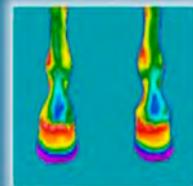
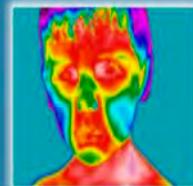
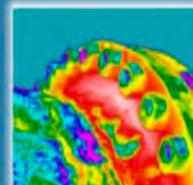
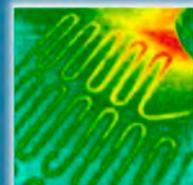
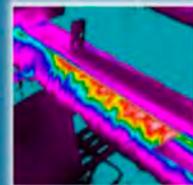
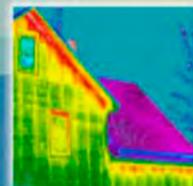


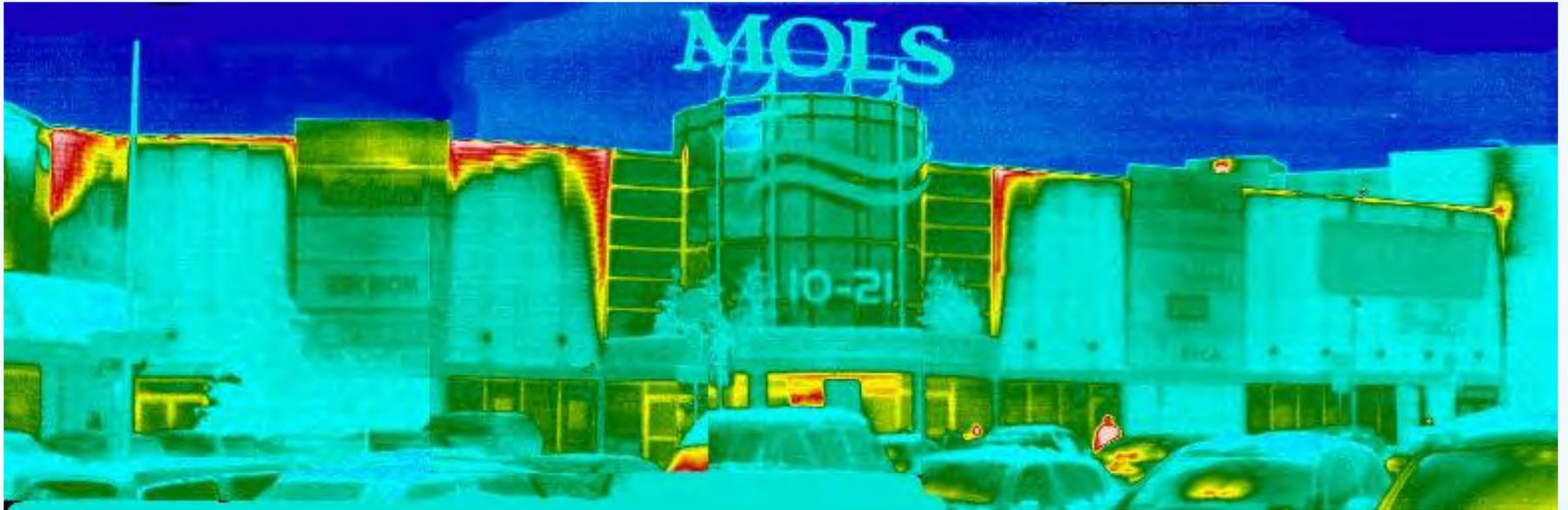
**Эффективность
проведения тепловизионного
обследования совместно с
измерением
воздухопроницаемости
методом Blower Door
(Аэродверь)**

**Нитиевский Андрей
Альфредович
ООО «ИРБЕСТ»**



IRBEST

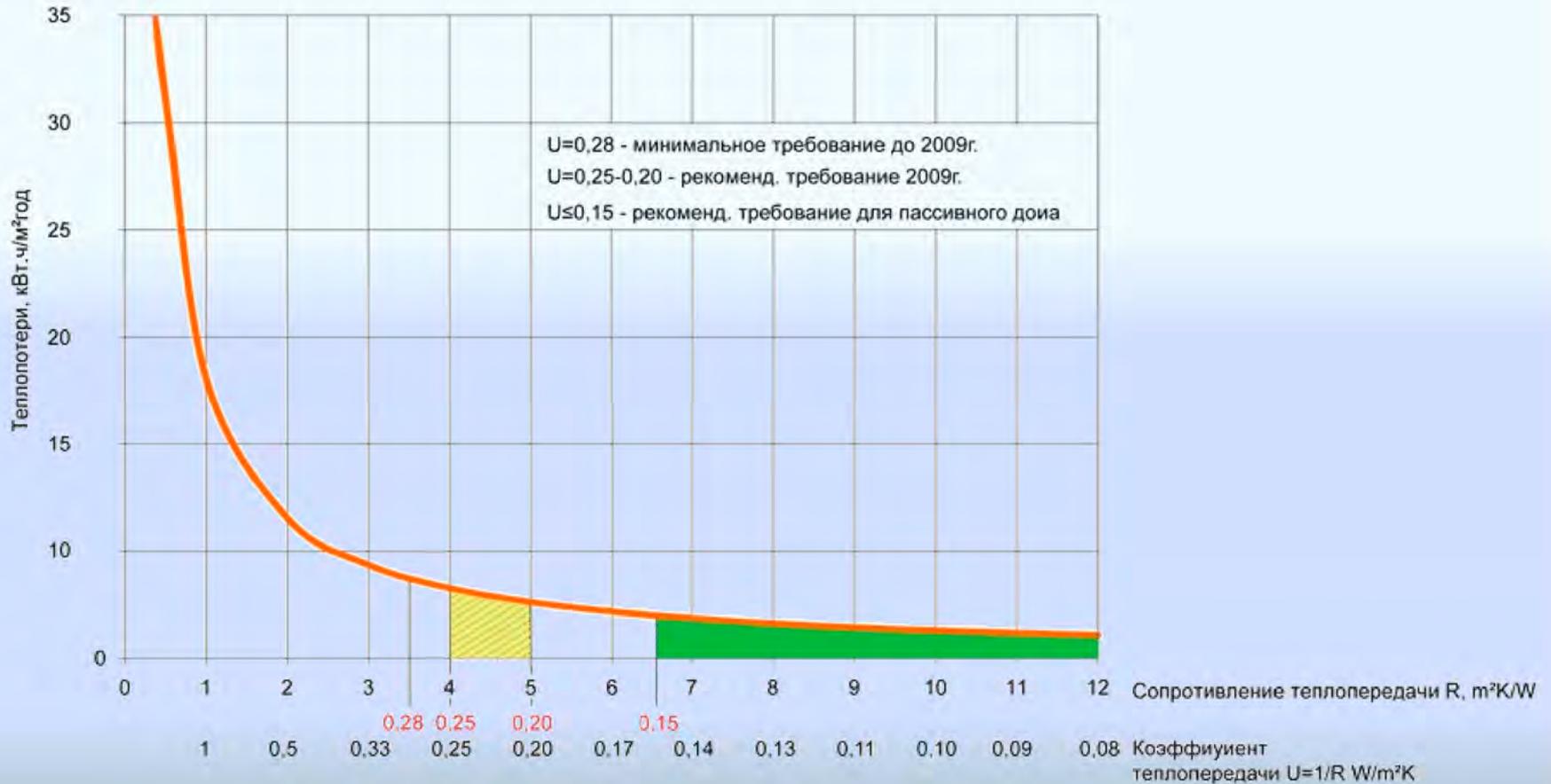




Виды теплопередачи

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

Зависимость теплотерь от увеличения сопротивления теплопередаче

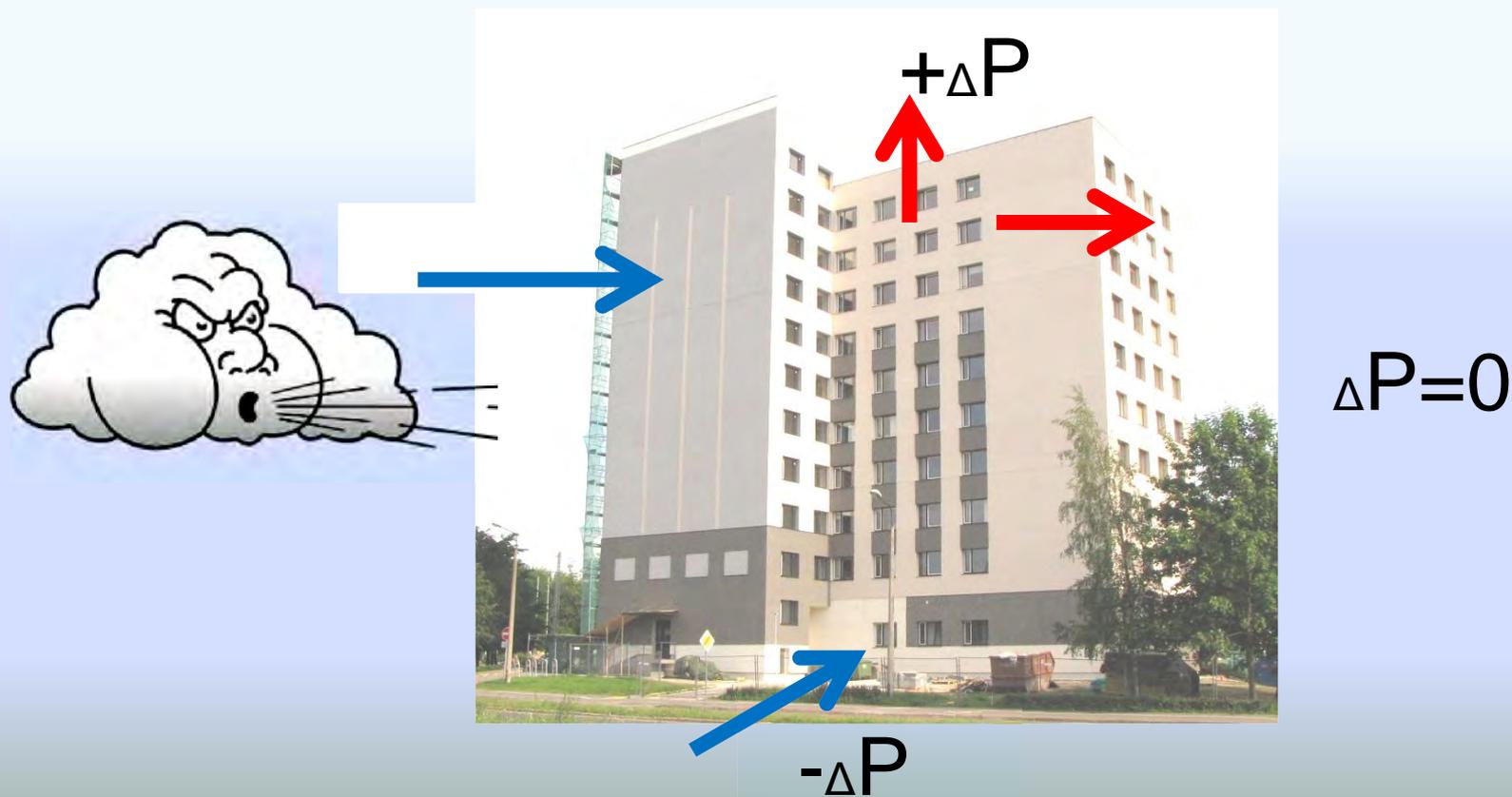


Воздухопроницаемость влияет на:

- 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

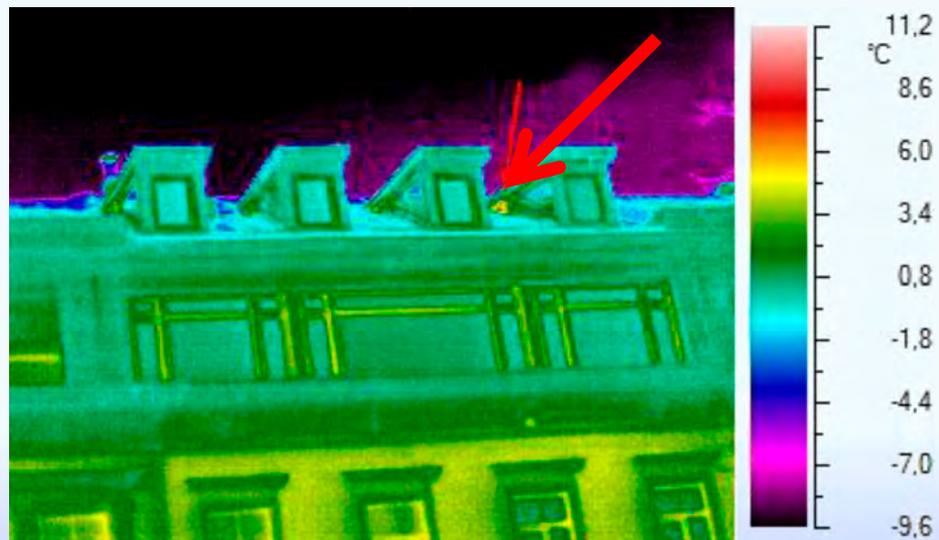
- или необходимо создать перепад давления не менее 5 Pa.
- съёмка производится со стороны наименьшего давления

Руководство BSRIA FMS6 (UK)

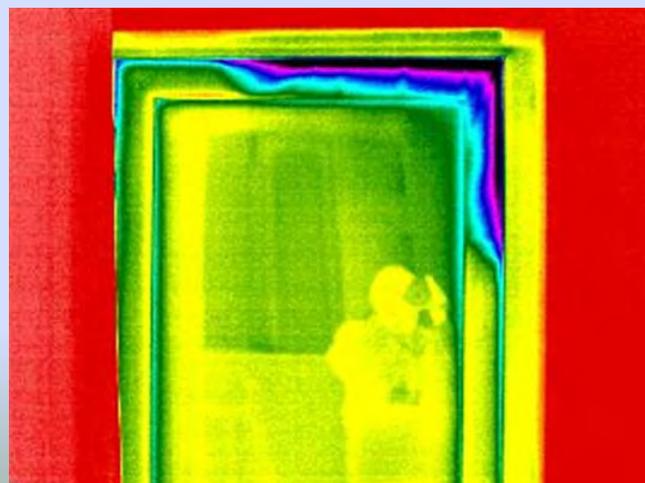
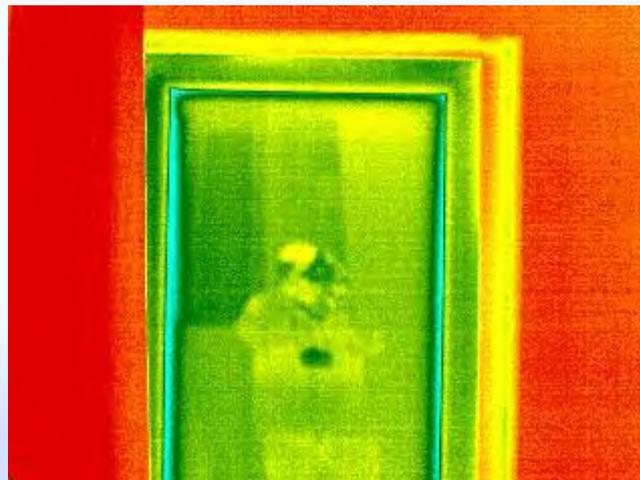
- обследование проводится при $\Delta P > 10 \text{ Pa}$
- минимальная разница температуры $\Delta T > 5 \text{ }^\circ\text{C}$

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.

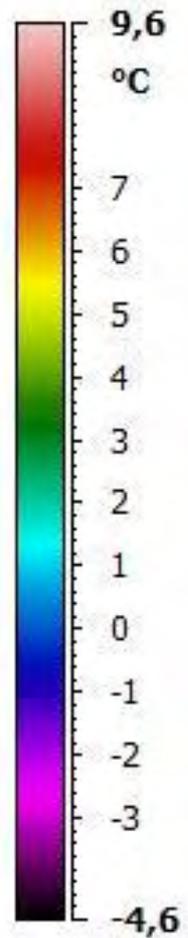
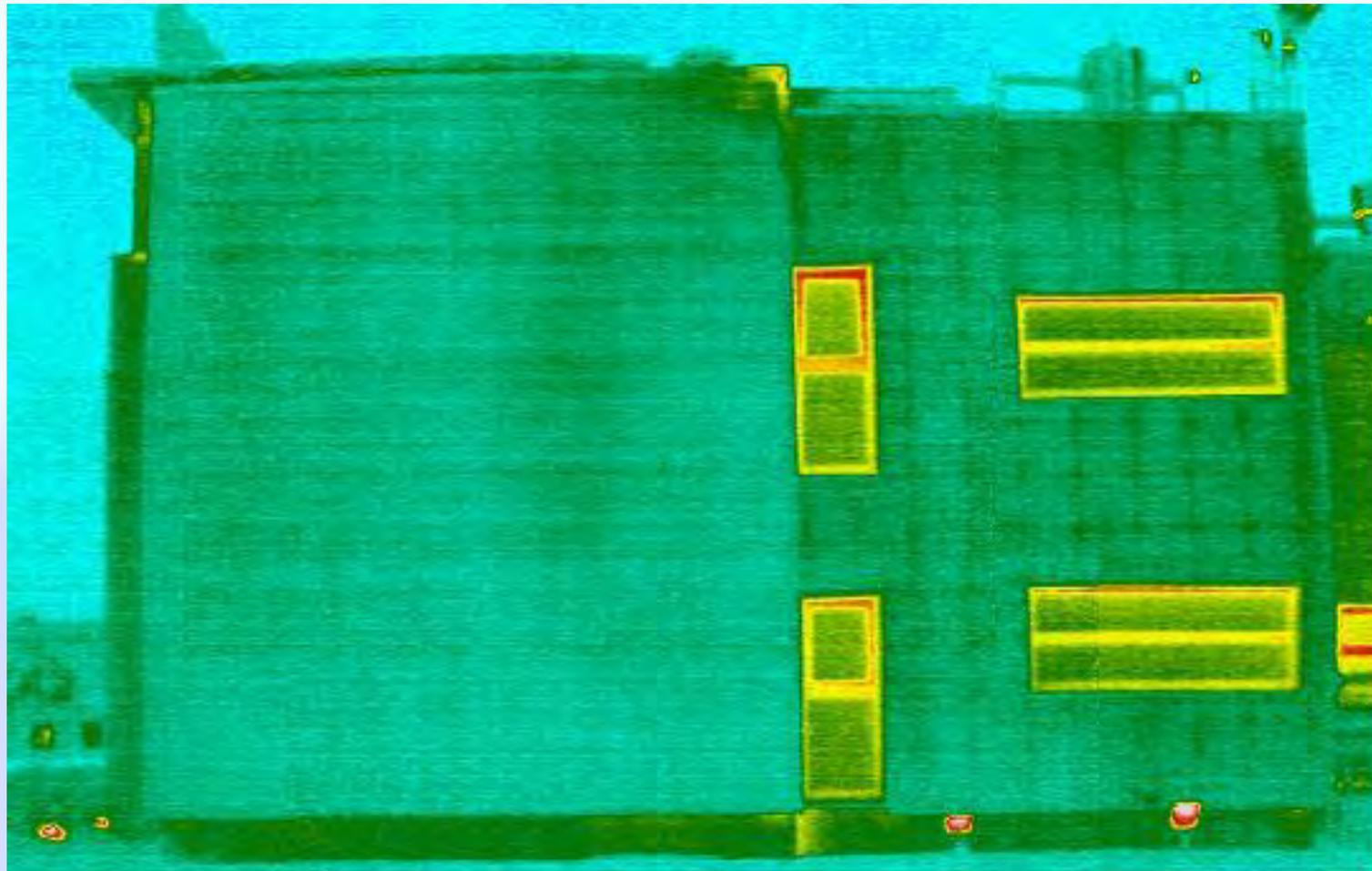
Тепловизор

