



**TAL
TECH**

TARBIMISANDMETEL ENERGIAMÄRGISE METOODIKA UURING

Taandamine tüüpilisele kasutusele mitteeluhoonetes

Aprill 2025

Energiatõhususe tippkeskus

Uuringu autorid

- **Helena Kuivjõgi**, TalTechi Liginullenergiahoonete uurimisrühma nooremteadur-doktorant
- **Kaiser Ahmed**, TalTechi Liginullenergiahoonete uurimisrühma ekspert
- **Martin Thalfeldt**, TalTechi Hoonete tehnosüsteemide professor
- **Jarek Kurnitski**, TalTechi Hoonete energiatõhususe ja sisekliima professor, Ehituse ja arhitektuuri instituudi direktor

Uuringu autorid tänavad Eesti Kaupmeeste Liitu uuringusse kaasatud kaubandushoonete eest. Täname Nele Peili, kes koordineeris kaubandushoonete andmete kogumist. Uuringut on rahastanud Haridus- ja Teadusministeerium Energiatõhususe tippkeskuse TK 230 ning Euroopa Liit ja Eesti Teadusagentuur projekti TEM-TA78 kaudu.



Hoonete
Energiatõhusus
Andmepõhiselt

HOONETE ENERGIASÄÄSTU- JA PAINDLIKKUS-
TEHNOLOOGIAE POTENTSIAALI NING RAKENDAMISE
MÕJU ANDMEPÕHINE HINDAMINE (TEM-TA78)



Energy Efficiency Centre of Excellence
**ENERGIATÕHUSUSE
TIPPKESKUS**
www.ener.ee

Tallinna Tehnikaülikool

Telefon: 620 2002

E-post: info@taltech.ee

Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn

Energiatõhususe tippkeskuse ENER raportid
Aprill 2025

Autoriõigus ©: Helena Kuivjõgi, Kaiser Ahmed, Martin Thalfeldt, Jarek Kurnitski

ISBN 978-9949-584-26-0 (PDF)
ISSN 3059-8753 (PDF)

<https://ener.ee/heitevabad-hooned/>

Käesolevale raportile kohaldatakse Creative Commons'i litsentsi CC BY 4.0
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



digikogu.taltech.ee
2025

SISUKORD

Kokkuvõte	5
Sissejuhatus	6
Metoodika	7
1.1. Energiaarvutuses mitte arvesse võetava energia vähendamine	7
1.1.1. Uuringus kasutatud hoonete valim	7
1.1.2. Metoodika arenduseks kasutatud referentshoone ja simulatsioonimudel	8
1.1.3. Metoodika kirjeldus	9
1.2. Tüüpilisele kasutusajale taandamine	10
1.2.1. Metoodika arenduseks kasutatud referentshoone ja simulatsioonimudel	10
1.2.2. Tüüpilisele kasutusajale taandamise metoodika	11
2. Tulemused	13
2.1. Energiaarvutuses mitte arvesse võetava energia vähendamine	13
2.1.1. Supermarketi protsessienergia vähendamise näited	13
2.2. Tüüpilisele kasutusajale taandamine	18
3. Adresseerimine määruses M36	19
§ 11. Kaalutud energiaerikasutuse arvutuskäik	19
Kasutatud kirjandus	22

KOKKUVÕTE

Käesolev tarbimisandmetel põhineva KEK energiamärgise meetodika uuring on ajendatud uuendatud Hoonete energiatõhususe direktiivist (EPBD) ning hoone omanike ootusest saavutada teiste liikmesriikidega võrdväärne energiamärgis. Tänane KEK märgis on lihtsasti koostatav ja kajastab hoone tegelikku energiakasutust, kuid ei võimalda sarnaste hoonete energiatõhususe võrdlemist samadel alustel. Uuring keskendus mitteeluhoonete energiakasutuse tüüpilisele kasutusele taandamisele käsitledes energiaarvutuses mitte arvesse võetava nn. protsessienergia vähendamist ja tüüpilisest kasutusest erineva kasutusajaga arvestamist.

Energiaarvutuses mitte arvesse võetava energia vähendamise meetodika analüüs keskendus kaubandushoonetele, millel on teistest mitteeluhoonetest märkimisväärselt suurem protsessienergia osakaal – ligi pool kogu hoone elektrienergia kasutusest. Valimis olevast 18st hoonest oli kaheksale võimalik teha detailsem analüüs, mille hoone omanikelt saadi ka alamaarvestite andmed. Nendest kahe hoone põhjal oli võimalik hinnata täpselt protsessienergia osakaal ning see KEK (kaalutud energiakasutuse) arvestusest välja jätta. Energiaarvutuses mitte arvesse võetava energia vähendamise tulemusel paranes hoone energiaklass G-energiaklassist E- ja D-klassi. Kuue ülejäänud hoone puhul oli mõõdetud rentniku elekter, mis sisaldab lisaks protsessienergiale veel valgustuse ja seadmete elektrienergiat. Sel puhul rakendati meetodikat, kus kogu hoone elektrienergia kasutusest lahutati maha protsessienergiat sisaldav rentnik ning liideti tagasi määrusepõhine valgustuse ja seadmete elektrienergia kasutus. Sellist meetodikat saab kasutada vaid olukordades, kus rentniku arvesti taga ei ole lisaks protsessienergiale, valgustusele ja seadmetele muid sisekliima tagamiseks mõeldud tehnosüsteeme (nagu näiteks soojuspump või ventilatsioonisüsteem). Selle meetodikaga saavutati samuti 1-2 klassi võrra parem KEK.

Tüüpilisele kasutusajale taandamise meetodika analüüsiks kasutati kontorihoone kasutusega energiasimulatsiooni mudelit. Selleks loodi ja võrreldi omavahel nelja erinevat mudelit: kaks tegeliku kasutusajaga ning kaks määrusepõhise kasutusajaga simulatsioonimudelit. Tüüpilisele kasutusajale taandamine on teostatav mitteeluhoonetes elektri peaarvesti tunniandmete alusel kuude kaupa arvutades. Igal kuul arvutatakse tunnipõhistest andmetest keskmine elektri- või soojusvõimsus kasutusajal ja kasutusaja välisel ajal. Seejärel muudetakse nende osakaale vastavalt tegelikule kasutusajale. Uuringu tulemused näitavad, et sellise taandamismetoodika puhul erineb taandatud aastane energiakasutus määrusepõhisest mudelist 1.0-3.4%. Simulatsioonimudelist saadud energiakasutuse taandamisega viidi E-klassi hoone D-klassi. Tegemist on lihtsustatud meetodiga, mis töötas antud juhul hea täpsusega. Keerukamate hoonete, nagu suure baastarbimisega, osaliselt ööpäevaringselt kasutuses olev või mitme otstarbeliselt kasutuses oleva hoone puhul võib olla taandamiseks vajalik rakendada kalibreeritud energiasimulatsioonimudelit.

SISSEJUHATUS

Energiatõhususe kaalutud energiakasutuse (KEK) arvutusmetoodika täpsustamise vajadused tulenevad omanike ootustest ja samuti uuendatud hoonete energiatõhususe direktiivi nõuetest.

Hoone omaniku ootus on, et projekteerimise käigus hoonele antud ETA energiamärgis vastaks ligikaudselt hilisema eksploatatsiooni käigus saadavale KEK märgisele. Samuti on oluline, et kehtiv energiamärgis oleks võrreldav teiste liikmesriikide energiamärgistega. Vastasel juhul tekib olukord kus hoone ehituse käigus on võimalik ehitustegevust laenuga finantseerida, kuid 5 aasta möödudes, peale hoone kasutuselevõttu ei ole võimalik hoonet enam refinantseerida. See turu poolt tekkinud vajadus on tekkinud ootamatult, tänu sellele, et pangad hakkasid laenusid klassifitseerima vastavalt taksonoomia nõuetele.

