

Energiatehnoloogia instituut

**MAAGAASI KUI KÜTTEALLIKA  
KONKURENTSIVÕIMELISUS, VÕTTES ARVESSE  
TEHNILISI JA MAJANDUSLIKKE ASPEKTE  
NATURAL GAS AS A COMPETITIVE FUEL WHEN TAKING  
INTO ACCOUNT TECHNICAL AND ECONOMICAL  
ASPECTS**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Tarmo Tambur

Üliõpilaskood: 183240MASM

Juhendaja: Phd Igor Krupenski, lektor

Tallinn 2021

# 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.

"....." ..... 2021.a.

Autor: .....

/allkirjastatud digitaalselt/

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

"....." ..... 2021.a.

Juhendaja: .....

/allkirjastatud digitaalselt/

Kaitsmisele lubatud

"....." .....2021.a.

Kaitsmiskomisjoni esimees .....

/allkirjastatud digitaalselt/

## Energiatehnoloogia instituut

# LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

**Üliõpilane:** Tarmo Tambur, 183240MASM

**Õppekava:** Energiatehnoloogia ja soojusenergeetika, MASM02/18

**Juhendaja:** Lektor, Igor Krupenski, +372 58 003 989

### Lõputöö teema:

Maagaasi kui kütteallika konkurentsivõimelisus, võttes arvesse tehnilisi ja majanduslikke aspekte

Natural gas as a competitive fuel when taking into account technical and economical aspects

### Lõputöö põhieesmärgid:

1. Energiatõhususe arvutamine
2. Maagaasi kasutamise ülevaade
3. Reaalse objekti gaasitarbimise vastavus energiaarvutusele

### Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Kirjanduse läbitöötamine ja lähtematerjali kogumine	01.03
2.	Teoreetilise osa kirjutamine	13.04
3.	Töö lõplik versioon valmis	20.05

**Töö keel:** Eesti

**Lõputöö esitamise tähtaeg:** ".....".....2021.a

**Üliõpilane:** Tarmo Tambur ..... ".....".....2021.a

/allkirjastatud digitaalselt/

**Juhendaja:** Igor Krupenski ..... ".....".....2021.a

/allkirjastatud digitaalselt/

**Programmijuht:** Eduard Latõšov ..... ".....".....2021.a

/allkirjastatud digitaalselt/

# SISUKORD

EESSÕNA .....	2
SISSEJUHATUS .....	3
1 ÜLEVAADE MAAGAASI TARBIMISEST JA ENERGIATÕHUSUSE NÕUETEST EESTIS	5
1.1 Maagaasi tarbimine ja seda mõjutavad tegurid .....	5
1.1.1 Maagaasi tarbimise graafiline ülevaade .....	5
1.1.2 GASPOOL ja keskmised hinnad .....	9
1.2 Ülevaade energiatõhususe nõuetest .....	10
1.2.1 Energiatõhususe nõuded .....	11
1.2.2 Kaalumistegurid .....	14
1.2.3 Nõuete järgijad .....	16
2 ENERGIATÕHUSUSE SIMULATSIOONARVUTUS .....	19
2.1 Üldkirjeldus.....	19
2.1.1 Tarindid .....	21
2.1.2 Soojuskaod ja infiltratsioon .....	22
2.1.3 Ventilatsioon.....	25
2.1.4 Kasutusprofiilid ja vabasoojused .....	25
2.1.5 Soojusallikate ja küttesüsteemide parameetrid .....	26
2.2 Energiaarvutus ning kütteseadmete hinnanguline maksumus .....	28
2.2.1 Energiaarvutused .....	28
2.2.2 Hinnangulised maksumused .....	31
3 OLEMASOLEVA KORTERELAMU ENERGIATÕHUSUSARVUTUSE VASTAVUS REAALSUSELE .....	33
3.1 Energiaarvutuse algandmed, arvutus ja tulemused .....	33
3.2 Võrdlusanalüüs.....	40
3.3 Gaasikatelde ja õhk-vesi soojuspumpade alginvesteeringud korterelamule.....	44
3.3.1 Võimsusel 40 kW olevate seadmete maksumus ning energiatõhusus .....	44
3.3.2 Järeldus efektiivse gaasiseadme ja soojuspumba kohta .....	48
KOKKUVÕTE .....	50
KASUTATUD KIRJANDUS .....	53
LISAD .....	55

## **EESSÕNA**

Magistritöö teema valiti juhendaja Igor Krupenski ettepanekul. Suurem osa lõputöö algandmetest ja infost oli kogutud autori enda poolt. Lisaks abistas lõputöö algandmete ja infoga magistritöö juhendaja Igor Krupenski.

Töö autor tänab lõputöö koostamisel abiks olnud inimesi.

Märksõnad: energiatõhusus, maagaas, magistritöö

## SISSEJUHATUS

Lõputöö esimeses osas on uuritud maagaasi tarbimist ning seda mõjutavaid tegureid. Antud on ülevaade maagaasi tarbimise statistikast Eestis. Samuti on antud ülevaade energiatõhususe nõuetest ja kaalumisteguritest.

Lõputöö teises osas on koostatud energiatõhususe dünaamiline arvutus kahekorruselisele eramu hoonele. Valitud sai eramu, sest selle põhjal oli paremini mõistetav kirjeldada tarindite, soojuskadusid ja infiltratsiooni. Samuti jätkub ka eramute liitumine gaasivõrguga ning seetõttu on otstarbekas saada paremat infot ka selle kohta, kas eramute liitumine gaasivõrguga on jätkuv trend.

Lõputöö kolmandas osas on koostatud olemasoleva korterelamu dünaamiline arvutusmudel ning arvutatud ja kontrollitud selle vastavust reaalsusele. Võrreldud on esmast mudelarvutust, mis oli tehtud aastal 2018, hetkel kehtivate määruste järgi tehtud mudeliga. Maagaasi konkurentsivõimelisust on võrreldud soojuspumpadega.

Praegune probleem kütusemajanduses on keskkonnaprobleemid ja kütteallikate omavaheline hinna konkurents. Omamoodi takistuse on tekitanud ka uued määrused, mis teevad teatud kütuste kasutamise keerulisemaks. Seoses kaalumistegurite kasutuselevõttuga ja kohustusliku energiatõhususarvu määramisega on mõned kütused halba konkurentsi olukorda seatud. Isegi kui maagaas on puhas ning keskkonnale vähem koormavam kui kaugküte, on siiski kaugküte arendajatele eelistatum kuna sellega on võimalik kergemini täita energiatõhususe klass A nõuet, mis on kohustuslik uutele ehitistele.

Saamaks sama hea energiatõhususe klassi kasutades kütusena maagaasi nagu kaugküttega peab lisaks maagaasi kasutamisele üldjuhul olema samas kinnistu piiris ka energiatootmise üksus, mis alandaks kinnistu imporditava ja eksporditava energiakoguse suhet.

Kaalumistegurite ja energiatõhususe määramise kasutusele võtmine tekitab meie ühiskonnale eesmärgi hoida kokku rahaliselt, vähendades imporditavat kütust ja teiselt poolt vähendada heitgaaside ja peenosakeste emissiooni. Nüüd tekib vaid küsimus, kas iga energiakandja suhtes on tehtud õiged hindamised.

Juhul, kui on võimalik tõestada maagaasi ökonoomsus ja keskkonnasõbralikkus võrreldes näiteks kaugküttega või soojuspumpadega, siis peaks olema võimalik kehtestada maagaasile madalamad kaalumistegurid. Maagaasi tarbiv klient võiks saada ise valida, kas ta soovib tarbida biometaan oma kodustes kateldes ning seeläbi

oleks tal õigus oma maja projekteerimisel nõuda ka madalamaid kaalumistegureid kui seda on kehtestatud praegusel hetkel.

Maagaasi võrkude välja ehitamine on tuleviku perspektiivi ning arengut silmas pidades mõistlik, sest tulevikus tekib võimalus täita trassid biogaasiga nagu seda tehakse osaliselt ka praegu. Potentsiaal on tulevikus täita trasse taastuenergiatest toodetud vesinikuga.

# **1 ÜLEVAADE MAAGAASI TARBIMISEST JA ENERGIATÕHUSUSE NÕUETEST EESTIS**

## **1.1 Maagaasi tarbimine ja seda mõjutavad tegurid**

Maagaas on energiaallikas, mille tarbimismaht ning ühikuhind on pidevas muutumises nagu ka teised energiaallikad. Näiteks võib tuua toornafta hinna pideva muutumise, mis on peamiselt tingitud nõudluse ja pakkumise suhtest. Kohalikest kütustest võib tuua näiteks küttepuude hinna iga-aastase muutuse. Kohalikest kütustest veel põlevkivi, mida kasutavad peamiselt energiatootjad nagu näiteks Eesti Energia AS ja Viru Keemia Grupp AS.

Siseriiklik tarbimismaht on tugevas sõltuvuses nii poliitilistest teguritest kui ka majanduslikust seisust. Suuremahulist tarbimist mõjutab see, kui palju kasutatakse maagaasi, et sellest elektrit toota.

Suured tarbijad on erinevad tööstusettevõtted, mis tarbivad gaasi, sest muud kütused ei sobi või on liiga kallid. Maagaasi kui toormaterjali kasutatakse tööstustes, et toota näiteks kemikaale, väetist või siis vesinikku. Maagaasi kasutatakse, et hoida käigus soojust tarbivaid protsesse, eriti koostootmisjaamades. [1]

Kodutarbimine on peamiselt hoonete kütmiseks, kui on külmad aastaajad, kuid ka tarbevee soojendamiseks ja toidu valmistamiseks. Ameerika Ühendriikides on kodumajapidamistes gaas kasutusel ka selleks, et kasutada seda kuivatusmasinates. Tarbimine on madalseisus suvekuudel just seetõttu, et köetavatele pindadele ei ole vaja soojusenergiat kulutada. [1]

Veel leiab maagaas kasutust kommerts- ja transpordisektoris. Kommertssektor tarbib gaasi, et kütta ehitisi ja tarbevett või käidata jahutusseadmeid. Kasutatakse maagaasi ka toiduvalmistamiseks, riiete kuivatamiseks ning välisvalgustuseks. Mõned kommertsettevõtted kasutavad gaasi ka koostootmisseadmete käigus hoidmiseks. Transpordisektori all on mõeldud nii sõidukeid kui ka maagaasi ülekandevõrkude kompressorjaamu. Kompressorjaamad kasutavad maagaasi ülekandmiseks maagaasi kütusena, et hoida käigus kompressorseadmeid. [1]

### **1.1.1 Maagaasi tarbimise graafiline ülevaade**

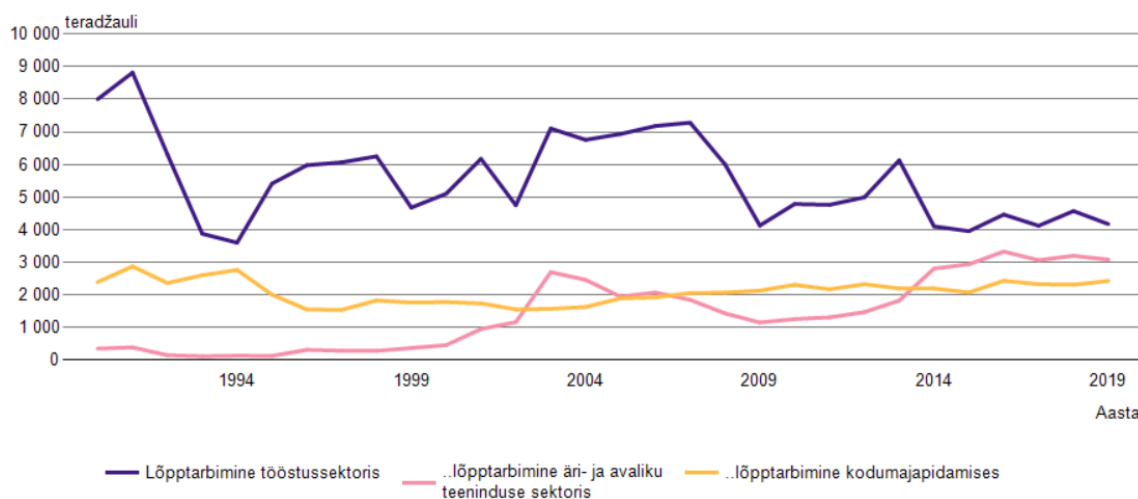
Praegusel ajal leiab aset tendents, kus maagaasi tarbimise eelistus väheneb. Peamisteks konkurentideks on peale tungiv kaugküte ning teiseks erinevat tüüpi



soojuspumbad. Maagaas ei saa meie poliitilises ja seadusandlikus keskkonnas vastu kaugküttepiirkondades soositud kaugküttele ning näiliselt ka soojuspumpadele, sest tema kaalumistegur on ebasoodne. Sinnani kuhu kaugküttepiirkonnad ei ulatu ning kus gaasitrassid on objektidel olemas või neile lähedal on maagaas konkurentsivõimeline, sest arenduskulud on suurelt jaolt tehtud ning määravaks saab ka maagaasi kasutamise mugavus.

Statistiliselt on lõpptarbimine tööstuses vähenenud. Kodutarbijate lõpptarbimine on üldiselt püsinud samas suurusjärgus, kuid suurema kasvu on teinud äri- ja avaliku teeninduse sektor nagu näha alloleval joonisel (Joonis 1). [2]

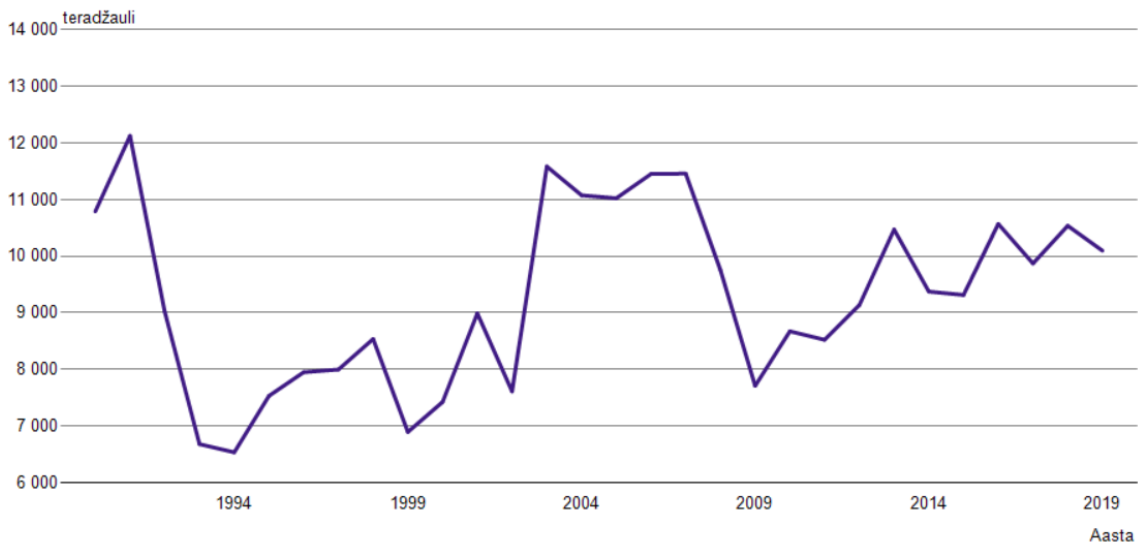
KE0240: ENERGIABILANSS TJ | Näitaja ning Aasta. Maagaas, TJ.



Joonis 1 Sektorite lõpptarbimiste graafik [2]

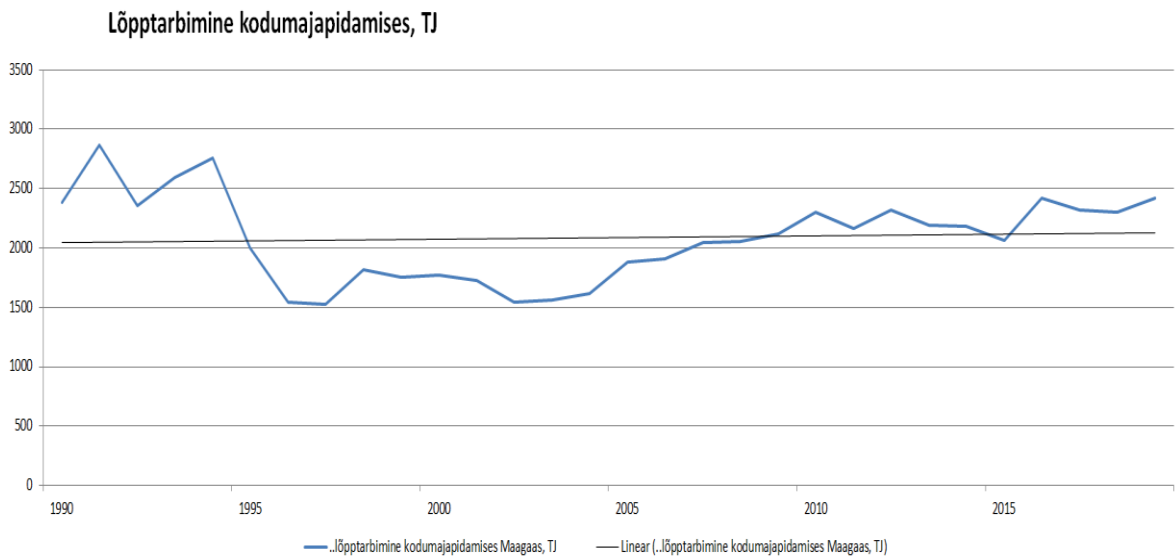
Samas on tegelik lõpptarbimine aja jooksul teinud läbi väga suuri hüppeid

Aastal 1994 toimus suur maagaasi tarbimise langus, sest NSVL-i ajal oli suur tarbimismaht tööstustarbijate ja elektritootjate taga. Sellel perioodil lõpetas suur hulk tööstustarbijaid ja elektritootjaid tegevuse mistõttu vähenes ka maagaasi tarbimine. Aastal 2004-2008 olnud suur tarbimine oli mõjutatud AS Nitroferti normaalse töö käigus tarbitud maagaasist, mis kajastub joonisel (Joonis 2). Sellel perioodil tarnis ja tarbis tehas u 210 mln m<sup>3</sup> maagaasi aastas. [3]



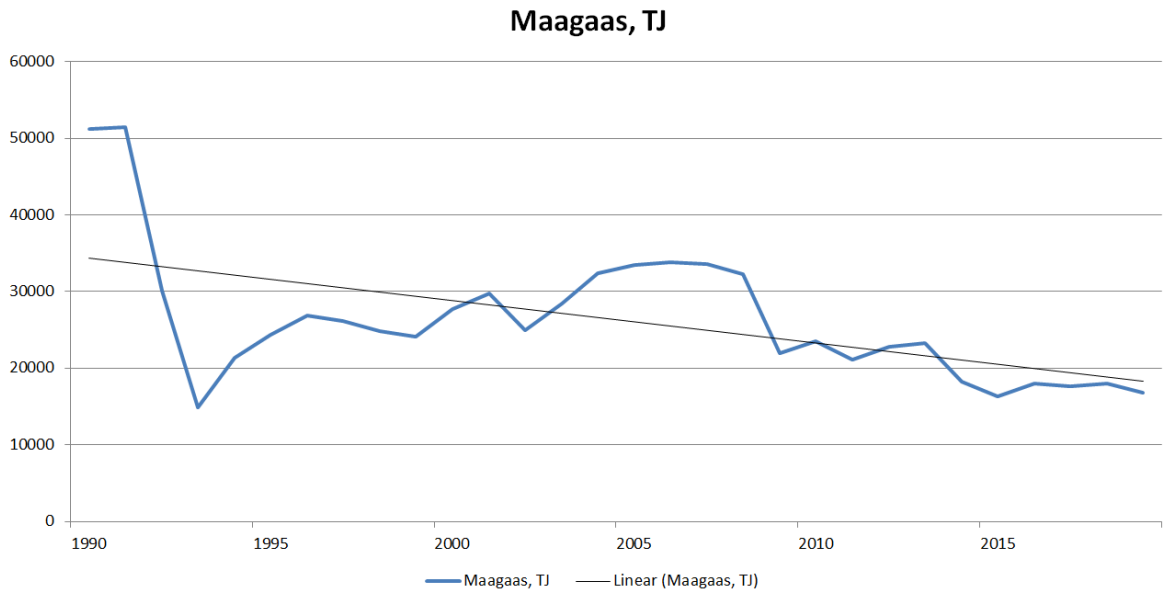
Joonis 2 Tegelik lõpptarbimise graafik [2]

Kodumajapidamiste tarbimise üldine trend on positiivne ning samas püsinud samal tasemel nagu näha joonisel (Joonis 3).

