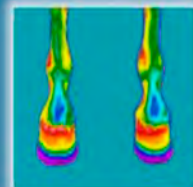
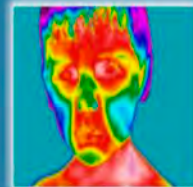
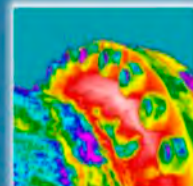
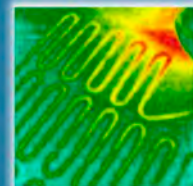
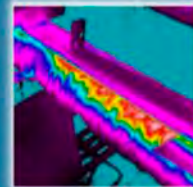
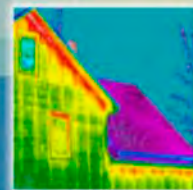


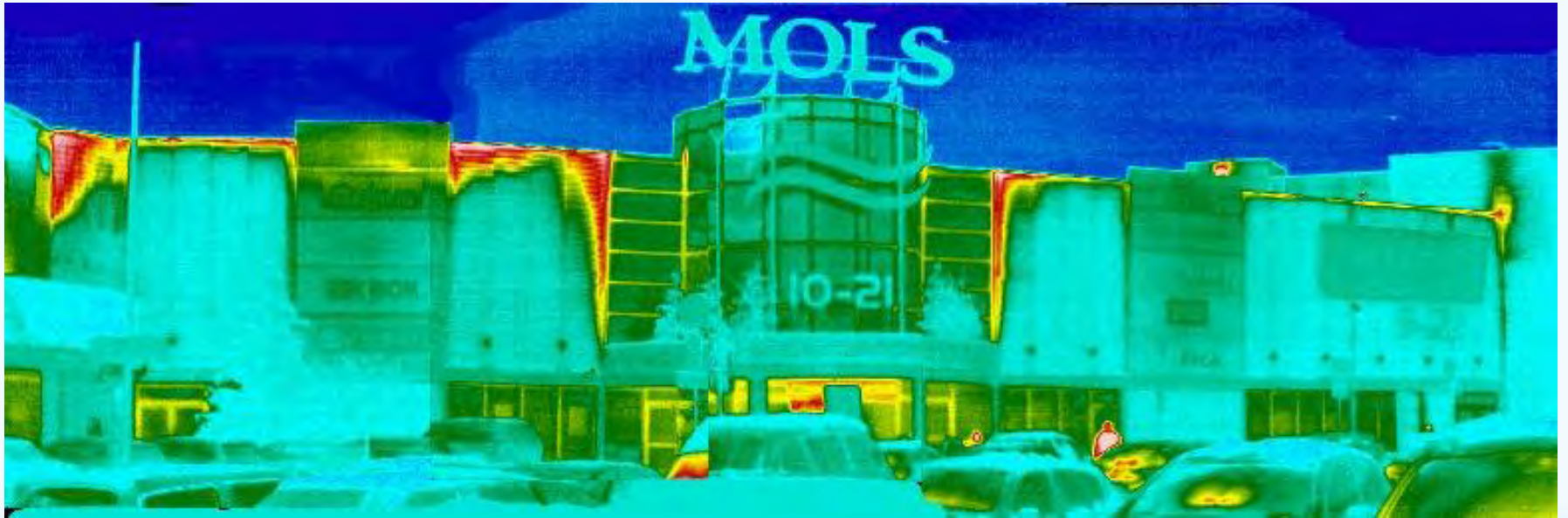
**Эффективность  
проведения тепловизионного  
обследования совместно с  
измерением  
воздухопроницаемости  
методом Blower Door  
(Аэродверь)**

**Нитиевский Андрей  
Альфредович  
ООО «ИРБЕСТ»**



**IRBEST**



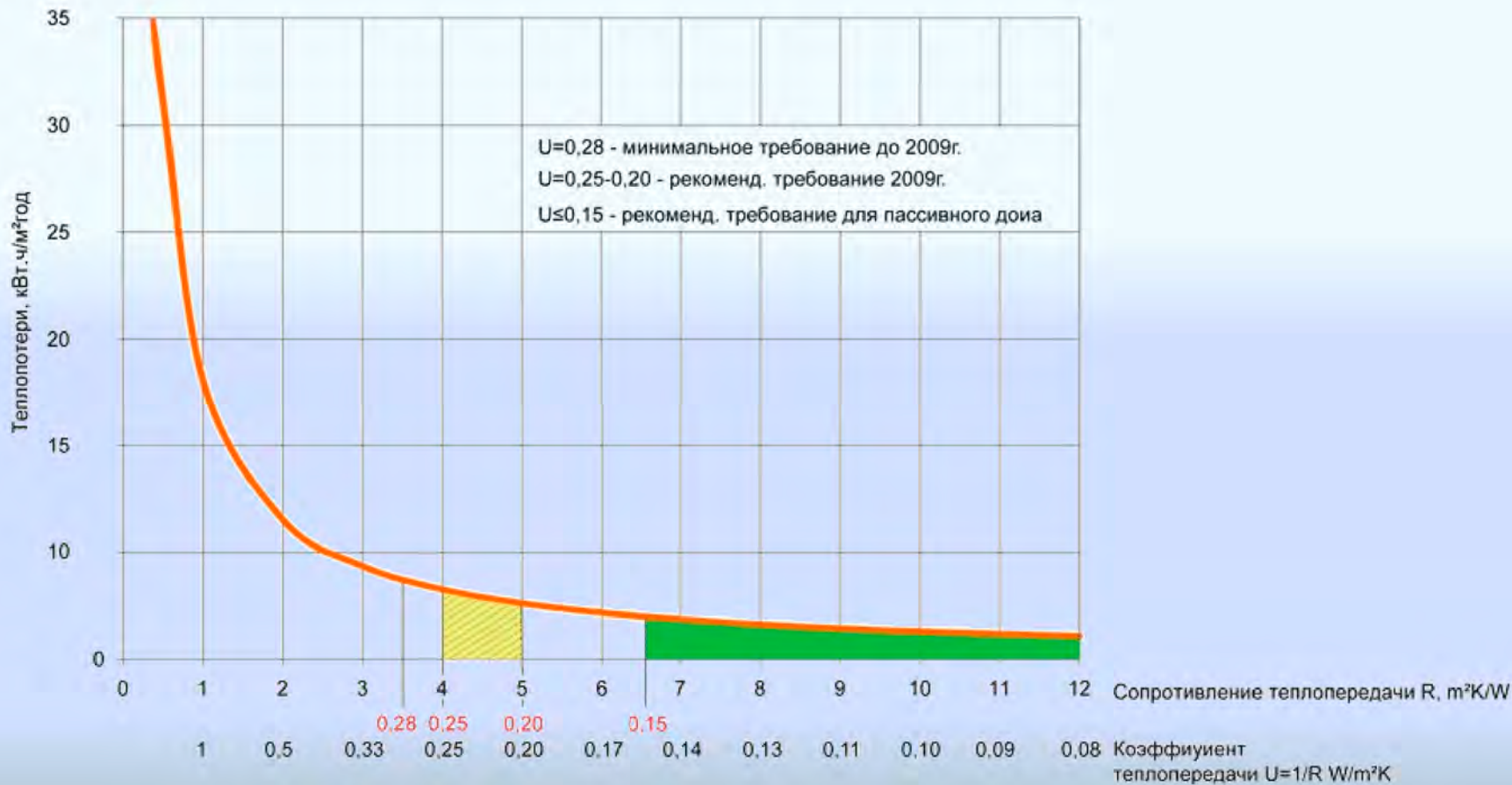


# Виды теплопередачи

- Теплопроводность
  - расчёт на стадии проектирования
  - контроль качества на производстве
- **Конвекция**
  - расчёт на стадии проектирования
  - качество строительных работ**
- Излучение



# Зависимость теплотерь от увеличения сопротивления теплопередаче

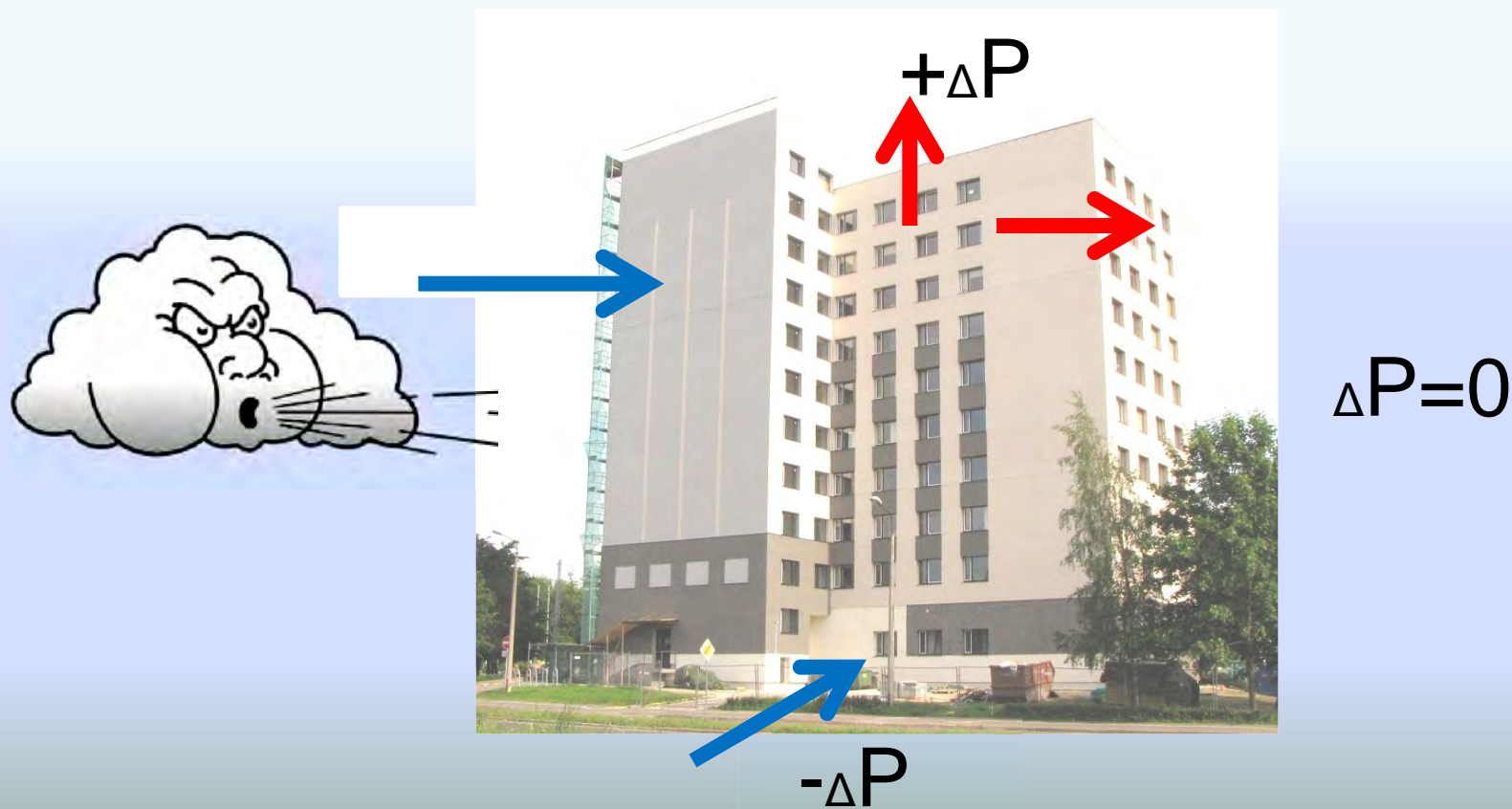


# Воздухопроницаемость влияет на:

- Качество воздуха (Indoor Air Quality)
- Энергоэффективность
- Влажность в конструкции
- Пожарная безопасность
- Звукоизоляция

Строй герметично –  
вентилируй правильно

# Обнаружение дефектов фильтрации в естественных условиях



## Минимальное требование:

**-необходимо знать направление и перепад давления на момент съёмки**



# Для уверенной съёмки необходимо создать гарантированный перепад давления

Механическая вентиляция



Аэродверь

Blower Door

Rover Fan





# Стандарты о поиске фильтрации воздуха

## ГОСТ 54852-2011

-упоминается **EN13187**

-**пункт 9.10** – если обнаружен дефект, то производится измерение воздухопроницаемости согласно ГОСТ 31167

- **приложение Б, пункт 13.**

Если необходимо, то измеряется перепад давления с наветренной и подветренной стороны

# Стандарты о поиске фильтрации воздуха

## EN 13187

### -пункт 6.2

- определяется перепад давления с наветренной и подветренной стороны для каждого этажа, фиксируется точка нулевого перепада
- Съёмка производится, когда существует перепад давления в здании

- или необходимо создать перепад давления не менее 5 Pa.
- съёмка производится со стороны наименьшего давления

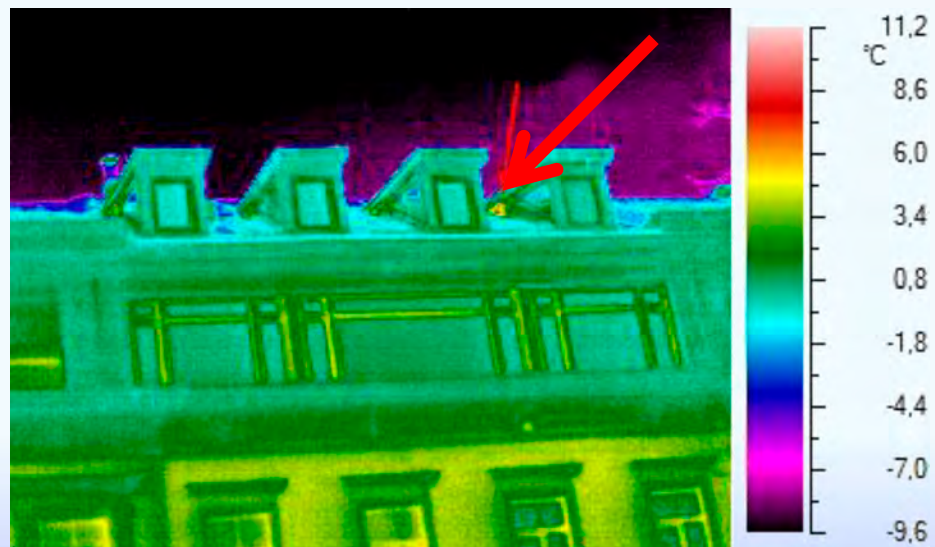
## **Руководство BSRIA FMS6 (UK)**

- обследование проводится при  $\Delta P > 10 \text{ Pa}$
- минимальная разница температуры  $\Delta T > 5 \text{ }^\circ\text{C}$

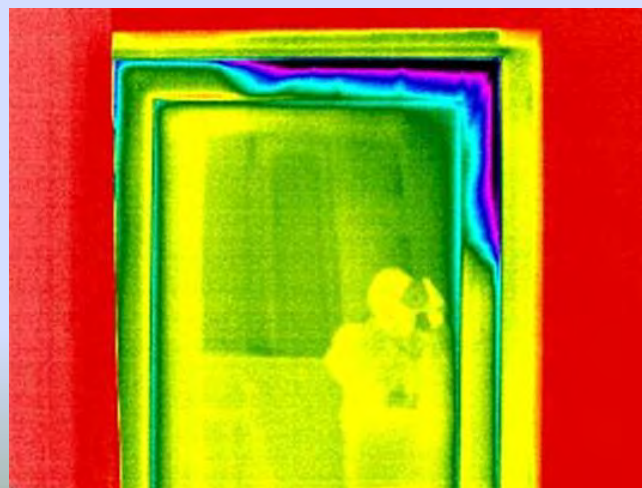
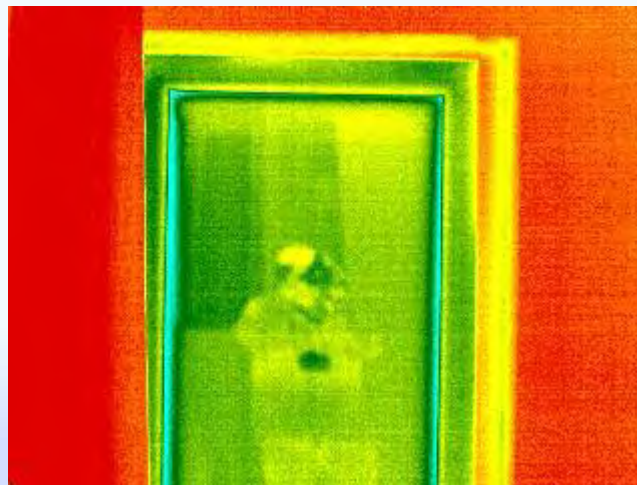
В случае низкого коэффициента излучения обследуемой поверхности или малого значения перепада температуры воздуха, для обнаружения места фильтрации используется генератор театрального дыма, термоанемометр и тыльная сторона ладони, чувствительная к малым потокам воздуха. Применение генератора театрального дыма позволяет также выявить путь прохождения воздуха.

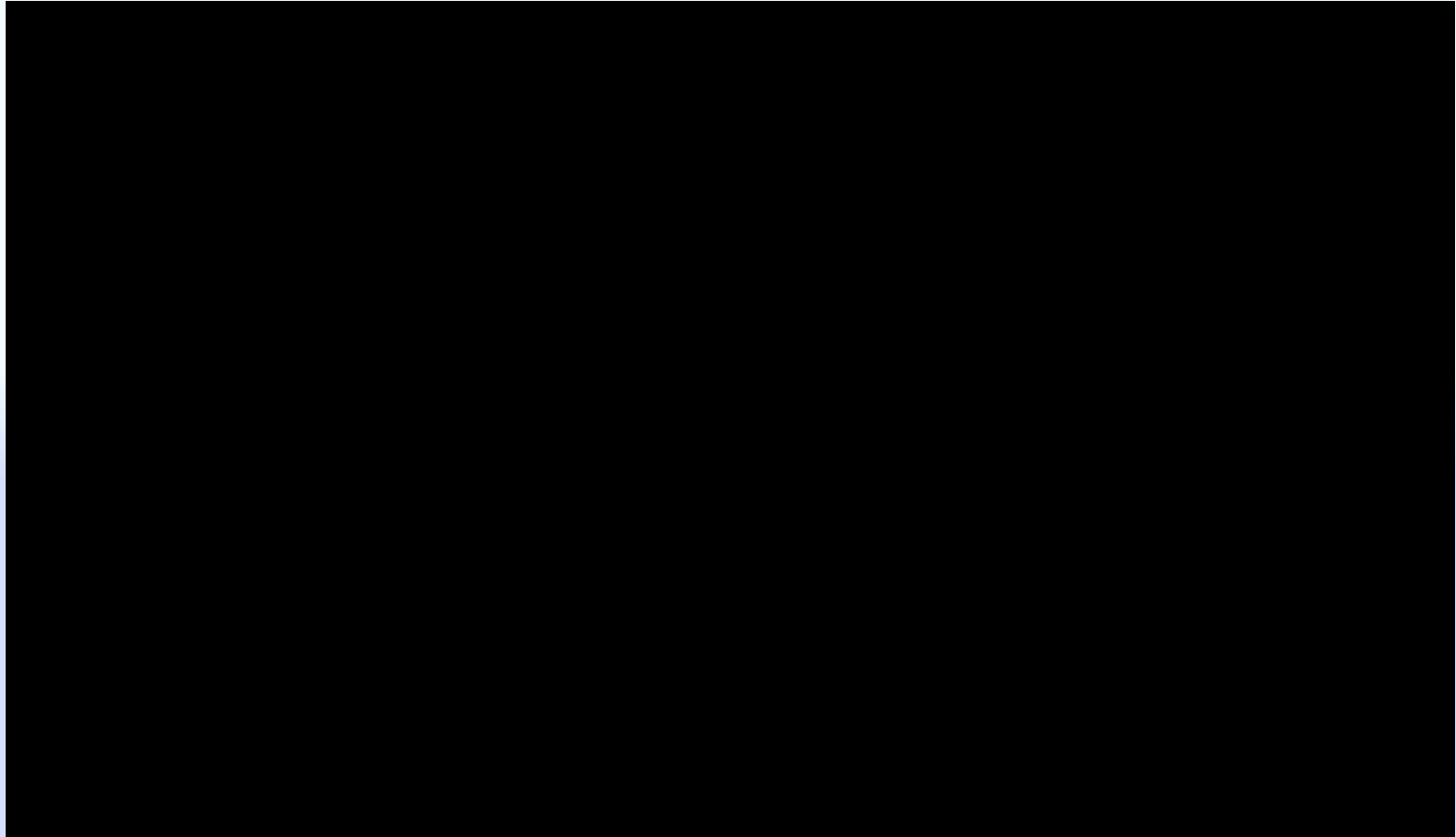


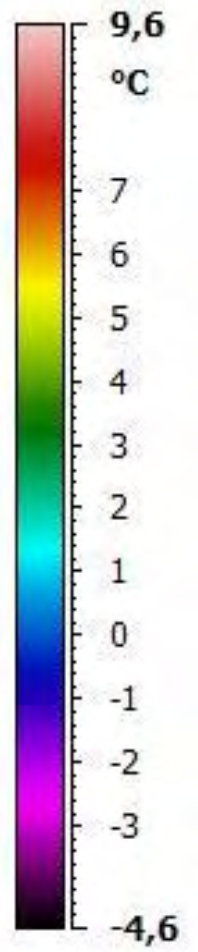
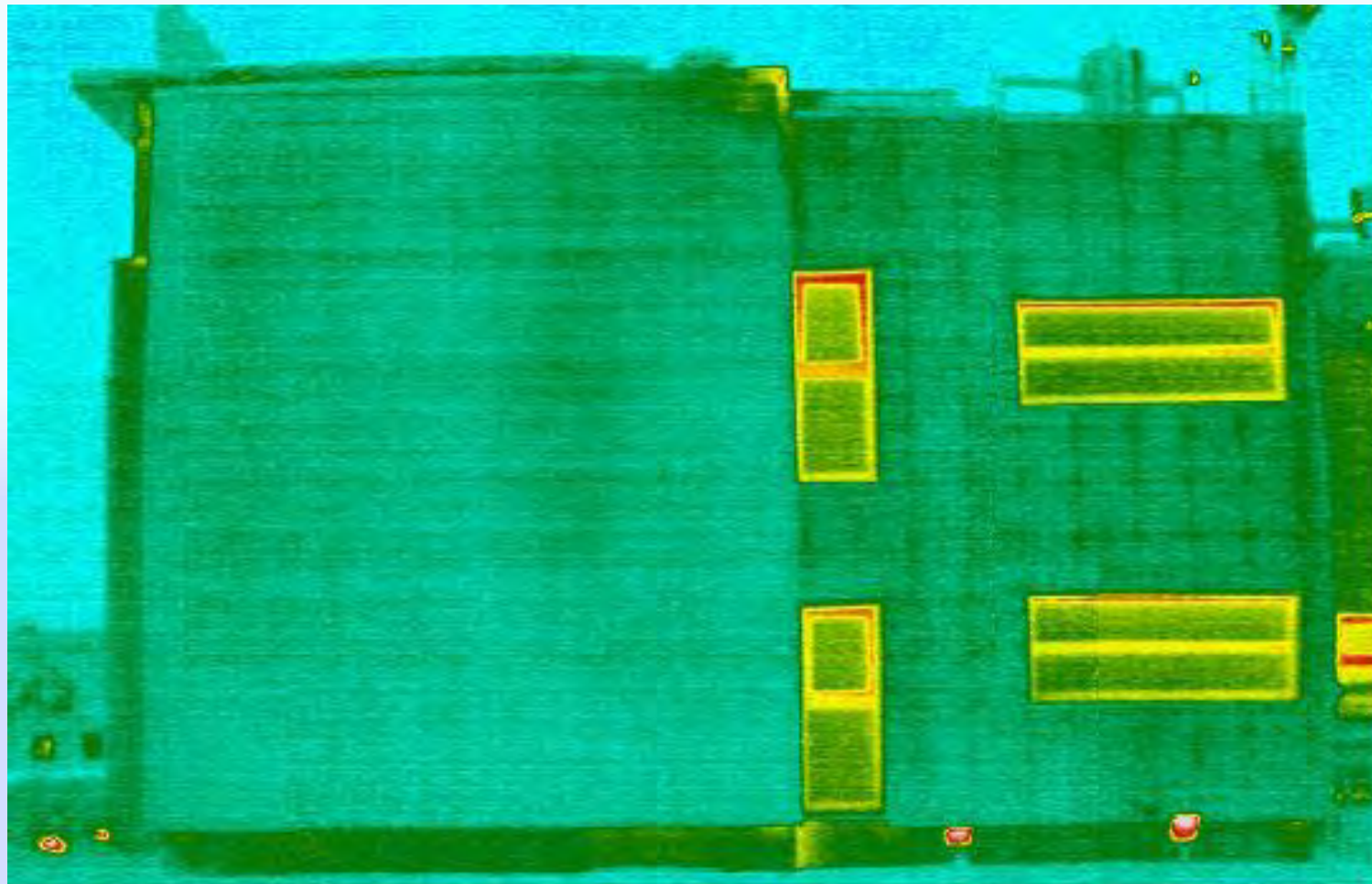
# Тепловизор



