

Kiriku 2-4, Tallinn

**Energiatõhususmeetmed lähtudes Total
Concept metoodikast**

Etapp 3 – Järelmonitooring

Dokument koostatud: Mikk Maivel, Riigi Kinnisvara AS

Versioon: 1

Kuupäev: 2017-06-02

This document has been developed as part of the project “The Total Concept method for major reduction of energy use in non-residential buildings”, supported by Intelligent Energy Europe Programme. Contract number: IEE/13/613/SI2.675832

Project webpage: www.totalconcept.info

November 2016



Co-funded by the Intelligent Energy Europe
Programme of the European Union



Disclaimer

The sole responsibility for the content of this publication lies with the authors. It does not necessarily reflect the opinion of the European Union. Neither the EACI nor the European Commission are responsible for any use that may be made of the information contained therein.

<u>Sisukord</u>	<u>Lehekülg</u>
KOKKUVÕTE	1
SISSEJUHATUS	2
ETAPP 2: ELLUVIIDUD MEETMED	3
ETAPP 3: JÄRELMONITOORING	4
ELLUVIIDUD MEETMETE TASUVUS	6
LISA 1. MEETMETE PAKETT JA NENDE TASUVUS	8
LISA 2. MÕÕTMISTULEMUSED	10
ENERGIAKASUTUSE BILANSS	10



Dokumendi nimetus

ETAPP 3 - JÄRELMONITOORING

Projekti nimi
Kiriku 2-4, Tallinn

Energiaõhususmeetmed lähtudes Total Concept metoodikast

Peatükk / lk

1 (14)

Projektijuht

Mikk Maivel

Projekti number

Kuupäev

2017-06-02

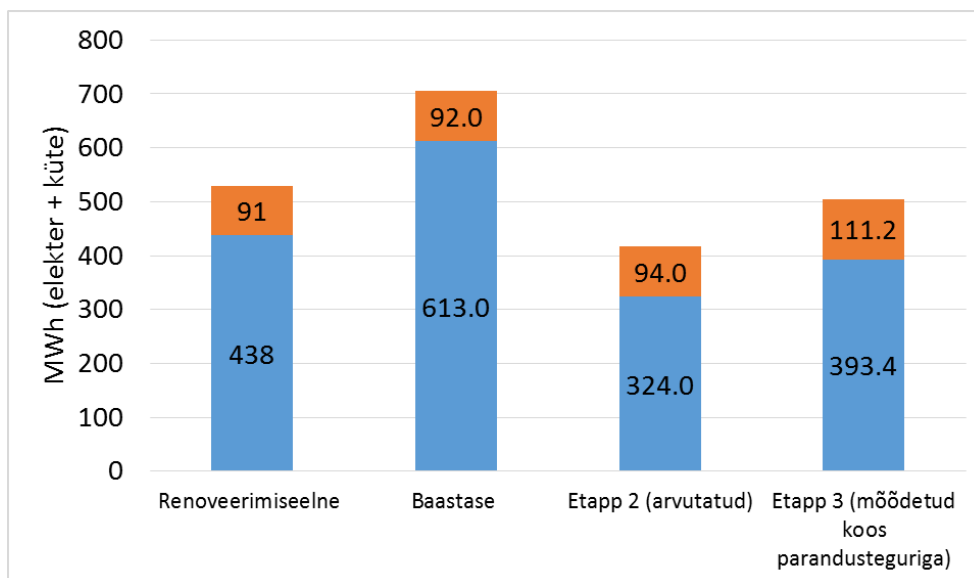
Rev. date

Document version **1**

KOKKUVÕTE

Kiriku 2-4, Tallinn büroohoonele pakuti välja Total Concept metoodika järgi seitse energiaõhususele suunatud meetet eesmärgiga saavutada hoones maksimaalne energiasääst. Tööde esimeses etapis kaardistati hoone. Kuna renoveerimiseelse hoone sisekliima ei vasta kehtivatele nõuetele (õhuvahetus ei olnud piisav) arvutati välja uus baastase millega hoone õhuvahetus oleks normikohane. Arvutusliku baastaseme energiakasutus on ca 34% kõrgem kui renoveerimiseelne energiakasutus. Tellija otsustas väljapakutud paketi realiseerida ja teostada hoone täisrekonstrueerimine. Arvutuslik energiasääst oli 41%.

