

Termograafiline ülevaatus
Võru

Hoone soojustuse kontroll				
Mõõdistamise aeg	07.12.22	Ilmastik	Välis temperatuur	-5°C
Tööde algus	16.10		Tuul	0-5 m/s
Tööde lõpp	17.20		Pilvisus	Ühtlane
Info mõõdetava objekti kohta		Kortermaja		
Tellija:				
Mõõdistas ja analüüsis				

Sisukord

Sisukord	2
Sissejuhatus	3
Dokumendis kasutatud tähiste seletused	3
Välimine ülevaatus	3
Sisemine ülevaatus	4
Kelder	4
Pööning.....	6
Korter 32.....	8
Korter 29.....	9
Trepikoda.....	11
Korter 1.....	14
Korter 6.....	16
Välimine ülevaatus	18
Kokkuvõte	22
Tähelepanekud.....	22
Kalkulatsioonid.....	22

Sissejuhatus

Käesolevas töös on analüüsitud hoone soojustehnilist seisundit termograafilisel meetodil.

Termografeerimised viidi läbi nii hoone seestpoolt kui ka väljastpoolt. Seestpoolt termografeerimine võimaldab hinnata külmasildade kriitilisust. Väljastpoolt termografeerimine võimaldab visualiseerida külmasildade ulatust ja peamisi paiknemiskohti.

Mõõdistamisel on kasutatud FLIR Systems E60 termokaamerat (mõõtevahemik: $-20^{\circ}\text{C} \dots +120^{\circ}\text{C}$, tundlikkus: $0,05^{\circ}\text{C}$, mõõtmistäpsus: $\pm 2^{\circ}\text{C}$ või 2% lugemist, sensor: 320×240 pikslit). Ülevaatusel kasutatud meetod põhineb standardil EVS-EN 13187:2001 "Thermal performance of buildings.

Qualitative detection of thermal irregularities in building envelopes. Infrared method"

Hoone välispidisel termografeerimisel on termopiltidel suurema soojusjuhtivusega alad (külmasillad) eristatavad heledamate/kollaste toonide järgi ning seespäisel termografeerimisel tumedamate/sinakasmustade kohtade järgi. Objektide pinnatemperatuur on seostatud värvipaletiga piltide paremal äärel. Aruandesse on valitud hoone olukorda paremini iseloomustavad ning probleemsete piirkondade fotod.

Lisaks hoone välispiirete (seinte, akende jms) soojapidavusele on oluliseks soojakadude põhjuseks ebatihedused ja külmasillad, millest tulenev soojuskadu võib ulatuda 50%-ni.

Külmasildade suur soojuslähivus võib olla hoonele ja ka elanikele ohtlik seoses niiskuse kondenseerumise ja hallituse tekkimise võimalusega.

Hoonepiirete (seinad, laed, aknad jne) soojapidavuse olukorda on võimalik hinnata **temperatuuriindeksiga**, f_{Rsi} , mis näitab sise- ja välistemperatuuri erinevuse ning sisepinnatemperatuuri ja välistemperatuuri erinevuse vahelist suhet. Vastavalt Tallinna Tehnikaülikooli ehitusteaduskonnas tehtud uuringutele, võib lugeda külmasilla niiskustehniliselt turvaliseks temperatuuriindeksi järgmised piirväärtused:

Niiskuskoormus	Temperatuuriindeksi piirväärtus f_{Rsi}	
	Hallituse vältimine	Kondensaadi vältimine
Madala asustusega ja hea ventilatsiooniga elamud	0,65	0,55
Suure asustusega ja halva ventilatsiooniga elamud	0,8	0,7

Külmasildadel, mille temperatuuriindeks on madalam eeltoodud piirväärtusest tekib ebasoodsatel tingimustel (kõrge niiskuskoormus, puudulik ventilatsioon) oht niiskuse kondenseerumiseks ja hallituse tekkimiseks. Puitkonstruktsioonide puhul toob liigniiskus kaasa seenkahjustuste tekkimise, mis võib viia hoone hävinemisele.

Ülevaatus käigus avastatud külmasildade ja puuduliku soojapidavusega piirkondade temperatuuriindeksi väärtused on toodud termopiltide all olevas tabelis.

Mõõtmiste tulemused on töödeldud ja aruanne on koostatud FLIR Reporter Pro tarkvara abil.

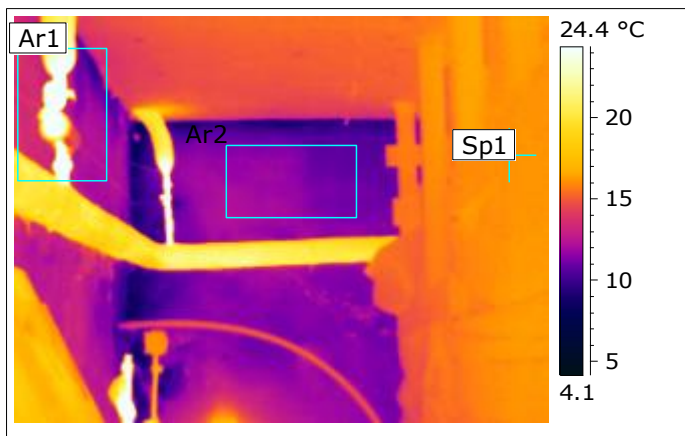
Dokumendis kasutatud tähistest seletused

Tähis	Seletus
Sp1	Pildil märgitud punkti (Sp) temperatuur
Ar1: Min	Pildil märgitud piirkonna minimaalne temperatuur
Ar1: Avg	Pildil märgitud piirkonna keskmine temperatuur

Välimine ülevaatus

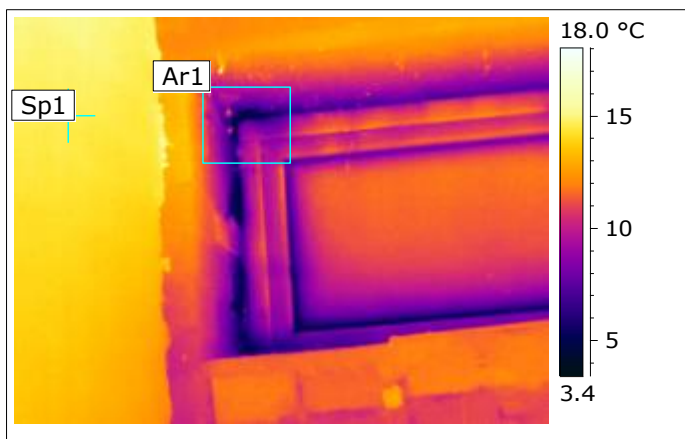
Sisemine ülevaatus

Kelder



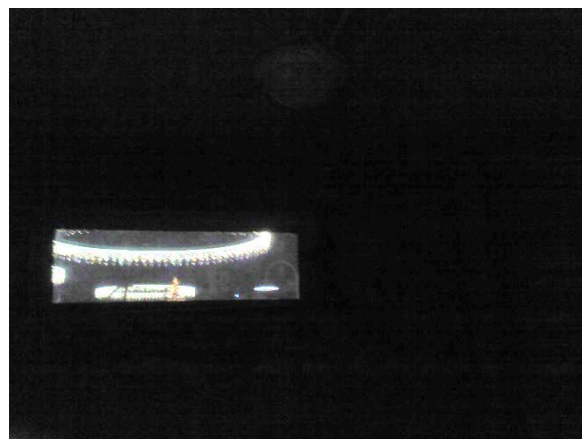
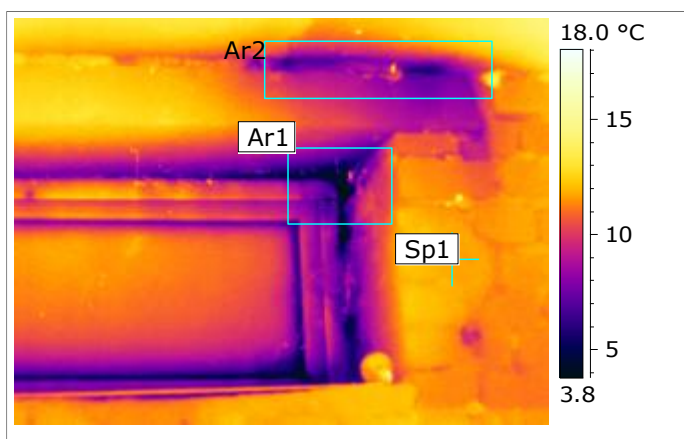
File name	IR_45911.jpg
Sp1 Temperature	16.2 °C
Ar1 Max. Temperature	41.3 °C
Ar2 Average Temperature	11.5 °C

Küttepüstikute torud on ilma isolatsioonita.



