

Tellija: **MTÜ Genialistide Klubi**  
Tellija kontaktisik: **Allan Aint**  
Address: **Magasini 5**  
Tel.: **53 485 530**  
E-post: **allan@genklubi.ee**



## AVALIKU HOONE ENERGIAAUDIT

**Töö nr TA-18-02**



**Magasini tn 5, Tartu**  
**Klubihoone**

Auditeerimise aeg: 02.02.2018.a.

Aruanne esitatud: 14.03.2018.a.

Auditeerija ettevõtte: RenoveerimisAbi OÜ

Address: Vapramäe 20a, Elva

Reg. Nr. 12315542

Tel.: 5140451

E-post: renoveerimisabi@gmail.com

Energiaaudiitor: Tõnu Jõesaar

Kutsetunnistuse nr: 085760

Allkiri:

A handwritten signature in black ink, appearing to be "Tõnu Jõesaar".

## Sisukord

Sissejuhatus .....	3
1. Auditi tulemuste kokkuvõte ja ülevaade säästuettepanekutest.....	4
2. Hoone energiakasutuse ülevaade ja analüüs .....	5
2.1 Hoone asukoht ja paiknemine.....	5
2.2 Hoone üldandmed.....	5
2.3 Varem läbiviidud rekonstrueerimis/renoveerimistööd ja hoone olukord .....	6
2.4 Energia- ja veevarustuse üldisloomustus .....	6
2.5 Soojusenergia kulu.....	7
2.6 Elektrienergia kulu.....	9
2.7 Vee kulu.....	10
2.8 Hoone soojusbilanss .....	10
2.9 Avaliku hoone sisekliima ja ventilatsioon.....	12
2.9.1 Mitteiluruumide sisekliimat käsitlevad standardid ja määrused .....	12
2.9.2 Magasini 5 hoone ventilatsioonilahendus .....	12
2.9.3 Kohviku ruumide sisekliima uuring.....	13
2.9.4 Saali sisekliima uuring.....	13
3. Hinnang hoone energiakasutuse kohta, säästumeetmed ja nende majanduslik tasuvus.....	15
3.1 Hoone piirdetarandid.....	15
3.1.1 Katus ja ülemise korruse lagi .....	16
3.1.2 Välisseinad .....	16
3.1.3 Alumise korruse põrand ja sokkel .....	16
3.1.4 Välisüksed .....	17
3.1.5 Aknad .....	17
3.2 Hoone tehnosüsteemid.....	17
3.3 Vee- ja kanalisatsioonisüsteemid.....	18
3.4 Ventilatsioonisüsteem.....	18
3.5 Kütte- ja ventilatsioonisüsteemide säästumeetmed ja nende majanduslik tasuvus .....	19
3.6 Elektriseadmed .....	19
3.7 Hoone vabasoojus ja tasakaalutemperatuurid.....	20
4. Kokkuvõtte säästumeetmetest .....	21
4.1 Säästumeetmete paketid.....	22
4.2 Kokkuvõtte.....	24
5. Kasutatud allikad.....	25
6. Kasutatud mõõteseadmed.....	25
7. Lisad .....	25
7.1 Soojusenergia tarbimisandmed.....	25
7.2 Tarbevee tarbimisandmed.....	26
7.3 Elektrienergia tarbimisandmed.....	26
7.4 Termograafilise ülevaatusaruanne ja fotod .....	26

## Sissejuhatus

Käesolevas energiaauditi aruandes on esitatud Tartu linnas asuva linnakultuurimaja kütte, ventilatsiooni, elektri- ja veevarustuse süsteemide käesoleva olukorra analüüs ning leitud võimalused hoone energiatarbe vähendamiseks.

Auditeerimise mahu ja mudeli aluseks on võetud Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi ning Tallinna Tehnikaülikooli poolt väljatöötatud hoonete energiaauditi juhendmaterjal. Energiakasutuse analüüsimiseks on kasutatud MTÜ juhatusel kogutud ja edastatud hoone tarbimisandmeid ja vastavaid rahalisi kulusi aastatel 2014-2017. Hoone seisukorra täpsemaks määramiseks on teostatud jaanuaris 2018 hoone ülevaatus.

Aruanne sisaldab hoone piirdetarindite ning tehnosüsteemide tehnilis-majanduslikku analüüsi, energia tarbimise alandamise potentsiaali lähtuvalt võimalikest energiasäästumeetmetest. Energiasäästu potentsiaal on esitatud vajalike investeeringute, eeldatava energiakokkuhoiu ning lihttasuvusaja kujul.

Hooned on mõõdetud soojuse tarbimist, elektritarbimist ning veetarbimist kuude kaupa. Soe tarbevesi valmistatakse elektriboileritega. Õhuvahetusest tingitud soojuskadusid hinnati kaudselt õhuvahetuse kordarvu alusel.

Optimaalne renoveerimis/rekonstrueerimispakett valitakse välja tellija poolt vastavalt finantseerimise võimalustele. Osa säästumeetmeid on selliseid, mille rakendamine annab reaalselt säästu ainult rakendatuna koos teiste meetmetega, seetõttu esitatakse säästumeetmed pakettidena. Auditeerimise käigus välja toodud energiasäästumeetmete pakettide rakendamisel hoone sisekliima paraneb või ühtlustub eeldatavalt normikohasele tasemele. Tuleb tähele panna, et erinevate meetmete rakendamisel saadavad säästud ei ole otseselt liidetavad.

Väljapakutud energiasäästu ettepanekute realiseerimine nõuab reeglina vastavate tööde jaoks projekti koostamist ja ka ehitusloa taotlemist vastavalt kohaliku omavalitsuse poolt kehtestatud korrale. Ehitusfirmadelt on soovitatav tööde hinnapakkumised küsida lähtudes rekonstrueerimisprojektist, mis annab adekvaatse aluse ka tööde omanikujärelevalve korraldamiseks.

Loodetud energiasäästu saavutamiseks on vaja koos hoone välispiirete rekonstrueerimisega ette võtta küttesüsteemide ümberseadistamise.

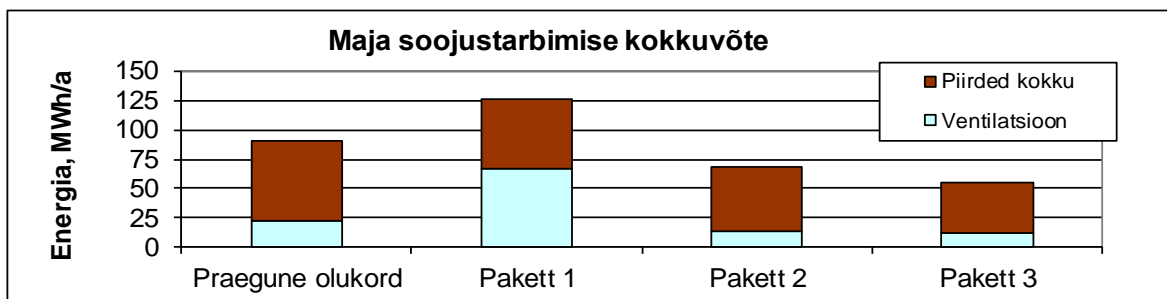
Objekti ülevaatusel abistas audiitorit mittetulundusühingu esindajana hr Allan Aint.

Hoone valdaja, kui lõpptarbija seisukohalt on säästupotentsiaal, energiahinnad ja kõik kulutused auditis arvestatud koos käibemaksuga 20%. Rekonstrueerimispakettide hinnakalkulatsioon on arvestatud põhiliselt hoone energiatõhusust ja sisekliimat mõjutavate töödega. Rekonstrueerimisega kaasnevad tööd, nagu projekteerimine, omanikujärelevalve, tarbevee- ja kanalisatsioonitorustiku ning üldelektrisüsteemi rekonstrueerimine ei ole energiaauditi analüüsi objektiks. Parendustööde lihttasuvusaja arvutamisel on lähtutud Tartu Keskkatlamaja poolt väljastava soojusenergia hinnast 58,9 €/MWh.

## 1. Auditi tulemuste kokkuvõte ja ülevaade säästuettepanekutest

Käesolevas peatükis on esitatud kokkuvõte korterelamu energiaauditi läbiviimise tulemustest. Kütteks kasutatud soojusenergia keskmine kogukulu aastal 2016-2017 on mõõdetud 72 MWh/a. Energiaarvutuste baasaastale taandatud viimase täisaasta kütteks kulunud keskmine soojusenergia on 90 MWh/a ja lähtuvalt hoone köetavast pinnast 538 m<sup>2</sup> on baasaasta keskmine kogu soojusenergia eritarbimine köetava pinna ühikule 167 kWh/(m<sup>2</sup>·a). Elektrienergiat on tarbitud keskmiselt 54 MWh/a. Kaalutud energiaeritarbimine on 357 kWh/(m<sup>2</sup>·a), energiamärgise klass-F. Auditi tulemusena on hoone renoveerimiseks välja pakutud kolm säästumeetmete paketti, mille abil on võimalik soojusenergia kulu tehniliselt alandada ning lisaväärtuseks on inimeste heaolu tõus tänu paranenud sisekliimale. Säästupaketid (p.4.1) on esitatud põhjusel, et teatud meetmetel on omavaheline koosmõju. Säästupakettide energiasääst on arvatud käesoleva olukorra suhtes.