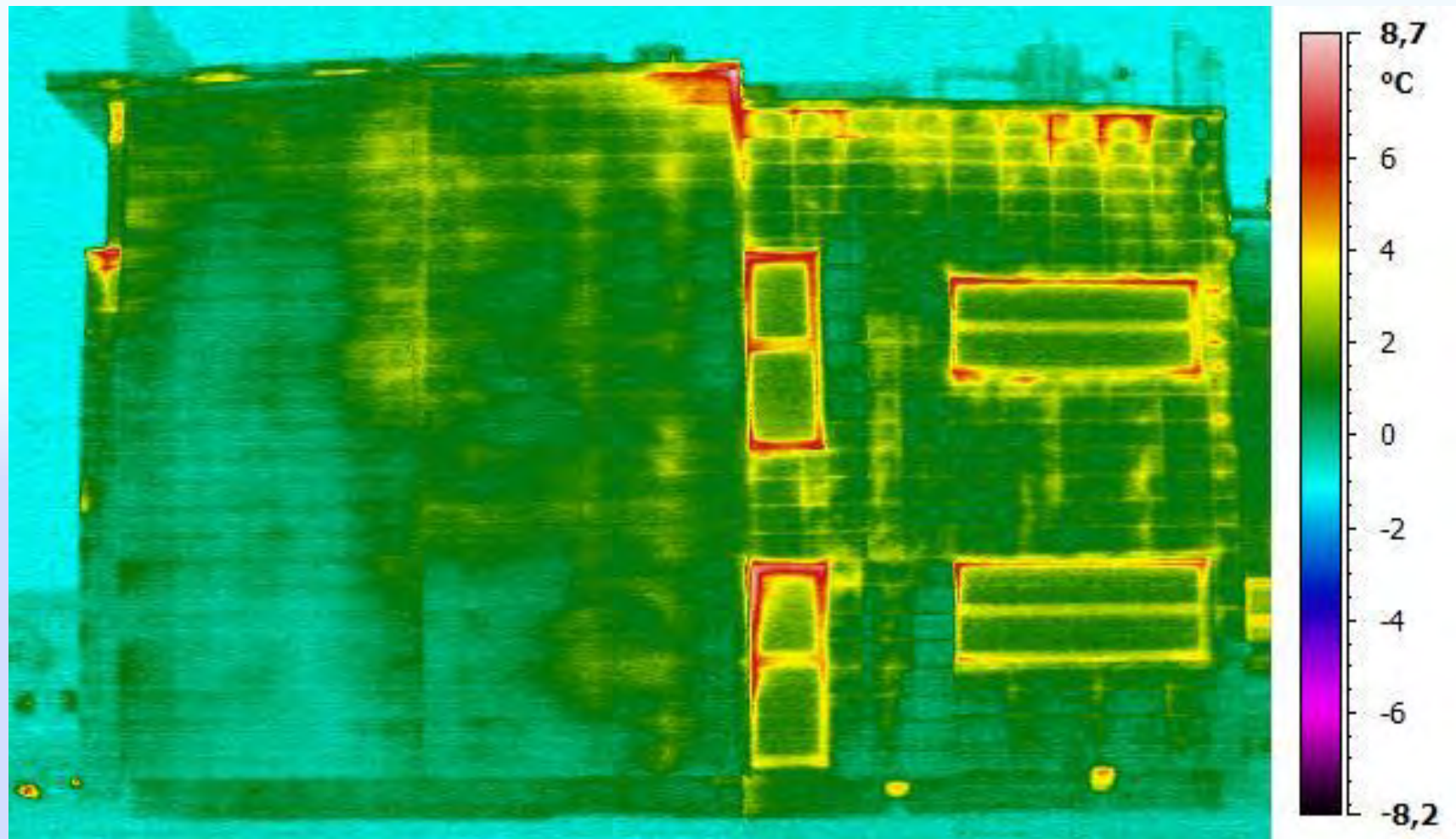
# Поиск дефектов (фильтрация воздуха)

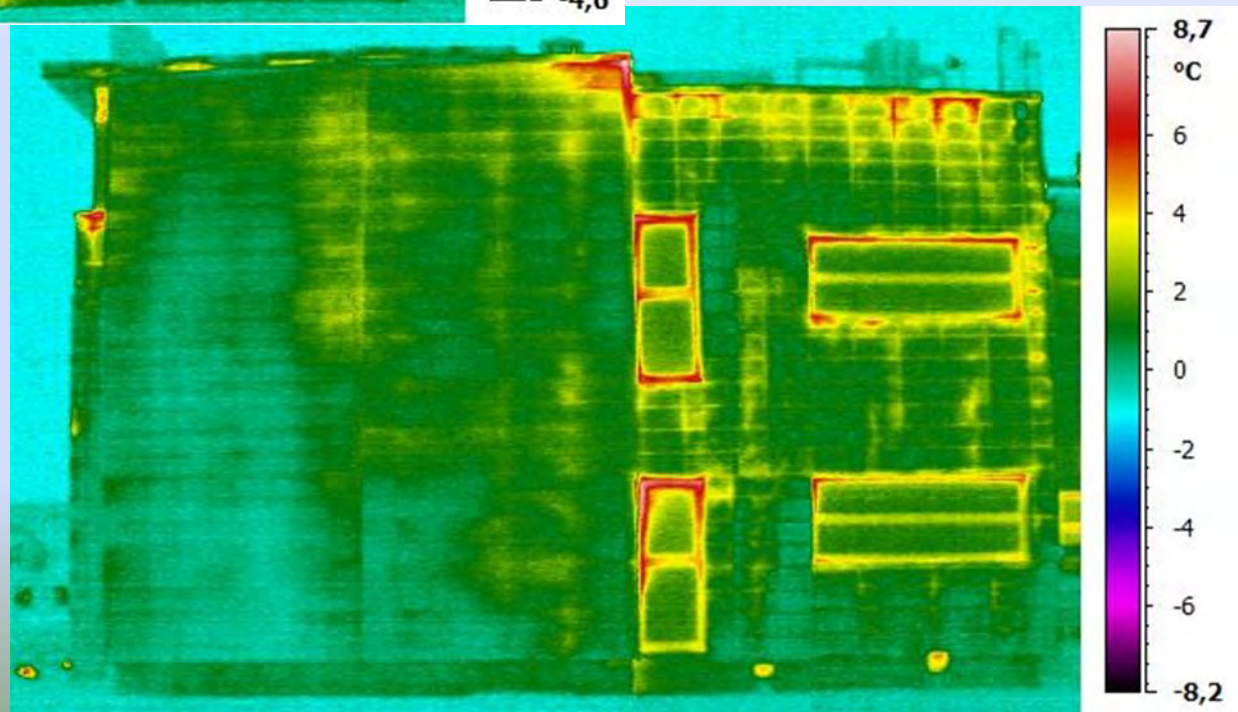
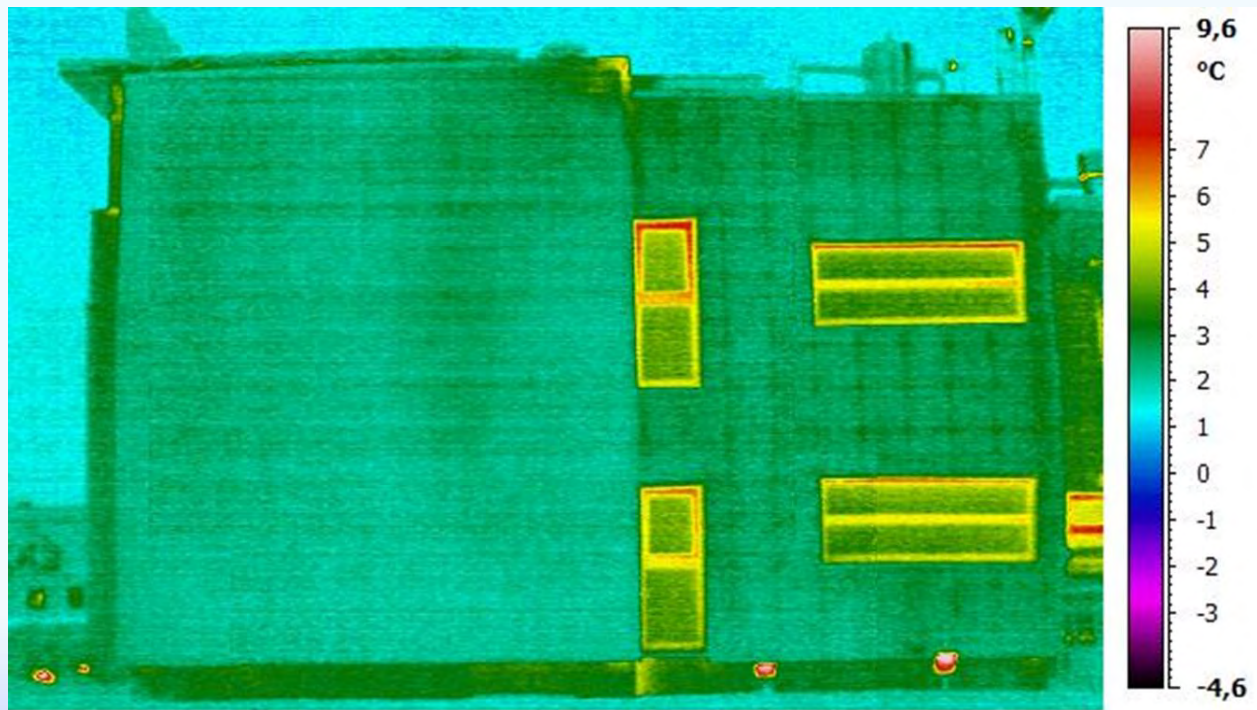








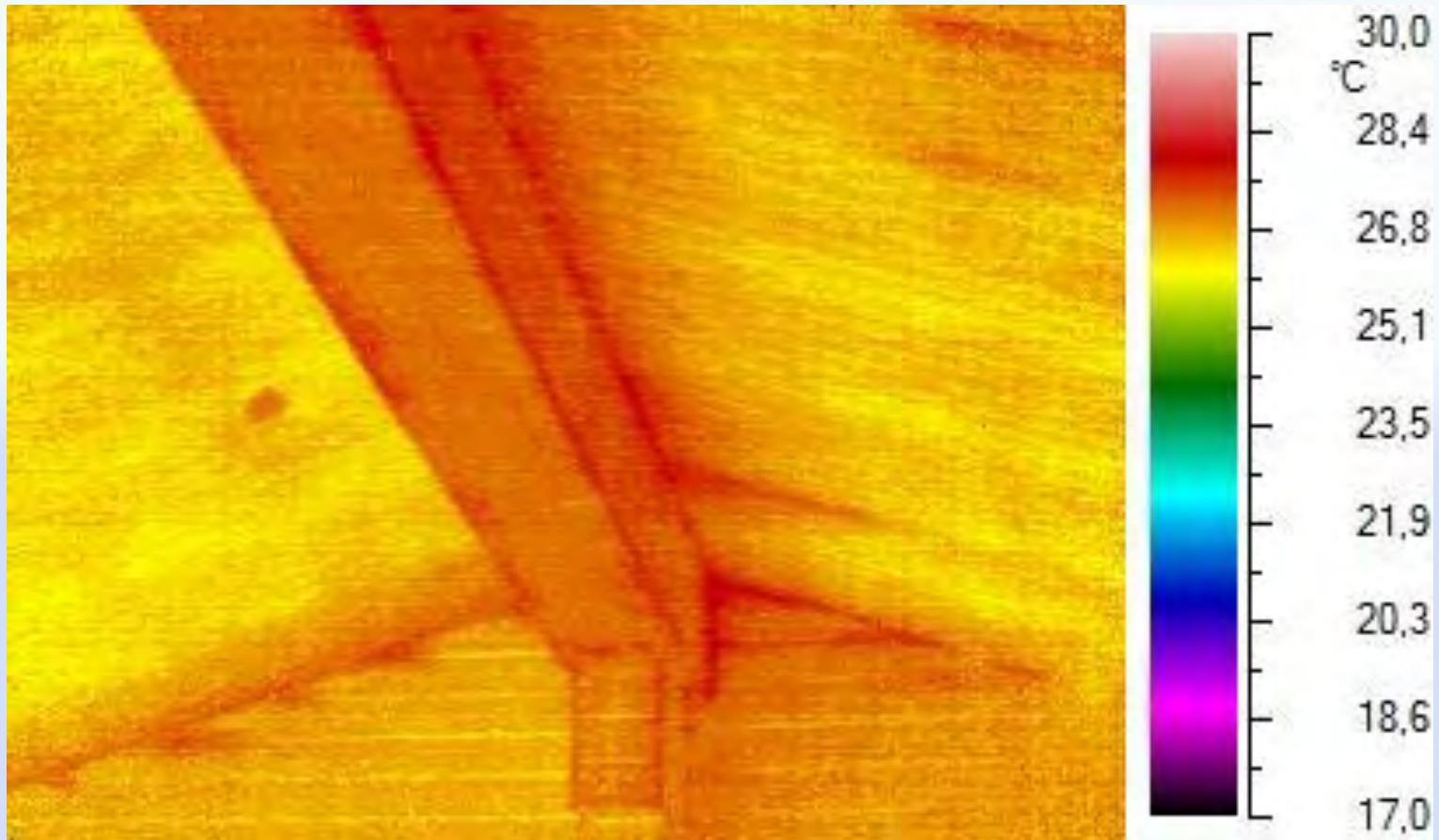






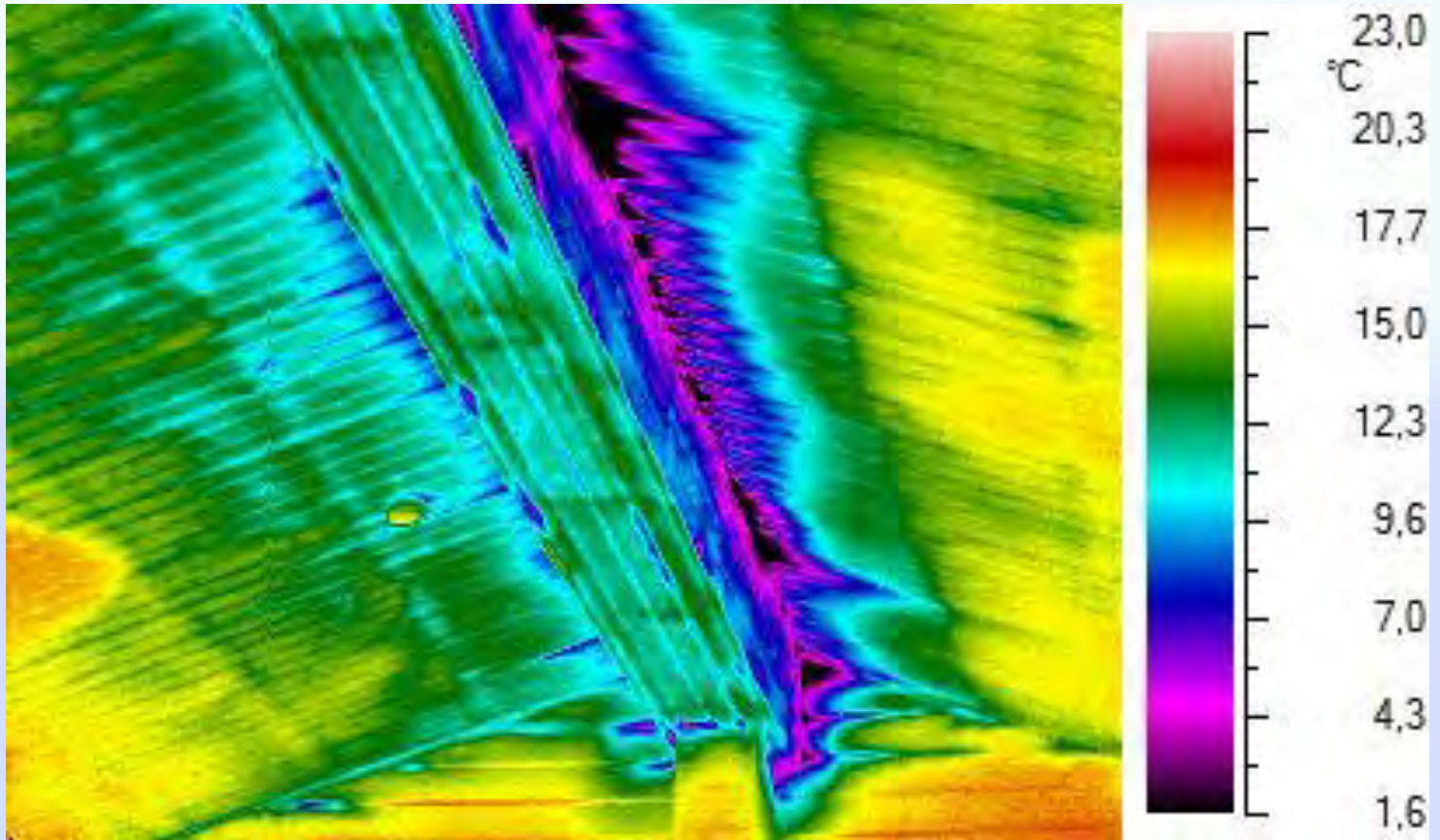


January 2011     $T=-22^{\circ}\text{C}$      $T=+19^{\circ}\text{C}$      $\Delta T=41^{\circ}\text{C}$

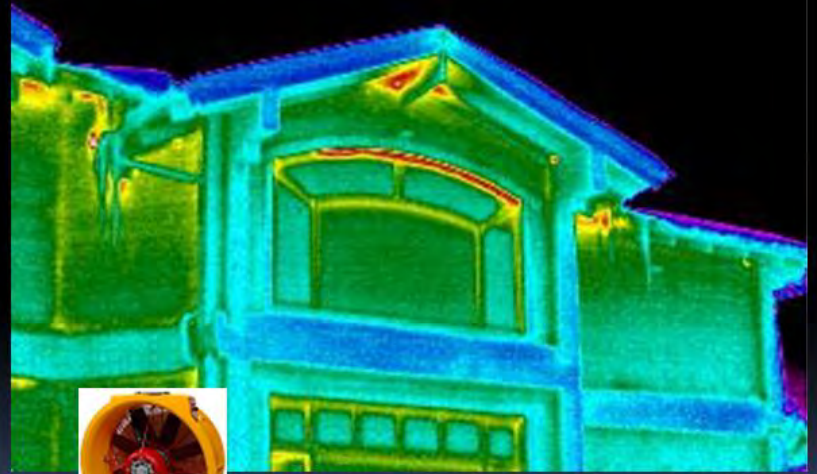
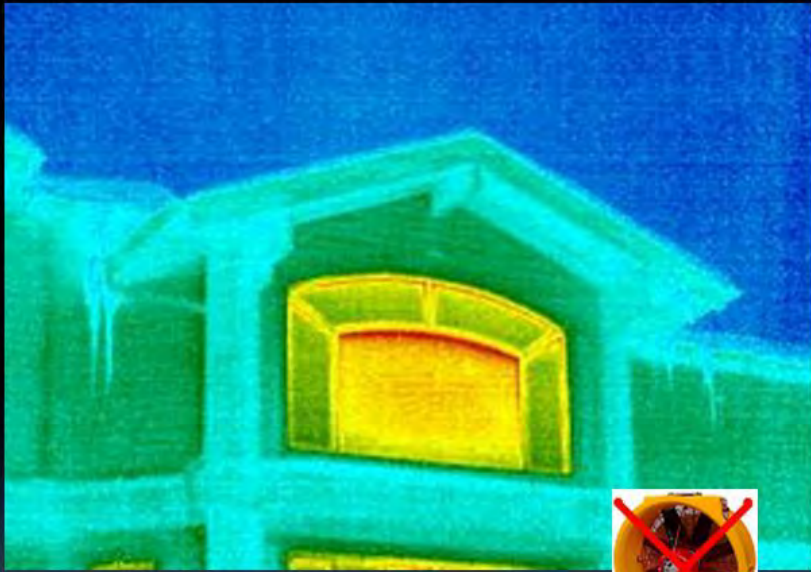