File name	IR_45917.jpg
Sp1 Temperature	14.6 °C
Ar1 Min. Temperature	2.1 °C
Ar1 - temperatuuriindeks fR_{si}	0.36

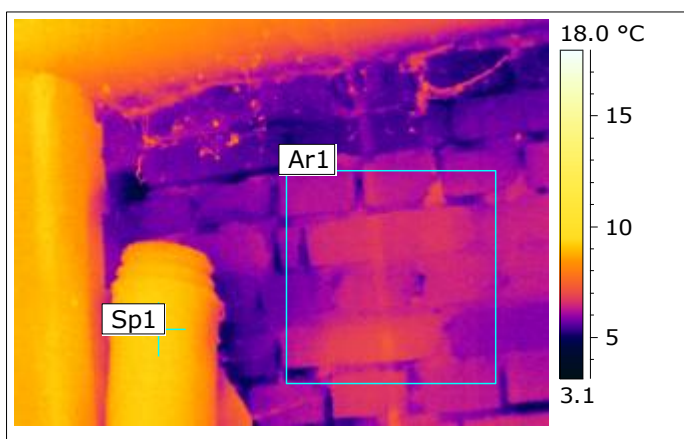
Niiskuse kondenseerumise oht. Akna ümbrus on puudulikult tihendatud



File name	IR_45919.jpg
Sp1 Temperature	11.6 °C
Ar2 Min. Temperature	5.6 °C
Ar1 Min. Temperature	1.0 °C
Ar1 - temperatuuriindeks fR_{si} =	0.37

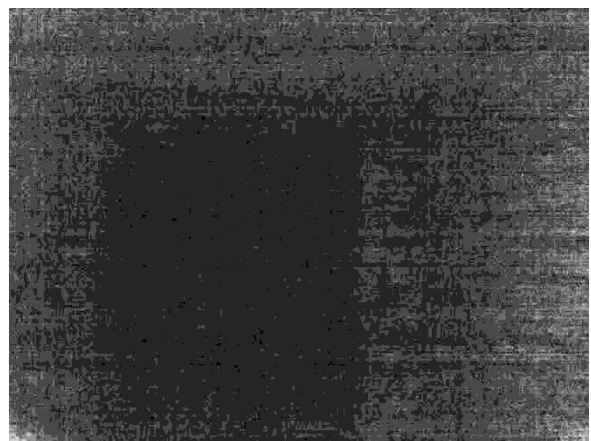
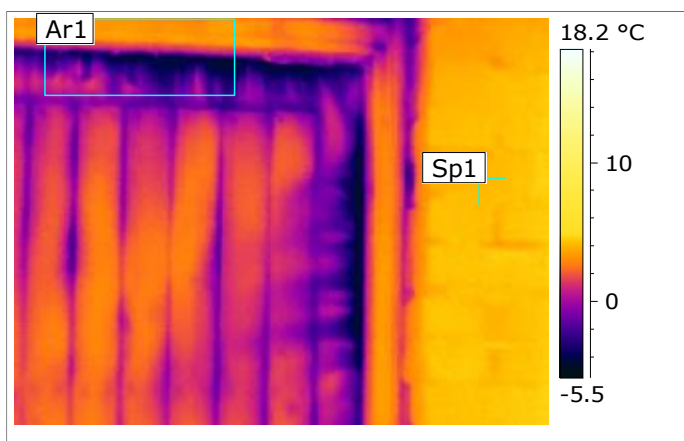
Ar2 – külmaleke akna silluse ja lae vahelt.

.



File name	IR_45923.jpg
Sp1 Temperature	9.3 °C
Ar1 Average Temperature	6.4 °C
Ar1 - temperatuuriindeks fR_{si} =	0.67

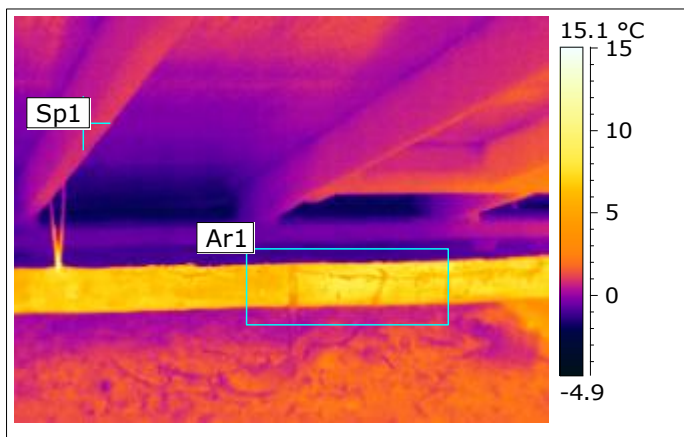
.



File name	IR_45925.jpg
Sp1 Temperature	4.0 °C
Ar1 Min. Temperature	-4.7 °C
Ar1 - temperatuuriindeks fR_{si} =	0.03

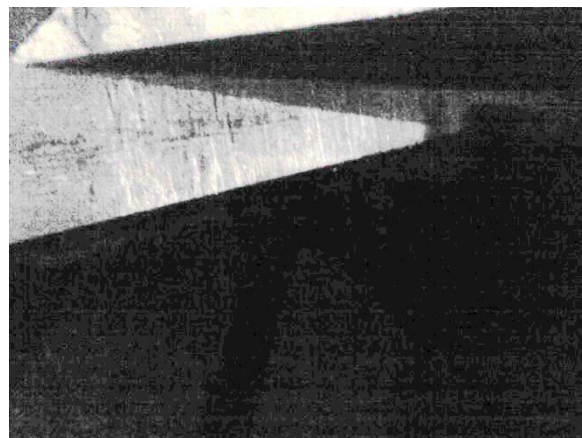
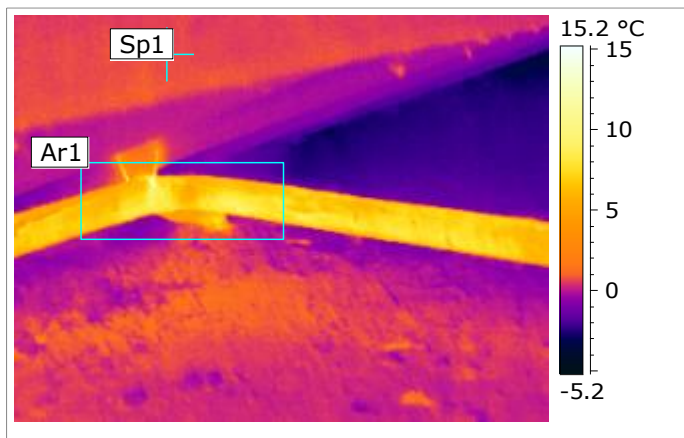
Uks ei sulgu tihedalt, laseb külma sisse.