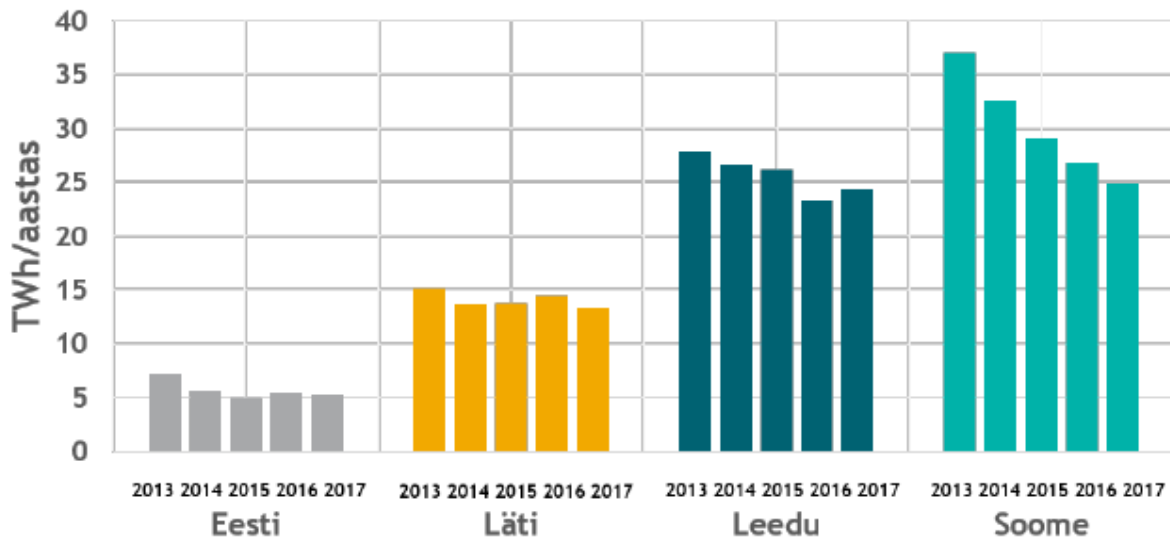


Joonis 3 Kodumajapidamiste lõpptarbimise graafik [2]

Maagaasi kogu import Eestisse on siiski langustrendis, mida on näha joonisel (Joonis 4). Ka teistes Eestile lähedal olevates riikides on märgata sarnast trendi Eestile, kus maagaasi tarbimine väheneb ning seda on näha joonisel (Joonis 5). Soomes on olnud muutus kõige kergemini märgatav. [2] [4]

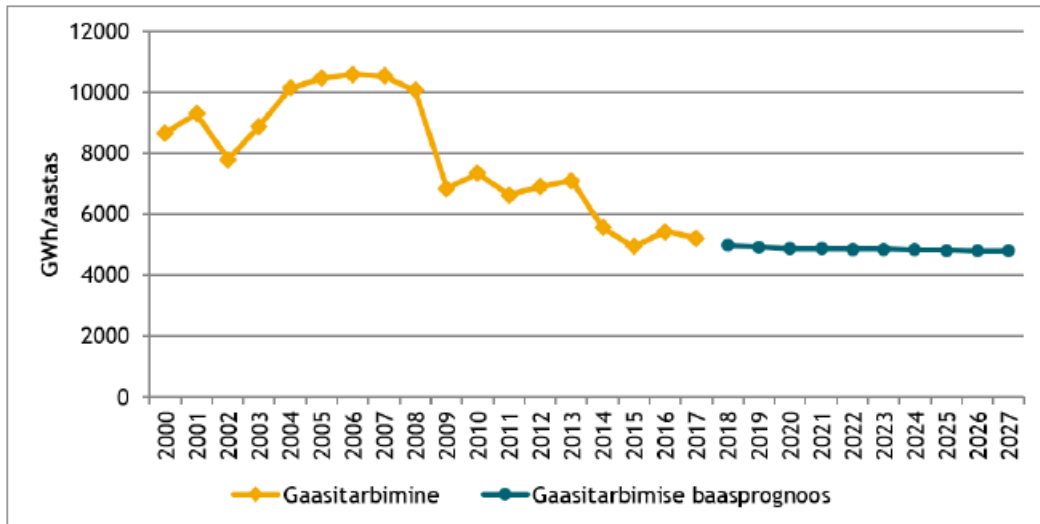


Joonis 4 Maagaasi kogu impordi graafik [2]



Joonis 5 Eesti ja naaberriikide maagaasi tarbimine [4]

Järgnevatel aastate võrgugaasi tarbimise prognoosi mõjutavad tegurid nagu näiteks: energiapoliitika, majanduskasv või -langus, hoonete energiatõhusus, uute maagaasivõrguga liitujate arv jms. Gaasitarbimise prognoos on negatiivne, kuid tarbimise kasvule peaks siiski kaasa aitama maagaasi kasutamine transpordisektoris. Gaasitarbimise prognoos aastani 2027 on toodud joonisel (Joonis 6). [4]

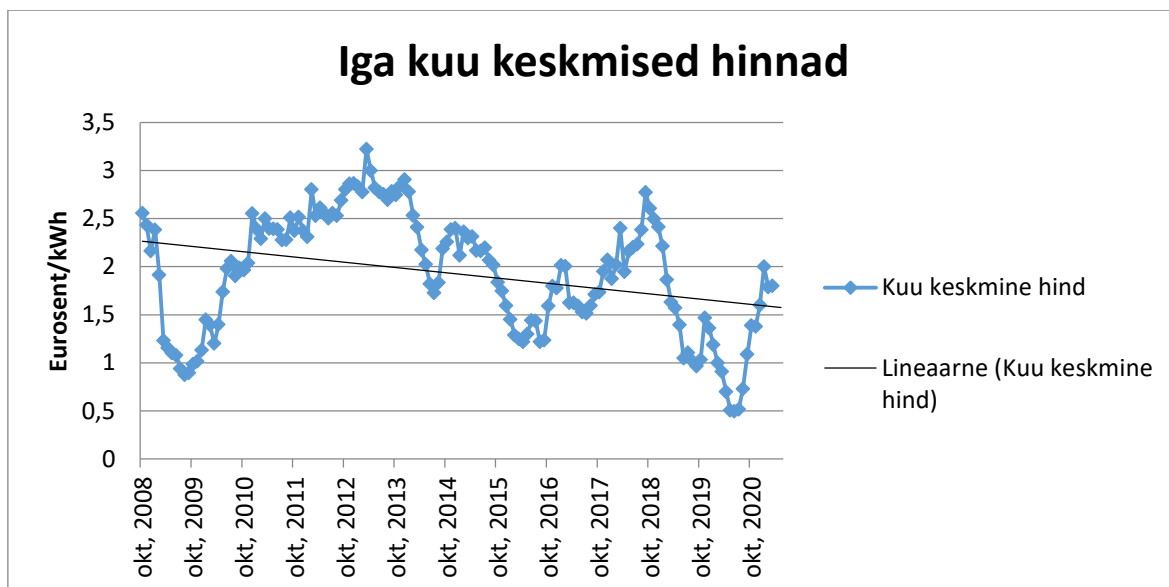


Joonis 6 Gaasitarbimise prognoos [4]

### 1.1.2 GASPOOL ja keskmised hinnad

Kuigi turul pakutakse nii fikseeritud kui ka muutuvate hindadega gaasipakette on paljud paketid seotud alternatiivsete kütuste hindadega ehk GASPOOLI-ga. Gaasi muutuv hind on avatud turul GASPOOL-i hindade alusel kujunev. GASPOOL-i hind kujuneb toornafta hinna järgi. Toornafta hind on maailmaturul dollari kursi järgi määratud, mis tähendab, et dollari kallinedes kallineb ka maagaasi hind. [4]

Tarbijatele kujuneb gaasi hind vastavalt selline, milline on neil gaasi ostu/müügi leping. Mõjuvalt määrab ka kasutatav energiakogus. Praegusel ajal on Eestis tegutsemas kaheksa gaasimüüjat. Nendeks on: OÜ Tarbegaas, Energate OÜ, Gaasienergia AS, Adven Eesti AS, Eesti Energia AS, Eesti Gaas AS, 220 Energia OÜ ning Alexela AS. [5]



Joonis 7 GASPOOL-i keskmised hinnad [6]

Joonis 7 näitab, et aastal 2009 ja 2020, kui on olnud majanduslangus või pandeemia, on toimunud suur hindade langus, sest nõudlus gaasi järgi on suurel määral vähenenud.

## 1.2 Ülevaade energiatõhususe nõuetest

Nõudeid ja määruseid, mida uute ehitiste projekteerimisel ning ehitamisel järgima peab, on mitmeid. Määrused nagu näiteks MKM-i (Majandus- ja Kommunikatsiooniministerium) „Hoone energiatõhususe miinimumnõuded<sup>1a</sup>“, „Hoone energiatõhususe arvutamise metoodika<sup>1a</sup>“ ning „Nõuded energiamärgise andmisele ja energiamärgisele<sup>1a</sup>“. Hoone energiatõhususe miinimumnõuded on nõuded, mida kohaldatakse uutele ehitistele kui ka ehitistele, mida renoveeritakse. Samuti on võimalik hoonele anda energiamärgis, et saada lihtne ülevaade hoone energiatarbimisest. Hoone energiatõhususe arvutamise metoodika annab põhjaliku kirjelduse selle kohta, kuidas arvutada hoone energiatõhusus. Kui on olemas ka vastav tarkvara, siis saab kasutada energiatõhususe arvutamise metoodikat, et leida ja täita vastavaid nõudeid.

### 1.2.1 Energiatõhususe nõuded

Igale hoonetüübile on olemas miinimumnõuded, millest suurem energiatarv ei tohi neil olla. Need piirväärtused on kehtestatud MKM-i määrusega nr.63 „Hoone energiatarv miinimumnõuded<sup>1a</sup>“. Hetkel kehtiv määrus on Eesti Vabariigis vastu võetud 11. detsember 2018.a. [7]

Üldjuhul peavad kõik uued ehitatavad hooned vastama energiatarv klassile A ehk liginullenergiahoonele. Siiski on põhjuseid, mille alusel ei ole liginullenergia klassi jõudmine kohustuslik. Alljärgnevas lõigus on toodud ehitatavate hoonete liginullenergia energiatarvud ning nende piirväärtused. [7]

Ehitatava hoone (liginullenergiahoone) energiatarv ei tohi ületada järgmisi piirväärtusi: [7]

1. Väikeelamu kütava pinnaga <120 m <sup>2</sup>	145 kWh/(m <sup>2</sup> ·a);
2. Väikeelamu kütava pinnaga 120-220 m <sup>2</sup> ja ridaelamu	120 kWh/(m <sup>2</sup> ·a);
3. Väikeelamu kütava pinnaga >220 m <sup>2</sup>	100 kWh/(m <sup>2</sup> ·a);
4. korterelamutes	105 kWh/(m <sup>2</sup> ·a);
5. kasarmu	170 kWh/(m <sup>2</sup> ·a);
6. kontorihoone	100 kWh/(m <sup>2</sup> ·a);
7. majutushoone	145 kWh/(m <sup>2</sup> ·a);
8. ärihoone	130 kWh/(m <sup>2</sup> ·a);
9. avalik hoone	135 kWh/(m <sup>2</sup> ·a);
10. kaubandushoone ja terminal	160 kWh/(m <sup>2</sup> ·a);
11. haridushoone	100 kWh/(m <sup>2</sup> ·a);
12. koolieelse lasteasutuse hoone	100 kWh/(m <sup>2</sup> ·a);
13. ravihoone	100 kWh/(m <sup>2</sup> ·a);
14. laohoone	65 kWh/(m <sup>2</sup> ·a);
15. tööstushoone	110 kWh/(m <sup>2</sup> ·a);
16. suure energiatarbega hoone	820 kWh/(m <sup>2</sup> ·a);

Majanduslikult on põhjendatud selline päikeseenergiasüsteem, mille võimsus on vähemalt 1 kW. Süsteemi terviklik või selle osa aastane tootlikkus peab olema vähemalt 70% optimaalselt suunatud aastasest tootlikkusest. Optimaalne suund on kaldenurgaga 40 kraadi lõunasse ning päikeseenergiasüsteem peab olema pidevalt varjutamata. [7]

Tehniliselt põhjendamatu päikeseenergiasüsteem on siis, kui päikeseenergiasüsteem ei asu võrgupiirkonnas. Samuti ka juhul, kui päikeseenergiasüsteemi võrku ühendamine nõuab võrguettevõtja poolt selle elektrivõrgu ümberehitamistööd või kui hoonel ei ole

piisava vajaliku võimsusega katusepinda. Katusepind, mis on vajalik päikeseenergiasüsteemi jaoks, peab olema päikesepoolse suunaga ning teiste objektide poolt varjutamata. [7]

Juhul, kui tehniliselt on võimalik ning majanduslikult põhjendatud, paigaldatakse liginullenergiahoone energiatõhususarvu saavutamiseks lokaalset taastuvenergiat tootev süsteem. See tähendab, et kui päikeseenergiasüsteemi paigaldamine ei ole majanduslikult või tehniliselt võimalik, siis võib hoone energiatõhususarv ilma lokaalse taastuvenergia tootmiseta vastata madalenergiahoone nõudele ehk B klassile. Alljärgnevas lõigus on toodud välja energiatõhususarvu piirväärtused madalenergiahoonetele, kui ei ole võimalik kasutada päikeseenergiasüsteeme. [7]

Ehitatava hoone (madalenergiahoone) energiatõhususarv ei tohi ületada järgmisi piirväärtusi: [7]

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

Hoone energiatõhususe nõudeid peavad järgima enamus hoonetest. Näiteks väikeelamud, korterelamud, kontorid, majutushooned, ärihooned jne. Liginullenergia nõue ei kohaldu väikeelamutele köetava pinnaga kuni 220 m<sup>2</sup>, kuid saavutada tuleb siiski madalenergia tase ehk energiatõhususe klass B. Arvestama peab sellega, et klass B tuleb saavutada ilma lokaalsete energiatootmiseseadmeteta ehk energiatõhususe klass C-st ei tohi liikuda energiatõhususe klassi B kasutades selleks päikeseenergiasüsteeme. [7]

§2.Terminid: [7]

(20) Energiatõhususarv käesoleva määruse tähenduses on arvutuslik summaarne tarnitud energiatega kaalutud erikasutus hoone tüüpilisel kasutusel. Energiatõhususarv kajastab hoone kompleksset energiakasutust nii sisekliima tagamiseks, tarbevee soojendamiseks kui ka olme- ja muude elektriseadmete kasutamiseks ning see arvutatakse hoone kütava pinna ruutmeetri kohta hoone tüüpilisel kasutamisel. Energiatõhususarvu ühikuks on kilovatt-tund hoone kütava pinna ruutmeetri kohta aastas.

Energiatõhususe nõuded on osa plaanist vähendada hoonete energiatarvet ning seeläbi vähendada ka kasvuhoonegaaside heitmeid, mille mõjul paraneb ka õhukvaliteet. Mitte ainult ei aita energiatõhususe nõuded vähendada hoonete kasvuhoonegaaside heitmeid vaid alandab ka energia ostuks kuluvaid väljaminekuid. Samuti kinnisvara omanikud, kes võtavad kasutusele kinnistu siseseid taastuenergiaallikaid nagu näiteks päikesepaneelid või -kollektorid, mis alandavad kinnistu välist energia sisseostu.

Kuluoptimaalse energiatõhususega hoone on hoone, mis tüüpilisel kasutusel tarbib nii vähe energiat kui võimalik, kuid samal ajal tagades vajalikud sisekliima tingimused. Selline nõutud energiaklassiga hoone on ehk kallim ehitada, kuid tuleviku energia pealt saavutatakse tasuvus. Hoone elutsükli jooksul on tagatud tulem, et on saavutatud maksimaalne rahaline kokkuhoid. Energiatõhususe miinimumnõuded on osa hoone püstitamisest kui ka projekteerimisest. Neid tuleb järgida ning neist tuleb kinni hoida. See tähendab, et see on sama tähtis kui konstruktsioon ning soojustamine, sest see määrab hoone elukaare kuluoptimaalsuse. [7]

„Hoone energiatõhususe miinimumnõuded<sup>1</sup>“ Lisa 2-s on antud nõuded madalenergiahoonetele (B klass), liginullenergiahoonetele (A klass) ja oluliselt rekonstrueeritavatele hoonetele (D klass). A klassi hoone on seega ehitatud kasutades parimaid ehituslikke teadmisi ning oskuseid. Samuti on A klassi hoones üldiselt kasutusel taastuenergiatehnoloogia seadmed ning ehitusmaterjalid on valitud lähtudes energiatõhususe eeskirjadest. Energiatõhususe miinimumnõuded on hoone kogu elektri ja soojuse tarbimise piirmäärad. Tõestamaks, et hoone on energiasäästlik, väljastatakse säästlikule hoonetele energiamärgis. [7]



## 1.2.2 Kaalumistegurid

Mis on kaalumistegurid ning kuidas neid mõista? Eestis kehtiva määruse järgi loetakse kaalumistegureid nii nagu on alljärgnevas punktis.

§2.Terminid [8]

(7) *energiakandjate kaalumistegurid* – tegurid, millega võetakse arvesse tarnitud energia tootmiseks vajalik primaarenergia kasutus ja selle keskkonnamõju;

§ 9. Energiakandjate kaalumistegurid ja kütuse energiasisaldus [7]

(1) Energiakandjate kaalumistegurid on järgmised:

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

(2) Kütusest saadav tarnitud energia hulk määratakse kütuse koguse ja kütuse kütteväärtuse korrutisena. Kütteväärtusena kasutatakse tarnija antud alumist kütteväärtust või hoone energiatõhususe arvutamise meetodikas sätestatud kütteväärtust. [7]

Kaalumistegurid on saadud kasutades loogikat, mis on MKM-i määruses nr 63 § 2. Terminid punktides (10) ja (11). Sel juhul tekib järeldus, kus tarnitud energia (lõpptarbijani) ja toodetud energia (kaevandusest, puuraugust või taastuvast allikast) on omavahelises suhtes. Elektri puhul on suhe üks kahele ning maagaasi puhul üks ühele. [7]

§2.Terminid: [7]

(10) Primaarenergia käesoleva määruse tähenduses on ühe kilovatt-tunni tarnitud energia tootmiseks vajalik esmane energiahulk taastuvast ja mittetaastuvast energiaallikast, mis sisaldab kõiki energiaallika ammutamise, energia tootmise, ülekande ja jaotamise kadusid.