- **Esimene pakett.** Hoone katusekate on amortiseerunud ja vajab vahetamist. Katuse vahetamise käigus soojustatakse ka pööningu vahelagi. Ventilatsioonisüsteem vajab korrastamist. Normatiivse õhuvahetuse tagamiseks ehitatakse välja sundventilatsioon. Sissepääsude uksed lasevad külma läbi. Paigaldatakse soojustusega välisüksed ja ehitatakse või korrastatakse tuulekojad. Investeering on ca 48 tuh eurot. Õhuvahetuse viimine normikohasele tasemele suurendab kütteku. Soojusenergia eritarbimine köetava pinna ühikule on 236 kWh/(m<sup>2</sup>·a). Energiatõhususarv ETA= 320 kWh/(m<sup>2</sup>·a). Energiamärgise klass –F
- **Teine pakett.** Paigaldatakse uus katusekate, soojustatakse pööningu vahelagi ja sokkel. Hoone välisviimistlus vajab värskendamist. Mugava sisekliima loomiseks ja energiasäästu eesmärgil ehitatakse välja soojustagastusega ventilatsioon. Paigaldatakse soojustusega välisüksed ja ehitatakse või korrastatakse tuulekojad. Uuendatakse küttesüsteem, paigaldatakse termostaatidega radiaatorid. Investeering on ca 118 tuh eurot ning aastane sääst on 21 MWh/a ehk 29%. Soojusenergia eritarbimine köetava pinna ühikule on 128 kWh/(m<sup>2</sup>·a). Energiatõhususarv ETA= 268 kWh/(m<sup>2</sup>·a). Energiamärgise klass – E.
- **Kolmas pakett.** Kütte- ja ventilatsioonisüsteemi rekonstrueerimine ning välispiirete soojustamine toimub vastavalt pakatile II. Hoone välisviimistluse uuendamisel kasutatakse soojustuskrohvi, mis vähendab välisseinte soojusläbivust ja aitab energiat kokku hoida. Investeering on ca 159 tuh eurot ja aastane energiasääst on 35 MWh/a ehk 38%. Soojusenergia eritarbimine köetava pinna ühikule on 102 kWh/(m<sup>2</sup>·a). Energiatõhususarv ETA=245 kWh/(m<sup>2</sup>·a). Energiamärgise klass-D.



## 2. Hoone energiakasutuse ülevaade ja analüüs

### 2.1 Hoone asukoht ja paiknemine



Hoone paikneb Tartu vanalinna muinsuskaitsealal.

### 2.2 Hoone üldandmed

**Tabel 1**

Hoone aadress:	Tartu maakond, Tartu linn, Tartu linn, Magasini tn 5
EHR kood:	104035608
Ehitusaasta:	1883
Hoone kasutamise otstarve:	12615 Klubi, rahvamaja
Ehitisalune pind (EHR), m <sup>2</sup> :	376
Suletud netopind (EHR), m <sup>2</sup> :	538,2
Maapealsete korruste arv:	2
Maa-alusre korruste arv:	
Hoone maht (EHR), m <sup>3</sup> :	3 295
Köetav pind, m <sup>2</sup> :	538
Eluruumide pind (EHR), m <sup>2</sup> :	0
Mitteeluruumide pind (EHR), m <sup>2</sup> :	446,1
Ruumide köetav sisekubatuur, m <sup>3</sup> :	2153
Külastajate keskmine arv:	80
Keldri olemasolu:	Ei
Pööningu olemasolu:	Jah

### 2.3 Varem läbiviidud rekonstrueerimis/renoveerimistööd ja hoone olukord

Kahekorruseline hoone on ehitatud kahes järgus, vanem osa aastal 1883 ja uuem aastal 1956. Vanema osa alumisel korrusel asub kohvik ja köök, ülemisel korrusel teatri Must Kast ja MTÜ Genialistide Klubi lao- ja kontoriruumid ning kaks kauplust. Uue osa alumisel korrusel paiknevad tualetid, kogukonnaraadio Generaadio stuudio, MTÜ Genialistide Klubi tööruumid ning sohvasaal kultuuriürituste läbiviimiseks. Ülemisel korrusel on saal, mida kasutatakse kultuuriürituste korraldamiseks. Hoones võib maksimaalselt viibida 400 külastajat..

Hoone välisseinad on laotud tellistest, välisseinte paksus on 60-80 cm.

Hoone mõlemal osal on viilkatus, mille all on pööning. Katusekatteks on laineline eterniit, katusekate on amortiseerumise tunnustega. Osa toolvärki vajab uuendamist. Saali lagi on heliisolatsiooni otstarbel kaetud vatiini rullidega, mis toimib mõningal määral ka soojustusmaterjalina.

Aknad on kahe puidust lahusraamiga, välimises raamis on ühekordne klaas, sisemises raamis on kaheklaasiline pakett. Aknad on korras. Saali aknad on kaetud heliisolatsiooni mattidega (poroloon).

Välisüksed on puidust ja ühekordsed.

Soojusenergia hoone kütmiseks saadakse kaugküttevõrgust. Soojuse jaotamine ja reguleerimine toimub läbi soojusvaheti soojussõlmes, mis on varustatud välistemperatuuri anduri ja automaatikaga. Küttesüsteem on kahetoruseline. Radiaatoritel puuduvad termostaatventiilid.

Kütmist saab reguleerida soojussõlmes.

Veevarustus ja kanalisatsioon on ühendatud välisvõrguga, tarnijaks on AS Tartu Veevärk. Soe tarbevesi valmistatakse elektriboileritega. Kohviku köök kasutab gaasipliite, kütuseks on baloonigaas (vedelgaas).

Hoone on ühenduses AS Eesti Energia elektrisüsteemiga.

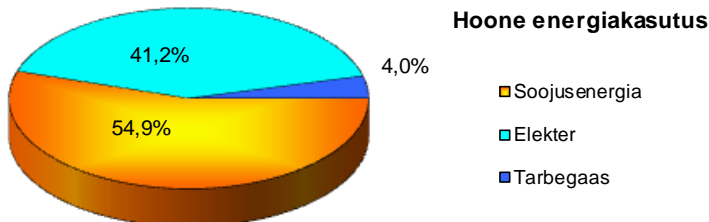
### 2.4 Energia- ja veevarustuse üldiseloostus

Tabel 2

Soojusenergia tarnija:	Tartu Keskkatlamaja AS
Põhiline kütteviis:	Keskkuite
Kasutatav kütus:	Soe vesi
Küttesüsteemi põhimõtteline lahendus:	Kahetorusüsteem.
Kütte automaatika	Välistemperatuuri anduriga kütteautomaatika.
Küttesüsteemi üldise soojuskulu mõõtur:	Kamstrup Multical
Tarbevee tarnija:	Tartu Veevärk AS
Veevarustuse liik:	Tsentraalne asulavõrgust
Olmekanaliseerimine:	Tsentraalne, juhitakse asulavõrku
Sooja tarbevee valmistamine:	Elektriboilerid
Sooja tarbevee arvestus:	Puudub
Ventilatsiooni liik:	Loomulik: õhu sissepääs ventilatsioonivadest ja akende/uste ebatiheduste kaudu, väljatõmme ventilatsiooni-lõõride kaudu
Elektrienergia tarnija:	Eesti Energia AS
Elektrivõrgu pingeline:	3x400 V

Hoones viimasel kahel aastal keskmiselt tarbitud soojusenergia ja elekter jagunevad alljärgnevalt:

Joonis 1



Kokku on majas tarbitud erinevatest allikatest 131 MWh/a energiat.

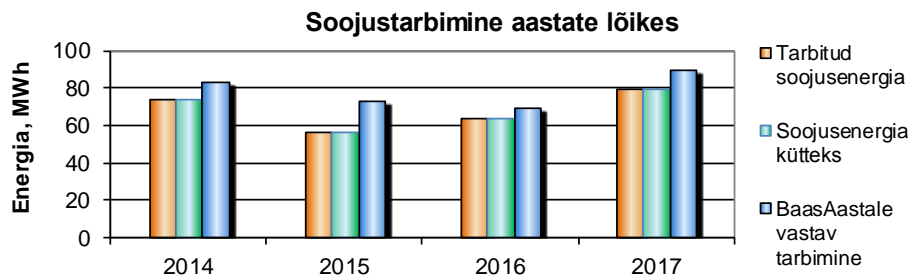
## 2.5 Soojusenergia kulu

Tabel 3

Soojusenergia tarbimine	2014	2015	2016	2017	Ühik
Elektri tarbimine kütteks					MWh/a
Soojustarbimine kaugküttest	74	57	64	80	MWh/a
Energia sooja tarbevee valmistamiseks					MWh/a
Soojustarbimine kütteks	74	57	64	80	MWh/a
Kraadpäevade võtmepiirkond	2 Tartu				
Tasakaalutemperatuur t <sub>B</sub> =14°C					°C d
Kraadpäevade arv	2986	2609	3107	3003	
Normaalaasta kraadpäevade arv	3377				°C d
Normaalaastale vastav soojustarbimine	83	73	69	90	MWh/a
Soojuse keskmine tariif/hind				58,68	€/MWh
Kulutused soojusele				4693	EUR/a
Eritarbimine köetava pinna kohta	155	137	129	167	kWh/m <sup>2</sup>

## Soojusenergia tarbimise graafikud

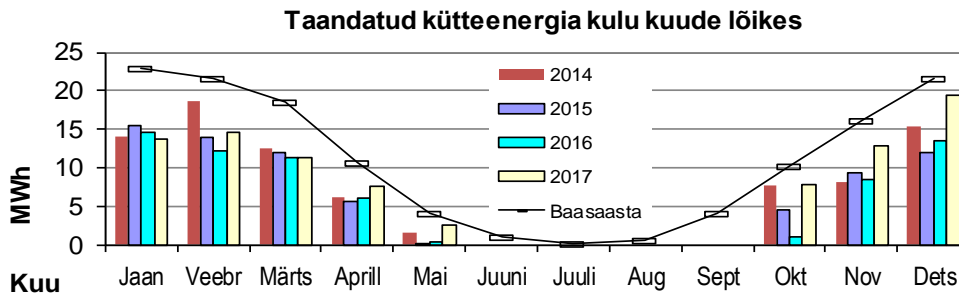
Joonis 2



Kraadpäevade abil on välistemperatuuri muutuste mõju küttesoojuse tarbimisele elimineeritud ja erinevate aastate soojustarbimine on taandatud energiaarvutuste baasaasta soojustarbimise

tasemele. Soojusenergia tarbimine on aastate lõikes kõikunud vastavalt kütteperioodi keskmisele temperatuurile. Soojustarbimine on mõningaste kõikumistega püsinud ühel tasemel.

