ANDMEPÕHINE HOONETE ENERGIATÕHUSUSE HINDAMINE

Martin Thalfeldt
Department of Civil Engineering and Arhcitecture
Tallinn University of Technology

EDIAQI Evidence Driven Indoor Air Quality Improvement

This project has received funding from the European Union's Horizon Europe research and innovation programme under the grant agreement No. 101057497

build EST Kaasrahastanud Euroopa Liit

08.10.2024

EHITUSMEESKONNA LUBADUS HOONE OMANIKULE

Energiaarvutuse lähteandmed

Vastavalt MTM määruse nr. 58 "Hoone energiatõhususe arvutamise metoodika" LISA 2

Energiaarvutuse lähteandmed	
Arvutustsoonide arv	85
Küttesüsteemi tüüp	
-soojuse tootmine	Kaugküte
-kütus	Soe vesi
-soojuse jaotamine	Radiaatorküte
Ventilatsioonisüsteemi tüüp	CAV
Jahutussüsteem (on/ei ole)	on

Soojuskaod läbi piirdetarindite					Soojuskaod läbi külmasildade				Soojuskadu läbi õhulekete	
Piirdetarind	g -	U_i W/(m² K)	A_i m²	$H_{juhtivus}$ W/K	Külmasild	Ψ_j W/(m K)	l_i m	$H_{külmasild}$ W/K	Õhulekkearv	
*Välisein**		0.13	1 475	192	*Välissein-välissein (vn)*	0.026	77	2	q_{50}, m³/(h m²)	3
Sokkel		0.16	260	42	*Välissein-välissein (sn)*	-0.10	23	-2	$A_{välispiire}$, m²	4 784
Katuslagi		0.10	1 195	119	*Katuslagi-välissein**	0.11	205	28	*Korruste arv*	3
*Põrand pinnasel**		0.155	1 231	191	*Põrand-välissein**	0.13	193	19		
Põrand välisõhu kohal		0.155	5	1	*Avatäidete seinakinnitus*	0.037	828	31	*Infiltratsioon, l/s*	199.3
Välisuksed		1.00	65	65	*Välissein-sisesein*	0.10	140	14		
Katuseaken	0.35	1.00	13	13	*Välissein-vahelagi*	0.10	368	37		
Aken (kirre)	0.35	0.80	85	68						
Aken (kagu)	0.35	0.80	124	99						
Aken (edel)	0.35	0.80	85	68						
Aken (loe)	0.5	0.80	247	197						
Kokku:			$H_{juhtivus}$:	1054.8			$H_{külmasild}$:	128.5	$H_{õhuleke}$:	239.2

Välispiirete summaarne soojuserikadu, *H*	**1 422.5**	W/K
Välispiirete keskmine soojusläbivus, $H/A_{välispiire}$	**0.30**	W/(m² K)
Hoone kõetav pind, $A_{kõetav}$	**3 480.5**	m²
Välispiirete summaarne soojuserikadu kõetava pinna kohta, $H/A_{kõetav}$	**0.41**	W/(m² K)

**eri piirdetüüpide kaalutud keskmine*

Ventilatsioonisüsteem	Rõhutõste sissep./väljat. Pa / Pa	Ventilaatori kasutegur sissep./väljat. % / %	Õhuvooluhulk sissep./väljat. m³/s / m³/s	Süsteemi SFP kW/(m³ s)	Soojustagasti temperatuuri suhtarv %	Väljaviske minimaalne temperatuur °C
*CAV-1 (rootor)**	400 / 400	50 / 50	6.7 / 6.7	1.56	80	-5

**sarnaste süsteemide kaalutud keskmine*

Küttesüsteem	Soojusallika kasutegur -	Jaotamise ja väljastamise kasutegur -	Kütteperioodi keskmine soojustegur -	Abiseadmete elektritarbimine kWh/(m² a)
Ruumide küte	1.00	0.97	-	0.5
Ventilatsiooniseade	1.00	1.00	-	-
Tarbevee soojendamine	1.00	1.00	-	-

Lokaalse taastuvenergia süsteemid	Päikesekollektori aktiivpindala, m²	Päikesepaneelide max võimsus, kW
PV-paneelid katusel	-	31.3
PV-paneelid seinal	-	8.2
PV-paneelid parkla katusel	-	9.2

Energiaarvutuse tulemused

Vastavalt MTM määruse nr. 58 "Hoone energiatõhususe arvutamise metoodika" LISA 4

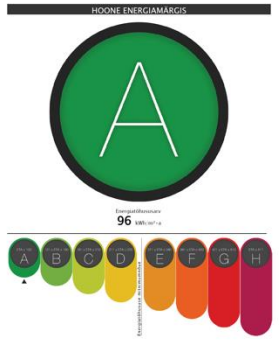
Andmed hoone kohta		
Hoone tüüp	Oluliselt renoveeritav hoone	
Aadress	Mäepealse tn 3, Mustamäe linnaosa, Tallinn	
Ehitusaasta	2017	
Kõetav pind	3 480.5	m²
Suletud netopind	3 480.5	m²
Energiatõhususarv	**99**	**kWh/(m² a)** (kWh kõetava pinna ruutmeetri kohta aastas)

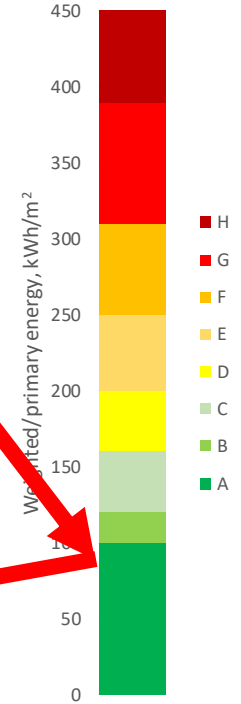
Energiakasutuse kokkuvõte	Hangitud [illegible]tused kogus/a	[illegible]assi või [illegible]ühik	Tarnitud energia kWh/a	Tarnitud energia kWh/(a*m²)	Eksporditud energia kWh/a	Eksporditud energia kWh/(a*m²)	Kaalumis-tegur -	Kaalutud energiakasutus kWh/a
Elekter	-	-	104 268	30.0	0	-	2.0	208 536
Kaugküte	-	-	152 117	43.7	-	-	0.9	136 905
Summa	-	-	**256 384**	**73.7**	-	-	-	**345 441**

Tehnosüsteemide energiakasutus	Elekter kWh/a	Soojus kWh/a	[illegible]ekter, kWh/(a m²)	Soojus, kWh/(a m²)
Küttesüsteem	1 740	152 117	0.5	43.7
-ruumide küte	1 740	118 643	0.5	34.1
-ventilatsiooniõhu soojendamine	-	12 591	-	3.6
-tarbevee soojendamine	-	20 883	-	6.0
Ventilatsioonisüsteem	35 941	-	10.3	-
Jahutussüsteem	8 078	-	2.3	-
Elektrisüsteem	100 768	-	29.0	-
-valgustus*	34 890	-	10.0	-
-seadmed	65 878	-	18.9	-
Tehnosüsteemide summaarne energiakasutus	**146 528**	**152 117**	**42.1**	**43.7**