(11) Energiakandja kaalumistegur käesoleva määruse tähenduses on tegur, millega võetakse arvesse tarnitud energia tootmiseks vajalik primaarenergia kasutus ja selle keskkonnamõju.

(22) Tõhus kaugküte või -jahutus käesoleva määruse tähenduses on kaugkütte- või kaugjahutussüsteem, mis kasutab vähemalt 50 protsenti taastuvenergiat, 50 protsenti heitsoojust, 75 protsenti koostoodetud soojust või 50 protsenti sellise energia ja soojuse kombinatsiooni.

Kaalumistegurid, mis määravad tugevalt hoonetele antavat energiamärgist, on Eestis peamiselt poliitiliselt paika pandud ning need on fikseeritud igale energiakandjale. Kaalumistegurite kehtestamise eesmärk on siduda energiatarbimine keskkonnaheitmetega. Energiaallikad, millest saadav energia on madal ja heitmete tase on kõrge, peaksidki olema vähemsoositud. Praegusel hetkel on energiaallikate kaalumistegurite väärtused ja nende õigsus kaheldav ning piirkonniti peaks olema siiski erinevad kaalumistegurid, sest energiamuundamise ja -ülekanndmise tehnoloogiad on erinevad. [9]

Praegusel hetkel on elektri kaalumistegur poliitiliselt määratud ning sellele antud väärtus on 2, kuigi tegelik väärtus peaks olema palju suurem. Tõelisem väärtus peaks liginema arvule 3,4 nii nagu seda on toodud välja tabelis (Tabel 1). See tuleneb sellest, et praegusel hetkel on enamik Eestis toodetavast ja kasutatavast kütusest fossiilkütustel põhinev. Fossiilkütustest enim kasutatakse Eestis elektri tootmiseks põlevkivi ehk üle 90%. [9]

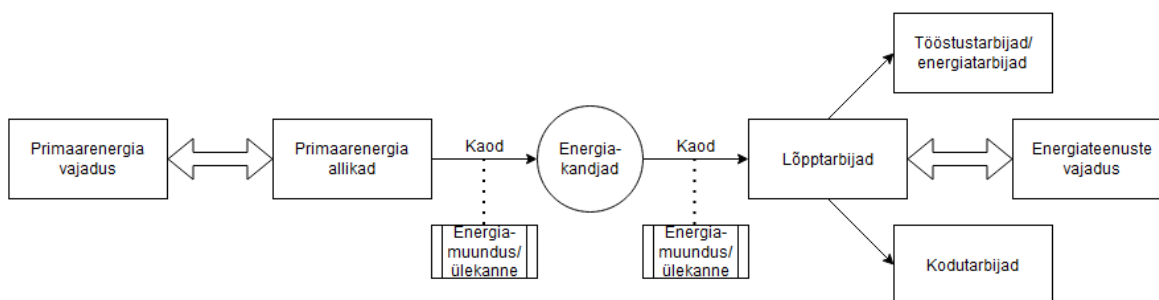
Positsiooni number	Nimetus	Väärtus
10	Elektri tootmiseks tarbitud kütuste energia, GWh [1]	35 274
11	Kasutatud kütuste kaalutatud kaalumistegur, [2]	0,974
12	Elektri netootmine, [4]	11 013
13	Elektrikaod [8]	842
14	Elektri kaalumistegur [ 10 x 11 / (12 - 13)]	3,38

Tabel 1 Õigem elektri kaalumistegur [9]

Kui arendus jääks tõhusa kaugkütte piirkonda, siis tõhus kaugküte kehtiks sellisel juhul ka gaasikatelde puhul, mis toodavad elektrienergiat. Sel juhul on suurendust tehes mõistlik kaaluda gaasikatla paigaldust, et saavutada vajalik energiatõhusus ning ka täiendav ökonoomsus. Võiks olla, et tõhusa kaugküttepiirkonnaks on võimalik taodelda uusi piirkondasid, mis kasutavad kütteallikana maagaasi või juba olemasolevaid, mis veel ei ole tõhusaks kaugküttepiirkonnaks määratud, kuid mis on teinud läbi vajalikud uuendused.

### 1.2.3 Nõuete järgijad

Alljärgneval joonisel (Joonis 8) on toodud lihtne energiaülekanne piltlikult. Sellist viisi järgides on teoreetiliselt loodud ka kaalumistegurid. Kui kodutarbija hoone aastane soojusvajadus oleks 2500 m<sup>3</sup> gaasi aastas ehk keskel läbi 26250 kWh (94500 MJ), siis millised on kaod? Maagaasi kütteväärtuseks (ülemine kütteväärtus) on võetud 1nm<sup>3</sup> = 10,53 kWh/m<sup>3</sup> (39,71 MJ). Kasutati veebruari 2021 kuu keskmise gaasi kvaliteedi andmeid, mis on toodud lisa 1 (Lisa 1). [10]



Joonis 8 Energiaülekanne

Aastal 2012 oli hinnanguline CO<sub>2</sub> õhku paiskamine 1 kWh elektri tootmiseks 890 g. Aastaks 2030 on Majandus- ja Kommunikatsiooniministeriumi arengukava järgseks hinnanguliseks elektri tootmise keskmine CO<sub>2</sub> sisaldus 400-450 g/kWh. [11]

Vahet tuleb teha ka energiatõhususarvul ja kaalutud energiaerikasutusel. Esimesel juhul baseerub energiamärgis energiaarvutusel. Teisel juhul on tegemist juba olemasoleva hoone energiamärgisega. [12]

Gaas vs maaküte – Maagaasi kasuks otsustab praegusel juhul see, kui kaugele maagaasi trass uuest objektist jääb. Kui objekt asub maagaasi trassile lähedal, siis on tõenäosus üpris tugevalt maagaasi kasuks. Maagaasi trassiga liitumise hind sõltub tugevalt sellest, kui palju on vaja trassi vedada ning kui suur on uue objekti tarbimisvõimsus.

Üks uus üksikelamu (aadressiga „nr. 1“) projekt, mille energiaarvutusel põhinev energiamärgis jääb B-klassi, kasutab energiaarvutuse käigus 148 m<sup>3</sup> maagaasi aastas. Hoone köetav pind on 213.3 m<sup>2</sup>. Märgis on välja antud 2020 aasta juulis. Hoonesse on projekteeritud katel võimsusega 24 kW. Uue üksikelamu arvutuslik tarbimine ning kõrvaliste hoonete tegelikud tarbimised on näidatud Tabel 2. Kõik hooned, mis on Tabel 2, on ehitatud peale aastat 2000.

Kõrvalolevate hoonete tegelik tarbimine on palju suurem, kui on energiaarvutuse tulemus. Energiaarvutuses on järelikult kasutatud ka soojuspumpasid, sest sellise

gaasikogusega aastast energiavajadust täita ei ole võimalik. Gaasikatel on arvatavasti tipukoormuste katmiseks. Tarbimine näitab siiski, et maagaasile on suurem eelistus, sest hind on/oli odavam või siis et kogu küttesüsteem toetub ikkagi gaasi põletamisele just nii nagu projektides ette nähtud. Kui hoones aadressiga „nr.1“ seadistatakse üles gaasikatel võimsusega kuni 24 kW, mis suudab katta kogu hoone energiavajaduse, siis arvatavasti realsuses seda ka kasutatakse maksimaalselt.

Aadress	Kogus, m3	Märkus	Suletud netopind, m2	Projekteeritud energiatõhususe klass
1	148	Projekteeritud aastane gaasitarve	213,3	B-klass; 134 kWh(m <sup>2</sup> *a)
2	744,9	kolme kuu kogus	202,4	B-klass
3	3325,95	2020 aasta tarbimine	-	-
4	3284,77	2020 aasta tarbimine	319,5	B-klass; 118 kWh(m <sup>2</sup> *a)
5	1421,53	2020 aasta tarbimine	-	-
6-1	1285,02	2020 aasta tarbimine; Paarismaja	-	-
6-2	1682,17	2020 aasta tarbimine; Paarismaja	-	-
7-1	1461,55	2020 aasta tarbimine; Paarismaja	-	-
7-2	754,12		-	-
8-1	1633,54	2020 aasta tarbimine; Paarismaja	245,27	-
8-2	2641,98		-	-
9-1	949,99	2020 aasta tarbimine; Paarismaja	-	-
9-2	1845,93		-	-
10-1	---	Ei tarbi; Paarismaja	-	-
10-2	2335,08	2020 aasta tarbimine; Paarismaja	-	-

Tabel 2 Sarnaste tarbijate võrdlus

Tabelist (Tabel 2) saab veel järeldada, et energiatarbimine sõltub suurelt jaolt sellest, millised on elanike tarbimisharjumused. See eristub eriti paarismajade puhul. Samuti on määrava tähtsusega asjaolu, et kui kunagi on süsteem välja ehitatud gaasilise kütuse peale, siis puudub praegusel hetkel inimestel motivatsioon võtta kasutusele teist sorti kütteallikas.

### **Süsiniku jalajälg ning majanduslik sääst tarbijatele, kui valida maagaas?**

Tulevikus ning tegelikult ka praegu oleks võimalik müüa biogaasi nendele tarbijatele, kes seda soovivad, et seeläbi alandada CO<sub>2</sub> heitmeid. Kasutada saaks energiakandja kaalumistegurit nimega biokütus, mille kaalumistegur on 0,65. Arvutusliku ETA käigus väljastatud energiamärgis, mis kehtib kaks aastat peale väljastamist võiks mõnel juhul olla seotud biokütusega ning seeläbi omada antud ajajärguks kohustust kasutada vaid biogaasi. Teoorias oleks võimalik ostetavate gaasikogustega, bio- või maagaas, saada vajalik energiatõhusus kasutades kütteks vaid gaasiseadmeid.

Õhk-õhk ja õhk-vesi soojuspumpasid ei saa arvutustes kasutada sellisel viisil, et need katavad küttevõimsuse vajaduse täielikult. Selline tulemus tuleb määrusest „Hoone

energiatõhususe arvutamise meetodika<sup>14</sup>, mis käsitleb ainult maasoojuspumpa kui seadet, mis suudab katta hoone kogu küttevõimsuse täielikult. Ülejäänud vajalik energia, mida katta ei ole võimalik, peab olema elektrilise küttekehaga või näiteks maagaasil töötava katlaga. [8]

#### §15. Soojuspumpsüsteemiga küttesüsteemi arvutus

(2) Soojuspumba töötamine kombineeritud küttesüsteemi osana võetakse arvutuses arvesse, kui osa küttevajaduse tipuvõimsustest kaetakse muu soojusallikaga (näiteks elektrilise küttekehaga või ka õli- või gaasikatlaga). Vee- või pinnaseenergiast soojusenergiat tootev maasoojuspump võib katta küttevõimsuse vajaduse osaliselt või täielikult. Muud soojuspumpa käsitletakse alati ühe osana kombineeritud küttesüsteemist, mis täidab kogu küttevõimsuse vajaduse osaliselt. [8]

Korterid, mis vajavad renoveerimist peavad jõudma peale renoveerimist energiatõhususe klassi D. Elamufond on vananenud või amortiseerunud ning 30 aasta jooksul on vaja rekonstrueerida 141000 hoonet. Enne aastat 2000 ehitatud hooned saavad aastaks 2050 rekonstrueeritud, et täita energiatõhususe nõudeid. [13]

Selleks, et vanu hooned saada piirväärtusega energiaklassi, peab nende välistarindeid parandama. Kaasa aitab ventilatsioonisüsteemide välja arendamine või siis nende asendamine efektiivsemate seadmetega, mille soojusvaheti efektiivsus on kõrgem.

Kas peale rekonstrueerimist leiab vanades hoonetes gaas veel kasutust? Kui hoonete energiatõhusus tõuseb ning suureneb soojapidavus, siis on arusaadav, et maagaasi saab sel juhul edasi kasutada. Seejuures ei teki riski sellega, et ETA vajalikku klassi ei saada kätte. Maagaasi tarbimine väheneb kui hooned ei tarbi enam samas koguses soojusenergiat kui varem, kuid taristu on suurtel juhtudel olemas ning mõistlik oleks seda edasi kasutada. Alades, kus ei ole võimalik paigaldada suures mahus päikesepaneele või -kollektoreid jäävad siiski tarbima maagaasi. Samuti, kui ei ole tehniliselt või majanduslikult otstarbekas välja ehitama hakata maaküttesüsteeme jääb paika maagaasil põhinev küte.

## 2 ENERGIATÕHUSUSE SIMULATSIOONARVUTUS

Hoone energiakasutuse arvutamiseks on kasutatud simulatsioonitarkvara IDA-ICE, versioon 4.8 SP2. Programm võimaldab modelleerida hoone reaalsusele ligilähedasse keskkonda ja ümbruskonda. Programm võtab arvesse aasta igale tunnile vastavad temperatuurid ehk kliimaandmed ning ka asukohaandmed. Samuti on ka tuuleprofiilid ning valima peab ka vajalikud üldandmed nagu näiteks hoone tarindite ehitusmaterjalid ning U-arvud. Määrava tähtsusega on hoonele langevad varjud ning ka hoone suund ilmakaarte suhtes.

Külmasillad on programmis keerulised ning nende kõrvutamise eestikeelsete definitsioonidega on tülikas. Maapinna temperatuurid ja koostis leiavad kasutamist ja on määrava tähtsusega. Infiltreeruv õhk on see, mis on üldiselt fikseeritud, kuid programm võimaldab võtta arvesse ka muutuvate tuulte mõjul tekkivaid rõhkusid, mis suurendavad või vähendavad hoone kontrollimatut õhuvahetust. Lisa energia ning kadude määramine annab võimaluse määrata energia kulu tarbevee soojendamiseks, tarbevee soojavee ringluseks, ventilatsiooniõhu soojendamiseks ning boileri tarbimiseta olemisele. Enim huvi tekitavad parameetrid on ventilatsioonisüsteemi parameetrid ning hoone kogu tarbitud energia tubade kaupa.

### 2.1 Üldkirjeldus

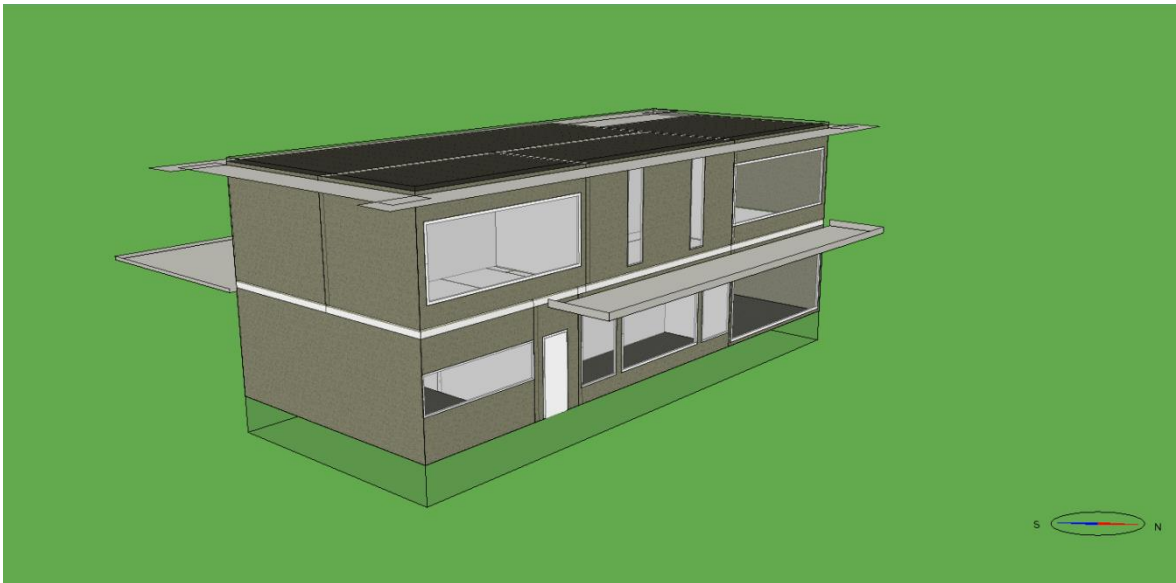
Kredexi tüüphoone „Suur Eramu“ andmeid on kasutatud, et teha simulatsioonarvutuse jaoks vastav mudel. [14]

Arvutus on vajalik, et hinnata erinevaid kütteallikaid ning nii soojuspumpade kui ka gaasiküttel olevat simuleeritud hoonet. Modelleeritud hoone on kahekorruline ning üldandmed on toodud tabelis (Tabel 3). Soojusvarustus on modelleeritud kahel viisil. Kasutati esimesel juhul elektrit ja teisel juhul gaasi.

Hoone kategooria	11101 Üksikelamu
Hoone kasutamise kategooria	Elamu
Korruselisus	2
Hoone köetav pind, m <sup>2</sup>	206,40 m <sup>2</sup>
Köetav pind mudelarvutuses, m <sup>2</sup>	206,79 m <sup>2</sup>
Mudeli ja projekti köetavate pindade suhe	0,99 (206,4/206,79)
Kubatuur, m <sup>3</sup>	675,50 m <sup>3</sup>
Soojusvarustus	Elekter või gaas

Tabel 3 Hoone andmed [14]

Allolevatel joonistel (Joonis 9 ja Joonis 10) on toodud vaated mudelist, et mõista paremini olemasolevat situatsiooni.



Joonis 9 Simulatsioonimudeli vaade idast



Joonis 10 Simulatsioonimudeli vaade läänest

Arvutusmudelis on arvestatud ruumide ehk tsoonidega, mille koguarv antud mudelis on 11. Energiaarvutusest on välja arvestatud kütteta garaaž, mis teeb köetavate tsoonide arvuks 10.