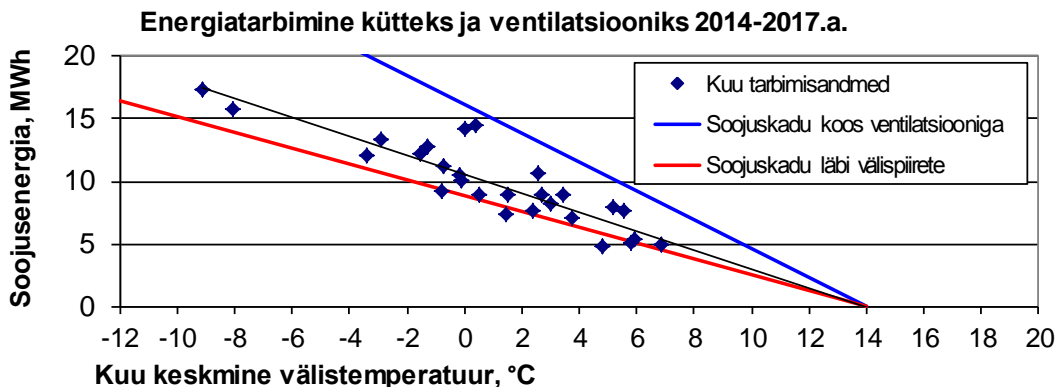
Joonis 3



Joonisel 3 markeerib Baasaasta kütteeenergia kulu graafik hoone arvutuslikku kütte ja ventilatsiooni energiavajadust. Baasaasta nivoost kõrgemat energiatarbimist markeerivad tulbad näitavad maja ülekütmist antud perioodil ja madalamad tulbad tähendavad vaegkütmist. Soojusenergia tarbimise kõikumised on suured, mis näitab, et soojussõlme automaatikat on käsitsi häälestatud. Sügisel on alustatud kütmist hiline misega. Välisõhu kõrge niiskusetase sügisel ja kütmata ruumide suhteliselt madal temperatuur soodustavad välisseinte külmade piirkondade küllastumist niiskusega ja hallituse tekkimist. Juba kasvama hakanud hallitusest on väga raske lahti saada. Kütmise algusega viivitamine ei anna tegelikult energiasäästu, sest niiskunud konstruktsioonide suuremad soojuskaod võivad ületada kütmise viivitamisega saadava kokkuhoiu. Hoone välisseinte kuivana hoidmiseks on soovitatav sügisel kütmist alustada pigem varem ja tugevamalt kui välistemperatuur seda eeldab. Kuivad välisseinad on parima soojapidavusega. Seevastu kevadkuudel (aprill, mai), kui päikese vabasoojus küttele olulist lisa annab (vt vabasoojuse arvutust p.3.7) on soovitatav energiasäästule enam panustada, kuid seda ei ole maikuus oluliselt tehtud.

Kütteaumatika seadistust iseloomustab tarbimisandmete sõltuvus välistemperatuurist.

Joonis 4



Tarbimispunktide hajumine on suur, mis on iseloomulik küttevõimsuse käsitsi reguleerimisele. Hoone on ebahütlase kasutuskoormusega ja vastavalt sellele reguleeritakse küttevõimsust. Kasutuskoormuse ajalist muutumist iseloomustab elektritarbimine (vt p.2.6). Iseloomulikult loomuliku ventilatsiooniga ja akende kaudu tuulutamisele on soojusenergia tarbimist piiratud välistemperatuuril alla  $-5^{\circ}\text{C}$ . Hoone reaalseks tasakaalutemperatuuriks soojusenergia tarbimise järgi on  $14^{\circ}\text{C}$ .

Edaspidistes arvutustes on kasutatud hoone aastase energiavajadusena küttele ja ventilatsioonile viimase aasta baasaastale teisendatud energiatarbimist 90 MWh/aastas.



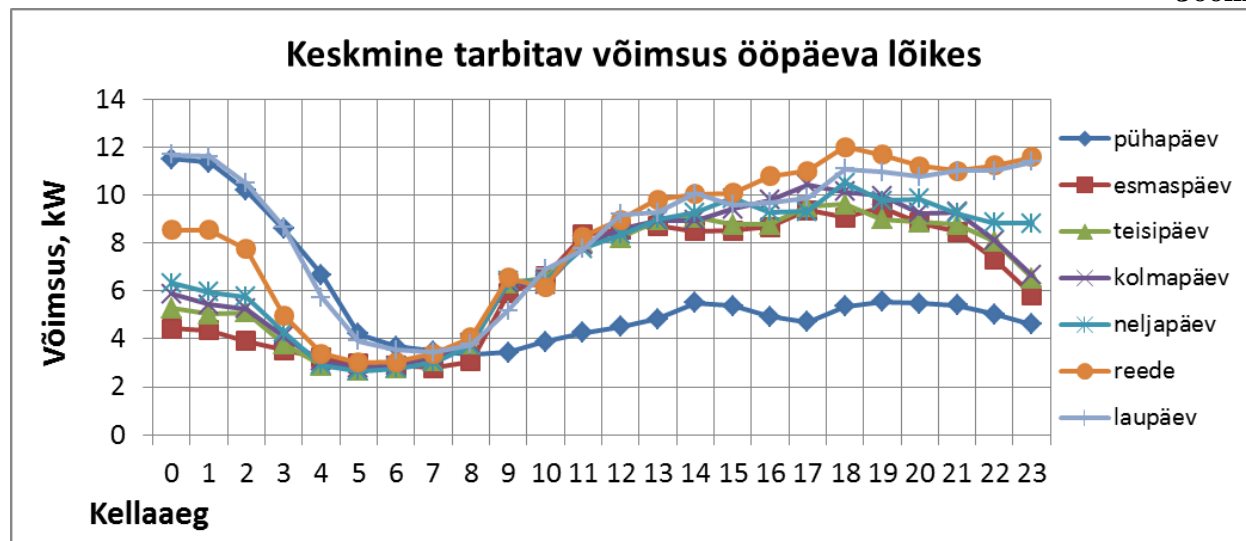
## 2.6 Elektrienergia kulu

Tabel 4

Elektri- ja gaasitarbimine	2014	2015	2016	2017	Ühik
Elektrienergia tarbimine	46,5	43,6	53,7	54,1	MWh/a
Gaasi tarbimine kohviku vajaduseks				408	kg/a
Gaasiga tarbitud energia				5,2	MWh/a
Elektri eritarbimine köetava pinna kohta	86,4	81,0	99,7	100,5	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Vedelgaasi eritarbimine köetava pinna kohta				9,7	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Elektrienergia maksumus				6223	€/a

Elektritarbimine on seotud hoone kasutuskoormusega. Hoones tegutsevad MTÜ administratsioon, kohvik, kauplused, kogukonnaraadio ja teater. Elektrit kasutatakse ka välisvalgustuseks. Ajavahemikul 1.oktoober 2017-28.veebruar 2018 on tarbimine olnud kokku 25,58 MWh ja selle perioodi keskmine tarbitav võimsus nädalapäevade ja ööpäeva lõikes on olnud järgmine:

Joonis 5



Tegevusvälisel ajal, kella 4 ja 7 vahel on statsionaarselt sisse lülitatud seadmete võimsus kokku 2,8 kW. Nende seadmete, mis on kogu aeg sisse lülitatud, aastane tarbimine kokku on 24,5 MWh/a. Aktiivne tegevus klubihoones algab kell 9. Tööd alustab administratsioon ja köök hakkab tegema ettevalmistusi kohviku avamiseks. Kohvik avatakse kell 12. Samal ajal toimuvad saalis näitetrupi proovid jm üritused. Pühapäeval aktiivset tegevust ei toimu. Õhtuste ürituste algus on tüüpiliselt kell 18. Kontserdid ja peod võivad kesta kuni kell 3-ni, selle ajani on ka kohvik avatud. Hoone on aktiivses kasutuse 18 tundi ööpäevas ja 6 päeva nädalas. Küllastajate arv nädalavahetuse kontsertidel ja etendustel võib olla 80-400 inimest.

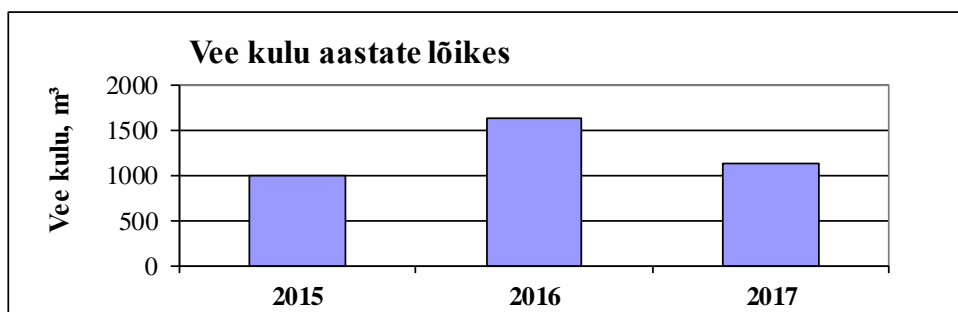
## 2.7 Vee kulu

Tabel 5

Tarbevee kulu	2015	2016	2017	Ühik
<b>Tarbevesi (külm )</b>	1002	1642	1134	m <sup>3</sup> /a
-erikulu köetava pinna kohta	1,86	3,05	2,11	m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> a)
Vee eest tasutud				€/a
<b>Soe tarbevesi</b>			181	m <sup>3</sup> /a
-erikulu köetava pinna kohta			0,34	m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> a)
Elektri kulu vee soojendamiseks			11,6	MWh/a
Kulud sooja vee tootmiseks, sh jahtumiskadu			1333	€/a
Sooja vee hind			7,34	€/m <sup>3</sup>

Tarbevee kulu on seotud sanitaarruumide ka köögi tarbimisega. Soe vesi valmistatakse elektriboileritega ja tarbimise mahtu ei mõõdata. Ühiskondliku hoone normatiivne sooja tarbevee arvestuslik erikulu on 340 l/(a·m<sup>2</sup>) köetava pinna kohta, mille kohaselt maja soojavee tarbimine peaks olema 183 m<sup>3</sup>/a.