Pööning



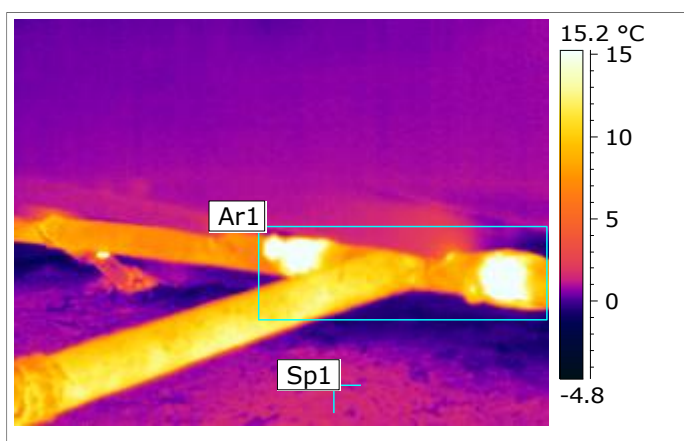
File name	IR_45927.jpg
Sp1 Temperature	0.7 °C
Ar1 Max. Temperature	10.3 °C

Kütte magistraalitoru kütab katusealust ruumi.



File name	IR_45929.jpg
Sp1 Temperature	0.8 °C
Ar1 Max. Temperature	17.6 °C

.



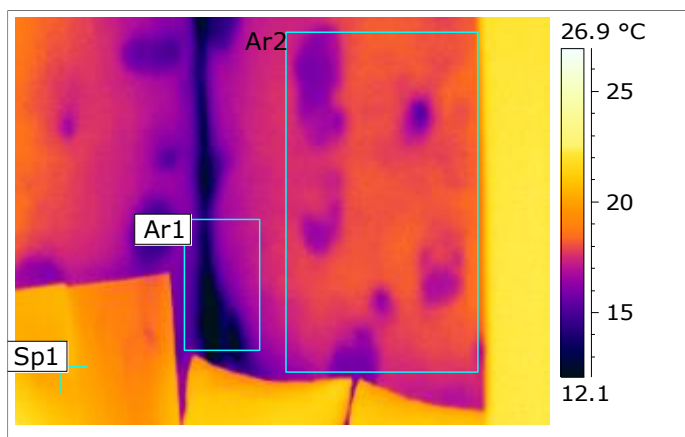
File name	IR_45931.jpg
Sp1 Temperature	1.4 °C
Ar1 Max. Temperature	37.1 °C

Puudulikult isoleeritud kohtades on suured soojakaod.

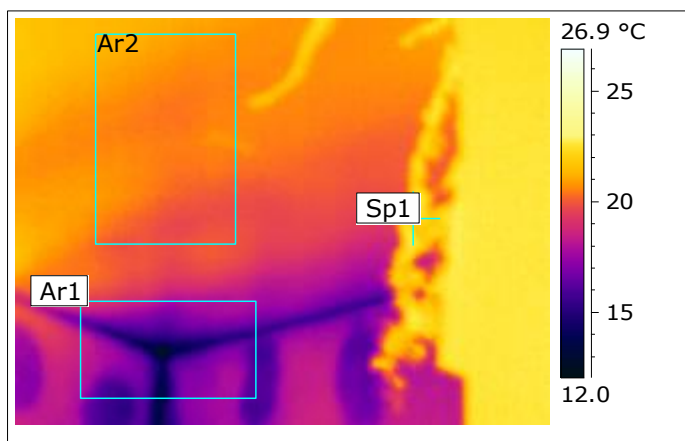
.

.

Korter 32

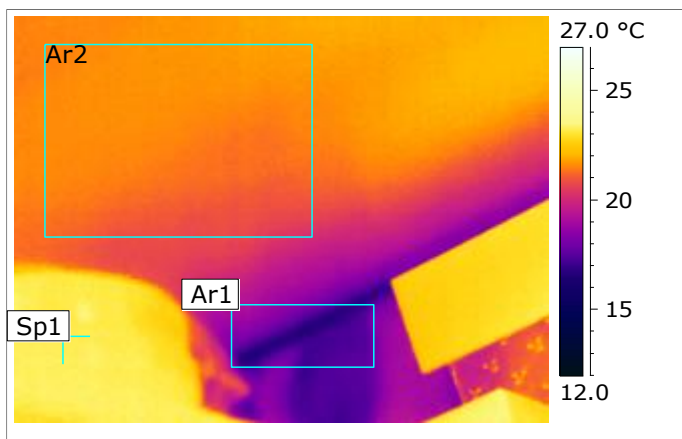


File name	IR_45935.jpg
Sp1 Temperature	20.3 °C
Ar2 Average Temperature	17.7 °C
Ar1 Min. Temperature	10.5 °C
Ar1 - temperatuuriindeks fR_{si} =	0.61



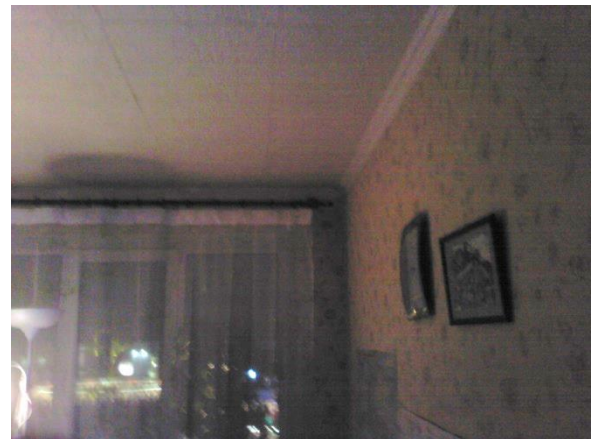
File name	IR_45937.jpg
Sp1 Temperature	22.3 °C
Ar2 Average Temperature	20.5 °C
Ar1 Min. Temperature	12.4 °C
Ar1 - temperatuuriindeks fR_{si} =	0.64

Ruumi välisnurgas on külmasild.

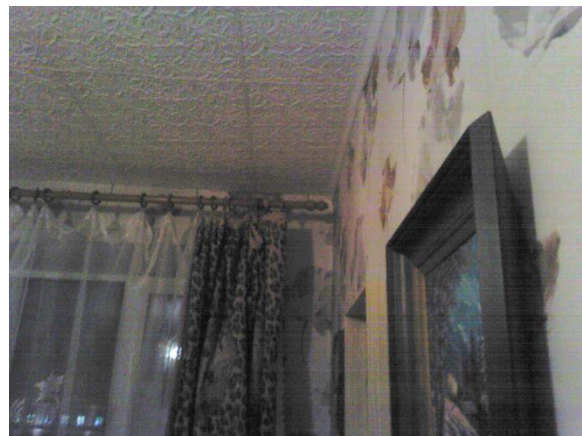
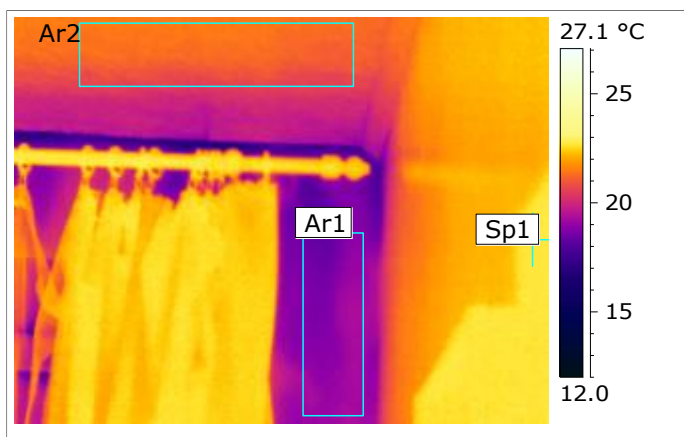