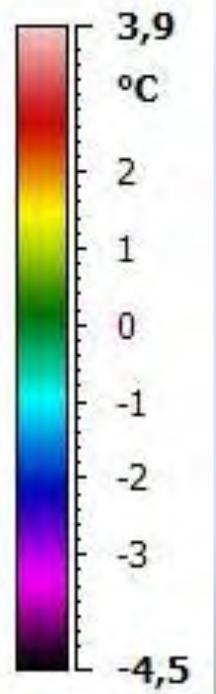
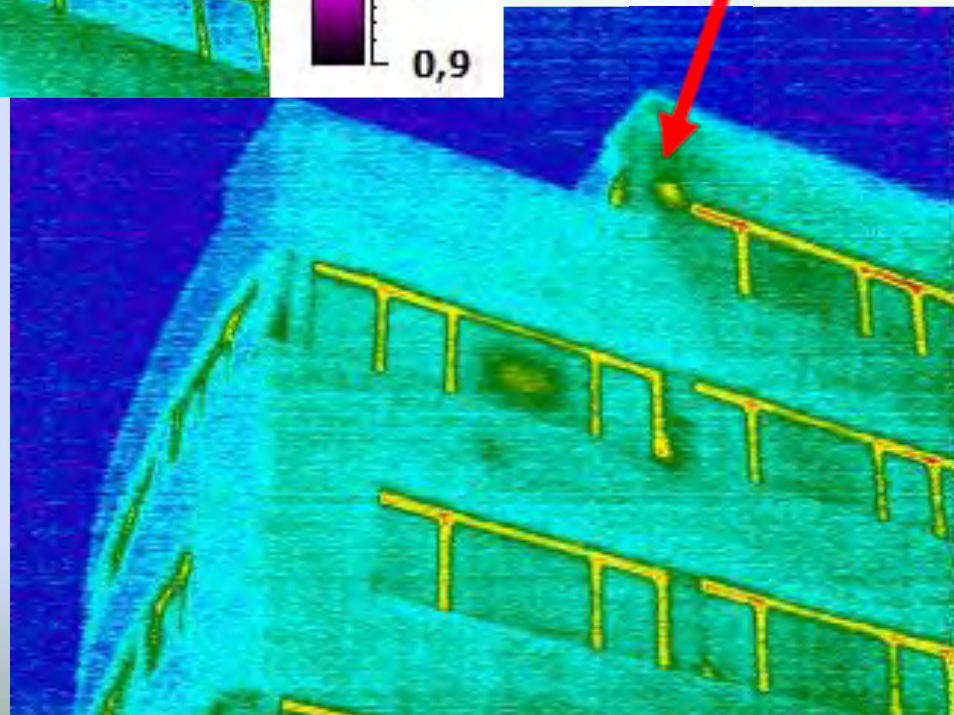
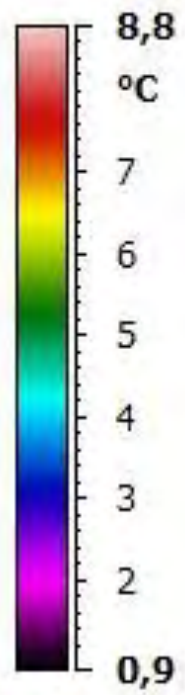
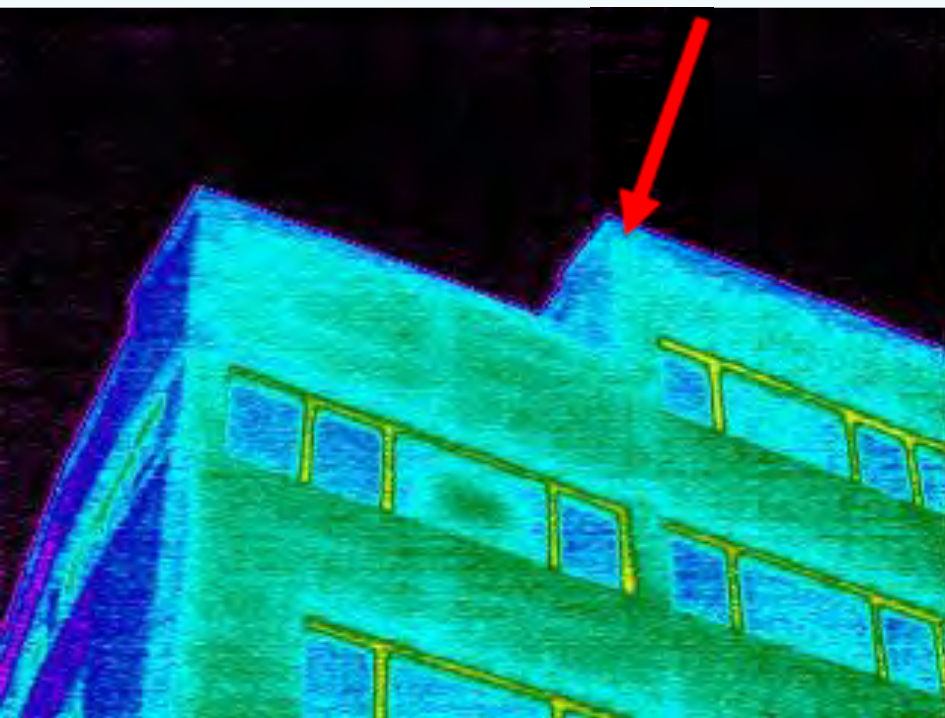
$\Delta P = + 8 \text{ Pa}$





$\Delta P = -8 \text{ Pa}$

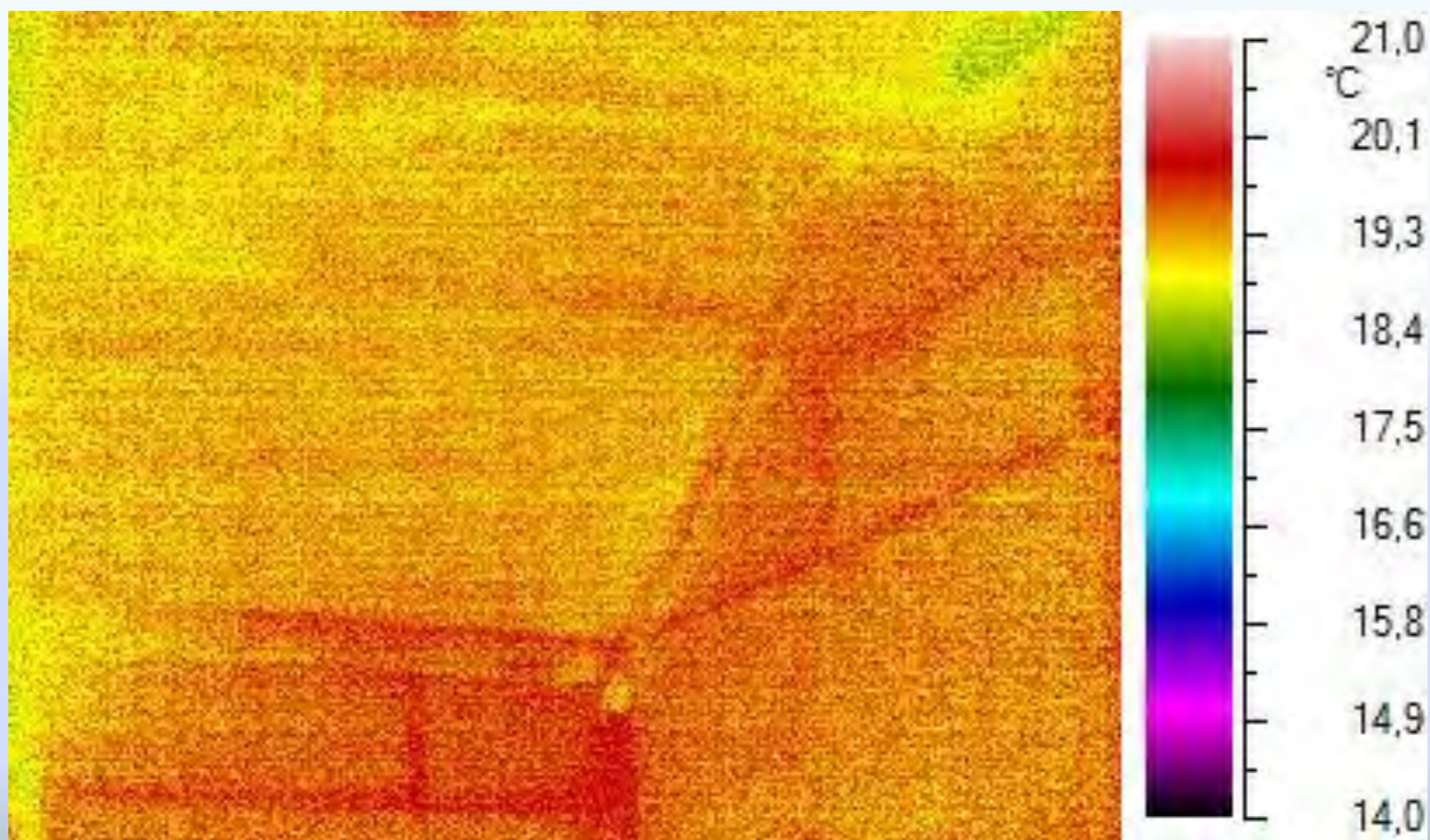




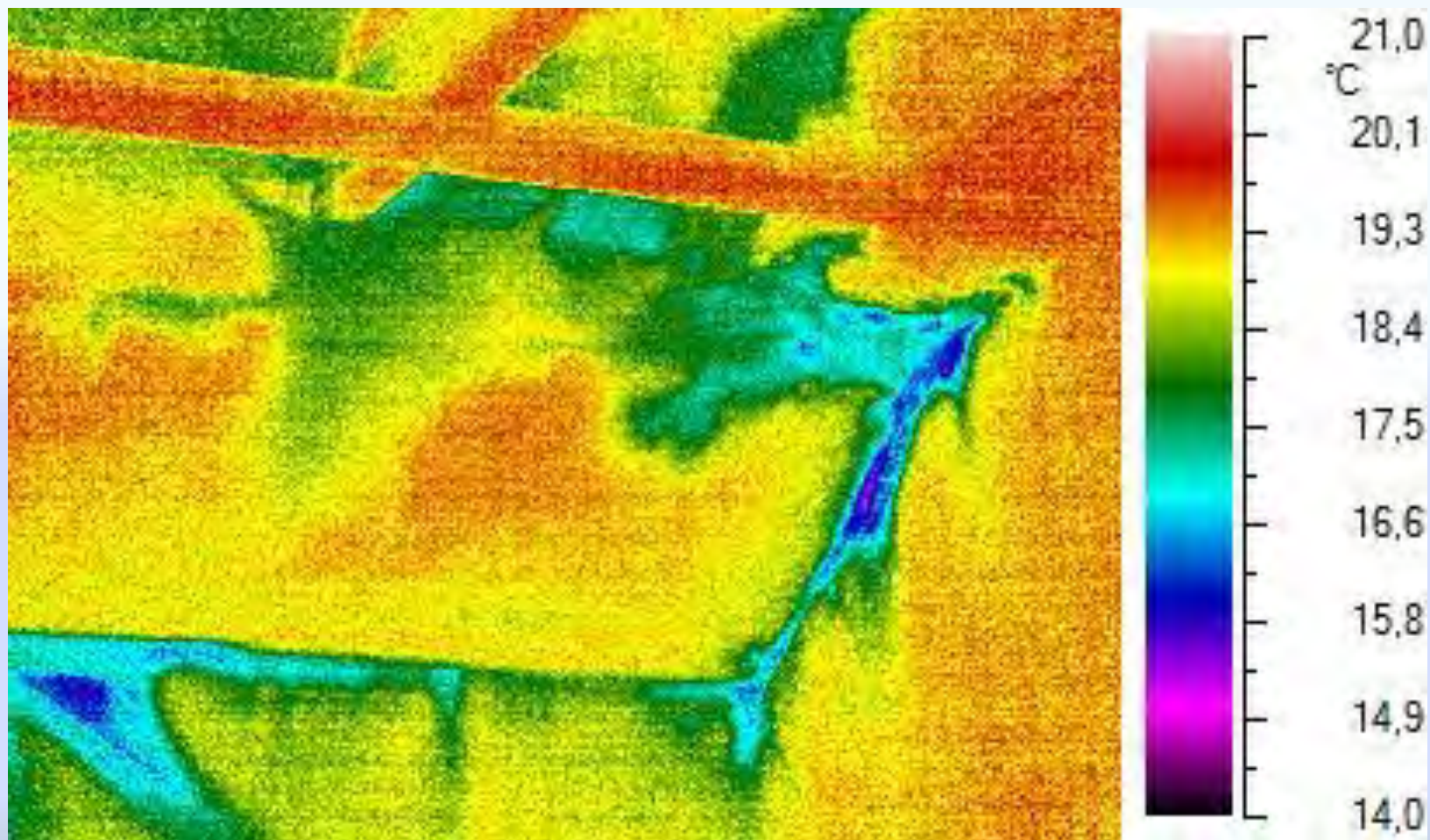




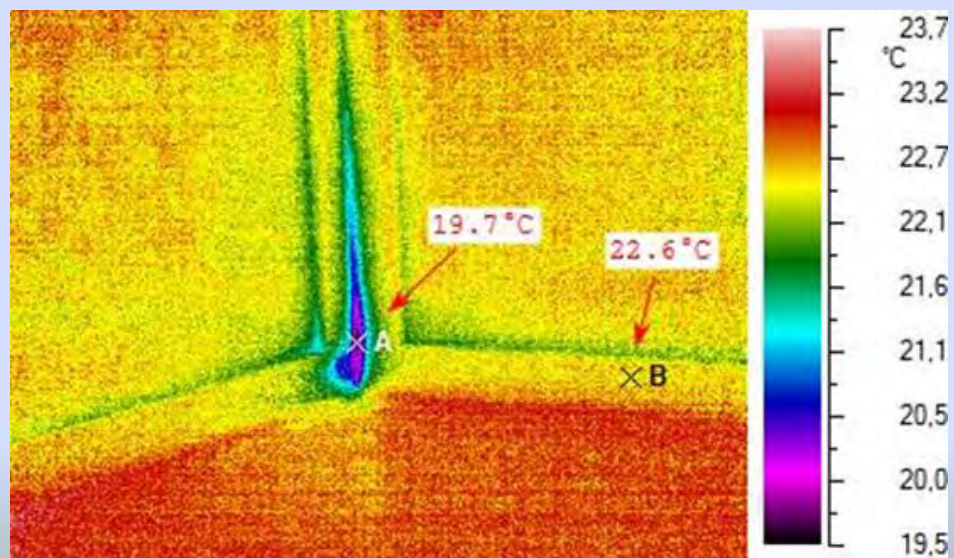
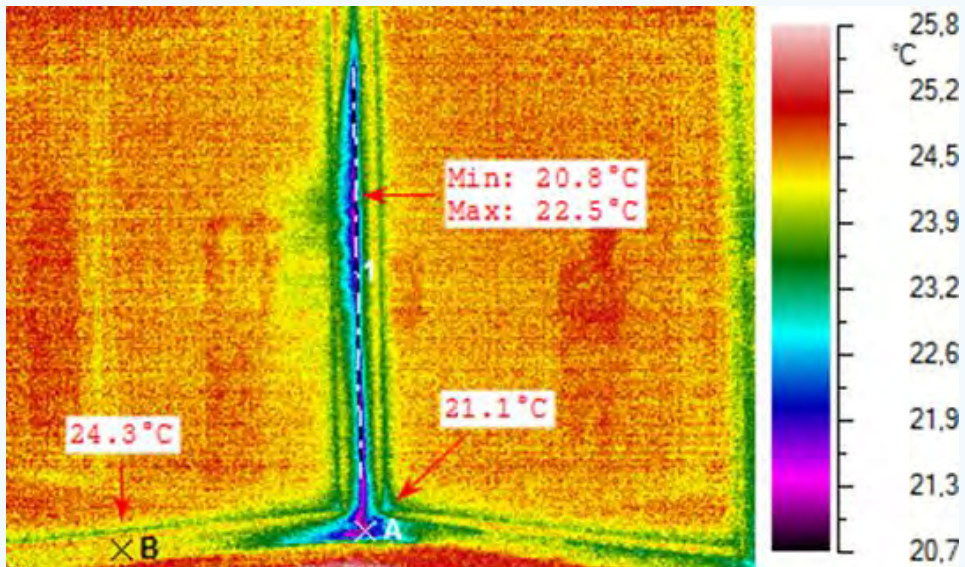
06.06.2011  $T_{\text{ara}} = +16^{\circ}\text{C}$   $T_{\text{iekš.}} = +19^{\circ}\text{C}$   $\Delta T = 3^{\circ}\text{C}$





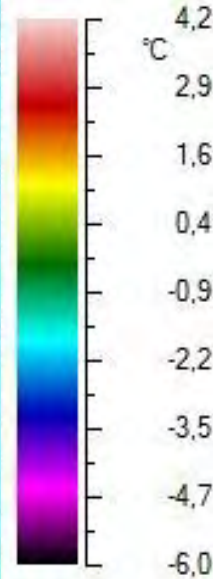
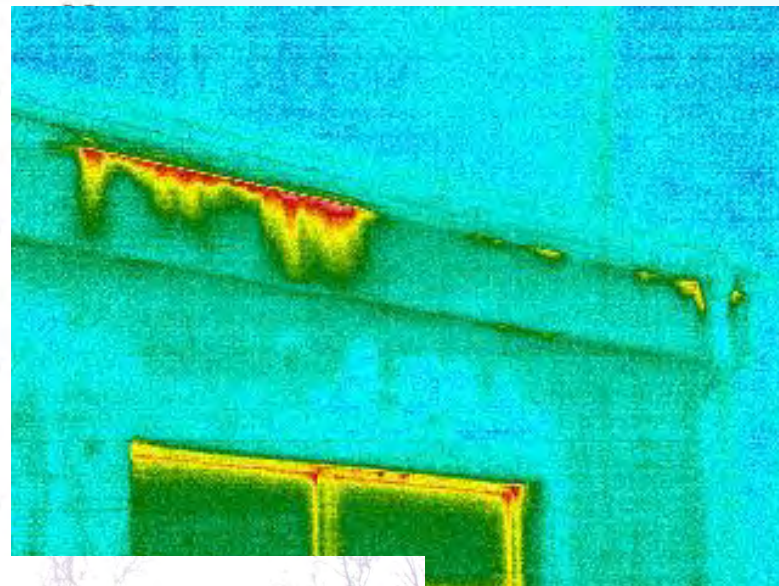
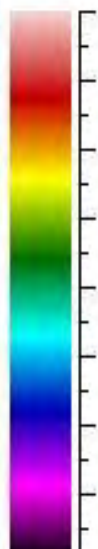
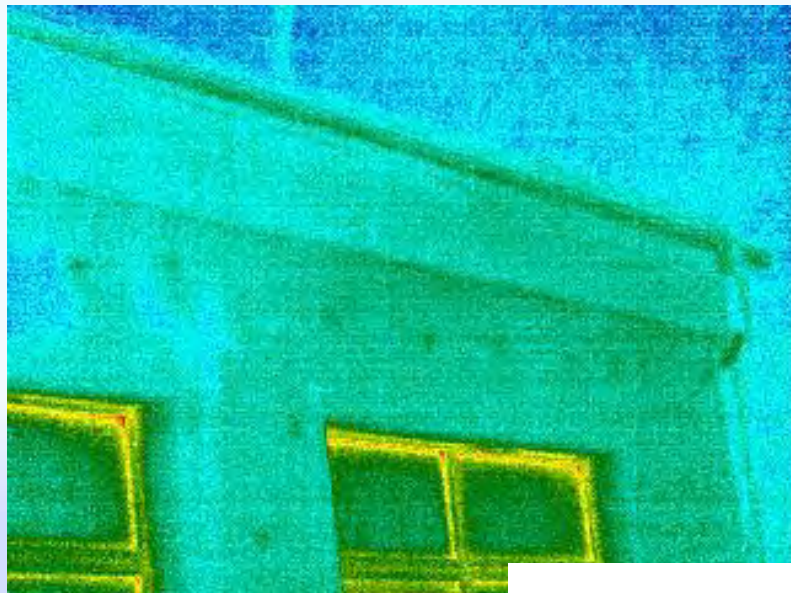


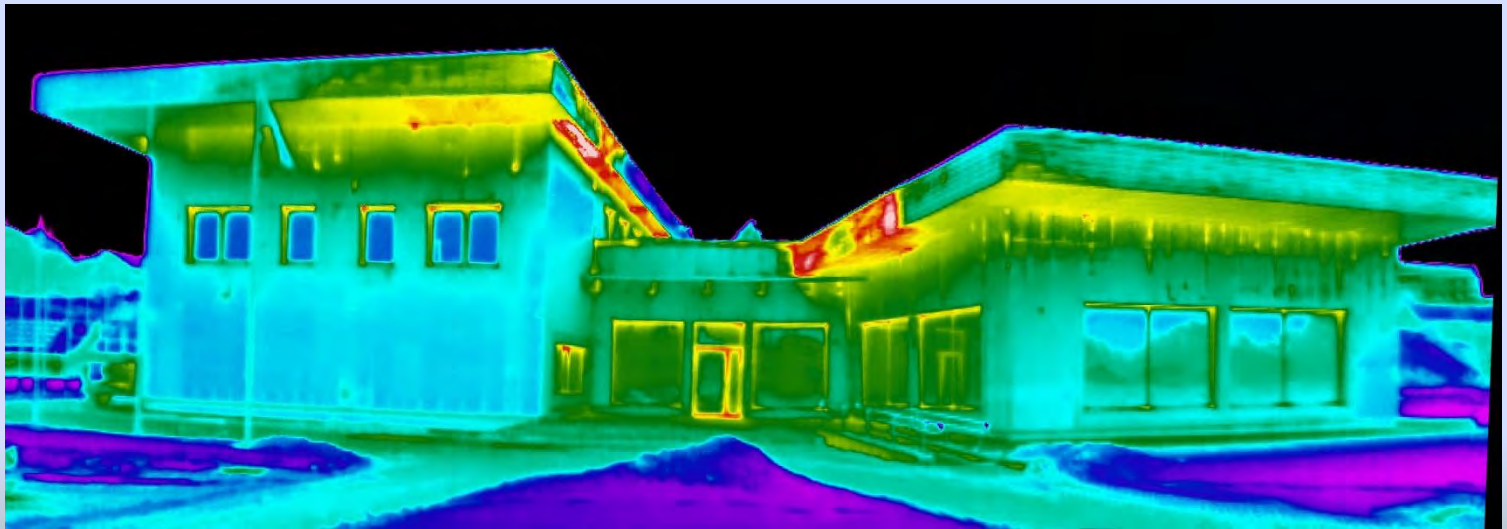
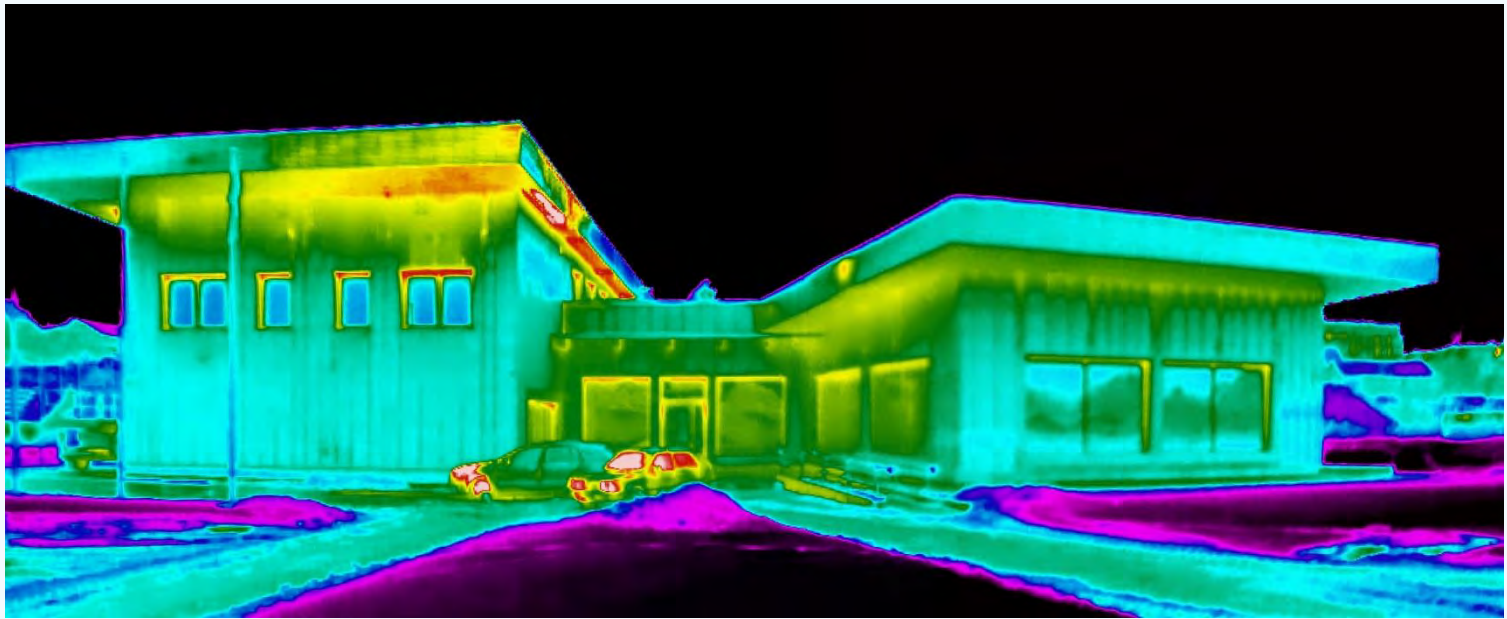