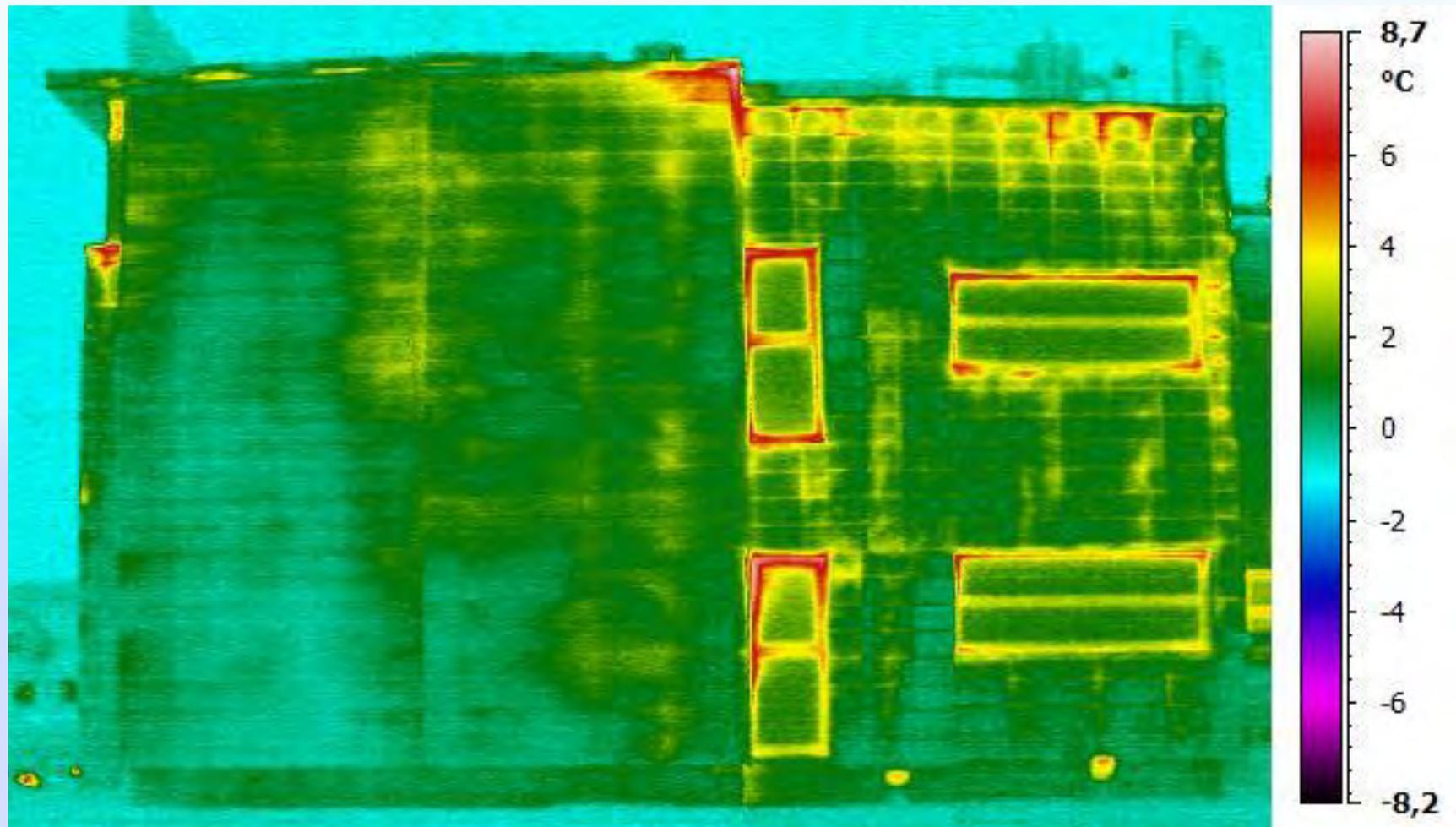


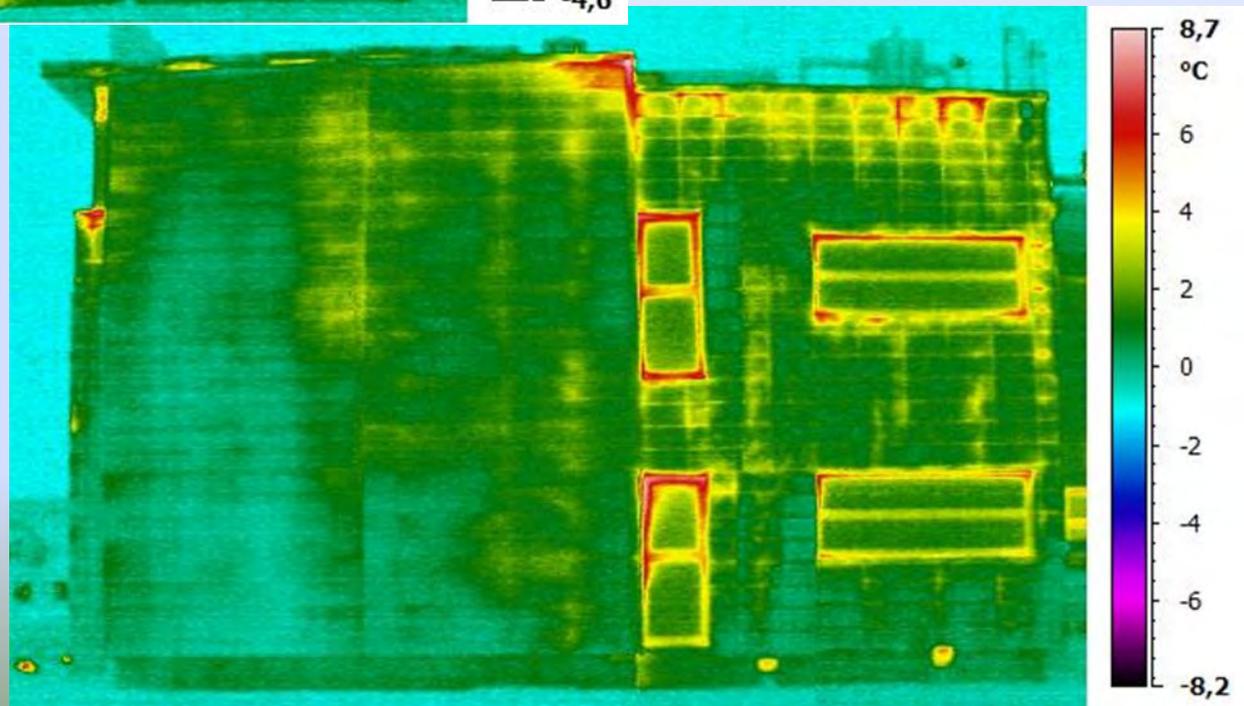
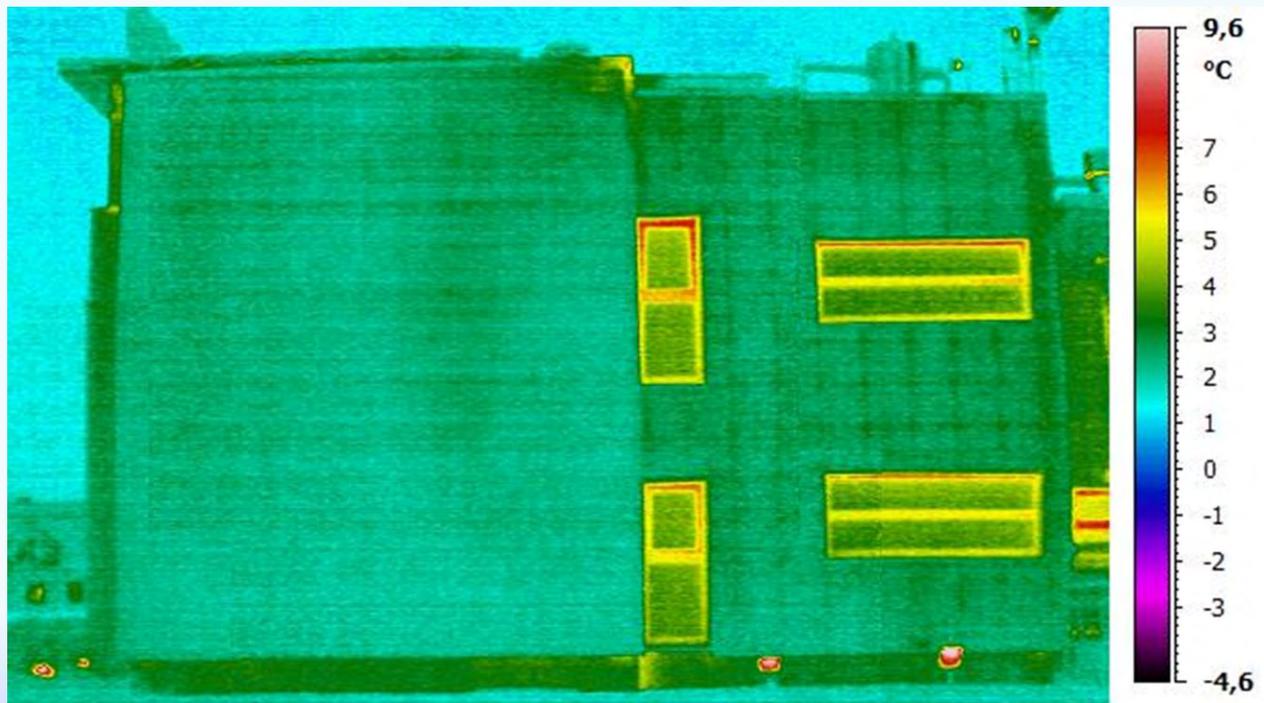
Поиск дефектов (фильтрация воздуха)





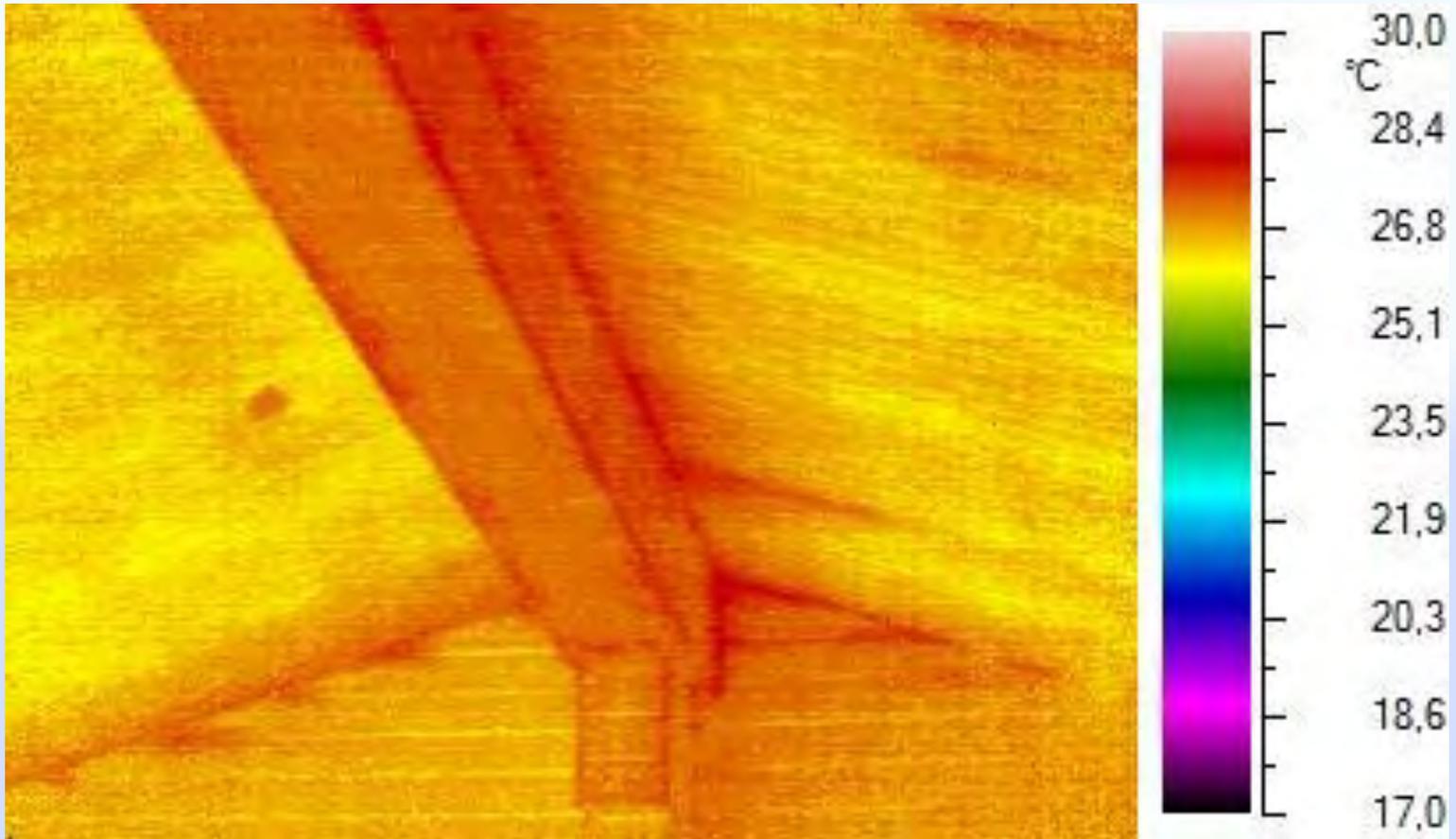




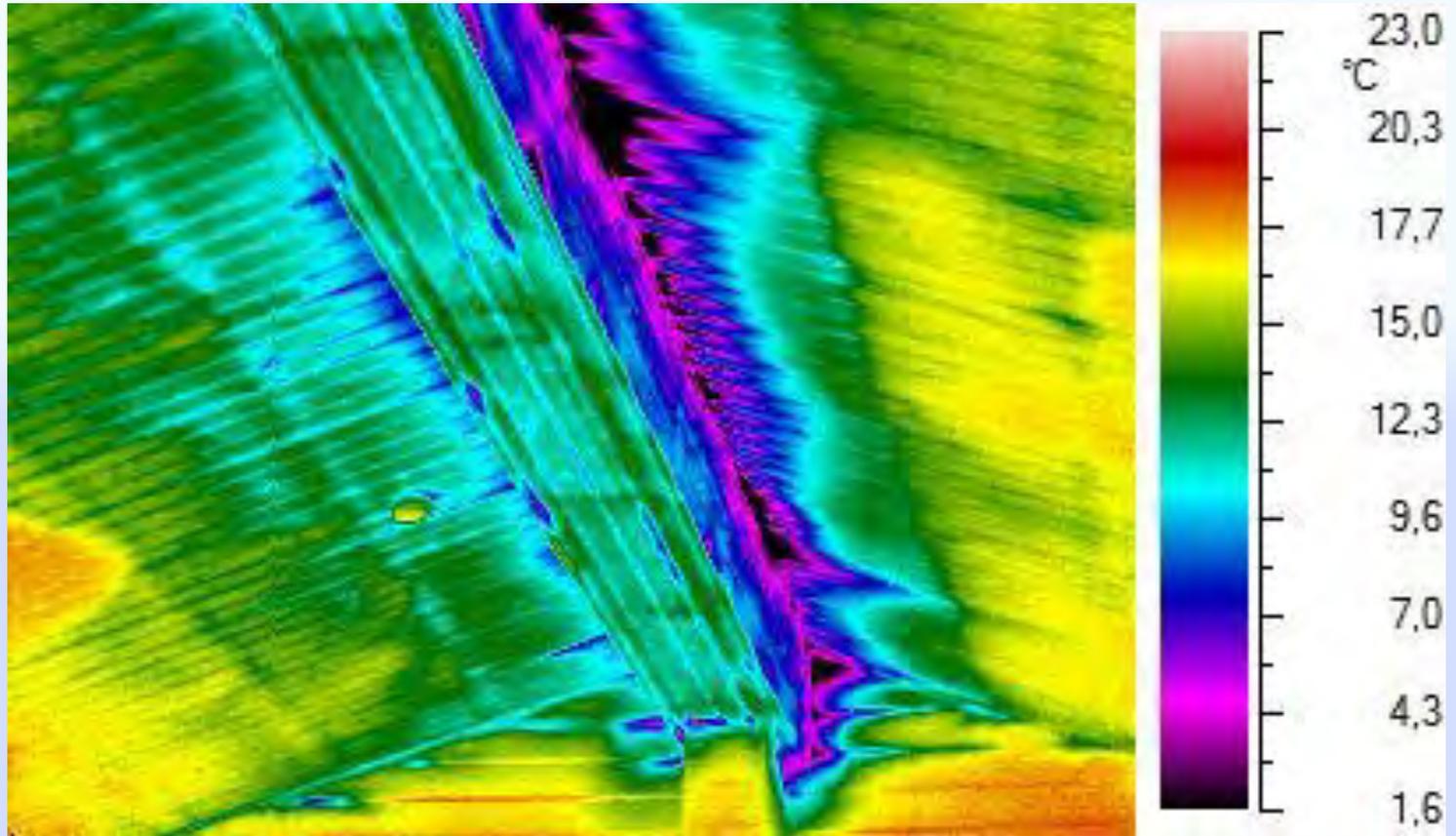




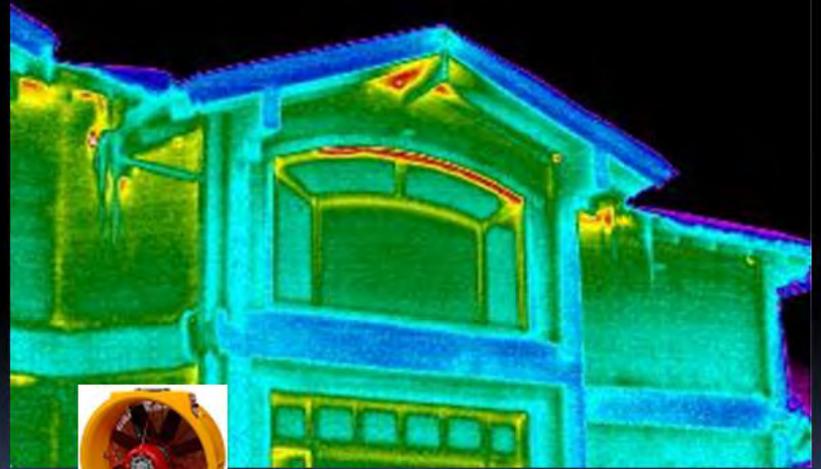
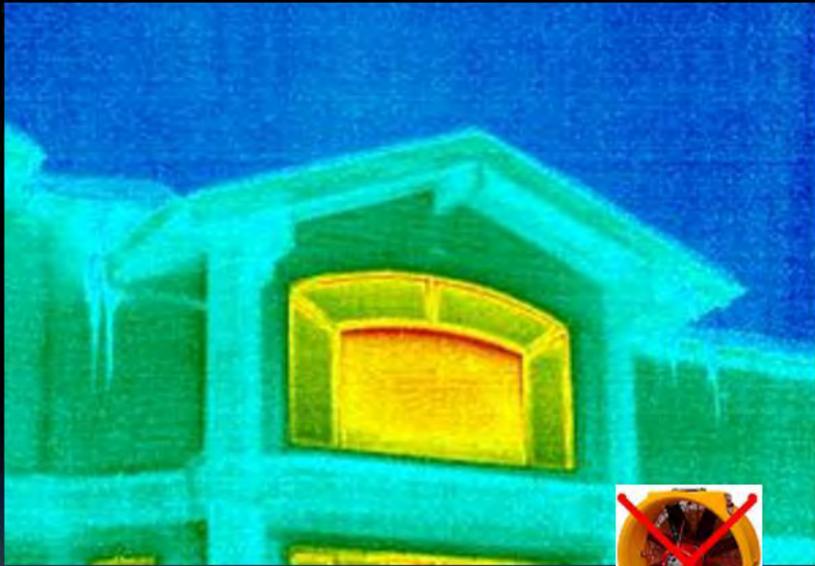
January 2011 $T=-22^{\circ}\text{C}$ $T=+19^{\circ}\text{C}$ $\Delta T=41^{\circ}\text{C}$