### 2.1.1 Tarindid

**Tõrge! Ei leia viiteallikat.** toob välja välispiirete arvutuslikud soojuskaod läbi piirdetarindite, külmasildade ja õhulekkekohtade, mida mudelis kasutati. Veel saab hea ülevaate kasutatud U-arvudest, piirdetarindite pindalast, külmasildade pikkustest ning summaarsest soojuserikaost. [8]

Hoone on kahekorruseline üksikelamu. Esimesel korrusel on köök, elutuba, majandusruum, töötuba ning teisel korrusel magamistoad, abiruumid, pesemisruumid ja saun. Hoone on lamekatusega, mille räästad on laiad ja etteulatuvad. [14]

Sokliseina soojustus on vahtpolüstüreen EPS120 ( $\lambda_D \leq 0,035 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ), mille paksus on 200mm. Põrandad pinnasel on ehitatud 100mm paksusele raudbetoonile ning selle alla paigaldatakse 3 kihis soojustus kogu paksusega 300mm, mille materjaliks on vahtpolüstüreen EPS100 Silver. Välisseinaks on 140mm paksune väikeplokkidest müüritis, mis on valatud betooni täis ning mille soojustuseks on vahtpolüstüreenist soojustusplaadid EPS60 Silver. Katuslaeks on 160mm paksune monoliitne raudbetoonplaat. Katuslae soojustusplaatideks on valitud vahtpolüstüreen EPS100 Silver, mis on kihiti paigaldatud 150mm paksuste kihtidena kolmes osas. Katuslae soojustuse on viimane kiht on muutuva paksusega, sest vajaliku kalde täitmiseks on see sobivam variant. [14]

Tarindi külmasildade väärtused on leitavad tabelist (Tabel 5). Väärtused on saadud vastavalt arhitektuur-ehitusliku projekti osas arvutatud sõlmede lahendustele. Aknad ja ukсед on paigutatud välisseina soojustuse kihti ning seda nii, et välisseina välispinnast jäävad aknad maksimaalselt 130mm kaugusele. Akende paigaldamisel soojuskihti kasutati Linirec ehitusplaati, mis on valmistatud PUR/PIR soojustusplaadist. Aknad ja ukсед vajavad lisaks õhutiheduse suurendamist, seetõttu on tarvilik kasutada ka tuuletõkke tihendusteipi, seda nii siseruumi kui ka hoone väliselt poolelt. [14]

Aknad ja ukсед on puitraamidega ning klaaspakett kolme klaasiga. Klaasikihtide vahe on 2·16mm ning täitegaas on argoon. Vaheliistud on soojuskatkestusega ning klaaspaketid kahe selektiivklaasiga. Kirdes olevate klaaside peegeldustegur  $g=0,5$  ning kagu ja edela klaasidele  $g=0,35$ . Akende ja uste soojusläbivus on  $U \leq 0,90 \text{ W(m}^2\cdot\text{K)}$ . [14]

Akendele väliseid varjestus lahendusi ette nähtud ei ole, kuigi seda võiks kaaluda juhul, kui suvise ruumitemperatuuri kontrollarvutus annab mitterahuldava tulemuse. Simulatsioonimudel on arvestatud konstruktsiooniliste varjestus elementidega. [14]



Tarindi õhupidavus energiaarvutuses on arhitektuur-ehituslikus projektis toodud andmetele vastavalt  $q_{E50} \leq 1,5 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ . Õhulekkearv on väiksem, kui selle baasväärtus, mida tuleb enne tellijale üleandmist tõendada. Juhul, kui kontrollmõõtmiste käigus on tuvastatud suurem õhulekkearv, siis tuleb teostada uus energiaarvutus. [14]

Hoone soojuskadu pinnasesse on arvatud dünaamilise kolmemõõtmelise arvutusega. [8]

### 2.1.2 Soojuskad ja infiltratsioon

Hoone piirdetarindite soojuserikadu köetava pindala kohta  $H/A_{k\ddot{o}etav}$ ,  $W/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  saab arvutada valemi abil: [14]

$$\sum H/A_{k\ddot{o}etav} = \frac{\sum U_i \cdot A_i + \sum \Psi_j \cdot l_j + \sum \chi_p \cdot n_p + \rho_a \cdot c_a \cdot \dot{V}_{inf}}{A_{k\ddot{o}etav}}, W/(K \cdot m^2)$$

$U_i$  tarindi soojuslähivus,  $W/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ;

$A_i$  piirdetarindi pindala,  $\text{m}^2$ ;

$\Psi_j$  piirdetarindite liitekohta joonsoojuslähivus,  $W/(\text{m} \cdot \text{K})$ ;

$l_j$  piirdetarindite liitekohta pikkus,  $\text{m}$ ;

$\chi_p$  lokaalsete soojustuse katkestuste ja lähiviikude punktsoojuslähivus,  $W/\text{K}$ ;

$n_p$  lokaalsete soojustuse katkestuste ja lähiviikude arv, tk;

$\dot{V}_{inf}$  infiltratsiooni õhuvooluhulk  $\dot{V} = \frac{q_{E50} \cdot A_{\ddot{v}älispiirded}}{3600 \cdot x}$ ,  $\text{m}^3$

$q_{E50}$ : õhulekkearv,  $\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ ,

$A_{\ddot{v}älispiirded}$ : siseruumi väliskeskkonnast eraldavate piirdetarindite (põrand, katus, seinad aknad, ukseid jne) pindala,  $\text{m}^2$ .

$x$ : hoone kõrgust arvestav kordaja

1-korruseline hoone  $x = 35$ ;

2-korruseline hoone  $x = 24$ ;

3–5-korruseline hoone  $x = 20$ ;

$\rho_a$  õhu tihedus,  $1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$ ;

$c_a$  õhu erisoojus,  $1005 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ;

$A_{k\ddot{o}etav}$  sisekliimaga tagatavate ruumide netopindala,  $\text{m}^2$ .

Kuigi arvutus käib eelneva valemi abil, on kõik soojuskad ja soojuskadude summad lihtsuse mõttes toodud tabelis (Tabel 5).

Aasta keskmine infiltratsiooni õhuvooluhulk  $q_i$  ( $\text{l}/\text{s}$ ) kujuneb valemiga: [8]

$$q_i = \frac{q_{50}}{3,6 * x} A$$

Kus  $q_{50}$  on hoone välispiirde keskmine õhulekkearv  $m^3/(h \cdot m^2)$ , mis saadakse tabelist (Tabel 4);

A on hoone välispiirde (sealhulgas põranda) sisepindala  $m^2$ ;

x on tegur, mis kahekorruselisele hoonele on 24 ning korruse kõrguseks arvestatakse 3 meetrit;

tegur 3,6 teisendab õhuvooluhulga  $m^3/h$  ühikust l/s ühikuks.

Juhul, kui ei toimu õhulekkearvu määramist mõõtmise teel, tuleb kasutada õhulekke baasväärtust, milleks antud hoone puhul on  $4 m^3/(h \cdot m^2)$ . Muude hoonetüüpide, kui väikeelamu, puhul on õhulekke baasväärtuseks  $2,5 m^3/(h \cdot m^2)$ . Rekonstrueeritavale hoonele on väärtused vastavalt  $6 m^3/(h \cdot m^2)$  ja  $4 m^3/(h \cdot m^2)$ . Väärtused on leitavad tabelist (Tabel 4). [8]

Kasutusotstarve	Õhulekkearvu baasväärtus $m^3/(h \cdot m^2)$	
	Uus hoone, oluline rekonstrueerimine	Rekonstrueerimine, olemasolev hoone
Väikeelamu	4	6
Muu hoone	2,5	4

Tabel 4 Välispiirde õhulekkearvu baasväärtused välispiirde ruutmeetri kohta [8]

Soojuskaod läbi piirdetarindite					Soojuskaod läbi külmasildade				Soojuskaod läbi õhulekkekohtade	
Piirdetarind	$g$	$U_i$ W/(m <sup>2</sup> *K)	$A_i$ m <sup>2</sup>	$H_{juhtivus}$ W/K	Joon- või punktsoojusläbivus $\Psi_i$ W/(m*K)	$l_i$ m	$H_{külmasild}$ W/K	Omadus	Suurus	
Välisseinad	-	0,12	181,90	21,8	Välisseina ja vahelae liitekoht	0,01	89,17	0,9	Õhulekkearv $q_{50}$ , m <sup>3</sup> /(h*m <sup>2</sup> )	1,5
Katuslagi	-	0,10	119,70	12,0	Välisseina ja vaheseina liitekoht	0,01	55,80	0,6	$A_{vp}$ (välispiirded), m <sup>2</sup>	528,36
Pörand pinnasel	-	0,12	124,30	14,9	Välisseina ja välisseina liitekoht	0,06	26,6	1,6	Korruste arv	2
Välisused	-	1,00	10,29	10,3	Akna ja välisseina liitekoht	0,2	162,88	32,6	$V_{inf}$ , m <sup>3</sup> /s	0,0092
Aknad (kirde suunal)	0,35	0,90	51,17	46,1	Välisukse ja välisseina liitekoht	0,04	22,4	0,9		
Aknad (Kagu ja edela suund)	0,50	0,90	41,00	36,9	Katuse ja välisseina liitekoht	0,31	55,44	17,2		
					Pörand ja välisseina liitekoht	0,18	48,2	8,7		
					Katuse ja siseseina liitekoht	0,01	42,26	0,4		
<b>Kokku: <math>H_{piirded}</math>, W/K</b>				<b>142,0</b>	<b>Kokku: <math>H_{külmasillad}</math>, W/K</b>			<b>62,8</b>	<b><math>H_{õhulekked}</math>, W/K</b>	<b>11,06</b>
Välispiirete summaarne soojuserikadu					$\Sigma H$		W/K			215,82
Välispiirete keskmine soojusläbivus					$\Sigma H/A_{vp}$		W/(m <sup>2</sup> *K)			0,41
Hoone köetav pind					$A_{kõetav}$		m <sup>2</sup>			206,40
Välispiirete summaarne soojuserikadu köetava pinna kohta					$\Sigma H/A_{kõetav}$		W/(m <sup>2</sup> *K)			1,05

Tabel 5 Välispiirete summaarne soojuserikadu [7]

### 2.1.3 Ventilatsioon

Ventilatsioonisüsteemi määravad tegurid:

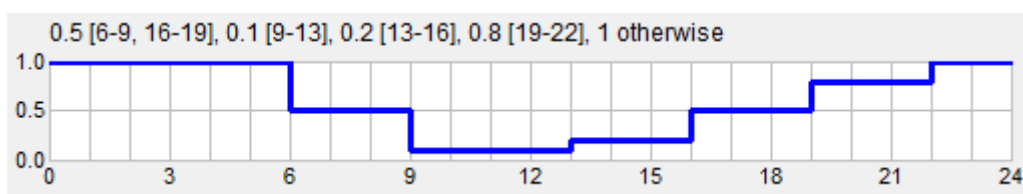
- Kasutati rootorsoojusvahetit temperatuuri suhtarvuga 85 %;
- Heitõhu miinimumtemperatuur 0 °C;
- Ventilatsiooniseadmetest tingitud rõhulang sissepuhkele on 160 Pa;
- Rõhulang väljatõmbele on 140 Pa;
- Ventilatorite summaarne kasutegur  $\eta_{ft} = 0,2$ ;
- Sissepuhkeõhu temperatuur +18 °C, sest peale soojusvahetit, kus temperatuur on veel +17 °C, tõuseb õhu temperatuur peale ventilatorit veel +1 °C;
- Süsteem töötab aastaringelt ehk 8760h aastas.

Ventilatsioonisüsteem on pideva õhuvahetusega ehk arvutusmudelil ei toimu õhukoguste muutumist ajas. Välisõhu vooluhulk on valitud 0,42 l/(s·m<sup>2</sup>), sest tegemist on väikeelamuga, mille köetav pind on  $\geq 120$  m<sup>2</sup>. Sama vooluhulk on valitud ka õhu väljaviskeks igale ruumile. [7]

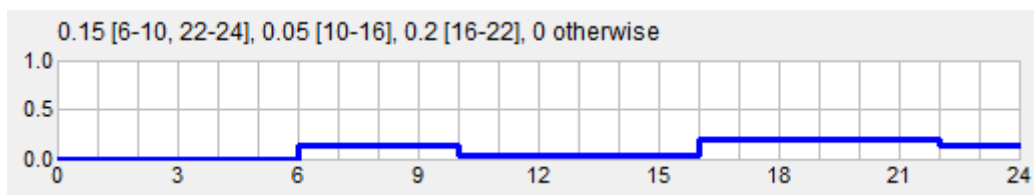
### 2.1.4 Kasutusprofiilid ja vabasoojused

Elanike hoones viibimine kella ajati on toodud joonisel (Joonis 11). Joonis 12 annab ülevaate elanike valgustuse kasutamisest ning Joonis 13 näitab, milline on seadmete kasutus antud hoones. [8]

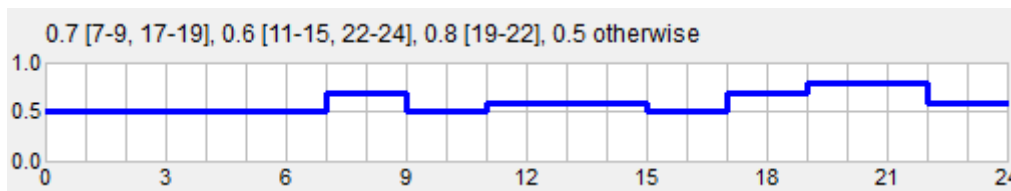
Alltoodud profiile saab kasutada juhul, kui arvutused teostatakse simulatsioonitarkvara abil. Lihtsama arvutuse tegemiseks saab kasutada kasutusastet, mis on fikseeritud igale kasutusaja tunnile.



Joonis 11 Elanike profiil dünaamilises arvutuses [8]



Joonis 12 Valgustuse profiil [8]



Joonis 13 Seadmete kasutus [8]

Tüüpilised vabasoojused hoonele „Väikeelamu köetava pinnaga 120-220 m<sup>2</sup>“ on võetud MTM määrus 58, §6, tabelist 1: [8]

- Valgustus 6 W/m<sup>2</sup>;
- Seade 2,4 W/m<sup>2</sup>;
- Inimene 2 W/m<sup>2</sup> või 42,5 m<sup>2</sup>/inim.

Arvutusmudelis on inimeste vabasoojus märgitud teisiti. Võetud on ühik 1/42,5 m<sup>2</sup>/inim ehk 0,02353 inim/m<sup>2</sup>.

### 2.1.5 Soojusallikate ja küttesüsteemide parameetrid

Minimaalne õhutemperatuur ruumides on +21 °C, alla mille ei tohi temperatuur langeda. Kasutati kahte erinevat soojusallikat, elektrit või teisel juhul maagaasi.

Soojusallikate parameetrid: [8]

- Maasoojuspumba korral oli COP<sup>1</sup> küttele 3,2 ning vee soojendamiseks 2,7;
- Gaasikatla (kondensatsioonikatel) puhul on kasutegur 0,95;
- Radiaatorite soojusväljastus 0,97;
- Põrandakütte soojusväljastus 0,85.

Sooja vee tarbimine on 25 kWh/(m<sup>2</sup>·a), sest tegemist on väikeelamuga, mille köetav pind on vahemikus 120-220 m<sup>2</sup> ehk täpsemini 206,4 m<sup>2</sup>. Antud väärtused, mille järgi vee erikulud saadakse, on antud tabelis (Tabel 6). [8]

---

<sup>1</sup> COP (Coefficient of Performance) – soojuspumpa soojustegur

Hoone kasutusotstarve	Sooja vee erikulu, l/(m <sup>2</sup> ·a)	Netoenergiavajadus, kWh/(m <sup>2</sup> ·a)
Väikeelamu köetava pinnaga < 120 m <sup>2</sup>	516	30
Väikeelamu köetava pinnaga 120–220 m <sup>2</sup> ja ridaelamu	430	25
Väikeelamu köetava pinnaga > 220 m <sup>2</sup>	344	20
Korterelamu	516	30
Kasarmu	602	35
Kontorihoone	103	6
Majutushoone	516	30
Ärihoone	395	23
Avalik hoone	344	20
Kaubandushoone ja terminal	69	4
Haridushoone	172	10
Koolieelse lasteasutuse hoone	258	15
Ravihoone	206	12
Laohoone	0	0
Tööstushoone	103	6

Tabel 6 Sooja vee erikulu vastavalt hoone kasutusotstarbele [8]

Soojusallika kasutegurid on tabelis (Tabel 7), kust on saadud ka kondensatsioonikatla kasutegur. [8]

Soojusallikas	Kasutegur
Kaugküte	0,9
Õli- või gaasikatel	0,85
Õli, kondensatsioonikatel	0,90
Gaas, kondensatsioonikatel	0,95
Pelletikatel	0,85
Muu tahkekütuse katel	0,75
Elekterküttega katel	1,0
Ahi	0,6

Tabel 7 Soojusallika kasutegur kütuse tarbimisaine alumise kütteväärtuse alusel [8]

Hoone tüüp	Kütteviis	Kasutegur	Veeküttesüsteemi ringluspumba elektritarbimine <sup>1</sup> , kWh/(m <sup>2</sup> ·a)
Väikeelamu	Radiaator	0,97	1
	Põrandaküte, plaat pinnasel või alt tuulutatav põrand	0,85	2
	Põrandaküte vahelaes	1,0	2
	Laeküte katuslaes	0,90	2
	Laeküte vahelaes	1,0	2
Muu hoone	Radiaator	0,97	0,5
	Põrandaküte, plaat pinnasel või alt tuulutatav põrand	0,85	1
	Põrandaküte vahelaes	1,0	1

<sup>1</sup> elektritarbimine köetava pinda m<sup>2</sup> kohta, elektriradiaatori, -kaablile ja elektrilisele laeküttele ning soojuspumpsüsteemile 0 kWh/(m<sup>2</sup>·a).

Tabel 8 Soojuse jaotamise ja väljastamise kasutegurid ning abiseadmete elektritarbimine

## 2.2 Energiaarvutus ning kütteseadmete hinnanguline maksumus

### 2.2.1 Energiaarvutused

Esimesel juhul on tegemist maasoojuspumbal põhineva küttesüsteemiga ning teisel juhul on tegemist gaasisüsteemiga.

Kasutades eelnevaid parameetreid on mudelarvutuse primaarenergia vajadus ruumide kütteks ja ventilatsiooniõhu soojendamiseks kokku 18064 kWh ehk 65030 MJ. Ainult kütteks 17602 kWh ehk 63367 MJ ning ventilatsiooniõhu soojendamiseks 462 ehk 1663 MJ.

Tarbevee soojendamiseks kulunud energia on leitav, kasutades selleks köetavat pindala ning netoenergiavajaduse väärtust tabelist (Tabel 6). [8]

Sooja vee tootmiseks vajaminev netoenergia kogus on vastavalt eelnevale infole 5160 kWh ehk 18576 MJ. Köetav pind on tegelik köetav pind ehk 206,4 m<sup>2</sup>.

Kogu vajaminev netoenergia oleks sel juhul 83606 MJ. Samuti saab kokku võtta netoenergia osakaalud küttele, ventilatsioonile ja tarbeveele. Tulemused on alltoodud tabelis (Tabel 9).

	Netoenergia, kWh/a	Netoenergia SI süsteemis, MJ/a	Osakaal kogu energiast, %
Tsoonide kütmine	17602	63367	75,79
Ventilatsiooniõhu soojendamine	462	1663	1,99
Tarbevee soojendamine	5160	18576	22,22

Tabel 9 Netoenergia osakaalud köetava pinnaga 206,4 m<sup>2</sup>

Energiatõhususarv ehk ETA arvutatakse, jagades summaarse kaalutud tarnitud energiakasutuse köetava pinna ruutmeetrite arvuga: [8]

$$ETA = \frac{\sum_i (E_{tar,i} \cdot f_j)}{A_{köetav}},$$

kus  $ETA$  on energiatõhususarv

$E_{tar,i}$  on energiakandjaga  $i$  tarnitud energia kWh/a;

$f_j$  on energiakandja  $i$  kaalumistegur;

$A_{köetav}$  on köetav pind m<sup>2</sup>.

Küttegaafik	Maasoojuspump, on/off	Maasoojuspump, inverter	Õhk-vesi soojuspump	Õhk-õhk soojuspump	Väljatõmbeõhu 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		

Tabel 10 Soojuspumba aastane keskmine soojustegur [8]

Kasutati tabeli (Tabel 10) andmeid maasoojuspump on/off kohta. Kui COP oli tarbevee soojendamiseks 2,6 ning ruumide kütmiseks 3,3 on tarnitud energia toodud välja järgmises lõigus. Maasoojuspumpade ning gaasikatelde kogu soojus on väljastatud radiaatoritega, mille soojusväljastus on 0,97.

Maasoojuspumpaga tarnitud energiad, kui köetav pind on 206,4 m<sup>2</sup>, on tulenevalt seadme efektiivsusest järgmised:

ventilatsioonisüsteemi - 1102 kWh/a;



valgustus – 653 kWh/a;  
 seadmed – 1295 kWh/a;  
 tarbevesi – 1985 kWh/a;  
 ruumide kütmine – 5643 kWh/a;  
 tarbitud energia kokku - 10678 kWh/a.