File name	IR_45939.jpg
Sp1 Temperature	23.2 °C
Ar2 Average Temperature	21.4 °C
Ar1 Min. Temperature	16.2 °C
Ar1 - temperatuuriindeks fR_{si} =	0.75

Korter 29

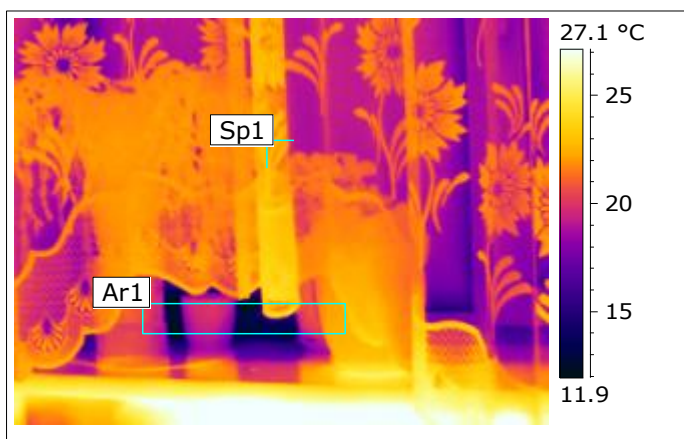


File name	IR_45943.jpg
Sp1 Temperature	24.0 °C
Ar2 Average Temperature	22.8 °C
Ar1 Average Temperature	20.3 °C
Ar1 - temperatuuriindeks fR_{si} =	0.85



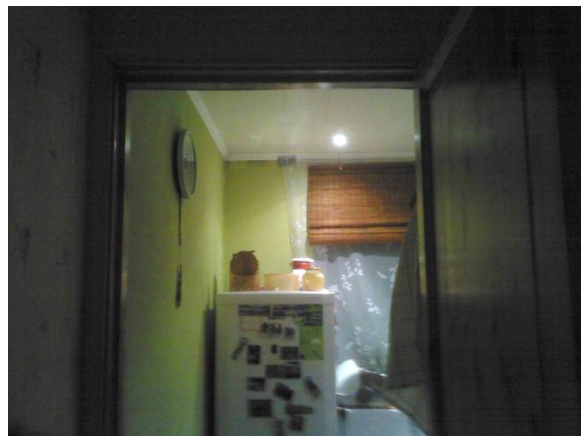
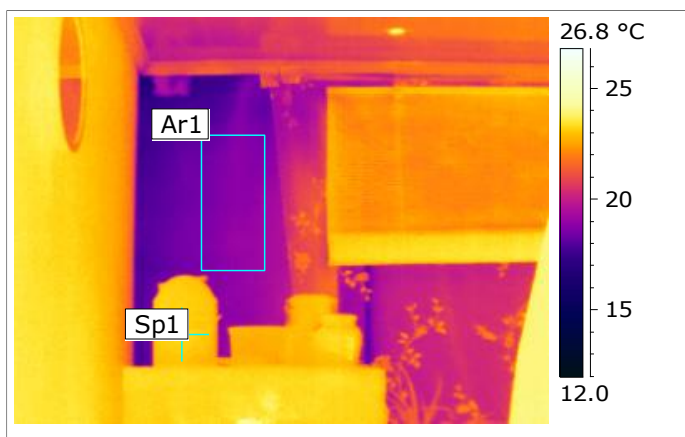
File name	IR_45945.jpg
Sp1 Temperature	22.6 °C
Ar2 Average Temperature	21.1 °C
Ar1 Average Temperature	18.9 °C
Ar1 - temperatuuriindeks fR_{si} =	0.84

.



File name	IR_45947.jpg
Sp1 Temperature	22.5 °C
Ar1 Min. Temperature	8.6 °C
Ar1 - temperatuuriindeks fR_{si} =	0.50

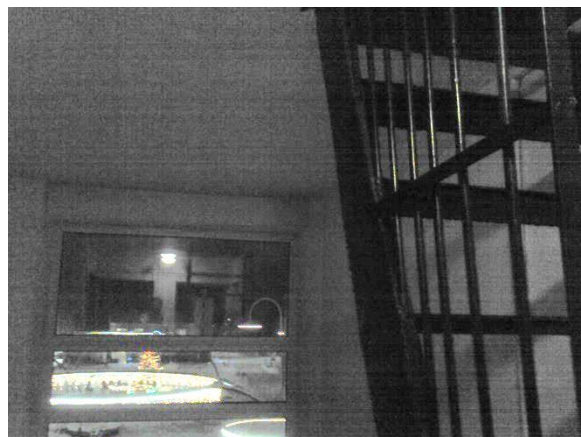
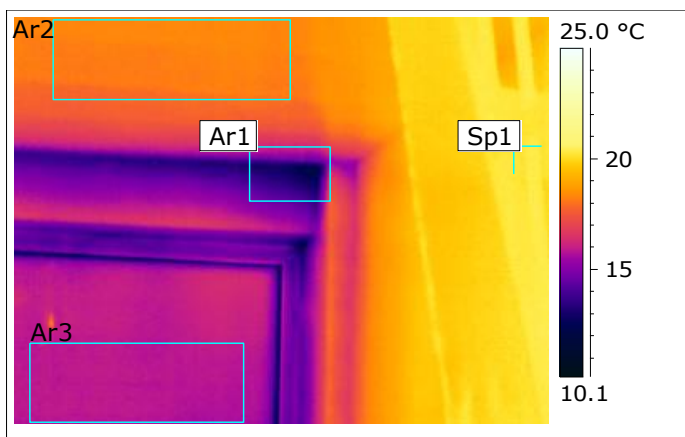
Ar1 – niiskuse kondenseerumise oht



File name	IR_45949.jpg
Sp1 Temperature	23.3 °C
Ar1 Average Temperature	18.8 °C
Ar1 - temperatuuriindeks fR_{si} =	0.82

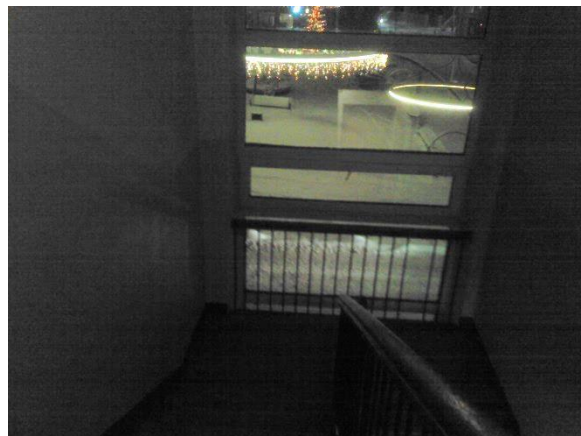
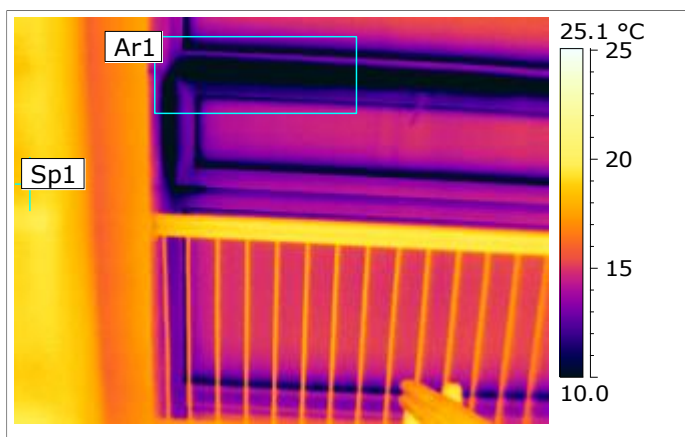
.

