

Обучающий семинар «Изучение международного опыта по внедрению инновационных технологий по энергоэффективности в электроэнергетической отрасли. Методика, цель и задачи проведения энергетического обследования потребителей электрической и тепловой энергии»

Здание ГЭИТ, г. Мары, ул. Байрам-хана 62, 13–19 марта 2024 года

Концепции строительства зданий с почти нулевым потреблением энергии (nZEB) и пассивного дома (PH)

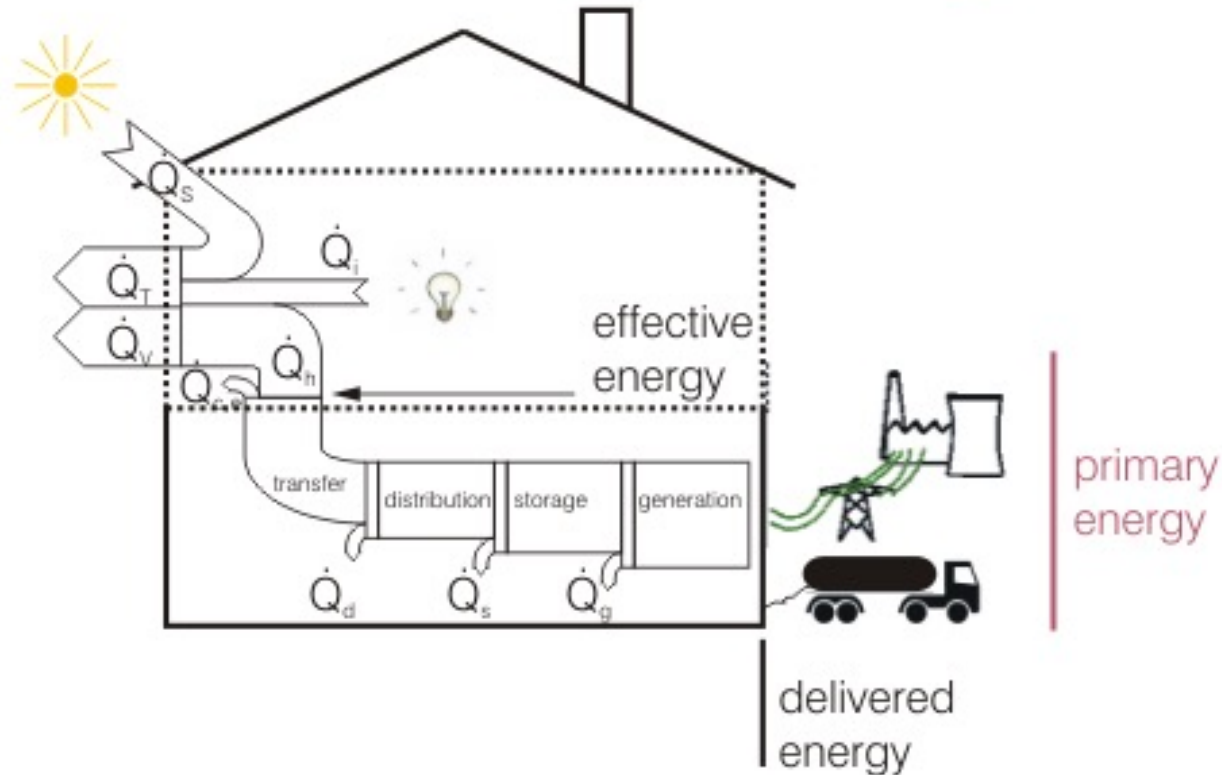
Агрис Камендерс,
международный консультант проекта SECCA

Содержание

- Определения понятий «здание с почти нулевым потреблением энергии» (nZEB) и «пассивный дом» (PH)
- Принципы строительства
- Примеры зданий nZEB и PH



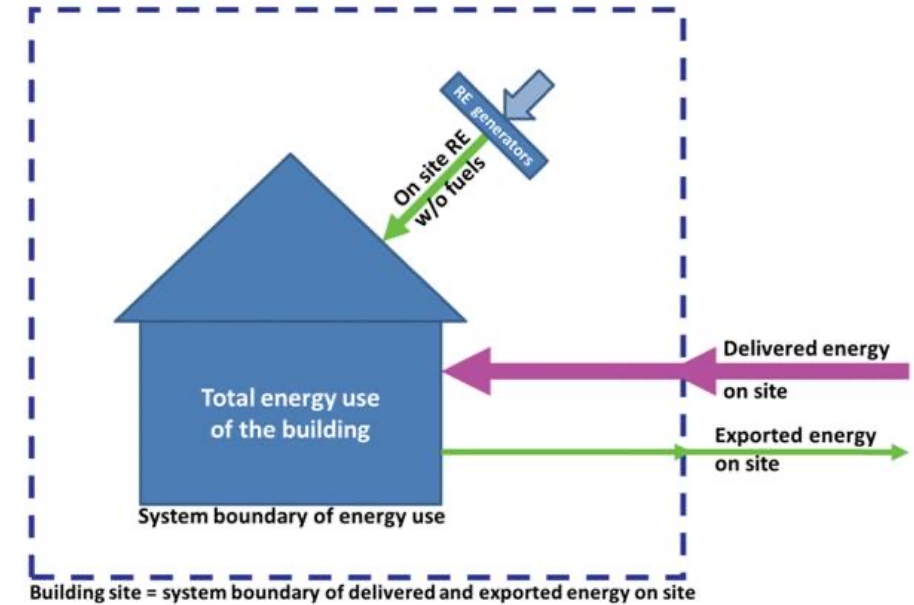
Здания с почти нулевым потреблением энергии



- Здания с почти нулевым потреблением энергии (EPBD)
- Здания с нулевым уровнем выбросов (EPBD)
- Пассивный дом (PH)
- Другие добровольные механизмы

Определение понятия «здание с почти нулевым потреблением энергии»

- В соответствии с Директивой по энергоэффективности зданий (EPBD), энергетическая эффективность не должна быть ниже экономически оптимального уровня, заявленного государствами-членами на 2023 год.
- Здания должны соответствовать требованиям концепции практически нулевого или очень низкого потребления энергии.
- Значительная часть потребляемой энергии должна поступать из возобновляемых источников.
- Сюда входит энергия из возобновляемых источников, производимая на месте или в непосредственной близости от него.




Источник: REHVA


Примеры определения nZEB в Латвии





Потребление энергии на отопление ≤ 40 и 45 кВтч/м² в год.



Потребление первичной энергии из невозобновляемых источников на отопление, горячее водоснабжение, механическую вентиляцию, охлаждение и освещение (применимо к нежилым зданиям) должно составлять менее или быть равно 95 кВтч/м² в год.

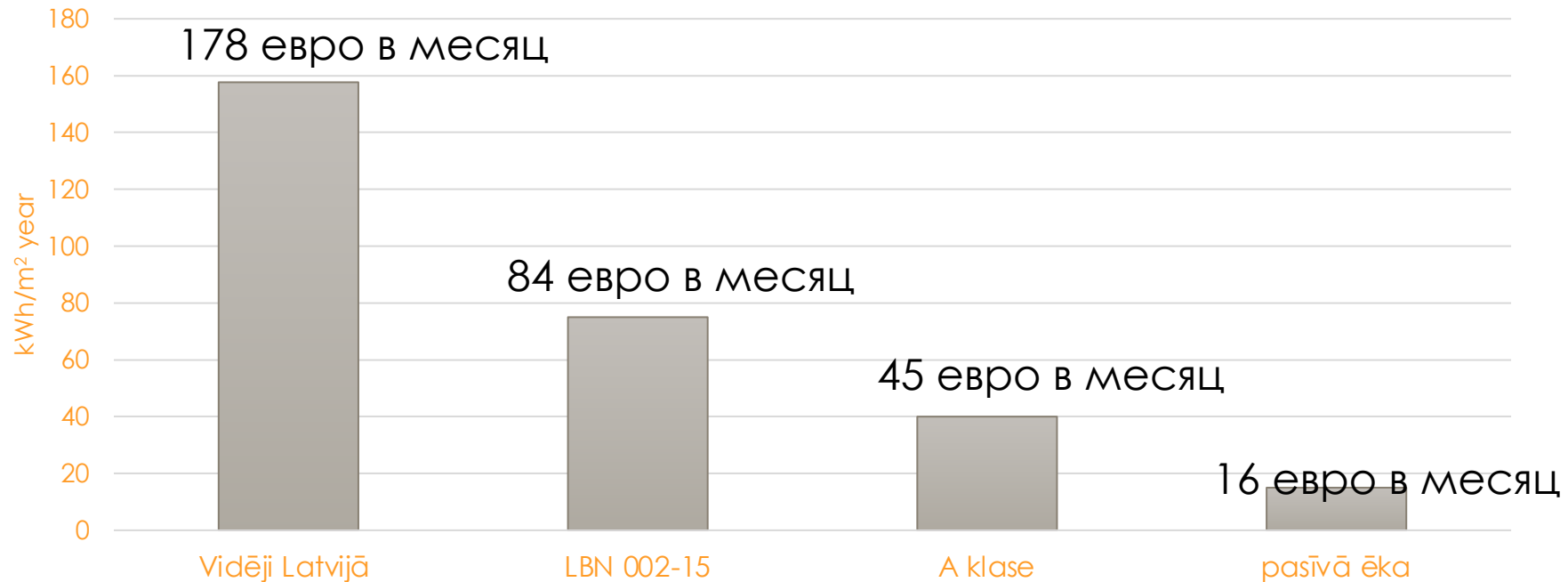


Инженерные системы и энергопотребляющие устройства, установленные в здании, должны соответствовать как минимум классу А.