ETA on eelneva info puhul järgnev:

$$ETA = \frac{10509 \text{ kWh} \cdot 2}{206,4 \text{ m}^2 \cdot a} = 103,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot a)$$

Selliste parameetrite juures on täidetud liginullenergia hoone klass A nõue, mille ülemiseks piiriks oli 120 kWh/(m<sup>2</sup>·a).

Hoone puhul, mille köetav pind oli 206,4 m<sup>2</sup> ning mis kasutaks kütteallikana maagaasi, oleks ETA järgnevalt.

Siis kui, tarbitud energia ning süsteemide kaod oleks järgmiselt:

tarbevesi – 5160 kWh / 0,95 = 5432 kWh;

ruumide kütmine – 18064 / 0,95 / 0,97 = 19603 kWh.

$$ETA = \frac{(1102 + 653 + 1295) \cdot 2 + (5432 + 19603) \cdot 1}{206,4 \text{ m}^2 \cdot a} = 151 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot a)$$

Kui palju mõjutab energiamärgist hoone sooja vee erikulu, kui köetavat pinda oleks üle 220 m<sup>2</sup>? Juhul, kui hoone köetav pind oleks olnud 23 m<sup>2</sup> suurem, siis oleks sooja vee netoenergiaavajadus 20 kWh/(m<sup>2</sup>·a). Suurema „väikeelamu“ köetava pinnaga muutub ainult inimestest ja seadmetest tulenev vabasoojus ning veerikulu. Arvutusmudelis sai muudetud hoone köetav pind selliselt, et muud väärtused jäid samaks. Sellest johtuvalt oleks energiateg osakaal muutunud selliseks nagu järgnevas tabelis (Tabel 11). Kogu netoenergiaks kujunes 856440,96 MJ/a.

	Netoenergia, kWh/a	Netoenergia SI süsteemis, MJ/a	Osakaal kogu energiast, %
Tsoonide kütmine	18641,50	67109,40	78,54
Ventilatsiooniõhu soojendamise	512,10	1843,56	2,16

Tarbevee soojendamine	4580,00	16488,00	19,30
-----------------------	---------	----------	-------

Tabel 11 Netoenergia osakaalud köetava pinnaga 229 m<sup>2</sup>

Maasoojuspumbaga tarnitud energiad, kui köetav pind on 229 m<sup>2</sup>, on tulenevalt seadme efektiivsusest järgmised:

ventilatsioonisüsteemi - 1220 kWh/a;

valgustus - 724 kWh/a;

seadmed - 1436 kWh/a;

tarbevesi - 1762 kWh/a;

ruumide kütmine - 5984 kWh/a;

tarbitud energia kokku - 11126 kWh/a.

ETA on eelneva info puhul järgnev:

$$ETA = \frac{11247 \text{ kWh} \cdot 2}{229 \text{ m}^2 \cdot a} = 97,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot a)$$

Tuleneb asjaolu, et siinkohal ning sellel konkreetsel juhtumil on mõistlikum valida hoone köetavam pind veidi suurem, sest ETA on sel puhul väiksem, kui väiksema hoone puhul. Väiksem ETA oli siinkohal tingitud sellest, et tarbevee soojendamise netoenergiavajadus on arvutuses otseselt seotud hoone köetava pinnaga.

Juhul, kui oleks kasutatud maasoojuspumba tootja andmeid [15], kujuneks ETA veel madalamaks.

## 2.2.2 Hinnangulised maksumused

Arvesse tuleb võtta järgmiseid asjaolusid, kui tahame teada hinnangulist süsteemi kogumaksumust. Esmane suur väljaminek küttesüsteemi valikul on investeerimiskulud. Järgmiseks väljaminekuks on hoolduskulud ja ka käitamiskulud. Arvestama peab ka võimalusega, et süsteem on vaja kõrvaldada, sest mingil ajal jääb süsteem või teatud seadmed liiga vanaks.

Antud ehitise puhul, kus vajalik maksimaalne küttevõimsus on 9.014 kW. See tähendab, et leidub suur valik gaasikondensatsioonikatlaid, mis sobivad antud projekti.

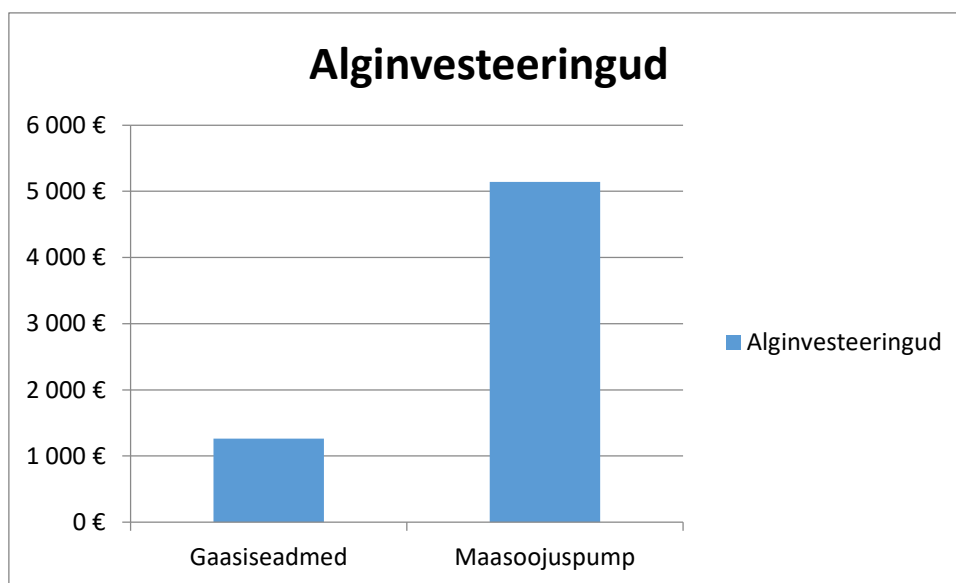
Juhul, kui valida kütteseadmeks maasoojuspump, siis võiks sobida näiteks Dimplex maasoojuspump. Projekti sobiks mudel SI 11 TU, sest katab vajaliku tipuvõimsuse.

Maasoojuspumba võimsus, COP, max töötemperatuur ja orienteeruv hind (sisaldab käibemaksu) on toodud tabelis (Tabel 12). [15]

Maja suurus	Mudel	Max töötemp.	Võimsus	COP, EN14511	Hind
160-200 m <sup>2</sup>	<b>SI 11 TU</b>	62 °C	10,9 kW	4,9	<b>5140 €</b>
200-250 m <sup>2</sup>	<b>SI 14 TU</b>	62 °C	13,9 kW	5	<b>5450 €</b>

Tabel 12 Maasoojuspumbad [15]

Kui valida kütteseadmeks gaasikondensatsioonikatel, siis oleksid seadme soetamiseks vajalikud kulud madalamad. Näiteks, kui valida seadmeks BOSCH-i kondensatsioonitüüpi gaasikatel GC2300iW 15P, mille andmed on toodud lisa (Lisa 2). Sellisel juhul oleks orienteeruv seadme hind 1262,3 €. Seadmete alginvesteeringuid võrdleb joonis (Joonis 14), maasoojuspumba alginvesteering on 4,1 korda suurem, kui gaasiseadmesse investeerimine. [15]



Joonis 14 Gaasiseadme ja maasoojuspumba alginvesteering

# 3 OLEMASOLEVA KORTERELAMU

## ENERGIATÕHUSUSARVUTUSE VASTAVUS

### REAALSUSELE

#### 3.1 Energiaarvutuse algandmed, arvutus ja tulemused

Lähteandmed olemasoleva korterelamu mudelarvutuse püstitamiseks on järgnevates lõikudes ning tabelites (Tabel 13, Tabel 14).

Ventilatsioonisüsteemi määravad tegurid:

- Kasutati rootorsoojusvahetit temperatuuri suhtarvuga 85 %;
- Heitõhu miinimumtemperatuur 0 °C;
- Ventilatsiooniseadmetest tingitud rõhulang sissepuhkele on 100 Pa;
- Rõhulang väljatõmbele on 100 Pa;
- Ventilaatorite summaarne kasutegur  $\eta_{ft} = 0,2$ ;
- Sissepuhkeõhu temperatuur +18 °C, sest peale soojusvahetit, kus temperatuur on veel +17 °C, tõuseb õhu temperatuur peale ventilaatorit veel +1 °C;
- Süsteem töötab aastaringselt ehk 8760h aastas;
- Ventilatsioonisüsteemi välisõhu vooluhulk 0,5 l/(s·m<sup>2</sup>).

Ruumide kõrgusteks on valitud 3,0 m. Hoonesse on ette nähtud vesipõrandaküte. Küttesüsteemi soojuskandjaks on vesi parameetritega 35/30 °C.

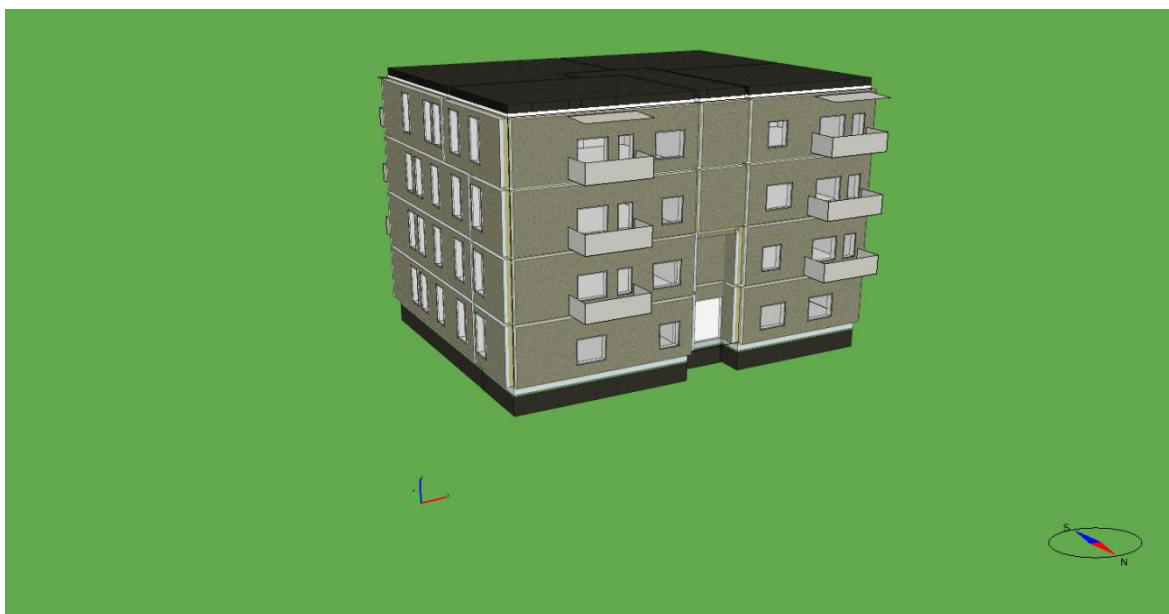
Tüüpilised vabasoojused hoonele „Korterelamu“ on: [8]

- Valgustus 8 W/m<sup>2</sup>;
- Seade 3 W/m<sup>2</sup>;
- Inimene 3 W/m<sup>2</sup> või 28,3 m<sup>2</sup>/inim.

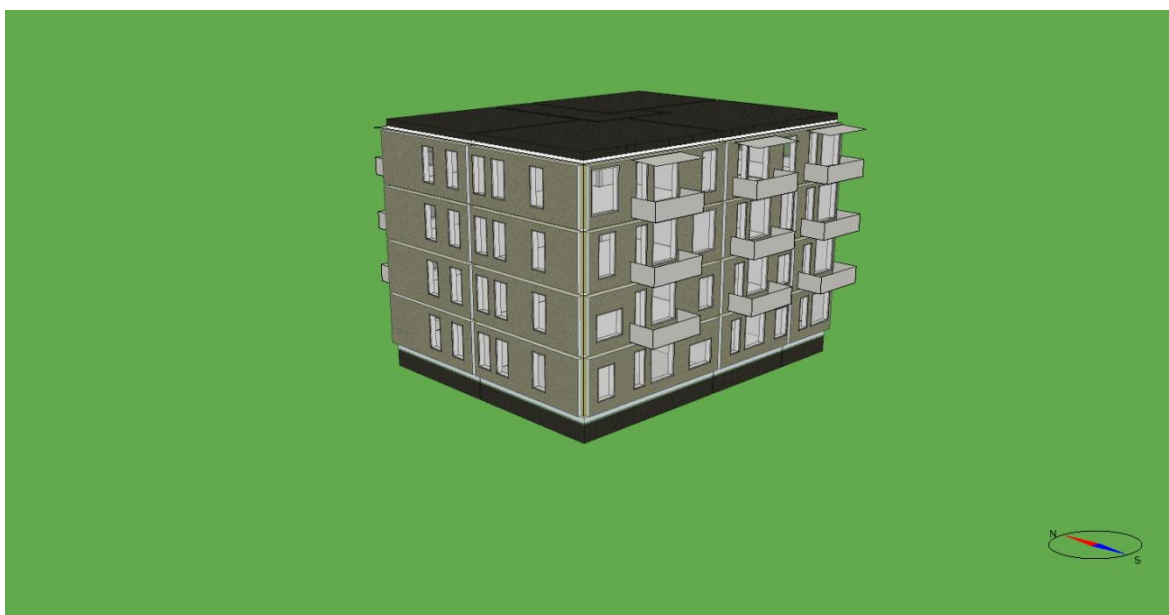
Korterelamu kasutusaste seadmetele ja inimestele on 0,6 ning valgustusele 0,1. Samuti on arvestatud, et seadmete soojuseraldus on jagatud läbi teguriga 0,7, et saada tegelik elektri tarbimine. [8]

Arvutusmudel is on inimeste vabasoojus märgitud teisiti. Võetud on ühik 1/28,3 m<sup>2</sup>/inim ehk 0,03534 inim/m<sup>2</sup>. Tarbevee netoenergia on valitud tabelist (Tabel 6), kust tuleneb, et sooja vee erikulu on 516 l/(m<sup>2</sup>·a) ehk netoenergiana väljendatuna 30 kWh/(m<sup>2</sup>·a). Kui oli kasutatud hoone soojusallikana kondensatsioonikatelt, oli selle kasutegur 0,95 (Tabel 7). Soojusväljastuseks oli igal juhul põrandaküte pinnasel ning vahelaes, kus kasutegur oli vastavalt 0,85 ja 1 (Tabel 8).

Parema visuaali saamiseks on toodud välja koostatud mudeli vaated suunaga kirdest ja edelast vastavalt allolevatel joonistel (Joonis 15, Joonis 16). Hoonet iseloomustab Tabel 13, kus on toodud korterelamu üldised tehnilised andmed.



Joonis 15 Olemasoleva korterelamu mudeli vaade kirdest



Joonis 16 Olemasoleva korterelamu vaade edelast

<b>Ehitise üldised tehnilised andmed</b>	
Ehitisealune pind (m <sup>2</sup> )	380
Maapealse osa alune pind (m <sup>2</sup> )	380
Maapealsete korruste arv	4
Maa-aluste korruste arv	0
Absoluutne kõrgus (m)	19,7
Kõrgus (m)	13,5
Pikkus (m)	21,1
Laius (m)	16,8
Sügavus (m)	0
Suletud netopind (m <sup>2</sup> )	1 174,70
Köetav pind (m <sup>2</sup> )	1 174,70
Maht (m <sup>3</sup> )	5 130
Maapealse osa maht (m <sup>3</sup> )	5 130
Üldkasutatav pind (m <sup>2</sup> )	194,8
Tehnopind (m <sup>2</sup> )	11,1

Tabel 13 Olemasoleva korterelamu üldised tehnilised andmed [16]

Koostatud arvutusmudelil on köetav pind 1238 m<sup>2</sup> ning lähteandmetes, millega hoone EHR<sup>1</sup>-i üles pandi oli 1174,7 m<sup>2</sup>. See teeb mudelite omavaheliseks suhtarvuks 0,95.

Korterelamu tarindite arhitektuurilised andmed puuduvad, mistõttu on arvutustes lähendatud deklareeritud U-arvude sarnaseid andmeid, kus soojustusmaterjalina kasutati kerget isolatsiooni.

Arvutusmudeli U – arvud on järgnevad:

Välissein – 0,16 W/(m<sup>2</sup>·K);

Katuslagi – 0,09 W/(m<sup>2</sup>·K);

Põrand pinnasel – 0,17 W/(m<sup>2</sup>·K);

Välisuks – 1,4 W/(m<sup>2</sup>·K);

Aknad – 0,87 W/(m<sup>2</sup>·K).

Olemasoleval arvutusel, mis on EHR-is on ETA – 119 kWh/(m<sup>2</sup>·a) nagu toodud tabelis (Tabel 17). Taasluues mudeli uuesti on saadud ligilähedaselt sama ETA nagu toodud tabelis (Tabel 15).

Arvutame järgnevalt läbi ETA, kasutades tabeli (Tabel 15) summaarseid energiakasutusi. Tulemuseks saame, et ETA – 116,7 kWh/(m<sup>2</sup>·a).