Hoonete energiatõhususe direktiivi (EPBD) lisa I lubab kasutada energiatõhususe määramisel tarbimisandmeid, kuid seab teatud nõuded tulemuste normaliseerimisele. Väljavõte direktiivi lisa I lõikest 1[1]:

- 1. Hoone energiatõhusus määratakse kindlaks **arvutusliku või mõõdetud energiakasutuse** alusel ning see kajastab ruumide kütmise ja jahutamise, tarbevee soojendamise, ventileerimise, sisseehitatud valgustuse ja hoone muude tehnosüsteemidega seotud **tüüpilist energiatarbimist**. Liikmesriigid tagavad, et **tüüpiline energiakasutus kajastab iga asjaomase hooneliigi puhul tegelikke kasutustingimusi ja kasutaja tüüpilist käitumist**.
- Kui hoonete energiatõhususe arvutamise aluseks on mõõdetud energiakasutus, peab arvutusmetoodika võimaldama kindlaks teha **elanike käitumise ja kohaliku kliima mõju** (the influence of the behaviour of occupants and the local climate), **mis ei tohi arvutuse tulemust mõjutada**.
- Liikmesriigid võivad kasutada mõõdetud energiakasutust tavapäraustes töötingimustes, et kontrollida arvutatud energiakasutuse õigsust ning võimaldada arvutatud ja tegeliku energiatõhususe võrdlemist. Kontrollimiseks ja võrdlemiseks kasutatav **mõõdetud energiatarbimine võib põhineda igakuistel näitudel**.

Seega direktiivi järgi kasutaja käitumine ja kohalik kliima ei tohi arvutuse tulemust mõjutada. Tänane normaalaastale taandamine arvestab kohaliku kliimaga, kuid kasutuse taandamine puudub KEK arvutusest. Nii on tänane meetodika ülelihtsustatud ning vajab täiendamist, sest energiamärgise põhieesmärk on võrrelda sarnaste hoonete energiakasutust samadel alustel. Hoone energiatõhususe määramisel mõõdetud energiakasutuse põhjal on oluline tuvastada protsessienergia¹, et arvestada vaid tüüpilist energiatarbimist. Selleks vajab meetodikas täiendamist energiaarvestite kasutamine tüüpilise energiatarbimise määramisel.

¹ Protsessienergiat ei võeta hoone energiatõhususe arvutamisel arvesse. Selle alla kuulub tehnosüsteem või elektritarviti, mis ei ole mõeldud hoone sisekliima tagamiseks, tarbevee soojendamiseks ja kasutamiseks ning elektriseadmete kasutamiseks. Näiteks serverid, kuumköögid, külmasüsteemid kaubanduses jne.

METOODIKA

Käesolevas töös uuriti erinevaid meetodikaid taandamaks mitteeluhoonete energiakasutust tüüpilisele kasutusele. Fookuses olid:

- Tüüpilisest kasutusajast erineva kasutusajaga hoone energiakasutuse taandamine tüüpilisele kasutusele,
- ning energiaarvutuses mitte arvesse võetava energia (protsessienergia) vähendamine.

Protsessienergia kasutusest tuleneva erisuse tuvastamiseks ja selle väljaarvestamise meetodika arendamiseks analüüsiti esmalt mitme kaubandushoone mõõdetud andmeid ning leiti valimis olevate hoonete protsessienergia osakaal kogu energiatarbest. Seejärel valideeriti ühe kaubandushoone põhjal energiaarvutuses mitte arvesse võetava energia (protsessienergia) vähendamise meetodikat ning toodi välja arvutustingimused vastavalt kaubandushoonete juhtumite põhjal.

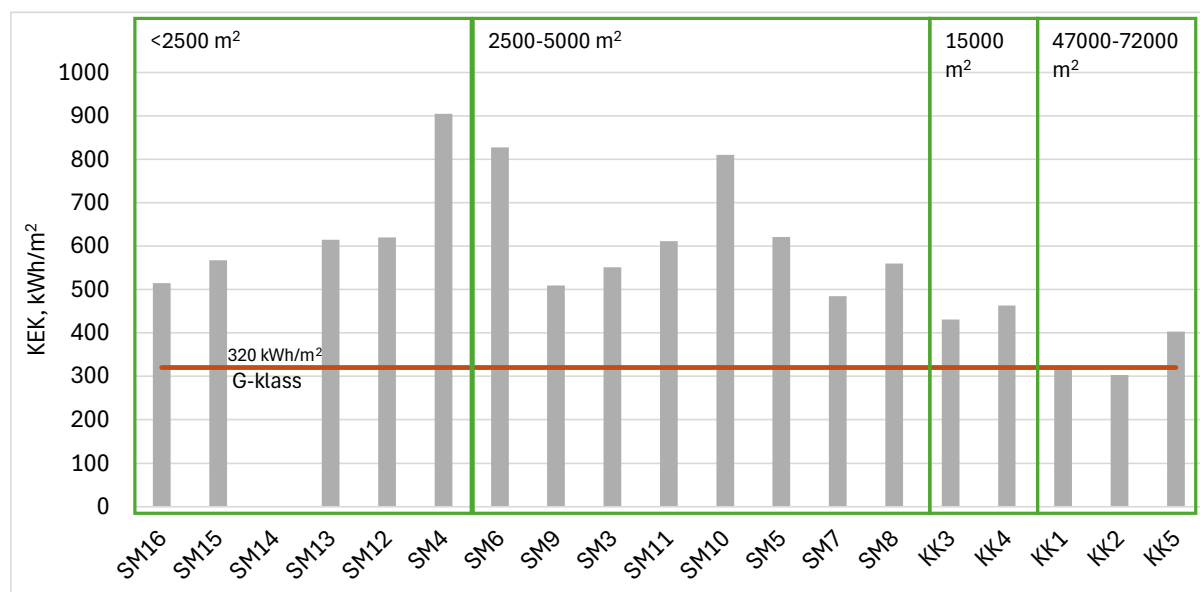
Tüüpilisele kasutusele taandamise meetodika valideerimiseks kasutati energiasimulatsiooni mudelit.

1.1. ENERGIAARVUTUSES MITTE ARVESSE VÕETAVA ENERGIA VÄHENDAMINE

Kehtiv hoonete energiatõhususe arvutamise meetodika sätestab, et „kaalutud energiaerikasutuse komponentidest lahutatakse energiaarvutuses arvesse mitte võetud tehnosüsteemi, elektritarviti või madala temperatuuriga pinna ja mitteelamu parkimismaja energiakasutus, mis on energiaarvestiga mõõdetud”. Käesolevas peatükis analüüsitakse nii juhtumeid, kus protsessienergia on eraldi mõõdetud kui ka juhtumeid, kus seda pole otse mõõdetud, vaid on olemas protsessienergiat sisaldava rentniku energiakasutus.

1.1.1. UURINGUS KASUTATUD HOONETE VALIM

Uuringus vaadeldi 18 kaubandushoonet, millest neli on üle 15 000 m² suurused kaubanduskeskused (edaspidi tähisega KK) ja 16 kaubandushoonet on peamiselt toidukaubandushooned (edaspidi tähisega SM), millest omakorda 6 liigituvad *supermarketiks* (köetav pind alla 2500 m², üle 60% toidu- ja esmatarbekaupu) ning 8 hoonet on *hüpermarketid* (köetav pind üle 2500 m², ca 50% toidu- ja esmatarbekaupu). Hoonete peaarvestitest saadud info põhjal arvutati nende kaalutud energiakasutus (Joonis 1). Hoonete valimis olevate kaubanduskeskuste toidukaubanduse pindala osakaal kogupindalast on 6-13%. Supermarketite puhul on see hinnanguliselt 50-80% kogupindalast. Jooniselt 1 on näha, et vaid kaks kaubanduskeskust saavutavad G-klassist madalama energiaklassi. Ülejäänud hoonete peaarvestite põhjal arvutatud energiatõhususarv jääb vahemikku 400-900 kWh/m².



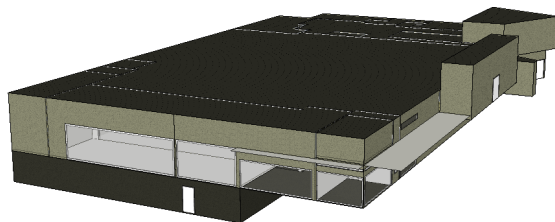
Joonis 1. Kaubandushoonete kaalutud energiakasutus ja pindalade jaotus

ANDMETE KOGUMINE

Uuringus osalevate hoonete omanikele saadeti andmepäring. Esmalt küsiti kuupõhiseid andmeid nii pea- kui ka alamarvestite kohta ning võimalusel ka tunnipõhiseid andmeid. Kokku saadi 17 hoonest soojuse ja elektri peaarvestite andmeid. Kahest suuremast kaubanduskeskusest saadi üle 70 alamarvesti kuupõhised andmed (ühest hoonest üle 220 arvesti andmed). Viiest väiksemast kaubandushoonest saadi 4-25 alamarvesti andmed. Alamarvestid olid peamiselt kogu rentniku kilbi arvestid ning nende alla kuuluvaid tarbijaid eraldi ei mõõdeta (ühelt hoonelt saadi detailsemalt ka eritarbijate aasta energiakasutuse andmed).