**Hoones on kasutusel LED-valgustus, mida juhitakse optimeerimaks loomuliku valguse maksimaalset kasut[illegible]ist*

Lokaalne taastuv- ja eksporditud energia	Lokaalne taastuv kWh/a	Lokaalne taastuv kWh/(a m²)	Eksporditud kWh/a	Eksporditud kWh/(a m²)
PV-paneelid katusel	28 809	-	0	-
PV-paneelid seinal	5 986	-	0	-
PV-paneelid parkla katusel	7 465	-	0	-





HOONETE ENERGIATÕHUSUSE DIREKTIIV

- EPBD uus versioon rakendus 28.05.2024 (kaks aastat üle võtmiseks)
- *Common general framework for the calculation of the energy performance of buildings (ANNEX I)*
  - *The energy performance of a building shall be determined on the basis of calculated or metered energy use and **shall reflect typical energy use** for space heating, space cooling, domestic hot water, ventilation, built-in lighting and other technical building systems.*
  - *Where possible, typical energy use and typical user behaviour shall be based on **available national statistics, building codes and metered data**.*
  - *Where metered energy use is the basis for calculating the energy performance of buildings, **the calculation methodology shall be capable** of identifying the influence of the behaviour of occupants and the local climate, which **shall not be reflected in the result** of the calculation.*

OLEMASOLEVATE HOONETE ENERGIATÕHUSUSE HINDAMINE EUROOPAS

- Smart Living EPCs projekti raporti (D1.1) ülevaade ↓
- Rootsis mõõdetud energiakasutus
- Soomes arvutuslik
- Lätis segane
- Leedus arvutuslik

	SPAIN	ITALY	AUSTRIA	GREECE	ESTONIA	FRANCE	BELGIUM	ROMANIA	GERMANY	CYPRUS
Status of EPBD II transposition	Enforced with Royal Decree (RD) 390/2021	Enforced with Decreto Legislativo n.48/2020	Enforced by OIB Guideline 6	Enforced with Law 4843/2021	Enforced since 2020	Enforced since 2021	Enforced in all three regions from 2020	not enforced yet (end of 2022 ?)	Enforced in 2020	Not yet enforced
Calculation Method	Asset rating	Asset rating	Asset rating	Asset rating	Asset rating for new building Operational rating for existing ones	Asset rating	Asset rating	Asset rating	Asset rating for new building Operational rating for existing ones	Asset rating
EPBD Expected Revision	tbd	Italy seems to want to be in line with the "Fit for 55" package	Scheduled in Autumn 2023	tbd	Revision should update the EPC scale	tbd	tbd	tbd	tbd	tbd
Key Features for SLE development	N/A	N/A	Use Heat storage system and heat supply system in EPC calculation	Incentives to roll out the development of almost carbon neutral (Super Low Energy) buildings	Using machine readable formats and automated calculation for existing building EPC in Blogbook	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

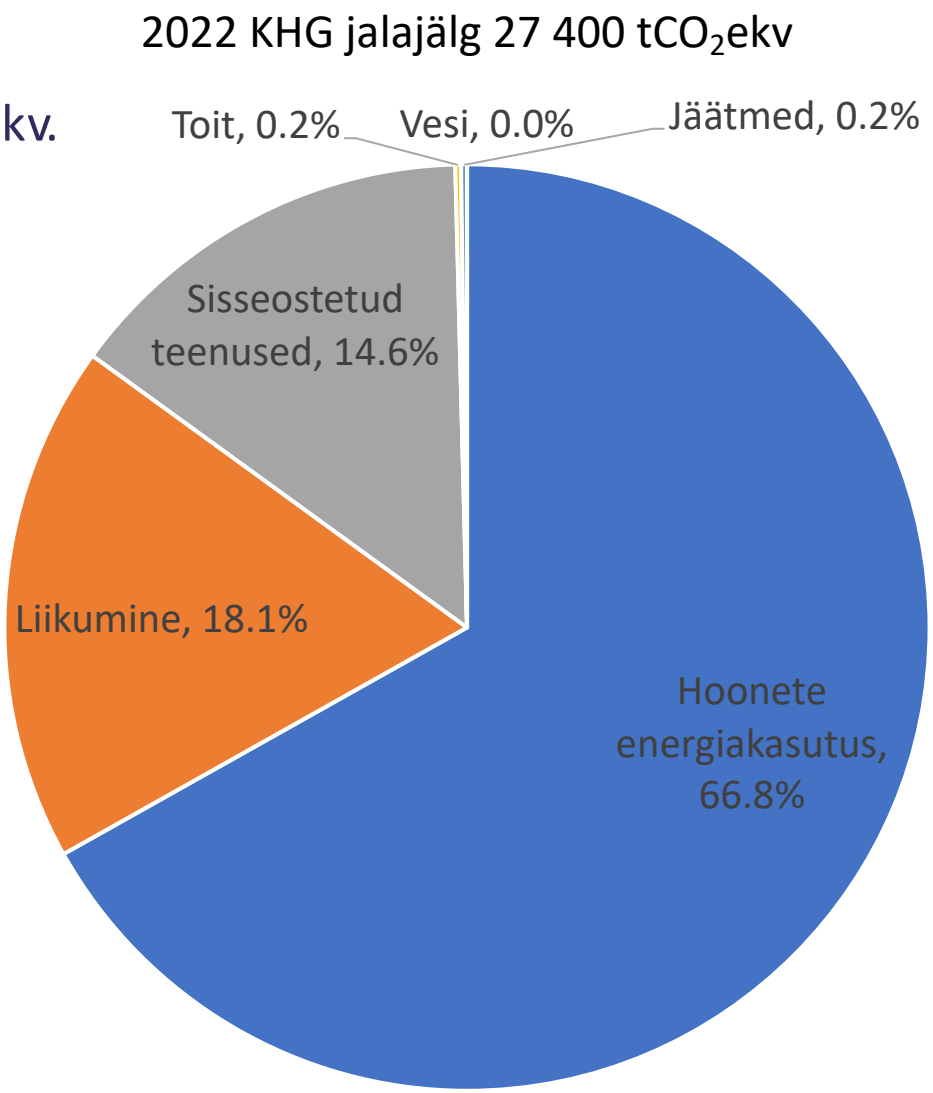
Figure 18 - Summary of the analysis conducted in each country (as for January 2023)

TALTECH'I KHG INVENTUUR 2022

Ülikooli KHG inventuur andis 2022 KHG jalajäljeks 27 400 tCO_2ekv. See jagunes erinevate valdkondade vahel protsentuaalselt järgmiselt:

