapoolte teadlikust energiatõhusust mõjutavates teguritest ning suunata neid erinevaid aspekte märkama

KOKKUVÕTE

Käesoleva lõputöö eesmärgiks oli analüüsida korter- ja ridaelamute vastavust energiamärgiste lähteandmetele ja tulemustele. Uuriti 104 korter- ja ridaelamut, millele on kasutusloa väljastatud aastatel 2021 kuni 2023. Töö käigus sõeluti energiamärgiste lähteandmetes ja arvutustulemustes toodud informatsiooni põhjal statistilise analüüsiga välja dokumentatsiooni täpsemat uurimist vajavad hooned, hinnati märgisejärgset ETA muutust vastavalt ehitusdokumentatsioonile ning teostati kontrollarvutused energiakasutusele ning suvisele ruumitemperatuurile.

Statistilise analüüsi tulemusena saab väita, et pea kõigil energiamärgistel leiti erinevaid aspekte, kus arvutuslik energiakasutus on võrdlemisi madal ja mille tulemusena on võimalik hoone arvutusliku energiatõhususarvu väärtust näidata tegelikust madalamana. Mõnel üksikul juhul esines ka väärtuseid, mille tulemusena on süsteemi energiatarvet ülehinnatud. Energiatõhususarvud jäävad enamasti miinimumnõuetes sätestatud piirväärtuste lähedale, mis loob pinnase olukorrale, kus projektis toodud seadmete ja materjalide vahetamisest tingitud väärtuste muutus tingib energiatõhususe vähenemise ning energiaklassi muutuse. Väiksemaid ja suuremaid ebakõlasid leidis sajalt hoonel ning nelja hoone puhul ei tuvastatud ühtegi ebakõla.

Kümne hoone dokumentatsioon analüüsil selgus, et Ehitisregistris olev dokumentatsioon nii ehitus- kui kasutusloa taotluse faasis ei võimalda alati mõista, mille alusel on energiamärgise arvutuses toodud väärtusi esitatud. Kuigi dokumentatsiooni maht Ehitisregistris on kohati küllaltki suur, on energiatõhususe kontrollimiseks oluline informatsioon valdavalt puudu või on ebamäärane. Kohati esineb sama näitaja kohta mitme erineva väärtuse esitamist. Kui ehitusloa taotlemise faasis on see veel kuidagi mõistetav, kuna pannakse paika hoone põhimõtteline lahendus, siis kasutusloa faasis ei ole selline praktika pädev. Seetõttu on püstitatud hoone energiatõhususe vastavust püstitamata ehitisele väljastatud energiamärgisele äärmiselt keeruline hinnata, kuna kasutusloa dokumentatsiooni puudulikkus EHR-is ei võimalda energiamärgist piisavalt täpselt ja mõistliku ajalise ressursiga kontrollida.

Kolme hoone kohta mudelsimulatsiooni koostamine näitas, et kasutusloa dokumentatsiooni põhjal on hoonetest võimalik teha mudelid, kuid see eeldab kogu dokumentatsiooni läbi töötamist ja täiendavat uurimist kasutatud materjalide kohta, kuid ei garanteeri õigete väärtuste kasutamist. Tulemustest selgub, et küttesüsteemi ning taastuvenergia kasutamise lahenduste muudatuste tõttu ei vasta kahe hoone ehitusdokumentatsiooni põhjal arvutatud energiamärgist hoonete kasutusloa taotluses esitatud energiamärgistele. Kuigi EIM määrus nr 63 § 19 ütleb, et kui hoone