Joonis 6



Veetarbimise hüppeline tõus aastal 2016 viitab veelekkete võimalusele.

## 2.8 Hoone soojusbilanss

Hoonetes tarbitud soojusenergia, elektrienergia ja inimeste elutegevuse tagamiseks vajalik ning sellega kaasnev energia (vabaenergia) moodustavad hoone energiabilansi ühe poole. Soojuskaod läbi välispiirete, kanalisatsiooni lastud reovesi ja ventilatsiooniks vajaliku õhu soojendamise energiakulu moodustavad hoone energiabilansi teise poole.

Vastavalt energiaauditi koostamise juhendile on soojuse bilansivalem kululiikide alusel järgmine:

$$Q_{\text{kogukulu (arvesti järgi)}} = Q_{\text{välispiirded}} + Q_{\text{õhuvahetus}} + Q_{\text{soe vesi}}$$

Soojuskadude arvutamisel on oluline arvestada hoone tasakaalutemperatuuri, mis antud juhul on vabaenergia arvutuste ja soojusenergia kasutamise kaudu määratud 14°C. Kõik soojuskadude arvutused on tehtud tuginedes normaalaasta Tartu piirkonna kraadpäevade arvule. Hoone soojusbilanss on esitatud tabeli kujul (Tabel 8).

Hoone jahtumine läbi välispiirete on proportsionaalne piirde soojusläbivuse ja piirde pindala korrutisega. Summaarne soojuskadu on soojuskadude summa üle kõikide välispiirete korrutatud kütteperioodi kraadpäevade arvuga ( $S_k$ )

$$Q_{\text{välispiirded}} = S_k \sum A_i \cdot U_i$$

Iga välispiirde osa jahtumises ja kogu soojusenergia kadu läbi praeguses olukorras välispiirete on toodud alljärgnevas tabelis

**Tabel 6**

Piirde nimetus	Praegune olukord			
	Pindala/ joonmõõt, $A_i$	Soojusläbivus, $U_i$	Erisoojus- kadu, $H_{vp}$	Soojuskadu aastas, $Q$
	$m^2/jm$	$W/(m^2 \cdot K)$	$W/K$	$MWh$
Välisseinad	716	0,60	430	33
Pööningu vahelagi	364	0,40	146	11
Saali aknad	45	0,30	13	1
Aknad	57	1,60	91	7
Välisüksed	8	2,50	19	1
I korruse põrand	326	0,34	112	9
Aknaümbruse külmasild, jm	230	0,20	46	4
I.k põranda-seina liide, jm	76	0,30	23	2
		Kokku	880	68

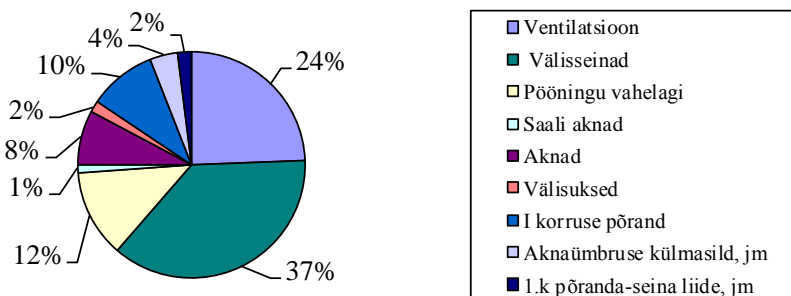
Lähtuvalt hoone köetavast mahust on normikohase õhuvahetuse korral (keskmine õhuvahetuse kordarv avalikus hoones praeguse kasutuskooormuse juures  $n=1,2$  1/h) keskmine värske õhu vajadus  $2590 \text{ m}^3/\text{h}$  ja erisoojuskadu õhuvahetusele on  $869 \text{ W/K}$ . Aastane energiavajadus ventilatsiooni tagamiseks on sellisel juhul  $67 \text{ MWh/a}$ . Tegelik energiakulu ventilatsioonile, hoone praeguses olukorras, erineb sellest väärtusest vastavalt realselt toimuvale õhuvahetusele ja on toodud soojusbilansi tabelis allpool.

**Tabel 7**

Hoone soojusbilanss	Energia sisse, $MWh/a$	Energia välja,	Osakaal
Mõõdetud soojusenergia tarbimine - $Q_{\text{kogukulu}}$	90		
Soojusenergia tarbitud soojas vees - $Q_{\text{soe vesi}}$			
Arvutatud soojuskadu läbi välispiirete - $Q_{\text{välispiirded}}$		68	76%
Energia õhuvahetuseks ja infiltratsiooniks - $Q_{\text{õhuvahetus}}$		22	24%
Kokku	90	90	
Õhuvahetuse kordarv, 1/h		0,39	
Tasakaalutemperatuur, °C		14	

Hoone soojusenergia kulude jaotus ventilatsiooni tagamiseks, sooja vee valmistamiseks ja läbi välispiirete toimuvate jahtumiskadude kompenseerimiseks on järgmine:

Joonis 7



## 2.9 Avaliku hoone sisekliima ja ventilatsioon

### 2.9.1 Mitteeluruumide sisekliimat käsitlevad standardid ja määruised

Mitteeluruumide sisekliima nõuded tulenevad Eesti standardist EVS-EN 15251:2007, kus on nõuded avalikule hoonele (meelelahutushoone, spordihoone jm) eraldi välja toodud.

Vastavalt sisekliima tingimuste ootusele jagatakse mitteeluruumid järgmistesse kategooriatesse:

Tabel 8

Kategooria	Selgitus	Temperatuur, °C	CO <sub>2</sub> tase, üle loodusliku fooni, ppm	Õhu suhteline niiskus, %
I	Siseõhu kõrge kvaliteet. Ruumid tundlike ja õrna tervisega isikutele, näiteks lapsed, vanurid ja haiged.	19,0-24,5	350	30-50
II	Siseõhu normaalne ootuste tase uutest ja renoveeritud hoonetes.	17,5-25,5	500	25-60
III	Siseõhu mõõdukas, vastuvõetav kvaliteet. Olemasolevad hooned.	16,5-26,0	800	20-70
IV	Siseõhu madal kvaliteet, mida võib tingituna aastaajast aktsepteerida piiratud aja vältel		<800	<20; >70

CO<sub>2</sub> loodusliku fooni tasemeks võib praegusel ajal lugeda 400 ppm ja siseõhu väga hea kvaliteedi tingimuseks on CO<sub>2</sub> tase alla 750 ppm ja rahuldava kvaliteedi korral (kategooria III) ei tohiks ruumi CO<sub>2</sub> tase ületada 1200 ppm.

### 2.9.2 Magasini 5 hoone ventilatsioonilahendus

Hoone vanas osas, kus asub kohvik, on loomulik ventilatsioon. Sanitaarruumides ja suitsetamisruumis on sundväljatõmme. Kohvikus asub avatud kamin, mis soodustab õhuvahetust, kui kaminat köetakse.

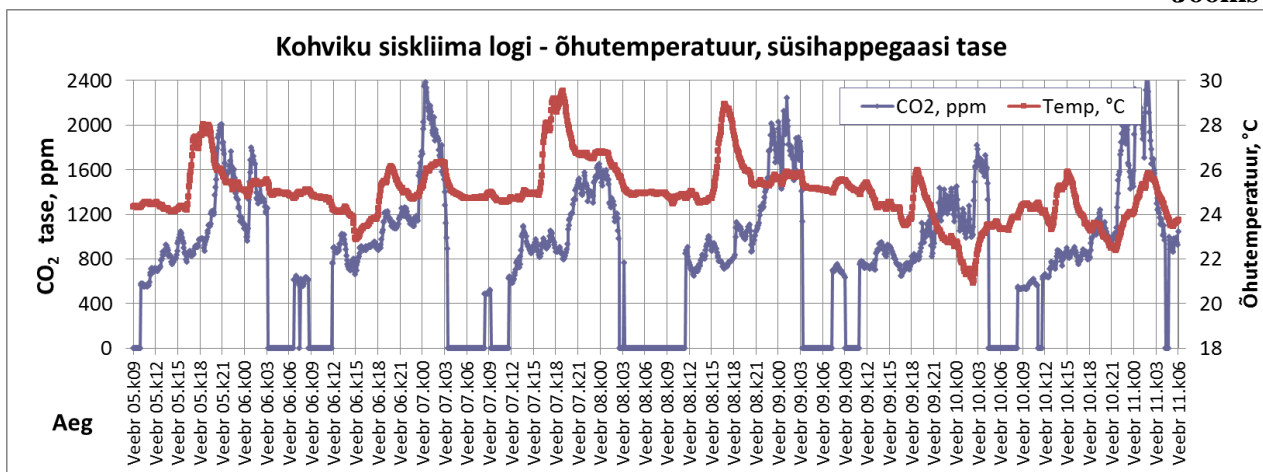
Saalis on sundväljatõmme ja –sissepuhe, mida kasutatakse vastavalt võimalusele, sest ventilaatorite müra häirib etenduste jälgimist ja külma õhu sissepuhe tekitab ebamugavust.

### 2.9.3 Kohviku ruumide sisekliima uuring

Loomuliku ventilatsiooni tingimustes, kus õhuvahetus tagatakse avatud akende kaudu tuulutamise teel ja infiltratsiooni kaudu läbi konstruktsioonide ebatiheduste, on õhuhulkade mõõtmise üsna komplitseeritud. Sisekliima kvaliteedist kõige parema ülevaate annab CO<sub>2</sub> taseme vahetu jälgimine.

Uurimismeetodiks on sisekliima parameetrite (temperatuur, suhteline niiskus ja süsihappegaasi tase) ajaline jälgimine ja registreerimine logerite abil salvestusintervalliga 5 min. Õhu süsihappegaasi taseme, õhu niiskuse ja temperatuuri mõõtmiseks kasutati andmeid salvestavaid mõõteseadmeid Telstar 7001 koos HOB0 U12 logeritega. Tehnilistel põhjustel paigaldati logger ca 3m kõrgusele baarileti kohale. Mõõtmistsükli algus oli esmaspäeval 05.02.2018 ja lõpp pühapäeval 11.02.2018. Välisõhu keskmine temperatuur oli mõõtmisperioodil -8°C. Mõõtmistulemused on esitatud alljärgneval joonisel.