---

<sup>1</sup> EHR - ehitisregister

$$ETA = \frac{(E_{küte} + E_{vent} + E_{tarb.vesi}) \cdot f_j + (E_{katla abiseade} + E_{vent} + E_{valgus} + E_{seadmed}) \cdot f_j}{A_{kõetav}}$$

$$= \frac{(16201kWh + 3084kWh + 39094kWh) \cdot 1 + (1238kWh + 5228kWh + 8681kWh + 27909kWh) \cdot 2}{1238 m^2 \cdot a}$$

$$= \frac{(58379kWh) \cdot 1 + (43056kWh) \cdot 2}{1238 m^2 \cdot a} = 116,7 kWh/(m^2 \cdot a)$$

Pärdetarind	Soojuskaod läbi pürdetarindite				Soojuskaod läbi külmasildade				Soojuskaod läbi õhulekkekohtade		
	g	$U_i$ W/(m <sup>2</sup> *K)	A <sub>i</sub> m <sup>2</sup>	$U_i$ juhtivus W/K	Külmasild	$\psi$ W/(m <sup>2</sup> *K)	$l_i$ m	H <sub>õhuvaheld</sub> W/K	Omadus	Suurus	
Välisseinad	-	0,16	649,80	104,0	Välisseina ja välisseina liitekoht	0,1	60,00	6,0	Õhulekkearv q50, (m <sup>3</sup> /h <sup>2</sup> )	1,5	
Katuslagi	-	0,09	314,00	28,3	Katuslagi-välissein	0,1	71,50	7,2	A <sub>vap</sub> (välispind), m <sup>2</sup>	1505,20	
Põrand pinnasel	-	0,17	315,60	53,7	Põrand ja välisseina liitekoht	0,15	76	11,4	Korruste arv	4	
Välisüksed	-	1,40	5,31	7,4	Akna ja välisseina liitekoht	0,05	606	30,3	Vinf m <sup>3</sup> /s	0,0314	
Aknad (itä)	0,52	0,87	44,9	39,1	Välisukse ja välisseina liitekoht	0,1	9,2	0,9			
Aknad (lõuna)	0,52	0,87	99,40	86,5							
Aknad (läände)	0,52	0,87	40,00	34,8							
Aknad (põhja)	0,52	0,87	37,40	32,5							
<b>Kokku: H<sub>pürdetar</sub> W/K</b>				<b>386,2</b>	<b>Kokku: H<sub>külmasillad</sub> W/K</b>				<b>55,8</b>	<b>H<sub>õhulekked</sub> W/K</b>	<b>37,82</b>
Välispiirete summaarne soojuserikadu					$\Sigma H$	W/K			479,78		
Välispiirete keskmine soojusläbivus					$\Sigma H / A_{vp}$	W/(m <sup>2</sup> *K)			0,32		
Hoone kõetav pind					A <sub>kõetav</sub>	m <sup>2</sup>			1238,00		
Välispiirete summaarne soojuserikadu kõetava pinna kohta					$\Sigma H / A_{kõetav}$	W/(m <sup>2</sup> *K)			0,39		

Ventilatsioonisüsteem	Rõhutõste sissep/väljat.	Ventilaatori kasutegur sissep/väljat.	Õhuvooluhulk sissep/väljat.	Süsteemi SFP	Väljaviske min. temp.
	Pa / Pa	% / %	m <sup>3</sup> /s / m <sup>3</sup> /s	kW/(m <sup>3</sup> /s)	°C
1 vent. agregaat	100/100	0.20/0.20	0,6194/0,6194	0,5/0,5	0,00

Küttesüsteem	Soojusallika kasutegur	Jaotamise ja väljastamise kasutegur	Kütteperioodi <sup>2</sup> keskmine soojustegur	Abiseadmete <sup>3</sup> elekter
	-	-	-	kWh/(m <sup>2</sup> *a)
1 põrandaküte, gaasikatel	0,95	0,96	-	1
2 vent. seade, gaasikatel	0,95	1	-	-
3 soe vesi, gaasikatel	0,95	-	-	-

<sup>2</sup> esitatakse soojuspumpsüsteemide puhul

<sup>3</sup> püüdnud, kui esitatakse soojuspumpsüsteemi koosseisus

Jahutusüsteem	Jahutusperioodi keskmine
1 (nt tsentraalne)	-

Lokaalse taastuvenergia süsteemid	Päikesekollektori aktiivpindala, m <sup>2</sup>	Päikesepaneelide max võimsus, kW	Tuulegeneraatori nimivõimsus, kW
PV-paneelid	-	-	-

Vabasoojused	Inimesed	Seadmed	Valgustus*	Kasutusaste	Kasutusaeeg päeva nädalas	tundi päevas
	W/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	%	d	
	5	5	8	0,6	7	24

\* elamu valgustuse kasutusaste on 0,1

Tabel 14 Kortereelamu mudelarvutuse lähteandmed

**Andmed hoone kohta**

Hoone kasutusotstarve	Olemasolev hoone	
Aadress	Mudelarvutus	
Ehitusaasta	-	
Kõetav pind	1238	
Madala temp. Seadega j	-	
Netopind	1238	
<b>Energiatõhususarv</b>		
<b>Energiatõhususarv B</b>	116,7	

**B - Energiaõhususarv ilma lokaalselt toodetud elektrita**

Energiaka sutuse kokkuvõte	Hangitud kütused massi või mahuühik	Tarnitud energia kWh/a	Tarnitud energia kWh/(a*m2)	Eksporditud energia kWh/a	Eksporditud energia kWh/(a*m2)	Kaalumis- tegur	Kaalitud energiakas
Elekter	-	43056,07	34,78	-	-	2	69,6
Maagaas Kütus 2	6277,402 m3	58379,84	47,16	-	-	1	47,2
...							
Summa							116,7
Lokaalselt toodetud ja eksporditud energia		Lokaalselt toodetud kWh/a	Lokaalselt toodetud kWh/(a*m2)	Eksporditud kWh/a	Eksporditud kWh/(a*m2)	Omatarbe osakaal %	
Soojusenergia päikesest		-	-	-	-	-	
Elekter päikesest		-	-	-	-	-	
Summaarne energiakasutus		Elekter kWh/a	Soojus kWh/a	Elekter kWh/(a*m2)	Soojus kWh/(a*m2)		
Küttesüsteem		-	-	-	-		
Ruumide küte, gaasikatel		0	16201,32	0	13,09		
Ventilatsiooniõhu soojendamine		0	3083,79	0	2,49		
Tarbevee soojendamine		0	39094,74	0	31,58		
Abiseadmete elekter		1238	0	1	0		
Ventilatsioonisüsteem1		5228	0	4,22	0		
Jahutussüsteem		0	0	0	0		
Abiseadmete elekter		0	0	0	0		
Valgustus		8681	0	7,01	0		
Seadmed		27909	0	22,54	0		
Summa (tehnosüsteemide summaarne energiakasutus)		43056,07	58379,84	34,78	47,16		
<b>1 - ventilatsiooniõhu soojendamine loetakse küttesüsteemi osaks</b>							
Netoenergiavajadus		kWh/a	kWh/(a*m2)				
Ruumide küte2		14776	11,9				
Ventilatsiooniõhu soojendamine3		2930	2,4				
Tarbevee soojendamine		37140	30,0				
Ruumide jahutus		-	-				
Ventilatsiooniõhu jahutus		-	-				
2 - sisaldab infiltratsiooniõhu ja ventilatsiooniõhu soojenemise ruumise							
3 - arvutatud koos soojustagastusega							
Arvutusprogrammi nimi ja versioon							

Tabel 15 Taasloodud korterelamu mudelarvutus ja selle tulemused



Energiaarvutuse lähteandmete esitamine

Energiaarvutuse lähteandmed											
Arvutussonide arv <b>1</b>											
Küttesüsteemi tüüp											
-soojuse tootmine ja kütus <b>gaasikondensatsioonikatel, maagaas</b>											
-soojuse jaotamine <b>Vesipõrandaküte</b>											
Ventilatsioonisüsteemi tüüp <b>Soojagastusega ventilatsioonisüsteem</b>											
Jahutussüsteem (on/lei ole) <b>ei ole</b>											
Soojuskaod läbi piirdetarindite				Soojuskaod läbi külmaelidade				Soojuskaod läbi õhulekkekohtade			
Piirdetarind	g	$U_s$	$A_s$	$H_{sõltuv}$	Külmaslid	$\Sigma U_s$	$I_{j,s}$	$H_{sõltumatu}$	Õhulekke arv $Q_{0,0}$	Suurus	
	-	W/(m <sup>2</sup> ·K)	m <sup>2</sup>	W/K		W/(m <sup>2</sup> ·K)	m	W/K	m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )		
Välissein 1		0,16	653,1	104,6	Välissein-välissein 1	0,10	48,3	4,8	1,5		
Katusiagi		0,09	326,4	29,3	Välissein-välissein 2	0,00	0,0	0,0			
Pööningu vahelagi		0,00	0,0	0,0	Katusiagi-välissein	0,10	75,8	7,6	1526,8		
Põrand pinnasel		0,17	320,6	54,5	Pööningu vahelagi-välissein	0,00	0,0	0,0			
Välisüks		1,40	5,3	7,4	Põrand pinnasel-välissein	0,15	75,8	11,4			
Aken (nt itta)	0,52	0,87	44,0	38,3	Põrand välisõhu kohal-välissein	0,00	0,0	0,0			
Aken (nt rõunasse)	0,52	0,87	99,5	86,5	Akna seinakinnitus	0,05	592,5	29,6			
Aken (nt laände)	0,52	0,87	44,0	38,3	Ukse seinakinnitus	0,10	9,2	0,9			
Aken (nt põrja)	0,87	34,9	30,3	...	...	0,00	0,0	0,0			
Aken (katuseaken)	0,00	0,0	0,0	...	...	0,00	0,0	0,0			
...		0,00	0,0	0,0	...	0,00	0,0	0,0			
Kokku: $H_{sõltuv}$ W/K				389,2	$H_{sõltumatu}$ W/K				54,3	$H_{sõltumatu}$ W/K 38,3	
Välispiirete summaarne soojuserikadu $\Sigma H_s$ W/K					481,9						
Välispiirete keskmine soojusläbivus $\Sigma H_s / A_{sõltuv}$					0,3						
Hoone kütav pind $A_{sõltuv}$ m <sup>2</sup>					1175,9						
Välispiirete summaarne soojuserikadu kütava pinna kohta $\Sigma H_s / A_{sõltuv}$ W/(m <sup>2</sup> ·K)					0,41						
Ventilatsioonisüsteem											
	Rõhutõste sissep./väljat.	Ventilaatori kasutegur sissep./väljat.	Õhuvooluhulk sissep./väljat.	Süsteemi SFP	Soojagastus temperatuuri- suhe	väljaviske min. temp. <sup>1</sup>					
	Pa / Pa	% / %	m <sup>3</sup> /s / m <sup>3</sup> /s	kW/(m <sup>3</sup> /s)	%	°C					
1 (nt vent.agregaat SV-1)	100/100	0,2/0,2	0,5906	1,2	85,00	0					
2 (nt väjatõmbeventilaator 1)											
... <sup>1</sup> soojusagasti külmumise vältimine											
Küttesüsteem											
	Soojusallika kasutegur	Jaotamise ja väljastamise kasutegur	Kütteperioodi <sup>2</sup> keskmine	Abiseadmete <sup>3</sup> elekter							
	-	-	soolustegur, -	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)							
1 (Gaasikatel, põrandaküte)	0,95	0,96	-	1							
2 (...)	-	-	-	-							
3 (Ventilatsiooniseade, gaasikatel)	0,95	1	-	-							
4 (soe vesl, gaasikatel)	0,95	-	-	-							
<sup>2</sup> ehitatakse soojuspumpsüsteemide puhul											
<sup>3</sup> puudub, kui ehitatakse soojuspumpsüsteemi koosseisus											
Jahutussüsteem											
	Jahutusperioodi keskmine jahutusastegur										
1 (nt tsentraalne)											
2 (nt SPLIT)											
Lokaalse taastuvenergia süsteemid											
	Päikese-kollektori aktiiv-pindala, m <sup>2</sup>	Päikese-paneelide max võimsus, kW	Tuulegeneraatori nimivõimsus, kW								
	-	-	-								
Vabasoojused											
	Inimesed	Seadmed	Vajustus <sup>4</sup>	Kasutusaste	Kasutusaeg päeva	nädalastundi	päevase				
	W/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	%	d	h					
	3	3	8	0,6	7	24					
<sup>4</sup> elamu vajaduse kasutusaste on 0,1											

Tabel 16 Energiaarvutuse lähteandmed olemasolevale korterelamule [16]

### Energiaarvutuse tulemuste esitamine

Andmed hoone kohta							
Hoone kasutusotstarve	11222 Muu kolme või enama korteriga elamu			<input checked="" type="checkbox"/> Uusehitus			
Address	Pikaliva 22, Tallinn			Oluline rekonstrueerimine			
Ehitusaasta	2018			Rekonstrueerimine			
Kõetav pind	1175,9 m <sup>2</sup>			Olemasolev hoone			
Netopind	1175,9 m <sup>2</sup>						
Energiaühik	119 kWh/(m <sup>2</sup> a) (kWh kõetava pinna ruutmeetri kohta)						
Energiakasutuse kokkuvõte	Hangitud kütuse massi või kogus/a	Tarnitud energia kWh/a	Tarnitud energia kWh/(a m <sup>2</sup> )	Eksporditud energia kWh/a	Eksporditud energia kWh/(a m <sup>2</sup> )	Kaalumis-tegur	Kaalitud energiasutus kWh/(a m <sup>2</sup> )
Elekter	-	43508	37,00	0,00	0,00	2,00	74,00
Maagaas	5724 m <sup>3</sup>	53237	45,27	0,00	0,00	1,00	45,27
...							
Summa	-	-	-	-	-	-	119,27
Summaarne energiasutus	Elekter kWh/a	Soojus kWh/a	Elekter kWh/(a m <sup>2</sup> )	Soojus kWh/(a m <sup>2</sup> )			
Küttesüsteem	-	-	-	-			
Ruumide küte, gaasikatel	1175,90	15326,52	1,00	13,03			
Ventilatsiooni külmumiskaitse	0,00	776,41	0,00	0,66			
Tarbevee soojendamine	0,00	37133,68	0,00	31,58			
Ventilatsioonisüsteem <sup>1</sup>	7449,43	-	6,34	-			
Jahutussüsteem	0,00	0,00	0,00	0,00			
Valgustus	8277,15	-	7,01	-			
Seadmed	26605,12	-	22,63	-			
Summa (tehnosüsteemide summaarne energiasutus)	43507,60	53236,61	36,97	45,27			
<sup>1</sup> ventilatsiooni soojendamine loetakse küttesüsteemi osaks							
Lokaalne taastuv- ja eksporditud energia	Lokaalne taastuv kWh/a	Eksporditud kWh/a	Lokaalne taastuv kWh/(a m <sup>2</sup> )	Eksporditud kWh/(a m <sup>2</sup> )			
Soojusenergia päikeest							
Elekter päikeest							
...							
Netoenergiavajadus	kWh/a	kWh/(a m <sup>2</sup> )					
Ruumide küte <sup>2</sup>	14014,19	11,92					
Ventilatsiooni soojendamine <sup>3</sup>	737,59	0,63					
Tarbevee soojendamine	35277,00	30,00					
Jahutus	0,00	0,00					
<sup>2</sup> sisaldab infiltratsiooni ja ventilatsiooni soojenemise ruumis							
<sup>3</sup> arvutatud koos soojatagastusega							
Energia vabasoolustest	kWh/a	kWh/(a m <sup>2</sup> )					
Päikesekiirgus	13974,17	11,88					
Inimesed	31039,31	26,40					
Valgustus	8277,15	7,04					
Seadmed	18623,58	15,84					
Tehnosüsteemide võimsused	Elekter kW	Soojus kW					
Küttesüsteem	-	24,81					
Jahutussüsteem	0,00	0,00					
Arvutusprogrammi nimi ja versioon	EnergyPlus-8-4-0						
Arvutusprogrammi litsentsi number	-						

Tabel 17 Energiaarvutuse tulemuste tabel olemasolevale korterelamule [16]

## 3.2 Võrdlusanalüüs

Arvutuses käsitletud hoone aastal 2020 realselt tarbitud maagaasi kogus oli 8750 m<sup>3</sup>. Igakuised tarbimised on toodud allolevas tabelis (Tabel 18).

2020.a. igakuised tarbimised		
Jaanuar	945	m <sup>3</sup>
Veebruar	876	m <sup>3</sup>
Märts	613	m <sup>3</sup>
Aprill	593	m <sup>3</sup>
Mai	140,04	m <sup>3</sup>
Juuni	269,56	m <sup>3</sup>
Juuli	332,72	m <sup>3</sup>
August	288,67	m <sup>3</sup>
September	722,44	m <sup>3</sup>
Oktoober	1012,42	m <sup>3</sup>
November	1272,69	m <sup>3</sup>
Detsember	1684,8	m <sup>3</sup>
Summa	<b>8750</b>	m <sup>3</sup> /a

Tabel 18 Olemasoleva hoone aasta 2020 tegelik maagaasi tarbimine

Millistel tingimustel on võimalik jõuda liginullenergia hoone A klassi, mille energiatõhususarv ei tohi ületada 105 kWh/(m<sup>2</sup>·a)?

Jõudmaks liginullenergia (A klass) hoone tingimuste raamesse on tarvis kasutada päikesekollektoreid ja/või –paneele.

Kuna tarbevee soojendamisele kulub suur hulk energiat, siis on mõistlik vähendada selle osakaalu. Arvutustes on seda lubatud vähendada maksimaalselt poole võrra. [8] Arvutustulemustest selgub, et hoone sooja tarbeveele kuluva netoenergia vajadus on 37140 kWh/a, mis on toodud tabelis (Tabel 15). Maksimaalne kogus, mille võrra on tarbeveele kuluvat energiat vähendada on siis 18570 kWh/a. Järgnevalt on toodud arvutuskäik, mille eesmärk on leida vajalik päikesekollektorite pind.

$$Q_{kol} = 945 \cdot A_{kol} \cdot k_{soojus} \cdot k_{suund} , [8]$$

kus  $Q_{kol}$  on päikesekollektorist saadav aastane soojatarbevee soojus kWh/a;

945 on horisontaalpinnale tulev aastane päikesekiirgus kWh/(m<sup>2</sup>·a);

$A_{kol}$  on kollektori aktiivpindala (m<sup>2</sup>), millele ei teki varje;

$k_{soojus}$  on aasta keskmine kollektoriga toodetud soojuse kogukasutegur, mis arvestab kollektori optilisi omadusi ja jahtumiskadusid (täpsemate andmete puudumisel lamekollektoritel 0,4 ja vaakumtorukollektoritel 0,5);

$k_{suund}$  on suunategur, mis arvestab kollektori paiknemist ilmakaare ja horisondi suhtes ( $k_{suund}$  väärtused on toodud tabelis (Tabel 19). [8]

Suunategur  $k_{suund}$  sai valitud suunaga lõuna 180° ning kaldenurgaga horisondi suhtes 5°. Kollektoriteks on valitud vaakumtorukollektorid.

$$A_{kol} = \frac{Q_{kol}}{945 \cdot k_{soojus} \cdot k_{suund}} = \frac{18570 kWh}{\frac{945 kWh}{(m^2 \cdot a)} \cdot 0,5 \cdot 1,05} = 37,4 m^2$$

Selgub, et kollektorite aktiivpindalaks oleks vaja  $37,4 m^2$ , et kasutada ära maksimaalset tarbevee kütmise potentsiaali taastuvate allikate näol.

Kaldenurk horisondi suhtes, °	Ilmakaar							
	Põhi, 0/360°	Kirre, 45°	Ida, 90°	Kagu, 135°	Lõuna, 180°	Edel, 225°	Lääs, 270°	Loe, 315°
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5°	0,95	0,97	1,00	1,04	1,05	1,03	1,00	0,96
10°	0,90	0,93	1,00	1,07	1,09	1,06	0,99	0,92
15°	0,85	0,89	1,00	1,09	1,13	1,08	0,98	0,88
20°	0,79	0,86	0,99	1,12	1,16	1,10	0,97	0,84
25°	0,74	0,81	0,98	1,13	1,18	1,12	0,96	0,80
30°	0,68	0,77	0,97	1,15	1,20	1,12	0,95	0,75
35°	0,63	0,74	0,96	1,15	1,21	1,13	0,93	0,71
40°	0,58	0,70	0,95	1,15	1,22	1,13	0,92	0,68
45°	0,54	0,67	0,94	1,15	1,22	1,12	0,90	0,65
50°	0,50	0,65	0,92	1,14	1,21	1,11	0,88	0,62
60°	0,45	0,60	0,88	1,11	1,18	1,07	0,84	0,58
70°	0,42	0,56	0,83	1,05	1,11	1,02	0,79	0,54
80°	0,39	0,52	0,77	0,97	1,03	0,94	0,73	0,50
90°	0,37	0,48	0,70	0,88	0,93	0,85	0,66	0,46

Tabel 19 Kollektori või paneeli suunategur

Päikesekollektorite kasutamisel lisandub juurde ka kollektorite pumpade elektri vajadusest tekkiv energiakasutus, mis on leitav järgnevalt.

$$E_{kol.pump} = \frac{(50 + 5A_{kol}) \cdot t_{kol.pump}}{1000}, [8]$$

kus  $E_{kol.pump}$  on päikesekollektori ringluspumba aastane elektrikasutus kWh/a;

$A_{kol}$  on kollektori aktiivpindala ( $m^2$ ), millele ei teki varje;

$t_{kol.pump}$  on kollektori ringluspumba töötundide arv aastas h.