1.1.2. METOODIKA ARENDUSEKS KASUTATUD REFERENTSHOONE JA SIMULATSIOONIMODEL

Metoodika valideerimiseks kasutati olemasolevat Soomes asuvat 2680 m² suurust kaubandushoonet ning sellest tehtud simulatsioonimudelit (Joonis 2). Hoone on supermarketi tüüpi, kus suur osa pindalast on toidu- ja esmatarbe kaupade müügiala. Osa kaubanduse külmalettide jääksoojusest kasutatakse ära hoone soojuspumbas. Üldistuse tegemiseks seda metoodika arendamisel arvestatud ei ole, kuna jääksoojuse kasutus sõltub hoonest. Seega, ei korrigeerita soojustarbimist jääksoojuse arvelt. Siiski, tuleb arvestada, et kui hoone kasutab külmaseadmetelt saadud jääksoojust, siis väheneb kütteenergia kasutus.



Joonis 2. Referentshoone simulatsioonimudel

1.1.3. METOODIKA KIRJELDUS

Kui hoonel on energiaarvutuses mitte arvesse võetava energia tarbijaid, mis on eraldi arvestitega mõõdetud, siis see arvestatakse kogu energiatarbimisest maha. Juhul kui kasutatakse rentniku elektriarvesteid, tehakse korrigeerimine, kus liidetakse tagasi määrusepõhine valgustuse ja seadmete energiakasutus. See arvestatakse vastavalt maha lahutatud rentniku pindalale.

Energiaarvutuses mitte arvesse võetavateks tarbijateks loetakse järgmised kategooriad:

- Toidukauplus (külmakastid, külmkapid, külmamasinad, köögitehnika jne.)
- Restoran (kuumkööök)
- Eritarbija (välisvalgustus, reklaamtahvel, autopesula, sideruum, lift, serveriruumi elekter, vesijahuti elekter (mis teenindab nt serverit, toidupoe külmikuid, jäähalli jm mitte sisekliima tagamiseks mõeldud süsteemi))

Korrigeerimiseks kasutatakse 2025 aasta suvel jõustavas määru nr 58 Hoonete energiatõhususe arvutamise meetodikas toodud määrusepõhiseid võimsuseid valgustusele ja seadmetele eeldades, et kõik, mis ei ole protsessienergia on valgustus ja seadmed. Selleks leiti vastavalt hoone või kasutatava pinna kasutusotstarbele selle elektritarbimine valgustusele ja seadmetele. Vastavad elektritarbimised on välja toodud Tabel 1.

Tabel 1. Aastane elektri energiatarbimine valgustusele ja seadmetele

Hoone kasutamise otstarve	Energiatarve, kWh/m ²
Kontorihoone	31,5
Majutushoone	31,5
Ärihoone	26,3
Avalik hoone	30,7
Kaubandushoone ja terminal	45,0
Haridushoone	15,4
Koolieelse lasteasutuse hoone	16,3
Ravihoone	26,4
Tööstushoone	37,9
Laohoone	10,5

Täpsemalt on toodud tarnitud elektrienergia hulga arvutuskäik järgmise valemiga:

$$E_{tar,el} = E_{pea} - \sum_i E_{eri,i} - \sum_j E_{r,j} + \sum_j E_{r,vs,j} \quad (1)$$

kus

$E_{tar,el}$ on tarnitud elektrienergia hulk kWh/a;

E_{pea} on peaarvestiga mõõdetud elektrienergia hulk kWh/a;

$E_{eri,i}$ on arvestiga i mõõdetud protsessienergia alla kuuluva tehnosüsteemi või elektritarviti elektrienergia hulk kWh/a;

$E_{r,j}$ on rentniku arvestiga j mõõdetud elektrienergia hulk, mis sisaldab protsessienergia alla kuuluva tehnosüsteemi või elektritarviti elektrienergiat kWh/a;

$E_{r,vs,j}$ on tabeli 1 järgi arvutatud rentniku valgustuse ja seadmete elektrienergia, mis vastab hoone kasutamise otstarbele kWh/a;

Sellist meetodikat saab kasutada juhul, kui rentniku arvesti taga ei ole lisaks protsessienergiale, valgustusele ja seadmetele muid sisekliima tagamiseks mõeldud tehnosüsteeme (nagu näiteks soojuspump või ventilatsioonisüsteem). Vastasel juhul ei kajasta taandatud energiakasutus enam hoone tegelikku tüüpilist energiakasutust, kuna olulised energiakasutused on välja jäetud.

1.2. TÜÜPILISELE KASUTUSAJALE TAANDAMINE

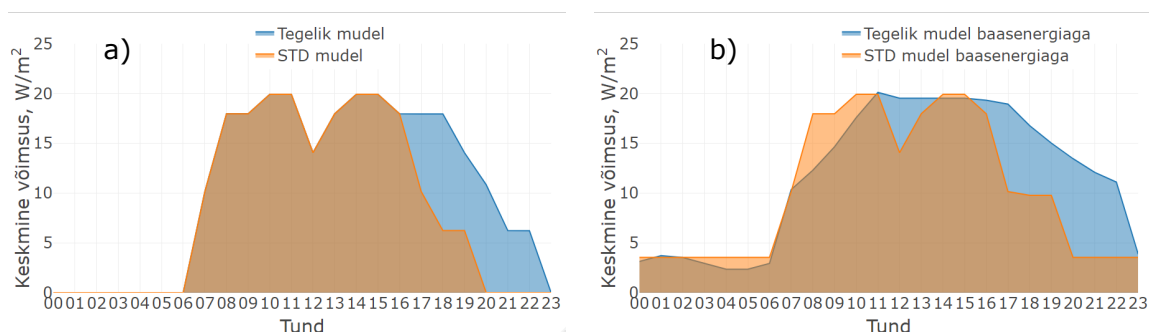
Tüüpilisele kasutusajale taandamine on teostatav mittelehoonetes elektri peaarvesti tunniandmete järgi kuude kaupa arvutades. Lihtsustatult on eeldatud, et peaarvestiga fikseeritud tunnitarbimine on 1h jooksul ühtlase võimsusega ning on arvestatud, et tunnitarbimine on võrdne tunni keskmise võimsusega. Igal kuul arvutatakse tunnipõhistest andmetest keskmine elektrivõimsus kasutusajal ja kasutaja välisel ajal. Seejärel viiakse tegelike võimsuste kestus võrdseks määrusepõhiste kasutusaegadega.

1.2.1. METOODIKA ARENDUSEKS KASUTATUD REFERENTSHOONE JA SIMULATSIOONIMODEL

Referentshooneks kasutati 2009 aastal valminud 5-korruselise ülikoolihoone pindalaga 10 360 m². Sellest loodi simulatsioonimudel (pindala 10 574 m²), mis kalibreeriti tegelike energiakasutuse andmetega. Seejärel loodi kaks erinevat mudelit kontorihoone kasutusega nii määrusele vastava kui ka praktikas tavapärase kasutusega (Tabel 2). Lisaks, tehti arvutused ka tegelikule ja määrusepõhisele mudelile, millel on lisaks muutuvale tarbimisele ka baastarbimine, mis tuleneb tavaliselt sisse jäetud tehnosüsteemidest ja elektritarvititest ning iseloomustab tavapraktikat. Mudelite versioonide ühe päeva tunni keskmistest võimsustest moodustuvate kasutusprofiilide võrdlus on toodud Joonis 3. Mudelitega teostati aastane energiasimulatsioon.