energiatõhususarv on võrreldes ehitusloa taotlusele või ehitusteatisele lisatud energiamärgisega muutunud, antakse enne kasutusloa taotlemist või kasutusteatise esitamist välja uus energiamärgis, jäetakse see reaalsuses tegemata ning muutust on äärmiselt keeruline kõrvalt tõendada. Võrreldes energiamärgisega on eelviidatud muudatuste mõjul tõuseb aastane energiatarve 50m² korteril umbes 100€ ja 80m² korteril umbes 150€ võrra. Hoone energiatõhusust oluliselt mõjutavate tegurite muutmise mõju on hoone energiatarbele suurema osakaaluga kui kütte seadeväärtuse tõstmine 21°C-lt kõrgemale. Energiamärgiste suvise ruumitemperatuuri kontrolli valitud ruumide puhul pole aru saada, mille põhjal ruumid on valitud. Ükski märgises viidatud ruum polnud hoone suurima ruumitemperatuuriga ruum ega ületanud enim piirtemperatuuri. Kui kahe hoone puhul antud asjaolu tulemust ei muutnud, siis ühe puhul ei vastanud 4 ruumi piirtemperatuuri nõuetele.

Hetkel ei ole võimalik mõistliku ressursiga energiamärgiste kontrolli teostada, kuna puudub piisav süsteemsus dokumentatsiooni esitamisel ning esitatud väärtuste kontrollimisel. Energiamärgiste efektiivsemaks kontrolliks tuleb luua süsteem missuguseid dokumente ja kuidas tuleb esitada. Täiendavalt tuleks luua automaatne programm, mis loeb ja analüüsib märgiste lähteandmetes ja arvutustulemustes toodud andmete omavahelist seost, et avastada kõrvalekalded juba ehitusloa taotlemise faasis. Dokumentatsiooni ja energiamärgiste efektiivse kontrolli tagamiseks tuleks hoonetele luua mõistlik maht, mida on võimalik ka hallata. Hetkel on võimalik olukord, kus energiamärgis ei väljastata mitte hoonele, vaid hoonete kompleksile. Kuna ehitusprotsessi käigus tehnilised lahendused muutuvad, võiks märgiste kvaliteeti tõsta juba kasutuloa taotlemisel uue märgise arvutamise nõude kehtestamine.

Nagu muutuvad hoonetele esitatavad nõuded, muutuvad ka nende projekteerimis- ja ehitusmeetodid ning alati proovitakse leida viise, kuidas saavutada nõuetele vastav hoone vähima vaevaga. Tagamaks nõuetele vastavad energiatõhusad elamud ning turul toimuvast parema pildi saamiseks tuleks sarnaseid uuringuid teostada tulevikus veelgi, hinnates kontrolli tõhustamiseks tehtud muudatuste mõju märgiste kvaliteedile.

SUMMARY

The aim of this thesis was to analyze the compliance of the source data and results of energy labels of apartment buildings and terraced houses. 104 apartment buildings and terraced houses, which have been issued a permit for use in the years from 2021 to 2023, were examined. During the work, based on the information provided in the source data of the energy labels and the calculation results, the buildings that needed a more detailed examination of the documentation were screened out with a statistical analysis, the ETA change of the energy label was evaluated according to the construction documentation, and control calculations were performed for energy use and summer room temperature.

As a result of the statistical analysis, it can be stated that various aspects were found on almost every energy label, where the calculated energy use is relatively low, and as a result, it is possible to show the value of the building's calculated energy efficiency lower than the actual energy efficiency. In some individual cases there were also values, where the energy consumption of the system has been overestimated. The energy efficiency figures are mostly close to the limit values stipulated in the minimum requirements, which creates the ground for a situation where the change in values due to the change of equipment and materials in the project leads to a decrease in energy efficiency and a change in the energy class. Minor and major inconsistencies were found in 100 buildings and no inconsistencies were detected in four buildings.

The analysis of the documentation of ten buildings revealed that the documentation in the EHR, both in the building and use permit application phase, does not always allow to understand the basis of which the values given in the calculation of the energy label are presented. Although the amount of documentation in the EHR is sometimes quite large, important information for checking energy labels is mostly missing or vague. Sometimes there are several different values for the same indicator. If in the phase of a building permit it is somehow understandable, since the basic solution of the building is established, then in the phase of the use permit this practice is not acceptable. Therefore, it is extremely difficult to assess the compliance of the energy efficiency of the building, as the lack of documentation of the use permit in the EHR does not allow the energy label to be checked accurately enough with a reasonable time resource.