В помещениях должен обеспечиваться определенный микроклимат (Требования к температуре помещения, воздухообмену, перегреву летом...)

Что это означает для существующих зданий – энергопотребление и средние затраты на отопление для квартиры площадью 75 м²



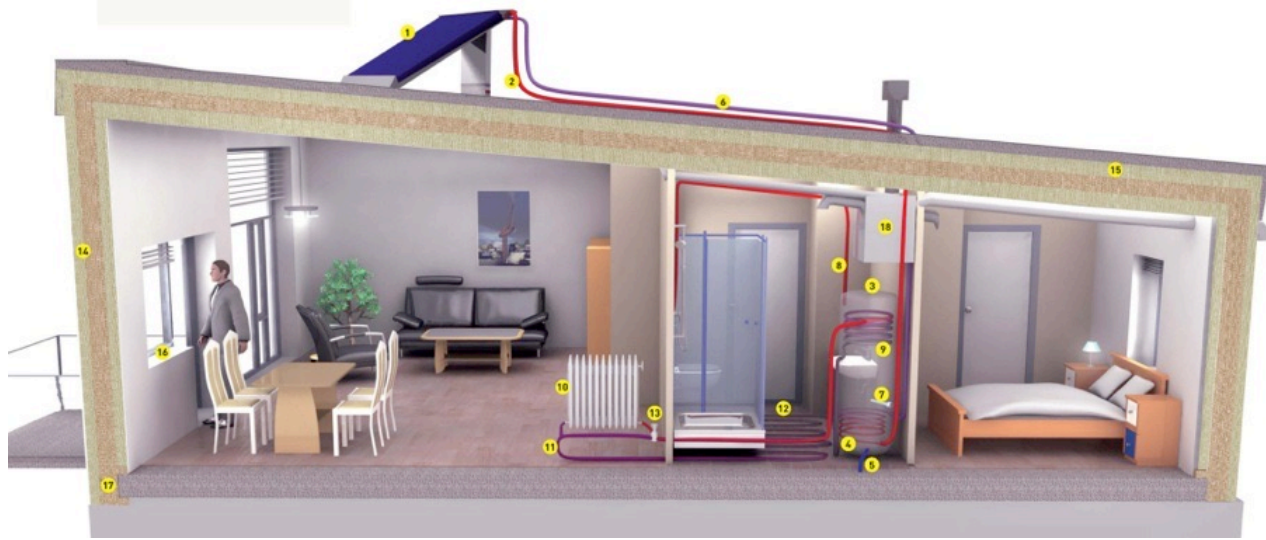
Рекомендации Европейской комиссии по энергоэффективности для NZEB в различных климатических зонах

| Уровень энергоэффективности NZEB | Средиземноморье Зона 1: Катания (остальные: Афины, Ларнака, Луга, Севилья, Палермо) | Океанический климат Зона 4: Париж (Амстердам, Берлин, Брюссель, Копенгаген, Лондон, Прага) | Континентальный климат Зона 3: Будапешт (Братислава, Любляна, Милан, Вена) | Северный климат Зона 5: Стокгольм (Хельсинки, Таллинн, Рига, Гданьск, Товарене) |
|---|---|---|--|---|
| Офисы, кВтч/(м² год) | | | | |
| Чистая первичная энергия | 20–30 | 40–55 | 40–55 | 55–70 |
| Первичная энергия | 80–90 | 85–100 | 85–100 | 85–100 |
| Первичная энергия из ВИЭ, производимая на объекте | 60 | 45 | 45 | 30 |
| Новые частные дома, кВтч/(м² год) | | | | |
| Чистая первичная энергия | 0–15 | 15–30 | 20–40 | 40–65 |
| Первичная энергия | 50–65 | 50–65 | 50–70 | 65–90 |
| Первичная энергия из ВИЭ, производимая на объекте | 50 | 35 | 30 | 25 |

Здания с почти нулевым потреблением энергии

Преобразование зданий и сооружений:

- до 1 января 2030 года в здания с **практически нулевым потреблением энергии** (начиная с 2021 года)
- с 1 января 2030 г. – в здания с **нулевым уровнем выбросов** (с 1 января **2028 г.** – новые здания, находящиеся в собственности **государственных органов**)



Bosco Verticale,
Милан

Будущая концепция зданий с нулевым уровнем выбросов

Стандарты по выбросам углерода

- Нулевые выбросы углекислого газа из ископаемого топлива.

Адаптивное управление энергопотреблением

- Способность реагировать на внешние сигналы для адаптации использования, генерации или хранения энергии.
- Адаптации должны быть экономически и технически осуществимыми.

Соответствие национальным стандартам

- Энергопотребление должно соответствовать как минимум экономически оптимальному уровню, указанному в последнем национальном докладе.

Пороговые значения энергопотребления

- Максимальный порог использования первичной энергии должен быть как минимум на 10 % ниже национального стандарта для зданий с практически нулевым потреблением энергии.

Возобновляемые источники энергии

- Приоритет энергии из возобновляемых источников, вырабатываемых на месте или поблизости.
- Поощрение общественных инициатив в области возобновляемых источников энергии.
- Поддержка внедрения эффективных систем централизованного теплоснабжения и охлаждения

Экспедиционный корабль «Фрам» (1893 год) считался сооружением с практически нулевым потреблением энергии



Стены:

Толь
Прокладка из пробки
Еловая древесина

Потолки:

Толщина примерно 40 см.

Окна:

Тройное остекление

Вентиляция и комфорт:

Отличная вентиляция
Теплое и уютное жилое
пространство

Первый в мире дом с нулевым потреблением энергии, 1970-е



Во время нефтяного кризиса 1973–1974 годов Дания, на которую сильно повлияло четырехкратное повышение цен на энергоносители, инвестировала в исследования в области энергосбережения в строительстве.

- Использовались сборные трехслойные панели (типа сэндвич) с изоляцией из минеральной ваты для минимизации швов и обеспечения максимальной воздухопроницаемости.
- Впечатляющие значения коэффициента теплопередачи (U value): 0,14 для стен и 0,10 для пола/потолка.
- Окна с двойным остеклением и изолированными ставнями для еще большей изоляции.
- Встроенная система механической вентиляции с рекуперацией тепла, эффективность которой составляет 70%.
- Уникальная солнечная система нагрева воды, несмотря на проблемы с долговечностью материала.
- Исследование реальной заполняемости здания выявило несоответствия между ожидаемым и фактическим энергопотреблением, что представляет собой ценную информацию для строительства будущих зданий с нулевым потреблением энергии.

1991: Пассивный дом в Дармштадт-Кранихштайн



- **Отопление и охлаждение:**
 - Максимум 15 кВтч/м^2 в год согласно пакету планирования пассивного дома.
 - Пиковая тепловая нагрузка не должна превышать 10 Вт/м^2 с учетом местных климатических условий.
- **Потребление первичной энергии:**
 - Не превышает 60 кВтч/м^2 в год, включая отопление, горячее водоснабжение и электричество.
- **Критерий герметичности:**
 - Норма воздухообмена в час - не более 0,6 при давлении 50 Паскалей (подтверждено испытанием под давлением).

Требования к сертификации пассивного дома:

- **Потребность в отоплении помещений:** годовая потребность в отоплении не должна превышать 15 кВтч/м^2 в год (или тепловая нагрузка 10 Вт/м^2).
- **Общая потребность в первичной энергии:** годовая потребность в первичной энергии для всех видов деятельности (отопление, охлаждение, горячая вода, освещение и бытовая техника) не должна превышать 120 кВтч/м^2 в год.
- **Воздухонепроницаемость:** здание должно обеспечивать воздухонепроницаемость $0,6$ в час при давлении 50 Паскалей (ACH50) или меньше.
- **Тепловой комфорт:** перегрев не должен происходить более 10% в год, а температура во всех жилых помещениях должна оставаться в пределах $20\text{-}25^\circ\text{C}$.
- **Возобновляемая энергия:** минимальная доля потребности здания в энергии должна покрываться за счет производства возобновляемой энергии на месте.
- **Гарантия качества:** проекты пассивных домов должны проходить строгие процедуры обеспечения качества, включая проверку проекта, проверки на месте и испытания для проверки соответствия сертификационным требованиям.