Järelmonitooringu perioodil tegelik saavutatud energiakasutuse langus oli 28,4%. Etapp 3 tulemused võrreldes eeldatavate tulemustega pärast etapp 1 on esitatud joonisel 1. Mõõdetud tulemusi on korrigeeritud vastavalt hoone tegeliku kasutuse ja eeldatud kasutuse erinevusest tulenevalt.



JOONIS 1 ENERGIAKASUTUS KIRIKU 2-4, TALLINN ENNE REKONSTRUEERIMISMEETMEID, UUS BAASJOON, ARVUTUSLIK ENERGIAKASUTUS MEETMETE REALISEERIMISEL (ETAPP 2) JA TEGELIK MÕÕDETUD ENERGIAKASUTUS PEALE MEETMETE REALISEERIMIST (ETAPP 3).

Eeldatav meetmete läbiviimise tulusus puudus. Esimese aastaga (01.2016-12.2016) järelmonitooringu perioodil säästeti 11655€ (kogu soojusenergiäsäästust on maha võetud täiendav elektrikulu) ning kogu tehtud energiaõhususele suunatud investeering/lisamaksumus oli 360 k€ (kogu hoone rekonstrueerimine 2450 k€). Maksumuse säästu arvutuses on arvestatud kasutusest tingitud parandusteguriga.

	Dokumendi nimetus	Peatükk / lk
	ETAPP 3 - JÄRELMONITOORING	2 (14)
	Projekti nimi	Projekti juht
	Kiriku 2-4, Tallinn	Mikk Maivel
	Energiatõhususmeetmed lähtudes Total Concept metoodikast	Projekti number
Document version 1		Kuupäev
		2017-06-02
		Rev. date

SISSEJUHATUS

Käesolev raport annab ülevaate Kiriku 2-4, Tallinn büroohoone energiatõhususmeetmete rakendamise tulemustest lähtuvalt Total Concept metoodikale.

Peamine meetmete elluviimise eesmärk oli amortiseerunud ajaloolise muinsuskaitse all oleva büroohoone täielik rekonstrueerimine.

Käesolev projekt on osa rahvusvahelisest projektist „Meetod Total Concept energiatõhususe parendamiseks mitteeluhoonetes“ osana, mida toetab programm Intelligent Energy Europe.

Etapp 1 (meetmete paketi koostamine) viidi läbi Kiriku 2-4, Tallinn hoones 2014 sügisel. Ettepanekust valiti välja kõik energiatõhususele suunatud seitse meetet mis realiseeriti 2015 aastal (Etapp 2). Järelmonitooring ja energiakasutuse mõõtmine (Etapp 3) teostati **jaanuar 2016 kuni detsember 2016**. Kuna ehitustööd toimusid hoones kuni mai 2016, siis hoone rekonstrueerimisjärgsest kasutusest annab ülevaate periood juuli-detsember mil hoone lõppkasutaja kasutas hoonet sihtotstarbeliselt. Mõõdetud tegelik sääst ei ole lühikese monitooringuperioodi tõttu kõige adekvaatsem ja vajab täpsustamist august 2017, mil hoonet on kasutatud üks täisaasta.

Järgnevad inimesed on kaasatud järelmonitooringu teostamisse:

Partner	Kontakt
Riigi Kinnisvara AS	
Mikk Maivel – energiatõhususeprojekti juht	Mikk.maivel@rkas.ee
Gert Rahnel - haldur	Gert.rahnel@rkas.ee
Pristis AS	
Jevgeni Nozdrev – hooneautomaatika programmeerija	Jevgeni.nozdrev@pristis.ee

Meetmete paketi elluviimise (Etapp 2) projekteerimistööd teostas AS Amhold ning hoone rekonstrueeris OÜ Nordlin Ehitus. Analüüsi ja jälgimise viis läbi Riigi Kinnisvara AS.