Model simulations for three buildings showed that it is possible to make models of the buildings based on the documentation of the use permit, but this requires working through all the documentation and additional research on the materials used but does not guarantee the use of the correct values. The results show that due to changes in

the heating system and solutions for the use of renewable energy, the energy label calculated based on the construction documentation of the two buildings does not correspond to the energy label submitted in the application for the use permit of the buildings. Although EIM Regulation No. 63 § 19 states that if the building's energy efficiency number changes during the construction, a new energy label is issued before applying for a use permit, this is not done, and it is extremely difficult to prove the change from the outside. Compared to the energy label, due to the changes, the annual energy consumption for a 50m² apartment will increase by about €100 and for an 80m² apartment by about €150. The effect of changing the factors that significantly affect the energy efficiency has a greater impact on the energy consumption than raising the heating setpoint above 21°C. In the case of rooms selected for the summer room temperature control of energy labels, it is not clear on what basis the rooms were selected. None of the rooms referred in the label was the room with the highest room temperature in the building and did not exceed the limit temperature the most. If in the case of two buildings this fact did not change the result, in the case of one, 4 rooms did not meet the limit temperature requirements.

It is not possible to check energy labels with reasonable resources, because there is no sufficient systematicity in the submission of documentation and the checking of the submitted values. For a more effective control of energy labels, a system must be created for what kind of documents and how they must be submitted. In addition, an automatic program should be created that reads and analyzes the relationship between the data in the source data of the labels and the calculation results to detect deviations already in the phase of applying for a building permit. In order to ensure effective control of documentation and energy labels, buildings should have a reasonable volume that can also be managed. A situation is possible where the energy label is not issued to a building, but to a complex of buildings. Since the technical solutions change during the construction process, the quality of the labels could be increased already by introducing a requirement to calculate a new label when applying for a use permit.

As the requirements for buildings change, so do their design and construction methods, and always trying to find ways to achieve a compliant building with the least amount of effort. In order to ensure energy-efficient buildings that meet the requirements and to get a better picture of what is happening on the market, similar studies should be carried out in the future, assessing the impact of changes made to improve control on the quality of labels.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] „Ehitusseadustik–Riigi Teataja“. Vaadatud: 25. september 2023. [Online]. Available at: <https://www.riigiteataja.ee/akt/105032015001?leiaKehtiv>
- [2] „Hoone energiatõhususe miinimumnõuded–Riigi Teataja“. Vaadatud: 25. september 2023. [Online]. Available at: <https://www.riigiteataja.ee/akt/107072020011>
- [3] „Hoone energiatõhususe arvutamise meetodika–Riigi Teataja“. Vaadatud: 25. september 2023. [Online]. Available at: <https://www.riigiteataja.ee/akt/118012019012>
- [4] „Kinnisvaraeksperdid: energiatõhusus muutub uue korteri valikul kaaluks“, Majandus. Vaadatud: 25. september 2023. [Online]. Available at: <https://majandus.postimees.ee/7751225/kinnisvaraeksperdid-energiatohusus-muutub-uee-korteri-valikul-kaaluks>
- [5] „Elamumajandus | Statistikaamet“. Vaadatud: 25. september 2023. [Online]. Available at: <https://www.stat.ee/et/avasta-statistikat/valdkonnad/majandus/elamumajandus>
- [6] J. Kurnitski, T. Kalamees, J. Fadejev, E. Arumägi, M. Kiil, ja T. Tark, „Hoonete arvutuslike energiamärgiste vastavus tegelikule tarbimisele“.
- [7] „Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiv 2010/31/EL, 19. mai 2010, hoonete energiatõhususe kohta“.
- [8] V. Vkt, V. Rekonstrueerimisettepanekud, ja J. L. H. Nõudeid, „TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL INSENERITEADUSKOND“.
- [9] R.-J. Korterelamud, „LIGINULLENERGIA ELUHOONED“.
- [10] „Valgustustiheduse ja noudluspohise valgustuse energiasimulatsiooni juhend.pdf“. Vaadatud: 25. september 2023. [Online]. Available at: https://kredex.ee/sites/default/files/2019-03/Valgustustiheduse_ja_noudluspohise_valgustuse_energiasimulatsiooni_juhend.pdf
- [11] „EHITISREGISTRI ANDMETE ALUSEL ELAMUPIIRKONNA.pdf“.
- [12] A. Hardy ja D. Glew, „An analysis of errors in the Energy Performance certificate database“, *Energy Policy*, kd 129, lk 1168–1178, juuni 2019, doi: 10.1016/j.enpol.2019.03.022.
- [13] C. Marmolejo-Duarte ja A. Chen, „Uncovering the price effect of energy performance certificate ratings when controlling for residential quality“, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, kd 166, lk 112662, sept 2022, doi: 10.1016/j.rser.2022.112662.
- [14] E. Iribar, I. Sellens, L. Angulo, J. M. Hidalgo, ja J. M. Sala, „Nonconformities, Deviation and Improvements in the Quality Control of Energy Performance Certificates in the Basque Country“, *Sustain. Cities Soc.*, kd 75, lk 103286, dets 2021, doi: 10.1016/j.scs.2021.103286.
- [15] „Juhendmaterjal eluhoonete arvutuslike energiamärgiste kontrollimiseks (PDF).pdf“.
- [16] „Piirdetarindite_liitekohtade_joonsoojuslabivuste_kataloog.pdf“. Vaadatud: 25. september 2023. [Online]. Available at: https://kredex.ee/sites/default/files/2019-03/Piirdetarindite_liitekohtade_joonsoojuslabivuste_kataloog.pdf
- [17] „Korterelamud - LIGINULLENERGIA ELUHOONED.pdf“. Vaadatud: 25. september 2023. [Online]. Available at: https://kredex.ee/sites/default/files/2019-03/Liginullenergia_eluhooned_Rida_ja_korterelamu_juhend.pdf