# Необходимо тестировать перед началом работ по реновации







- Генератор (индикатор) дыма



- Термоанемометр

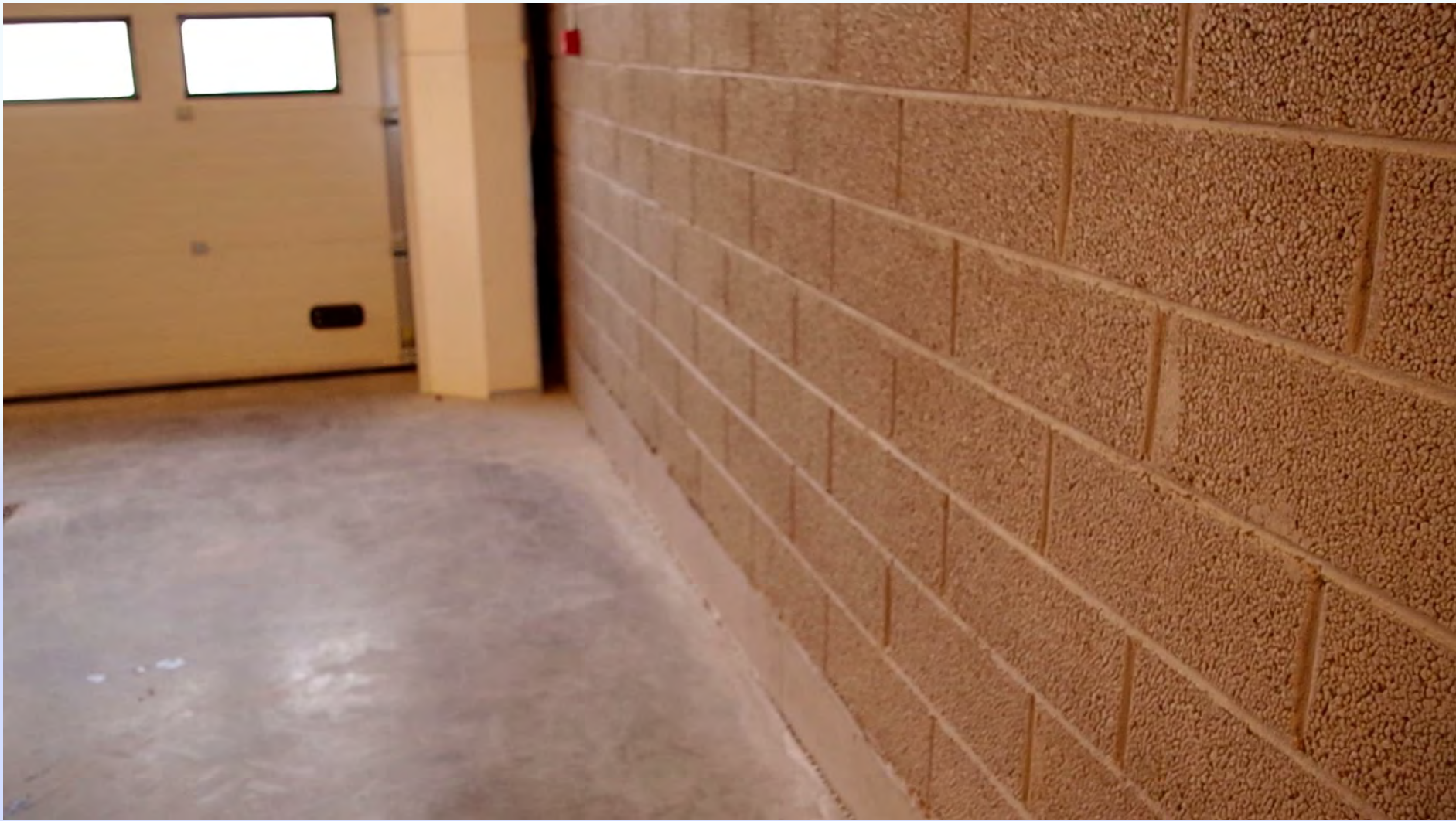


- Рука или другая незащищённая поверхность кожи



# Дымогенераторы











# Целесообразно совмещать тепловизионное обследование и тест на воздухопроницаемость

1. Создаётся гарантированный перепад давления для качественного обследования
2. По результатам теста можно выявить причины повышенной фильтрации

**Знаем сколько и где !**

- Обследование не имеет ограничений по сезону и не зависит от разницы температуры
- Применяются различные методы диагностики (тепловизор, дымогенератор и т.д.)
- Обследование рекомендуется проводить на всех этапах реновации

# Зачем измерять воздухопроницаемость?

- Качество строительных работ в большой степени зависит от человеческого фактора.
- Проверка на соответствие строительным нормативам
- Создание условий для эффективной работы системы ОВК
- Обнаружение дефектов, связанных с фильтрацией воздуха

# Зачем измерять воздухопроницаемость больших зданий?

- Большие здания – большие потери
- Наилучшее отношение затрат на тест и объём обследованных единиц (куб.м и кв.м ОК)
- Проблемы с качеством воздуха из-за значительного каминного эффекта и потерь
- Способность систем ОВК выполнять свои задачи



# Измеряется неконтролируемая составляющая воздухообмена

- -исключаются из измерения потоки через инженерные открытия
- Результат приводится к потоку при стандартной разнице давления (50 Па) между внутренней и наружной частями ОК
- Измеренный поток нормируется к объёму помещения или площади ОК

# Измеряемые параметры:

Кратность обмена воздуха

$$n_{50} = \frac{Q}{V_{\text{ПОМ}}} \quad \text{h}^{-1}$$

Воздухопроницаемость

$$q_{50} = \frac{Q}{A_{\text{ОК}}} \quad \text{m}^3/(\text{m}^2 \times \text{h})$$

$Q$  – измеренный поток  $\text{m}^3/\text{h}$

# Комментарии к п<sub>50</sub>

п<sub>50</sub>

Для грузовиков правил нет!





# Стандарты

ISO EN 9972-2015

ГОСТ 31167-2009

ATTMA (UK)

USACE

# Строительные нормативы Россия

Допустимые значения  
кратности обмена воздуха  $n_{50}$  :

СП 50.13330.2012 (СНиП 23-02)

$n_{50} \leq 4,0 \text{ ч}^{-1}$  для всех зданий

$n_{50} \leq 2,0 \text{ ч}^{-1}$  с мех.вентиляцией

пассивный дом

$n_{50} \leq 0,6 \text{ ч}^{-1}$

# Литва

STR 2.05.01:2013

Жилые здания А  $n_{50} \leq 1,0$

А+, А++  $n_{50} \leq 0,6$

Общественные здания А

$n_{50} \leq 1,0$

Общественные здания А+, А++

$n_{50} \leq 0,6$

**С 01.2017 года тесты обязательны**



# Латвия

## LBN 002-15

- С естественной вентиляцией  
 $q_{50} < 3 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \times \text{h});$
- С механической вентиляцией  
 $q_{50} < 2 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \times \text{h});$
- С рекуперацией  
 $q_{50} < 1,5 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \times \text{h}).$

# Эстония, Финляндия

## Стандарт RKAS (EE)

$$q_{50} < 1,0 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \times \text{h})$$

Строительный норматив

FI, EE  $q_{50} = 4,0 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \times \text{h})$

NL  $q_{50} = 12,0 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \times \text{h})$

если не проводится тест.

# Франция

Для жилых зданий

$$q_4 < 0,6 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \times \text{h})$$

Для общественных зданий

$$q_4 \leq 1,0 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \times \text{h})$$

**Тест обязателен**



# Германия

EnEV 2013 для зданий более 1500 м<sup>3</sup>

с естественной вентиляцией

$$q_{50} < 4,5 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \times \text{h})$$

с механической вентиляцией

$$q_{50} < 2,5 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \times \text{h})$$

# Великобритания, Ирландия

## Строительный норматив

$$q_{50} < 7 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \times \text{h})$$

## Стандарт АТТМА

### Жилые помещения

нат. вент.  $5 < q_{50} < 7$

мех. вент.  $1 < q_{50} < 5$

Офис  $2 < q_{50} < 5$

Музей  $1 < q_{50} < 1,5$

# «Зелёные» стандарты

## **BREEAM (Великобритания)**

$$q_{50} < 5 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \times \text{h})$$

## **DGNB (Германия)**

$$\text{менее } 1500 \text{ m}^3 \quad n_{50} < 1 \text{ h}^{-1}$$

$$\text{более } 1500 \text{ m}^3 \quad q_{50} < 2 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \times \text{h})$$

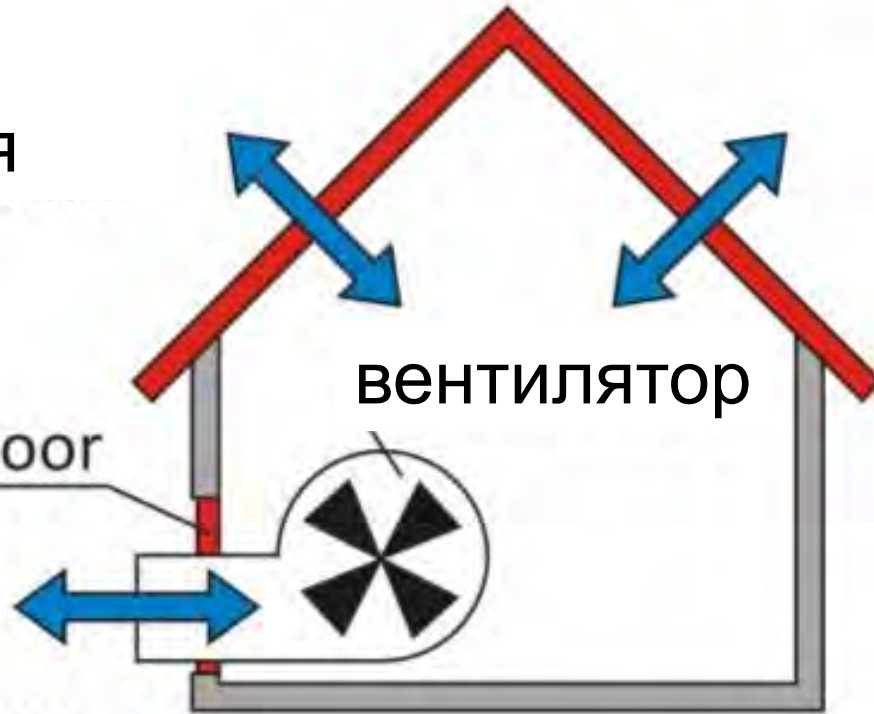


Разница  
давления

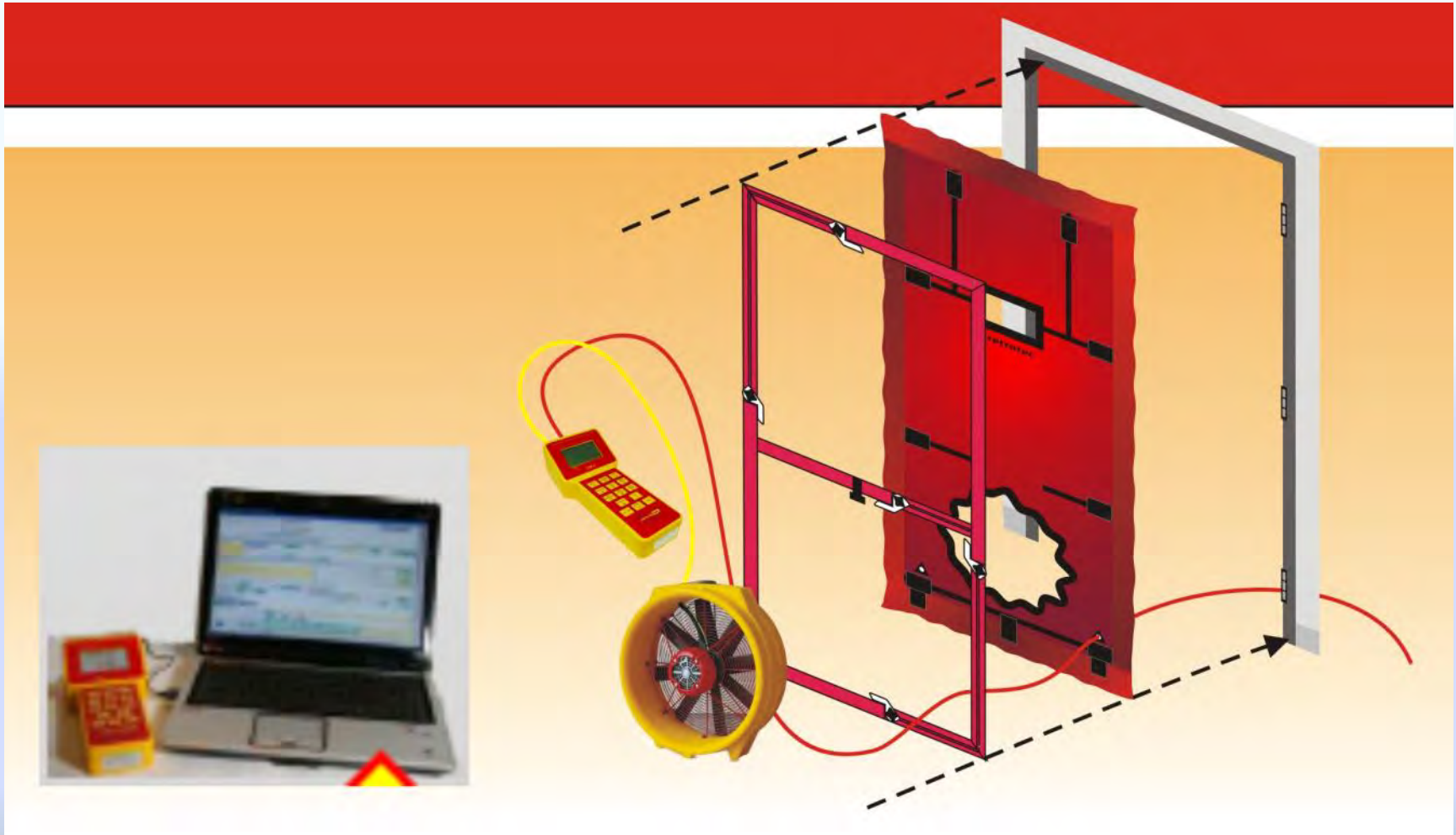
Blower Door

вентилятор

Измерение  
воздушного потока



# АЭРОДВЕРЬ







# Измерение воздухопроницаемости отдельного помещения как части большого здания

Тест квартиры в многоквартирном доме





Для измерения кратности обмена воздуха и воздухопоницаемости необходимо исключение внутренних перетоков воздуха из общего результата т.к.:

1. Температура воздуха внутреннего перетока между испытуемым и сопредельным помещением одинакова
2. Содержание углекислого газа в воздухе испытуемого и сопредельного помещения выше содержания в наружном воздухе

# Возможные способы исключения внутренних перетоков из общего результата:

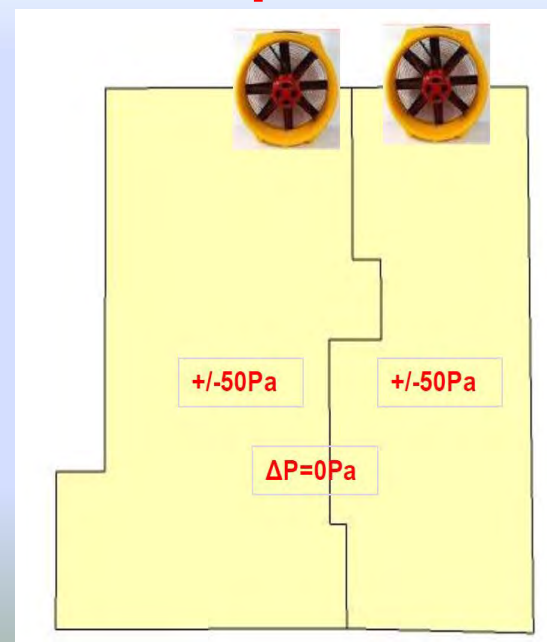
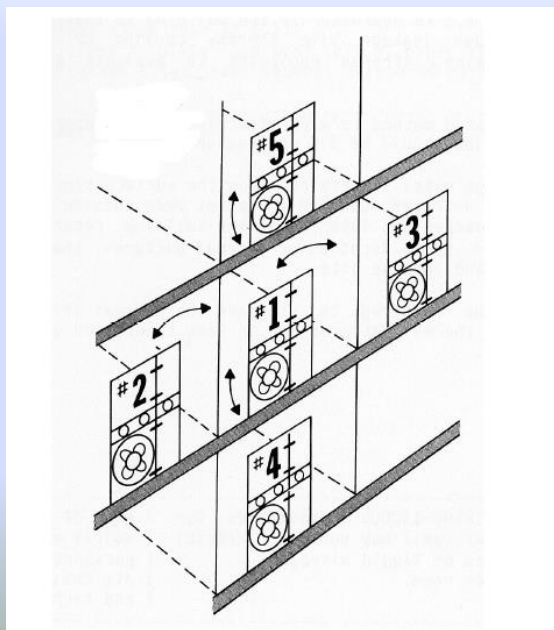
1. Поиск и временная герметизация мест внутреннего перетока



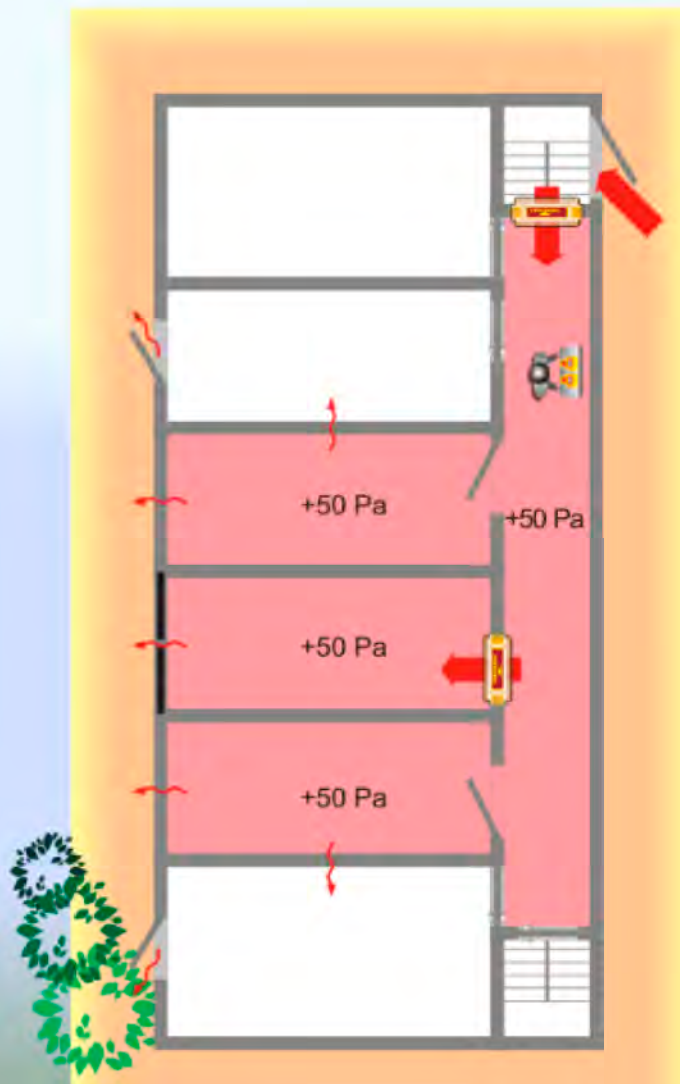
# Возможные способы исключения внутренних перегородок из общего результата:

2. Создание компенсирующего давления в сопредельном помещении по ГОСТ 31167, п.8.10, ISO9972 и EN13829

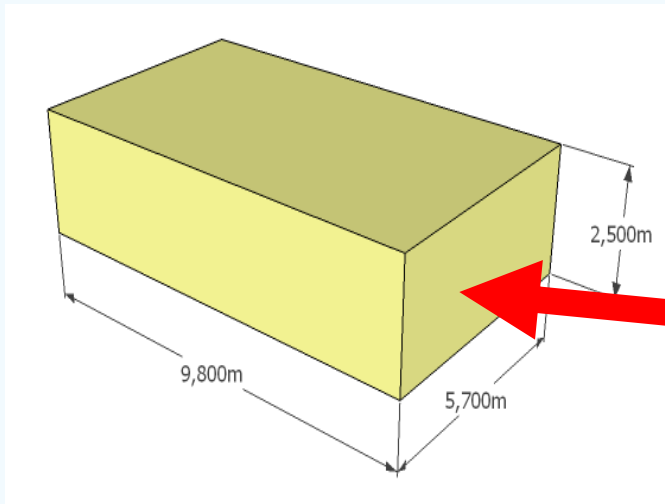
**Этот способ полностью исключает перегородки!**



**Компенсация перетоков второй Аэродверью, установленной на входе в здание. Двери в сопредельные помещения открыты (вид сверху)**