Täpsemate andmete puudumisel võib võtta ringluspumba töötundide arvuks  $t_{kol.pump}$  2000 h/a.

$$E_{kol.pump} = \frac{(50 + 5A_{kol}) \cdot t_{kol.pump}}{1000} = \frac{(50 + 5 \cdot 37,4) \cdot 2000}{1000} = 474 kWh/a$$

Eelnevate arvutuste põhjal saab arvutada ETA järgmiselt:

$$\begin{aligned}
ETA &= \\
&= \frac{(E_{küte} + E_{vent} + E_{tarb.vesi}) \cdot f_j + (E_{tarb.veepump} + E_{katla abiseade} + E_{vent} + E_{valgus} + E_{seadmed}) \cdot f_j}{A_{kõetav}} \\
&= \frac{(16201kWh + 3084kWh + 19547kWh) \cdot 1 + (474kWh + 1238kWh + 5228kWh + 8681kWh + 27909kWh) \cdot 2}{1238 m^2 \cdot a} \\
&= 101,7 kWh/(m^2 \cdot a)
\end{aligned}$$

Sellisel puhul on energiatõhususe klass A saavutatud ning soojuspumpasid kasutama ei peaks.

Kui siiski valida küttesüsteemiks õhk-vee soojuspump, mille COP tarbevee tootmiseks on 2,0 ning küttele 3,1. Soojuspumba või -pumpade võimsus peab kokku olema 22,16 kW, et katta maksimaalne vajadus ning seeläbi jätta tipukoormuse katmiseks võimalikult väike vajadus. Ruumide kütte ja sooja vee kütte suhe oleks praegusel juhul 0,5. Tulemuseks on, et osakaaluga 0,92 saab hoone kütte ja soojavee vajaduse katta soojuspumbaga ning ülejäänud osa on saadud elektri lisaküttega.

$\left(\frac{\phi_{sp}^a}{\phi_{ruumid}}\right)^b$	$\left(\frac{Q_{sp,ruumid}^{ruumid}}{Q_{sp,soe\ veesi}^{soe\ veesi}}\right)^c$	Maasoojuspump				Õhk-vesi soojuspump			
		Pealevoolu maksimaalne temperatuur, T <sub>p</sub>				Pealevoolu maksimaalne temperatuur, T <sub>p</sub>			
		30	40	50	60	30	40	50	60
0,30	0,50	0,39	0,39	0,39	0,39	0,33	0,33	0,33	0,33
	1,00	0,47	0,47	0,47	0,47	0,39	0,39	0,39	0,39
	2,00	0,62	0,60	0,58	0,56	0,49	0,48	0,47	0,46
	4,00	0,68	0,65	0,62	0,59	0,56	0,54	0,52	0,50
0,40	0,50	0,52	0,52	0,52	0,52	0,44	0,44	0,44	0,44
	1,00	0,67	0,66	0,65	0,64	0,52	0,52	0,52	0,52
	2,00	0,78	0,75	0,72	0,70	0,63	0,61	0,60	0,58
	4,00	0,84	0,79	0,76	0,73	0,68	0,65	0,63	0,61
0,50	0,50	0,65	0,65	0,65	0,65	0,54	0,54	0,54	0,54
	1,00	0,82	0,80	0,78	0,76	0,65	0,64	0,64	0,63
	2,00	0,90	0,87	0,84	0,81	0,73	0,71	0,69	0,68
	4,00	0,92	0,89	0,86	0,83	0,78	0,75	0,72	0,70
0,60	0,50	0,81	0,80	0,79	0,78	0,64	0,64	0,64	0,64
	1,00	0,92	0,90	0,88	0,86	0,75	0,74	0,72	0,72
	2,00	0,95	0,93	0,91	0,89	0,82	0,79	0,77	0,75
	4,00	0,96	0,94	0,92	0,90	0,84	0,82	0,80	0,77
0,70	0,50	0,92	0,90	0,88	0,87	0,73	0,73	0,73	0,73
	1,00	0,97	0,95	0,94	0,92	0,83	0,81	0,80	0,78
	2,00	0,98	0,96	0,95	0,93	0,87	0,85	0,83	0,82
	4,00	0,98	0,97	0,95	0,94	0,89	0,87	0,85	0,83
0,80	0,50	0,97	0,96	0,95	0,94	0,81	0,80	0,80	0,79
	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,88	0,87	0,85	0,84
	2,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,90	0,89	0,88	0,86
	4,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,91	0,90	0,88	0,87
0,90	0,50	0,99	0,98	0,98	0,97	0,89	0,88	0,88	0,87
	1,00	1,00	0,99	0,98	0,97	0,92	0,91	0,90	0,89
	2,00	1,00	0,99	0,98	0,98	0,92	0,91	0,90	0,89
	4,00	1,00	0,99	0,98	0,97	0,92	0,91	0,90	0,89
1,00	0,50	1,00	0,99	0,99	0,98	0,92	0,92	0,91	0,90
	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,93	0,92	0,92	0,91
	2,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,93	0,92	0,92	0,91
	4,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,93	0,92	0,91	0,90

Tabel 20 Soojuspumbaga toodetud kütte ja tarbevee netoenergia osakaalud [8]  
Soojuspumbaga küttesüsteemi elektrienergia kasutus arvutatakse valemiga: [8]

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

kus  $E_{sp}$  on soojuspumbaga küttesüsteemi elektrienergia kasutus 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 kütisel;

$SPF_{soe\ veesi}$  on soojuspumba aasta keskmine soojustegur tarbevee soojendamisel;

$E_{lisaküte}$  on elektriline lisaküte kWh.

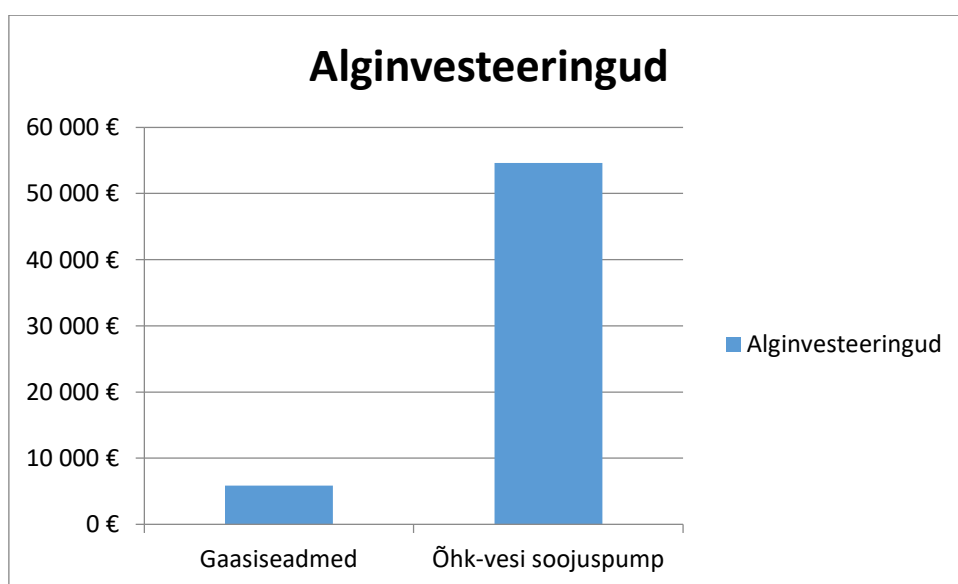
Tulemuseks on see, et hoone ETA on 110,7 kWh/(m<sup>2</sup>·a), mis on 6 kWh/(m<sup>2</sup>·a) parem, kui gaasikateldega küttes. A klassi jõudmiseks on siinkohal samuti vajalik kasutada

päikesekollektoreid või –paneele. Teine variant oleks parendada hoone tarindeid nende U-arvude väärtuseid langetades ehk soojustust parendades.

### 3.3 Gaasikatelde ja õhk-vesi soojuspumpade alginvesteeringud korterelamule

Hoone projektis oli kasutatud kahte gaasikatelt, mille mõlema võimsus oli 70 kW, ehk koguvõimsus 140kW. Gaasikatla näite variandiks on võetud seade „Buderus Logamax Plus GB162 70“. Ühe seadme hind koos maksudega on 2935 €. See teeb kahe seadme koguhinnaks 5870 €. Saavutamaks sarnast võimsust õhk-vesi soojuspumpasid kasutades, oleks vaja näiteks kaksteist 12 kW-se võimsusega „Electrolux ESVMO-SF-MF-120“ õhk-vesi soojuspumpa. Ühe seadme hind oleks koos maksudega 4550 € ning koguhinnaks teeks see 54600 €. [17]

Seadmetesse investeerimise hinnasuhe oleks sel juhul 9,3 korda gaasiseadmete kasuks, mida illustreerib joonis (Joonis 17).



Joonis 17 Seadmete alginvesteeringud

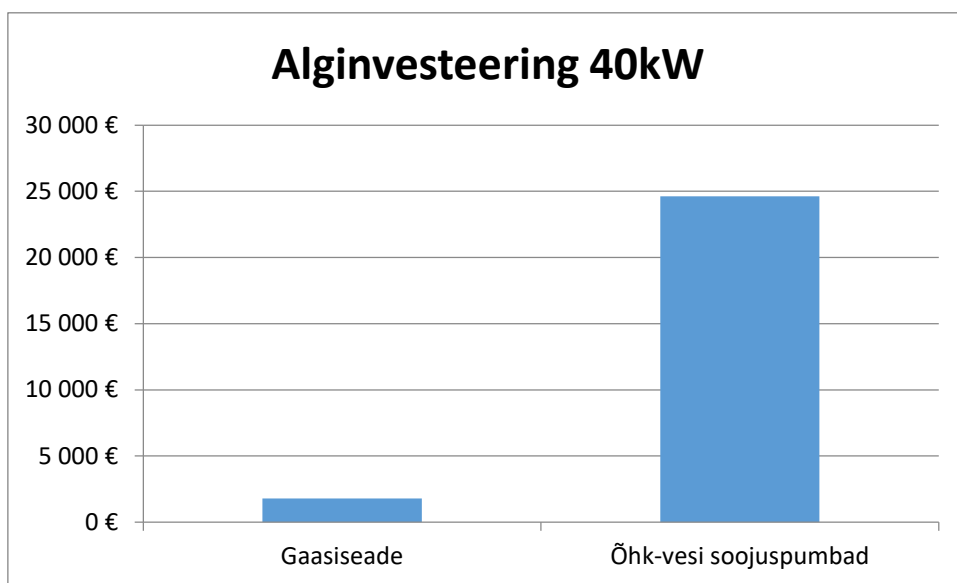
#### 3.3.1 Võimsusel 40 kW olevate seadmete maksumus ning energiatõhusus

Võrdleme veel 40 kW võimsusega süsteeme. Milline oleks sellise süsteemi alginvesteering õhk-vesi soojuspumbale ning milline maagaasiseadmele? Valitakse sellised seadmed, mille tootjapoolne kasutegur on kõrge. Maagaasi puhul saaks valida

seadme, mille kasutegur on 109 %. Näiteks sobiks gaasikondensatsioonikatel „Logamax plus GB172i“, mille hind on 1795 €.

Õhk-vesi soojuspumpasid on valitud 4 ning ühiku võimsus on 10 kW. Soojuspumba tootekood on „Nibe Split ACVM270“ ja „AMS10-12“. [18] Ühe seadme hind on 6158 €. [17] Nelja seadme kogumaksumuseks oleks 24632 €.

Alginvesteering õhk-vesi soojuspumpadele oleks eelneva näite puhul 13,7 korda maagaasiseadme kasuks. Olukorda illustreerib allolev joonis (Joonis 18).



Joonis 18 Alginvesteering 40kW seadmetele

Milliseks kujuneks antud seadmete kasutamisel energiatõhususarv?

Maagaasi puhul oleks olukord järgmine, kui kasutatud on samu netoenergiavajadusi, mis tabelis (Tabel 15) ning mudeli lähteandmed on need, mis tabelis (Tabel 14).

Kasutatud on sel puhul gaasiseadme kasutegurit 109%, mis on ka energiaarvutustes lubatud, kui andmed on saadud gaasiseadme tootja andmetest. [8]

ETA oleks efektiivset maagaasiseadet kasutades 110,7 kWh/(m<sup>2</sup>·a), nagu seda on tabelis (Tabel 21)



**Andmed hoone kohta**

Hoone kasutusotstarve Olemasolev hoone

Aadress Mudelarvutus

Ehitusaasta -

Kõetav pind 1238

Madala temp. Seadega 1 -

Netopind 1238

**Energiatõhususarv****Energiatõhususarv B** 110,7**B - Energiaõhususarv ilma lokaalselt toodetud elektrita**

Energiaka sutuse kokkuvõte	Hangitud kütused massi või mahuühik	Tarnitud energia kWh/a	Tarnitud energia kWh/(a*m2)	Eksporditud energia kWh/a	Eksporditud energia kWh/(a*m2)	Kaalumis- tegur -	Kaalutud energiakas
Elekter	-	43055,67	34,78			2	69,6
Maagaas Kütus 2	5471,131 m3	50881,51	41,10			1	41,1
...							
<b>Summa</b>							<b>110,7</b>

Lokaalselt toodetud ja eksporditud energia	Lokaalselt toodetud		Eksporditud		Omatarbe osakaal
	kWh/a	kWh/(a*m2)	kWh/a	kWh/(a*m2)	%
Soojusenergia päikesest	-	-	-	-	-
Elekter päikesest	-	-	-	-	-

Summaarne energiakasutus	Elekter kWh/a	Soojus kWh/a	Elekter kWh/(a*m2)	Soojus kWh/(a*m2)
Küttesüsteem	-	-	-	-
Ruumide küte, gaasikatel	0	14120	0	11,41
Ventilatsiooniõhu soojendamine	0	2688	0	2,17
Tarbevee soojendamine	0	34073	0	27,52
Abiseadmete elekter	1238	0	1	0
Ventilatsioonisüsteem1	5228	0	4,22	0
Jahutussüsteem	0	0	0	0
Abiseadmete elekter	0	0	0	0
Valgustus	8681	0	7,01	0
Seadmed	27909	0	22,54	0
Summa (tehnosüsteemide summaarne energiakasutus)	43055,67	50881,51	34,78	41,10

**1 - ventilatsiooniõhu soojendamine loetakse küttesüsteemi osaks**

Netoenergiavajadus	kWh/a	kWh/(a*m2)
Ruumide küte2	14776	11,9
Ventilatsiooniõhu soojendamine3	2930	2,4
Tarbevee soojendamine	37140	30,0
Ruumide jahutus	-	-
Ventilatsiooniõhu jahutus	-	-

2 - sisaldab infiltratsiooniõhu ja ventilatsiooniõhu soojenemise ruumise

3 - arvatatud koos soojustagastusega

Tabel 21 Efektiivse gaasiseadmega ETA

Kuna Eesti tingimustes on aluseks võetud külm kliima, siis võib juhtuda, et heade seadmete puhul muutub COP kehvemaks, kui seda on määruses nr.58. Kui kasutada õhk-vesi soojuspumpa, mille energiamärgisel toodud sesoonne primaarenergiale

taandatud külma kliima kasutegur protsentides küttele ja tarbevee soojendamisele on vastavalt 133% ja 88% (Lisa 3), siis on COP vastavalt 3,02 ja 2,00. Samas oli määruuses nr.58 ruumide kütteks määratud COP 3,10. See tähendab seda, et seadus võib mõnel juhul soosida soojuspumpade soojustegureid. [18]

Juhul, kui kasutada tootja poolt antud andmeid muutub ETA järgmiseks nagu tabelis (Tabel 22).

<b>Andmed hoone kohta</b>								Olemasolev hoone
Hoone kasutusotstarve								
Aadress	Mudelarvutus							
Ehitusaasta	-							
Kõetav pind	1238							
Madala temp. Seadega pind	-							
Netopind	1238							
<b>Energiatõhususarv</b>								
<b>Energiatõhususarv B</b>	111,0							
<b>B - Energiatõhususarv ilma lokaalselt toodetud elektrita</b>								
Energiakasutuse kokkuvõte	Hangitud kütused	Tarnitud energia	Tarnitud energia	Eksporditud energia	Eksporditud energia	Kaalumis- tegur	Kaalutud energiakasutus	
	kogus/a	massi või mahuühik	kWh/a	kWh/(a*m2)	kWh/a	kWh/(a*m2)	-	
Elekter	-	-	68683,32	55,48	-	-	2	
Maagaas								
...								
<b>Summa</b>							<b>111,0</b>	
Lokaalselt toodetud ja eksporditud energia		Lokaalselt toodetud		Eksporditud		Omatarbe osakaal		
		kWh/a	kWh/(a*m2)	kWh/a	kWh/(a*m2)	%		
Soojusenergia päikesest		-	-	-	-	-		
Elekter päikesest		-	-	-	-	-		
<b>Summaarne energiakasutus</b>		<b>Elekter</b>	<b>Soojus</b>	<b>Elekter</b>	<b>Soojus</b>			
		kWh/a	kWh/a	kWh/(a*m2)	kWh/(a*m2)			
Küttesüsteem		-	-	-	-			
Ruumide küte, Soojuspump		5683	-	4,59	-			
Ventilatsiooniõhu soojendamine		1127	-	0,91	-			
Tarbevee soojendamine		20056	-	16,20	-			
Abiseadmete elekter		-	-	-	-			
Ventilatsioonisüsteem1		5228	0	4,22	-			
Jahutussüsteem		0	0	0	-			
Abiseadmete elekter		0	0	0	-			
Valgustus		8681	0	7,01	-			
Seadmed		27909	0	22,54	-			
<b>Summa (tehnosüsteemide summaarne energiakasutus)</b>		<b>68683,32</b>	<b>0,00</b>	<b>55,48</b>	<b>0,00</b>			
<b>1 - ventilatsiooniõhu soojendamine loetakse küttesüsteemi osaks</b>								
<b>Netoenergiavajadus</b>		<b>kWh/a</b>	<b>kWh/(a*m2)</b>					
Ruumide küte2		14776	11,9					
Ventilatsiooniõhu soojendamine3		2930	2,4					
Tarbevee soojendamine		37140	30,0					
Ruumide jahutus		-	-					
Ventilatsiooniõhu jahutus		-	-					
<b>2 - sisaldab infiltratsiooniõhu ja ventilatsiooniõhu soojenemise ruumise</b>								
<b>3 - arvatud koos soojustagastusega</b>								

Tabel 22 Efektive õhk-vee soojuspumpaga ETA

### 3.3.2 Järeldus efektiivse gaasiseadme ja soojuspumba kohta

Eelnevast saab kokku võtta, et õhk-vesi soojuspumpade soetamisele tehtav alginvesteering on 140kW süsteemi puhul 9,3 korda kallim. Õhk-vesi soojuspumba puhul, mille võimsus on 40kW, aga 13,7 korda kallim kui gaasisüsteemi puhul. Samas jääb energiatõhususe poole pealt situatsioon samaks ning viimasel juhul, kui oli võrreldud süsteeme 40kW võimsusega, oli gaasiseadmega tehtud ETA 0,3 kWh/(m<sup>2</sup>·a) parem, kui soojuspumbaga.

#### Millised oleksid olnud tarbimiskoha tõenäolised kulud ostetud energiale?

Võtame esimesena olukorra, kus tarbiti maagaasi. Kulud energiale kokku olid arvestatud, kui arvati näidisaastaks aasta 2019 hinnad. Kui kalliks osutusid hoone kütte ja tarbevee soojendamise vajaduse rahuldamiseks tehtud kulutused on näidatud järgnevalt. Tarbitud energia on võetud tabelist (Tabel 21), kus tarnitud energia gaasile oli 50,88 MWh/a ehk 183,17 Gj/a.