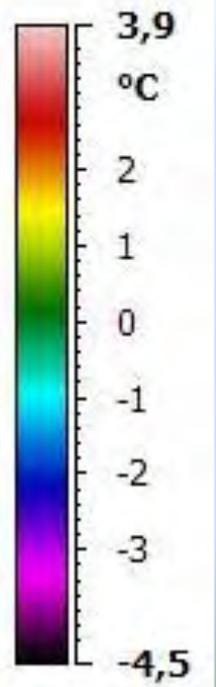
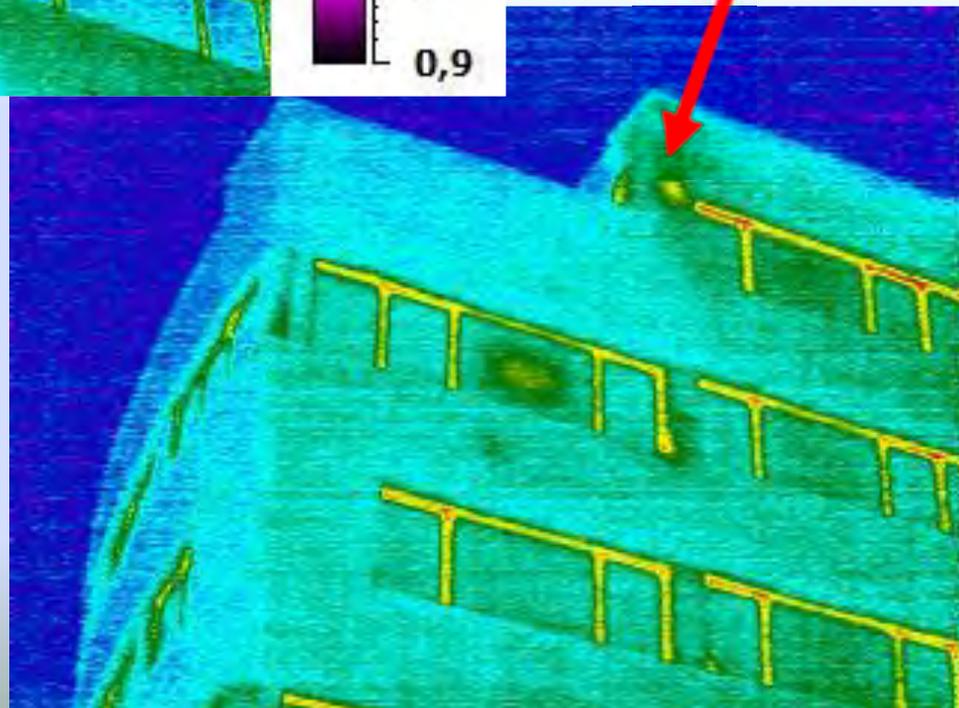
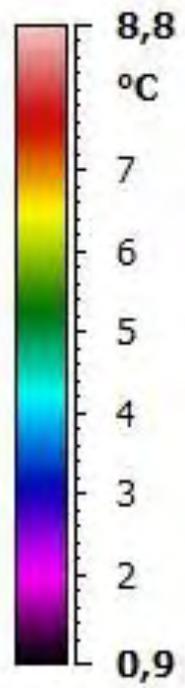
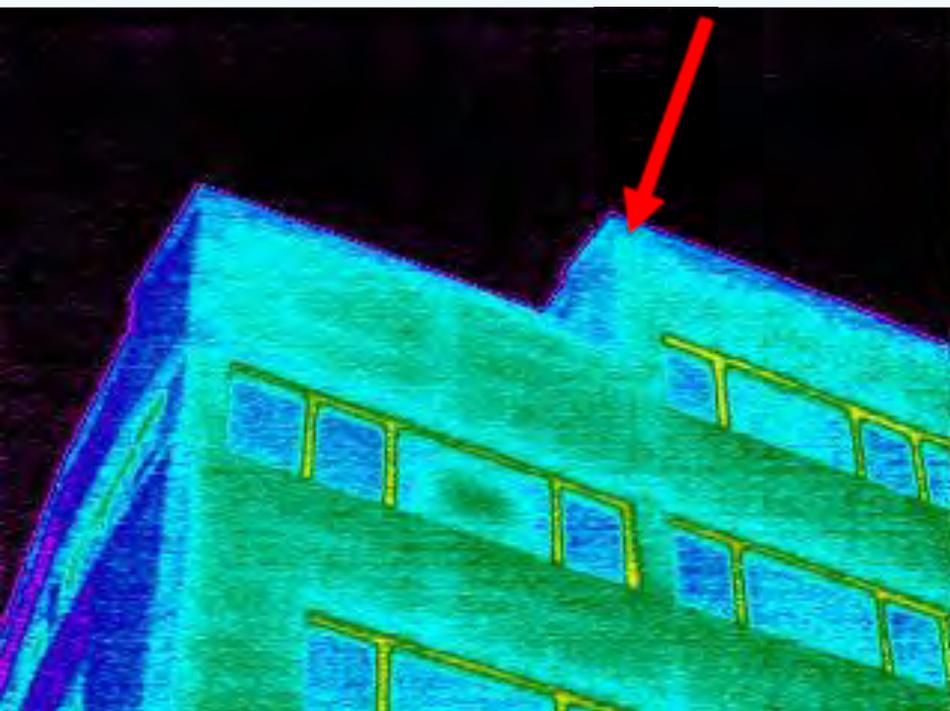


$\Delta P = + 8 \text{ Pa}$



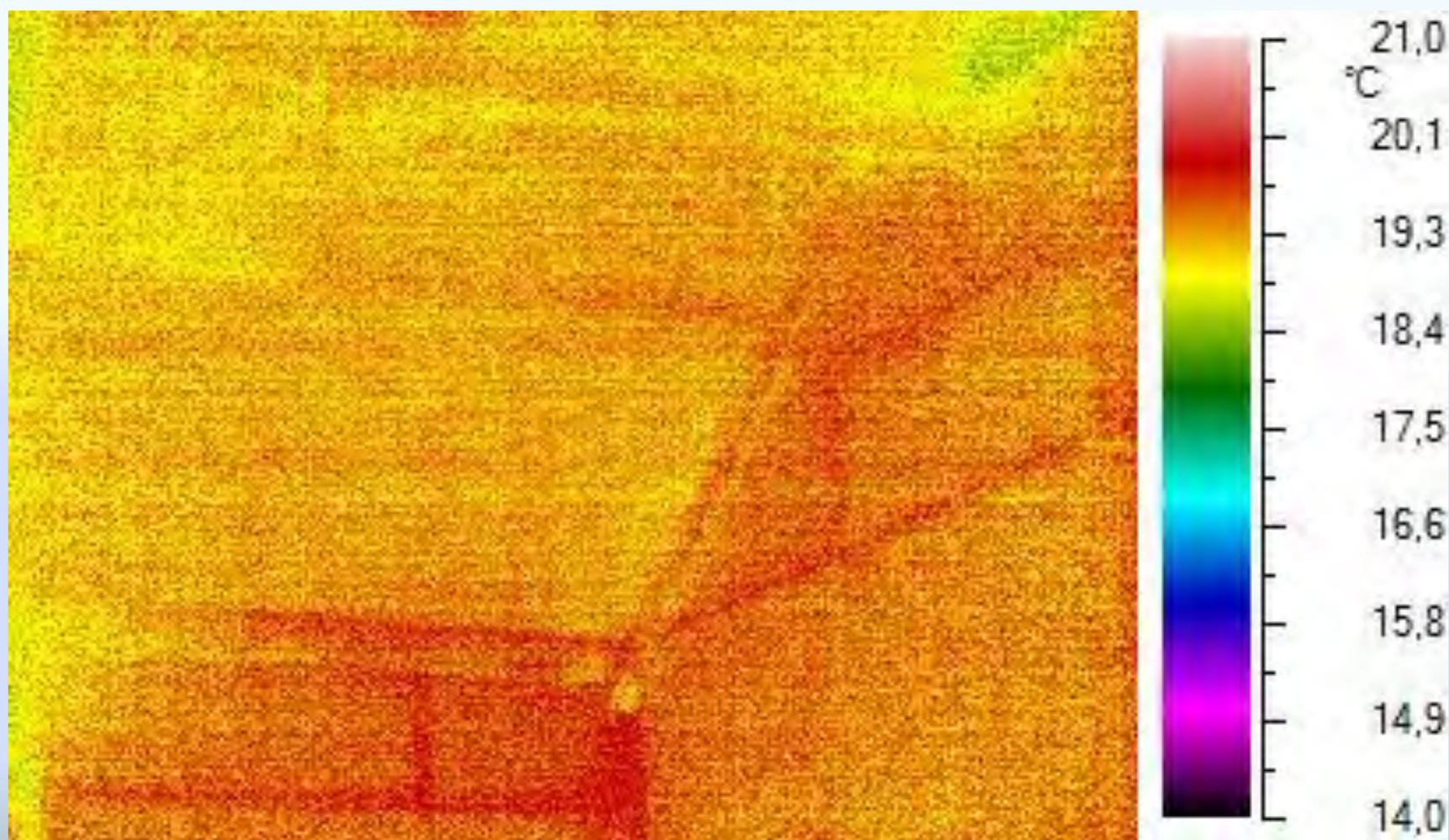
$\Delta P = -8 \text{ Pa}$

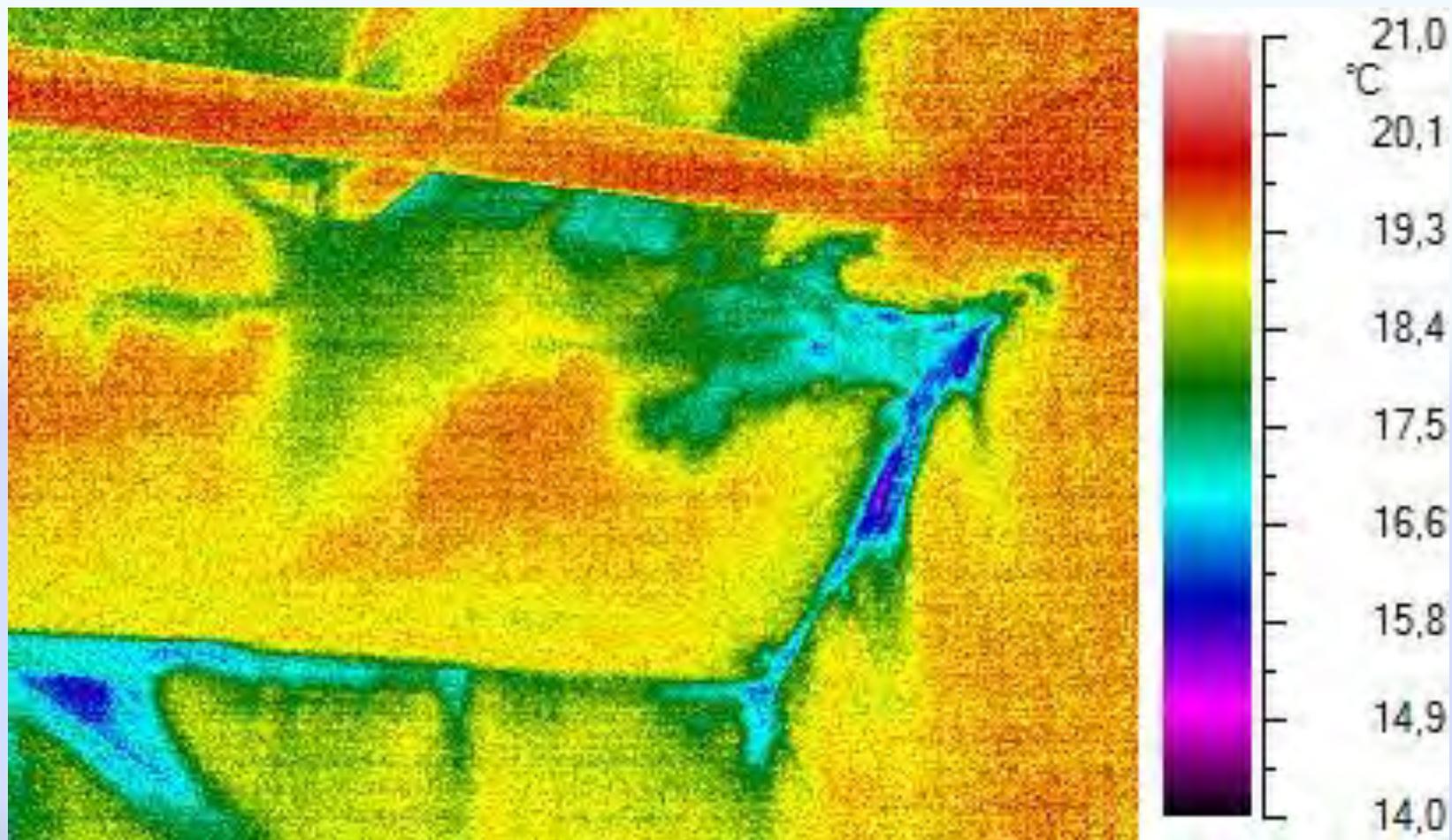


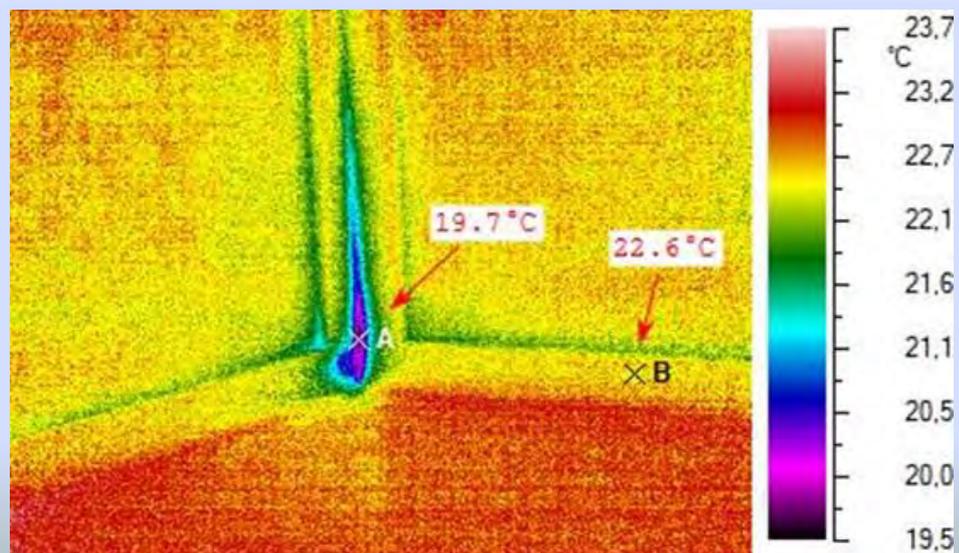
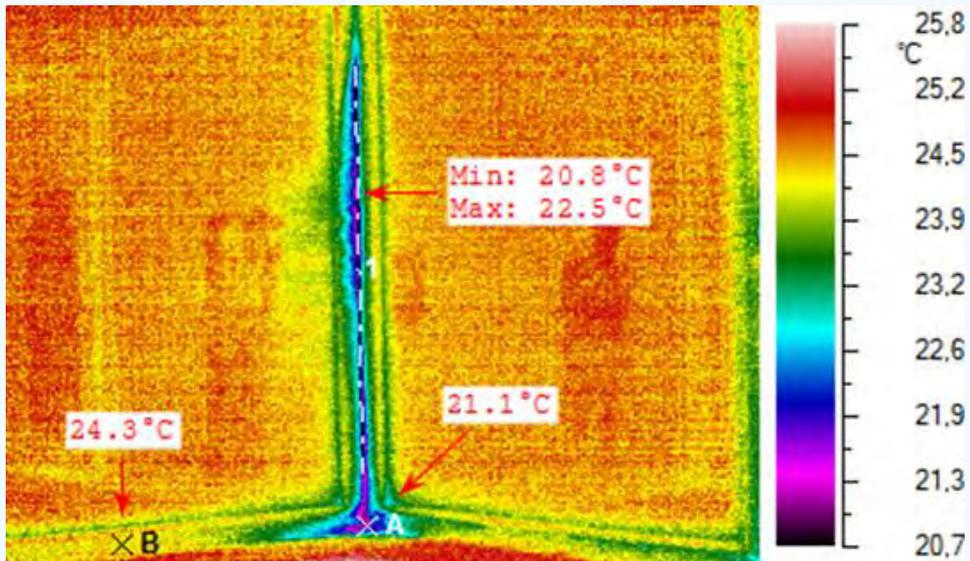




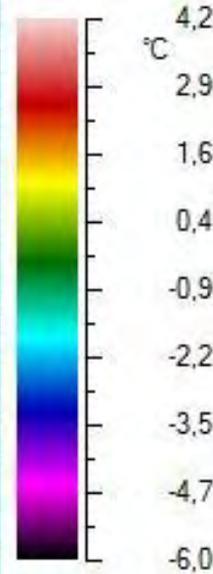
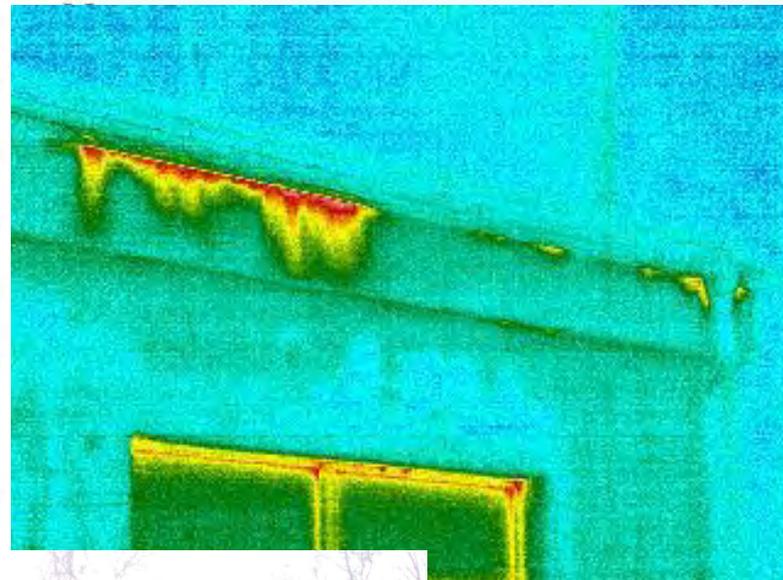
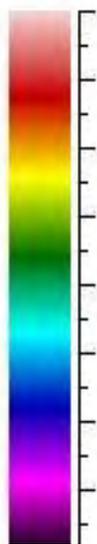
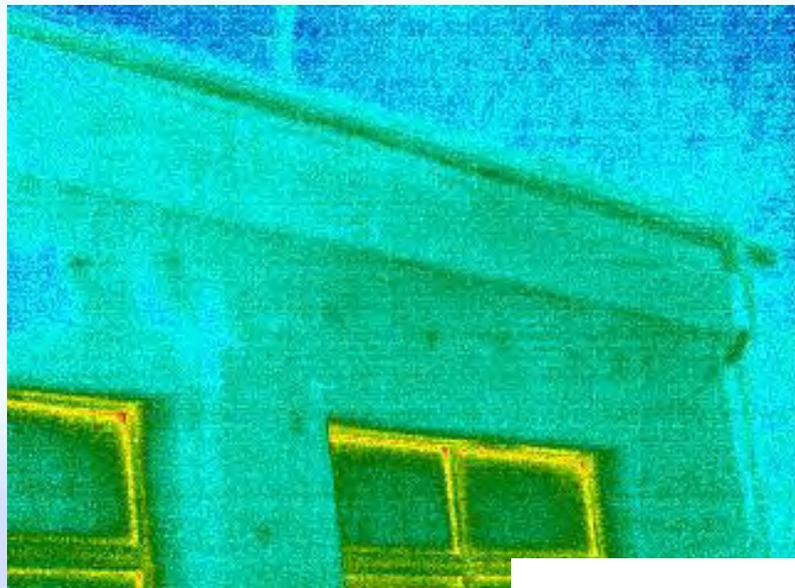
06.06.2011 $T_{\text{ára}} = +16^{\circ}\text{C}$ $T_{\text{iekš.}} = +19^{\circ}\text{C}$ $\Delta T = 3^{\circ}\text{C}$