Lisa 2 - Kõrvalekalded 1000-3000 m² köetava pinnaga elamutel

	Identifitseerimiskood	Punaste lipukeste punktisumma	Punase lipu skoor: 1	Punase lipu skoor: 0,5	Punase lipu skoor: 0,25	Põrand välisõhu kohal soojustälbivus, W/(m ² *K)	Põrand pinnasel soojustälbivus, W/(m ² *K)	Akna soojustälbivus, W/(m ² *K)	Välissein - Välissein joonsoojustälbivus, W/(m ² *K)	Katuslagi - Välissein joonsoojustälbivus, W/(m ² *K)	Välissein - Vaheklagi joonsoojustälbivus, W/(m ² *K)	Põrand pinnasel - Välissein joonsoojustälbivus, W/(m ² *K)	Põrand välisõhu kohal - Välissein joonsoojustälbivus, W/(m ² *K)	Uks - Välissein joonsoojustälbivus, W/(m ² *K)	Sisesein - Välissein joonsoojustälbivus, W/(m ² *K)	Välisseina välisnurk joonsoojustälbivus, W/(m ² *K)	Välisseina sisenurk joonsoojustälbivus, W/(m ² *K)	Õhulekkearv q ₅₀₀ , m ³ /(h*m ²)	Madaltemperatuuriseadega pind, m ²	Välispiirde summaarne soojusterikadu köetava pinna kohta H/A, W/(m ² *K)	Õhuhulk, l/(s*m ²)	SFP, kW/(m ³ /s)	Soojustagastuse suhtarv	Heitõhutemperatuur, °C	Soojusallika kasutegurid, ventilatsioon	Soojustpumba osakaal, ruumide kütte	Soojustpumba osakaal, soe vesi	Abiseadmete elekter, kWh/(m ² a)	Valgustus, W/m ²	Köetav pind m ²	Seadmete elekter, kWh/(m ² a)	Netoenergiavajadus, soe tarbevesi, kWh/(m ² a)	
Kõrvalekallete arv						1	3	3	2	6	5	6	2	3	6	3	3	15	5	12	16	4	3	6	2	4	1	7	5	1	5	1	
B25	5	3	4	0																													
B33	4,5	2	5	0																													
B14	4,25	1	6	1																													
B07	4	0	8	0																													
B26	4	1	6	0																													
B31	4	0	8	0																													
B05	3,75	2	3	1																													
B16	3,5	2	3	0																													
B30	3,5	2	3	0																													
B08	3	1	4	0																													
B04	2,5	2	1	0																													
B12	2,5	0	5	0																													
B29	2,5	1	3	0																													
B35	2,5	0	5	0																													
B01	2	1	2	0																													
B09	2	0	4	0																													
B13	2	0	4	0																													
B18	2	1	2	0																													
B20	2	0	4	0																													
B24	2	1	2	0																													
B32	2	2	0	0																													
B02	1,5	0	3	0																													
B06	1,5	0	3	0																													
B11	1,5	0	3	0																													
B15	1,5	0	3	0																													
B21	1,5	1	1	0																													
B22	1,5	1	1	0																													
B34	1,5	1	1	0																													
B36	1,5	1	1	0																													
B17	1	1	0	0																													
B19	1	0	2	0																													
B23	1	0	2	0																													
B10	0,5	0	1	0																													
B28	0,5	0	1	0																													
B03	0	0	0	0																													
B27	0	0	0	0																													