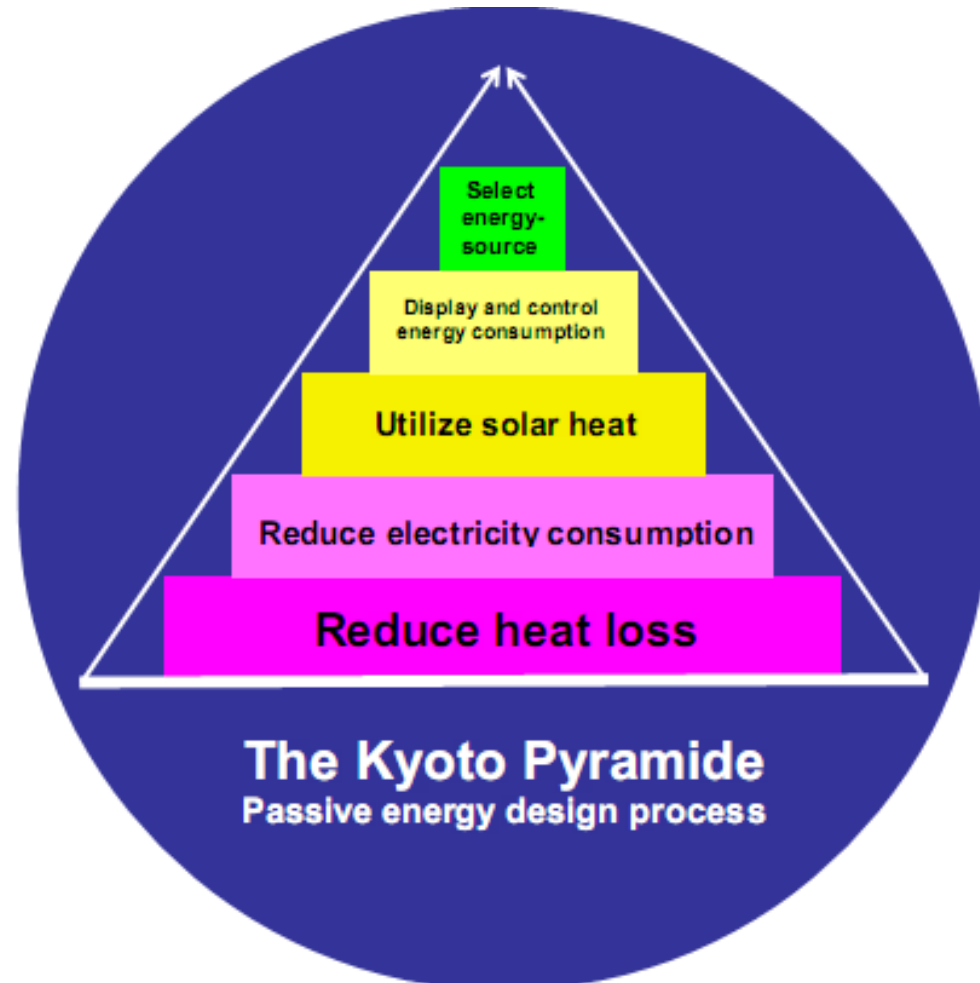


ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ С ПОЧТИ НУЛЕВЫМ ПОТРЕБЛЕНИЕМ ЭНЕРГИИ