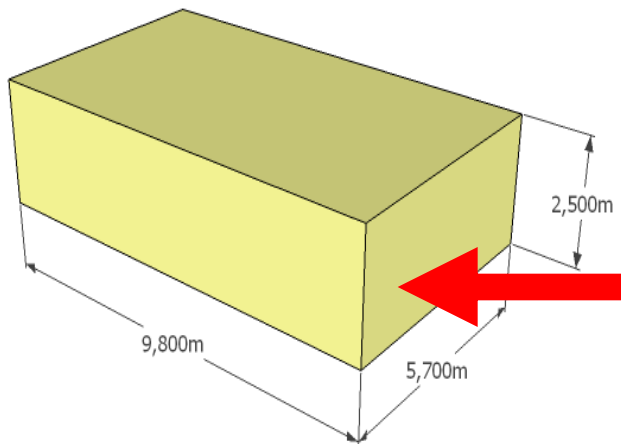




## Тест №.1 квартиры №.56 одной Аэродверью (8000 m<sup>3</sup>/h)

<b>A<sub>E</sub></b>	Площадь ограждающей конструкции	95,00 m <sup>2</sup>
<b>V</b>	Объём	132,00 m <sup>3</sup>

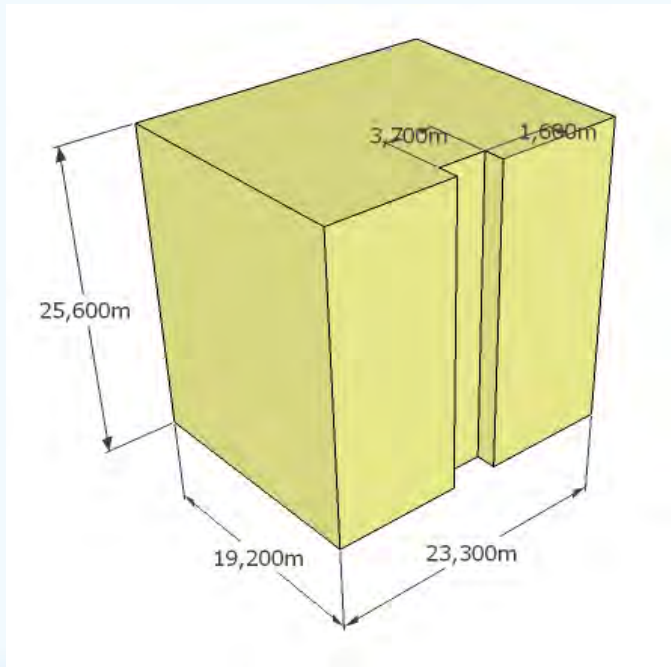
	Параметр	Норматив	Результат
<b>Q<sub>50</sub></b>	воздухопроницаемость	3m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> x h)	<b>3,56 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> x h)</b>
<b>n<sub>50</sub></b>	Кратность обмена	n/a	<b>2,56 h<sup>-1</sup></b>



## Тест №.2 квартиры №.56 двумя Аэродверями (2-я Аэродверь установлена на центральном входе в здание)

$A_E$	Площадь ограждающей конструкции	95,00 m <sup>2</sup>
$V$	Объём	132,00 m <sup>3</sup>

	Параметр	Норматив	Результат
$Q_{50}$	воздухопроницаемость	3m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> x h)	<b>2,15 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> x h)</b>
$n_{50}$	Кратность обмена	n/a	<b>1,55 h<sup>-1</sup></b>



**Тест №.3 был проведён одной Аэродверью 14000 m<sup>3</sup>/h)  
для всего здания**

<b>A<sub>E</sub></b>	<b>Площадь ограждающей конструкции</b>	<b>3141,00 m<sup>2</sup></b>
<b>V</b>	<b>Объём</b>	<b>11827,00 m<sup>3</sup></b>

	<b>Параметр</b>	<b>Норматив</b>	<b>Результат</b>
<b>Q<sub>50</sub></b>	<b>воздухопроницаемость</b>	<b>3m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> x h)</b>	<b>2,23 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> x h)</b>
<b>n<sub>50</sub></b>	<b>Кратность обмена</b>	<b>n/a</b>	<b>0,59 h<sup>-1</sup></b>

$$q_{50} - 2,23 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \times \text{h})$$

$$n_{50} = 1,55 \text{ h}^{-1}$$

- СНиП 23-02 (RU, для мех.вентиляции)

$$n_{50} < 2 \text{ h}^{-1}$$

- Отвечает нормам LBN-002 (LV)

$$q_{50} < 3 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \times \text{h})$$

- Стандарт TS L1 (UK)

$$1 < q_{50} < 5 \text{ (1-best practice)}$$

- DGNB (DE) «Зелёный стандарт»:

$$2 < q_{50} < 3 \text{ (8 пунктов)}$$

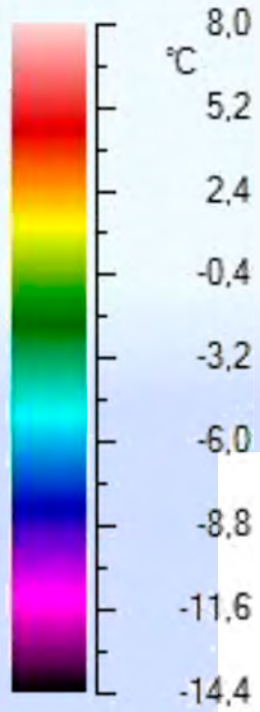
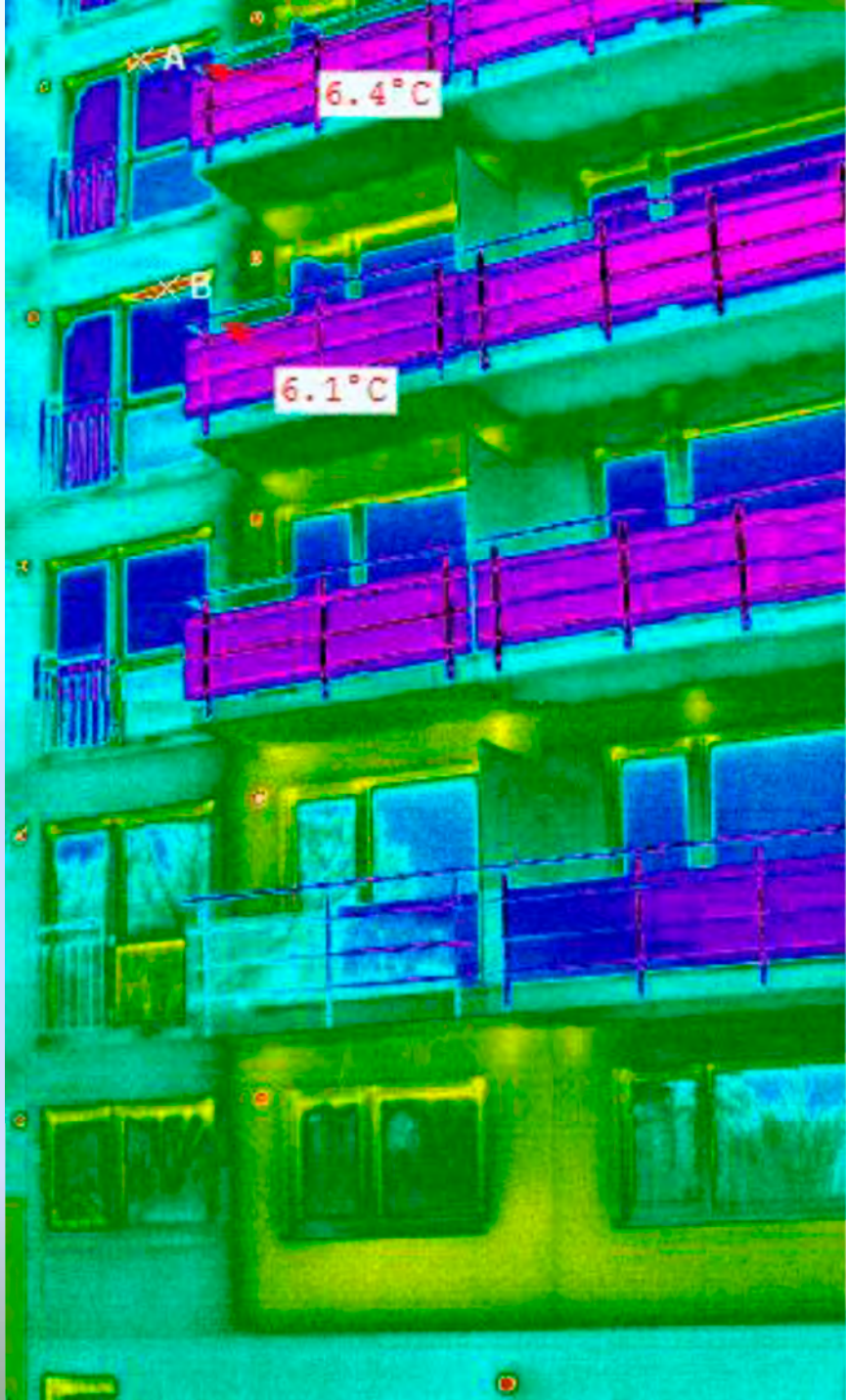


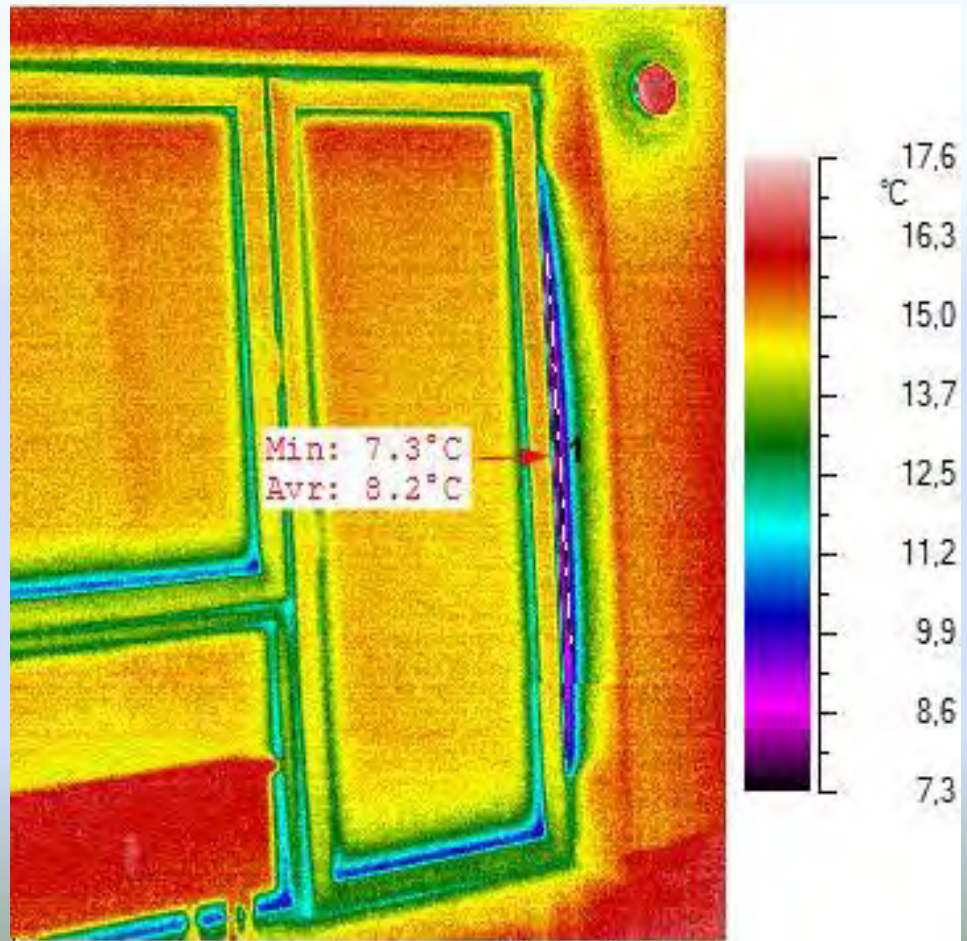
Тест отдельного помещения с компенсацией перетоков и тест всего здания дали близкий по значению результат!

$$q_{50} - 2,23 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \times \text{h}) - \#3$$

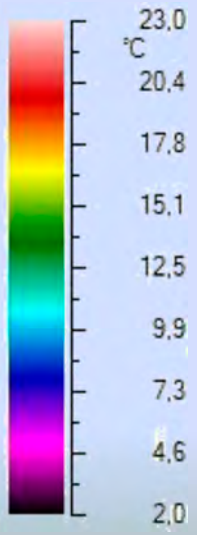
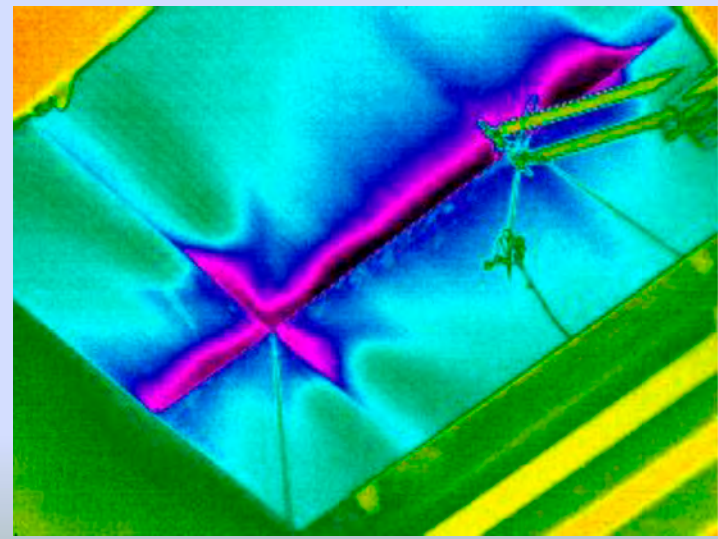
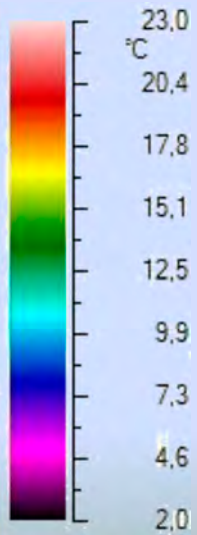
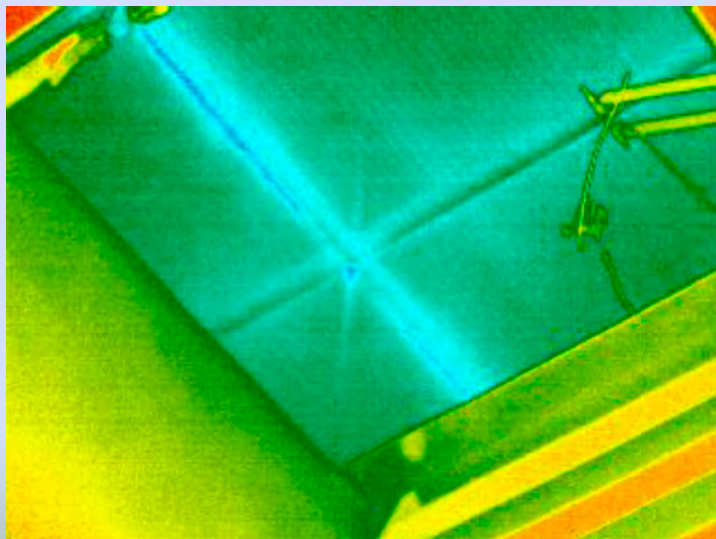
$$q_{50} - 2,15 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \times \text{h}) - \#2$$

1. Это частный случай, т.к. для теста могли выбрать помещение с дефектной балконной дверью (см. термограмму)
2. Доля перетоков в общем результате теста #1 составила 46%











# Измерение воздухопроницаемости отдельного помещения как части большого здания

## Тест кабинета в офисном здании



# Тест более сложный по сравнению с квартирой, т.к.:

1. проводится перед сдачей в эксплуатацию и внутренняя отделка завершена (установлены подвесные потолки, защиты гипсокартоном коммуникации в соседние помещения)
2. Ограничен выбор помещения для теста:
  - а) ГОСТ 31167 - объём до 500 м<sup>3</sup>
  - б) подходящее для теста помещение (наибольшая доля ограждающей конструкции) имеет малый объём

Очевидно, что пространство за подвесным потолком должно войти в тестируемую зону т.к.:

- -это безопасно, т.к. возможно обрушение потолка под отрицательным давлением



- -это правильно, т.к. подвесной потолок не является ограждающей конструкцией







Перетоки из тестируемой зоны через внутренние конструкции, которые не позволяют выровнять давление и корректно сделать тест



2 пары электрических розеток дали  
суммарный переток примерно  $100 \text{ m}^3/\text{час}$   
при  $50 \text{ Pa}$   
Это примерно 50% от максимально  
допустимого потока!



- Результат теста  $n_{50} = 31 \text{ h}^{-1}$  нельзя рассматривать как корректный
- В силу планировочных особенностей установка дополнительной Аэродвери для компенсации перетоков на этаже невозможна. Необходима третья Аэродверь на этаже ниже.
- Целесообразен тест всего здания (2 Аэродвери по  $14000 \text{ m}^3 / \text{час}$ )



# Тест отдельного помещения одной Аэродверью

(-) не учитывает внутренние перетоки и не даёт достоверной информации о свойствах ограждающей конструкции (теплозащита и вентиляция)

(-) Результат трактуется как « $n_{50}$  не хуже...» т.к. дополнительно содержит внутренние перетоки и может превышать норматив, хотя в реальности воздухопроницаемость ограждающей конструкции соответствует требованиям.

**(+)** Может применяться для тестов, требующих оценки герметичности всех сторон помещения. Например:

- LEED (США, «зелёный стандарт»), определяющий требование по герметичности с целью предотвращения проникновения табачного дыма.
- ISO14520 – тест для расчёта времени удержания концентрации агента в системах газового пожаротушения

## Тест отдельного помещения в здании двумя и более Аэродверями для создания компенсации перетоков:

- (+) Учитывает перетоки и соответствует поставленной задаче (измерение потоков через ограждающую конструкцию)
- (-) Требуется дополнительных затрат на проведение теста и оборудование
- (-) Тестируется только незначительная часть ограждающей конструкции и не даёт представление о состоянии всей поверхности

# Тест всего здания:

(+) в тесте участвует вся площадь ограждающей конструкции, а не фрагменты

(+) нет необходимости компенсировать перетоки, искажающие результат

(+) с тестом одновременно проводится поиск дефектов на **всей площади** ограждающей конструкции, т.к. созданы благоприятные условия для обследования (гарантированный перепад давления).

(+) проводится один тест вместо 2-3, требуемых по нормативам

(-) необходимо оборудование, способное обеспечить требуемый поток и квалификация оператора



Россия  
Октябрь 2014 г.



Беларусь  
Декабрь 2015 г.





# Румыния Февраль 2016 г.



# Склад-холодильник

$q_{50} < 0,2 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \times \text{h})$