Joonis 8

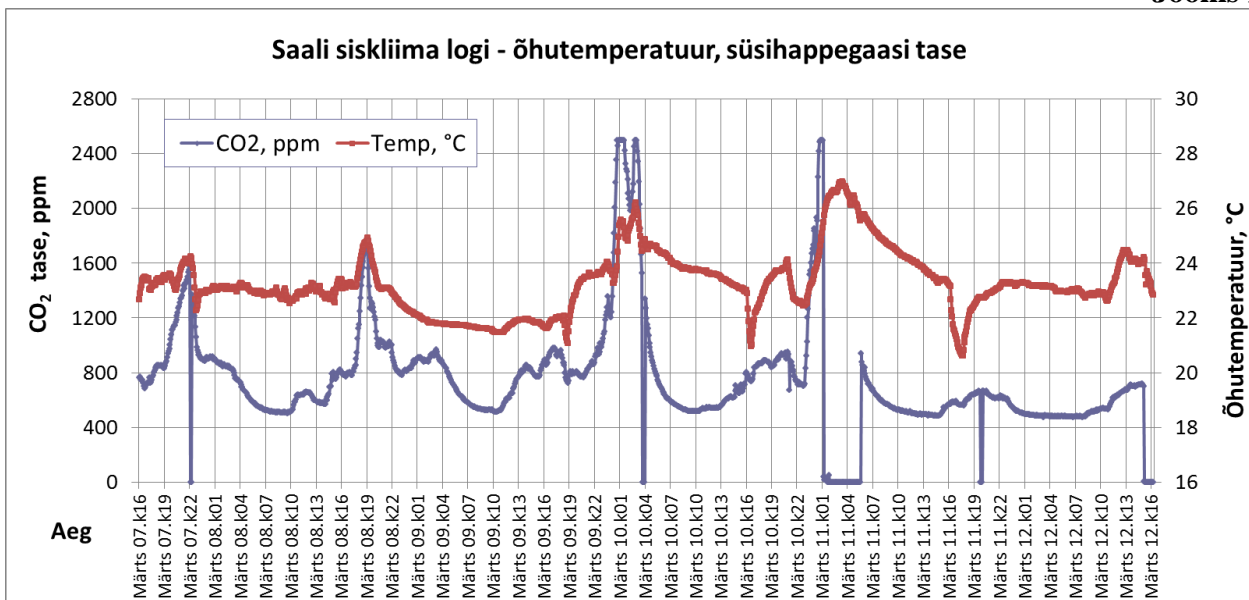


Mõõtepunkt asus inimeste viibimistsoonist kõrgemal lae ligiduses. Seetõttu võib arvata, et õhutemperatuur laua taga istujale on 2-3°C madalam. Sellegipoolest peegeldavad nii õhutemperatuur kui ka süsihappegaasi tase ruumi hõivatust. Õhutemperatuuri järsk tõus ajavahemikul kell 15-18 seondub kamina kütmisega. Ruumitemperatuuri tõus sünkroonselt CO<sub>2</sub> taseme tõusuga seostub suure hulga inimeste viibimisega ruumis. Ruumitemperatuuri järsk langus koos CO<sub>2</sub> taseme langusega on ilmselt ruumide tuulutamise tulemus. Suuremal osal kohviku lahtioleku ajast on süsihappegaasi tase alla 1200 ppm, mida võib lugeda rahuldavaks. Tippkoormuse ajal tõuseb see üle 2000 ppm ja kohviku ventilatsioon vajab tõhustamist. Õhutemperatuuri ühtlustamiseks on soovitatav paigaldada lae alla tiivik, mis sooja õhu inimeste viibimistsooni suunaks.

### 2.9.4 Saali sisekliima uuring

Saali sisekliima uuring toimus ajavahemikul 05. Veebruar 2018 – 11. Veebruar 2018. Kasutati samasuguseid mõõteseadmeid, nagu kohviku uuringus. Seadmed paigaldati saali idapoolse välisseina lähedusse helipildi juurde ca 1,8 m kõrgusele põrandast. Mõõtmistulemused on esitatud alljärgneval joonisel.

Joonis 9



Nii nagu kohviku puhul, peegeldavad õhutemperatuuri ja süsihappegaasi ajaline käik ruumis toimuva tegevuse ja hõivatuse taset. Saali kasutamise ajal lisandub radiaatorite soojusele vabasoojus, mis on lavatehnika soojuseraldus ja ruumis viibivate inimeste soojuseraldus, mis on proportsionaalne inimeste arvuga. Kui vabasoojus liitub radiaatoritest eralduva soojusega, tõuseb temperatuur kiiresti. Süsihappegaasi taseme tõus on seotud ainult ruumis viibivate inimeste arvuga ja nende tegevuse aktiivsusega. Rahulikult istuva inimese CO<sub>2</sub> eraldus võib olla kordades väiksem kui aktiivses tegevuses.

Kolmapäevaõhtuse (07.märts) etenduse ajal oli saali 50 inimest, neljapäeval 100 inimest. Õhutemperatuuri ja CO<sub>2</sub> tõus on mõõdukad, kuigi viimane ületab lühiajaliselt rahuldavat taset 1200 ppm.

Nädalavahetuse üritused on üldjuhul oluliselt rahvarohkemad ja aktiivsemad. Reede õhtul (10.märts) oli saalis ca 300 külastajat ja laupäeva õhtul 400. Süsihappegaasi tase tõuseb kiiresti üle 1200 ppm taseme ja ületab 2500 ppm, mis on mõteseadme tööpiirkonna ülemiseks piiriks. Ventilaatorite lühiajaline sisselülitamine ei suuda saali sisekliimat viia rahuldavale tasemele. Mugavate ja tervislike olmetingimuste loomiseks vajab ventilatsiooni- ja küttesüsteem rekonstrueerimist.

### 3. Hinnang hoone energiakasutuse kohta, säästumeetmed ja nende majanduslik tasuvus

#### 3.1 Hoone piirdetarindid

Tabel 9

Praegune olukord					Tehnilised parendusvõimalused ja vastav lihttasuvusaeg					
Piirdetarind või selle osa	Materjal/tüüp, olukorra kirjeldus, aruande punkt	Pind-ala	U-arv	Soojus-kaod	Meetmed energiasäästuks	U-arv	Soojus-kaod	Energia-sääst	Maksu-mus	Tasu-vus-aeg
		m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> K	MWh/a		W/m <sup>2</sup> K	MWh/a	MWh/a	EUR	aasta
<b>Piirded kokku</b>		<b>1822</b>		<b>68</b>			<b>45</b>	<b>23</b>	<b>101 000</b>	<b>74</b>
ümber aknaava, jm	Joonkülmasild akna-seina liites, p3.1.5	230	0,20	4	Aknapaled soojustatakse	0,10	2	2	4 000	38
Välisüksed	Ühekordsed puitüksed, amortiseerunud, p3.1.4	8	2,50	1	uued soojustusega üksed	1,10	1	1	2 000	41
Pööningu vahelagi	Amortiseerunud eterniitkatus, p.3.1.1	364	0,40	11	Lisasoojustus 400 mm, uus katusekate	0,10	3	8	38 000	77
Välisseinad	Põletatud tellistest müürid 60-80 cm, p.3.1.2	716	0,60	33	Soojustuskrohv 60 mm	0,39	22	12	54 000	78
1.k põranda-seina liide, jm	Joonkülmasild alumise korruse põranda-seina liites, p3.1.3	76	0,30	2	Soojustatakse sokli-põranda liide	0,20	1	1	3 000	87
Saali aknad	Aknaavad kaetud mürasummutuspaneelidega, p.3.1.5	45	0,30	1	Tarindit ei renoveerita	0,30	1			
Aknad	Pakettklaasidega aknad, 2 puitraamiga, p.3.1.5	57	1,60	7	Tarindit ei renoveerita	1,60	7			
I korruse põrand	Jahtumine läbi pinnasel põranda, p.3.1.3	326	0,34	9	Tarindit ei renoveerita	0,34	9			

Märkus: Investeeringute loetelu on üksnes informatiivne ja üksiku investeeringu teostamisel ilma täiendavate meetmete rakendamiseta ei pruugi loodetud säästu saavutada. Investeeringute kavandamisel tuleks lähtuda koosmõjulistest säästupakettidest.

Hoone piirdetarindite soojuskadude hindamisel ja parendusettepanekute koostamisel on lähtutud hoone termograafilise ülevaatus tulemustest ja TTÜ Ehitusteaduskonna poolt läbiviidud mahuka uuringu „Eesti eluasemefondi telliskorterelamute ehitustehniline seisukord ning prognoositav eluiga“ [6] järeldustest ja soovitustest.

Välispiirete soojuskadude vähendamisel ja tehnosüsteemide rekonstrueerimisel on üldjuhul lähtutud määrustest „Energiatõhususe miinimumnõuded“ (Majandus- ja taristuministri määrus nr 55, vastu võetud 03.06.2015, edaspidi MTMm 55), mille kohaselt peab:

- fassaadi kaalutud keskmine soojuslähivus, arvestades külmasildasid, olema  $U \leq 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ,
- katuse soojuslähivuse taotlustase olema  $U \leq 0,12 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ,
- uute avatäidete kompleksne soojusjuhtivus paigaldatuna olema  $U \leq 1,10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  ning paigaldama need soovituslikult soojustuse tasapinda,

### 3.1.1 Katus ja ülemise korruse lagi

Hoonel on laineliste eterniitplaatidega kaetud viilkatus. Katusekate on amortiseerunud ja vajab vahetamist. Soojutus pööningu põrandal on ehitusaegne. Saali laele on paigaldatud vatiiniga täidetud kotid, et tõsta lae helipidavust. Heliisolatsioon toimib ka soojusisolatsioonina. Pööningu vahelae hinnanguline soojuslähivus on  $U \sim 0,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , mis on suurem kui MTMm 55 soovitab ja ülemise korruse laed vajavad täiendavat soojustamist. Soojustuse uuendamist on otstarbekas teha koos katusekatte vahetamisega. Saalis toimuvad aeg-ajalt rahvarohked ja valju muusikaga üritused, mida on kuulda ka väljaspool maja. Kuna naabruses on elumajad, siis on oluline koos soojustamisega võimalikult palju vähendada saali lae lähikostvust. Saali laele paigaldatavad täiendavad materjalikihid peavad täitma nii soojus- kui ka heliisolatsiooni ülesannet ja tehniline lahendus tuleb anda rekonstrueerimisprojekti. Kui pööningu vahelae soojuslähivus langeb väärtusele  $U=0,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , on energiasääst 8 MWh/a. Soojustuse kinnitallamise vältimiseks on vajalik ehitada käiguteed.