Konkurentsiamet aruandest selgub, et keskmine hind antud kodutarbijale oleks 2019 aasta andmetel 37,67 €/MWh. Hind sisaldab lisaks gaasi hinnale ka võrgutasu ja aktsiisi (ei sisalda käibemaksu).

Tarbijagrupp	Hind 2018,	Hind 2019,	Muutus
	€/MWh	€/MWh	%
Kodutarbija, aastatarbimine < 20 GJ	40,15	43,35	8,0
Kodutarbija, aastatarbimine 20 - 200 GJ	34,41	37,67	9,5
Kodutarbija, aastatarbimine > 200 GJ	32,98	36,31	10,1
Vabatarbija, aastatarbimine < 1000 GJ	33,46	36,73	9,8
Vabatarbija, aastatarbimine 1000 - 10000 GJ	32,02	35,23	10,0
Vabatarbija, aastatarbimine 10 - 100 TJ	31,55	33,84	7,3
Vabatarbija, aastatarbimine 100 - 1000 TJ	31,55	31,63	0,3
Vabatarbija, aastatarbimine 1000 - 4000 TJ	30,59	29,17	-4,6

Tabel 23 Gaasi lõpptarbija keskmised hinnad [19]

Teisel juhul, kui oli kasutatud õhk-vesi soojuspumpa (Tabel 22), oleks elektri tarbimine küttele ja tarbevee soojendamisele olnud 26,87 MWh/a. Keskmine elektri hind, mis on leitav tabelist (Tabel 24), 2019 aastal oli 121,97 €/MWh ilma käibemaksuta.

Hinnakomponendid	Ühik	Tarbija
Võrguteenus (põhitariif)	€senti/kWh	5,85
Elektrienergia hind ilma võrguteenuseta	€senti/kWh	4,86
Elektriaktsiis	€senti/kWh	0,447
Taastuenergia toetus	€senti/kWh	1,04
Lõpptarbija hind käibemaksuta	€senti/kWh	12,197
Käibemaks 20%	€senti/kWh	2,44
<b>Lõpptarbija hind koos käibemaksuga</b>	<b>€senti/kWh</b>	<b>14,64</b>

Märkused: Elektrihinna aluseks on võetud Nord Pool Eesti hinnapiirkonna 2019. aasta keskmine hind + keskmine marginaal 0,270 €senti/kWh. Võrguteenuse hinna aluseks on võetud Elektrilevi OÜ hinnakiri pakett nimega „Võrk 2“

Tabel 24 Elektrienergia hind kodutarbijale 2019. aastal (põhitariifi alusel) [19]

Esimesel juhul saab järeldada, et aastas kulutati gaasienergia peale orienteeruvalt 1916,64 €, mis on ilma käibemaksuta. Teine juhtum, kus oli kasutusel soojuspump, annab kulutatud energia hinnaks orienteeruvalt 3277,33 €. Allpool on toodud tabel (Tabel 25), kus hinnad on võrdluseks. Maagaasi kogused on arvutatud suhtega alumisse kütteväärtusesse 9,3 kWh/m<sup>3</sup>.

Arvutus/reaalne tarbimine	Küttesüsteem	Energiakandja	Tarbitud kogus	Kütuse kogus	Hind	Hind
-	-	-	MWh/a	m <sup>3</sup> /a	eur/MWh	eur/a
Arvutus	Gaasikatlad	Maagaas	50,88	5471	37,67	1916,65
Arvutus	Õhk-vesi soojuspump	Elekter	26,87	-	121,97	3277,33
Reaalne aastal 2020 tarbitud kogus	Gaasikatlad	Maagaas	81,37	8750	37,67	3065,21

Tabel 25 Energiahindade võrdlus arvutustele ja reaalsele tarbimisele

## KOKKUVÕTE

Magistritöö koostati, et anda ülevaade maagaasi tarbimisest ning tuua välja selle tarbimist mõjutavad tegurid. Ülevaatlikult uuriti ka energiatõhususe nõudeid ning määrustest tulenevat infot.

Päikeseenergia süsteemid on kohustuslikud ka juhul, kui hoone on võimalik saada liginullenergia klassi ilma nendeta. Toodud on välja ka põhjused, mis puhul ei pea päikeseenergia süsteeme kasutama. Juhul, kui päikeseenergia süsteemide rajamine ei ole tehniliselt või majanduslikult põhjendatud, saab hoone jätta ka madalenergia klassi. Samuti ka nõuete järgijatelt ehk tarbijatelt saadud infot on analüüsitud ning järeldatud, et suur osa tarbimisest on sõltuvuses tarbijate enda harjumustest. Hoonete tulevast energiatõhusust määrab oluliselt ka elanike enda teadlikkus energia kokkuhoidmise viisidest.

Töös on kirjeldatud ka kaalumistegureid ning seda, mis need on ning kuidas need on saadud. Samuti ka seda, millised numbrilised suurused kehtivad erinevatele kütustele. Suureneva biogaasi, ning tulevikus arvatavasti ka vesiniku, mahuga jaotustorustikes peaks kaaluma ka võimalust kasutada hoonetes biokütustele kehtivat kaalumistegurit.

Eesmärkide seadmiseks koostati dünaamilised arvutused ning analüüsi energiatõhusate hoonete olulisemaid tegureid nagu tarindid, soojustus, kütte- ja ventilatsioonisüsteemid ning lokaalselt toodetud sooja tarbevett.

Kahtlemata pakuvad tänapäevased uudsed tehnoloogiad suurt konkurentsi maagaasile, kui kütteallikale. Seda eriti, kui arvestada sellega, et üha määravamaks saab energiatõhusus läbi ühiskondliku teadmise suurenemise ning määruste. Soojuspumbad pakuvad juba praegu tugevat konkurentsi maagaasil töötavatele seadmetele, kuid hetkel on efektiivsete soojuspumpade investeerimiskulud liialt ebasoodsad, et jätta kaalumata maagaasi kasutamine, juhul kui selleks on võimalus. Lisaks on elektri ühiku hind tunduvalt kallim kui on maagaasi ühiku hind ning ka tuleviku kulusid energiale peab hoolikalt kaaluma.

Magistritöö kolmandas peatükis arvutati olemasoleva korterelamu energiatõhusus ning võrreldi seda esmase energiatõhususarvutusega. Võrreldi gaasikondensatsioonikatelt kasutatavat hoonet õhk-vesi soojuspumpasid kasutava hoonega. Hinnatud sai alginvesteeringuid erinevatele süsteemidele ning eeldatavaid energiale kuluvaid kulusi. Tuginedes arvutustele ning kasutatud kütteseadmetele, mis on efektiivsed, sai järeldatud, et hetkel on maagaasi süsteemidesse investeerimine ja nende käitamine odavam, kui õhk-vesi soojuspumpade kasutamine.

# ABSTRACT

This master's thesis was put together to give an overlook of the usage of natural gas and the factors that influence its usage. Energy efficiency requirements and different regulations were analyzed.

Solar energy systems are mandatory even if the building has the possibility to be near zero energy building without solar energy systems. Given are reasons when the solar energy systems are not required to be used. In the case when constructing solar energy systems are not technically or economically justified the building can be built as low energy building. Also the information from the consumers has been analyzed and concluded that great amount of energy usage is dependent on the habits of consumers themselves. The future energy efficiency of the buildings is greatly determined by the knowledge of the inhabitants on energy efficiency.

In this paper the weighting factors for the fuels have been described and that how they have been obtained. Also the numbers that are accounted to every sort of fuel type have been given. With the increasing amount of biogas in the distribution piping and also with the possibility of hydrogen it should be considered how the weighting factors for biofuels are numbered for the buildings.

For the setting of the goals, dynamic models were created and analyzed how energy efficient buildings are obtained. By analyzing important factors such as building constructions, insulations, heating and ventilation systems and locally produced hot water.

Undoubtedly new technologies are competing with natural gas as a fuel source. Even more when taking into account the fact that energy efficiency is being recognized by greater public and enforced by the new regulations. Heat pumps are already presenting strong competition to the equipment using natural gas. Right now the investment expenses for effective heat pumps are unfavorable and natural gas systems cannot be overlooked. Even more when there is a good opportunity to use natural gas from the pipeline. In addition the electricity unit price is considerably more expensive than the unit price of natural gas for heating. The future energy expenditure must be carefully considered when choosing new heating systems.

In the master's thesis third chapter the energy efficiency of an existing apartment building was calculated and compared with the previously issued energy efficiency calculation. Gas condensing boiler was compared with air-to-water heat pump in the building. Initial investment for different systems and the expected future energy cost

was valued. Based on the calculations and the used heating systems that were of high efficiency it was concluded that right now investing in natural gas systems and operating them is much cheaper than air-to-water heat pumps.

## KASUTATUD KIRJANDUS

- [1] „Natural gas explained: use of natural gas,” EIA, 30 November 2020. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.eia.gov/energyexplained/natural-gas/use-of-natural-gas.php>. [Kasutatud 15 Aprill 2021].
- [2] Statistikaamet, „Statistika andmebaas”, Statistikaamet, [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://andmed.stat.ee/et/stat>. [Kasutatud 03 Aprill 2021].
- [3] Elering AS, „Eesti pikaajaline gaasitarbimise prognoos,” Tallinn, 2016.
- [4] Elering AS, „Gaasituru käsiraamat,” [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://elering.ee/gaasituru-kasiraamat>. [Kasutatud 10 Mai 2021].
- [5] „GaasiHind.ee,” [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://gaasihind.ee/gaasimuujad/>. [Kasutatud 17 Aprill 2021].
- [6] „GASPOOL,” [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.gaspool.de/en/services/balancing-group-manager/compensation-energy/prices-for-compensation-energy/monthly-average-price>. [Kasutatud 13 Aprill 2021].
- [7] Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, „Hoone energiatõhususe miinimumnõuded1,” Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, 11 Detsember 2018. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.riigiteataja.ee/akt/107072020011?leiaKehtiv>. [Kasutatud 5 Aprill 2021].
- [8] Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, „Hoone energiatõhususe arvutamise meetodika1,” Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, 05 Juuni 2015. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.riigiteataja.ee/akt/107072020012>. [Kasutatud 15 Aprill 2021].
- [9] TTÜ Soojustehnika instituut, TTÜ Ehitiste projekteerimise instituut, Kaugkütte Kaalumistegurid, Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool, 2016.
- [10] Elering AS, Elering AS, Veebruar 2021. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://elering.ee>. [Kasutatud 4 Aprill 2021].
- [11] Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, „Energiamajanduse arengukava aastani 2030,” Tallinn, 2016.
- [12] Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, „Nõuded energiamärgise andmisele ja energiamärgisele1,” Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, 30 Aprill 2015. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav:



- <https://www.riigiteataja.ee/akt/107072020013?leiaKehtiv>. [Kasutatud 15 Aprill 2021].
- [13] Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, Tallinna Tehnikaülikool, „Hoonete rekonstrueerimise pikaajaline strateegia,” Tallinn, 2020.
- [14] KredEx, „Liginullenergiahoonete projektid ja juhendmaterjalid,” [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.kredex.ee/et/energiatohusus/uute-hoonete-energiatohusus>. [Kasutatud 24 Märts 2021].
- [15] „kyte.ee,” [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://kyte.ee>. [Kasutatud 06 Mai 2021].
- [16] Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, „Ehitisregister,” [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://livekluster.ehr.ee/ui/ehr/v1>. [Kasutatud 01 Mai 2021].
- [17] „Kodukolle24.ee,” [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://kodukolle24.ee/et>. [Kasutatud 20 Mai 2021].
- [18] NIBE, „Nibe.eu,” [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.nibe.eu/ee/et/tooted/soojuspumbad/ohk-vesisoojuspumbad/split-acvm-270>. [Kasutatud 20 Mai 2021].
- [19] Konkurentsiamet, „ARUANNE ELEKTRI-JA GAASITURUST EESTIS 2019-2020,” Konkurentsiamet, 2021. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: [https://www.konkurentsiamet.ee/sites/default/files/euroopa\\_aruanne-2019-2020.pdf](https://www.konkurentsiamet.ee/sites/default/files/euroopa_aruanne-2019-2020.pdf). [Kasutatud 21 Mai 2021].

# LISAD

## Lisa 1. Gaasi kvaliteet

Kuu keskmine gaasi kvaliteet Average monthly gas quality		Veebruar February	2021 2021	
Kuu keskmine gaasi koostis Monthly average gas composition		Kuu keskmised gaasi omadused Monthly average gas properties		
Komponent Component	mol % mole %	Gaasi parameeter parameter	Gas Ühik Unit	25/0 °C   25/20 °C
metaan methane	96,124	Alumine kütteväärtus Inferior calorific value	kWh/m <sup>3</sup>	10,20   9,502
etaan ethane	2,333	Ülemine kütteväärtus Superior calorific value	kWh/m <sup>3</sup>	11,31   10,53
propaan propane	0,535	Wobbe arv Wobbe index	kWh/m <sup>3</sup>	14,87   13,85
n-butaan n-butane	0,088	Metaani arv Methane number	-	87
2-metüülpropaan i-butane	0,079	Tihedus Density	kg/m <sup>3</sup>	0,7481   0,6967
lämmastik nitrogen	0,681	Suhteline tihedus Relative density	-	0,5786   0,5784
süsihappegaas carbon dioxide	0,128	Vee kastepunkt Water dew point H <sub>2</sub> O DP	°C	-26,65
2,2 dimetüülpropaan neo C5	0,000	Vee kastepunkti gaasi rõhk Gas pressure of H <sub>2</sub> O DP	bar (abs)	35,58
2-metüülbutaan i-pentane	0,012	Süsihainete kastepunkt Hydrocarbons dew point HC DP	°C	-11,72
n-pentaan n-pentane	0,008	Süsihainete kastepunkti rõhk Gas pressure of HC DP	bar (g)	27,0
süsihainete fraktsioonid hydrocarbon fractions C6+	0,008	Kogu väävel Total Sulphur	mg/m <sup>3</sup>	1,60   1,49
hapnik oxygen	0,003	Vesinik + karbonüülsulfiid Hydrogen+Carbonyl sulfide	mg/m <sup>3</sup>	1,51   1,40
vesinik hydrogen	0,001	Merkaptaanväävel Mercaptan sulfur	mg/m <sup>3</sup>	0,06   0,05

Lisa 1 Gaasi kvaliteet [10]

## Lisa 2. Kondensatsioonitüüpi gaasiküttekatel



Kondensatsioonitüüpi gaasiküttekatlad



### Condens 2300i W



Kondensatsioonitüüpi gaasiküttekatel keskkütteks ja kuumaveeboileri soojendamiseks (...P) või keskkütteks ja tarbevee soojendamiseks läbivoolurežiimis (...C).

- ▶ Pidev võimsuse reguleerimine 1 : 10 (leegi moduleerimine)
- ▶ Juht- ja vigade diagnostika moodul ACU LO-1
- ▶ Integreeritud A-klassi pump, 6 l paisupaak ja vastavalt välistemperatuurile juhtimise funktsioon
- ▶ Alumiiniumi ja räni sulamist soojusvaheti
- ▶ Ümberseadistatav kütmiseks vedelgaasiga, kasutades ümberseadistamise komplekti
- ▶ Toetab mooduleid Bosch KEY (Control-Key)
- ▶ Paigaldusplaat (nr 492), S-torud paigaldusplaadi jaoks ja väline sifoon (nr 432) tuleb tellida eraldi

Tüüp		Värvus	Tellimisnr	Hind (EUR)	Hind koos KM-ga (EUR)
GC2300iW 15P *	■ A	valge	7 736 901 536	1051,92	1262,30
GC2300iW 24P *	■ A	valge	7 736 901 537	1192,31	1430,77
GC2300iW 15/25C	■ A ■ A	valge	7 736 901 535	1188,46	1426,15
GC2300iW 24/25C	■ A ■ A	valge	7 736 901 534	1213,46	1456,15

### Tehnilised andmed

		GC2300iW				
		15P	24P	15/25C	24/25C	
Maksimaalne soojusvõimsus kütmiseks (40/30 °C)	kW	16,2	25,2	16,2	25,5	
Maksimaalne soojusvõimsus kütmiseks (80/60 °C)	kW	15,0	24,0	15,0	24,0	
Minimaalne soojusvõimsus kütmiseks (40/30 °C)	kW	2,3	3,0	3,4	3,4	
Minimaalne soojusvõimsus kütmiseks (80/60 °C)	kW	1,9	3,1	3,0	3,0	
Maksimaalne soojusvõimsus tarbevee soojendamiseks	kW	15,0	24,0	25,0	25,0	
Gaasitarve nominaalsel koormusel	Maagaas H	m <sup>3</sup> /h	1,56	2,54	2,62	2,62
	Vedelgaas	kg/h	1,35	2,08	2,24	2,24
Sooja tarbevee tootlus vastavalt standardile EN 13203 (ΔT = 30 K)	l/min	-	-	12,2	12,2	
Pealevoolu maksimaalne temperatuur	°C	82				
Gaasiühendus	R	¾"				
Peale/tagasivoolu ühendus	R	¾"				
Külma/sooja tarbevee ühendus	R	½"				
Suitsugaasitoru ühendus	mm Ø	80/125				
Paisupaak (kogumaht)	l	6				
Keskkütte hooajaline energiatõhusus	%	93	94	93	94	
Elektritarve ooterežiimis	W	2,7				
Müratase	dB(A)	43	44	39	44	
Mõõtmed: kõrgus × laius × sügavus	mm	713 x 400 x 300				
Mass (ilma pakendita)	kg	36				

\* Saadaval alates 08.2019, kuni selle ajani on võimalik tellida gaasiküttekatlad ZSB 14/24-1 DE

## Lisa 2 Kondensatsioonitüüpi gaasiküttekatel [15]

### Lisa 3. Nibe õhk-vesi soojuspump

Supplier's name:	NIBE		
Model:	AMS10-12 + ACVM270		
Temperature application	35	55	°C
Declared load profile for water heating	XL		
Seasonal space heating energy efficiency class, average climate:	<b>A++</b>	<b>A++</b>	
Water heating energy efficiency class, average climate:	<b>A</b>		
Rated heat output, average climate:	8,5	10,0	kW
Annual energy consumption for space heating, average climate	4132	6406	kWh
Annual electricity consumption for water heating, average climate	1702		kWh
Seasonal space heating energy efficiency, average climate:	167	126	%
Water heating energy efficiency, average climate:	98		%
Sound power level LWA indoors	35		dB
Rated heat output, cold climate:	11,0	11,0	kW
Rated heat output, warm climate:	12,0	12,0	kW
Annual energy consumption for space heating, cold climate	7968	9794	kWh
Annual electricity consumption for water heating, cold climate	1904		kWh
Annual energy consumption for space heating, warm climate	2759	3424	kWh
Annual electricity consumption for water heating, warm climate	1551		kWh
Seasonal space heating energy efficiency, cold climate:	133	108	%
Water heating energy efficiency, cold climate:	88		%
Seasonal space heating energy efficiency, warm climate:	229	184	%
Water heating energy efficiency, warm climate:	108		%
Sound power level LWA outdoors	58		dB

#### Data for package fiche

Controller class	II		
Controller contribution to efficiency	2,0		%
Seasonal space heating energy efficiency of package, average climate:	169	128	%
Seasonal space heating energy efficiency class for package, average climate:	<b>A++</b>	<b>A++</b>	%
Seasonal space heating energy efficiency of package, cold climate:	135	110	%
Seasonal space heating energy efficiency of package, warm climate:	231	186	%

Lisa 3 Nibe õhk-vesi soojuspump [18]