- Hoonete energiakasutus 66,8 %
- Liikumine 18,1 %
- Sisseostetud teenused 14,6 %
- Toit 0,2 %
- Jäätmed 0,2 %
- Vesi 0,0 %

- Andmete puudulikkus/moonutused: liikumine suure määramatusega ja enamus toidu andmetest puudu



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

https://taltech.ee/rohepoore/kliimanutika-tuleviku-keskus/KHG-mudel

ENERGIATÕHUSUSE HINDAMINE ENERGIAKASUTUSE PÕHJAL

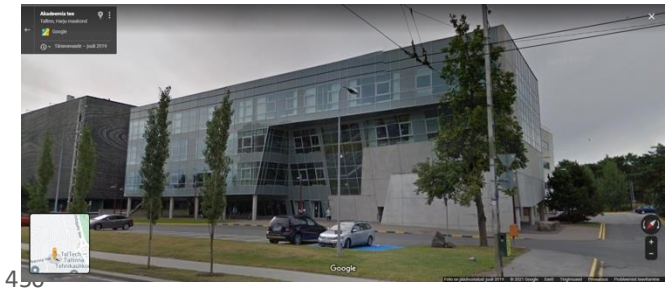
- Ainult energiakasutus ei anna alati kogu infot



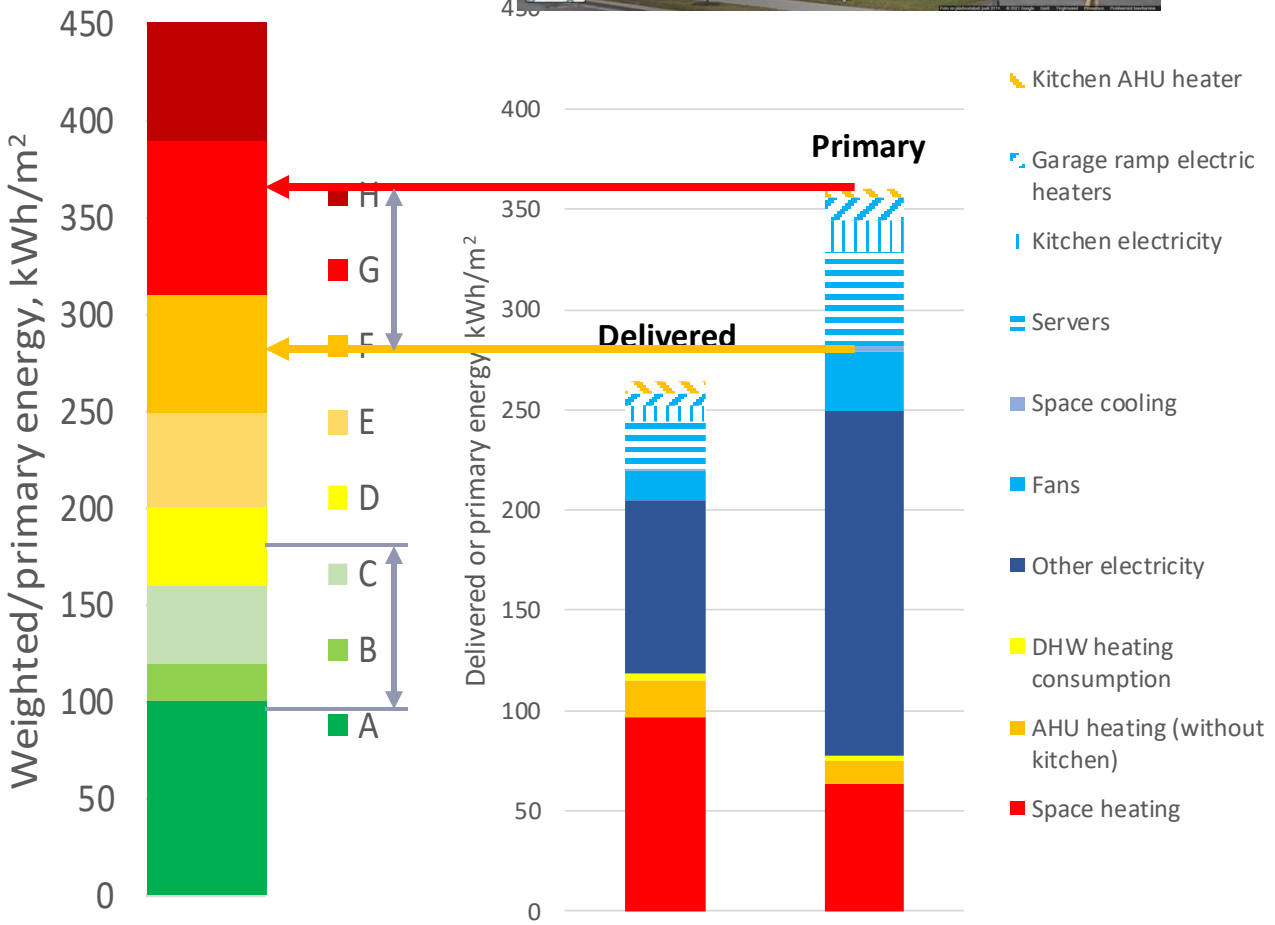


Building	Energy Performance Class (EPC)	Energy cost €	Energy cost €/m²	Carbon emission of energy use ton	Carbon emission of energy use kg/m²
TEG	A	-	-	-	-
CON	A	13029	3.8	45.3	13.3
D09	B	32118	7.4	143.6	33.2
VK1	C	42891	8.5	219.6	43.5
MEK	C	30644	6.9	104.7	23.6
AU	C	33202	10.3	130.8	40.6
CYB	C	36752	8.5	226.9	52.4
STU	D	9883	4.9	64.1	31.9
S01	D	62750	11.8	319.7	60.3
TCB	E	12161	10.8	42.6	38.0
NRG	E	27901	4.7	183.7	30.9
TCA	E	13133	12.5	52.7	50.0
LIB	E	135464	12.2	967.2	87.4
U05B	E	26208	10.2	215.4	83.6
GLN	F	10037	9.4	67.4	63.5
U06A	F	32238	10.5	263.0	85.7
U03	F	63338	11.3	497.7	88.9
U05	F	63632	11.5	514.9	92.8
TCC	G	13453	16.3	68.0	82.3
U06	G	120059	12.3	950.4	97.3
GEO	G	11157	12.2	90.0	98.7
U03B	G	20462	13.4	155.9	102.3
U02	G	69239	13.5	527.3	102.7
U01	G	59123	13.5	450.3	102.7
ICO	G	56061	15.2	412.2	112.1
U04	G	79915	13.8	619.1	107.2
SOC	G	201824	19.5	1381.2	133.3
OBS	H	2873	17.9	24.9	155.4
PKK	H	36504	27.0	193.8	143.3
ICT	H	249657	21.9	1826.3	160.0
U02B	H	10542	16.8	77.3	123.1
TIM	H	16856	26.3	103.7	161.6
U04B	H	40321	28.5	284.1	200.7
TEX	H	10308	49.8	57.3	276.8
SCI	H	215420	30.8	1315.6	188.2