Lisa 3 - Kõrvalekalded üle 3000 m² köetava pinnaga elamutel

Identifitseerimiskood	Punaste lipukeste punktisumma				Kõrvalekallete arv																											
	Punase lipu skoor: 1	Punase lipu skoor: 0,5	Punase lipu skoor: 0,25		Aken de soojusläbivus, W/(m ² K)	Aken de soojusläbivus, W/(m ² K) ²	Välissein - Välissein joon soojusläbivus, W/(m ² K)	Katuslagi - Välissein joon soojusläbivus, W/(m ² K)	Aken - Välissein joon soojusläbivus, W/(m ² K)	Uks - Välissein joon soojusläbivus, W/(m ² K)	Välisseina sisenuk joon soojusläbivus, W/(m ² K)	Õhulekkearv q ₀ , m ³ /(h ² ·m ²)	Madaltemperatuuriseadega pind, m ²	Välispiirde summaame soojusenergia kadu köetava pinna kohta H/A, W/(m ² K)	Õhuhulk, l/(s ² ·m ²)	SFP, kW/(m ³ /s)	Sooju stagaastuse tüüp	Sooju stagaastuse suhtarv	Heitõhutemperatuur, °C	Heitõhutemperatuur, °C ₂	Sisepuhketemperatuur, °C	Sooju sällika kasutegur, ruumide kütte	Sooju sällika kasutegur, ruumide kütet	Abiseadm ete elekter, kWh/m ² a	Vabasoojus, valgustus, W/m ²	Energia tõhususarv, kWh/(m ² a)	Tamitud energia, soojus kWh/(m ² a)	Kaalitud energiakasutus summa, kWh/(m ² a)	Lokaalselt toodetud Elekter, kWh/a	Eksporditud energia, kWh/a		
C09	7,5	3	9	0																												
C13	6	4	4	0																												
C17	5,25	2	6	1																												
C01	5	3	4	0																												
C20	4,5	3	3	0																												
C18	4,5	1	7	0																												
C16	4,5	2	5	0																												
C19	4	0	8	0																												
C06	3,75	0	7	1																												
C15	3,5	1	5	0																												
C07	3,5	2	3	0																												
C11	3,25	0	6	1																												
C04	3	1	4	0																												
C14	2,5	1	3	0																												
C08	2,5	1	3	0																												
C05	2,5	1	3	0																												
C12	1,75	0	3	1																												
C10	1,5	0	3	0																												
C03	1,5	1	1	0																												
C02	0,5	0	1	0																												