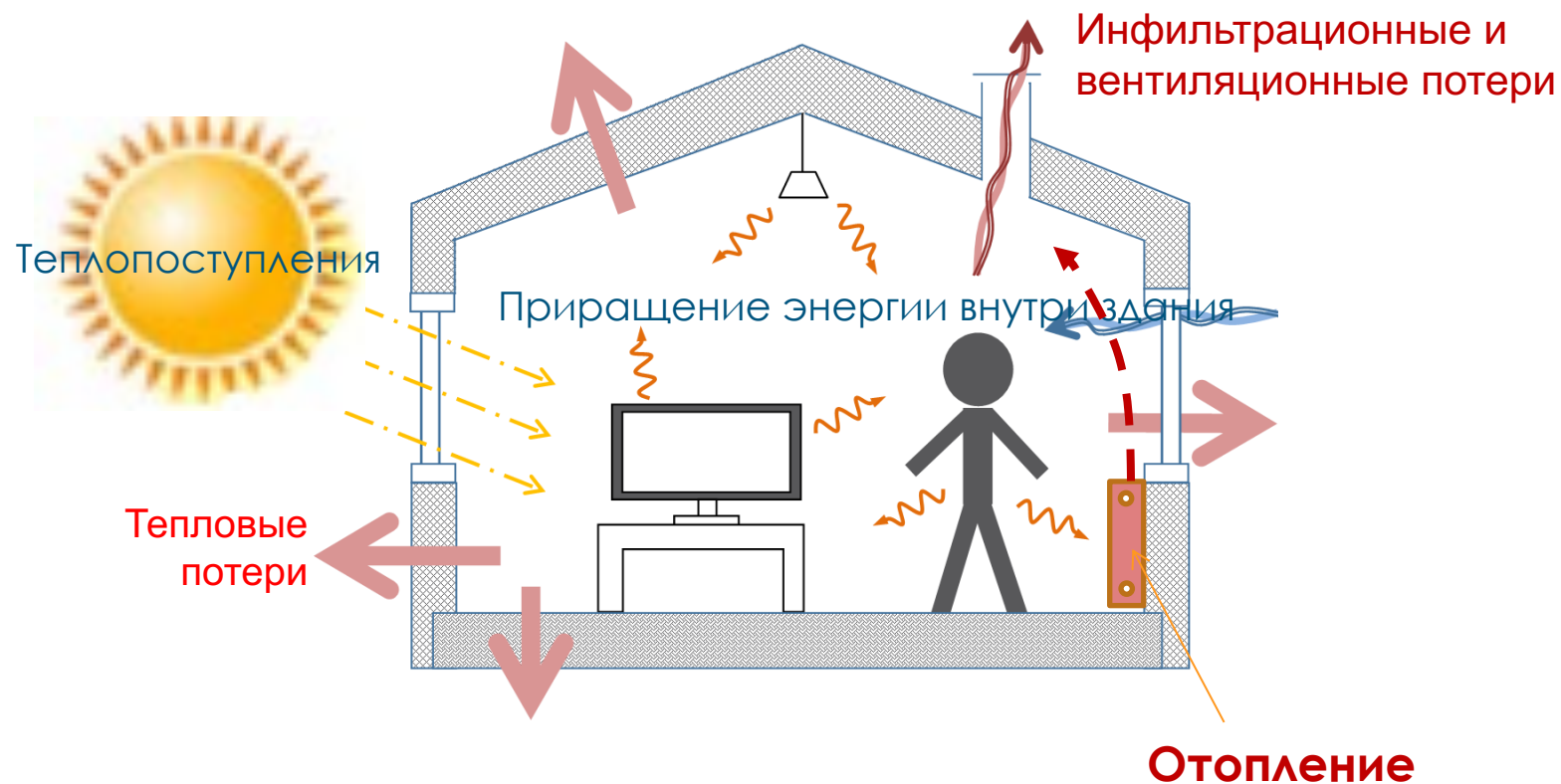


Funded by
the European Union

Концептуальный подход (Киотская пирамида) - стратегии проектирования NZEB

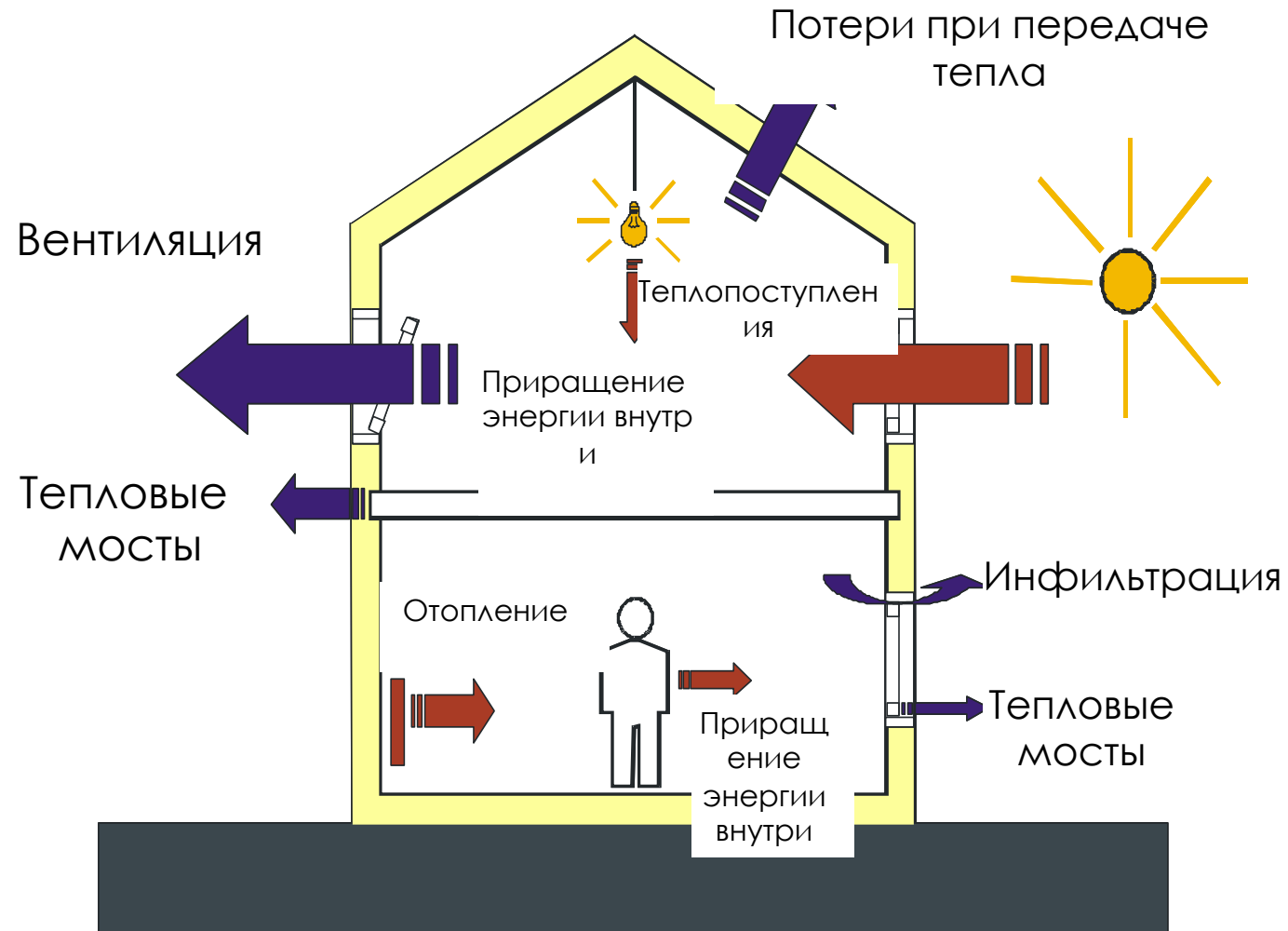


Энергетический баланс

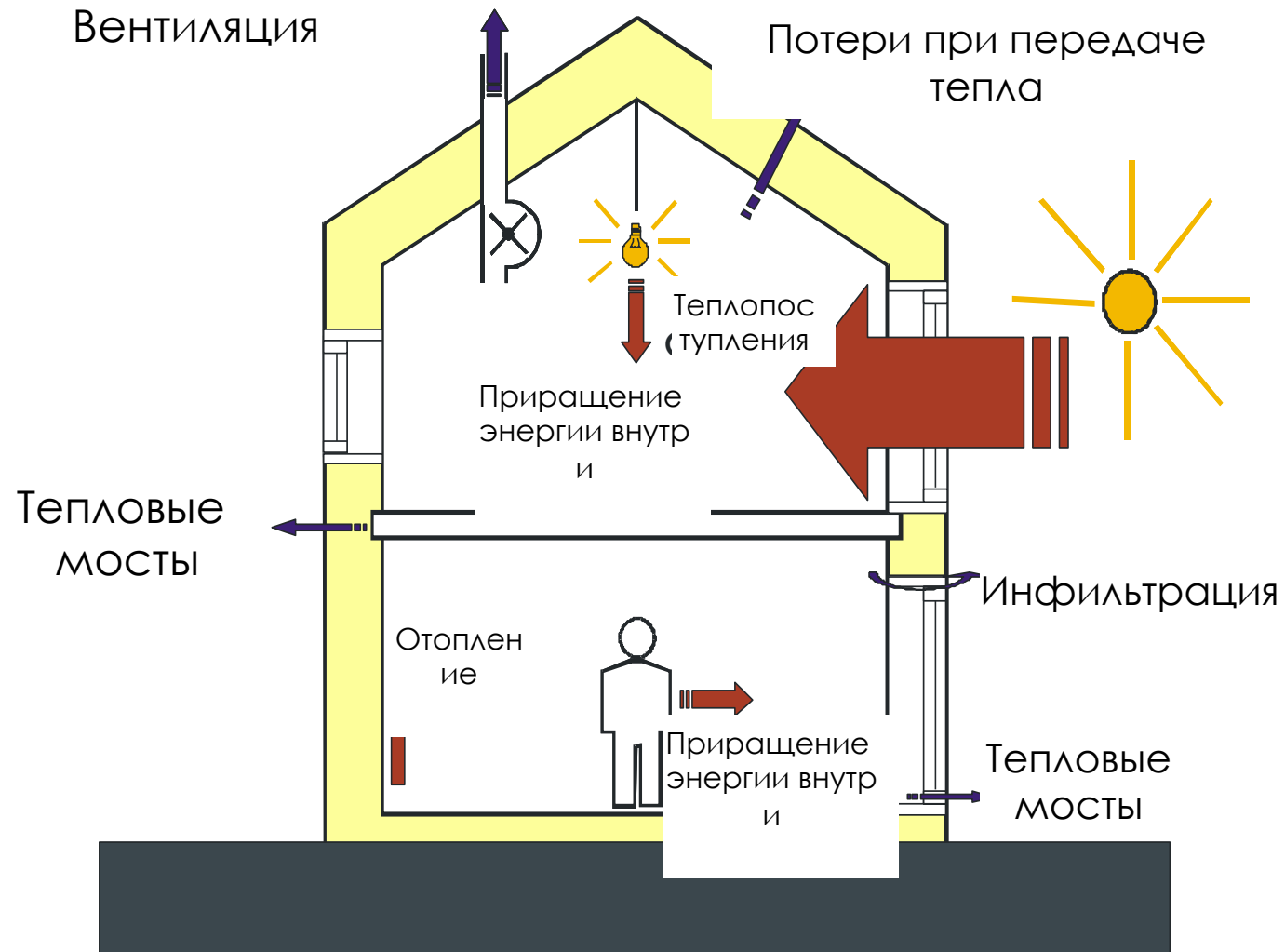


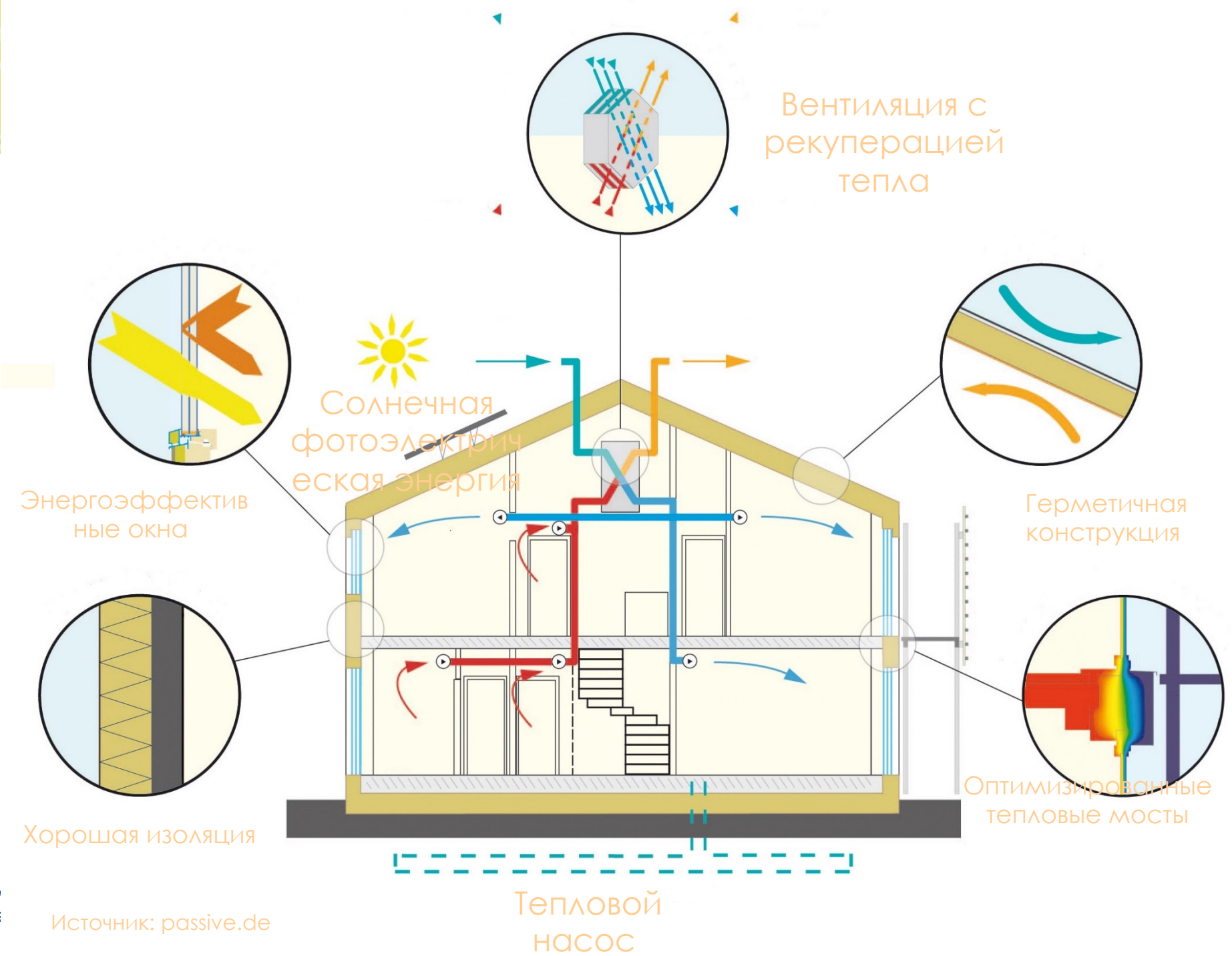
$$\text{Отопление} = \text{Потери} - \text{полученная энергия}$$