Tabel 2. Simulatsioonimudelite versioonid tüüpilisele kasutusele taandamise meetodika arendamiseks

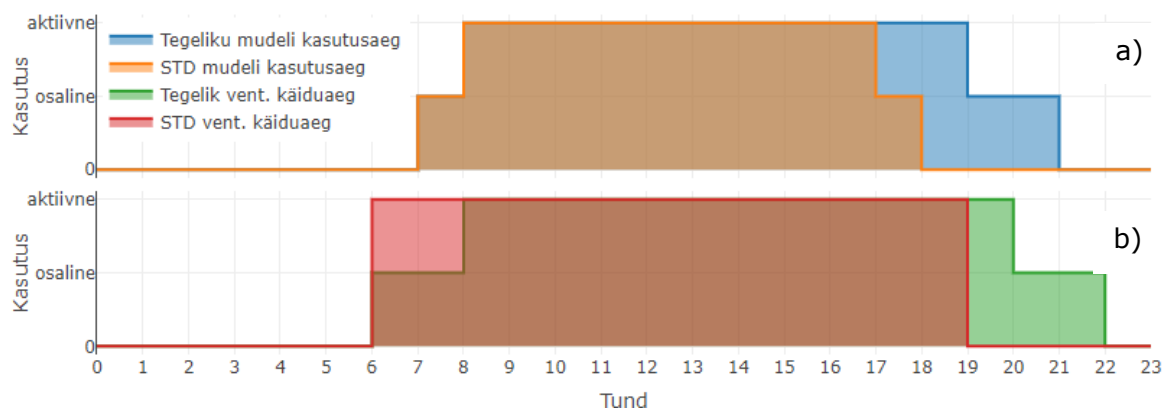
Mudeli versioon	Kirjeldus
Tegelik mudel	Kontorihoone, kus on tüüpilisest kasutusest erinev kasutusaeg (s.h. ventilatsioonisüsteemi käiduaeg, seadmed, valgustus ja inimeste kohalolek)
Tegelik mudel baasenergiaga	Kasutatud on [2] toodud seadmete ja valgustuse profiili (identne iga kuu), kus keskmine baasvõimsus väljaspool kasutusaega on 2.7 W/m ² .
Määrusepõhine (STD) mudel	Määrusepõhine kasutusaeg [3], [4].
Määrusepõhine (STD) mudel + baasenergia	Määrusepõhine kasutusprofiil, kus samuti on baasenergiatarve, ehk keskmine baasvõimsus väljaspool kasutusaega on 2.7 W/m ² .



Joonis 3. Tunnise keskmine hoone elektrivõimsus simulatsioonimudelil tööpäeval ilma baastarbimiseta (a) ning koos baastarbimisega (b)

1.2.2. TÜÜPILISELE KASUTUSAJALE TAANDAMISE METOODIKA

Tüüpilisele kasutusajale taandamisel on sisendinfona vaja tunnipõhist energiakasutust arvutusperioodil, mis selles analüüsis on simulatsiooniarvutuse väljundist saadud energiakasutus, mis on taandatud mudeli pindala kohta. Jahutuse netoenergia elektrikasutuseks arvutamise puhul on arvestatud külmaseadme kompressori kasuteguriks (SEER) 3.5. Kasutusaja ja kasutusajavälise keskmise võimsuse arvutamiseks on vaja iga kuu kohta hoone tegelikku kasutusaega, mis võib olla energiaatõhususe spetsialisti hinnang või mõõdetud hoone kasutaja kohalolek. Käesolevas töös analüüsiti kahte võimalust: kui kasutusajana võtta mudelis defineeritud inimeste kohalolek, või ventilatsiooniseadme käiduaeg, mis on toodud Joonis 4. Lisaks eristati kasutusaja defineerimisel hoone osalist ja aktiivset kasutusaega. Osaline kasutusaeg tähendab seda, kui hoone on vaid osaliselt (alla 50%) kasutuses või ventilatsiooniseadme töötab poole võimsusega.



Joonis 4. Simulatsioonimudelil defineeritud hoone kasutusaeg (a) ja ventilatsioonisüsteemi käiduaeg (b)

Joonis 5 on toodud tüüpilisele kasutusajale taandamise meetodika visuaalne selgitus, kus tegelikest tunnipõhistest andmetest on kasutusaja ja kasutusaja väliste tundide väärtustest arvatud keskmine võimsus (sinine pikem kriipsjoon). Tüüpilisest kasutusest erineva kasutusajaga hoone energiakasutus taandati kuupõhiselt tüüpilisele kasutusele kasutades valemit 2:

$$E_{tar,el} = \sum_{i=1}^{12} P_{ka,i} \frac{\tau_d \tau_w}{24 \cdot 7} \frac{t_i}{1000} + \sum_{i=1}^{12} P_{kav,i} \left(1 - \frac{\tau_d \tau_w}{24 \cdot 7}\right) \frac{t_i}{1000} \quad (2)$$

kus

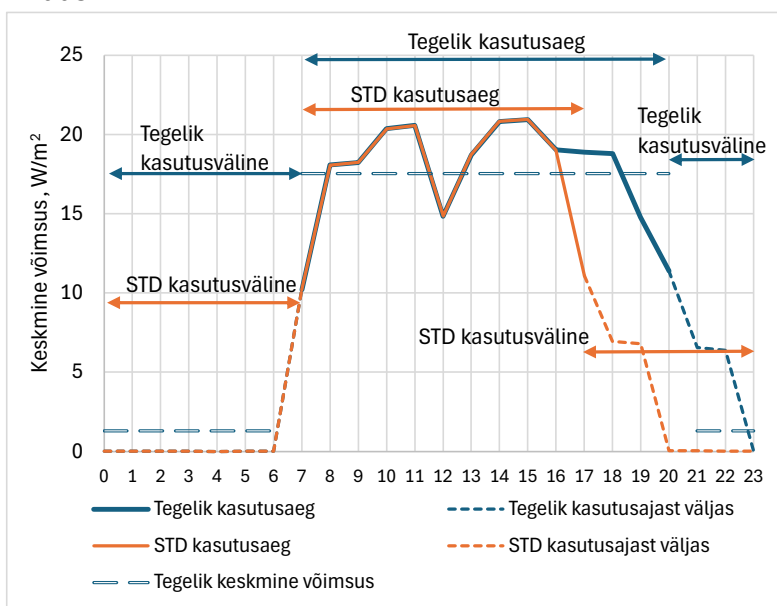
$P_{ka,i}$ on kuu i keskmine elektrivõimsus kasutusajal W;

$P_{kav,i}$ on kuu i keskmine elektrivõimsus kasutusaja välisel ajal W;

τ_d on hoone kasutustundide arv ööpäevas määruse nr 58 tabeli 1 järgi h;

τ_w on hoone kasutuspäevade arv nädalas määruse nr 58 tabeli 1 järgi d;

t_i on tundide arv kuus i h.

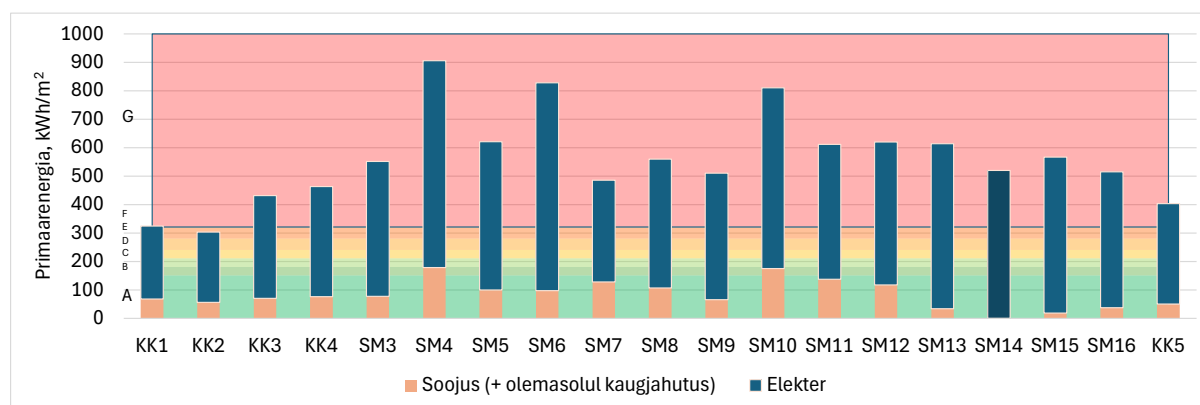


Joonis 5. Tüüpilisele kasutusele taandamise meetodika selgitus ühe päeva tunnipõhiste andmete peal

2. TULEMUSED

2.1. ENERGIAARVUTUSES MITTE ARVESSE VÕETAVA ENERGIA VÄHENDAMINE

Kaubandushoonete normaalaastale taandatud KEK väärtused peaarvestite järgi on vahemikus 300...900 kWh/m² (Joonis 6). Täpsemal alamarvestite mõõteandmete analüüsimisel tuvastati, et kaubandushoonetes on palju tüüpilisse kasutusse mitte kuuluvat protsessienergiat. Joonis 1 toob välja ka erisuse suuremate kaubanduskeskuste (üle 15 000 m²), suuremate supermarketite (2500-5000 m²) ja väiksemate supermarketite (alla 2500 m²) vahel. Analüüsi tulemused on välja toodud järgmistes alapeatükkides.