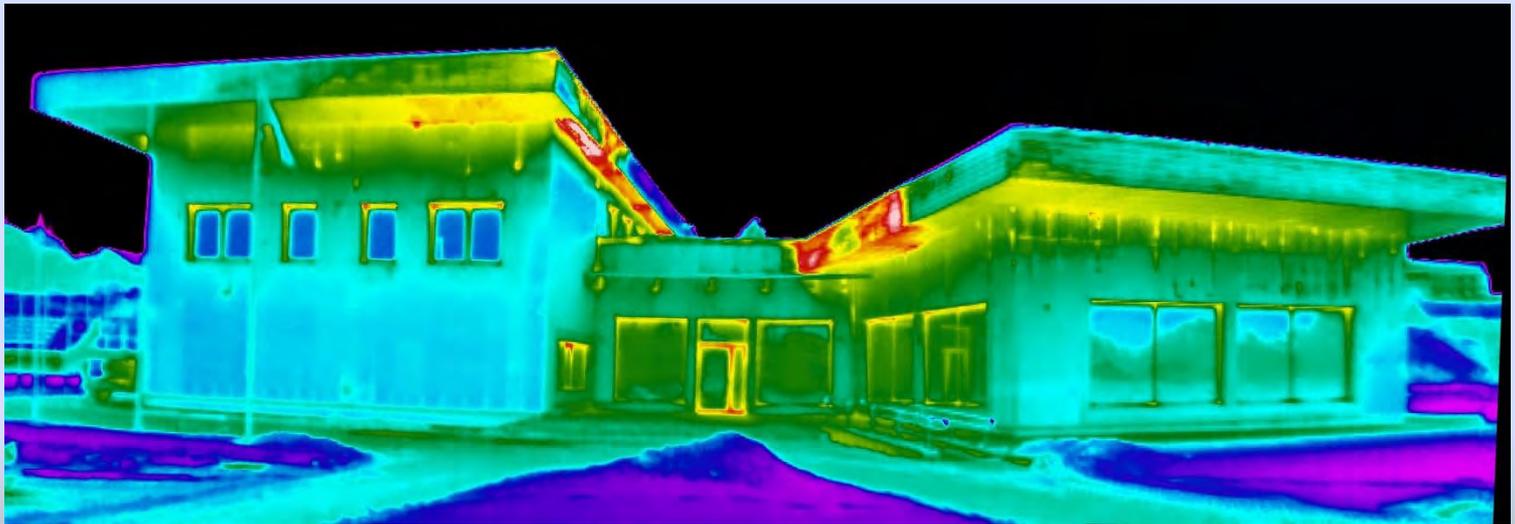
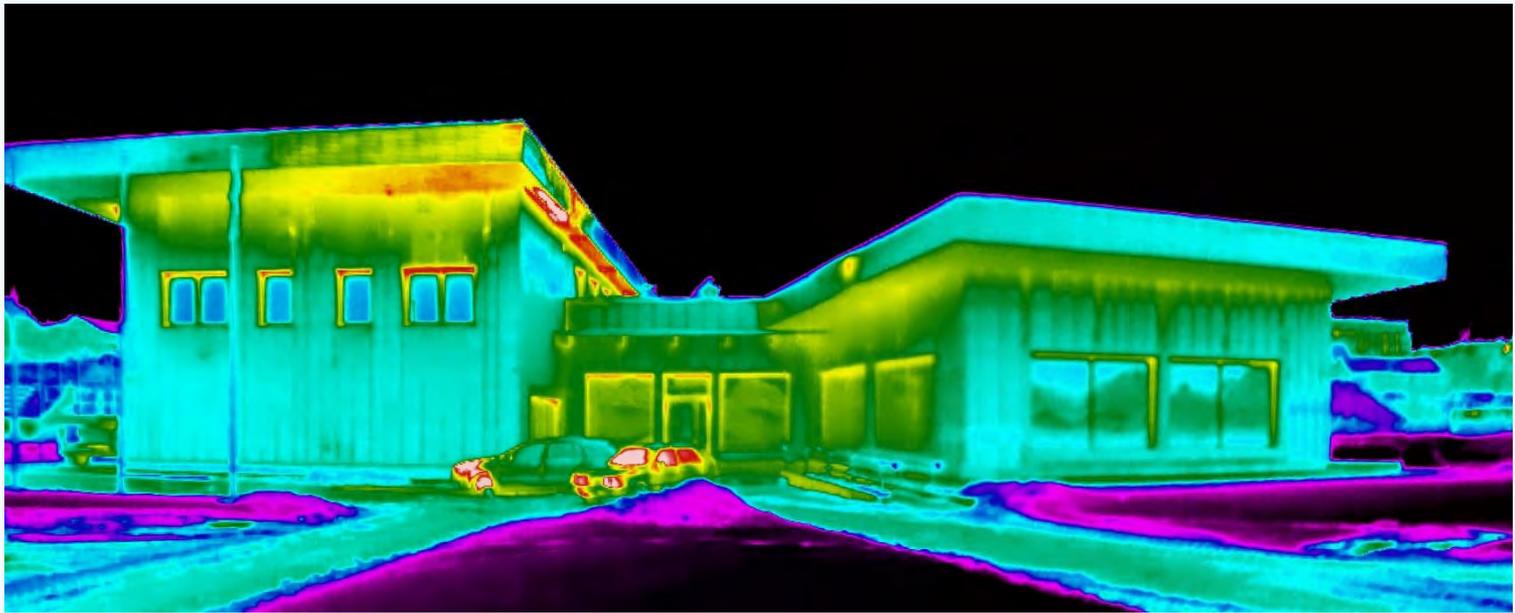






Необходимо тестировать перед началом работ по реновации





- Генератор (индикатор) дыма



- Термоанемометр

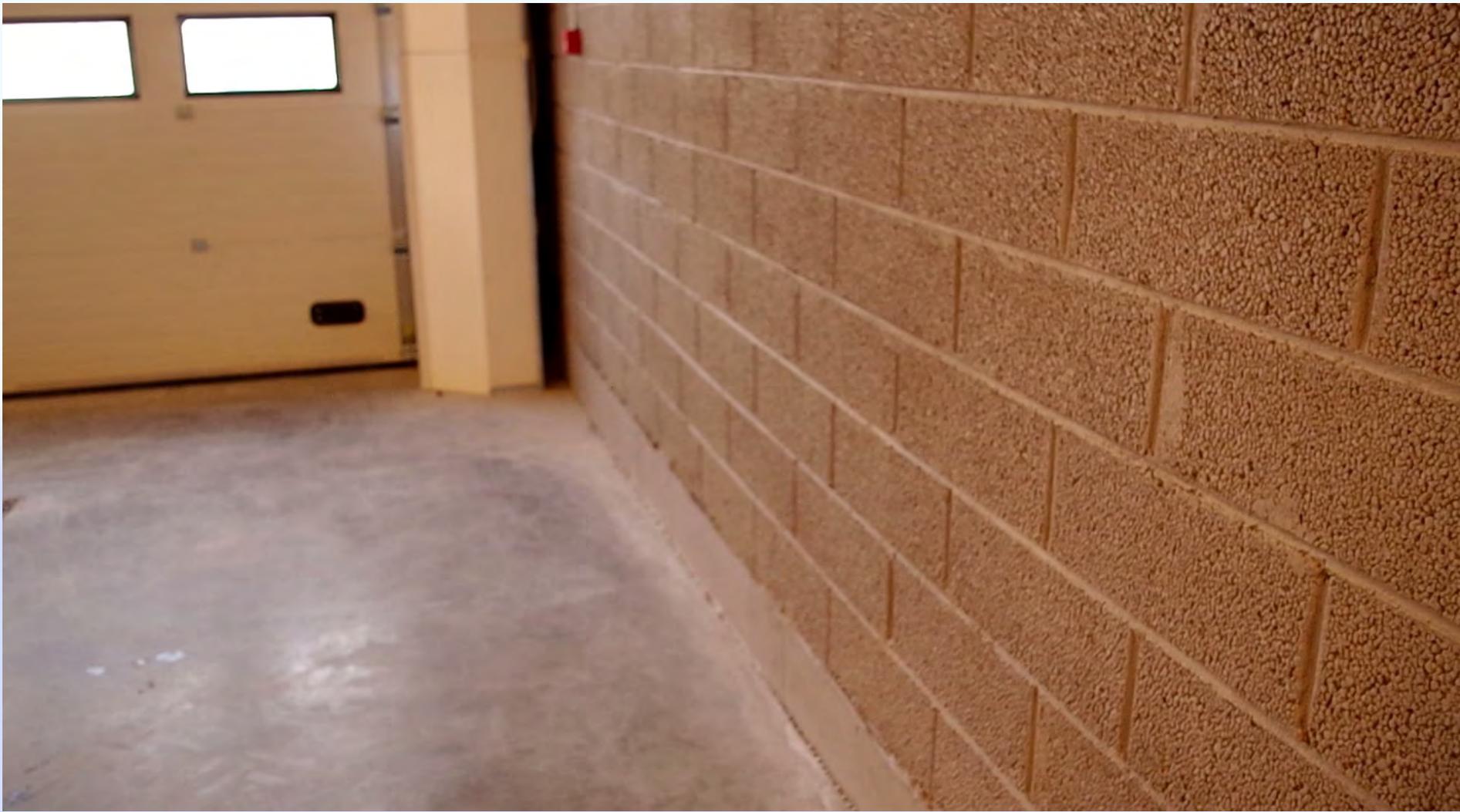


- Рука или другая незащищённая поверхность кожи



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 m^3/h

Комментарии к п₅₀

п₅₀

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 м³

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)

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

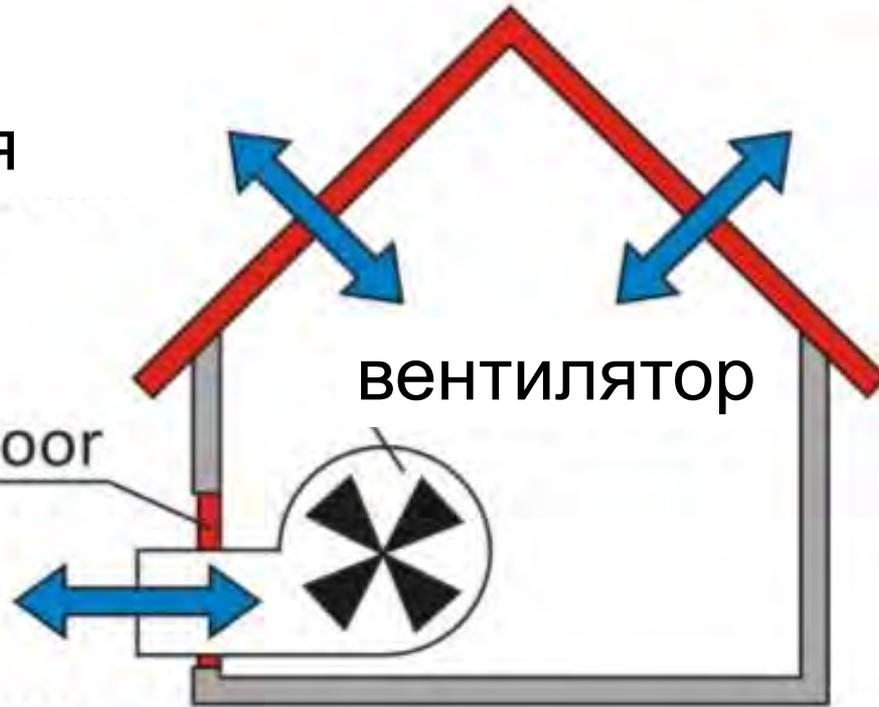
$$\text{более } 1500 \text{ m}^3 \quad q_{50} < 2 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \times \text{h})$$

Разница
давления

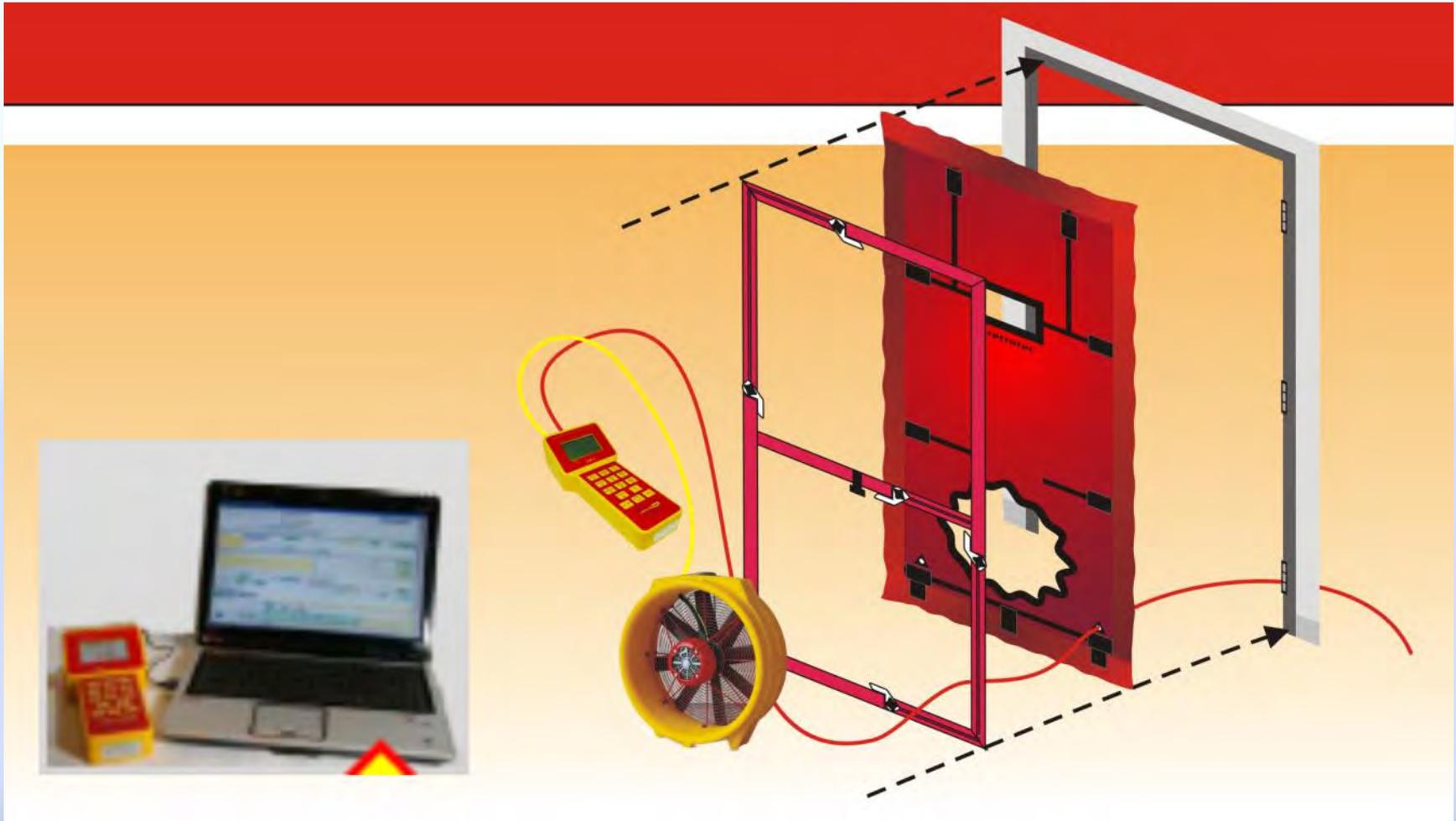
Blower Door

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:

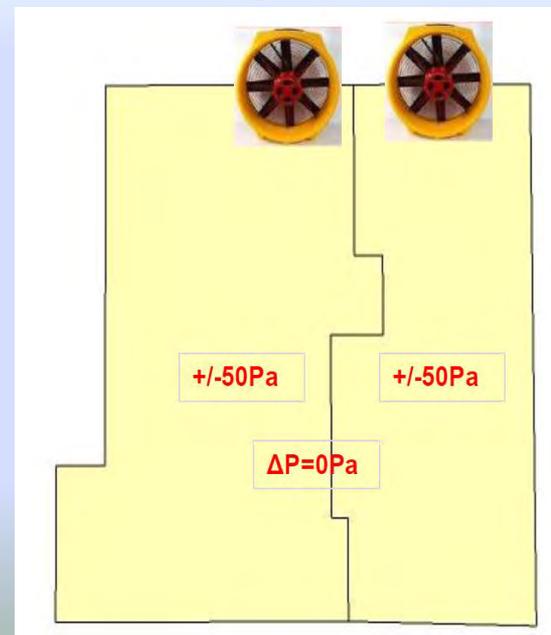
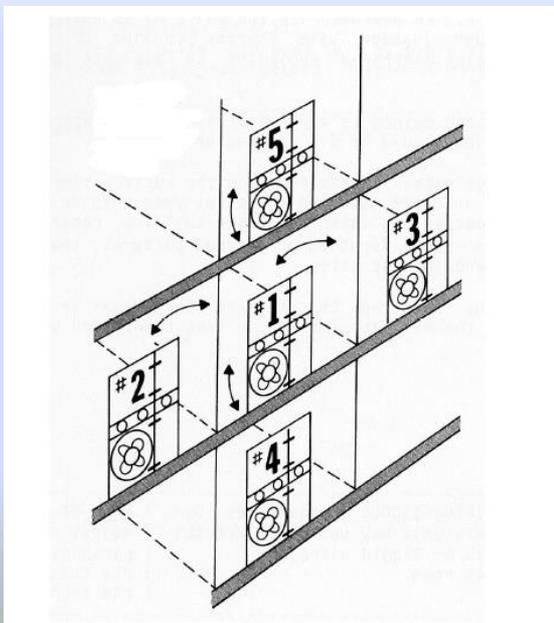
1. Поиск и временная герметизация мест внутреннего перетока



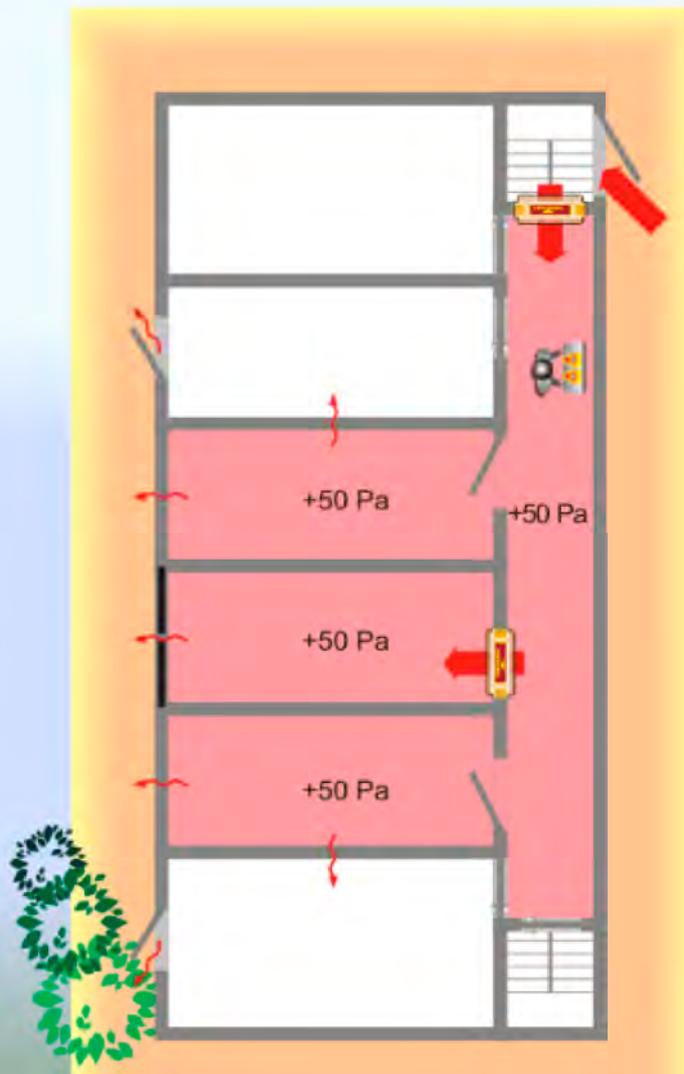
Возможные способы исключения внутренних перегородок из общего результата:

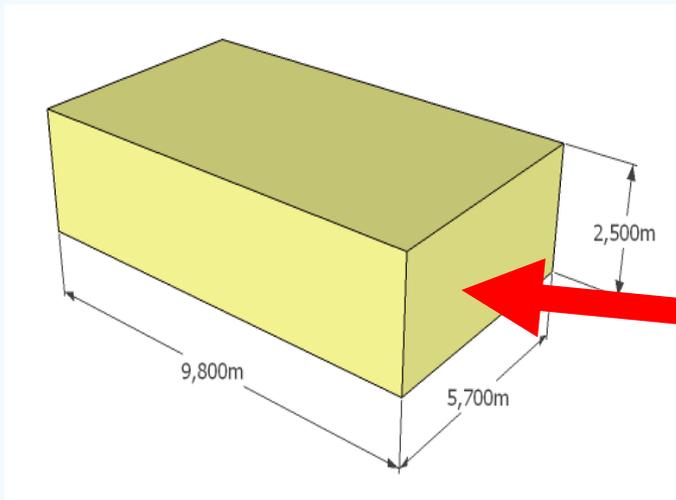
2. Создание компенсирующего давления в сопредельном помещении по ГОСТ 31167, п.8.10, ISO9972 и EN13829

Этот способ полностью исключает перегородки!