Lisa 4 – ETA arvutuse lähteandmete võrdlus A45 näitel

Energiarvutuse lähteandmete esitamine

Energiarvutuse lähteandmed

Arvustusoonide arv	1/27
Küttesüsteemi tüüp	Õhk-vesi soojuspump, elekter
-soojuse tootmine ja kütus	Põrandküte
-soojuse jaotamine	Soojustagastusega ventilatsioon
Ventilatsioonisüsteemi tüüp	On (osaline jahutus äripindadel), korterites puudub
Jahutussüsteem (on/ei ole)	Hoonete energiatõhususe arvutamise meetodika
Õhulekkearvu väärtuse allikas	Vastavalt kontrollitavale energiamärgisele
Joonsoojuslääbivuse väärtuse allikas	

Piirdetarind	Soojuskadu läbi piirdetarindi				Soojuskadu läbi joon- ja punktsoojuslääbivuse				Õhulekest tingitud soojuskadu	
	g	$U_{i,e}$ W/(m ² ·K)	$A_{i,e}$ m ²	$H_{lühivus}$ W/K	Joon- või punktsoojuslääbivus	Ψ_{is} W/(m·K)	$l_{j,p}$ m	H_{poonst} W/K	Omadus	Suurus
Välissein VS1	-	0,16/ 0,173	388,2	62,1/ 67,5	Välissein-välissein välisnurk	0,06/ 0,04	52,9	3,2/ 2,1	Õhulekkearv q_{50}	1,5/ 1,5
Välissein VS2	-	0,18/ 0,23	93,6	16,8/ 21,2	Välissein-välissein sisenurk	-0,06/ -0,03	10,7	-0,6/ -0,4	$m^3/(h \cdot m^2)$	
Välissein VS3	-	0,15/ 0,13	173,8	26,1/ 22,8	Katuslagi-välissein	0,08/ 0,04	116	9,3/ 4,9	A_{vp} (välispiirded), m ²	1463,4/ 1483,1
Katuslagi	-	0,09/ 0,10	274,4	24,7/ 26,8	Põrand pinnasel-välissein	0,24/ 0,14	82	19,7/ 11,4	Korruste arv (täisarv)	4/ 3
Põrand pinnasel	-	0,14/ 0,17	274,4	38,4/ 46,3	Akna seinakinnitus	0,04/ 0,07	977,3	39,1/ 64,5	\dot{V}_{inf} , m ³ /s	0,0305/ 0,0309
Välisüks	-	1,00/ 1,00	9,5	9,5/ 9,5	Ukse seinakinnitus	0,04/ 0,04	30,8	1,2/ 1,1		
Katuseluugid	0,50	0,80/ 0,88	2,8	2,2/ 2,5	Rõdu seinakinnitus	-/ 0,07	-/ 114,7	-/ 7,7		
Aken (kirre)	0,50	0,80/ 0,88	145,8	116,6/ 128,3	Välissein-vahelagi	-/ 0,03	-/ 471	-/ 14,6		
Aken (kagu)	0,50	0,80/ 0,88	3,6	2,9/ 3,2						
Aken (edel)	0,50	0,80/ 0,88	101,2	81,0/ 89,1						
Aken (loode)	0,50	0,80/ 0,88	15,8	12,6/ 13,9						
...										
Kokku:			$H_{lühivus}$, W/K	393/ 430,1			H_{poonst} , W/K	71,8/ 105,9	$H_{õhulek}$, W/K	36,8/ 37,3
Välispiirde summaarne soojuserikadu				ΣH_i , W/K				501,6/ 574,2		
Välispiirde keskmine soojuslääbivus				$\Sigma H_i / A_{i,e}$				0,3/ 0,4		
Hoone kōetav pind				$A_{kōetav}$, m ²				988,2/ 988,2		
Hoone madala temperatuuriseadega pind				A_{madal} , m ²				0/ 0		
Välispiirde summaarne soojuserikadu kōetava pinna kohta				$\Sigma H_i / A_{kōetav}$				0,51/ 0,58		