Энергетический баланс для обычного здания



Энергетический баланс для nZEB





Вентиляция с рекуперацией тепла

Солнечная фотоэлектрическая энергия

Энергоэффективные окна

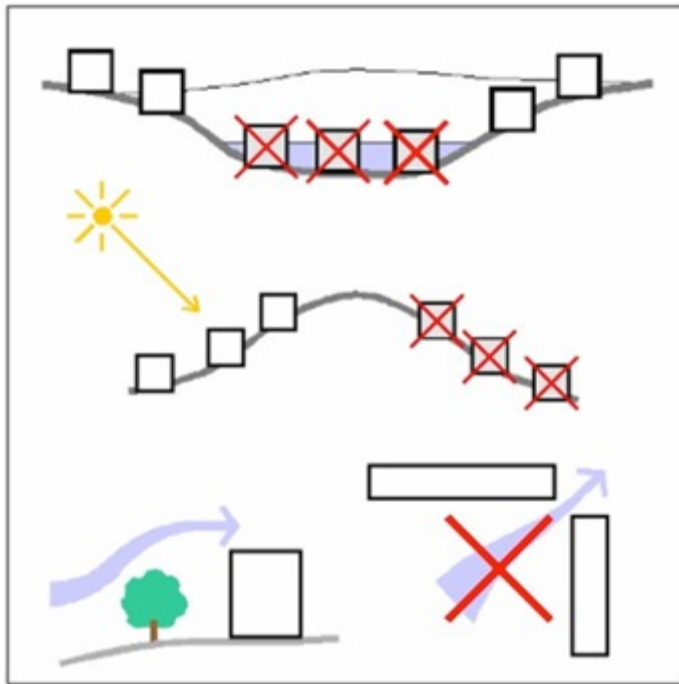
Герметичная конструкция

Хорошая изоляция

Оптимизированные тепловые мосты

Тепловой насос

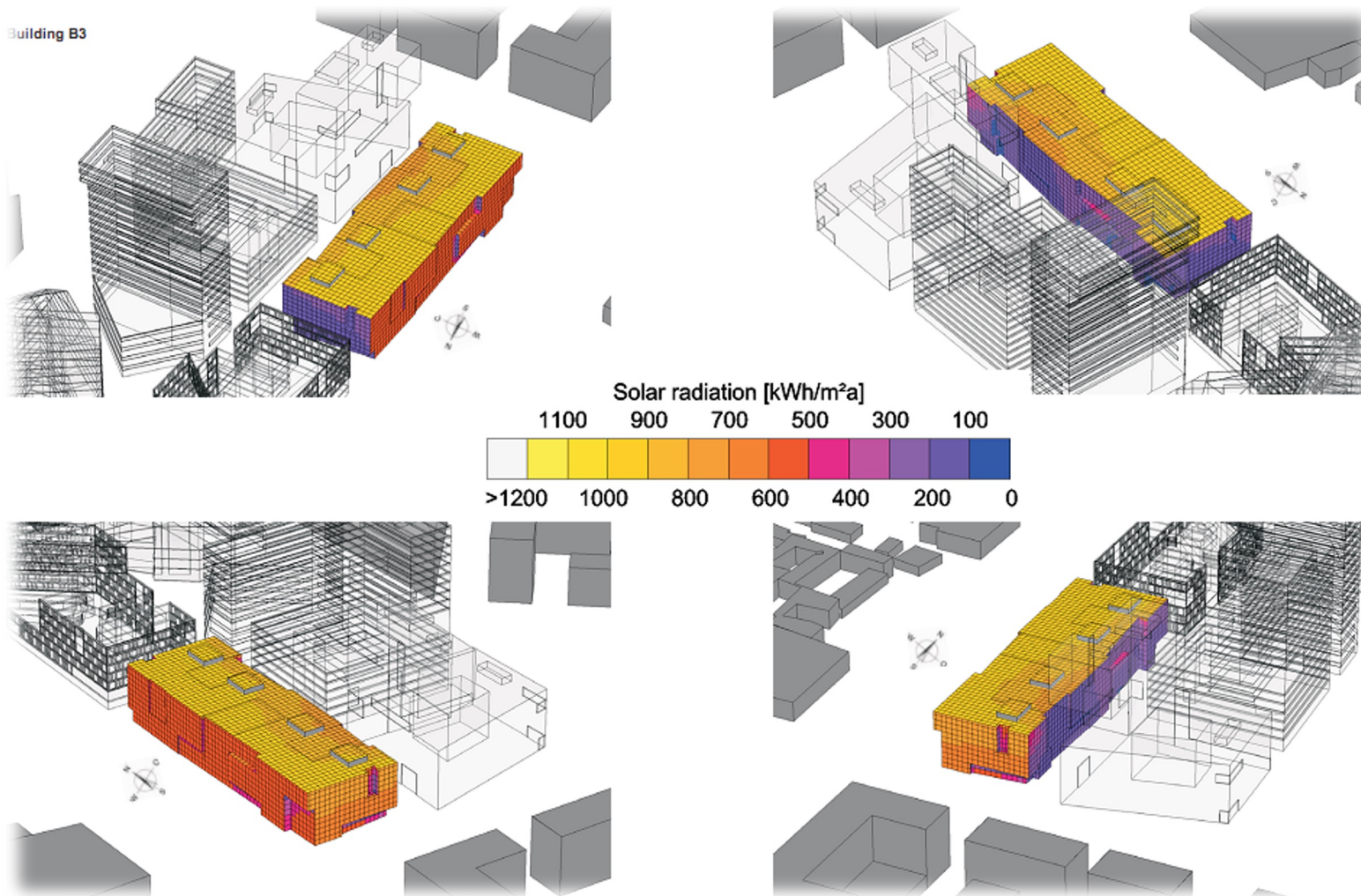
Расположение здания



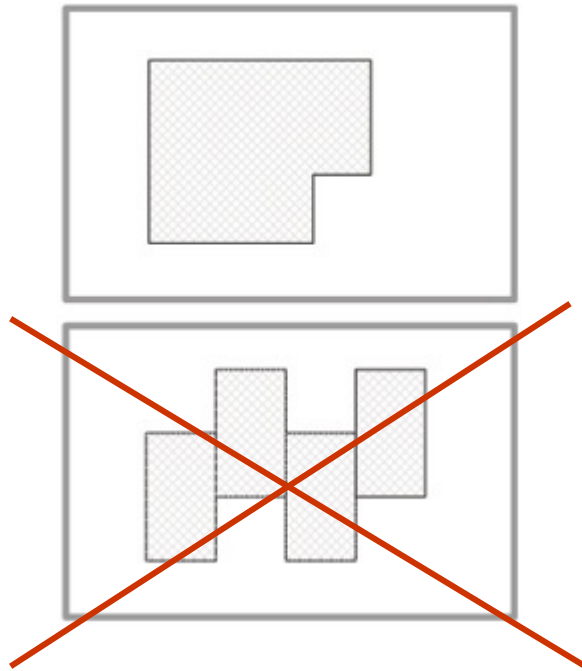
Предварительные условия обеспечения энергоэффективности строительства:

- Ориентация на юг и оптимизация использования солнечной энергии
- Проблемы с затенением здания и перегревом летом
- Оценка затенения от окружающих зданий. Оценка компактности застройки: например, возможности формирования рядных домов.
- Оценка возможности использования крыш и фасадов для получения солнечной энергии (оптимальное размещение солнечных панелей)
- Оценка потенциала создания аэродинамических труб

Также необходимо учитывать расположение зданий относительно друг друга и то, есть ли от них тень



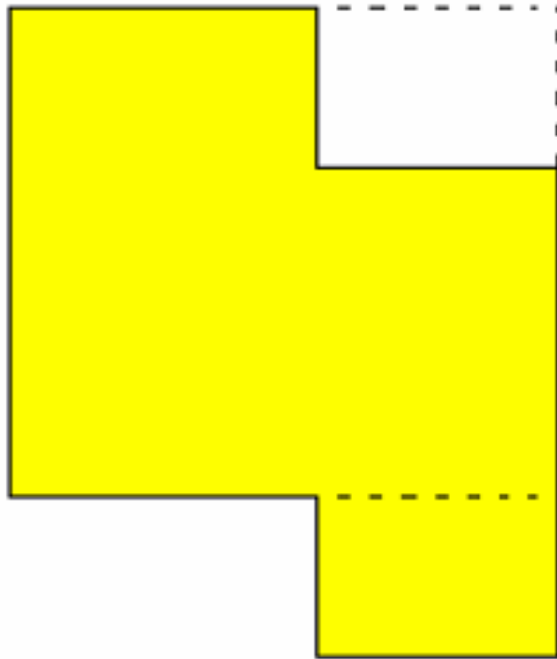
Форма и функциональность здания



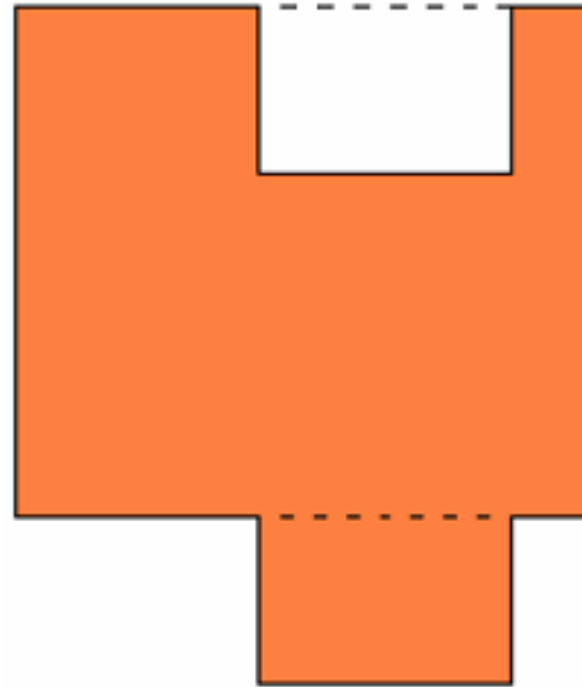
Avots: Passnet

- Чем компактнее форма здания, тем меньше потери тепла через ограждающие конструкции. Меньше тепловых мостов.
- Нежилые помещения (кухня, санузел, подсобные помещения) следует располагать с северной стороны здания, так как в этих помещениях могут быть окна меньшего размера.
- В ограждающей конструкции здания обычно расположены все виды инженерных коммуникаций (электропровода, водопроводные сети и т.д.). Необходимо обеспечить воздухонепроницаемость.