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

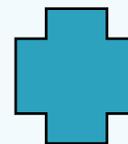
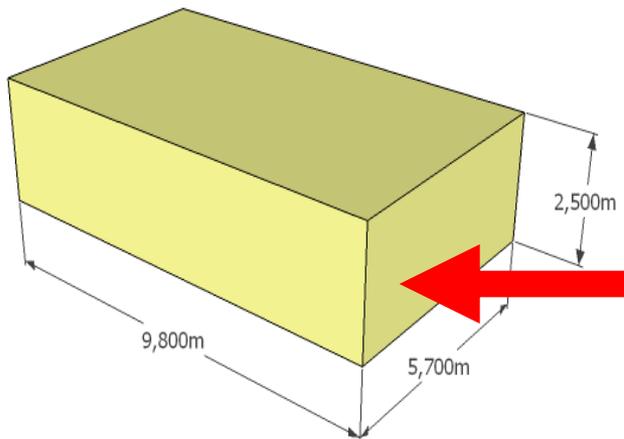




Тест №.1 квартиры №.56 одной Аэродверью (8000 m³/h)

A_E	Площадь ограждающей конструкции	95,00 m ²
V	Объём	132,00 m ³

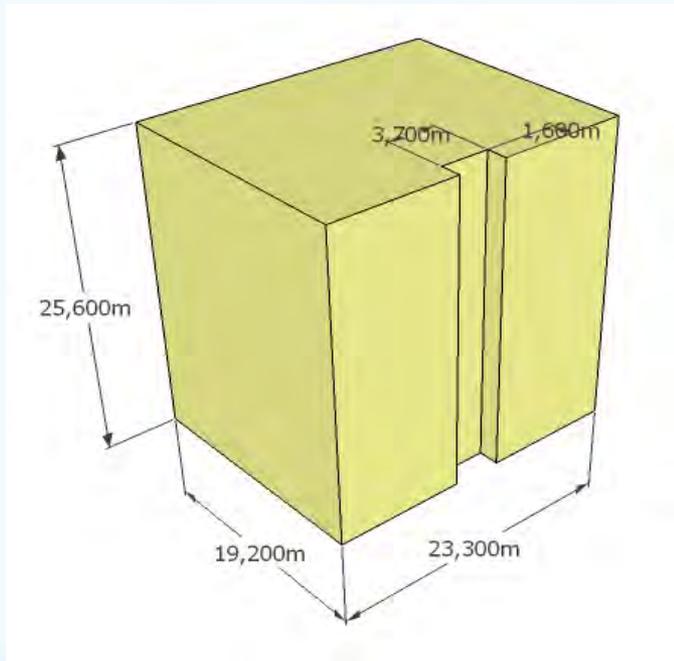
	Параметр	Норматив	Результат
Q₅₀	воздухопроницаемость	3m ³ /(m ² x h)	3,56 m³/(m² x h)
n₅₀	Кратность обмена	n/a	2,56 h⁻¹



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

A_E	Площадь ограждающей конструкции	95,00 m ²
V	Объём	132,00 m ³

	Параметр	Норматив	Результат
Q_{50}	воздухопроницаемость	3m ³ /(m ² x h)	2,15 m³/(m² x h)
n_{50}	Кратность обмена	n/a	1,55 h⁻¹



**Тест №.3 был проведён одной Аэродверью 14000 m³/h)
для всего здания**

A_E	Площадь ограждающей конструкции	3141,00 m²
V	Объём	11827,00 m³

	Параметр	Норматив	Результат
Q₅₀	воздухопроницаемость	3m³/(m² x h)	2,23 m³/(m² x h)
n₅₀	Кратность обмена	n/a	0,59 h⁻¹

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

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

- 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»:

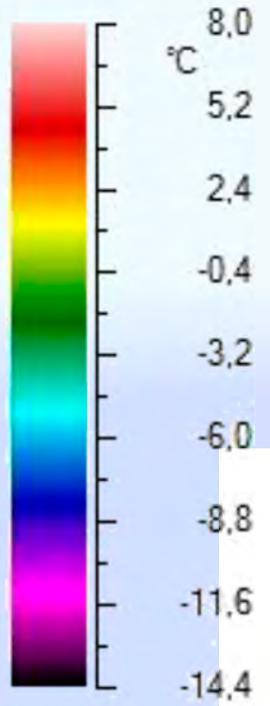
$$2 < q_{50} < 3 \text{ (8 пунктов)}$$

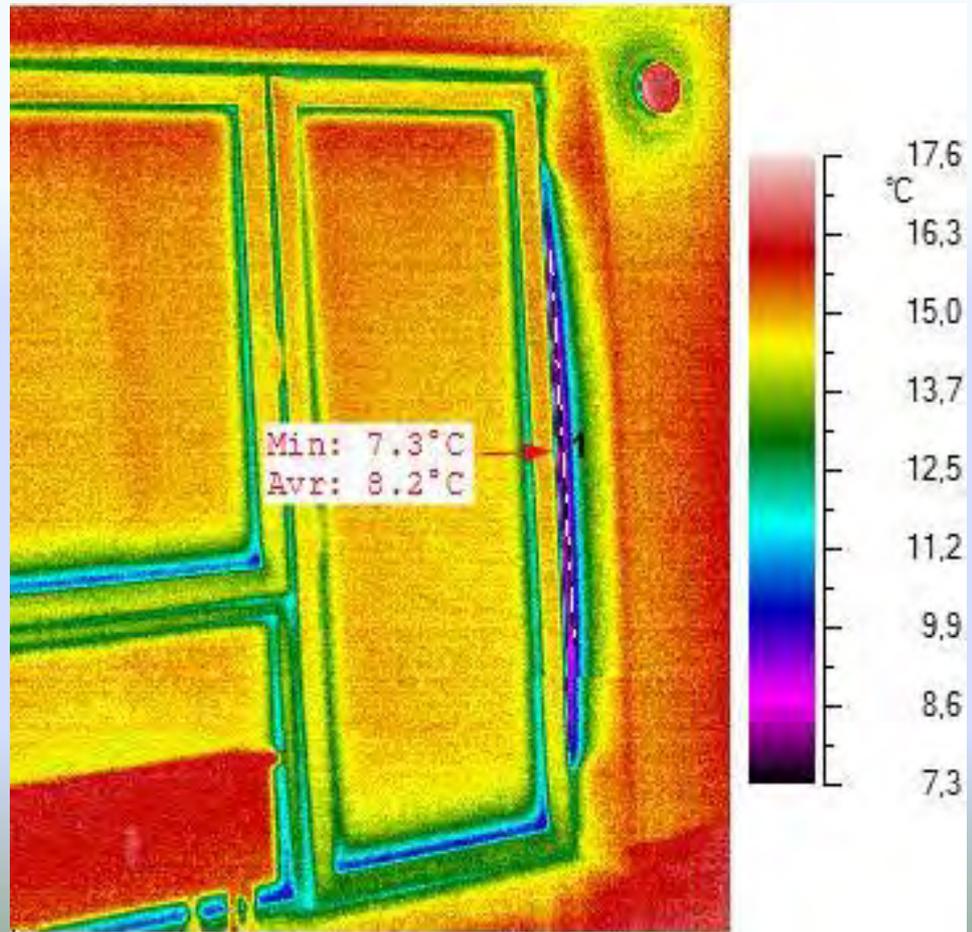
Тест отдельного помещения с компенсацией перетоков и тест всего здания дали близкий по значению результат!

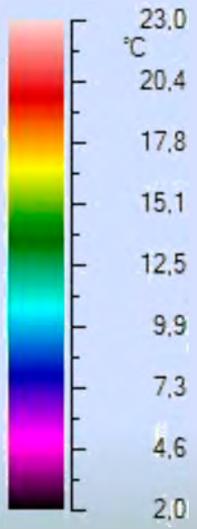
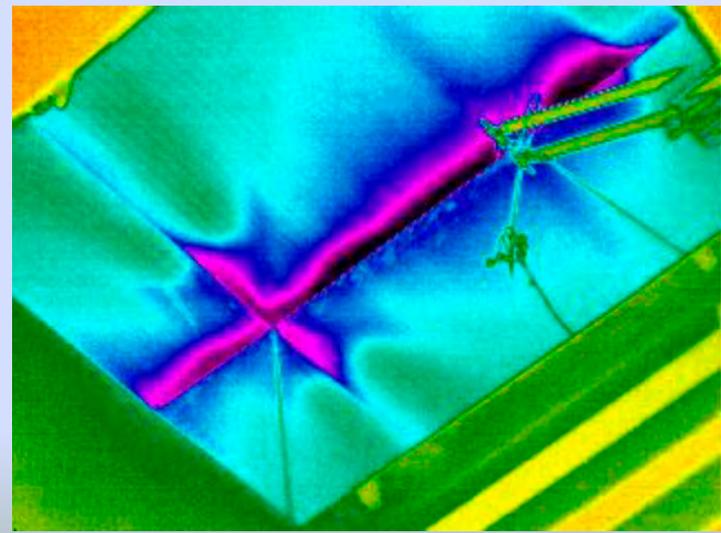
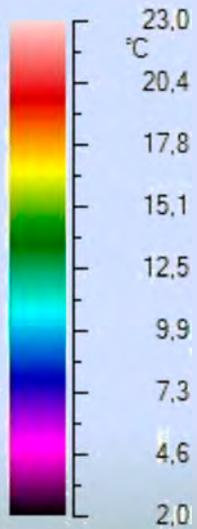
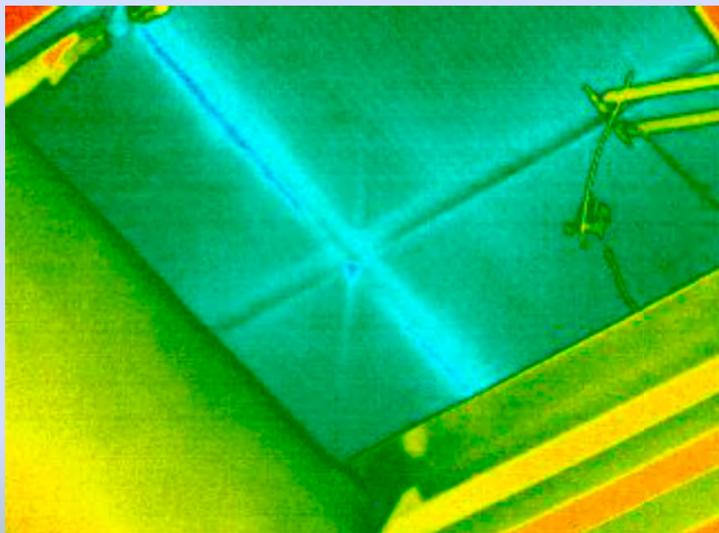
$$q_{50} - 2,23 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \times \text{h}) - \#3$$

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

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 м³
 - 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 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.



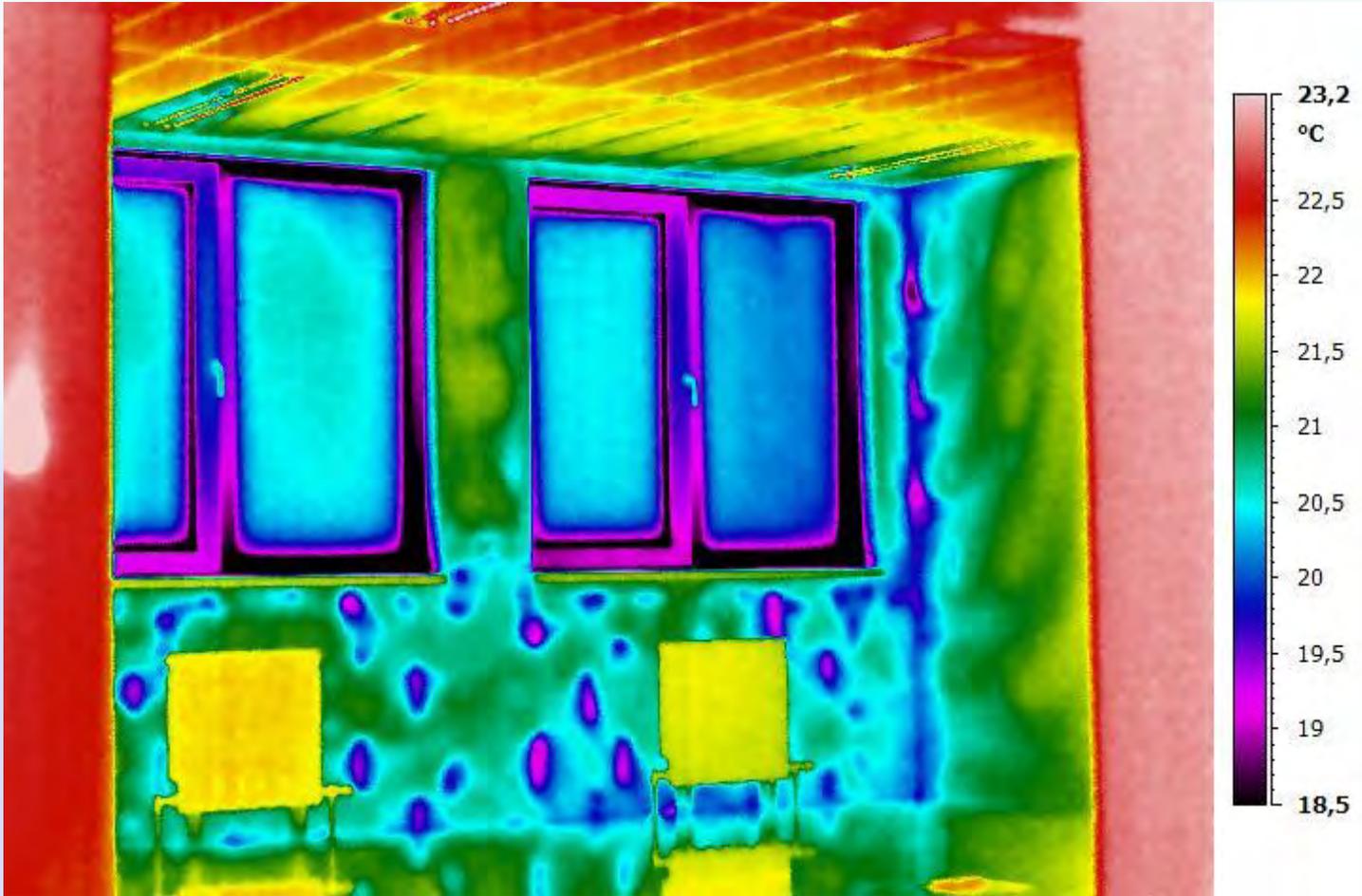
Склад-холодильник

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



Офисное здание, Болгария

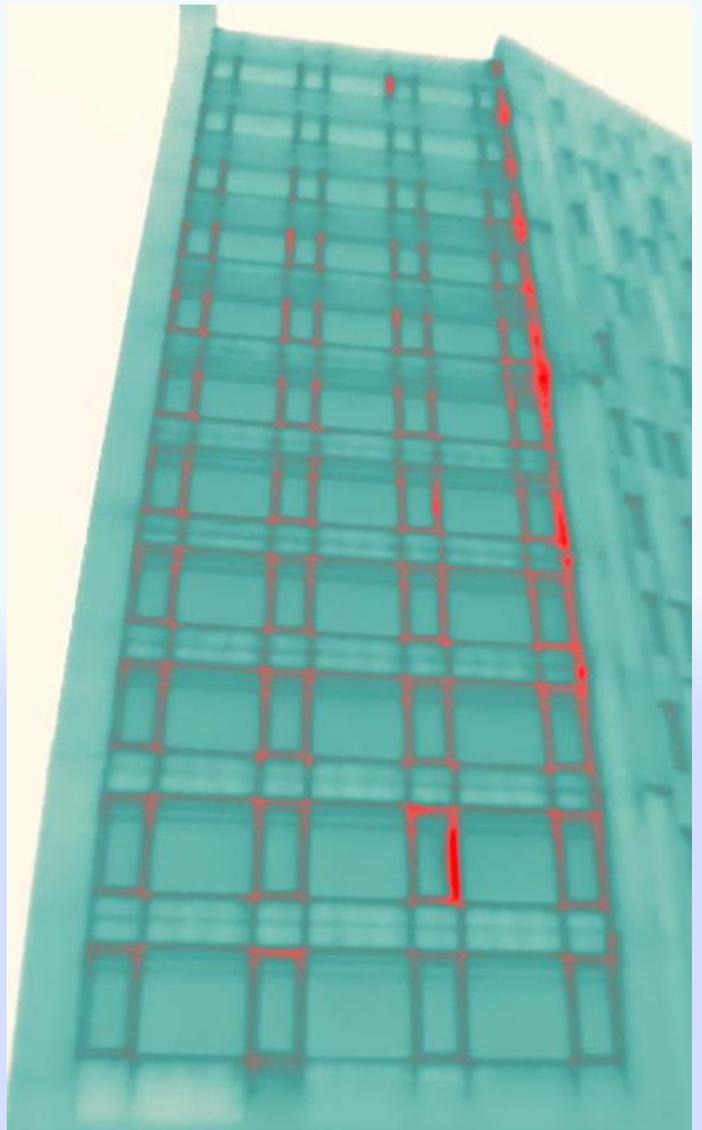




Офис в Риге, 63000 м³, BREEAM сертификат)