Joonis 6. Kaubandushoonete soojus- ja elektri primaarenergiatarve (soojus normaliseeritud baasaastale)

2.1.1. SUPERMARKETI PROTSESSIENERGIA VÄHENDAMISE NÄITED

Energiaarvutuses mitte arvesse võetava energia vähendamise meetodika analüüsiks toodi välja kolme supermarketi ja kahe kaubanduskeskuse analüüsi tulemused. Supermarket 17 puhul toimus meetodika valideerimine, teiste hoonete puhul vaadati tegelike andmete põhjal meetodika toimivust.

SUPERMARKET 17

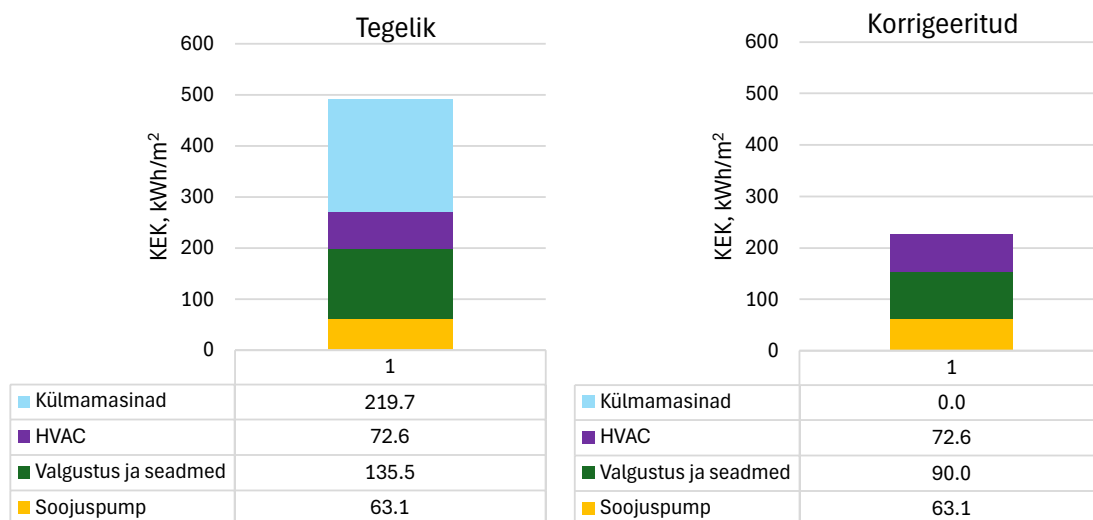
Metoodika valideerimiseks kasutatud supermarketis olid paigaldatud järgmised elektriarvestid, mis annavad ülevaate hoone tegelikust energiabilansist:

1. Külmamasinad
2. Üldelekter
3. Kauplus/rentnik (valgustus ja seadmed)
4. Jääksoojuse soojuspump

Antud juhul on oluline, et hoonet küttev külmasinade jääksoojust kasutav soojuspump on mõõdetud eraldi arvestiga ning seda ei lahutata maha.

Joonis 7 esitatud tulemused näitavad KEK-i muutust. Peaarvestite põhjal arvestatud KEK on 491 kWh/m², mis kuulub G-klassi. Protsessienergia vähendamise tulemusel saavutatakse D-energiaklass 226 kWh/m².

Antud hoonele teostati ka KEK-i energiasimulatsioon, mille tulemuseks saadi KEK 182 kWh/m², mis on C-klass. Korrigeeritud KEK-i suurem väärtus tuleneb kaupluse külmaseadmete põhjustatud ruumi jahutuskooormusest, mille tõttu soojuspumba kütteenergia on suurem kui tüüpilisel kasutusel. Kuna seda ei ole võimalik vähendamisel arvestada jääb korrigeeritud KEK mõnevõrra konservatiivseks.



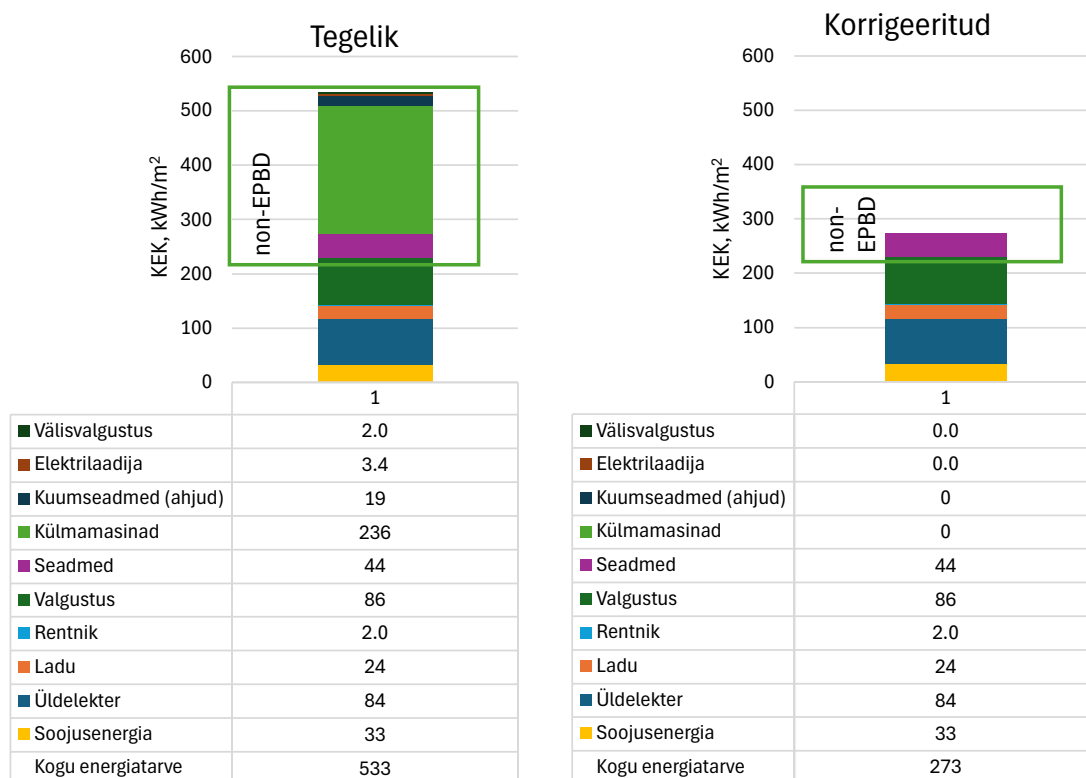
Joonis 7. Supermarket 17 primaarenergia energiabilanss tegeliku mõõdetud andmete põhjal (vasak) ja protsessienergia maha lahutamise korral (parem)

SUPERMARKET 16

Teisena vaadeldud supermarketis olid paigaldatud järgmised elektriarvestid ning kätte saadi vaid aastane energiatarve. See aga annab ülevaate hoone tegelikust energiabilansist:

1. Elektri peaarvesti
2. Soojuse peaarvesti
3. Üldelekter
4. Ladu
5. Valgustus
6. Rentnik
7. Seadmed
8. Külmamasinad
9. Kuumseadmed (ahjud)
10. Elektrilaadija
11. Välisvalgustus

Mõõdetud andmete põhjal on võimalik lahutada maha protsessienergia ning teha selle võrra KEK-i korrigeerimine. Joonis 8 esitatud tulemused näitavad KEK-i muutust, kus korrigeerimisega oli võimalik saavutada 52% muutus KEK arvestuses olevas elektri primaarenergias ning viia KEK G-klassist (533 kWh/m²) E-klassi (273 kWh/m²). Joonisel 8 on toodud välja ka non-EPBD, ehk protsessienergia (43%) ja seadmete (7.2%) osakaal kogu kaalutud energiakasutusest.