Mõõtmiste plaan

Järelmonitooring ja mõõtmised teostati vastavalt mõõtmisteplaanile mis pandi kokku Etapp 2-s. Hoone rekonstrueerimisel paigaldati hoonesse täiendavaid energiaarvesteid ning analüüs põhineb järgnevatel mõõtetel:

- Hoone peaelektriarvesti
- Hoone kaugküttearvesti;
- Radiaatorkütte allarvesti;



Dokumendi nimetus

ETAPP 3 - JÄRELMONITOORING

Projekti nimi

Kiriku 2-4, Tallinn

Energiaõhususmeetmed lähtudes Total Concept metoodikast

Peatükk / lk

3 (14)

Projekti juht

Mikk Maivel

Projekti number

Kuupäev

2017-06-02

Rev. date

Document version 1

- Põrandkütte allarvesti;
- Ventilatsioonikütte allarvesti;
- Peaveearvesti
- Ventilatsiooni elektri allarvesti;
- Jahutuse elektri allarvesti;

Allarvestite analüüs on teostatud perioodil mai-detsember 2016.

ETAPP 2: ELLUVIIDUD MEETMED

Etapp 1s koostatud meetmete pakett asub Lisa 1s. Kokku realiseeriti kõik kuus energiasäästumeedet:

- Küttegaafiku seadistamine.
- Kütte ringluspumba asendamine.
- Pööningu põranda soojustamine, 200mm.
- Soojustagastusega ventilatsioon.
- Uued aknad, $U=1,1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.
- Keldri põranda soojustamine, 200mm.
- Uued T5 valgustid.

Arvutatud energia ja rahaline tasuvus koostatud meetmete paketi ja realiseeritud meetmete paketi vahel on toodud Joonisel 2 ja Tabelis 1.

TABEL 1 KOKKUVÖTTE PAKETTIDEST PÄRAST 1. JA 2. ETAPPI.

	Etapp 1 (arvutatud)	Etapp 2 (arvutatud)
Summaarne aastane energiasääst:	41 %	41 %
Arvutatud energiasääst – kaugküte:	289 MWh/a	289 MWh/a
Arvutatud energiasääst – elekter:	-2 MWh/a	-2 MWh/a
Summaarne rahalinesääst aastas:	17,6 kEUR/a	17,6 kEUR/a
Investeeringu maksumus kokku:	360 kEUR	360 kEUR
Investeeringu tulusus:	- %	-%



Dokumendi nimetus

ETAPP 3 - JÄRELMONITOORING

Projekti nimi
Kiriku 2-4, Tallinn

Energiaõhususmeetmed lähtudes Total Concept metoodikast

Peatükk / lk

4 (14)

Projektijuht

Mikk Maivel

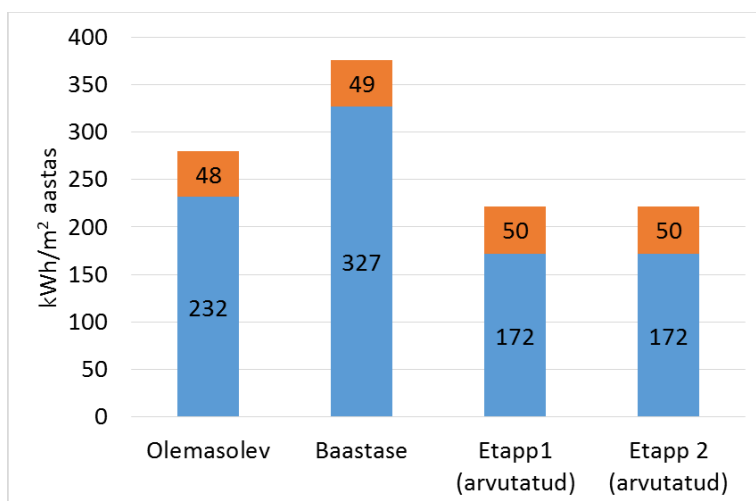
Projekti number

Kuupäev

2017-06-02

Rev. date

Document version 1



Joonis 2 ARVUTATUD HOONE ENERGIA ERIKASUTUS PÄRAST 1 JA 2 ETAPPI.

Kogu mõõdetud energiakasutus enne renoveerimist oli 280 kWh/m² aastas (sisaldades kogu kasutajate kasutatud elektrienergiakasutust). Hoone kaardistamisel selgus, et olemasolev olukord ei ole kohaldatav baastasemena kuna õhuvahetus oli liialt väike. Suurendatud õhuvahetusega hoone energiakasutus on kokku 376 kWh/m².

Lähtuvalt ellu viidud meetmete paketist arvutuslik energiakasutus peale meetmete elluviimist on 222 kWh/m² (Etapp 1 ja 2).