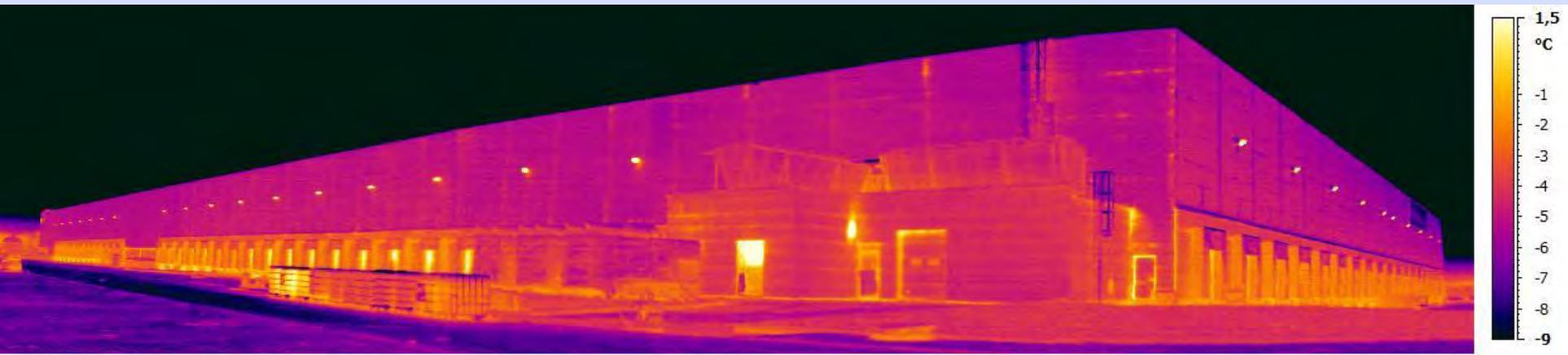


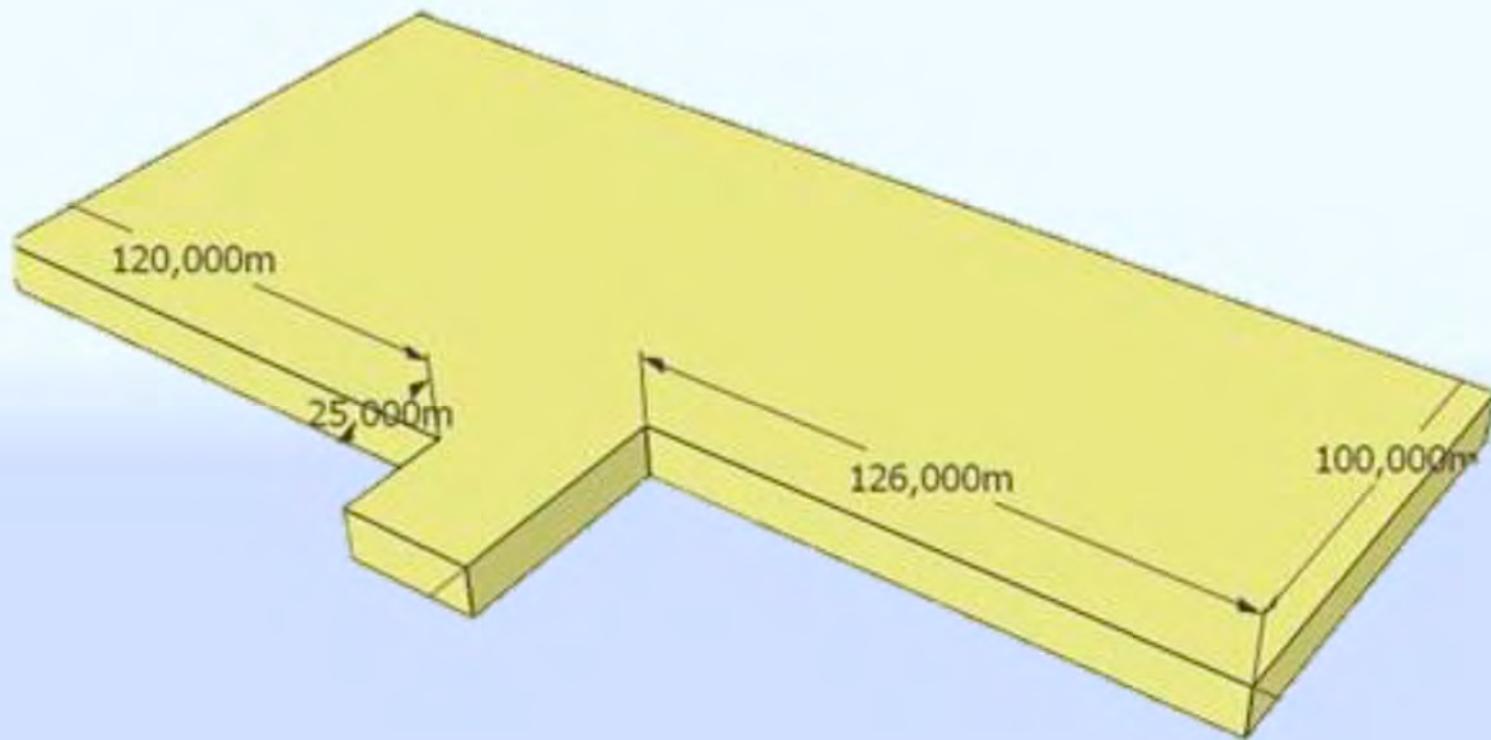
результаты теста

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

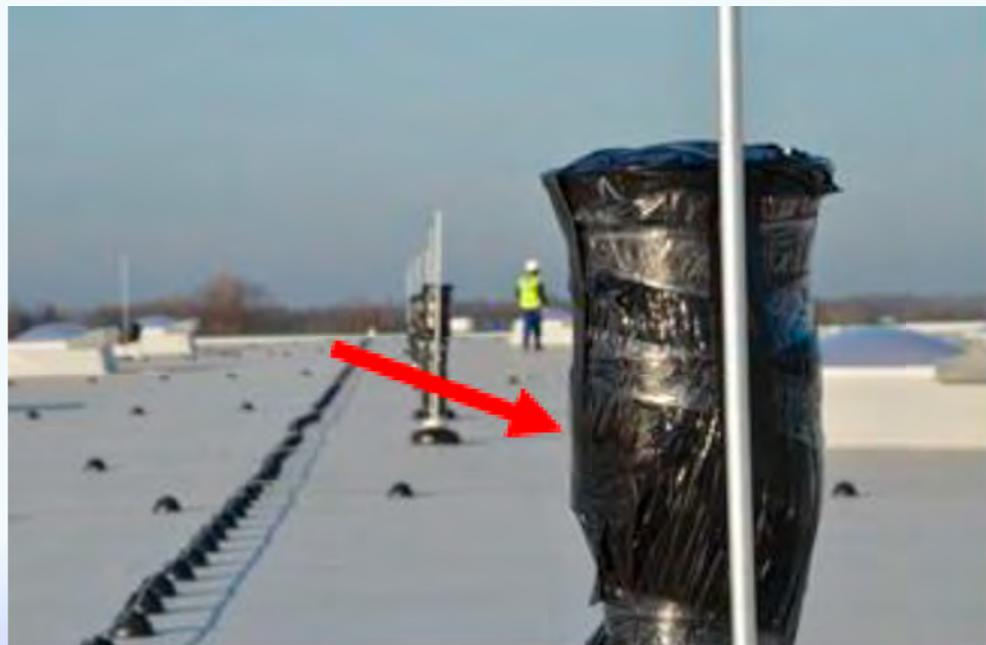
		Норматив		Результат
		q_{50}	n_{50}	
Latvia	LBN002-15	<1.5	-	
Lithuania	STR 2.01.02:2016	-	0.6 (A++)	
Estonia	Минимальное требование по энергоэфф.	<1,0	-	
	RKAS	<1,0	-	
Poland	Building Codes 2014	-	<1,5	
Germany	EnEv	<2,5	-	
	DGNB (Target)	<2,0	-	
UK	BREEAM	<2,5	-	