ARVUTUSLIK VS MÕÕDETUD ENERGIAKASUTUS

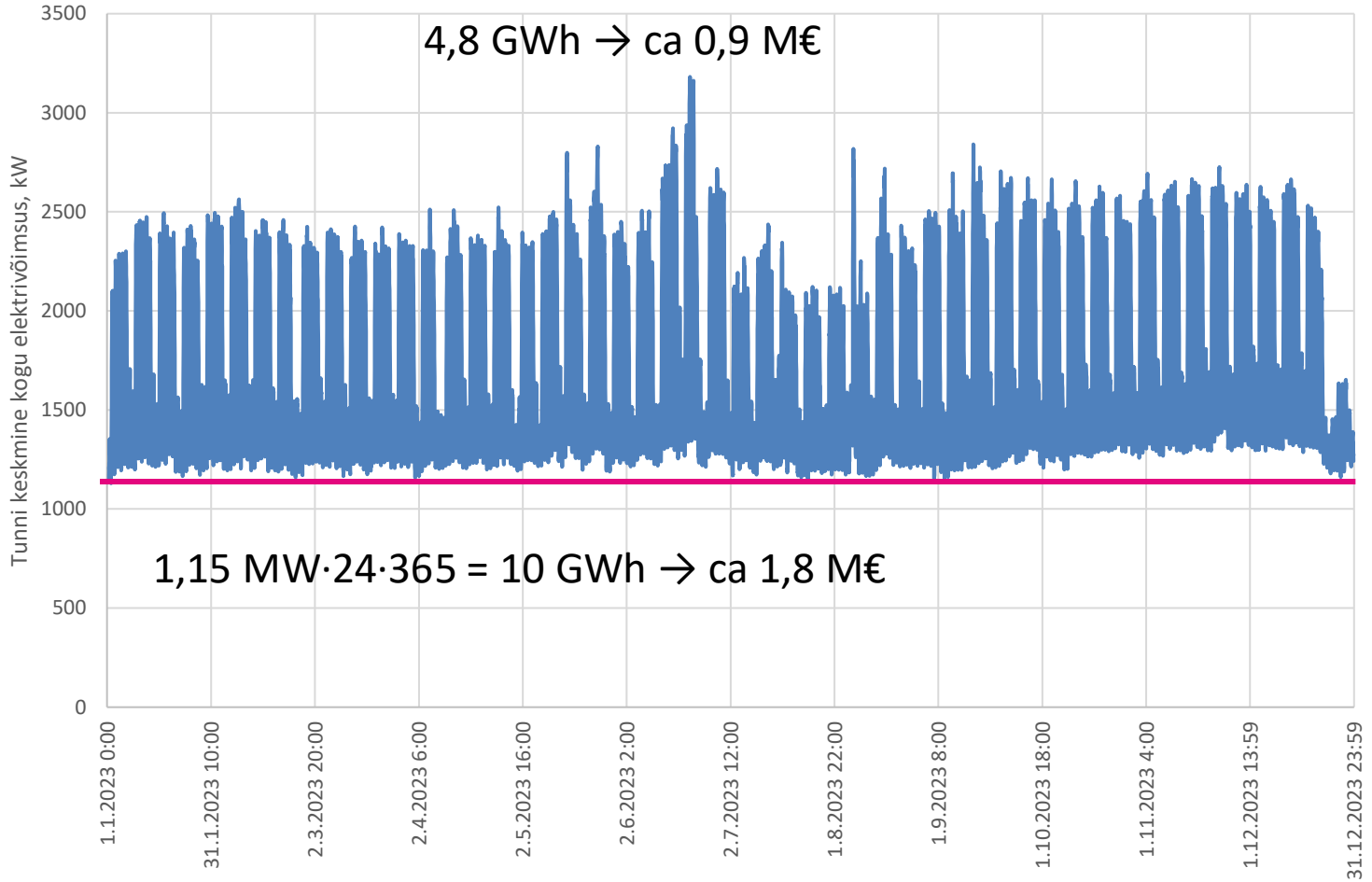


- Tarnitud → ETA
  - Elekter x2
  - Tõhus kaugküte x0,65
- Mitte arvesse võetavad tarbijad:
  - toitlustus (kuumköök)
  - IT, serverid
  - garaaži sissesõidu küte
- Energiamärgis muude tarbijatega ja ilma:
  - “F” → “G”
  - “A” → “D”



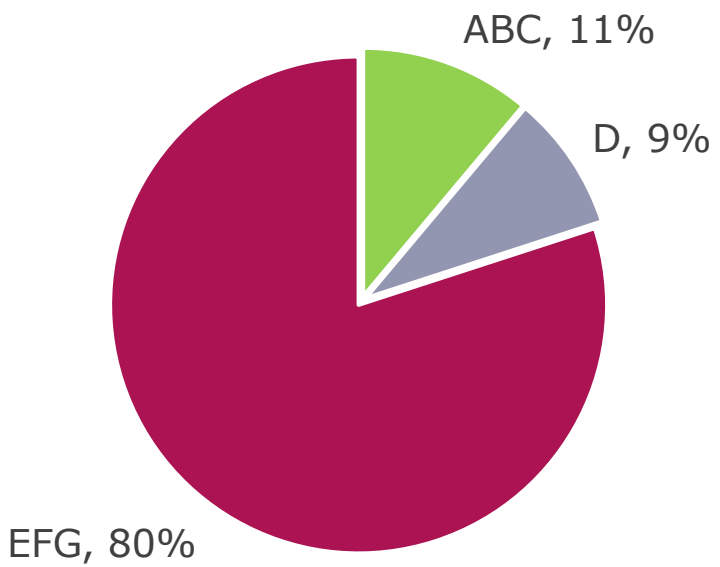
TALTECH'I HOONETE ELEKTRIKASUTUS

- 2023. aasta elektrikasutus 15 GWh
- Hind 184 €/MWh koos KM'ga
- Min. 1,15 MW
- Hoonete rekonstrueerimine ja nutikas juhtimine mõjutavad peamiselt muutuvat osa