ETAPP 3: JÄRELMONITOORING

Hoone ja selle tehnosüsteemide kasutus renoveerimisjärgselt

Kiriku 2-4, Tallinn büroohoone kasutus on renoveerimisjärgselt muutunud. Hoone oli viimati kasutusel 2010 aastal ning täpsem info hoone kunagise kasutuse ja kasutusaegade kohta on üsna puudulik, teada on, et hoone on olnud kasutusel büroohonena. Renoveerimise järgselt kolis hoonesse uus kasutaja Riigikontroll. Kahjuks puudus võimalus täpselt kaardistada renoveerimiseelne hoone kasutajate arv ning hoone kasutusel lähtuti nõ tüüpsest kasutusest (MTM määrus nr. 58 „Hoone energiatõhususe arvutamise metoodika”).

Sisekliima

Kiriku 2-4 sisekliima monitooringut Etapp 1s ei olnud võimalik teostada kuna hoone oli kasutusest väljas. Meetmete rakendamise järgselt täiendavat sisekliimaa analüüsi ei tehtud kuid ruumiõhutemperatuuri on pisteliselt jälgitud läbi hooneautomaatika ning on analüüsitud paljude ruumide keskmist väljatõmbeõhutemperatuuri, ehk ventilatsiooni heitõhu temperatuuri. Etapp 2

arvestati ruumiõhutemperatuuriga kütteperioodil 21°C ja jahutusperioodil 25°C. Vaatlustulemused on tuvastanud, et hoonest hoitakse stabiilselt 22-24°C, ehk võrreldes arvutusliku suurusega on tegelik jahutuskulu kui ka küttekulu suurem. Sisekliimaparandustegurite abil on



Dokumendi nimetus

ETAPP 3 - JÄRELMONITOORING

Projekti nimi
Kiriku 2-4, Tallinn

Energiatõhususmeetmed lähtudes Total Concept metoodikast

Peatükk / lk

5 (14)

Projektijuht

Mikk Maivel

Projekti number

Kuupäev

2017-06-02

Rev. date

Document version **1**

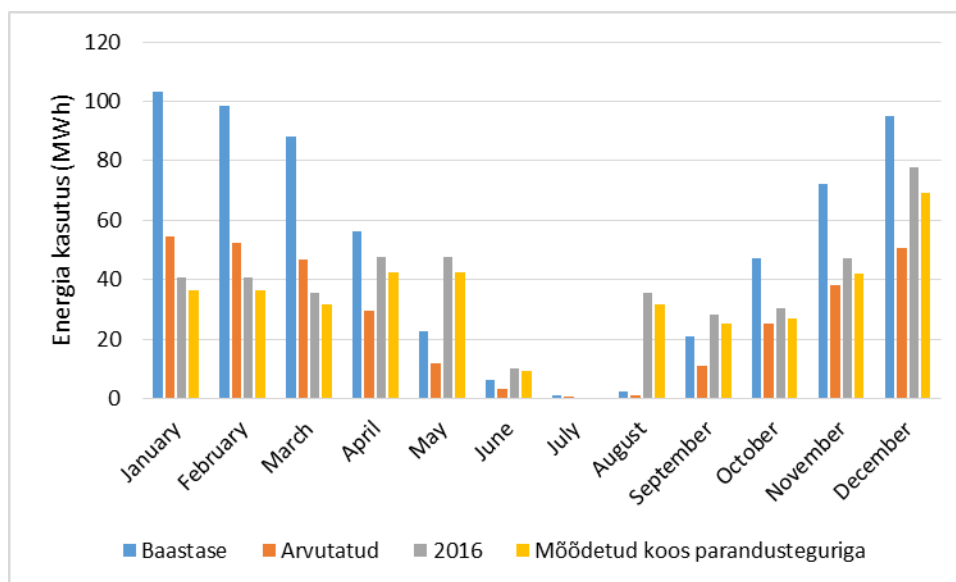
korregeeritud mõõdetud energiakasutust, millega mõõdetud energiakasutus on viidud baastasemega eeldatud kasutusele.

Vaatlustulemuste järeldused ruumide sisekliima kohta:

- Hoone on üle köetud (keskmine ruumiõhutemperatuur 22-24°C);
- Suveperioodil on optimaalne hoida kõrgemat ruumiõhutemperatuuri, kuid madal ruumiõhutemperatuur suvi 2016 oli põhjustatud eelkõige ehitusaegsest niiskusest ning hoone kasutaja on avaldanud soovi pigem hoida kõrgemat temperatuuri. Hoone on kasutusel olnud vaid pool aastat, mistõttu ei ole veel saavutanud rekonstrueerimisjärgselt õiget töörežiimi.