Компактная форма здания

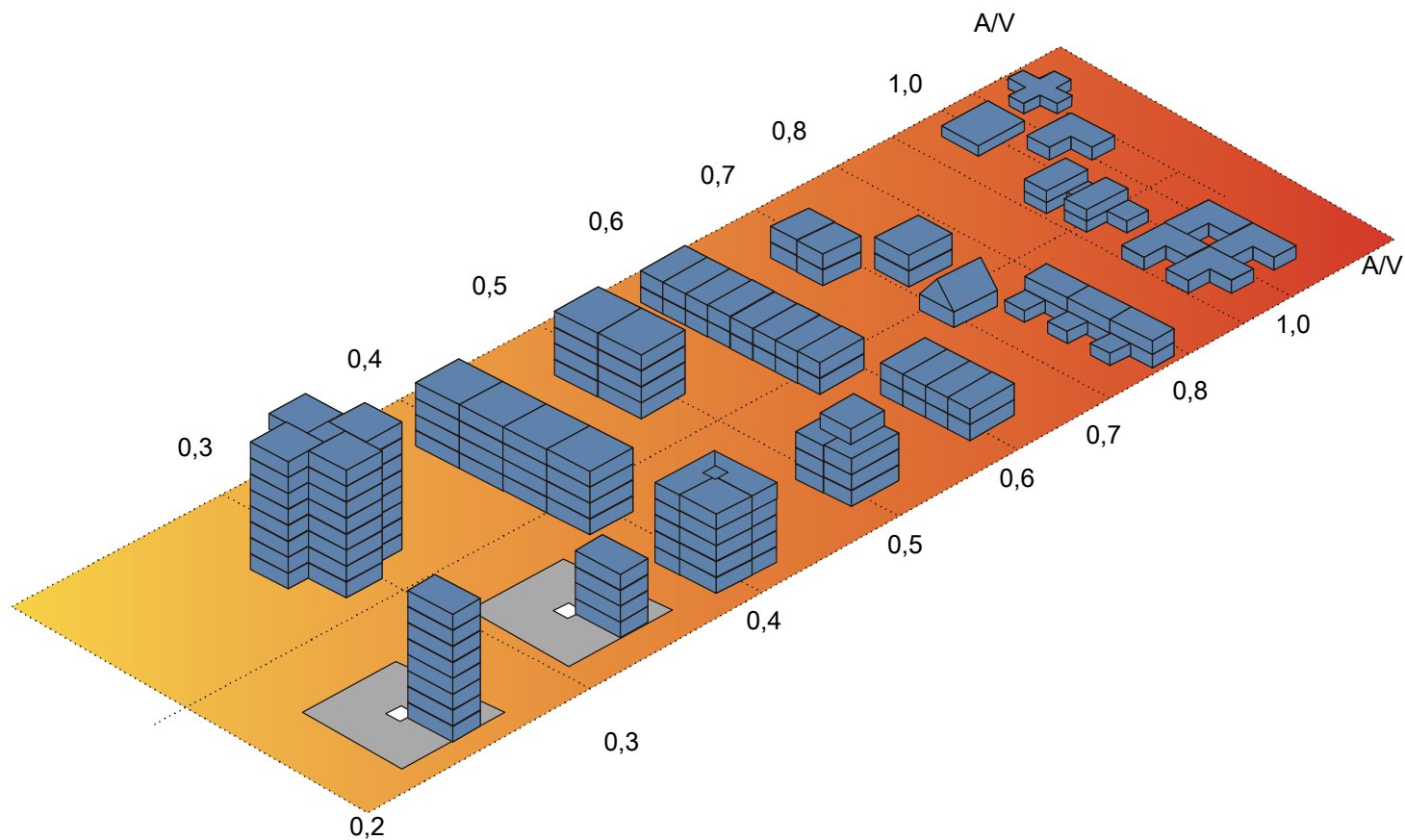


Периметр здания увеличился на 10%. Необходимо увеличить слой утеплителя на 2 см.



Периметр здания увеличился на 20%. Необходимо увеличить слой утеплителя на 4 см.

Компактная форма здания



Источник: Passive House Institute, Darmstadt

Примеры компактных зданий

TOMTEBO IN UMEÅ, SWEDEN



Funded by
the European Union



Funded by
the European Union

Примеры компактных зданий





ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ПАССИВНОМ ДОМЕ

Использование солнечной энергии и дневного света

Плюсы: Бесплатная энергия

Пассивные системы: использование солнечного тепла

Активные системы: внедрение солнечных коллекторов, фотоэлектрических панелей

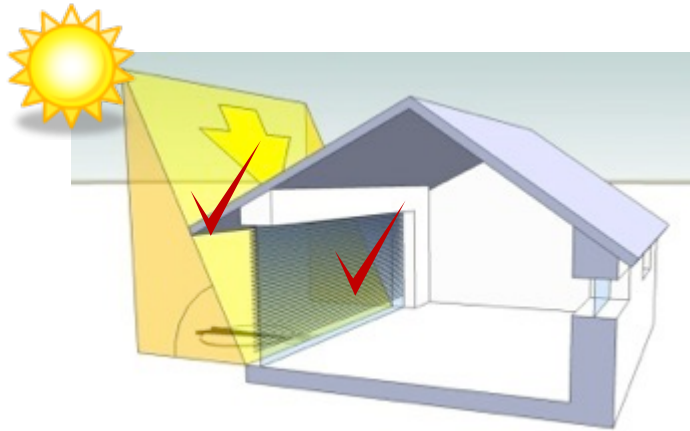
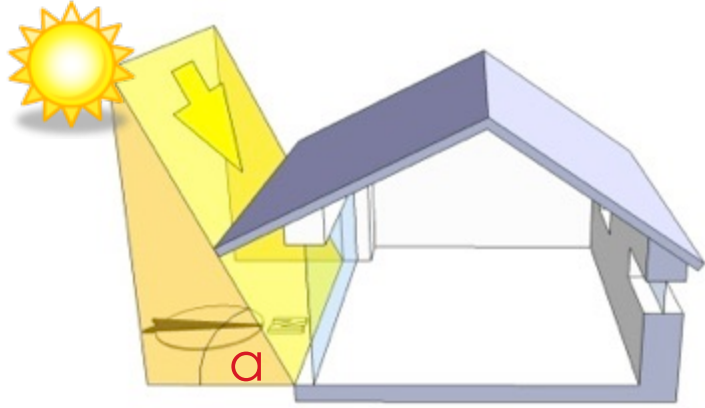
Недостатки: Потенциальный перегрев помещения и слепящий свет

Использование солнечной энергии играет важную роль при строительстве зданий с низким потреблением энергии.



Солнечная энергия через застекленные поверхности: 10-60 кВтч/м² в год в зависимости от здания, местоположения.

Решения по затенению для обеспечения комфорта летом



- Чтобы уменьшить перегрев летом, можно использовать различные варианты затенения, такие как жалюзи, свесы и т. д.
- Статические свесы. Такие конструкции, как, например, крыши и балконы, уменьшают прямое солнечное излучение.
- Системы активного затенения: внешние жалюзи и ставни обеспечивают защиту как от прямого, так и от отраженного излучения.
- Растительность: зелень обеспечивает летнюю тень, а зимой позволяет поглощать солнечную энергию.