Trepikoda



File name	IR_45951.jpg
Sp1 Temperature	20.1 °C
Ar2 Average Temperature	18.2 °C
Ar3 Average Temperature	15.8 °C
Ar1 Min. Temperature	12.1 °C
Ar1 - temperatuuriindeks fR_{si} =	0.68

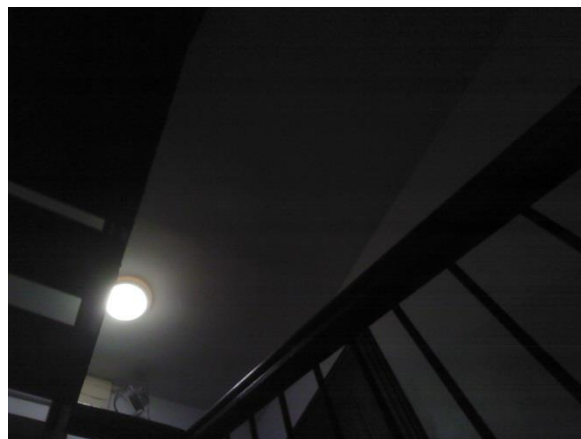
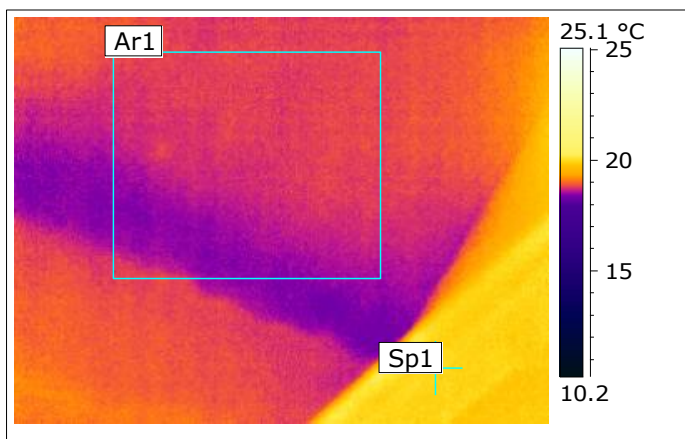
.



File name	IR_45953.jpg
Sp1 Temperature	18.8 °C
Ar1 Min. Temperature	2.3 °C
Ar1 - temperatuuriindeks fR_{si} =	0.30

Aken on tuulutamiseks avatud.

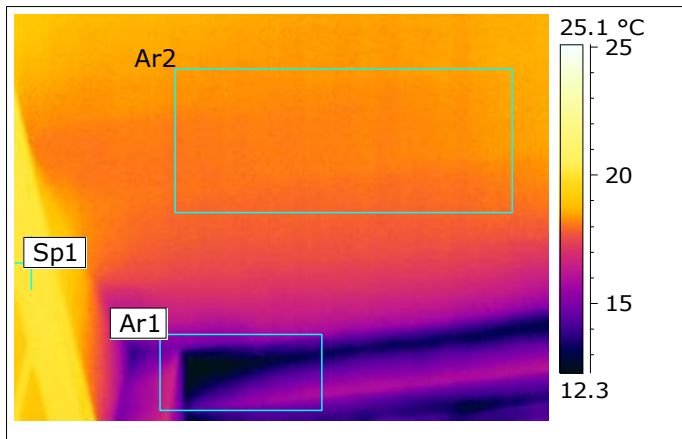
.



File name	IR_45955.jpg
Sp1 Temperature	19.9 °C
Ar1 Average Temperature	18.7 °C
Ar1 - temperatuuriindeks fR_{si} =	0.93

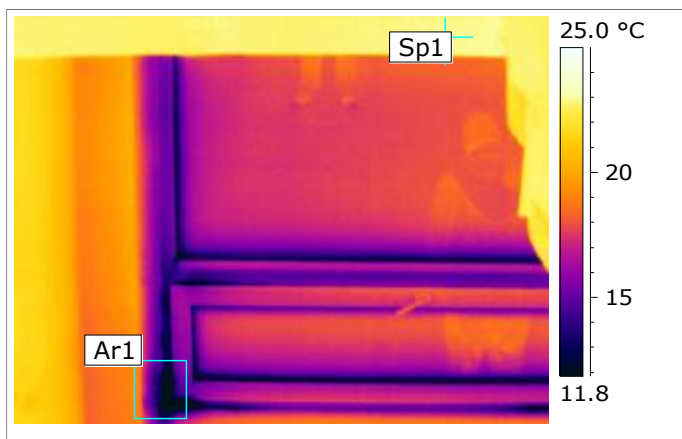
Lagi on ebaühtlase soojapidavusega.

.



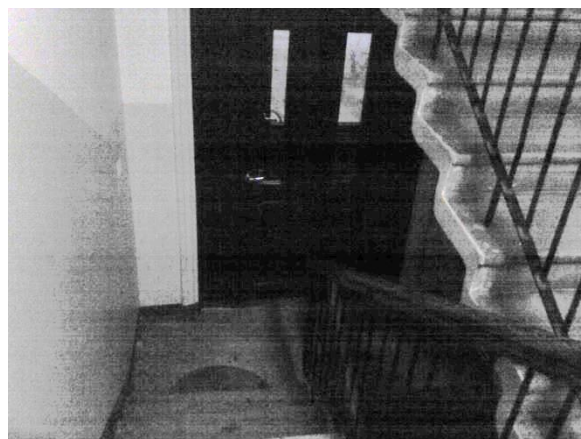
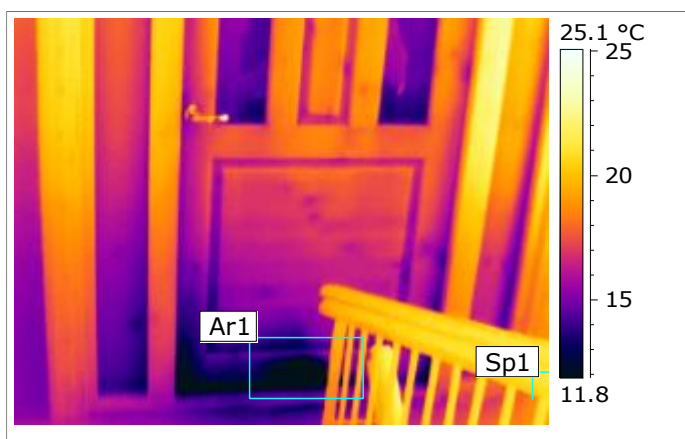
File name	IR_45957.jpg
Sp1 Temperature	20.1 °C
Ar2 Average Temperature	18.1 °C
Ar1 Min. Temperature	11.1 °C
Ar1 - temperatuuriindeks fR_{si} =	0.64

.



File name	IR_45961.jpg
Sp1 Temperature	22.9 °C
Ar1 Min. Temperature	3.6 °C
Ar1 - temperatuuriindeks fR_{si} =	0.31

.

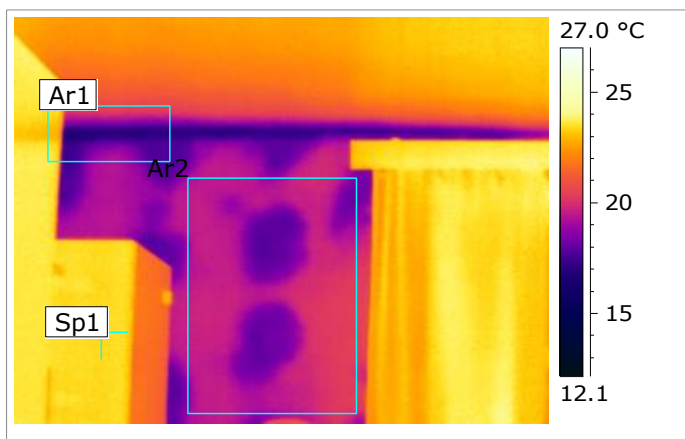


File name	IR_45963.jpg
Sp1 Temperature	21.2 °C
Ar1 Min. Temperature	7.6 °C
Ar1 - temperatuuriindeks fR_{si} =	0.48

Tuulekoja uks ei sulgu tihedalt.