Hoone energiakasutus peale renoveerimist

Joonised 3 ja 4 näitavad mõõdetud ja arvutatud kaugkütte ja elektrienergia kasutust Kiriku 2-4 büroohoones perioodil Jaanuar 2016–Detsember 2016. Kuupõhised tarbimisandmed on üle viidud normaalaastale, et välja taandada väliskliima erinevus. Baastase iseloomustab renoveerimiseelse perioodi keskmist energiakasutust.



JOONIS 3 MÕÕDETUD JA ARVUTATUD TEGELIK KAUGKÜTTE KASUTUS KIRIKU 2-4 BÜROOHOONES. KÕIK TULEMUSED ON VIIDUD NORMAALAASTALE.



Dokumendi nimetus

ETAPP 3 - JÄRELMONITOORING

Projekti nimi
Kiriku 2-4, Tallinn

Energiaõhususmeetmed lähtudes Total Concept metoodikast

Peatükk / lk

6 (14)

Projektijuht

Mikk Maivel

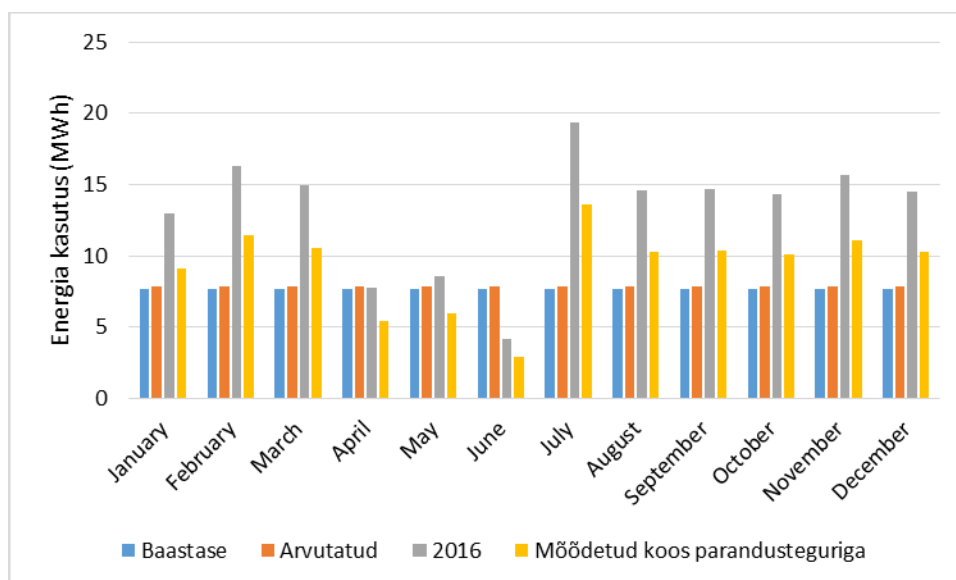
Projekti number

Kuupäev

2017-06-02

Rev. date

Document version **1**



JOONIS 4 MÕÕDETUD JA ARVUTATUD TEGELIK ELEKTRIENERGIAKASUTUS KIRIKU 2-3 BÜROOHOONES.

Lähtudes mõõtmistulemustest ei ole saavutatud soovitud säästu nii soojusenergia kasutuses kui ka elektrienergiakasutuses. Mõõteperioodil mõõdetud soojusenergia ja elektrienergia bilansid on Lisas 2. Peamised tuvastatud probleemid, miks tulemused erinevad olulisel määral on:

- Kõrgem ruumiõhutemperatuur, millest on tingitud suurem soojusenergiavajadus;
- Eeldatud ja tegeliku elektrienergiakasutuse erinevus on oluline, erinevus on tingitud erinevast ventilatsioonisüsteemide tööajast ja jahutusenergiast (avutuslik jahutusenergiakasutus oli vaid 1% ja ca 1 MWh aastas siis tegelik vastav näitaja oli 20,3% ja 18,5 MWh).

ELLUVIIDUD MEETMETE TASUVUS

Hindamaks tegelikku projektitasuvust analüüsitakse mõõdetud energiakasutust Etapp 3s ja Etapp 2s lubatud energiakulude alandamist.