Источник: IEPD

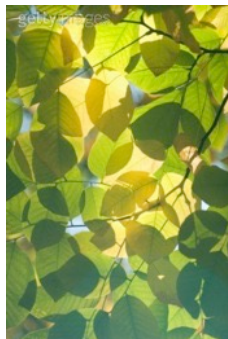
Посольство Финляндии в Вашингтоне



Лето



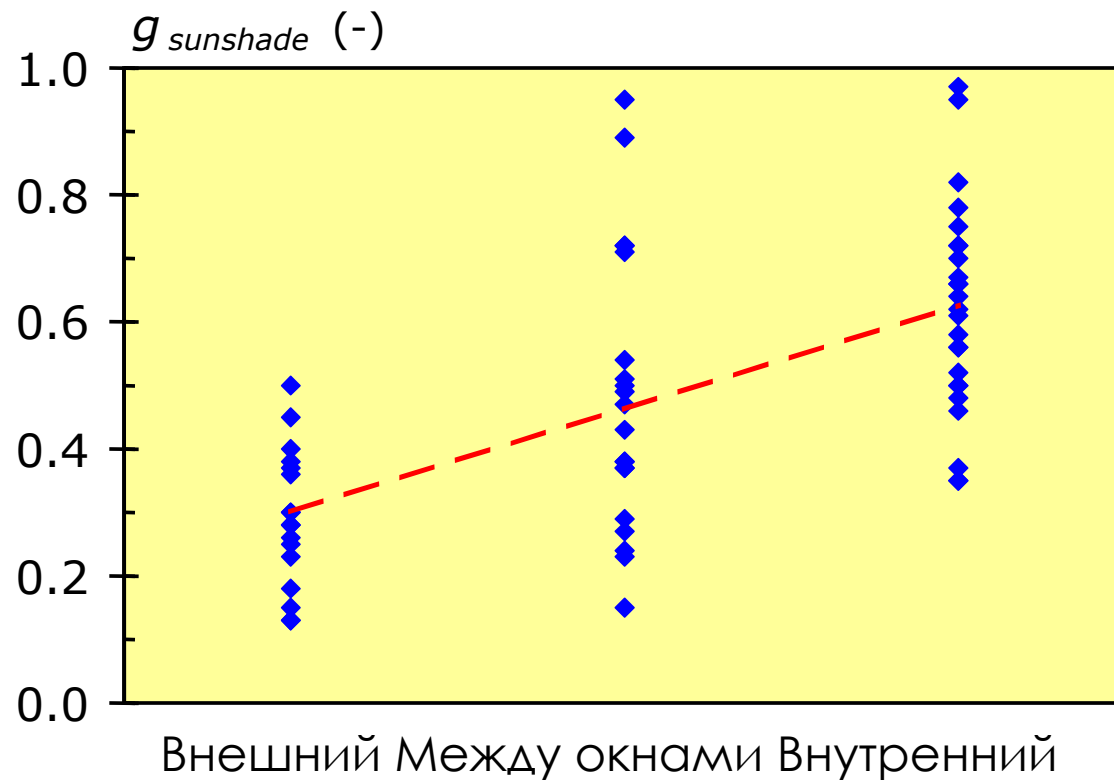
Зима



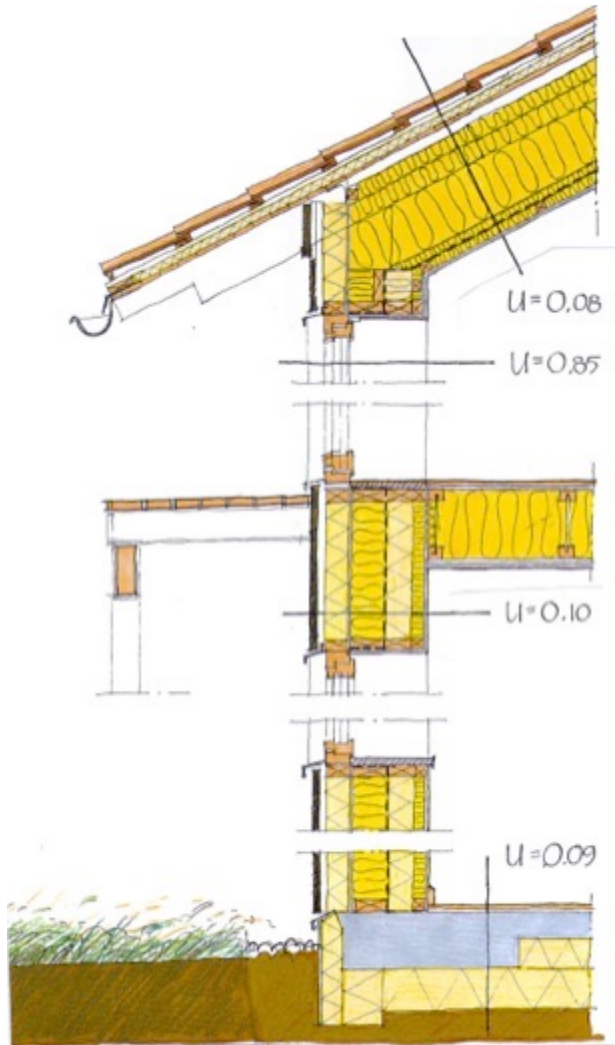
Затенение летом



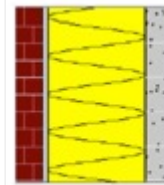
Коэффициент затенения



Хорошая теплоизоляция

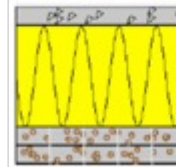


WALL



| | |
|----------------------|----------------------------|
| Brick | 110 mm |
| Air gap | 20 mm |
| Mineral wool | 380 mm |
| Lightweight concrete | 100 mm |
| U-value | 0,08 W/(m ² ·K) |

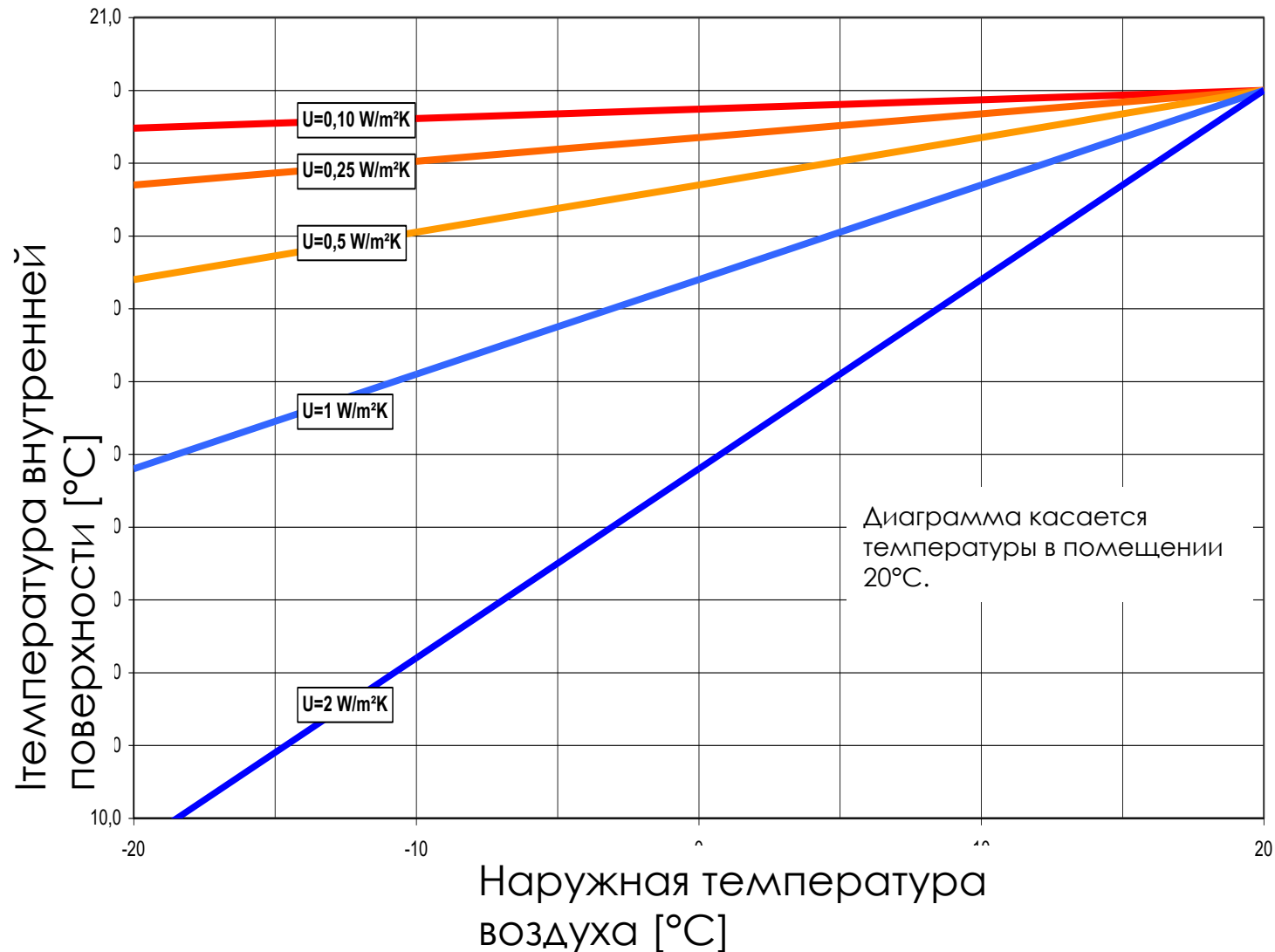
FLOOR



| | |
|-------------------------|----------------------------|
| Concrete | 100 mm |
| Mineral wool | 550 mm |
| Expanded clay aggregate | 200 mm |
| U-value | 0,06 W/(m ² ·K) |