### 3.1.2 Välisseinad

Hoone massiivsed välisseinad on laotud põletatud savitellistest ja seinte paksus on 60-80cm. Seinad on seest ja väljast krohvitud. Välisviimistlus on amortiseerunud ja vajab värskendamist. Hoone asub Tartu vanalinna muinsuskaitse alal ja hoone välisilme muutmist ei lubata. Sellegipoolest on võimalik hoone välimise korrastamise käigus tõsta ka seinte soojapidavust kasutades soojustuskrohvi (materjali erisoojusjuhtivus  $\lambda \leq 0,066 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ). Olemasoleva krohvikihiga asendamine või täiendamine 60 mm paksuse soojustuskrohvi kihiga vähendab välisseinte soojuslähivust 30% võrra ja prognoositav energiasääst on 12 MWh.

### 3.1.3 Alumise korruse põrand ja sokkel

Hoone alumise korruse põrand on pinnase peal või õhuvahega pinnasse kohal, täpsemad andmed puuduvad. Vana osa lõunapoolses küljes on maapind kõrgemal kui põranda tasapind ja seal on sokkel niiskusekahjustustega. Soojuskaod läbi köetavate ruumide põranda, vundamendi ja sokli võetakse arvesse põranda efektiivse soojuslähivuse kaudu, mis on arvatud vastavalt standardile EVS EN ISO 13370:2008 ja mille väärtuseks antud hoone puhul on  $U=0,34 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Põranda soojuslähivuse vähendamine on väga tömahukas ja ei ole majanduslikult otstarbekas, kui alumise korruse põrand tehniliselt uuendamist ei vaja. Küll aga on probleemiks põranda-sokli liitekoht kus on niiskusekahjustusi. Niiskuse tungimist konstruktsioonidesse saab peatada soklile hüdroisolatsiooni tegemise ja sokli soojustamise teel. Oluline on planeerida maapind kaldega hoonest eemale, et sadeveed vundamendi alla ei valguks.



NB! Antud kalkulatsioonid lähtuvad üksnes sokliosa soojuslikust režiimist.

Kuivõrd hoone vundament ja sokkel on pinnaseniiskuse seisukohalt kriitilises piirkonnas asuv konstruktsioon, on mõttekas sokliosa soojustamine kindlasti läbi analüüsida koos kompetentse projekteerijaga, et vältida soojustamisest tuleneda võivaid, niiskusrežiimi muutumisest tingitud probleeme.

### 3.1.4 Välisüksed

Hoones on 2 sissepääsu, üks otse kohvikusse ja teine maja keskelt trepikotta. Sissepääsudel on puituksed. Kohviku sissepääsul on tuulekoda ja teisel sissepääsul on topeltuste paigaldamise võimalus. Tegelikult neid ei kasutata ja uste kaudu tuleb külma sisse nagu näitas termograafiline ülevaatus. Soojuskadude vähendamiseks on soovitatav paigaldada soojustusega välisüksed, teha tuulekojad korda või ehitada väljapoole avaramad tuulekojad mis ka toimiksid. Oluline on jälgida tihendite ja ukseulgurite korrasolekut, et soojuskaod ei suureneks tänu uste ülemäärasele lahtiolekule.

### 3.1.5 Aknad

Antud hoones on 2 tüüpi aknaid. Paigaldatud on antud miljöösse sobivad puitraamidega aknad, millel on kaks lahusraami. Välimises raamis on üks klaas, sisemises raamis on 2 klaasiga klaaspakett. Aknad on korras. Saali akende ette on paigaldatud heliisolatsiooni matid, mis parandavad ka akende soojapidavust. Probleemiks on aknaümbruste tihendamine, kus on külmasillad ja külmalekked (vt Termograafiline ülevaatus Magasini 5). Aknapaled on väljastpoolt soovitatav tihendada ja täiendavalt soojustada.

## 3.2 Hoone tehnosüsteemid

Tabel 10

Osa nimetus	Kirjeldus	Hinnang olukorrale ja parendusettepanekud
Hoone soojusvarustus		
Küttesüsteemi tüüp	Kahetorusüsteem	
Katlamaja	Kaugküte	Välitemperatuuri anduriga automaatika juhib kütmist
Soojussõlm paigaldatud		
Soojussõlme automaatika	Danfoss EVR	
Küttesüsteemi soojusvaheti	Alfa Laval	
Küttesüsteemi pumbad	Grundfoss UPS 32-60	Küttesüsteem, 480 W
Küttesüsteemi paisupaak	Töökorras	
Soojuse arvesti	Kamstrup Mltical	
Sooja tarbevee valmistamine	Elektriboilerid	
Sooja tarbevee ringluspump	Puudub	
Torude isolatsioon		
Kaugküttetorustik	Ehitusaegne	
Magistraaltorud	Fooliumkattega torukoorikud	Korras
Küttepüstikute torud		
Soojavee torustik		

Küttesüsteem		
Küttekehad	Valdavalt malmradiaatorid	Puuduvad termostaatventiilid
Tasakaalustusventiilid	Puuduvad	

Hoone keskküttesüsteem on ühendatud kaugküttevõrguga ja energiakandjaks on soe vesi.

Küttevõimsuse reguleerimine toimub läbi automaatse soojussõlme, kus välistemperatuuri anduriga automaatika reguleerib radiaatoritesse mineva kütteevee temperatuuri. Küttesüsteemi ehitusaja kohta andmed puuduvad. Malmist ribiradiaatorid on ühendatud küttesüsteemi ilma ventiilideta ja puudub võimalus lokaalselt reguleerida ruumide temperatuuri. Nagu näitas sisekliima uuring, on hoone erinevad osad väga erineva kasutuskoormusega ja sellest tuleneva vabasoojuse eraldumisega. Selleks, et hoone kütmine toimuks vastavalt vajadusele on vaja ehitada ruumipõhist reguleerimist võimaldav küttesüsteem (termostaatidega radiaatorid), st küttesüsteem tervikuna vajab rekonstrueerimist. Kütte reguleerimise vajaduse seisukohalt võib hoone jagada kaheks tsooniks: esimene korrus ja teine korrus.

Saali kasutamist iseloomustab vabasoojuse intensiivne eraldumine ja sellel ajal on vaja radiaatorküte välja lülitada, et vältida ruumitemperatuuri ülemäärast tõusu. Saali küttesüsteem (teine korrus) peaks olema omaette tsoon, millel on ruumitemperatuuri anduriga ja ajaprogrammiga küttevõimsuse reguleerimine. Kohviku ja administratsiooni poole peal piisab termostaatventiilidega varustatud radiaatoritest, millega saab reguleerida iga ruumi temperatuuri vastavalt vajadusele. Vabasoojuse otstarbekas ärakasutamine võimaldab alanda küttekulusid ja loob mugavad olmetingimused.

### 3.3 Vee- ja kanalisatsioonisüsteemid

Külm tarbevesi saadakse asulavõrgust. Tarnija on Tartu Veevärk AS. Soe tarbevesi valmistatakse elektriboileritega ja sooja vee koguseid ei mõõdeta.

Olmekanalisatsioon juhitakse asulavõrku. Hoonesisene torustik on töökorras.

### 3.4 Ventilatsioonisüsteem

Ventilatsiooni esmatähtsaks ülesandeks on saasteainete eemaldamine ruumist, et hoida õhu kvaliteeti või puhtust soovitud tasemel, mille kaudu tagatakse tervislik elukeskkond. Avalikes hoonetes on nende kasutusajal normatiivne värske õhu sissepuhe  $2 \text{ l}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$  köetava pinna kohta ja kasutusvälisel ajal  $0,15 \text{ l}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$ . Arvestades antud hoone kasutuskoormust peab kütteperioodi keskmine õhuvahetuse kordsus olema  $1,2 \text{ 1/h}$ , st õhk vahetub kiiremini kui üks kord tunni jooksul [7]. Hoone energiabilansist tulenev õhuvahetuse kordarv  $0,39 \text{ 1/h}$  näitab, et hoone keskmine ventilatsioonitase on alla normi.

Saalis on mehaaniline sissepuhe ja väljatõmme, mida ka kasutatakse. Probleemiks on kõrge müratase, mis häirib etenduste jälgimist ja eelsoojenduseta külma õhu sissepuhe, mis tekitab ebamugavustunnet. Nagu näitas sisekliima uuring, kasutatakse ventilatsioonisüsteemi väga lühiajaliselt ja sellest ei piisa rahuldava sisekliima loomiseks. Kohviku osas puudub sundventilatsioon.

Nõuetekohase ventilatsiooni tagamiseks keskmisel tasemel peab õhuvahetuse kordsus olema  $1,2 \text{ 1/h}$  ja sissepuhutava värske õhu soojendamiseks vajatakse  $67 \text{ MWh/a}$ , mida on  $45 \text{ MWh/a}$  võrra rohkem, kui praegusel ajal ventilatsioonile kulub. Koos ventilatsiooni intensiivistamisega kasvab ka maja soojusenergia tarbimine

Nõuetekohase ja tervisliku ja sisekliima tagab kontrollitav ja juhitav ventilatsioonisüsteem, milles õhu liikumist suunavad sissepuhke või väljatõmbe ventilaatorid vastavalt ruumi kasutuskoormusele

(inimeste kohalolek). Kui inimesed ruumides ei viibi, võib õhuvahetuse taset oluliselt vähendada ja selle kaudu energiat kokku hoida.