Логистический центр, Вроцлав 385 000 куб.м

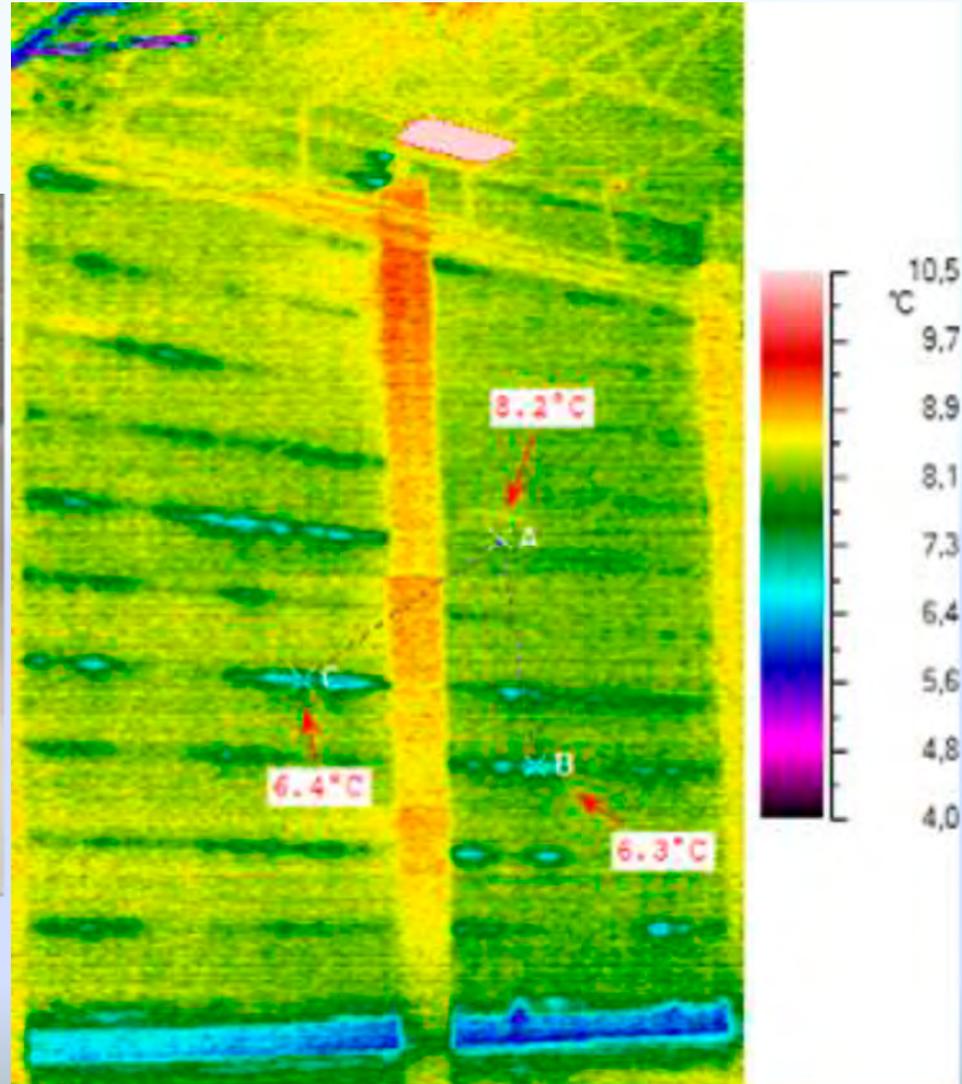


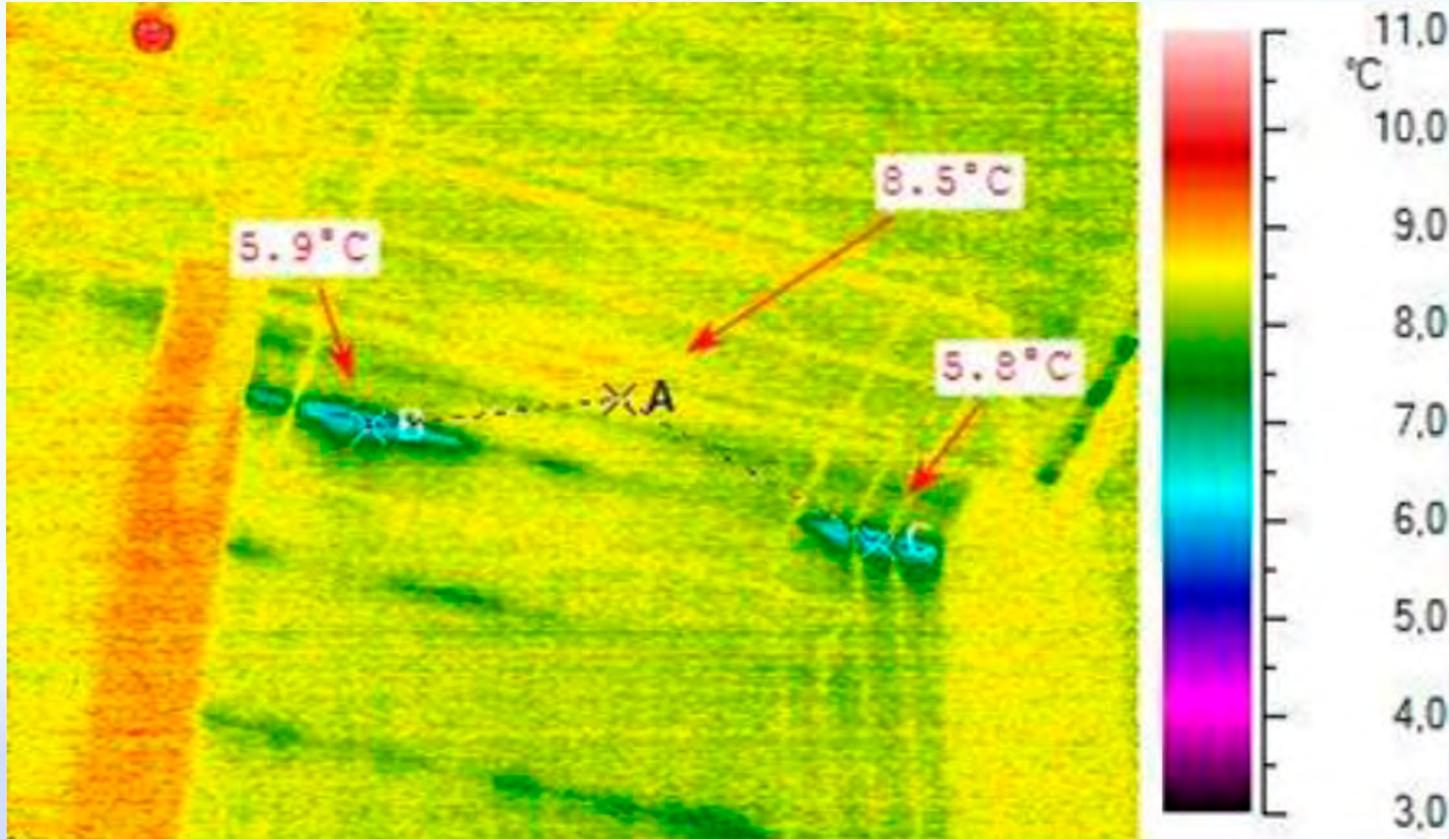


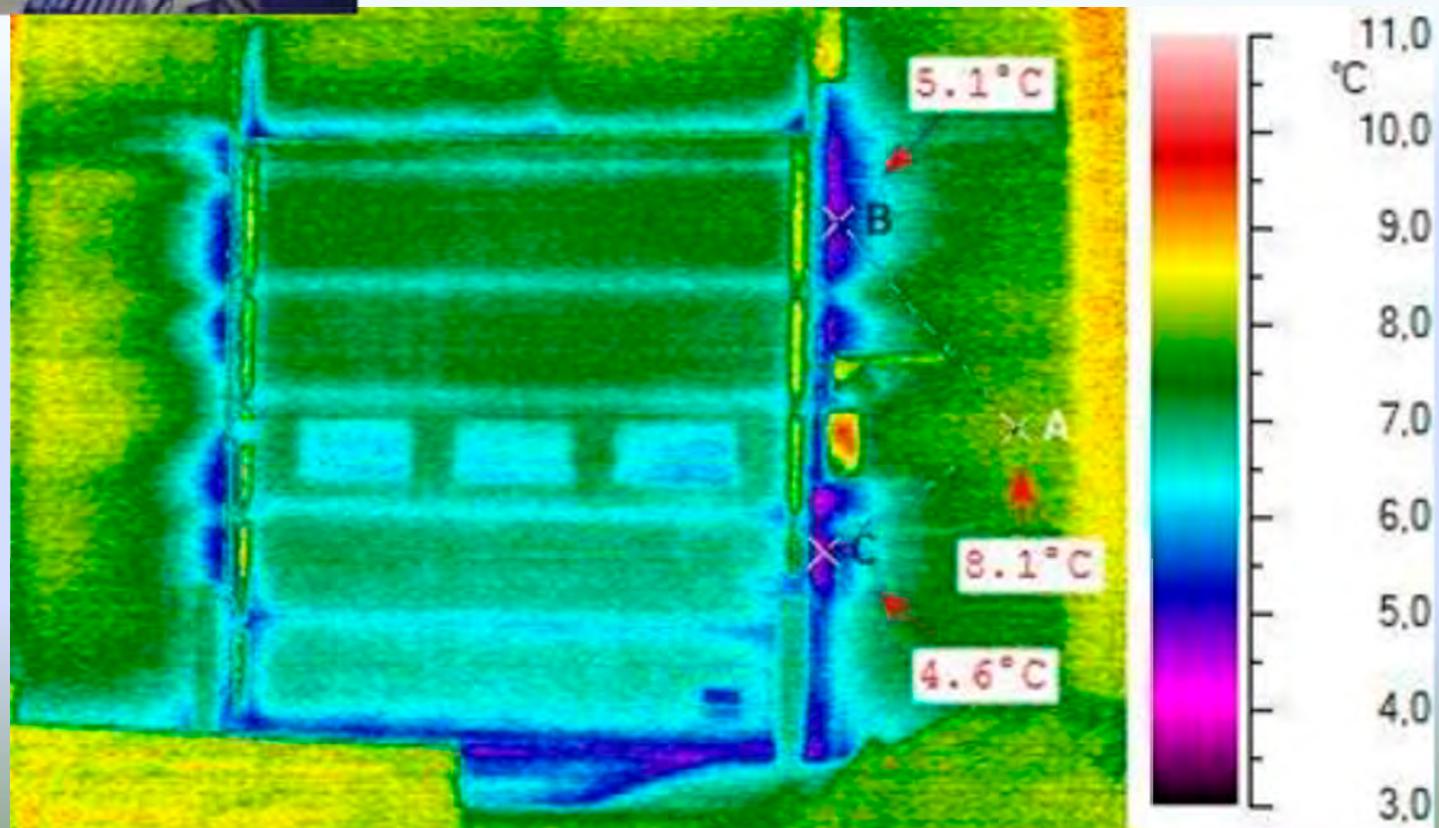
Подготовка здания к тесту

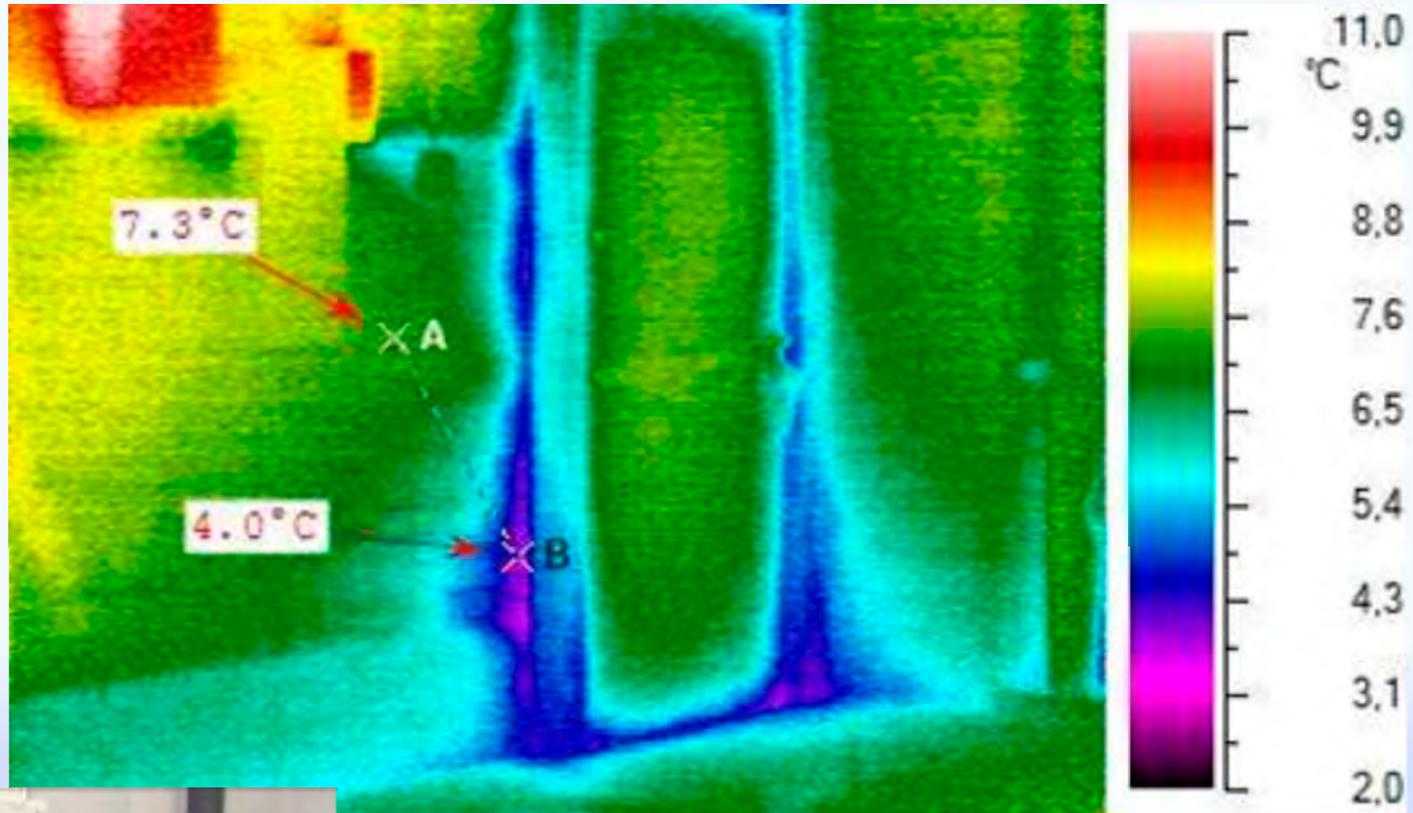


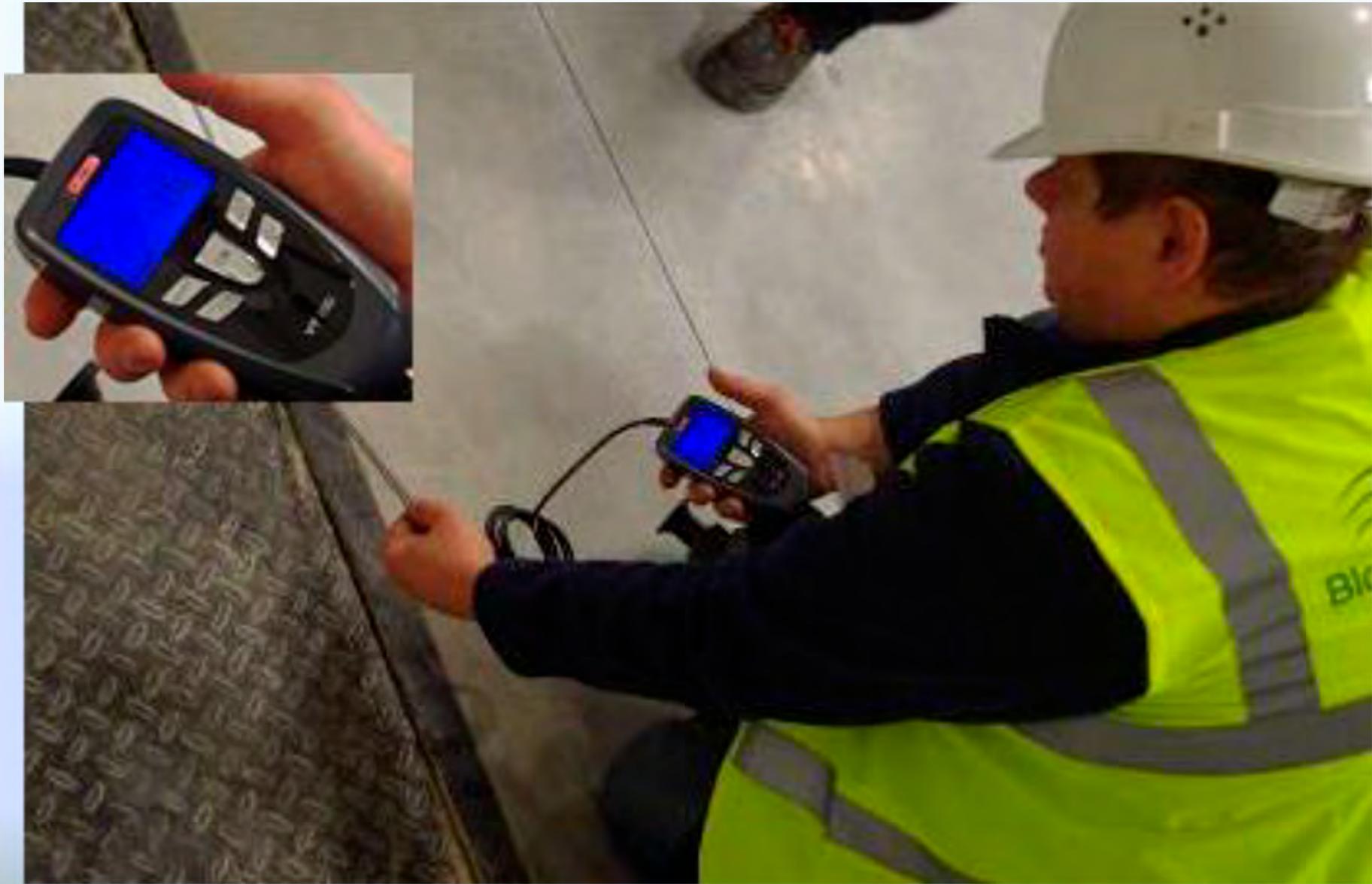














Тест при сдаче в эксплуатацию

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

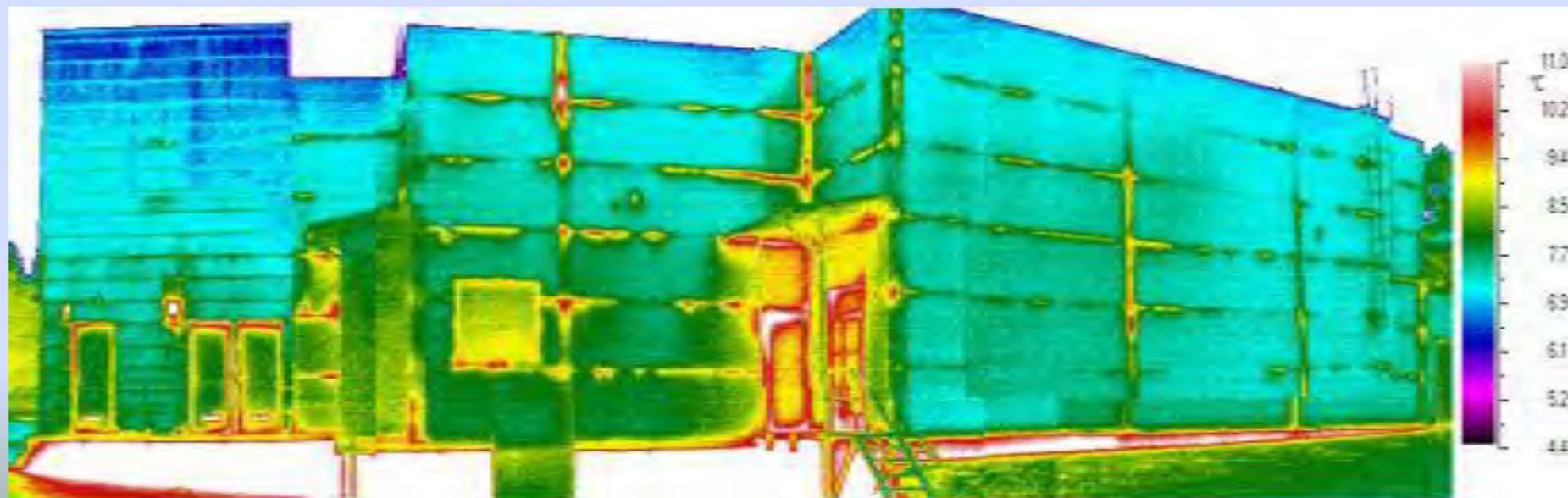
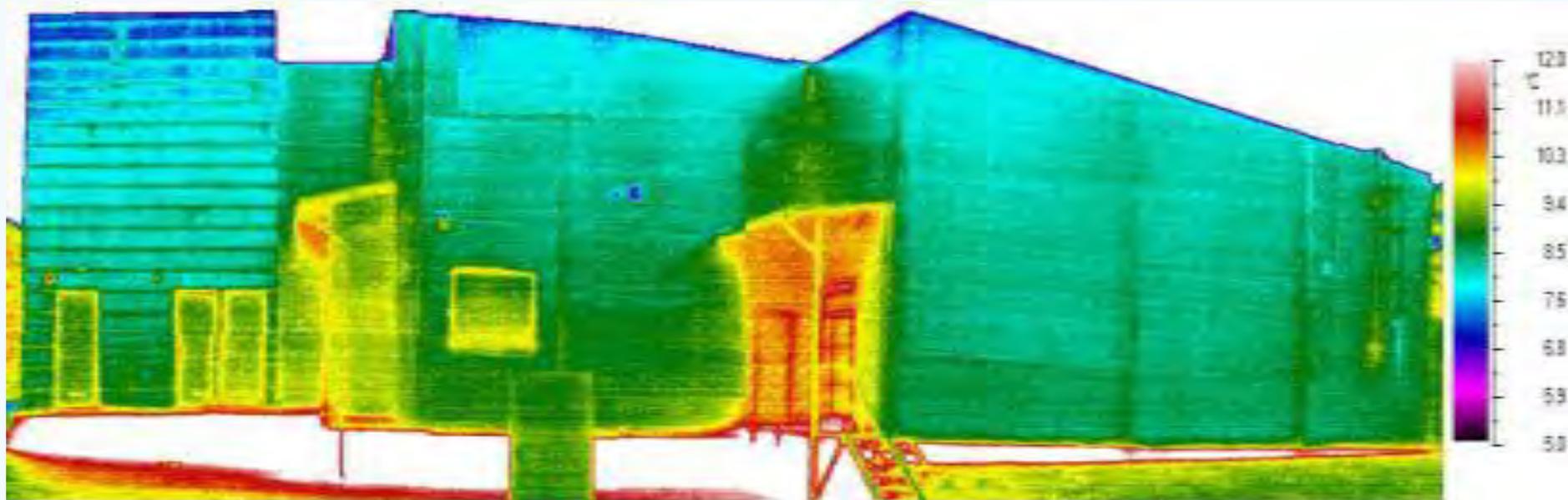
Результат теста

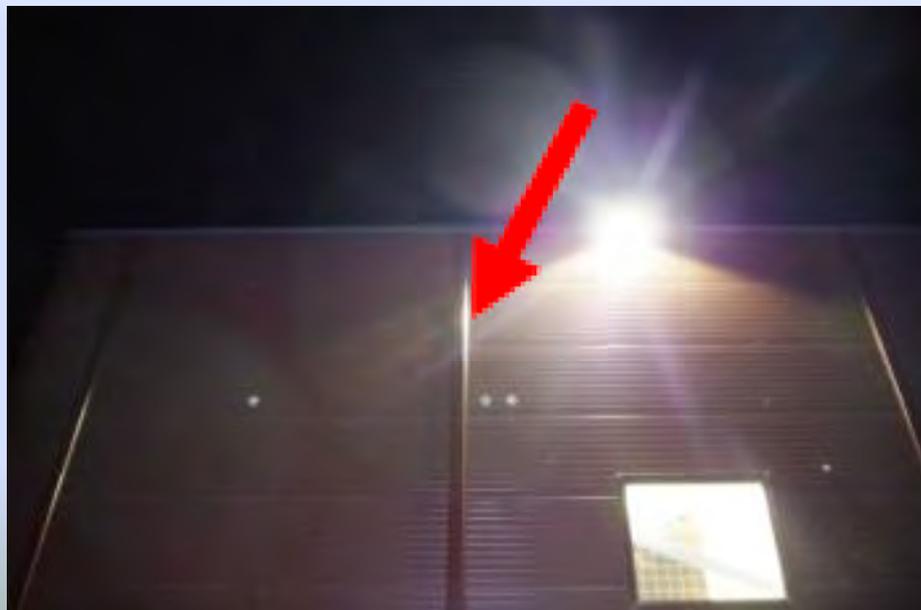
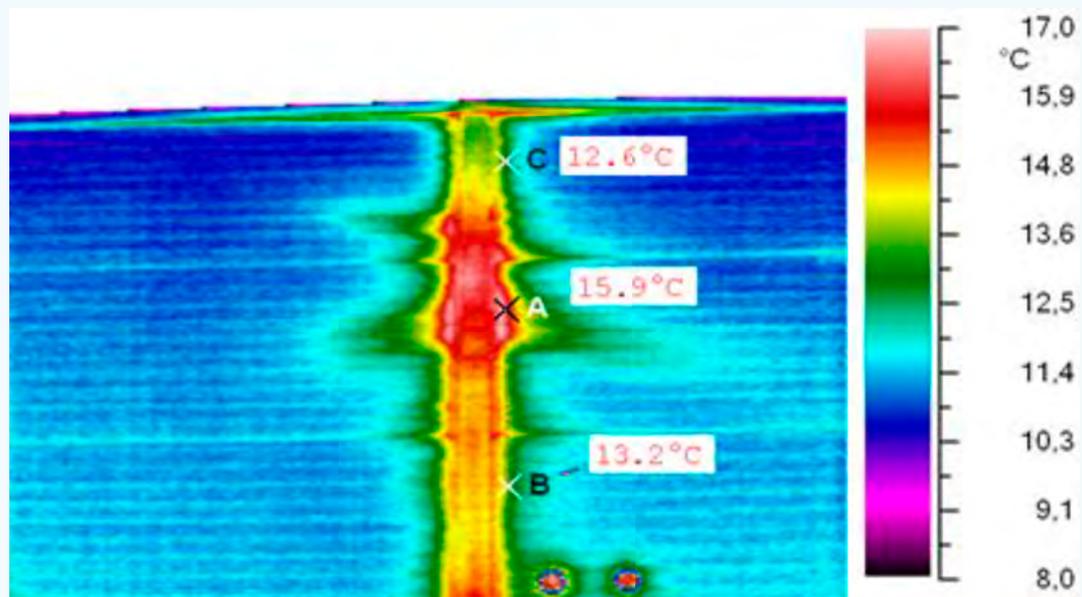
$$q_{50} = 1,63 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \times \text{h})$$

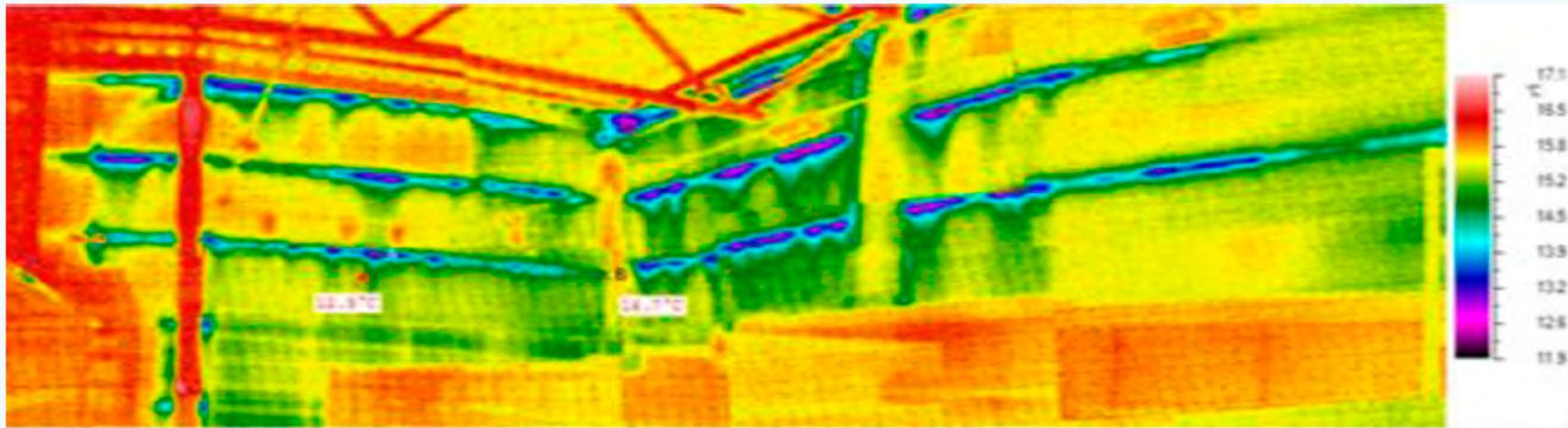
$$n_{50} = 0,32 \text{ h}^{-1}$$

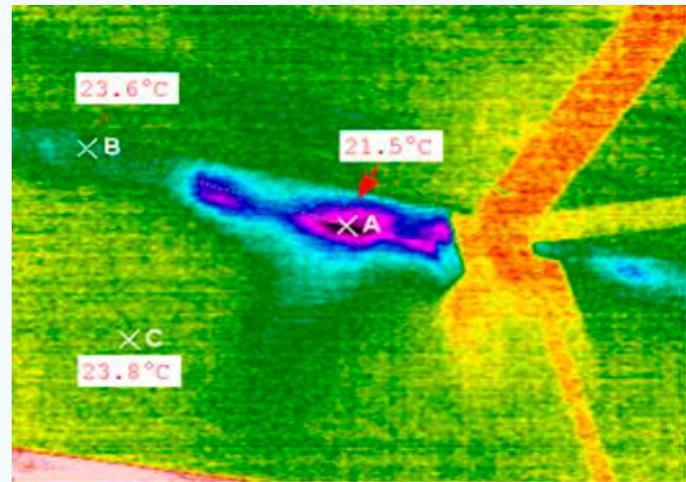
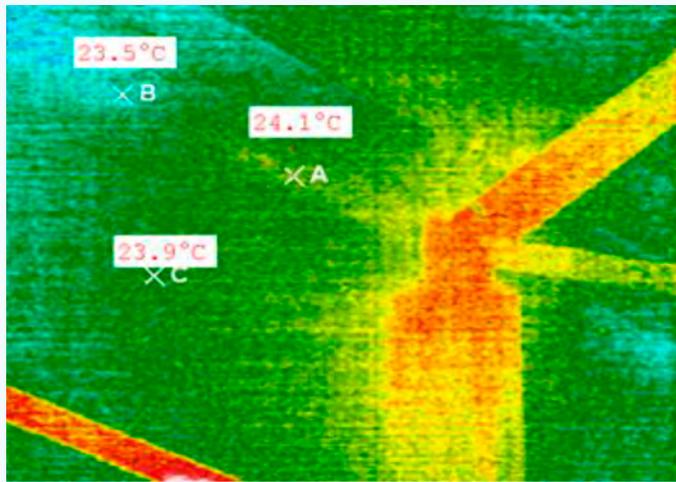


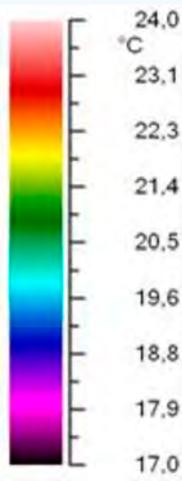
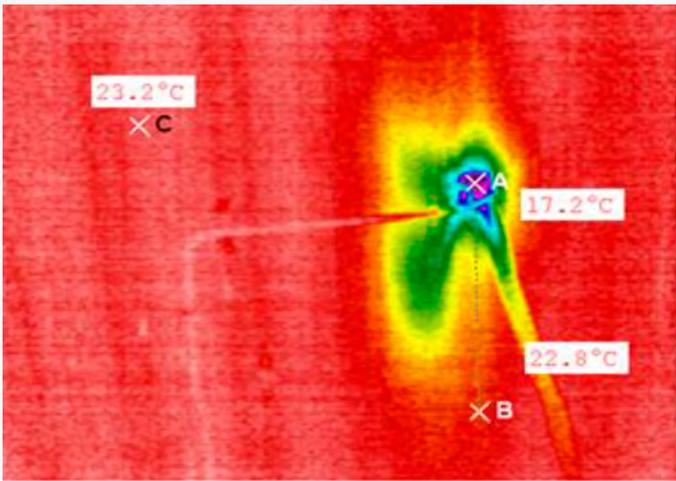
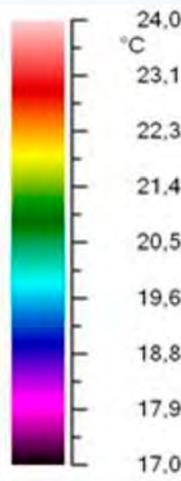
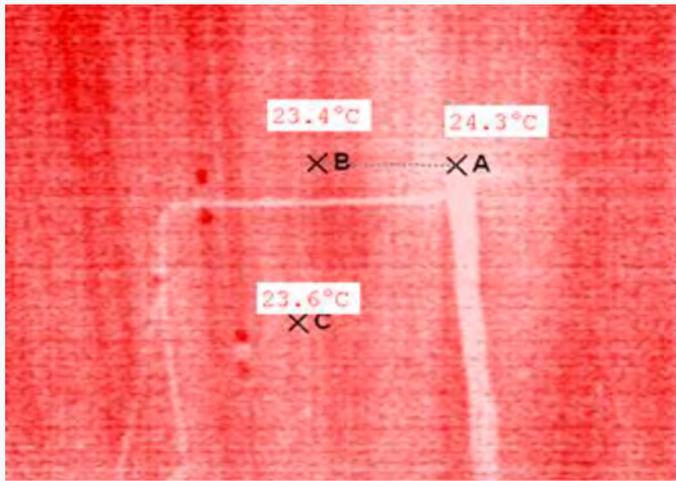