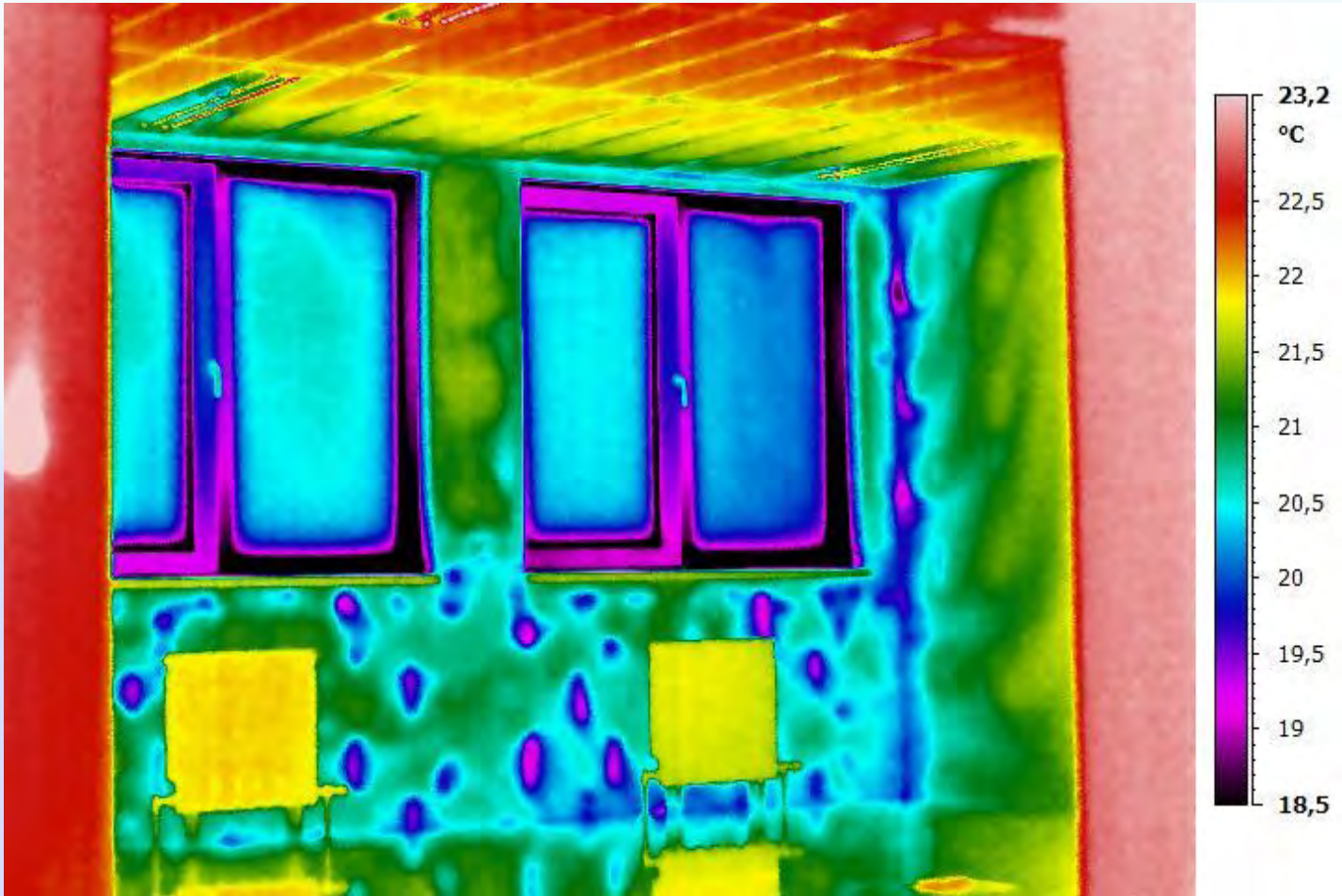




# Офисное здание, Болгария

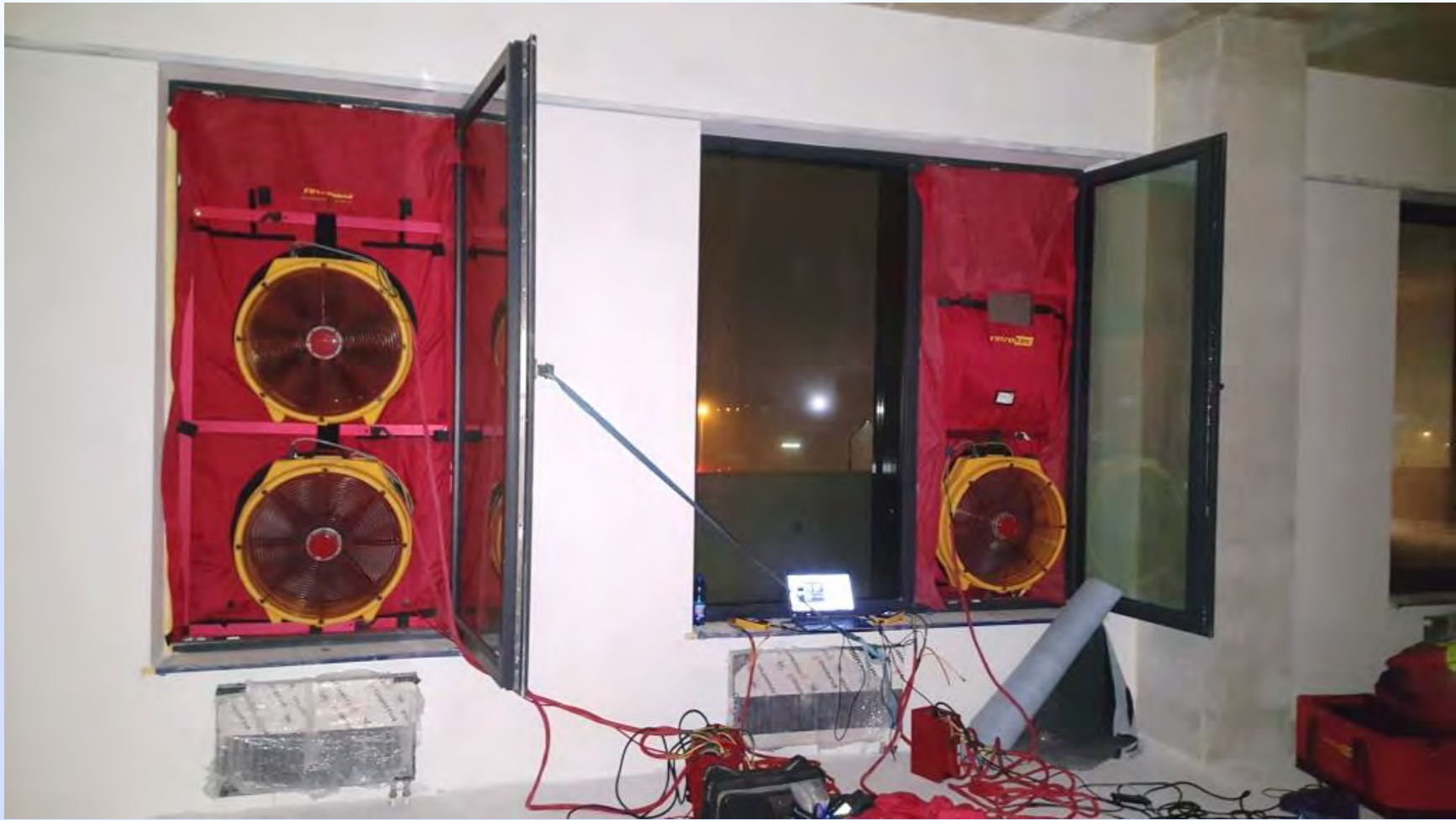




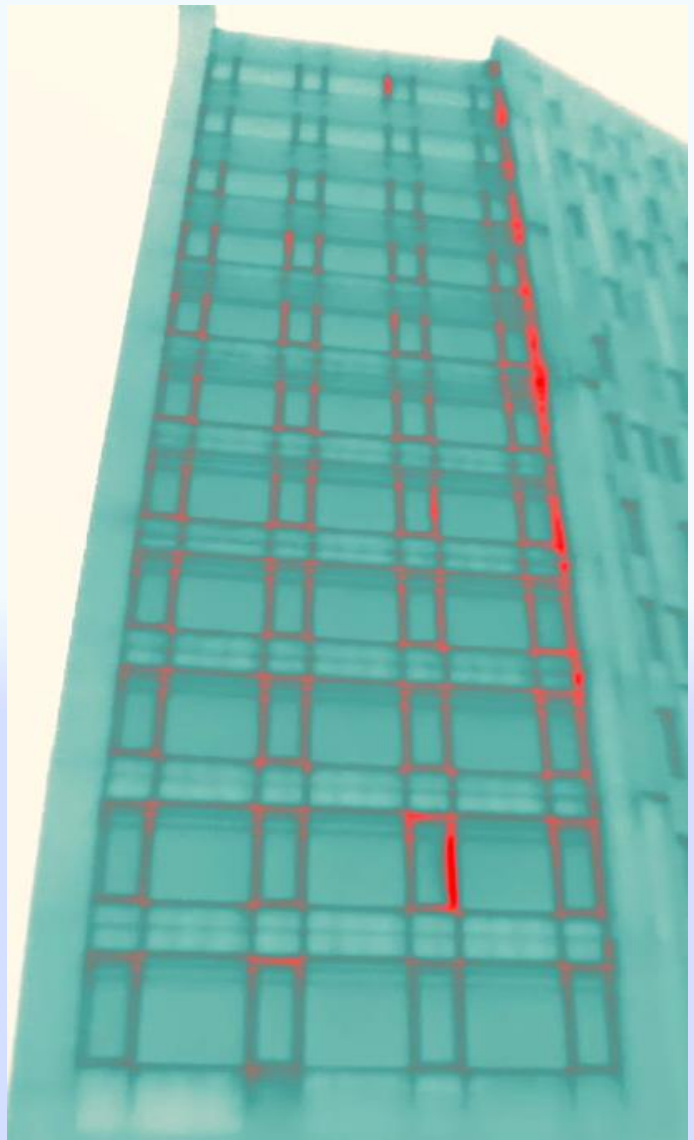


# Офис в Риге, 63000 м<sup>3</sup>, BREEAM сертификат)









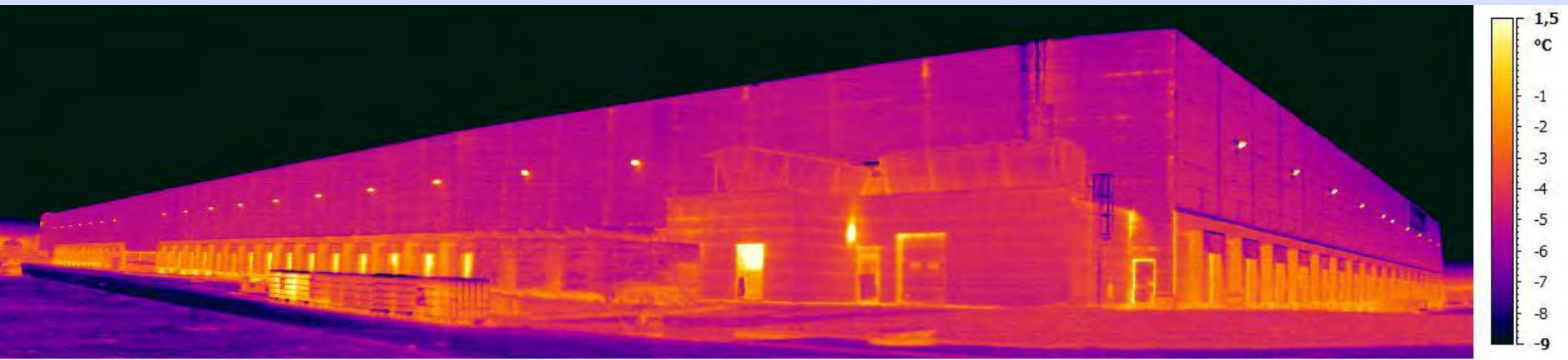


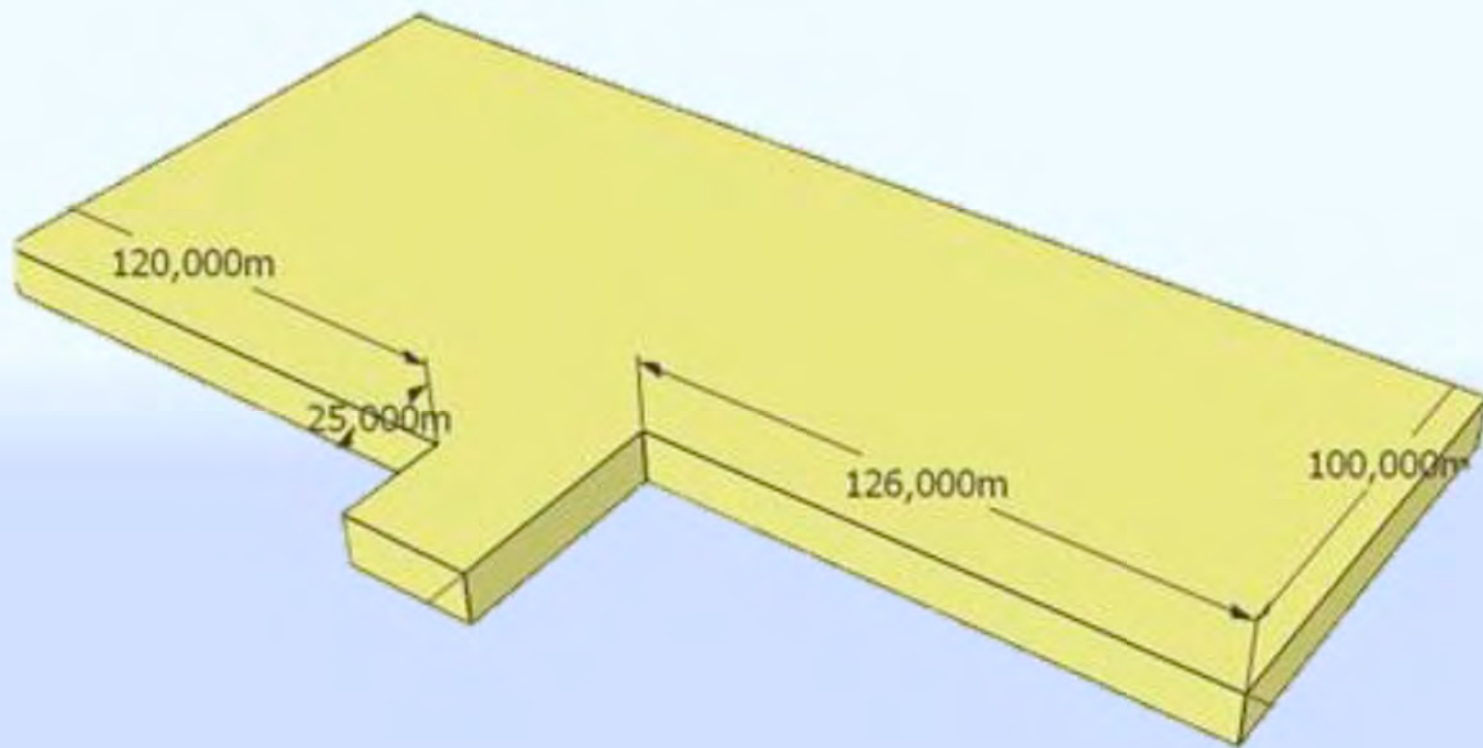
# результаты теста

$q_{50}=2,96 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$  и  $n_{50}=0.53 \text{ h}^{-1}$

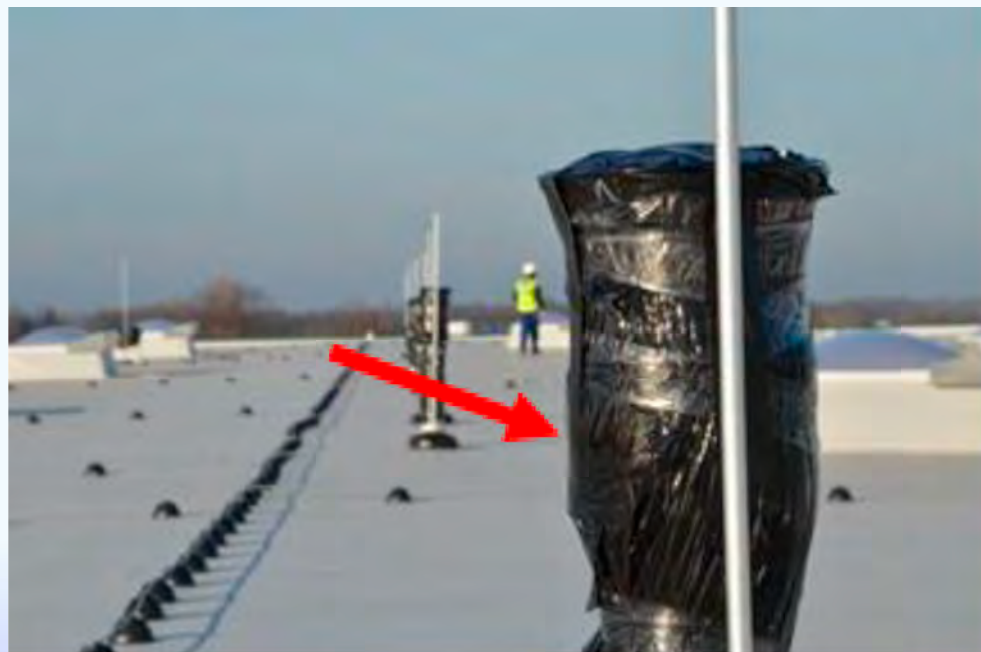
		Норматив		Результат
		$q_{50}$	$n_{50}$	
Latvia	LBN002-15	<1.5	-	
Lithuania	STR 2.01.02:2016	-	0.6 (A++)	
Estonia	Минимальное требование по энергоэфф.	<1,0	-	
	RKAS	<1,0	-	
Poland	Building Codes 2014	-	<1,5	
Germany	EnEv	<2,5	-	
	DGNB (Target)	<2,0	-	
UK	BREEAM	<2,5	-	