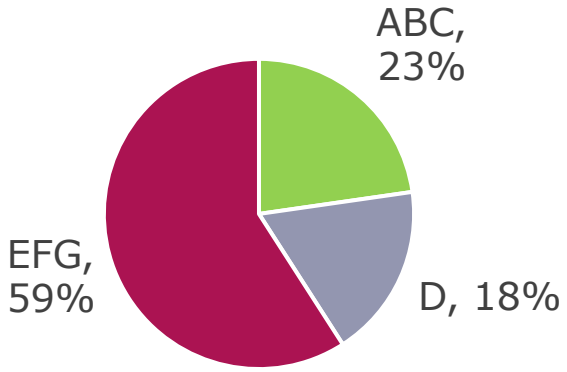


KEK (TARBIMISANDMETEL) MÄRGISE OSAKAAL

Kaalutud energiakasutuse märgis



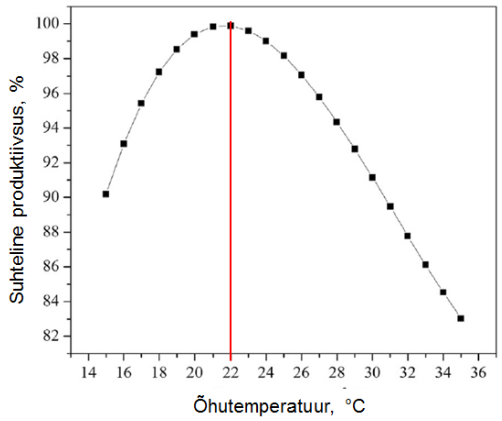
Kaalutud energiakasutuse märgis (hinnanguline) baastarbimine väljas

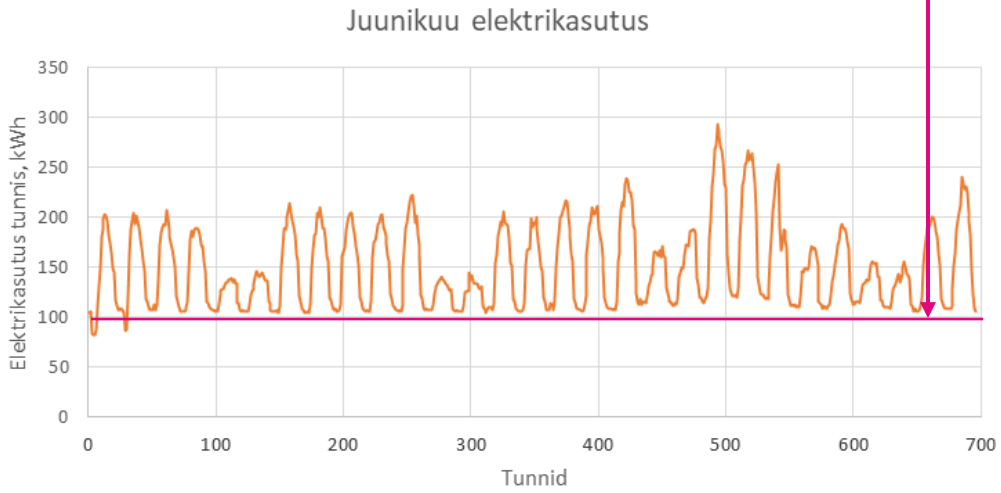


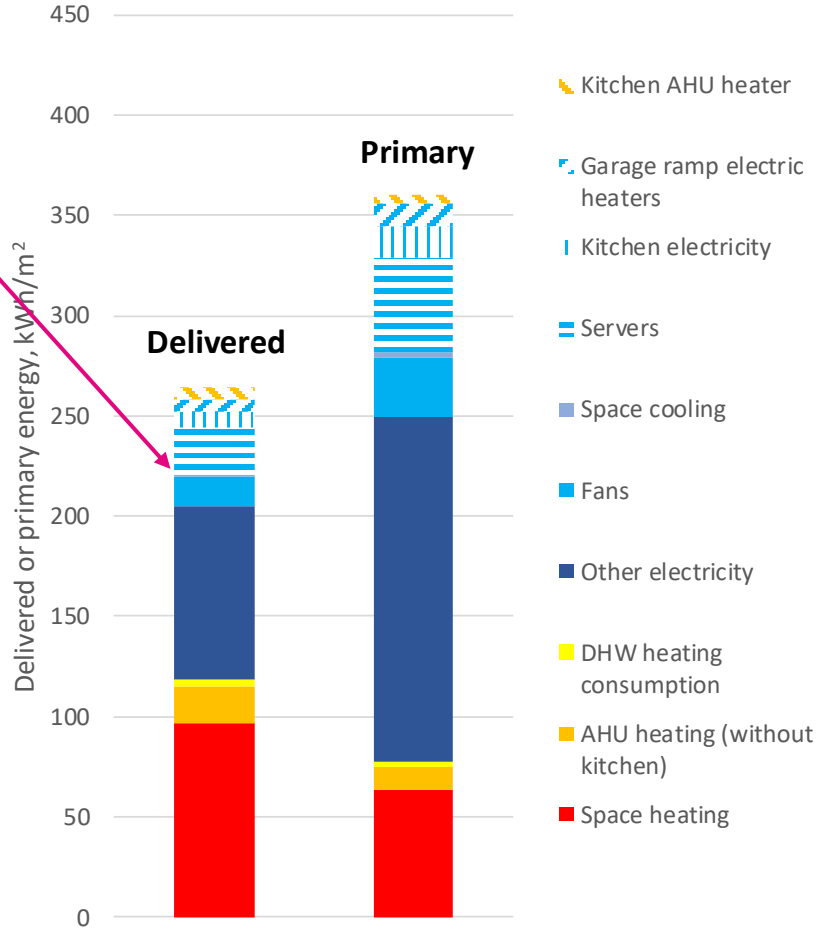
- Keskmine energiamärgise klass F (ilma baastarbimiseta E)
- E, F ja G on renoveerimisvajadusega hooned (*ca* 60%)
- Märgis sisaldab hoone tüüpilisele kasutusele vastava energia, muu (nt teadusaparatuur) saab maha lahutada, kui on mõõdetud

DETAILSE ANALÜÜTIKA RAKENDUSED – MIS ON OLULINE?

- 2022. aasta suvel ettepanek jahutus välja lülitada – ühe õppehoone mõõdetud kulu ca 1500 €/aastas
- Õppehoones pidev elektrivõimsus 100 kW – kulu ca 150000 €/aastas (50% selgitatav)
- **Kuidas info otsustajateni viia?**