..

Energia kokkuhoiu saavutamiseks, ilma õhuvahetuse intensiivsust vähendamata, on vaja soojast väljatõmbeõhust energia üle kanda sissepuhkeõhule, et seda soojendada. Soojustagastusega ventilatsioonisüsteemid sisaldavad klassikaliselt nii sissepuhke kui ka väljatõmbetrakti ja energiatagastusega ventilatsioonigraate. Vastavalt ruumide kasutusotstarbele on soovitatav ventilatsioonisüsteem välja ehitada vähemalt kaheosalisena:

1. Saali jaoks vajaduspõhine soojustagastusega ventilatsioon, mille juhtelemendiks on saaliõhu CO<sub>2</sub> andur. Süsteemi automaatika juhib õhuvahetuse intensiivsust vastavalt ruumi hõivatusale ja seal toimuva tegevuse intensiivsusele. Sellega tagatakse mugav sisekliima minimaalse energiakuluga. Saali ventilatsioonilahendus peab mürataseme poolest vastama teatrisaalile esitatavatele nõuetel.
2. Kohviku, selle abiruumide, kogukonnaraadio, sohvasaali ja administratsiooni ruumide soojustagastusega ventilatsioon, mida juhitakse ajaprogrammi alusel vastavalt maja lahtioleku ajale.

Võrreldes välisõhu otsese sissepuhke teel tagatud normikohase õhuvahetusega, võimaldavad energiatagastusega agregaadid (soojustagastus 80%) sama õhukoguse juures kokku hoida 54 MWh/a. Investeeringu eesmärk on olmetingimuste parandamine ja energiasääst.

### 3.5 Kütte- ja ventilatsioonisüsteemide säästumeetmed ja nende majanduslik tasuvus

Tabel 11

Osa	Parendusmeede	Meetme maksumus	Energia-sääst	Säästu väärtus	Liht-tasuvus-aeg	Meetme eluiga
		EUR	MWh/a	EUR/a	Aasta	Aasta
Tehnilised komplekslahendused						
Küttesüsteem	Uus küttesüsteem, termostaatidega radiaatorid	19 000	14	844	23	30
Sundventilatsioon soojustagastusega	Saali ja hoone muu osa eraldi lahendusega.	37 000	54	3154	12	20

Välispiirete soojustamise järgselt on küttesüsteem vaja ümber häälestada vastavalt eluruumide muutunud soojusvajadusele. Küttesüsteemi õige seadistamine on soojustustööde tulemusena energiasäästu saavutamise eelduseks.

### 3.6 Elektriseadmed

Hoone on ühendatud Eesti Energia AS elektrivõrguga. Elektritarbimine on seotud kohviku köögiseadmete tarbimisega, ruumide valgustusega, majaümbruse välisvalgustusega, kontoritehnika tarbimisega ja saalis kasutatavate helitehnika ning lavavalgustuse tarbimisega. Elektritarbimist mõõdetakse liitumispunktis ja tarbimisliikide kohta informatsioon puudub. Seetõttu ei ole võimalik elektritarbimist põhjalikumalt analüüsida.

### 3.7 Hoone vabasoojus ja tasakaalutemperatuurid

Normaalse elutegevuse käigus tekib ja kasutatakse energia, mille allikaks on inimesed, kontoritehnika ja muud seadmed, elektrivalgustus ja päikesekiirgus. Seda lisaenergiat nimetatakse vabasoojuseks ja selle energia kasutamine on sõltumatu välistemperatuurist. Hoone energiakaod tasakaalutemperatuurist kuni ruumi siseõhu temperatuurini kaetakse vabasoojusega ja välist küttenegiat vajatakse alles siis, kui välisõhu keskmine temperatuur on langenud alla hoone tasakaalutemperatuuri. Vabaenergia katab hoone energiavajadusest seda suurema osa, mida parem on hoone välispiirete soojapidavus. Tasakaalutemperatuur langeb peale hoone renoveerimist, mille kaudu tekib täiendav energiasääst.

Vastavalt „Korterelamute energiaauditite koostamise juhend” [1] toodud arvutusmetoodikale on antud hoone vabasoojuskoormus järgmine:

**Tabel 12**

Vabasoojuse komponendid		Vabasoojuskoormus	Kütteperioodi vabasoojus kōetava pinna kohta
Inimesed		kW	kWh/ m <sup>2</sup>
Inimeste keskmine arv	80	2,4	26,2
Olmeline elektri- ja gaasitarbimine			
Tarbitud energia, MWh/a	45	3,8	41,7
Päikesekiirgus läbi akende			
Põhi	24	0,3	3,8
Lõuna	26	0,8	9,3
Ida	7	0,1	1,6
Lääs		0,0	0,0
Kokku		7,6	82,6

Kogu hoones genereeritud vabasoojuse kasutamise tase sõltub küttesüsteemi automatiseerituse astmest. Kuna vabasoojus ei eraldu ajaliselt ja ruumiliselt ühtlaselt, peab küttesüsteem vabasoojuse efektiivseks ära kasutamiseks reageerima koheselt vabasoojuse eraldumisele ja samapalju antud ruumiosas vähendama majja antavat soojusenergiat.

Väljas asuva temperatuurianduriga automaatse soojussõlme, kuid ilma radiaatorite termostaatventiilideta küttesüsteemi korral on vabasoojuse kasutustegur 0,55. Kui radiaatoritele paigaldatakse automaatsed termostaatventiilid, kasutatakse vabasoojust paremini ära ja vabasoojuse kasutustegur on 0,70.

Ruumide siseõhu temperatuuritõus vabasoojuse arvelt sõltub soojuskadudest läbi välispiirete ja soojuskaost ventilatsiooni kaudu. Rekonstrueerimispakettide koostamisel on välispiirete osalise soojustamise korral silmas peetud soojuskadude ühtlustamise vajadust. Kütte- ja ventilatsioonisüsteemi rekonstrueerimine toimub kooskõllaliselt välispiirete soojustamisega, et tagada tervislik sisekliima ja kütte optimaalse reguleerimise võimalus.

Vastavalt renoveerimispaketis planeeritud töödele muutub vabasoojuse mõju hoone sisetemperatuurile ja vabasoojuse kasutusaste ning summaarsed soojuskaod määravad välistemperatuuri (tasakaalutemperatuur), millest madalamal on vaja hoone kütmiseks kasutada

täiendavat soojusenergiat. Tasakaalutemperatuuride arvutus praeguse olukorra ja säästumeetmete pakettide jaoks on toodud Tabelis 13.

Tabel 13

Kasutatava vabasoojuse ja tasakaalutemperatuuri arvutus	Ühik	Praegune olukord	Säästumeetmete paketid		
			I	II	III
Keskmine vabasoojuskoormus, $\Phi_{VS}$	kW	8,9	8,9	8,9	8,9
Vabasoojuse kasutustegur, $\eta$		0,55	0,7	0,7	0,7
Utiliseeritav vabasoojuskoormus, $\Phi_{UT}=\eta*\Phi_{VS}$	kW	4,9	6,2	6,2	6,2
Erisoojuskaod läbi välispiirete, $H_{vp}=\sum U_i*A_i/1000$	kW/K	0,88	0,75	0,73	0,60
Õhuvahetuskordaja, $n$	1/h	0,39	1,20	1,20	1,20
Erisoojuskaod õhuvahetusele, $H_{vent}=L*c*\rho$	kW/K	0,28	0,87	0,17	0,17
Erisoojuskaod kokku, $H=H_{vp}+H_{vent}$	kW/K	1,16	1,62	0,90	0,77
Temperatuuritõus vabasoojuse arvelt, $\Delta t_{vs}=\Phi_{UT}/H$	°C	4,2	3,9	6,9	8,1
Arvutuslik tasakaalutemperatuur, $t_B=21-\Delta t_{vs}$	°C	16,8	17,1	14,1	12,9
Energiaarvutuste korrigeeritud tasakaalutemperatuur	°C	14	16	14	13

Hoone arvutuslikuks tasakaalutemperatuuriks praeguses olukorras on arvutuslikult 16,8 °C eeldusel, et maja kogu köetava mahu keskmine temperatuur on 21°C. Tarbimisandmete alusel määratud tasakaalutemperatuuri väärtuseks on 14°C (Joonis 4). Hoone energiabilanss on koostatud tasakaalutemperatuuril 14°C. Säästumeetmete energiaarvutus on tehtud samal tasakaalutemperatuuri, eeldusel et hoone kasutusviis ei muutu.

#### 4. Kokkuvõtte säästumeetmetest

Hoone välispiirete olukorrast ja sellest tulenevate säästuvõimaluste ning tehnosüsteemide parendusvõimalustest ja vajadusest lähtuvalt on hoone kohta koostatud kolm säästumeetmete paketti.

Pakettide koostamisel on lähtutud põhimõttest, et pakettis sisalduvad meetmed peavad toetama omavahel energiasäästu saavutamist ning tagama kogu majas ühtlase ja nõuetekohase sisekliima. Energiasäästu suhtarvud (säästuprotsent) ja soojusenergia eritarbimine on arvatud kütteks ja ventilatsiooniks vajaliku energia muutumise alusel. Energiatõhususarvu (ETA) prognoos (arvutuslik energiamärgis hoone kasutamisel standardtingimustel) on tehtud vastavalt määrusele MKMm nr 58, mille kohaselt sooja tarbevee valmistamise energia erikulu avalikes hoonetes on 20 kWh/(m<sup>2</sup>·a) ja elektritarbimine on 35 kWh/(m<sup>2</sup>·a) köetava pinna ruutmeetri kohta. Soojussõlme pumpade elektri eritarbimine on arvestatud 0,5 kWh/(m<sup>2</sup>·a) ja ventilatsioonisüsteemi väljatõmbesissepuhke ventilaatorite (kui on kasutusel) erivõimsus 1,8 W/(l/s). Ventilatsiooni õhuvahetuse kordsus on vähemalt 1,2 1/h.