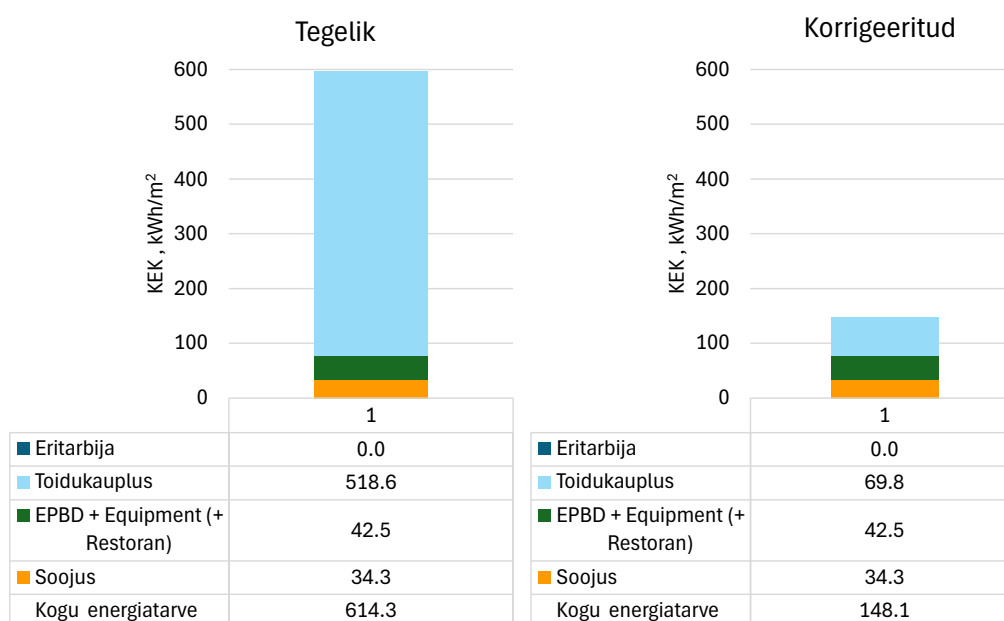
Joonis 8. Supermarket 16 primaarenergia energiabilanss tegeliku mõõdetud andmete põhjal (vasak) ja protsessienergia maha lahutamise korral (parem)

SUPERMARKET 13

Kolmandana vaadeldud supermarketis olid paigaldatud järgmised elektriarvestid, mis annavad kaudselt ülevaate hoone tegelikust energiabilansist:

1. Elektri peaarvesti
2. Soojuse peaarvesti
3. Toidukaupluse elekter
4. Muud kauplused/rentnikud elekter (valgustus ja seadmed)
5. Restorani elekter (kuumkööök)

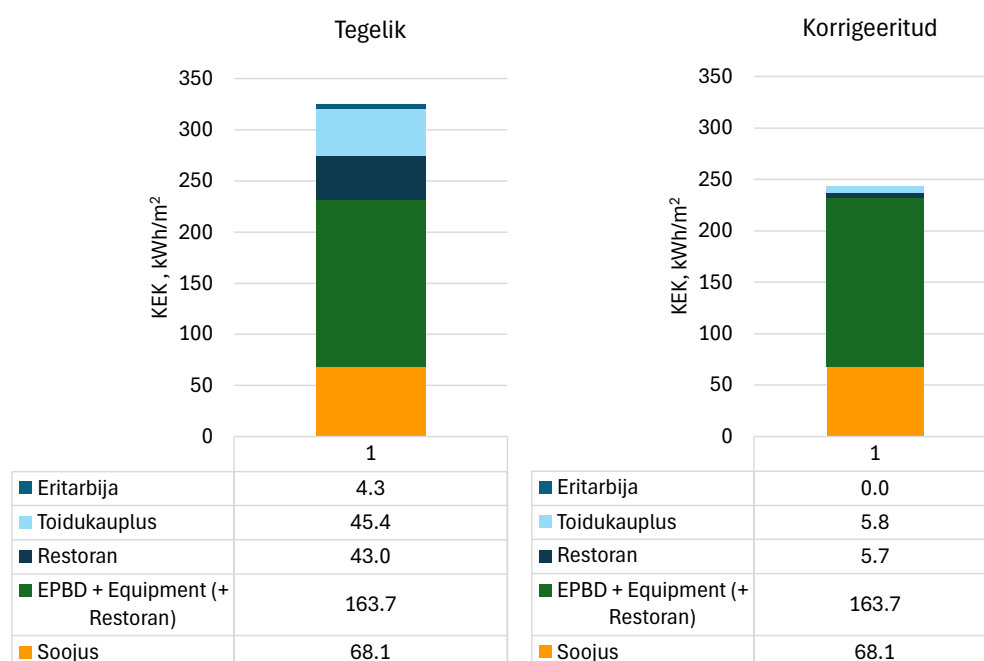
Selle hoone puhul ei ole protsessienergia eraldi mõõdetud, kuid on mõõdetud rentniku/pinna elektritarbimine, mis sisaldab protsessienergiat. Seega siin tuleb rakendada vastavalt eelnevalt toodud meetodikale ja tingimustele protsessienergiaga rentniku elektrienergia kasutuse maha lahutamist ja seejärel tüüpilise energiakasutuse juurde liitmist ning teha selle abil KEK-i korrigeerimine. Selle hoone puhul on lihtsama meetodika kasutamisel viidud hoone KEK G-klassist B-klassi (161 kWh/m²) (Joonis 9). Supermarket 13 puhul peab siiski silmas pidama, et siin kasutatakse ka külmamasinade jääksoojust, mida pole eraldi mõõdetud ning teisalt on kahtlus, et toidukaupluse alla võib kuuluda veel tarbijaid, mis ei ole valgustus ja seadmed kuid siiski kuulub tüüpilise kasutuse alla (näiteks ventilatsioon, jahutus jne). Sellisel puhul on oluline, et energiamärgise koostaja kaardistab ära tarbijad, mis kuuluvad maha lahutatava osa alla ning arvestab ka need KEK-i arvestusse tagasi (mõõtes näiteks ampertangidega keskmise võimsuse ning arvestab arvutamisel tehnosüsteemi käiduajaga).



Joonis 9. Supermarket 13 primaarenergia energiabilanss tegeliku mõõdetud andmete põhjal (vasak) ja protsessienergia maha lahutamise korral (parem)

KAUBANDUSKESKUS 1

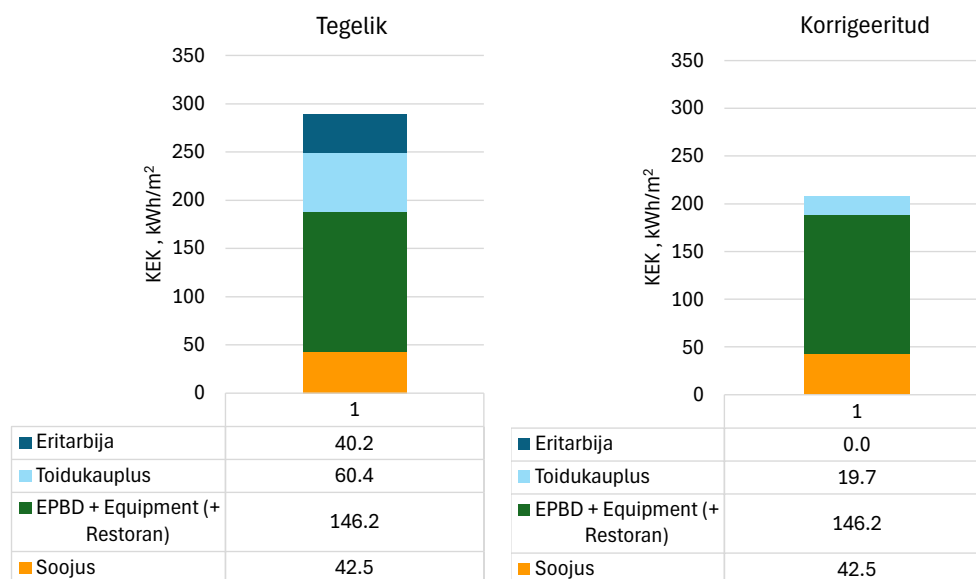
Kaubanduskeskuses olid olemas soojuse ja elektri peaarvestite ning 70 rentniku elektriarvesti kuupõhised andmed. KEK-i korrigeerimisel kasutati nendest toidukaupluste, restoranide ja eritarbijate (serverid) andmeid. Arvutused tehti eeldusel, et toidukaupluste pinnal ei kasutata jääsoojuse soojuspumpa. Protsessienergia vähendamise tulemusel vähenes elektri primaarenergia osa 31.7% ning enne energiaatõhususe nõuete kehtima hakkamist ehitatud kaubanduskeskus saavutas E klassi (243 kWh/m²) (Joonis 10).