# Логистический центр, Вроцлав 385 000 куб.м



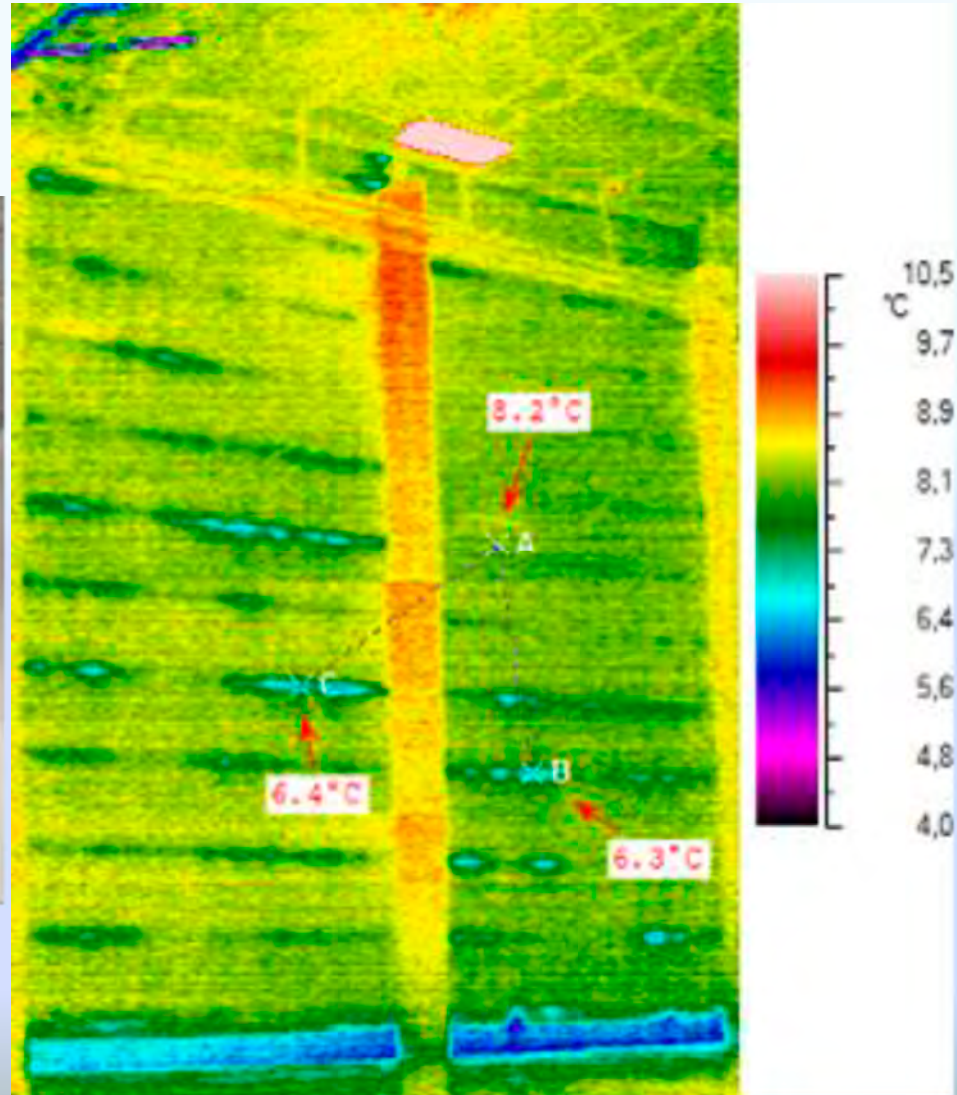


# Подготовка здания к тесту

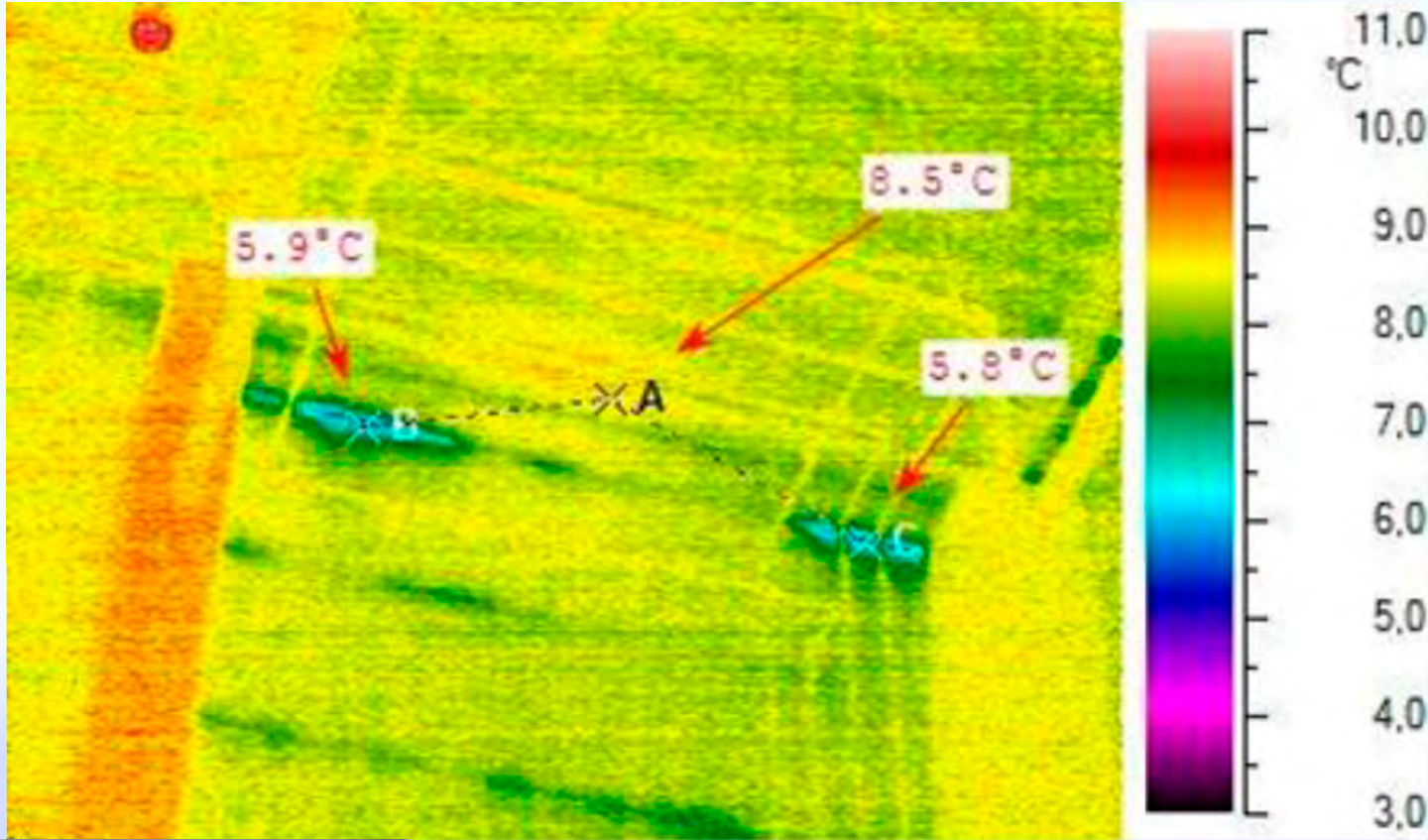


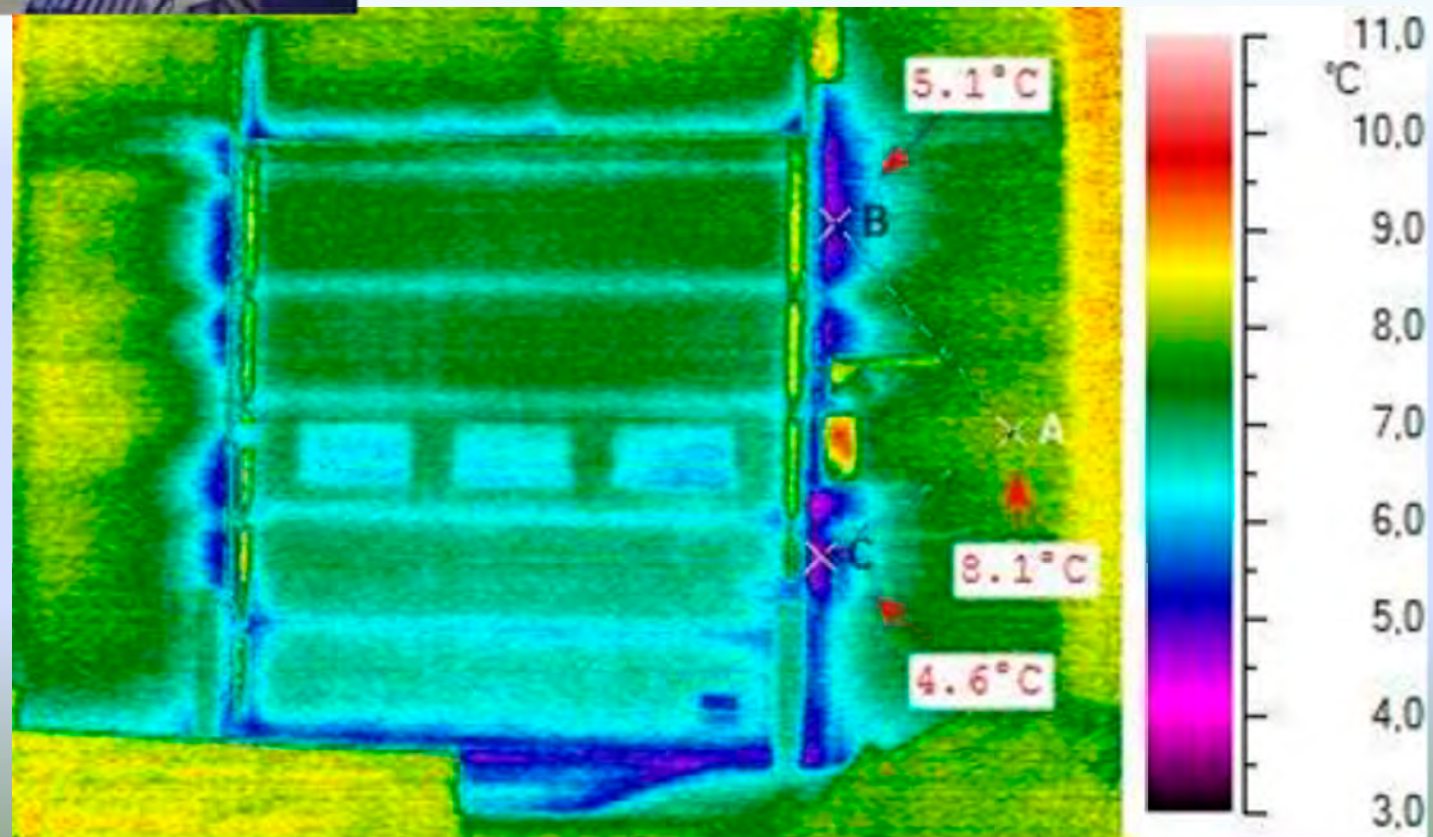




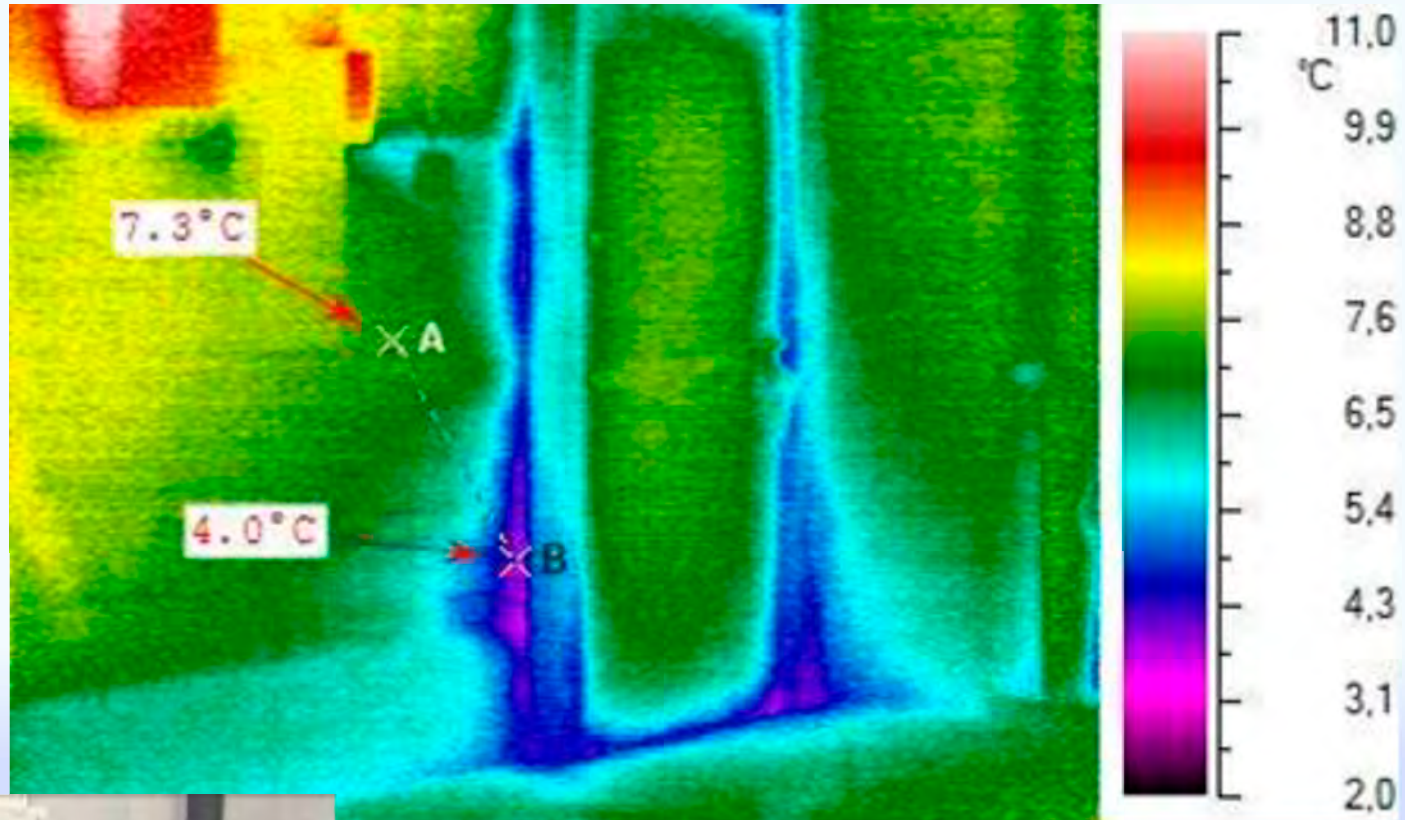


















# Тест при сдаче в эксплуатацию

Корпоративный стандарт  $q_{50} < 2,5 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \times \text{h})$

Результат теста

$$q_{50} = 1,63 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \times \text{h})$$

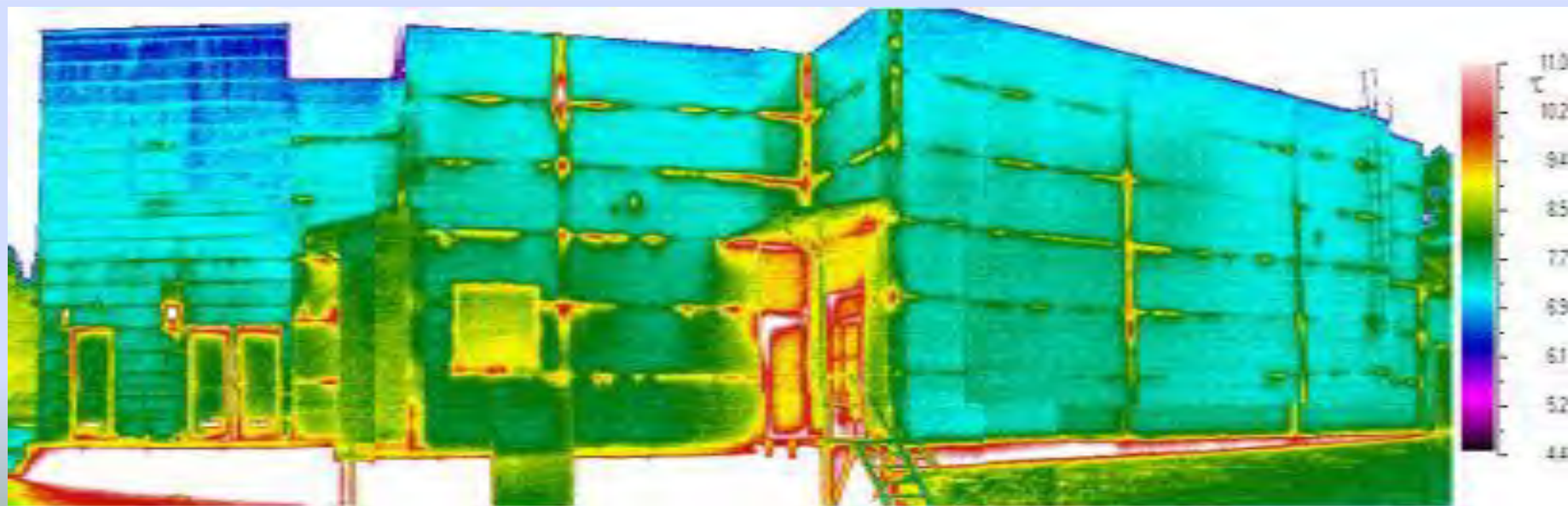
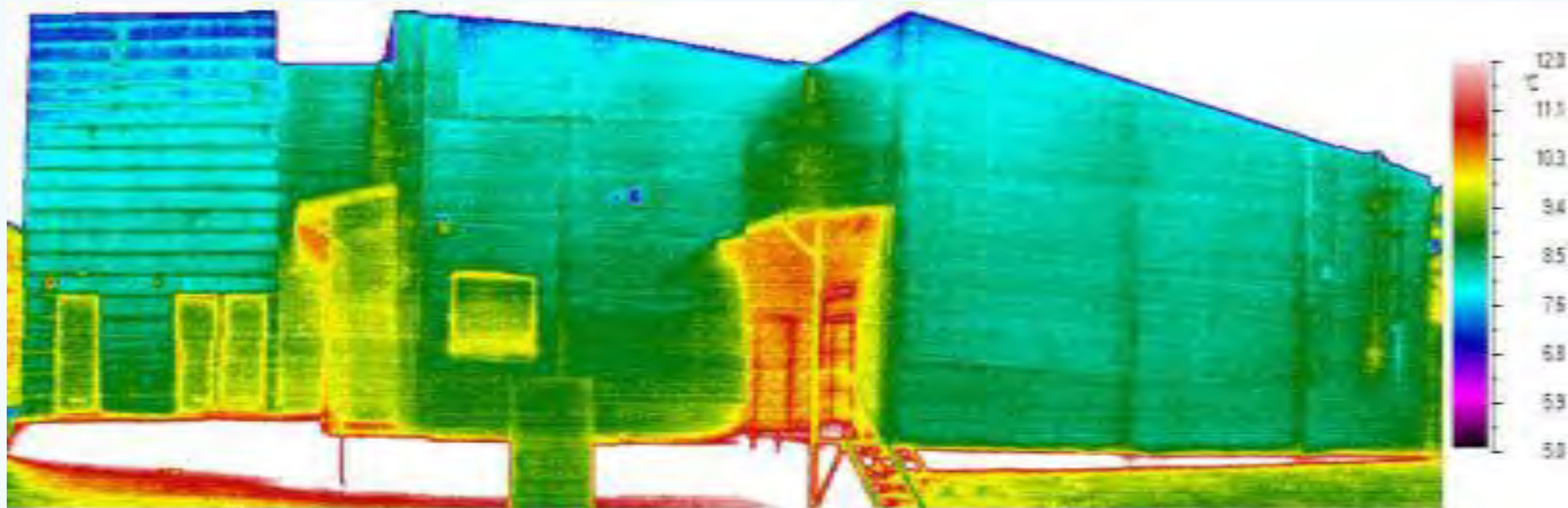
$$n_{50} = 0,32 \text{ h}^{-1}$$

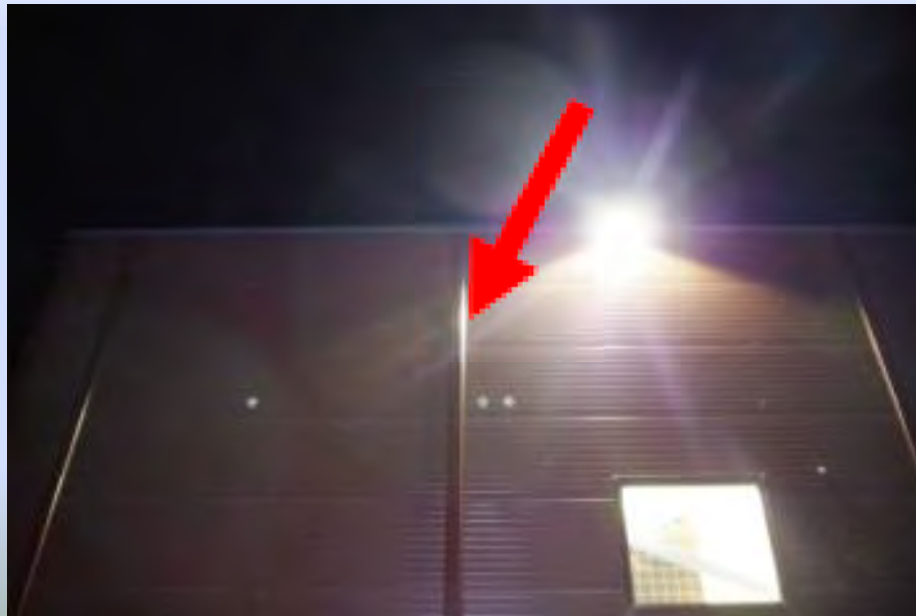
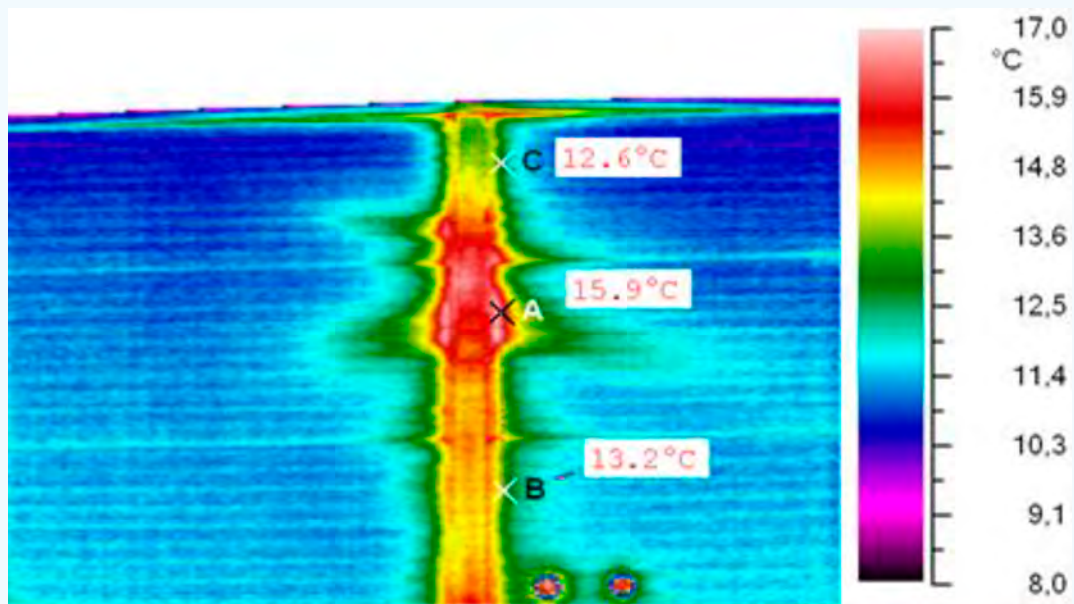




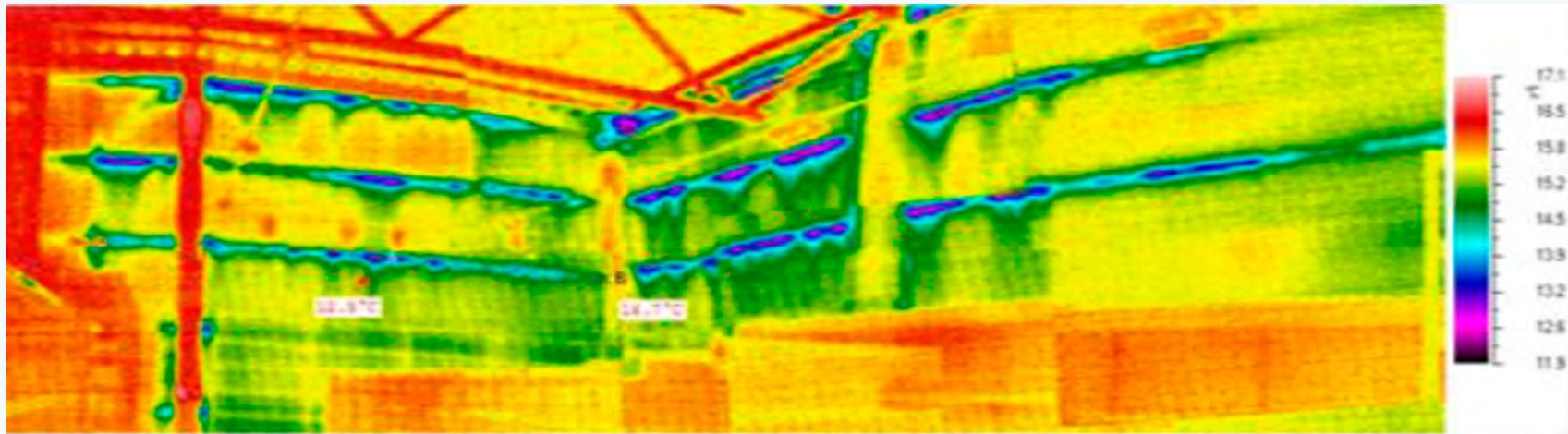


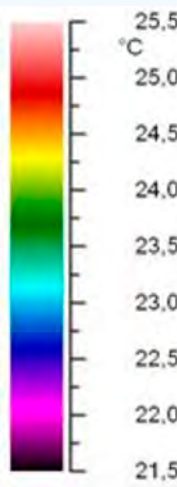
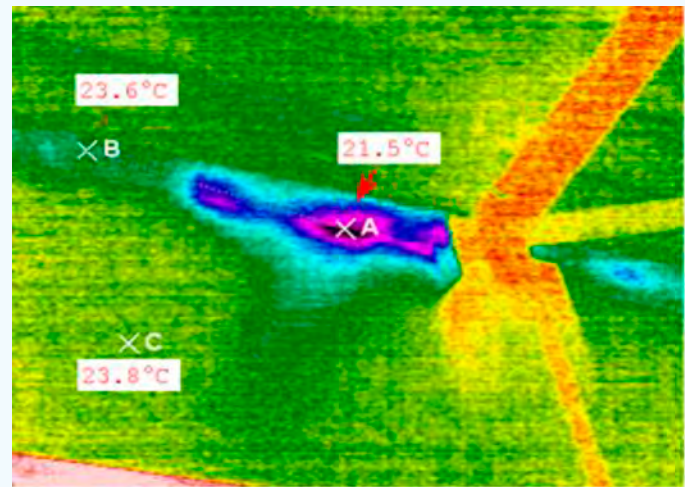
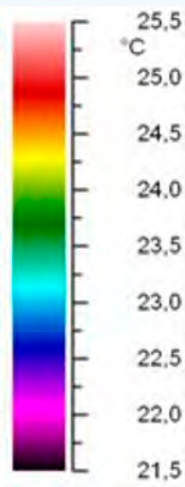
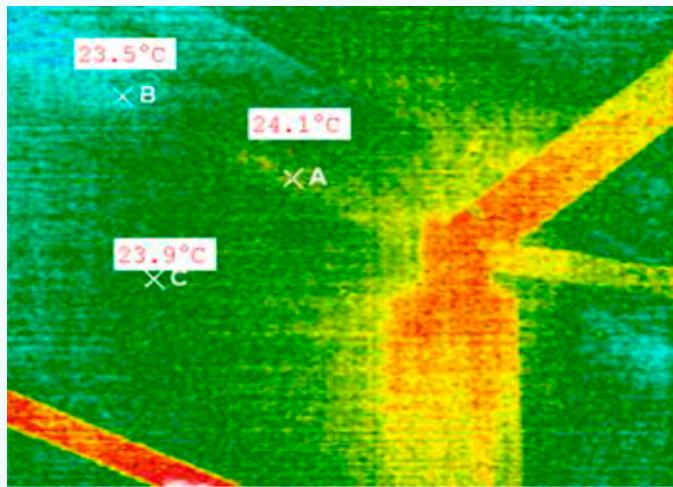


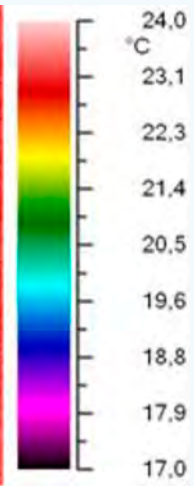
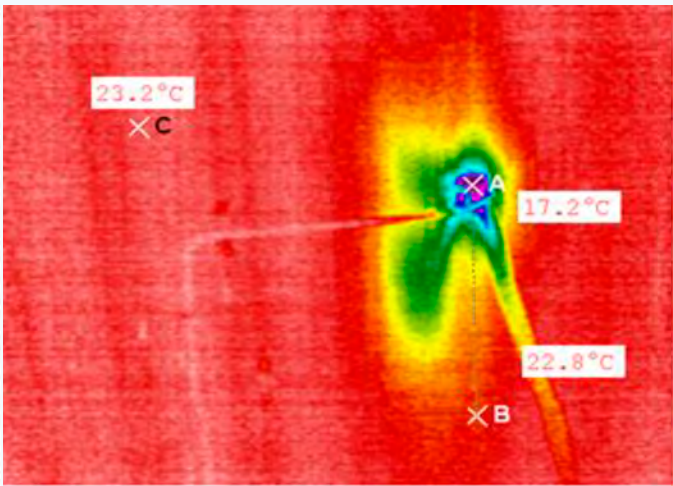
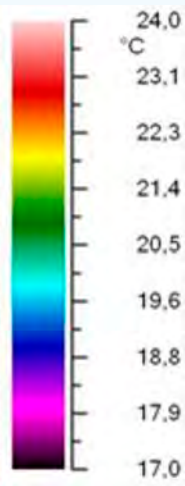
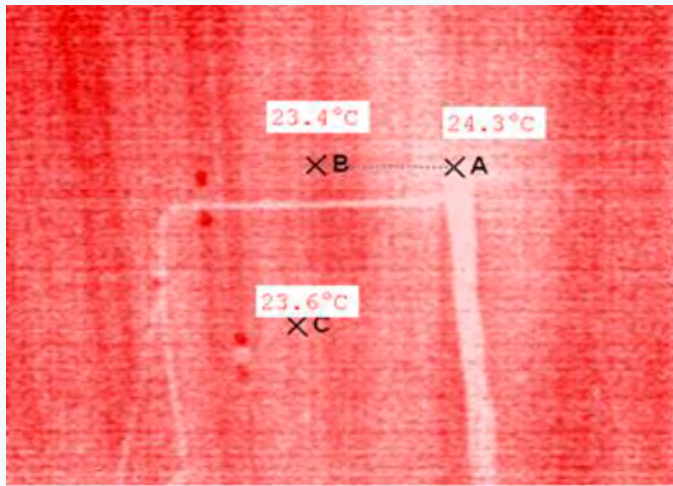