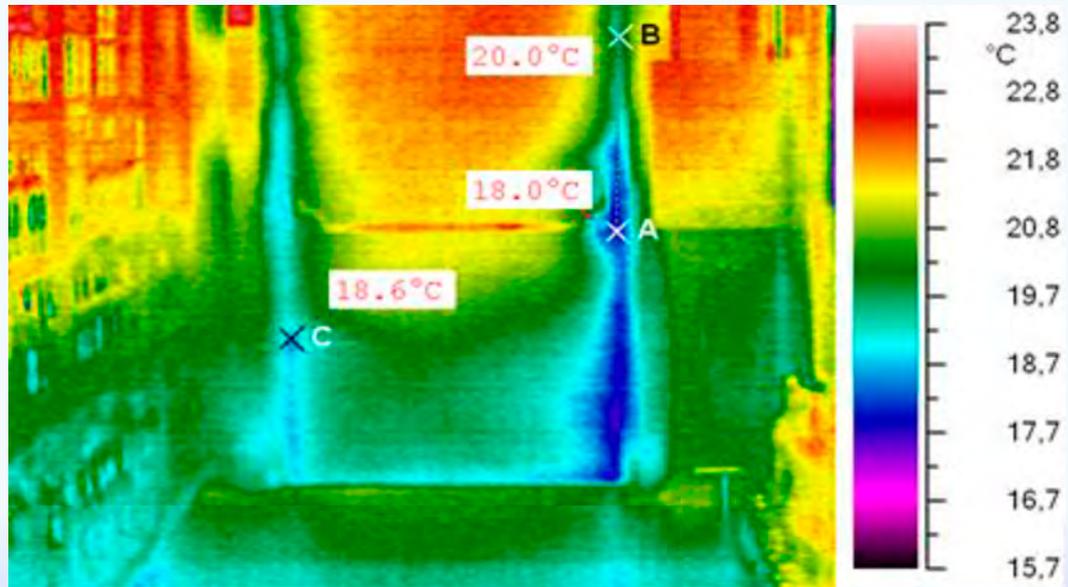


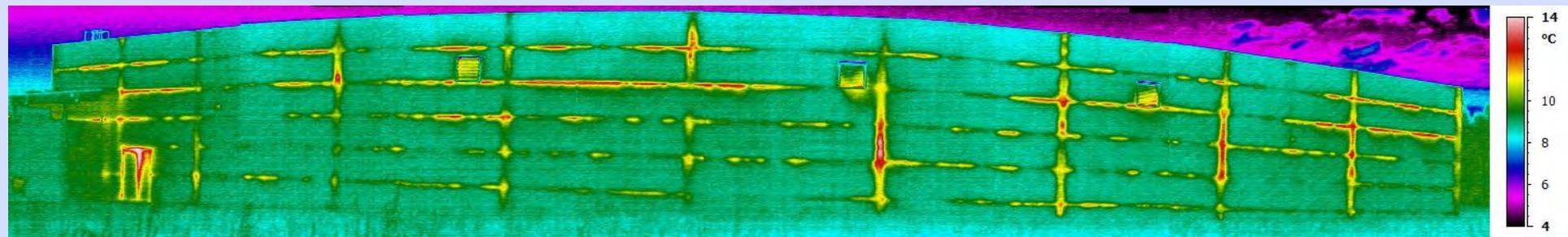
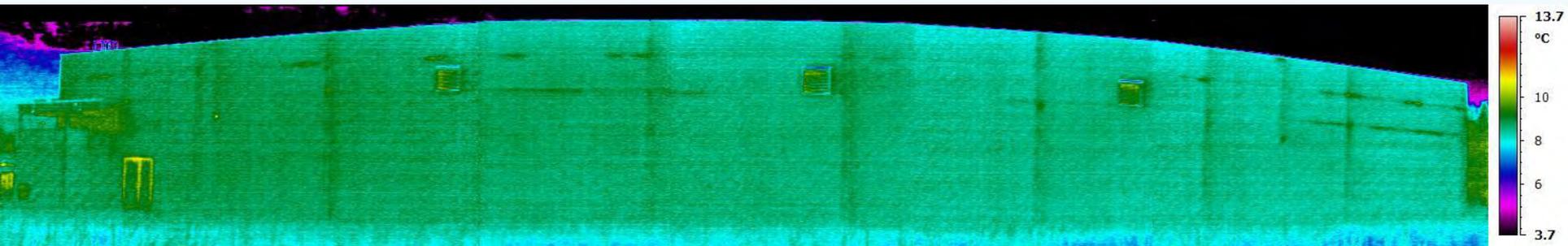


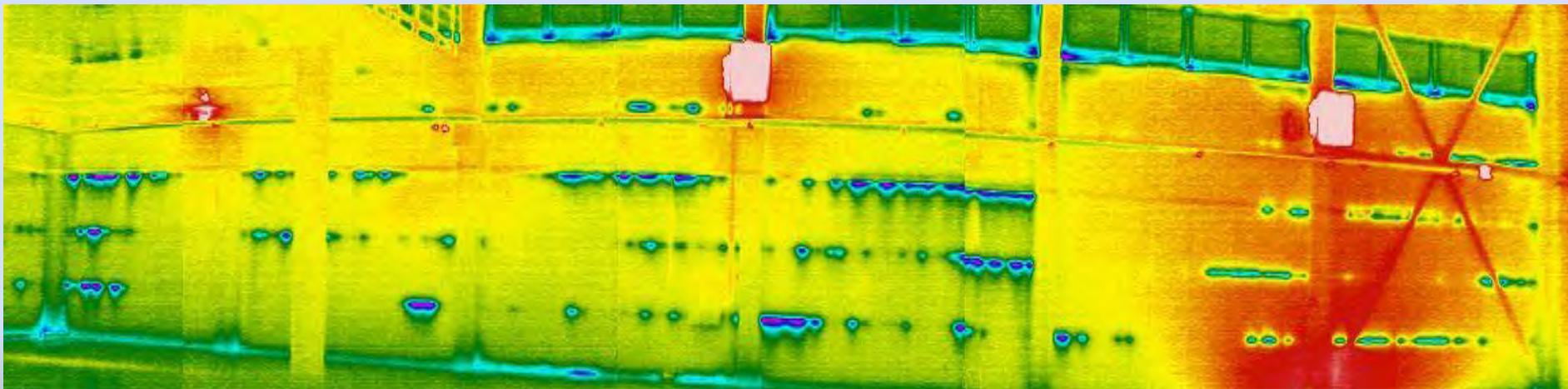
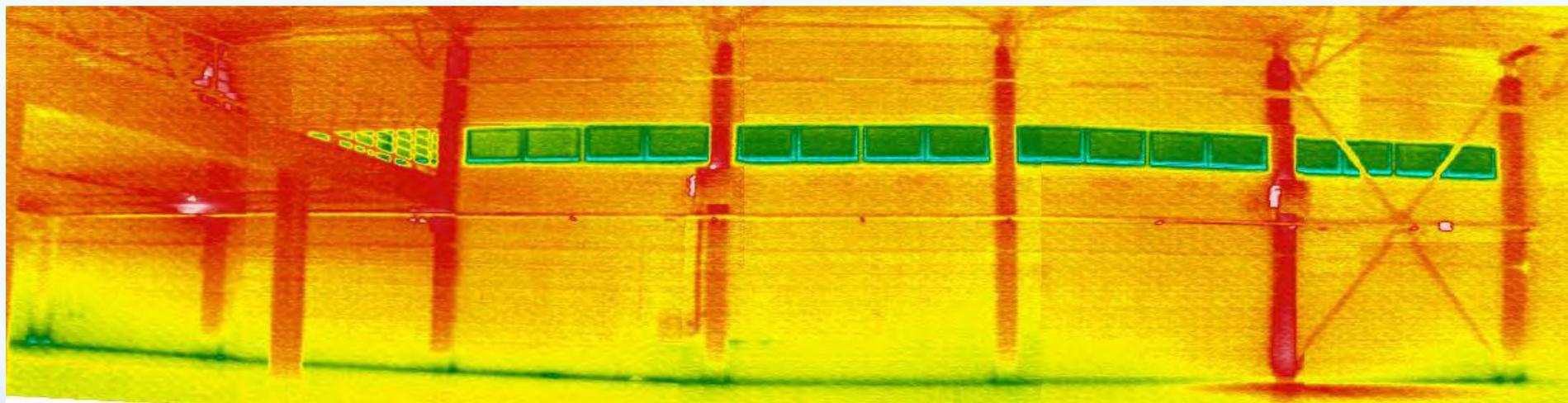


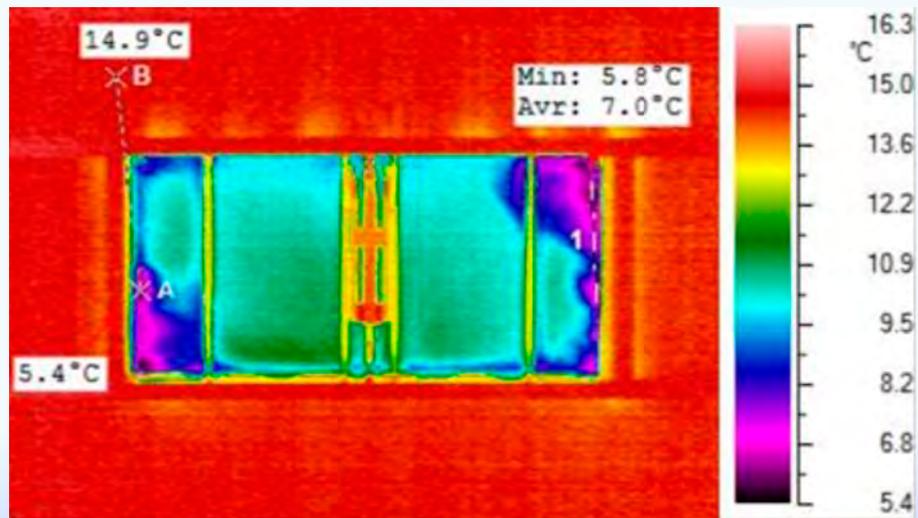


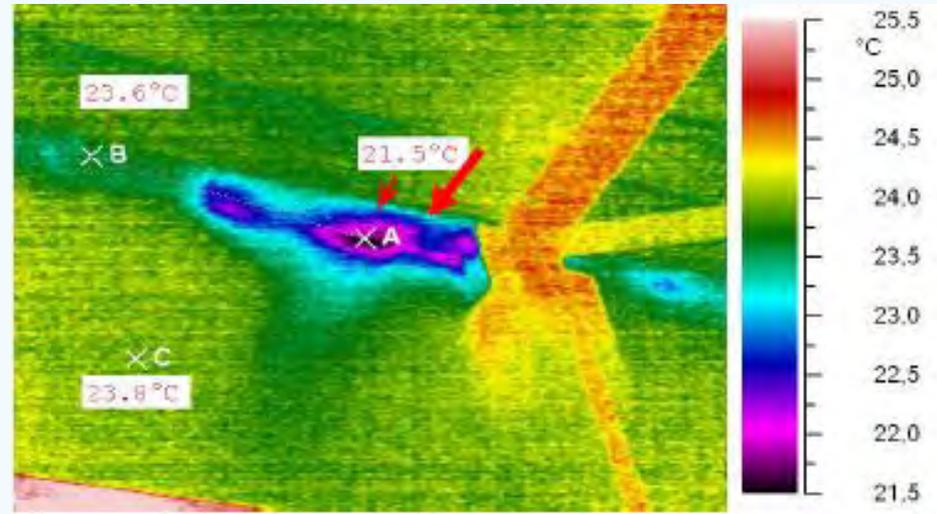
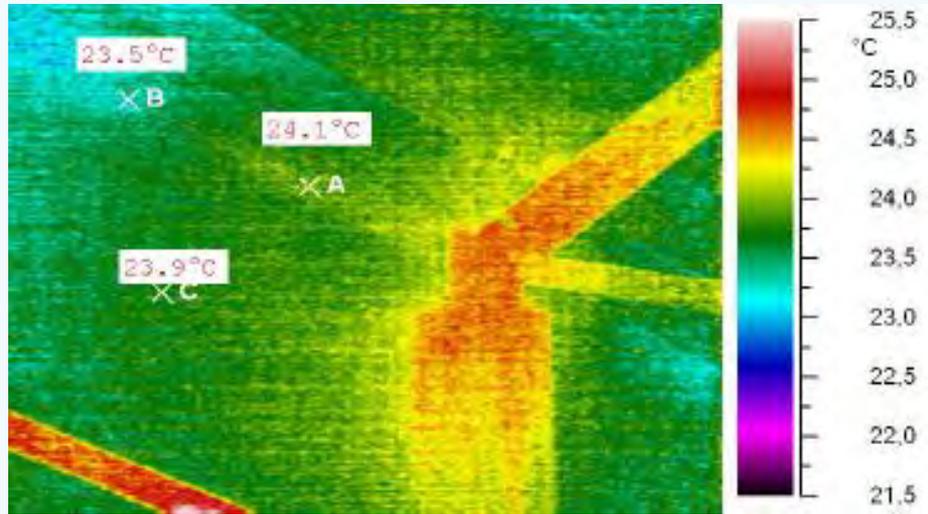












Результаты регулярных тестов:

- 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



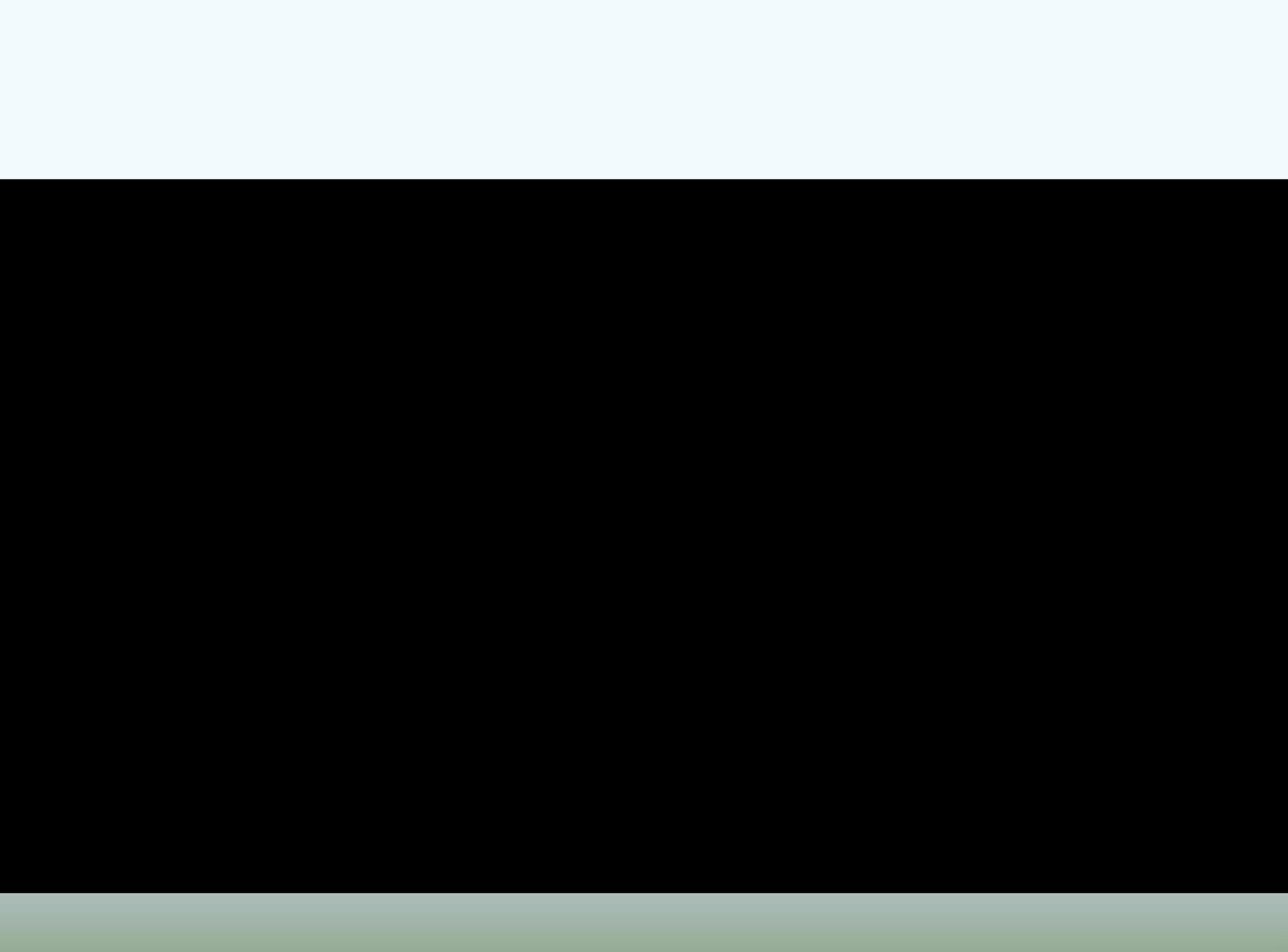
1,150,000 m³





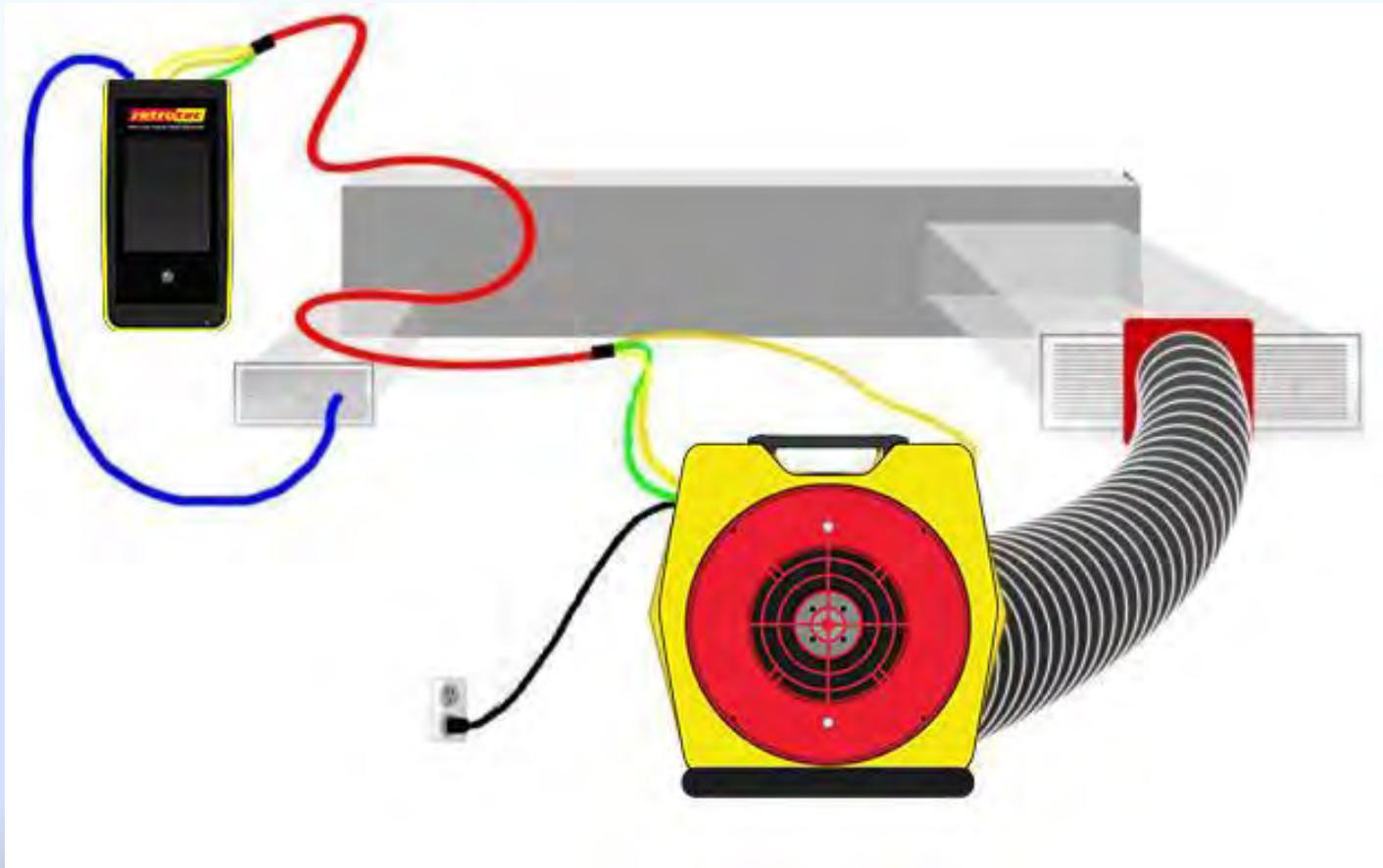






Герметичность воздуховодов





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

www.blower-door-xxl.lv