#### 4.1 Säätumeteetmete paketid

##### Säätumeteetmete pakett I

Hoone katusekate on amortiseerunud ja vajab vahetamist. Katuse vahetamise käigus soojustatakse ka pööningu vahelagi. Ventilatsioonisüsteem vajab korrastamist. Normatiivse õhuvahetuse tagamiseks ehitatakse välja sundventilatsioon. Sissepääsude ukсед lasevad külma läbi. Paigaldatakse soojustusega välisüksed ja ehitatakse või korrastatakse tuulekojad.

**Tabel 14**

$t_B = 14 \text{ °C}$	Säätumeteetmete pakett I	Tööde hind	Energia sääst	Säästu väärtus	Lihttasu- vusaeg	Meetme eluga
Hoone osa	Parendusmeetmed	EUR	MWh/a	EUR/a	aasta	aasta
Ventilatsiooni õhuvahetuse kordsus 1,2 1/h	Sundväljatõmme ja sissepuhe	5 000				30
Pööningu vahelagi	Lisasojustus 400 mm, uus katusekate	40 000				30
Välisüksed	Soojustusega ukсед, taastada tuulekojad	3 000				30
<b>Kokku</b>		<b>48 000</b>	<b>-37</b>	<b>-2 168</b>		

Kütteks ja ventilatsiooniks vajalik energia kasvab 37 MWh/a võrra, ehk 41%

Soojusenergia eritarbimine köetavala pinnale – 236 kWh/(m<sup>2</sup>·a)

Energiatõhususarv (ETA) – 320 kWh/(m<sup>2</sup>·a), energiamärgise klass - F

Säästumeetmete pakett II

Paigaldatakse uus katusekate, soojustatakse pööningu vahelagi ja sokkel. Hoone välisviimistlus vajab värskendamist. Mugava sisekliima loomiseks ja energiasäästu eesmärgil ehitatakse välja soojustagastusega ventilatsioon. Paigaldatakse soojustusega välisüksed ja ehitatakse või korrastatakse tuulekojad. Uuendatakse küttesüsteem, paigaldatakse termostaatidega radiaatorid.

**Tabel 15**

$t_B = 14 \text{ } ^\circ\text{C}$	Säästumeetmete pakett II	Tööde hind	Energia sääst	Säästu väärtaus	Lihttasu- vusaeg	Meetme eluiga
Hoone osa	Parendusmeetmed	EUR	MWh/a	EUR/a	aasta	aasta
Ventilatsiooni õhuvahetuse kordsus 1,2 1/h	Soojustagastusega ventilatsioon	37 000				30
Välisseinad	Krohviparandused, välisviimistlus	25 000				30
Pööningu vahelagi	Uus katusekate, lissoojustus 400 mm	40 000				30
Välisüksed	Soojustusega uksed, tuulekoda	3 000				30
1.k põranda-seina liide, jm	Soojustatakse sokkel	4 000				30
Küttesüsteem	Uus küttesüsteem, termostaatidega radiaatorid	19 000				30
<b>Kokku</b>		<b>128 000</b>	<b>21</b>	<b>2 092</b>	<b>61</b>	

Kütteks ja ventilatsiooniks vajaliku energia sääst - 29%

Soojusenergia eritarbimine köetavala pinnale – 128 kWh/(m<sup>2</sup>·a)

Energiaõhususarv (ETA) – 268 kWh/(m<sup>2</sup>·a), energiamärgise klass - E

Säästumeetmete pakett III

Kütte- ja ventilatsioonisüsteemi rekonstrueerimine ning välispiirete soojustamine toimub vastavalt pakatile II. Hoone välisviimistluse uuendamisel kasutatakse soojuskrohvi, mis vähendab välisseinte soojusläbivust ja aitab energiat kokku hoida.

**Tabel 16**

$t_B = 13 \text{ }^\circ\text{C}$	Säästumeetmete pakett III	Töö hind	Energia sääst	Säästu väärtus	Lihttasu- vusaeg	Meetme eluiga
Hoone osa	Parendusmeetmed	EUR	MWh/a	EUR/a	aasta	aasta
Ventilatsiooni õhuvahetuse kordsus 1,2 1/h	Soojustagastusega ventilatsioon, efektiivsus 80%	37 000				30
Välisseinad	Soojustuskrohv 50 mm	54 000				30
Pööningu vahelagi	Uus katusekate, lisasoojustus 400 mm	38 000				30
Välisuksed	Soojustatud uksed, taastada tuulekojad	3 000				30
1.k põranda-seina liide, jm	Soojustatakse sokkel	4 000				30
Külmasild ümber aknaava, jm	Aknaapaled soojustatakse koos seinte soojustamisega	4 000				30
Küttesüsteem	Uus küttesüsteem, termostaatidega radiaatorid	19 000				30
<b>Kokku</b>		<b>159 000</b>	<b>35</b>	<b>2 042</b>	<b>78</b>	

Kütteks ja ventilatsiooniks vajaliku energia sääst - 38%

Soojusenergia eritarbimine köetavala pinnale – 102 kWh/(m<sup>2</sup>·a)

Energiaõhususarv (ETA) – 245 kWh/(m<sup>2</sup>·a), energiamärgise klass - D

NB! Auditis toodud investeeringute maht on hinnanguline. Seepärast tuleb tervikliku rekonstrueerimisprojekti alusel võtta tööde hinnapakkumised ehitajatelt ning laenupakkumine pangalt, siis saab teha reaalse tasuvusarvutuse enne lõpliku otsuse langetamist.

**4.2 Kokkuvõte**

Käesolevas töös on analüüsitud Tartu linnas Magasini tn 5 asuva hoone tänast energiakasutust ning uuritud võimalusi kokkuhoiuks.

Töö tulemusena selgus, et hoone tänast keskmise aasta soojusenergiakasutust 90 MWh on võimalik energeetilise saneerimise teel alandada maksimumprogrammi raames kuni väärtuseni 55 MWh/a. Sellise kokkuhoiu saavutamiseks on vajalik koguinvesteering suurusjärgus 149 tuhat eurot.



## 5. Kasutatud allikad

1. Energiaauditite miinimumnõuded – KredEx (<http://www.kredex.ee/11314>)
2. EVS 837-1:2003 Piirdetarindid. Osa 1: Üldnõuded
3. EVS-EN ISO 6946:2004 Hoonete komponendid ja hoonekonstruktsioonid. Arvutusmeetod
4. Eesti Kraadpäevad - Kredex (<http://www.kredex.ee/esk/?id=1411>)
5. Eesti eluasemefondi telliskorterelamute ehitustehniline seisukord ning prognoositav eluiga. Uuringu lõppraport. TTÜ Ehitusteaduskond. Tallinn, 2010 (<http://www.kredex.ee/eskuuringud>)
6. Enno Abel, Hendrik Voll, Teet Tark. Hoonete energiatarve ja sisekliima. Presshouse. Tallinn, 2014.
7. Hoone energiatõhususe miinimumnõuded. Majandus- ja taristuministri määrus nr 55, vv 03.06.2015.
8. Hoone energiatõhususe arvutamise meetodika. Majandus- ja taristuministri määrus nr 58, vv 05.06.2015.

## 6. Kasutatud mõõteseadmed

Tabel L 1

Mõõtesead	Tüüp	Täpsus	Töövahemik
Termokaamera	FLIR B60	Temp $\pm 1^{\circ}\text{C}$ eraldusvõime 0,1 $^{\circ}\text{C}$	-20 - +120 $^{\circ}\text{C}$

Termokaamera abil viidi läbi hoone välispiirete ja küttesüsteemi termograafiline ülevaatus.

## 7. Lisad

### 7.1. Soojusenergia tarbimisandmed

Tabel L 2

MWh	2014	2015	2016	2017
Jaanuar	16,4	12,7	17,9	12,5
Veebruar	13,2	10,4	8,6	12,4
Märts	9,2	8,6	10,4	9,3
Aprill	4,9	5,1	5,4	8,9
Mai	1,7	0,2	0,1	3,1
Juuni				
Juuli				
August				
September				
Oktoober	7,9	4,9	1,4	8,2
November	7,4	7,0	9,3	10,6
Detsember	13,2	7,9	10,8	15,0
<b>Kokku</b>	<b>73,8</b>	<b>56,8</b>	<b>63,7</b>	<b>80,0</b>

## 7.2. Tarbevee tarbimisandmed

Tabel L 3

m <sup>3</sup>	Külm tarbevesi		
	2015	2016	2017
Jaanuar	70	95	15
Veebruar	75	100	100
Märts	80	100	102
Aprill	80	100	102
Mai	-55	100	102
Juuni	80	100	102
Juuli	71	332	102
August	60	136	102
September	60	136	102
Oktoober	60	136	127
November	60	102	90
Detsember	361	205	88
<b>Kokku</b>	<b>1002</b>	<b>1642</b>	<b>1134</b>

## 7.3. Elektrienergia tarbimisandmed

Tabel L 4

kWh	Elekter			
	2014	2015	2016	2017
Jaanuar	3 987	2 836	5 535	5 158
Veebruar	5 496	3 613	5 132	5 037
Märts	2 672	4 405	4 927	4 993
Aprill	4 503	1 732	4 565	5 241
Mai	3 799	3 057	4 489	5 036
Juuni	2 974	3 257	3 563	5 202
Juuli	1 974	1 549	3 476	4 600
August	4 927	5 285	3 650	2 564
September	2 115	2 396	3 650	3 131
Oktoober	2 871	6 861	4 467	5 431
November	4 739	4 457	4 915	3 186
Detsember	6 464	4 159	5 314	4 530
<b>Kokku</b>	<b>46 521</b>	<b>43 607</b>	<b>53 683</b>	<b>54 109</b>

## 7.4. Termograafilise ülevaatus aruanne ja fotod

Vormistatud eraldi aruandena