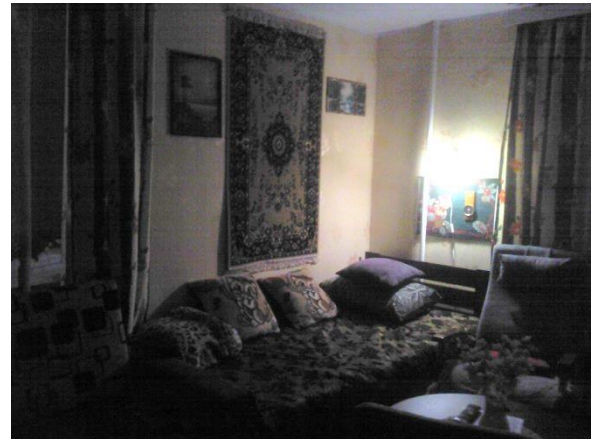
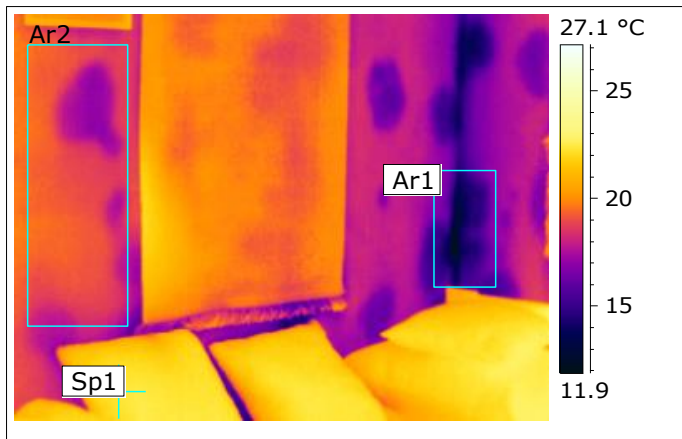
.

Korter 1



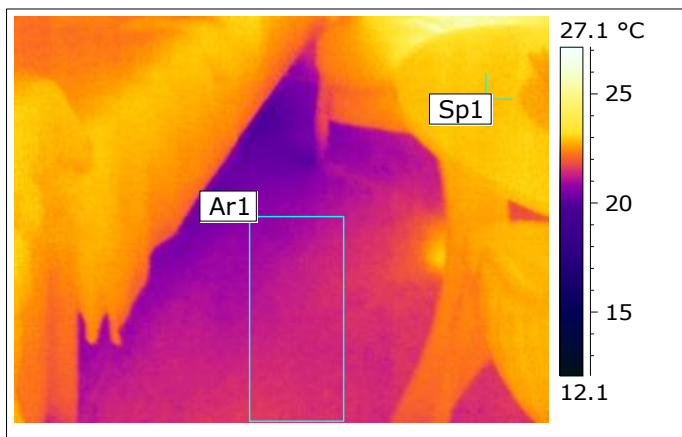
File name	IR_45967.jpg
Sp1 Temperature	23.5 °C
Ar2 Average Temperature	19.3 °C
Ar1 Min. Temperature	16.6 °C
Ar1 - temperatuuriindeks fR_{si} =	0.76

.



File name	IR_45969.jpg
Sp1 Temperature	22.2 °C
Ar2 Average Temperature	18.7 °C
Ar1 Min. Temperature	11.8 °C
Ar1 - temperatuuriindeks fR_{si} =	0.62

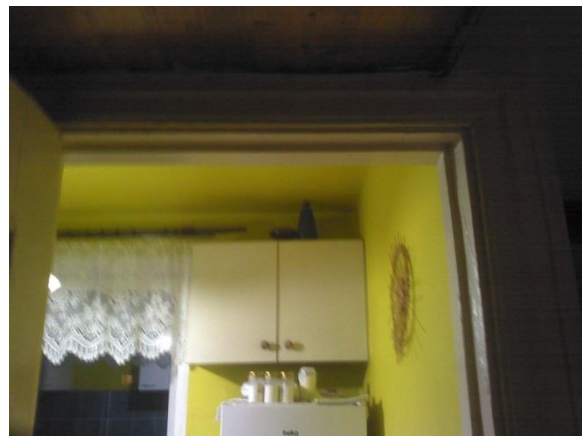
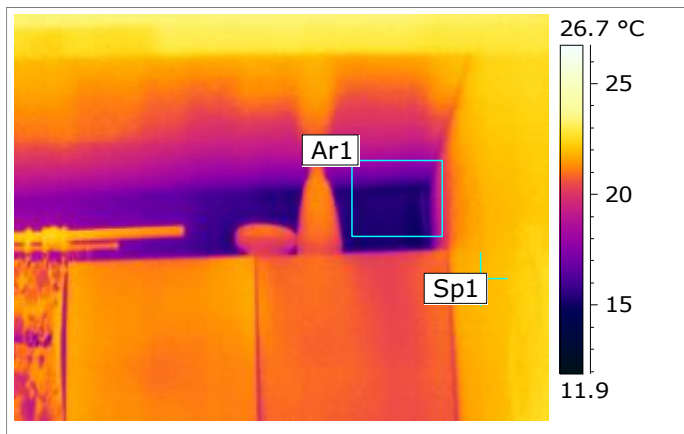
.



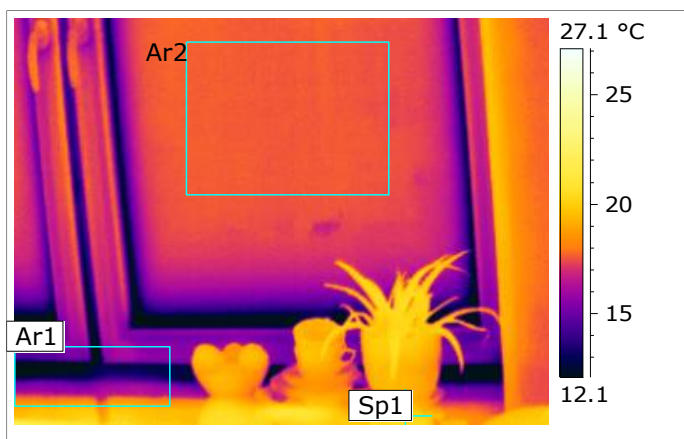
File name	IR_45973.jpg
Sp1 Temperature	22.9 °C
Ar1 Average Temperature	21.3 °C
Ar1 - temperatuuriindeks fR_{si} =	0.92

.