Joonis 10. Kaubanduskeskus 1 primaarenergia energiabilanss tegeliku mõõdetud andmete põhjal (vasak) ja korrigeerimise korral (parem)

KAUBANDUSKESKUS 2

Kaubanduskeskusest 2 saadi kuupõhiseid andmeid paarvestitest ning üle 200 alamarvestist, mis olid peamiselt erinevate kaupluste, ehk rentnike arvestid. Protsessienergiaga tarbijaid oli peamiselt kaks: eritarbijad ning toidukauplus. Arvutuste tegemisel eeldati, et toidukaupluse arvesti taga ei ole soojuspumpa ega teisi sisekliima tagamiseks vajalikke tehnosüsteeme. Hoone KEK liikus korrigeerimisega F klassist (289 kWh/m²) D klassi (208 kWh/m²).



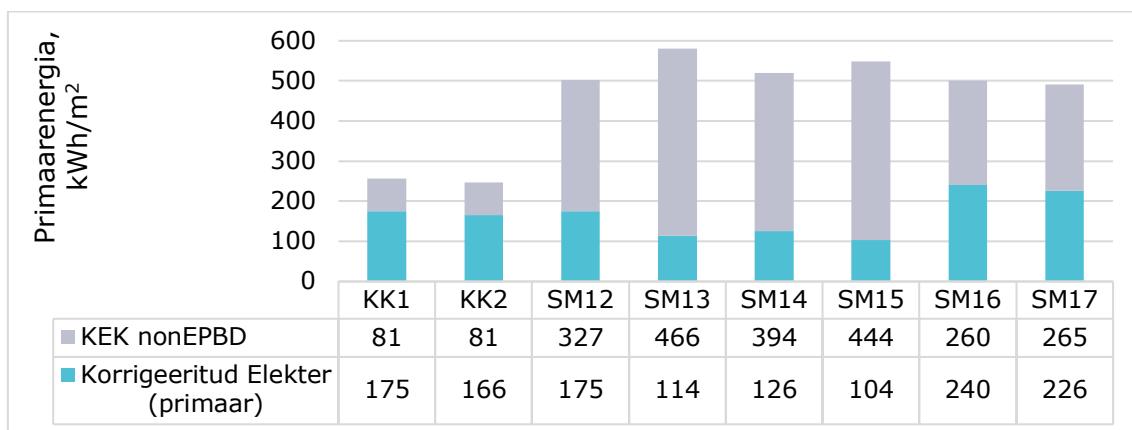
Joonis 11. Kaubanduskeskus 2 primaarenergia energiabilanss tegeliku mõõdetud andmete põhjal (vasak) ja korrigeerimise korral (parem)

KAUBANDUSHOONETE KOONDTULEMUSED

Joonis 12 on välja toodud uuringus osalenud kaubandushoonete elektri primaarenergia EPBD ja EPBD käsitusse mittekuuluva energiatarve. Kõikides hoonetes oli võimalik vähendada suur osa energiaarvutuses mitte arvesse võetavast elektrikasutusest (joonisel 12 halli värviga tähistatud). Hoonetele SM12-SM15 tuleks teha täiendavalt ülevaatus, mis ei sisaldunud käesolevasse uuringusse, kinnitamaks, et non-EPBD arvestusse ei jäänud mõni sisekliima tagamiseks mõeldud tehnosüsteem.

Kaubandushoonete KEK-i korrigeerimiseks on uuringu tulemuste järgi vajalikud järgmised alamarvestid:

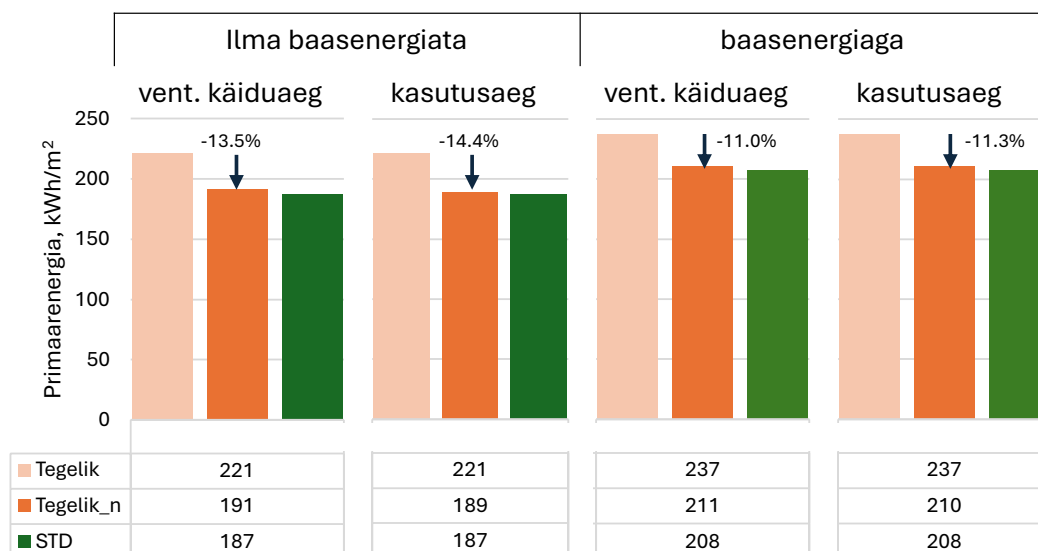
- Rentnikud (tavaliselt olemas)
- Külmasinad (osadel juhtudel olemas)
- Jääsoojuse soojuspump



Joonis 12. Kaubandushoonete elektri primaarenergiatarve jaotatud EPBD ja EPBD käsitusse mittekuuluvaks energiatarbeks

2.2. TÜÜPILISELE KASUTUSAJALE TAANDAMINE

Teostati simulatsioonimudelitest saadud elektri- ja kütteenergia peaarvesti tunniandmete järgi kuupõhine tüüpilisele kasutusaajale taandamine. Tulemused tulid täpsemad, kui kasutada kogu kasutusaega või ventilatsiooni käiduaega (ehk mitte eraldada aktiivset ja osalist kasutusaega). Joonisel 13 on välja toodud esialgne, taandatud ning määrusepõhise mudeli kogu primaarenergiatarve. Kõikide mudelitega saavutati määrusepõhisele arvutusele ligilähedane tulemus. Kuupõhisel taandamisel jäi kuude keskmine viga vahemikku 1.2-3.4% ja 1.0-2.3%, vastavalt elektri- ja kütteenergia korrigeerimisel. Tulemuste järgi töötab taandamise meetodika hea täpsusega. Tüüpilisest kasutusest pikema kasutusaajaga hoone viidi sellega E energiaklassist D-klassi.



Joonis 13. Esialgne (Tegelik) ning taandamise tulemusel saadud primaarenergiatarve (Tegelik_n) mudelitele ilma baasenergiata ning baasenergiaga kasutades erinevaid viise kasutusaaja määramiseks (võrdluses määrusepõhise arvutusega (STD))

3. ADRESSEERIMINE

M36

MÄÄRUSES

Uuringu tulemuste järgi on põhjendatud lisada määrusse täiendavad võimalused KEK-i koostamiseks. Koos tänase KEK-i meetodikaga tekiks nii kolm KEK-i koostamise võimalust:

1. KEK peaarvestite järgi (nii nagu täna, ei muutu)
2. Täiendavad arvutustehted tarbimisandmetega: arvestite järgi maha lahutamine ja tüüpilise kasutuse valgustuse/seadmete tagasi liitmine + kasutuse taandamine (suhteliselt väike töömaht energiatõhususe spetsialistile)
3. Keerulisematel juhtudel KEK-i energiasimulatsioon kalibreeritud mudeli põhjal (suur töö, aga vajadus üksikutes hoonetes)

Punkte 2. ja 3. puudutavad **muudatusettepanekud** on võimalik sisse viia M36 paragrahvi 11 lõikele (3¹) järgneva osana.

§ 11. Kaalutud energiaerikasutuse arvutuskäik

(1) Kaalutud energiaerikasutuse arvutuskäigus näidatakse arvutuses kasutatavad lähteandmed ja arvutused hoone kaalutud energiaerikasutuse määramiseks.