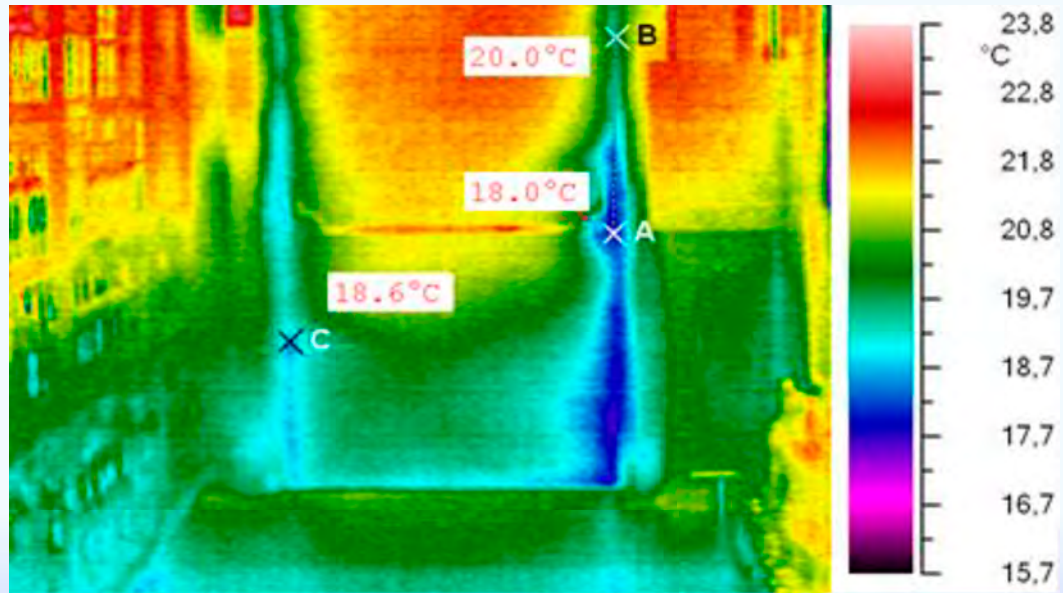




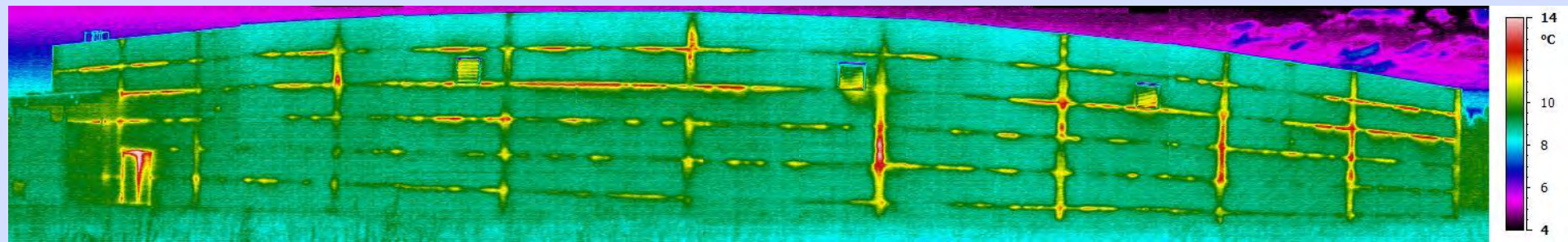
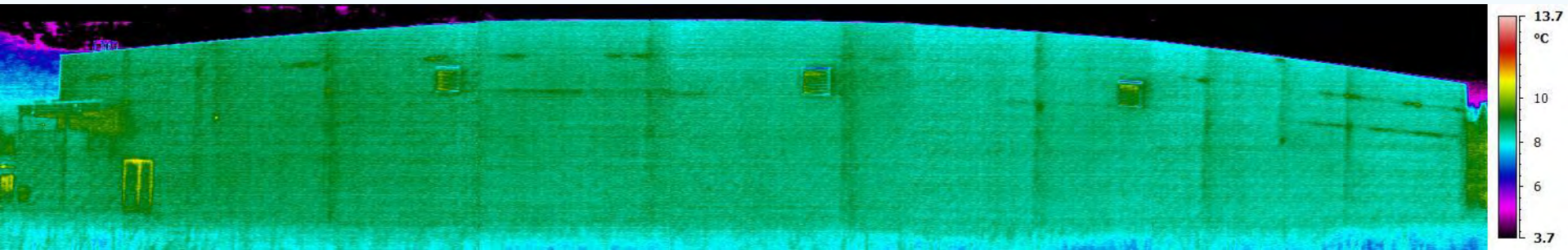


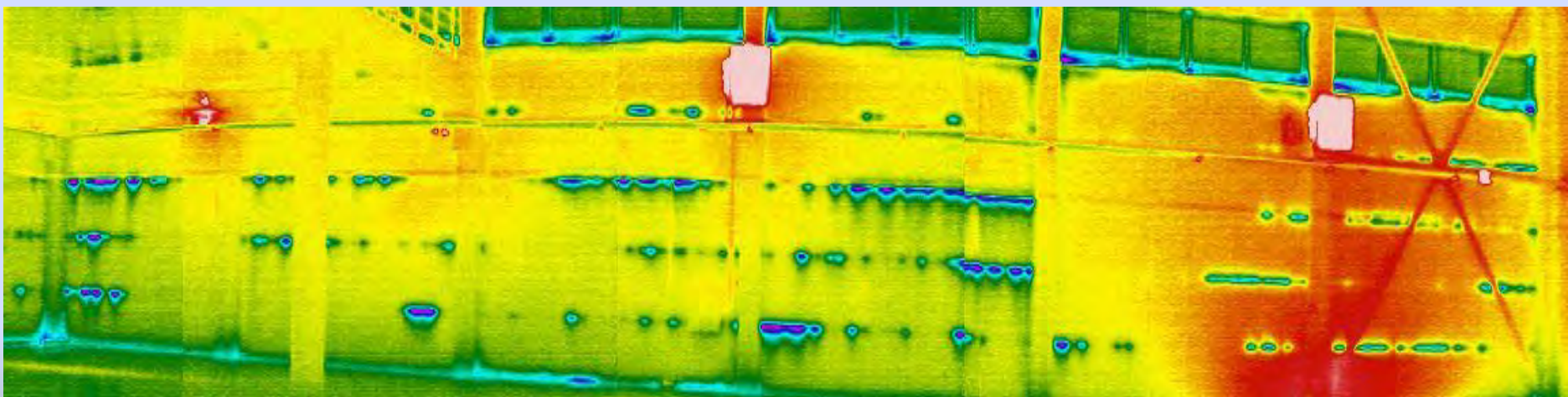
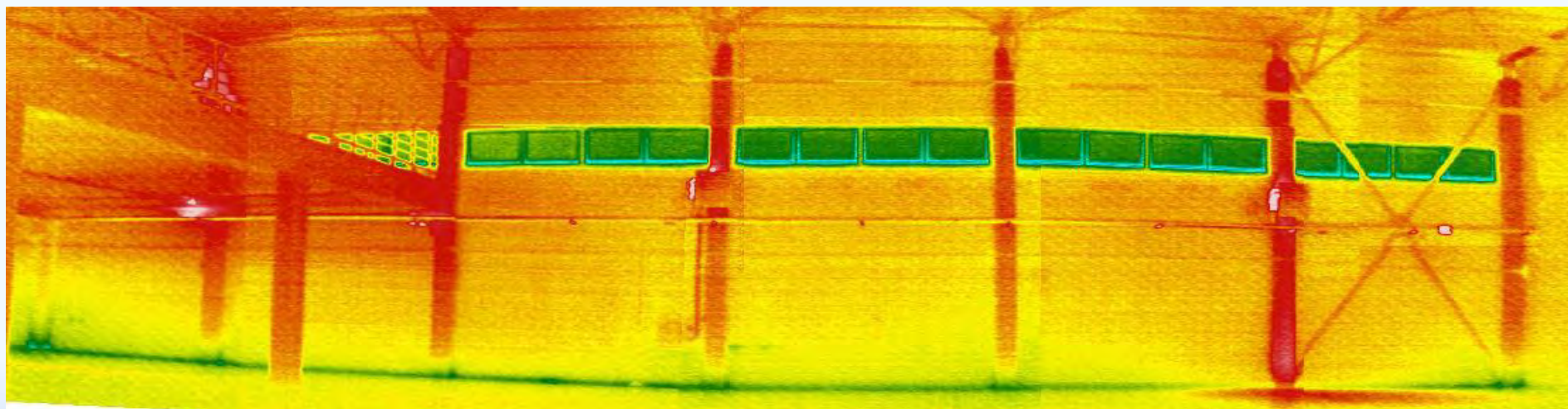




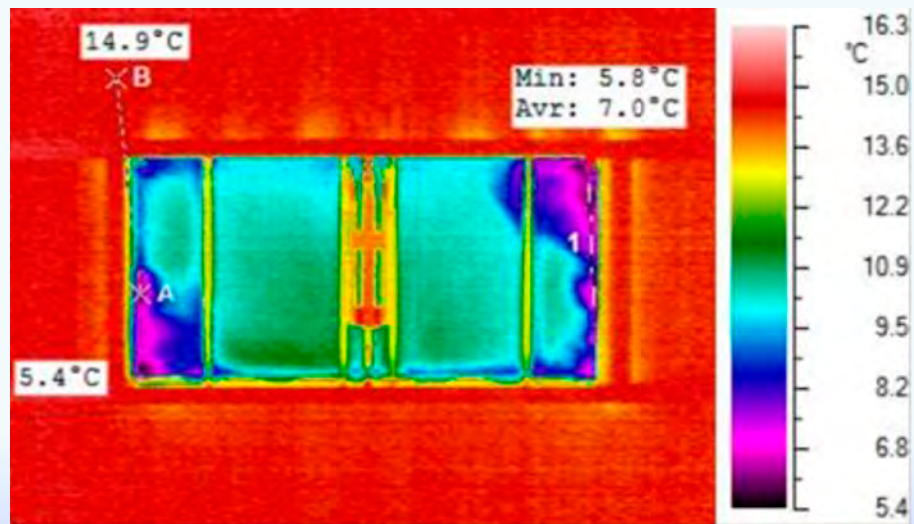


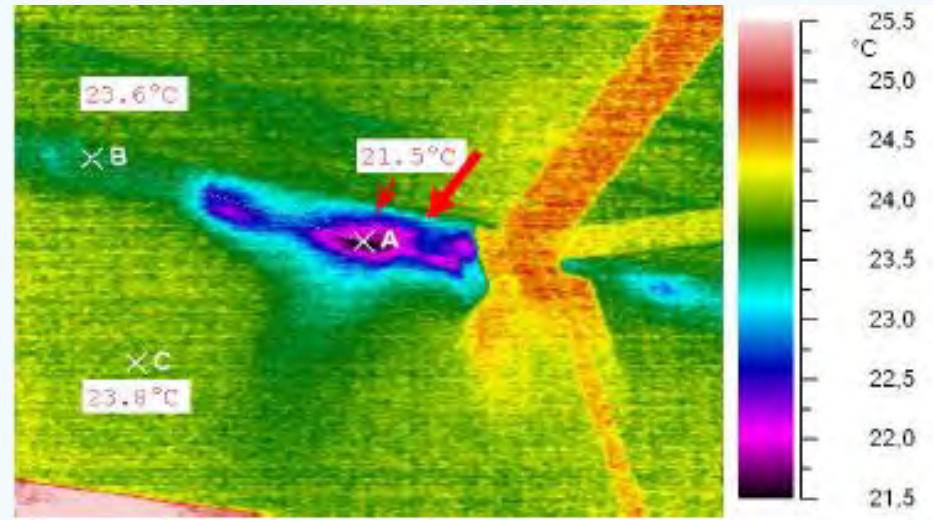
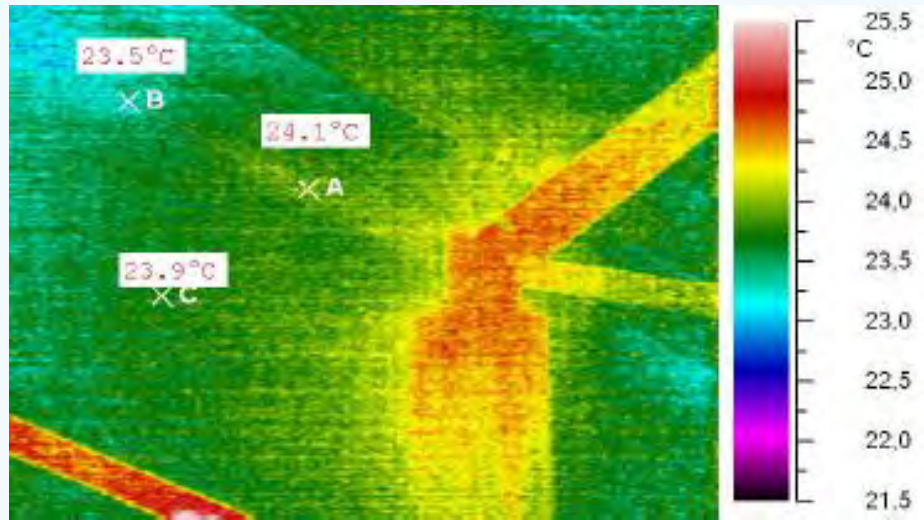












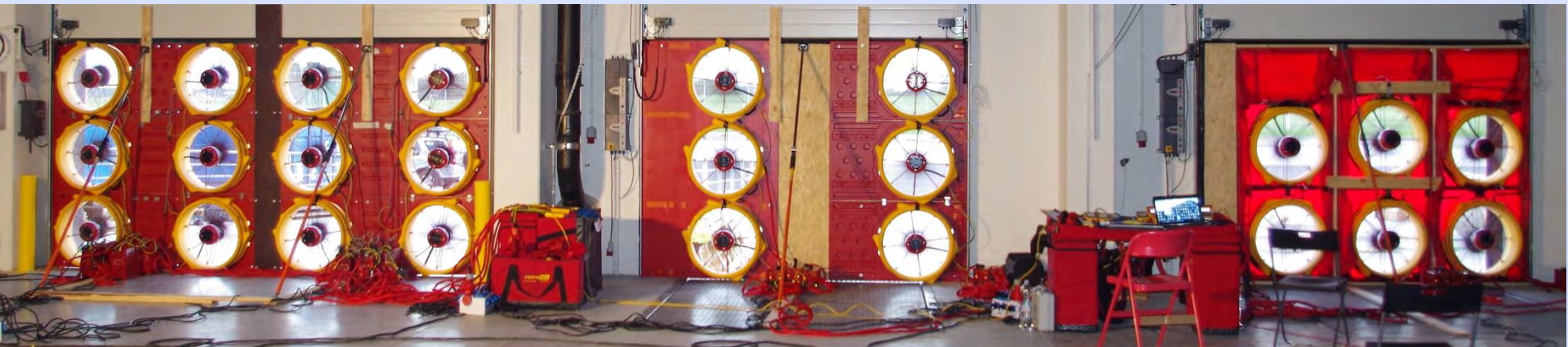


# Результаты регулярных тестов:

- оценка состояния на момент обследования
- обсуждение результата с Заказчиком, проектировщиками и строителями
- оценка состояния ОК на момент обследования с учётом результатов предыдущего теста
- Разработка корпоративного норматива и включение его в Контракт
- За год улучшен показатель  $q_{50}$  в 2,5 – 3 раза и в 4 - 4,5 раза по сравнению со стройнормативом



1,150,000 m<sup>3</sup>





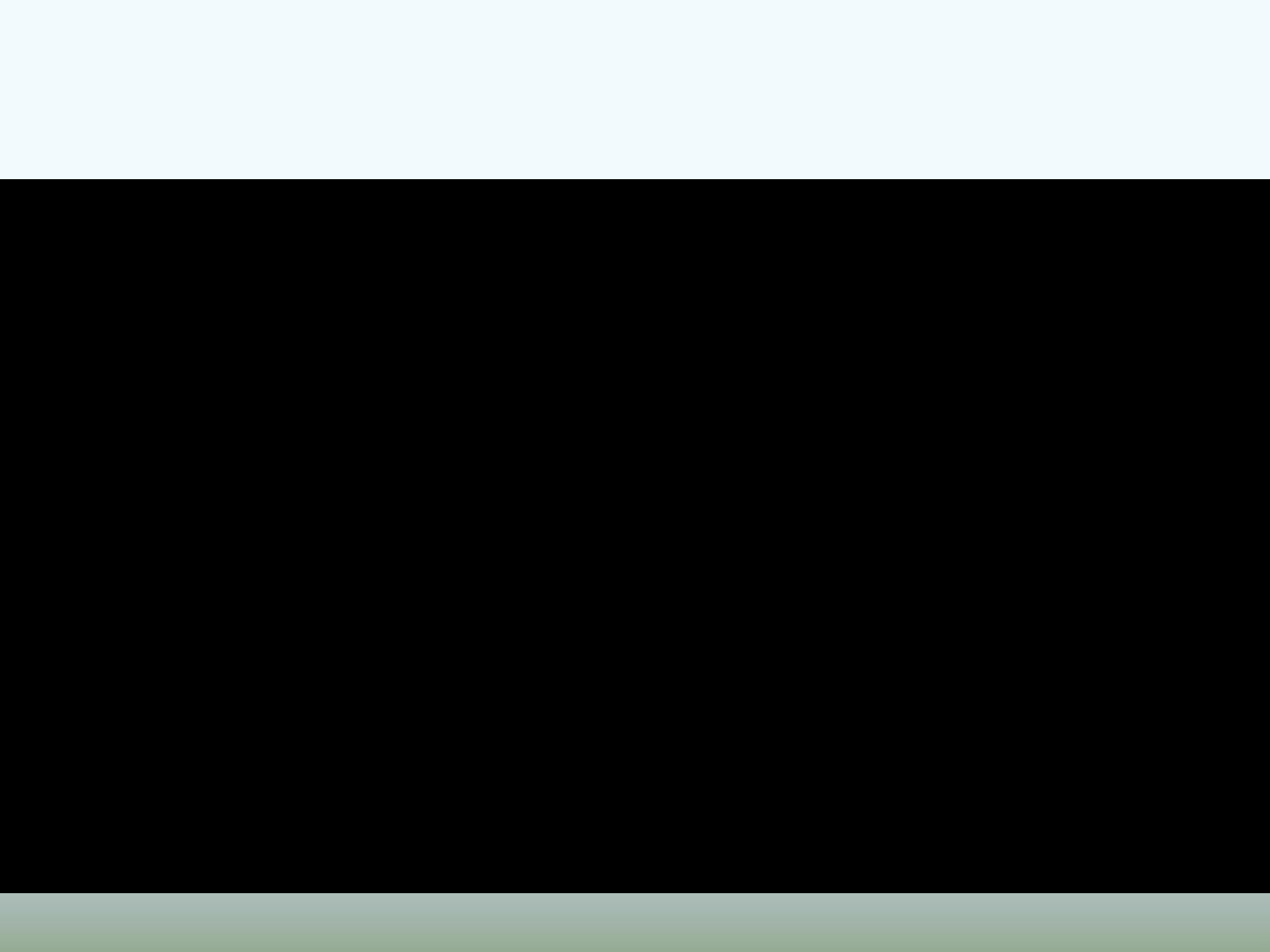






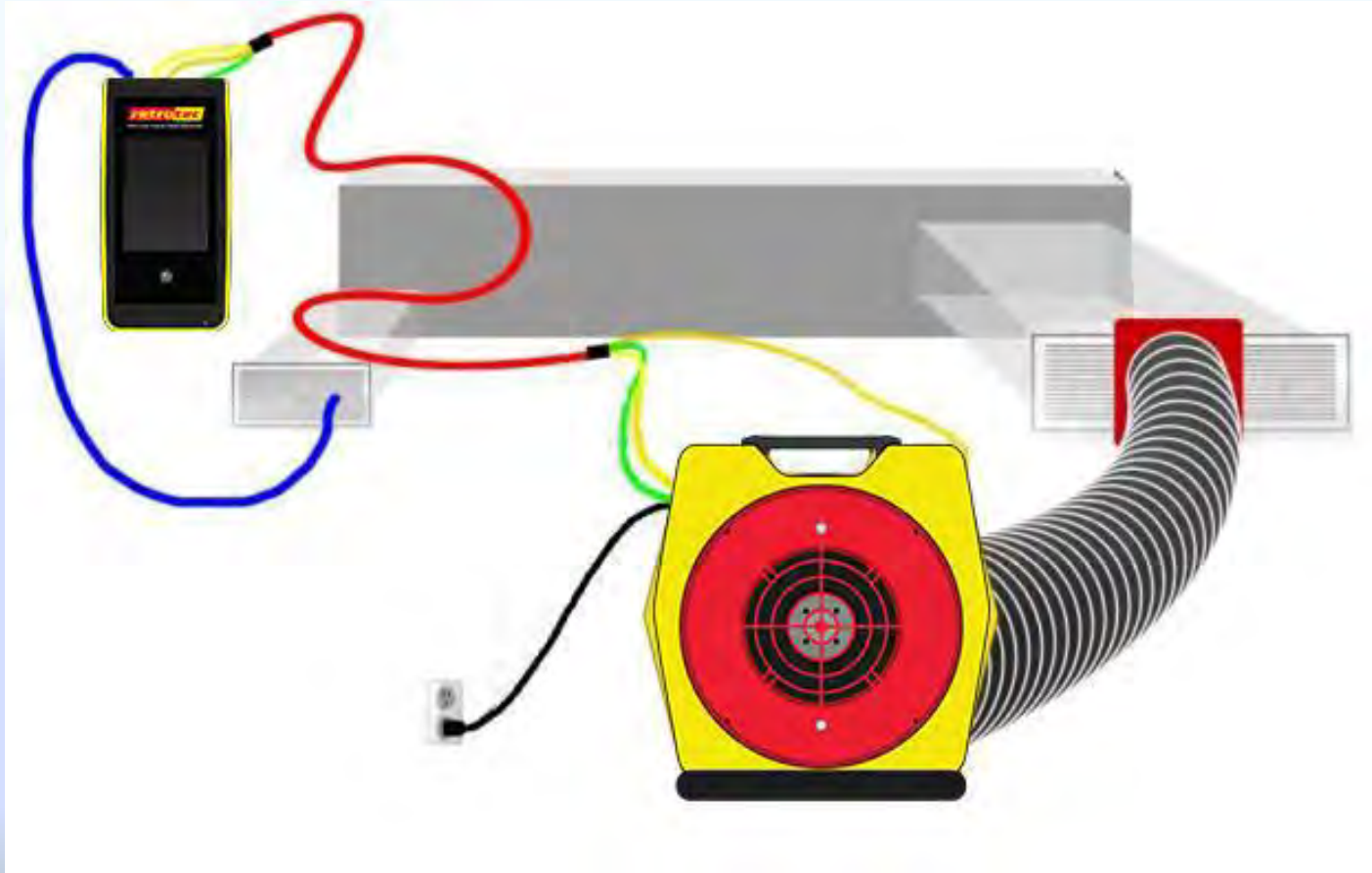






# Герметичность воздуховодов







# Герметичность помещения, необходимая концентрация агента системы пожаротушения и пиковое давление





# Выводы:

- Необходимо планирование воздухопроницаемости на стадии проектирования
- Предварительные тесты для качественной оценки узлов и элементов конструкции
- Проведение тепловизионного обследования совместно с тестом



# Поставка оборудования и техническая поддержка









**Благодарю за внимание!**



**Нитиевский Андрей Альфредович**

**[www.irbest.eu](http://www.irbest.eu)**

**[www.blower-door-xxl.lv](http://www.blower-door-xxl.lv)**