Ventilatsioonisüsteem

	Õhuvooluhulk sissep./väljat.	Süsteemi SFP	Soojustagasti tüüp	Soojustagasti temperatuuri suhtarv,	Heitõhu min. temp. ¹	Sissepuhkeõhu temperatuur ²
	m ³ /s / m ³ /s	kW/(m ³ /s)		-	°C	°C
SV1-9, SV14-15	0,415/0,415/ 0,48/0,48	1,29/ 1,08	rootor/ rootor	0,8/ 0,85	0/ 0	18/ 18
SV10-11	-/ 0,18/0,18	-/ 1,08	-/ plaat	-/ 0,89	-/ 5	-/ 18

¹ soojustagasti külmumise vältimine

² esitatakse konstantse sissepuhketemperatuuriseadega puhul

Küttesüsteem

	Soojusallika kasutegur	Jaotamise ja väljastamise kasutegur	Kütteperioodi ³ keskmine	Soojus ³ pumba osakaal	Abiseadmete ⁴ elekter	Küttegaafik ⁵	Küttesüsteemi võimsus ⁴ Elekter	Soojus
	-	-	soojustegur, -	-	kWh/(m ² a)	°C / °C	kW	kW
Põrandküte	-	0,97/ 0,96	3,41/ 2,9	-/ 0,79	1/1	40/35	-	22,2/ -
Soe vesi, elektriboiler	-	1/ 1	2,84/ 2	-/ 0,78	-	-/ 5/55	-	-
Ventilatsioon	-/ 1	-/ 1	-	-	-	-	-	-

³ esitatakse soojuspumpsüsteemide puhul

⁴ puudub, kui esitatakse soojuspumpsüsteemi koosseisus

Jahutussüsteem

	Jahutusperioodi keskmine jahutustegur	Aastase jahutusenergia osakaal ¹ , -	Abiseadmete elekter kWh/(m ² a)	Jahutusgraafik ⁵	Jahutuskadude tegur
	-	-	-	°C / °C	$\beta_{p}, \beta_{ek}, \beta_{s1}$
	3,5/ 3,5	1/ 1	1/ 1	-	0,2/ 0,2

⁵ arvutusliku välisõhu temperatuuri korral, esitatakse vedelküttesüsteemide puhul

⁶ 1,0 juhul kui puudub vabajahutus

Lokaalse taastuvenergia süsteemid

	Päikese-kollektori aktiiv-pindala, m ²	Päikese-paneelide max võimsus, kW	Tuulegeneraatori nimi-võimsus, kW
Päikesepaneelid	-	15/ 15	-

Vabasoosused

	Inimesed	Seadmed	Valgustus	Kasutusaste	Kasutusaeg päeva nädalas	Kasutusaeg tundi päevas
	W/m ²	W/m ²	W/m ²		d	h
Korterelamu	3/ 3	3/ 3	8/ 8	0,6/ 0,6	7/ 7	24/ 24
Kuupäev		Nimi			/allkirjastatud digitaalselt/	