(2) Kaalutud energiaerikasutuse arvutuskäigus tuleb esitada järgnevad arvutuses kasutatavad lähteandmed:

1) [kehtetu - [RT I, 19.03.2024, 1](#) - jõust. 01.06.2025; jõustumine muudetud [RT I, 19.02.2025, 1]]

2) hoone asukoha piirkond maakonna täpsusega;

3) hoone soojusvarustuse liik lähtuvalt käesoleva määruse §-s 4 sätestatust;

4) hoone kütmisel kasutatav energiaallikas lähtuvalt käesoleva määruse §-s 5 sätestatust;

5) hoone kütav pind (m²);

5¹) hoone madala temperatuuriga pind (m²);

[[RT I, 19.03.2024, 1](#) - jõust. 01.06.2025; jõustumine muudetud [RT I, 19.02.2025, 1]]

5²) hoone toatemperatuuriga pind (m²);

[[RT I, 19.03.2024, 1](#) - jõust. 01.06.2025; jõustumine muudetud [RT I, 19.02.2025, 1]]

6) andmed aastase energiakasutuse kohta, mille põhjal selgitatakse välja kütuse ja energia kasutus hoone kütmiseks (MWh/a);

7) andmed, mille põhjal selgitatakse välja kütuse ja energia aastane kasutus tarbevee soojendamiseks hoonetes (MWh/a);

8) andmed elektrienergia aastase kasutuse kohta hoonetes (MWh/a);

9) andmed gaasi, mida ei ole tarbitud küttesoojuse saamiseks, aastase kasutuse kohta hoonetes (MWh/a);

10) kraadpäevade arv, mis on määratud hoone asukoha piirkonna järgi vastavalt hoone tasakaalutemperatuurile, viimasel kolmel täisaastal, ning normaalaasta kraadpäevade arv.

(3) Kaalutud energiaerikasutuse arvutamisel tuleb esitada järgnevate arvutuste tulemused:

1) normaalaasta kraadpäevade arvu alusel taandatud küttesoojuse aastane kulu (MWh/a);

2) keskmine normaalaasta kraadpäevade arvu alusel taandatud ja energiakandjate kaalumisteguritega läbi korrutatud küttesoojuse aastane kulu (MWh/a);

3) energiakandjate kaalumisteguritega läbi korrutatud keskmine soojuse aastane kulu tarbevee soojendamiseks (MWh/a). Juhul kui hoone kõige olulisemaks energiaallikaks ei ole elektrienergia ega gaas ja tarbevee soojendamiseks kasutatakse ainult elektrienergiat või gaasi ning summaarne elektrienergia või gaasi kulu on mõõdetud, ei pea keskmist soojuse kulu tarbevee soojendamiseks avaldama;

- 4) energiakandja kaalumisteguriga läbi korrutatud aasta keskmine elektri kulu (MWh/a);
- 5) energiakandja kaalumisteguriga läbi korrutatud aasta keskmine gaasi kulu, mida ei ole tarbitud küttesoojuse saamiseks (MWh/a);
- 6) aasta keskmine hoone kaalutud energiakastutus (MWh/a);
- 7) hoone aastane kaalutud energiaerikasutus [kWh/(m²·a)];
- 8) hoone kaalutud energiaerikasutuse klass.

(3¹) Lõike 3 punktides 1–5 nimetatud kaalutud energiaerikasutuse komponentidest lahutatakse hoone energiatõhususe arvutamise metoodika määrase kohaselt energiaarvutuses arvesse mitte võetud tehnosüsteemi, elektritarviti või madala temperatuuriga pinna ja mitteelamu parkimismaja energiakasutus, mis on energiaarvestiga mõõdetud.

[RT I, 19.03.2024, 1 - jõust. 01.06.2025; jõustumine muudetud [RT I, 19.02.2025, 1]]

Muudatusettepanekuna välja pakutud täiendused:

- 1) Juhul kui lahutamise teostamisel kasutatakse hoone rentniku energiaarvestitega mõõdetud tarbimisandmeid, liidetakse tagasi hoone energiatõhususe arvutamise metoodika määrase järgne valgustuse ja seadmete elektrikasutus valemiga:

$$E_{tar,el} = E_{pea} - \sum_i E_{eri,i} - \sum_j E_{r,j} + \sum_j E_{r,vs,j}$$

kus

$E_{tar,el}$ on tarnitud elektrienergia hulk kWh/a;

E_{pea} on peaarvestiga mõõdetud elektrienergia hulk kWh/a;

$E_{eri,i}$ on arvestiga i mõõdetud lõikele (3¹) vastava tehnosüsteemi või elektritarviti elektrienergia hulk kWh/a;

$E_{r,j}$ on rentniku arvestiga j mõõdetud elektrienergia hulk, mis sisaldab lõikele (3¹) vastava tehnosüsteemi või elektritarviti elektrienergiat kWh/a;

$E_{r,vs,j}$ on käesoleva määrase tabeli 1 järgi arvutatud valgustuse ja seadmete elektrienergia, mis vastab hoone kasutamise otstarbele kWh/a;

Tabel 1. Aastane elektrienergia tarbimine valgustusele ja seadmetele¹

Hoone kasutamise otstarve	Energiatarve, kWh/m ²
Kontorihoone	31,5
Majutushoone	31,5
Ärihoone	26,3
Avalik hoone	30,7
Kaubandushoone ja terminal	45,0
Haridushoone	15,4
Koolieelse lasteasutuse hoone	16,3
Ravihoone	26,4
Tööstushoone	37,9
Laohoone	10,5

¹Tabelis 1 toodud väärtused põhinevad hoone energiatõhususe arvutamise metoodika määrase nr 58 tabelis 1 esitatud hoone tüüpilisele kasutusele vastavatele valgustuse (W/m²) ja seadmete (W/m²) energiatarbele toatemperatuuriga pinna ühe ruutmeetri kohta.

- 2) Juhul kui kaubandushoones on toidu külmamasina jääksoojust kasutatav soojuspump ruumide kütmiseks või ventilatsiooniõhu soojendamiseks, peab see lõike 3¹ punktis 1 toodud

arvutuse teostamiseks olema varustatud eraldi energiaarvestiga.

(3²) Lõike 3¹ kohase energiakasutuse võib hoone tüüpilisest kasutusest erineva kasutaja puhul taandada tüüpilisele kasutusele arvutades tarbimise tunniandmetest igal kuul keskmise võimsuse kasutusajal ja kasutusajavälisel ajal. Tüüpilisele kasutusele taandatud energiakasutus [kWh/a] arvutatakse valemiga:

$$E_{tar,el} = \sum_{i=1}^{12} P_{ka,i} \frac{\tau_d}{24} \frac{\tau_w}{7} \frac{t_i}{1000} + \sum_{i=1}^{12} P_{kav,i} \left(1 - \frac{\tau_d}{24} \frac{\tau_w}{7}\right) \frac{t_i}{1000}$$

kus

$P_{ka,i}$ on kuu i keskmine elektrivõimsus kasutusajal W;

$P_{kav,i}$ on kuu i keskmine elektrivõimsus kasutaja välisel ajal W;

τ_d on hoone kasutustundide arv ööpäevas määruse nr 58 tabeli 1 järgi h;

τ_w on hoone kasutuspäevade arv nädalas määruse nr 58 tabeli 1 järgi d;

t_i on tundide arv kuus i h.

3) Kui kaalutud energiaerikasutuse arvutamisel kasutatakse lõike 3¹ punktides 1 või 2 ning lõikes 3² esitatud võimalusi, esitatakse vastavad lähteandmed ja arvutuskäigud energiamärgise lähteandmete ja tulemuste dokumentidena ehitisregistrisse.

(3³) Juhul kui lõigetes 3¹ ja 3² toodud arvutused ei ole teostatavad mitme kasutamise otstarbe tõttu või muudel põhjustel võib teostada kaalutud energiaerikasutuse energiasimulatsiooni kalibreeritud mudeli abil.

1) Energiasimulatsioonimudeli kalibreerimisel viiakse simulatsioonimudeli tulemused vastavusse tegeliku energiatarbimisega.

2) Energiasimulatsioonimudeli lähteandmed muudetakse tüüpilisele kasutusele vastavaks ja teostatakse uus energiasimulatsioon kaalutud energiaerikasutuse määramiseks.

KASUTATUD KIRJANDUS

- [1] European Commission, "Directive (EU) 2024/1275 of the European Parliament and of the Council of 24 April 2024 on the energy performance of buildings," 2024. Accessed: Jan. 13, 2025. [Online]. Available: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:L_202401275&pk_keyword=Energy&pk_content=Directive
- [2] H. Kuivjõgi, L. Laas, A. Ferrantelli, and M. Thalfeldt, "Impact of office tenants' electricity use on the cost-optimal solutions in a cold climate," E3S Web of Conferences, 2021. doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202124605001>.
- [3]. Estonian Government's Ordinance, "Minimum requirements for energy performance of buildings." [Online]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/119012018007?leiaKehtiv>
- [4] Estonian Government's Ordinance, "Methodology for calculating the energy performance of buildings," Riigi Teataja. Accessed: Dec. 27, 2023. [Online]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/107072020012?leiaKehtiv>