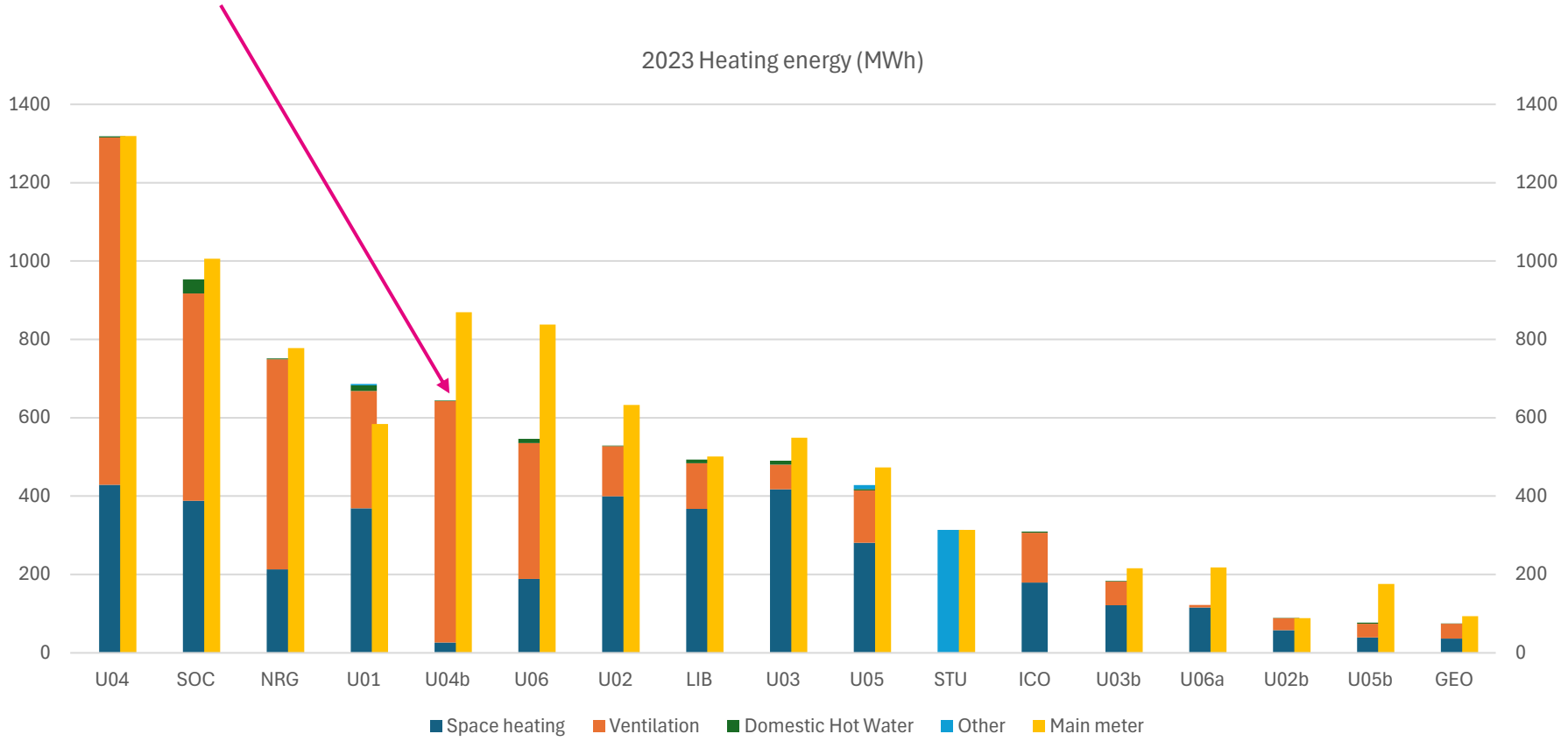






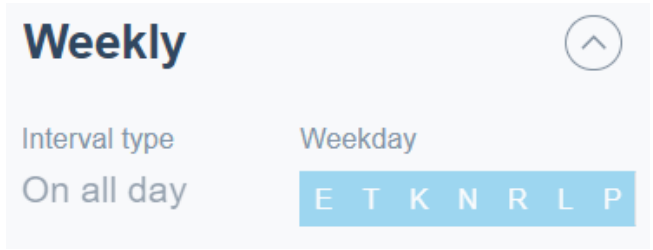
SOOJUSE KASUTUS SÜSTEEMIDE KAUPA

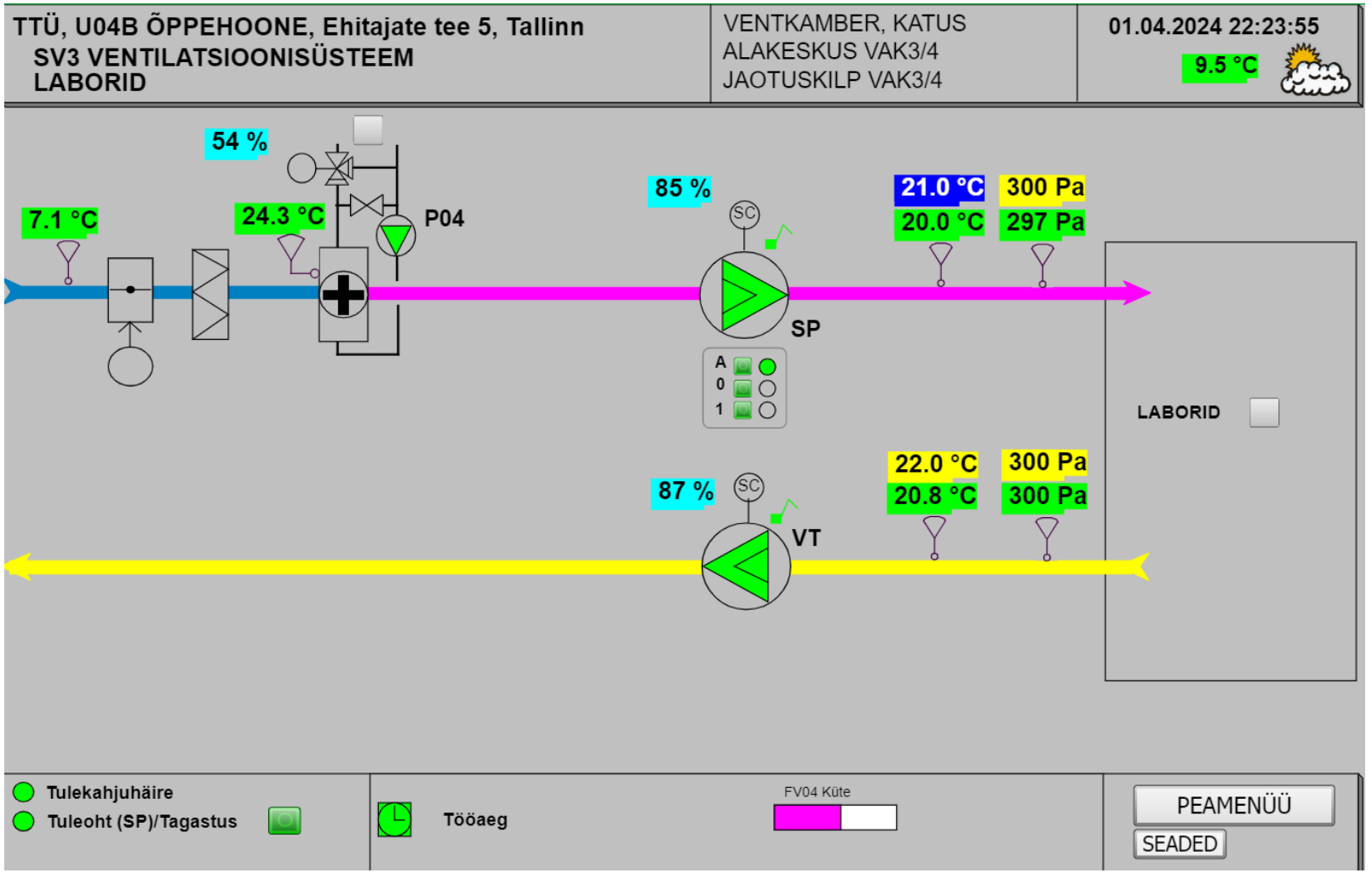
- Andmekvaliteet – alamaarvastite summa ≠ peaarvesti
- Üllatavalt suur ventilatsiooni osakaal
- U04B on üsna väike hoone!