Korter 6

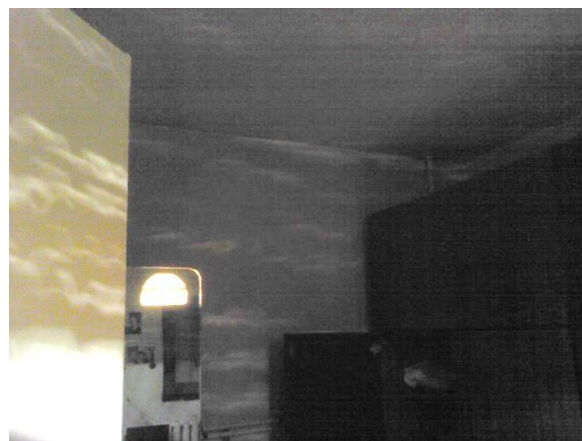
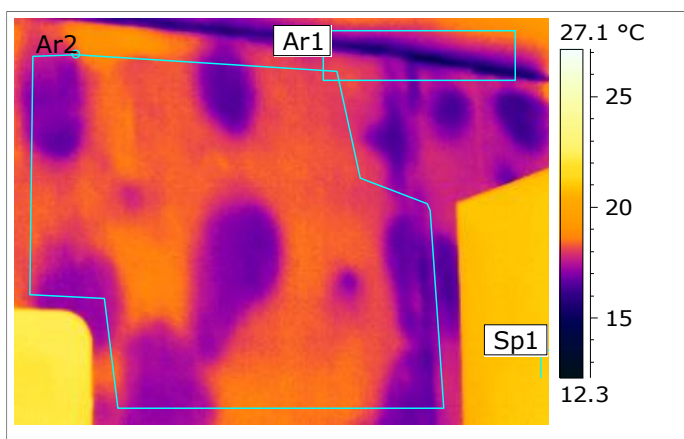


File name	IR_45975.jpg
Sp1 Temperature	21.8 °C
Ar1 Min. Temperature	14.8 °C
Ar1 - temperatuuriindeks fR_{si} =	0.74

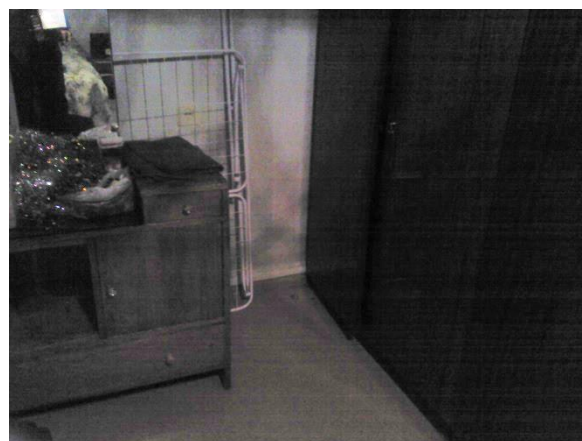
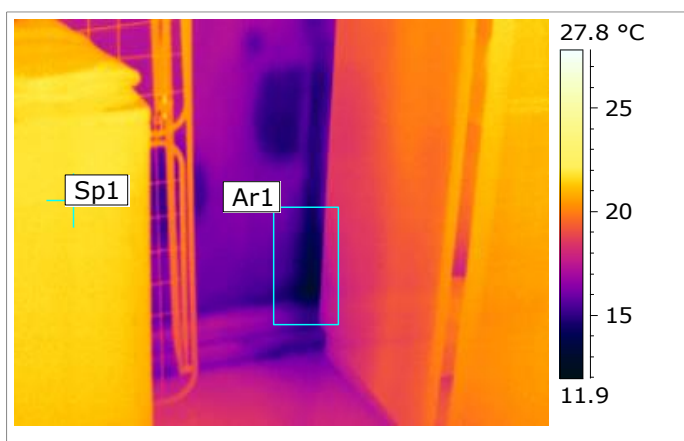


File name	IR_45977.jpg
Sp1 Temperature	20.3 °C
Ar2 Average Temperature	17.6 °C
Ar1 Min. Temperature	10.3 °C
Ar1 - temperatuuriindeks fR_{si} =	0.60

Akna ümbrus on puudulikult tihendatud.

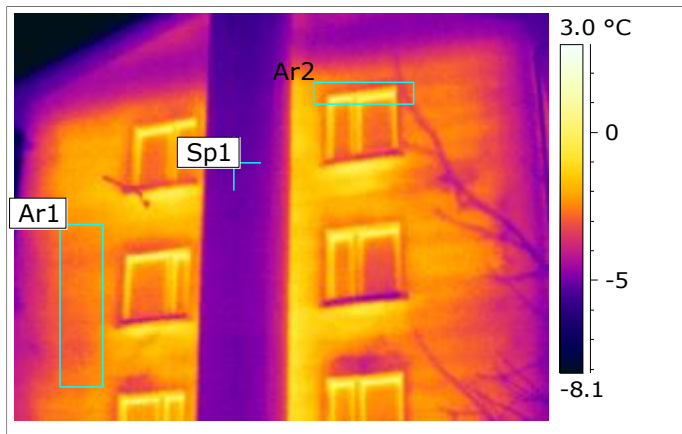


File name	IR_45979.jpg
Sp1 Temperature	21.0 °C
Ar2 Average Temperature	17.9 °C
Ar1 Min. Temperature	14.7 °C
Ar1 - temperatuuriindeks fR_{si} =	0.75



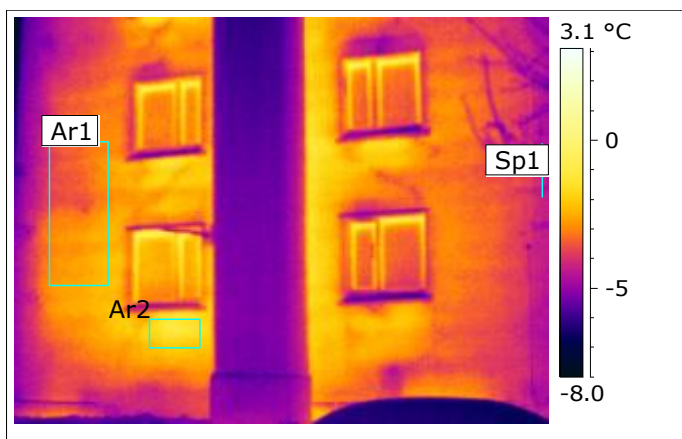
File name	IR_45981.jpg
Sp1 Temperature	21.7 °C
Ar1 Min. Temperature	13.0 °C
Ar1 - temperatuuriindeks fR_{si} =	0.67

Välimine ülevaatus



File name	IR_45985.jpg
Sp1 Temperature	-5.2 °C
Ar2 Max. Temperature	0.7 °C
Ar1 Average Temperature	-2.7 °C

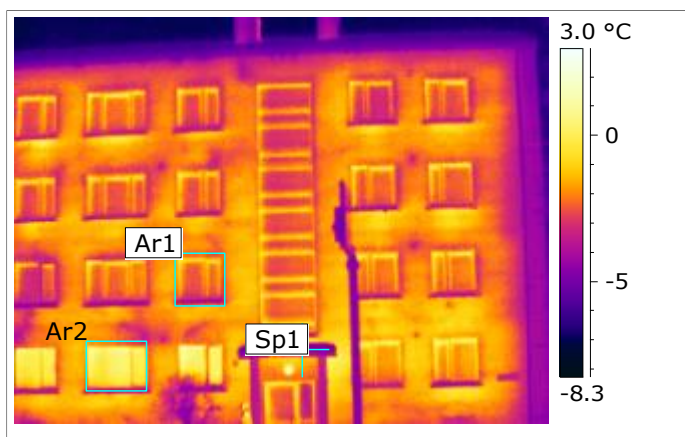
.



File name	IR_45987.jpg
Sp1 Temperature	-5.6 °C
Ar1 Average Temperature	-3.0 °C
Ar2 Average Temperature	-1.7 °C

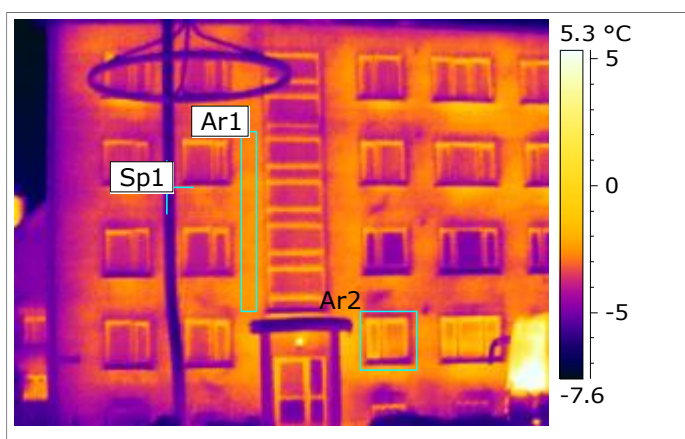
Akende all, radiaatori kohal, on seinte soojuslähivus suurem.