Lisa 5 – ETA arvutustulemuste võrdlus A45 näitel

Energiaarvutuse tulemuste esitamine

Andmed hoone kohta		Eluhoone				* Uusehitus	
Hoone kasutusotstarve							<input type="checkbox"/>
Aadress	A45						<input type="checkbox"/>
Ehitusaasta	2020						<input type="checkbox"/>
Kõetav pind	988,2/	988,2	m ²			<input type="checkbox"/>	
Madala temp.seadega pind	0		m ²			<input type="checkbox"/>	
Netopind	988,2/	988,2	m ²				
Energiaarvutus A	105/	132	kWh/(m ² a)	(kWh kõetava pinna ruutmeetri kohta)			
Energiaarvutus B	121/	148	kWh/(m ² a)	(kWh kõetava pinna ruutmeetri kohta)			
^B Energiaarvutus ilma lokaalselt toodetud elektrita							
Energiaarvutus	Hangitud kütused	Tarnitud	Tarnitud	Eksporditud	Eksporditud	Kaalumis-	Kaalutud
kokkuvõte	massi või	energia	energia	energia	energia	tegur	energiaarvutus
	kogus/a	kWh/a	kWh/(a m ²)	kWh/a	kWh/(a m ²)	-	kWh/(a m ²)
Elekter	-	-	51834/ 65056	52,5/ 65,8	6525/ 6525,4	6,6/ 6,6	2,0/ 2,0
Kaugküte	-	-	-	-	-	-	-
Summa	-	-	-	-	-	-	104,9/ 131,7
Lokaalselt toodetud ja eksporditud energia			Lokaalselt toodetud	Eksporditud	Omatarbe osakaal		
			kWh/a	kWh/(a m ²)	kWh/a	kWh/(a m ²)	%
Soojusenergia päikesest			-	-	-	-	-
Elekter päikesest			14500/ 14500	14,7/ 14,7	6525/ 6525	6,6/ 6,6	55/ 55
...							
Summaarne energiaarvutus			Elekter	Soojus	Elekter	Soojus	
			kWh/a	kWh/a	kWh/(a m ²)	kWh/(a m ²)	
Küttesüsteem			-	-	-	-	
Ruumide küte			9529/ 15005	-	9,6/ 15,2	-	
Ventilatsiooniõhu soojendamine			2811/ 4151	-	2,8/ 4,2	-	
Tarbevee soojendamine			12397/ 18084	-	12,5/ 18,3	-	
Abiseadmete elekter			988/ 988	-	1,0/ 1,0	-	
Ventilatsioonisüsteem ¹			4626/ 4915	-	5,0/ 5,0	-	
Jahutussüsteem			338/ 702	-	0,3/ 0,7	-	
Abiseadmete elekter			-/ -	-	-/ -	-	
Valgustus			6955/ 6925	-	7,0/ 7,0	-	
Seadmed			22165/ 22260	-	22,4/ 22,5	-	
Summa (tehnosüsteemide summaarne energiaarvutus)			59809/ 73031	-	60,5/ 73,9	-	
¹ ventilatsiooniõhu soojendamine loetakse küttesüsteemi osaks							
Netoenergiavajadus			kWh/a	kWh/(a m ²)			
Ruumide küte ²			26423,6/ 29861	26,7/ 30,2			
Ventilatsiooniõhu soojendamine ³			2810,5/ 4151	2,8/ 4,2			
Tarbevee soojendamine			29737/ 29646	30,1/ 30			
Ruumide jahutus			986,1/ 2048	1,0/ 2,1			
Ventilatsiooniõhu jahutus			-/ -	-/ -			
² sisaldab infiltratsiooniõhu ja ventilatsiooniõhu soojenemise ruumis							
³ arvatud koos soojustagastusega							
Arvutusprogrammi nimi ja versioon			IDA-ICE 4.8 SP2				
Kuupäev	Nimi		/allkirjastatud digitaalselt/				

Lisa 6 – Suvise ruumitemperatuuri kontroll A45 näitel

Suvise ruumitemperatuuri kontrolli üldandmed

Piirtemperatuur	27	°C
Lubatud piirtemperatuuri ületavate kraadtundide arv <	150	°Ch

Nr	Simuleeritud ruum	Piirtemperatuuri ületavad kraadtunnid, °Ch
1	Tsoon 22, korter 7, 2. korrus - märgis	29
2	Tsoon 14, korter 6, 1. korrus - märgis	18
3	Tsoon 26, korter 9, 3. korrus - kontroll	60
4	Tsoon 24, korter 5, 3. korrus - kontroll	54
5	Tsoon 23, korter 4, 3. korrus - kontroll	46
6	Tsoon 17, korter 2, 2. korrus - kontroll	35
7		
8		

Ruumi nr	Ajavahemik (kellaaeg)	Inimesed W/m ²	Seadmed W/m ²	Valgustus W/m ²
1...8	00:00-00:00	3	3	8
...				

Simulatsioonimudelite pildid ja temperatuuri kestuskõverad esitatakse eraldi lehel.
Kestuskõvera periood 01.06-31.08; haridushoones 01.05-15.06 ja 15.08-30.09)

pp.kk.aaaa	Eesnimi Perenimi	/allkirjastatud digitaalselt/
Kuupäev	Nimi	Allkiri