Tegelik tasuvus tulu sisenormi meetodil on arvutatud kogu ellu viidud meetmete pakatile. Tulemused on koondatud Tabelisse 4. Tegu oli muinsuskaitse all oleva hoonega, mille renoveerimine on komplitseeritud ja keerukas ning projekti eesmärk ei olnud majanduslikult tulus investeering, seega projektiga otsest rahalist tulusust ei saavutatud.



Dokumendi nimetus

ETAPP 3 - JÄRELMONITOORING

Projekti nimi
Kiriku 2-4, Tallinn

Energiatõhususmeetmed lähtudes Total Concept metoodikast

Peatükk / lk

7 (14)

Projektijuht

Mikk Maivel

Projekti number

Kuupäev

2017-06-02

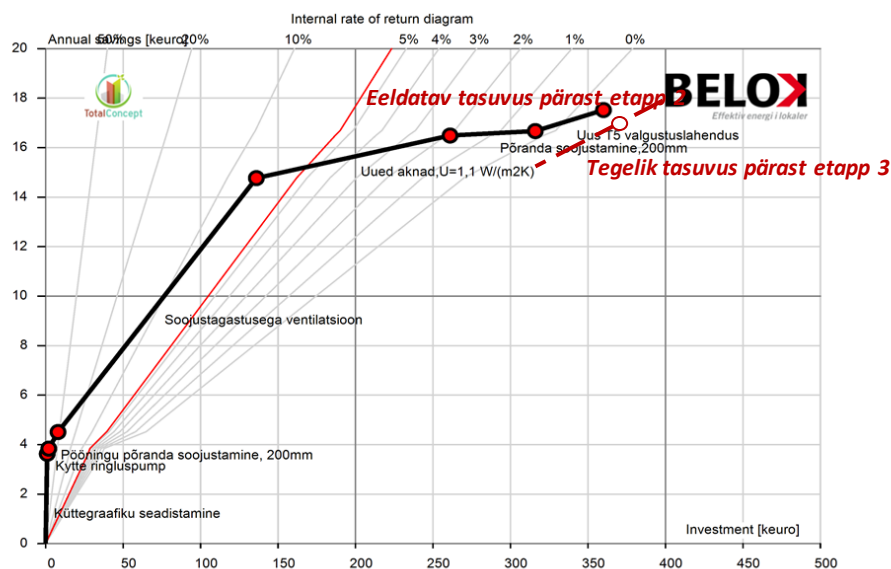
Rev. date

Document version **1**

TABEL 2 *ELLU VIIDUD MEETMETE TASUVUSE KOKKUVÕTE.*

	Etapp 2 (arvutatud)	Etapp 3 (mõõdetud ja korrigeeritud)
Hoone aastane energiasääst:	41 %	28,4%
Energiasääst - kaugküte	289 MWh/a	219,6 MWh/a
Energiasääst – elekter	-2 MWh/a	-19,2 MWh/a
Kogu aastane sääst:	17,6 kEUR/a	11,6 kEUR/a
Meetmete paketi maksumus:	360 kEUR	360 kEUR
Meetmete paketi tulu sisenorm (IRR):	-	-

JOONIS 5 *TEGELIK MEETMETE PAKETI TASUVUS ON MADALAM KUI EELDATAV OLI.*





Dokumendi nimetus

ETAPP 3 - JÄRELMONITOORING

Projekti nimi
Kiriku 2-4, Tallinn

Energiatõhususmeetmed lähtudes Total Concept metoodikast

Peatükk / lk

8 (14)