AIR HANDLING UNIT FROM U04B

- Air handling unit for labs
- No heat recovery → up to 10x heating energy
- Fans operating 24/7 – is it really needed?

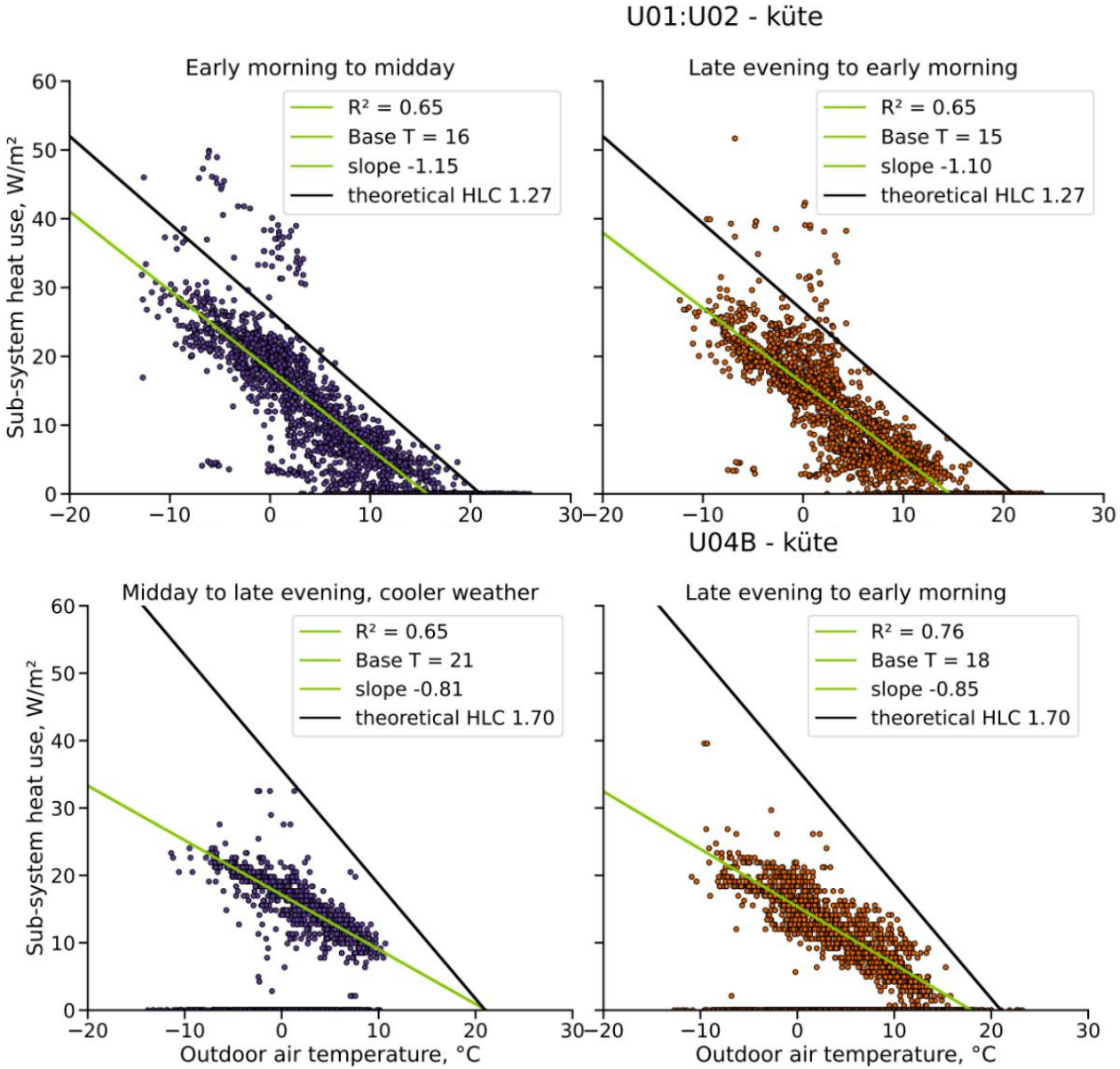




TAL TECH | TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

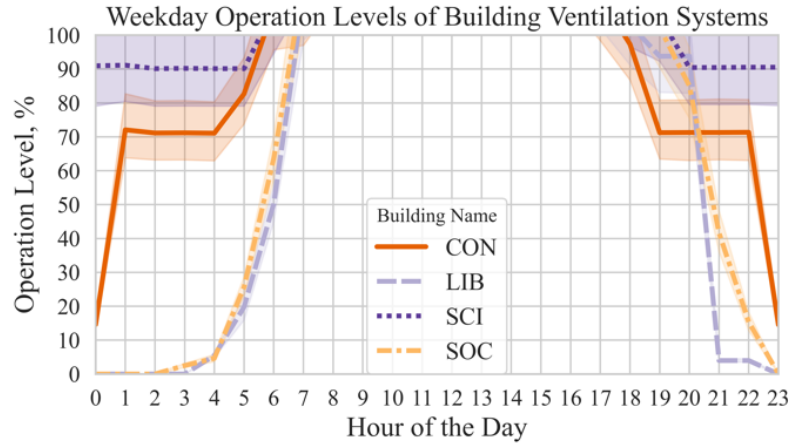
HOONE/SÜSTEEMIDE PARAMEETRITE TUVASTAMINE

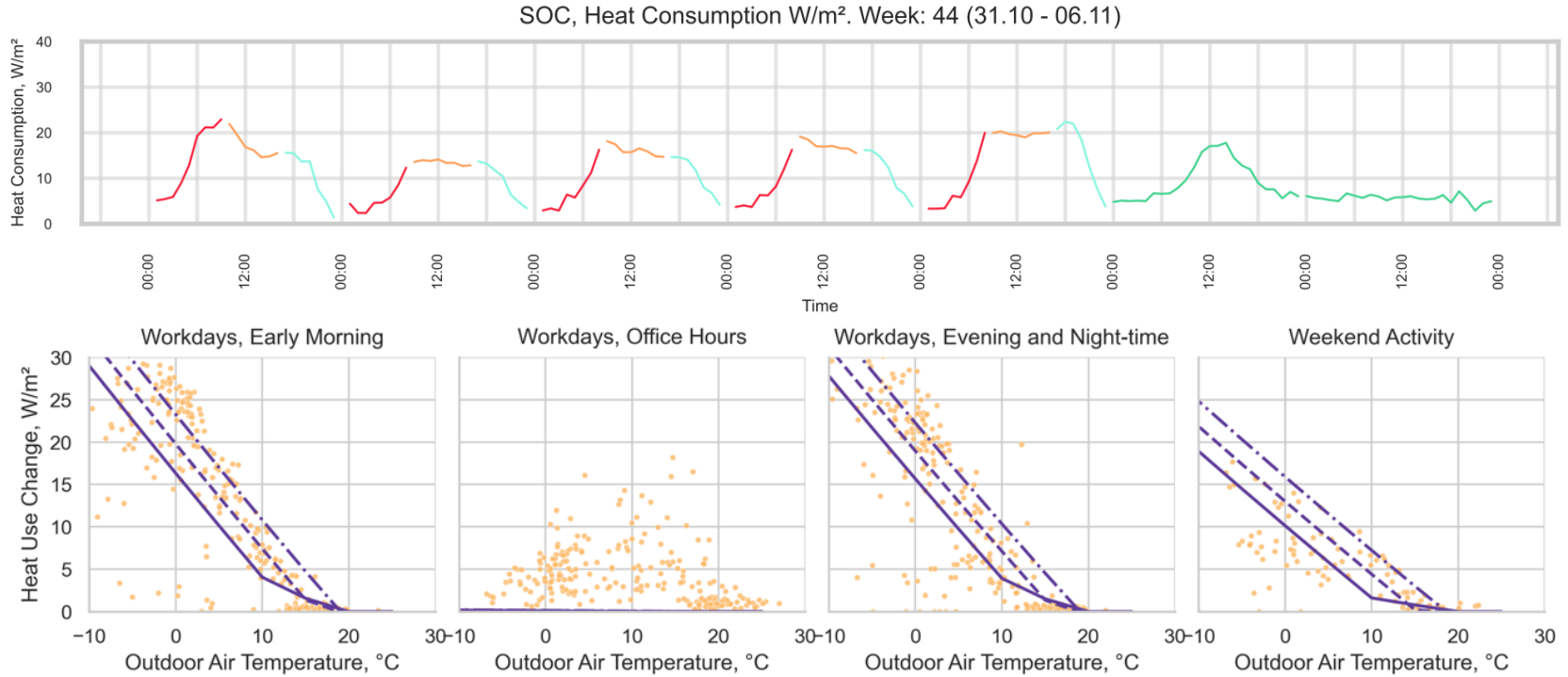
- Näide piirete soojapidavuse hindamise kohta:
  - U01:U02 küttevajadus käitub sarnaselt projekti infoga
  - U04B käitub erinevalt
- Kas ja kust saab piisavalt andmeid ja infot?



DETAILSE ANALÜÜTIKA RAKENDUSED – TARBIMISMUSTRID

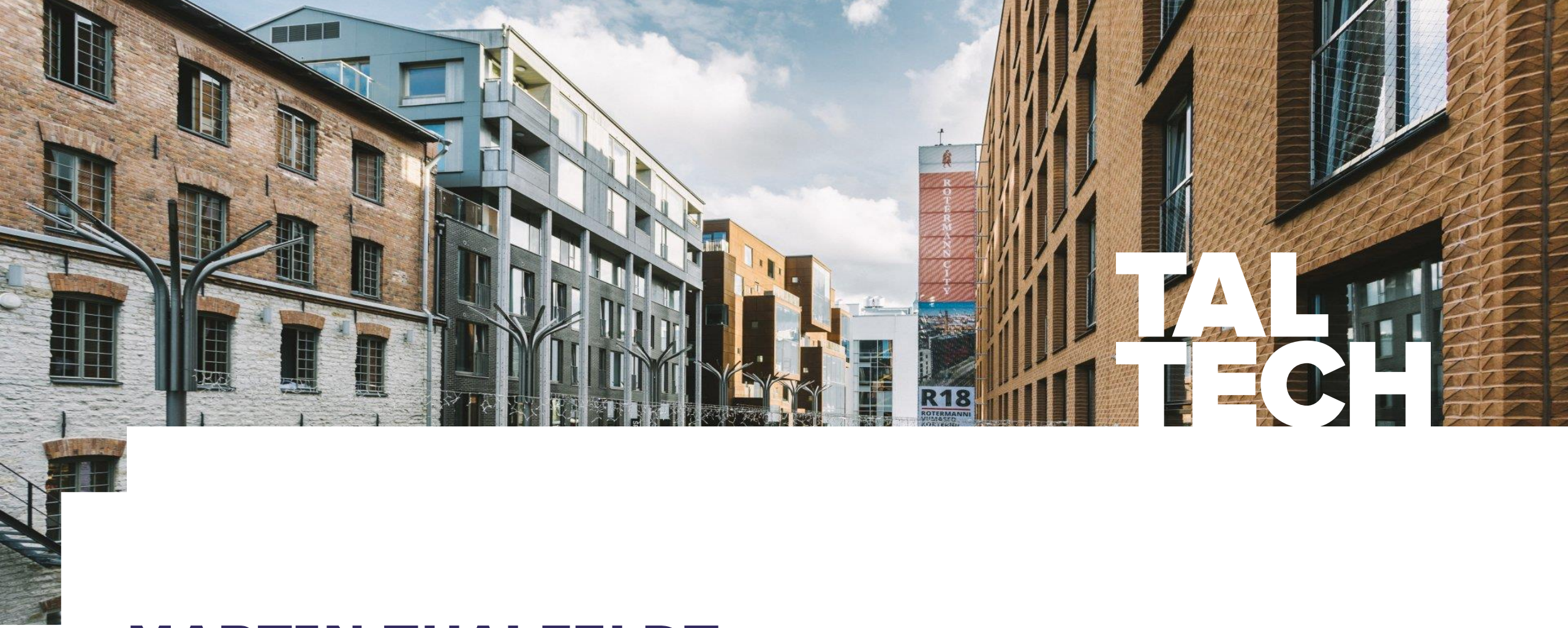
- Energiatarbimise mustrite analüüs AI abil
- Võrdlus hoone/süsteemi parameetrite ja analüütiliste mudelitega
- **Kuidas lisada selgitatavuse kiht (XAI)?**





KOKKUVÕTE

- Energiamärgise klass omab järjest suuremat mõju rahakotile
- Andmete kättesaadavus on aina parem
- Ideaalseid andmeid ei saa tõenäoliselt kunagi
- Tõenäoliselt tulevad erinevad energiakasutuse normaliseerimise meetodid
- Energiatõhususe spetsialist peab õppima andmeid tõhusalt kasutama



TAL TECH

MARTIN THALFELDT

martin.thalfeldt@taltech.ee

EDIAQI Evidence Driven Indoor Air Quality Improvement

This project has received funding from the European Union's Horizon Europe research and innovation programme under the grant agreement No. 101057497

build EST Life Kaasrahastanud Euroopa Liit