.

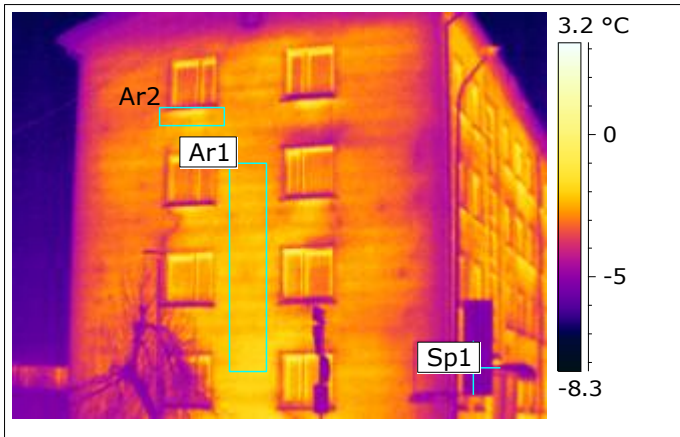


File name	IR_45989.jpg
Sp1 Temperature	-4.7 °C
Ar1 Average Temperature	-2.3 °C
Ar2 Max. Temperature	1.5 °C

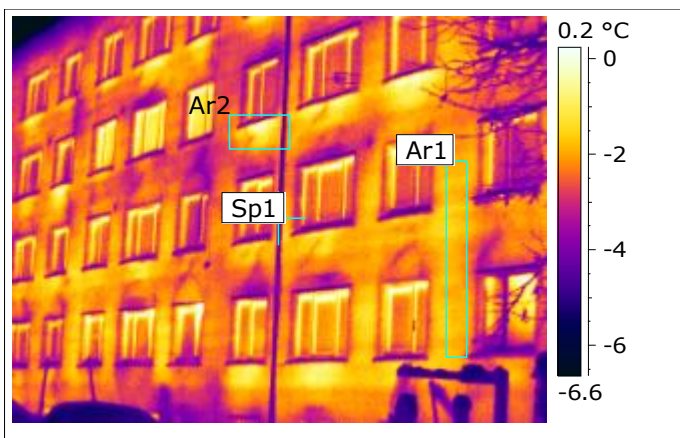
Alumisel korrusel on vanad aknad.



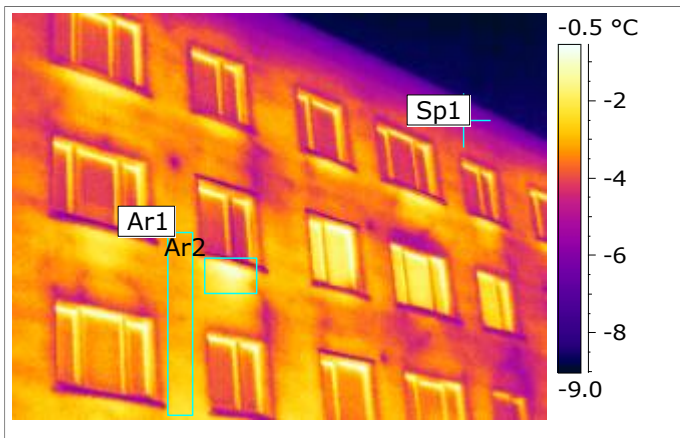
File name	IR_45991.jpg
Sp1 Temperature	-5.7 °C
Ar1 Average Temperature	-2.6 °C
Ar2 Max. Temperature	-0.1 °C



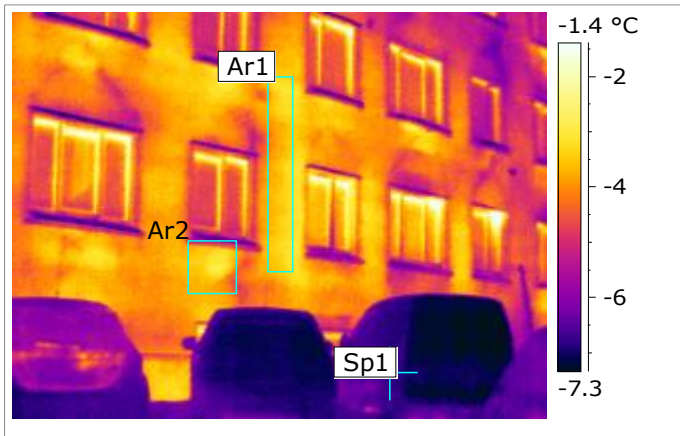
File name	IR_45995.jpg
Sp1 Temperature	-5.3 °C
Ar1 Average Temperature	-2.3 °C
Ar2 Max. Temperature	-1.2 °C



File name	IR_45997.jpg
Sp1 Temperature	-4.3 °C
Ar1 Average Temperature	-1.9 °C
Ar2 Max. Temperature	0.1 °C



File name	IR_45999.jpg
Sp1 Temperature	-5.3 °C
Ar1 Average Temperature	-2.9 °C
Ar2 Max. Temperature	-0.7 °C



File name	IR_46001.jpg
Sp1 Temperature	-6.8 °C
Ar1 Average Temperature	-3.5 °C
Ar2 Max. Temperature	-2.6 °C

Kokkuvõte

Antud termograafilise ülevaatus eesmärk oli hinnata hoone soojapidavuse olukorda, et avastada võimalikud õhulekke asukohad, soojustusdefektid ja konstruktiivsed külmasillad, mis võivad mõjutada hoone soojapidavust.

Tähelepanekud

- Maja välisseinad on laotud silikaattellistest müüritisena, milles on näha suurema soojuslähivusega akendealused õhemad piirkonnad, kus asetsevad radiaatorid
- Välisseinte soojuslähivus on suhteliselt ühtlane.
- Akende/uste sillused on suurema soojuslähivusega kui sein
- Vahelae paneelide liited on seina sees puudulikult isoleeritud ja moodustavad külmasillad
- Lae ja põranda servades ning seinte nurkades on külmad tsoonid, mis viitavad kehvemale soojapidavusele laepaneelide liitekohtades.
- Vaheseinte liited välisseintega moodustavad külmad nurgad, kuna konstruktsioonide liitekohtades on soojustus puudulik.
- Ülaltjaotusega küttesüsteemi jaotustorud põõningul põhjustavad soojakadu.
- Uute akende paigaldamisel on kasutatud montaaživahtu, mis ei täida ühtlaselt aknalengi ja seina vahelist pilu. Eriti on seda probleemi nurkades. Aknapõsed on seestpoolt kohati külmad.
- Ehituslikud vead ja konstruktiivsed külmasillad likvideerib välisseinte terviklik soojustamine.

Kalkulatsioonid

Kontrollimaks hoone põhikonstruktsiooni üldist soojuspidavust, on teostatud temperatuuridel põhinev, kaudne soojuspidavuse arvutus.

Piirete keskmised soojuslähivuse väärtused on järgmised:

Ülemise korruse lagi $U \sim 0,5-0,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Sein $U \sim 0,9-1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Uued aknad $U \sim 1,3-1,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Võrdluseks antud maja välispiirtete soojuslähivusele on toodud järgnevas tabelis Eestis soovitatavad välispiirete soojuslähivuse piirväärtused:

Energiatõhususe miinimumnõuded 30.08.2012	U, W (m ² •K)
Välisseinte soojuslähivus	0,12 – 0,22
Katuste ja põrandate soojuslähivus	0,10 – 0,15
Akende ja uste soojuslähivus	0,6 – 1,10

Energiaaudiitor