Projektijuht

Mikk Maivel

Projekti number

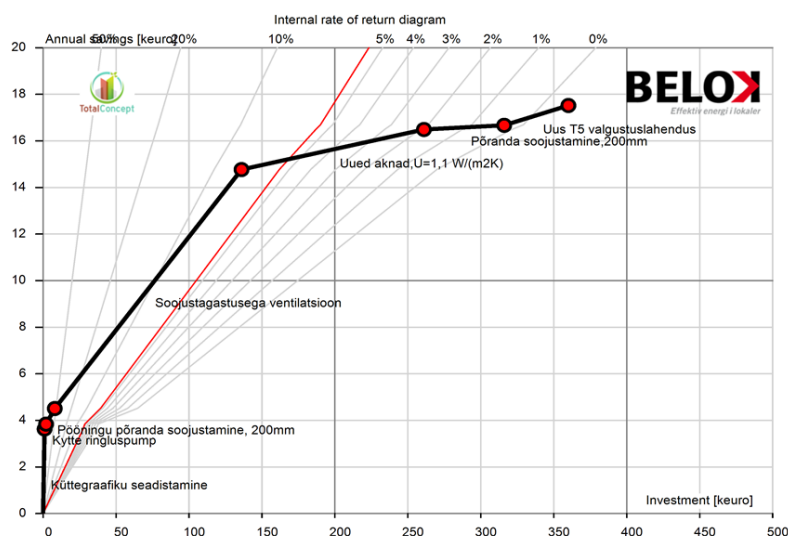
Kuupäev

2017-06-02

Rev. date

Document version **1**

LISA 1. MEETMETE PAKETT JA NENDE TASUVUS



JOONIS 6 PAKUTUD MEETMETE PAKETT

TABEL 2 VÄLJAPAKUTUD MEETMETE MAKSUMUS JA RAKENDAMISEL SAAVUTATAV SÄÄST PEALE MEETMETE ELLUVIIMIST ENNE JÄLGIMIST

Meede	Etapp 1 (arvutatud)		Etapp 2 (arvutatud)	
	Eeldatav maksumus [Euro]	Eeldatav sääst [Euro/aasta]	Tegelik investeeering [Euro]	Eeldatav maksumus [Euro]
1 Küttegaafiku seadistamine	1000	3000	1000	3000
2 Pööningu põranda soojustamine, 200mm	6000	670	6000	670
3 Kütte ringluspumba asendamine	1000	1980	1000	1980
4 Soojustagastusega ventilatsioon	128000	10490	128000	10490
5 Uued aknad, U=1,1 W/(m2K).	125000	1720	125000	1720
6 Keldri põranda soojustamine, 200mm	55000	180	55000	180
7 Uus T5 valgustuslahendus	44000	670	44000	670
Kokku:	360.000 €	18710 €	360.000 €	18710 €
Tulu sisenorm (IRR)	- %		- %	



Dokumendi nimetus

ETAPP 3 - JÄRELMONITOORING

Projekti nimi
Kiriku 2-4, Tallinn

Energiaõhususmeetmed lähtudes Total Concept metoodikast

Peatükk / lk

9 (14)

Projektijuht

Mikk Maivel

Projekti number

Kuupäev

2017-06-02

Rev. date

Document version **1**

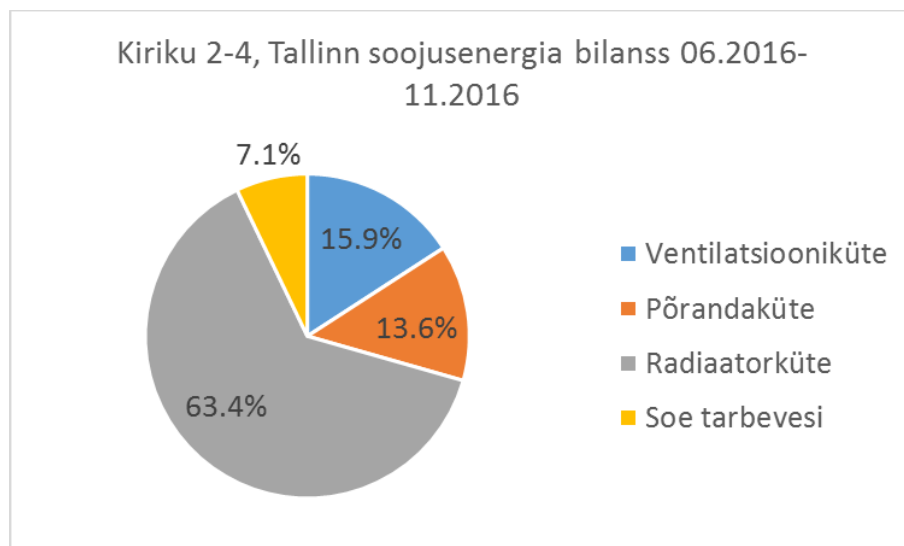
TABEL 3 VÄLJAPAKUTUD MEETMETEGA SAAVUTATAV ENERGIASÄÄST PEALE MEETMETE ELLUVIIMIST ENNE JÄLGIMIST

Meede		Etapp 1 (arvutatud)		Etapp 2 (arvutatud)	
		Küte [MWh/aasta]	Elekter [MWh/aasta]	Küte [MWh/aasta]	Elekter [MWh/aasta]
1	Küttegraafiku seadistamine	59	-	59	-
2	Pööningu põranda soojustamine, 200mm	11	-	11	-
3	Kütte ringluspumba asendamine	-	2.2	-	2.2
4	Soojustagastusega ventilatsioon	197	+19	197	+19
5	Uued aknad, $U=1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.	28	-	28	-
6	Keldri põranda soojustamine, 200mm	3	-	3	-
7	Uus T5 valgustuslahendus	+10	15	+10	15
Kokku:		288	+1.8	288	+1.8

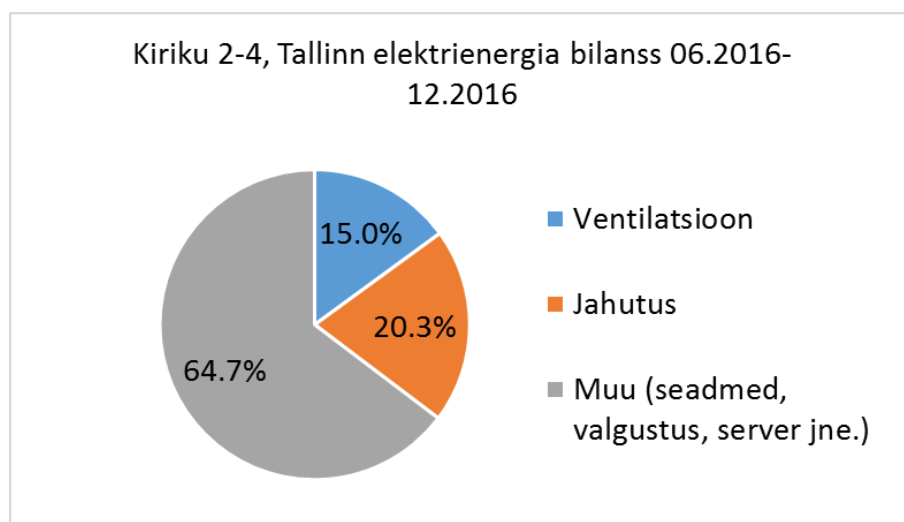
	Dokumendi nimetus	Peatükk / lk
	ETAPP 3 - JÄRELMONITOORING	10 (14)
	Projekti nimi	Projekti juht
	Kiriku 2-4, Tallinn	Mikk Maivel
	Energiaõhususmeetmed lähtudes Total Concept metoodikast	Projekti number
Document version 1		Kuupäev
		2017-06-02
		Rev. date

LISA 2. MÕÕTMISTULEMUSED

ENERGIAKASUTUSE BILANSS



JOONIS 7



JOONIS 8



Dokumendi nimetus

ETAPP 3 - JÄRELMONITOORING

Projekti nimi
Kiriku 2-4, Tallinn

Energiaõhususmeetmed lähtudes Total Concept metoodikast

Peatükk / lk

11 (14)

Projektijuht

Mikk Maivel

Projekti number

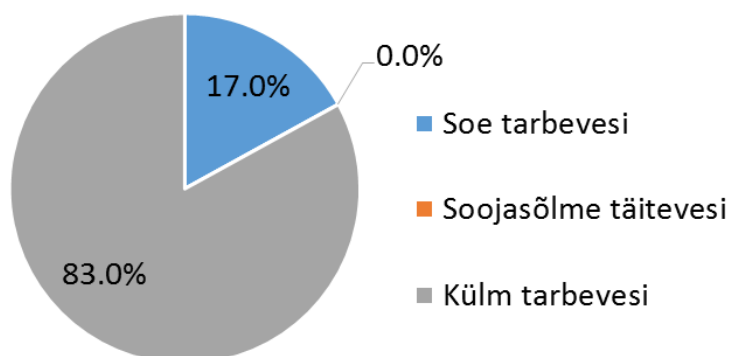
Kuupäev

2017-06-02

Rev. date

Document version **1**

Kiriku 2-4, Tallinn vee bilanss 06.2016-12.2016



JOONIS 9