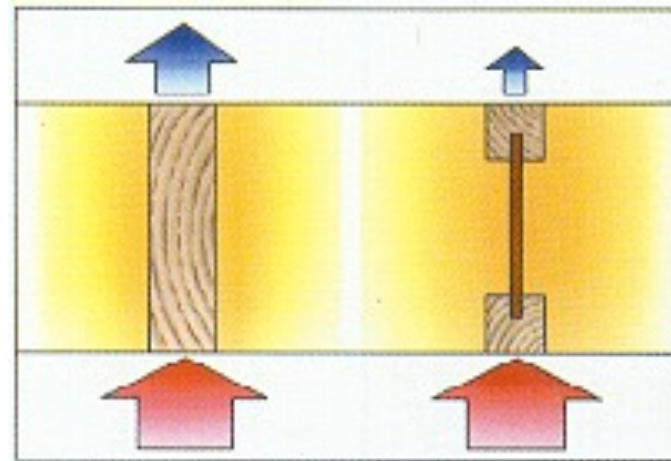
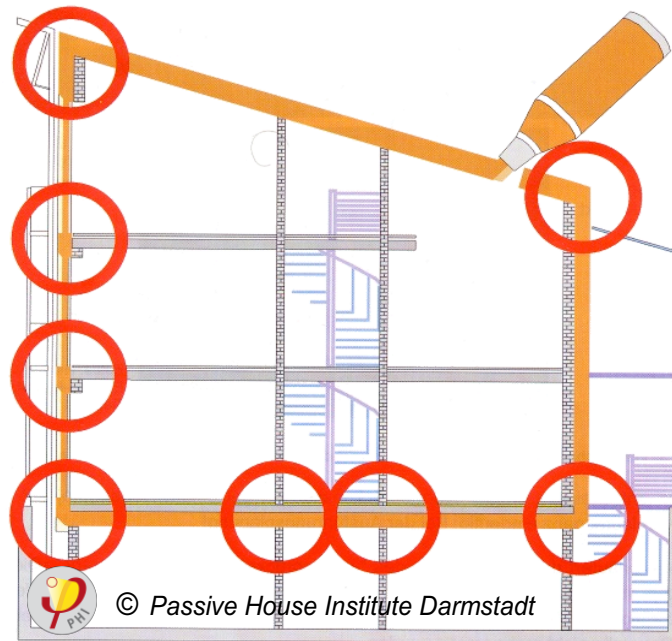


Значение коэффициента теплопередачи (U value) и температура поверхности



Проектирование без тепловых мостов

Проектирование без тепловых мостов $< 0,01 \text{ Вт}/(\text{мК})$



Источник: *Passive House Institute Darmstadt*

Максимально герметичные термосы

2 одинаковых термоса, но есть значительная разница



Существенная
разница в том,
что термос
слева
остывает на
30% быстрее.

Максимально герметичные термосы

2 одинаковых термоса, но есть значительная разница



Существенная разница в том, что термос слева остывает на 30% быстрее.

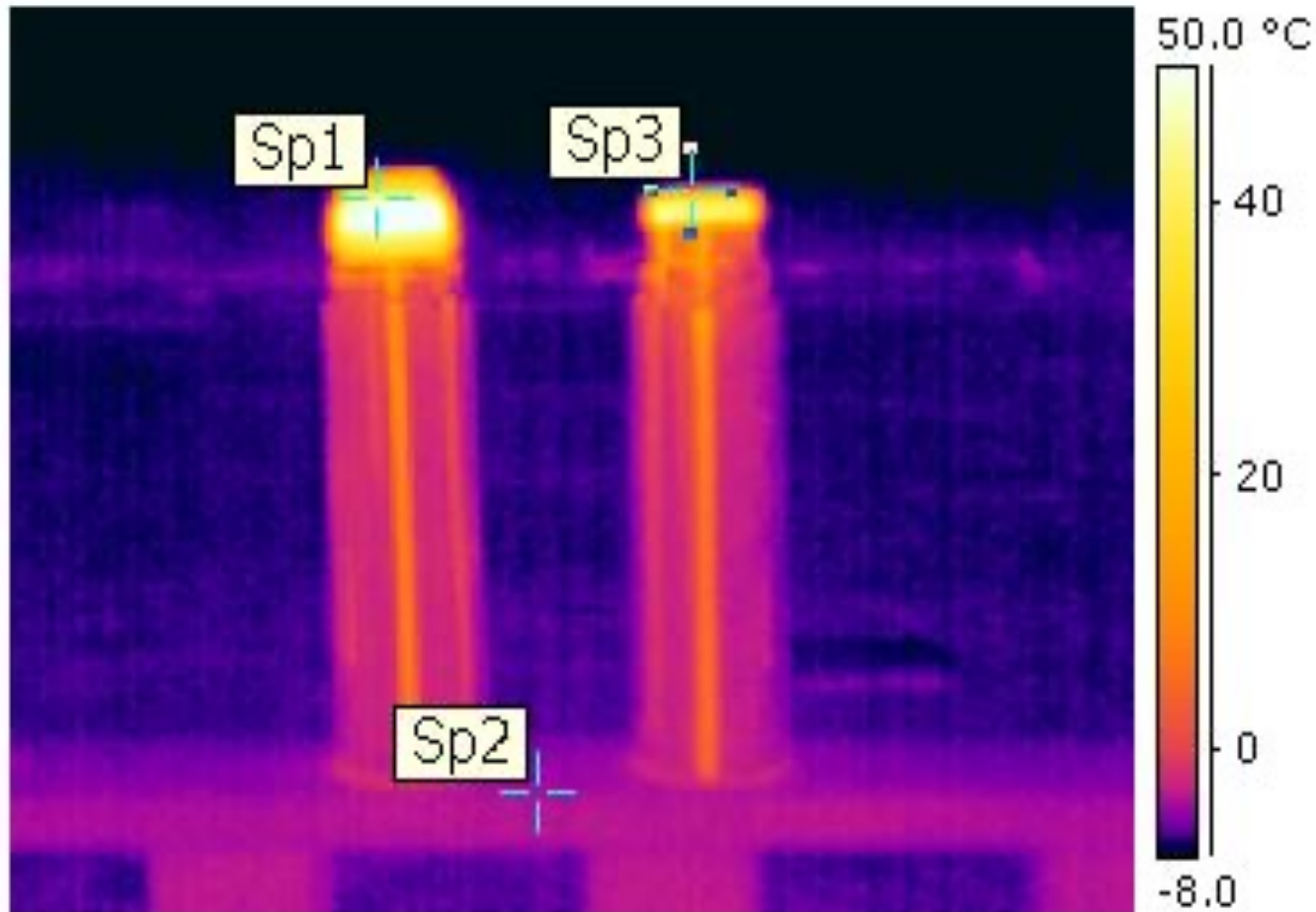
Максимально герметичные термосы

2 одинаковых термоса, но есть значительная разница



Это решение с термомостом более эффективно.

Максимально герметичные термосы

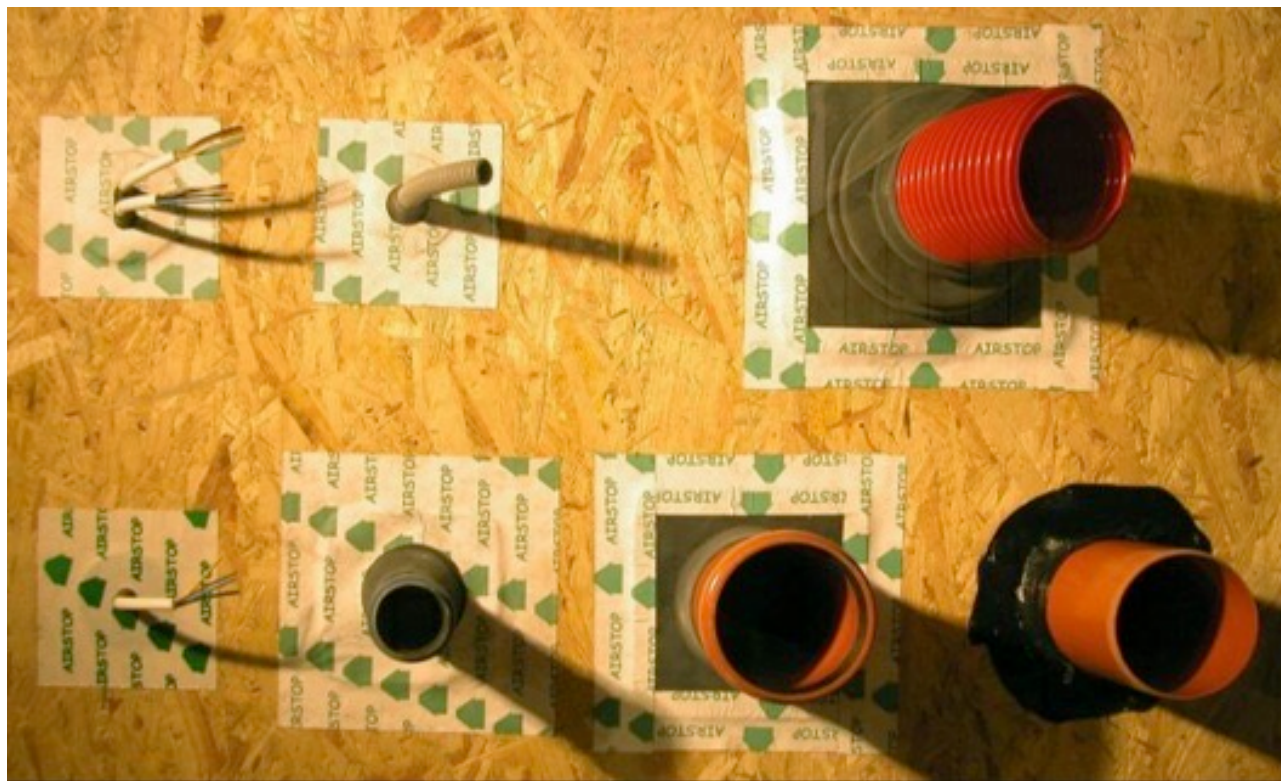
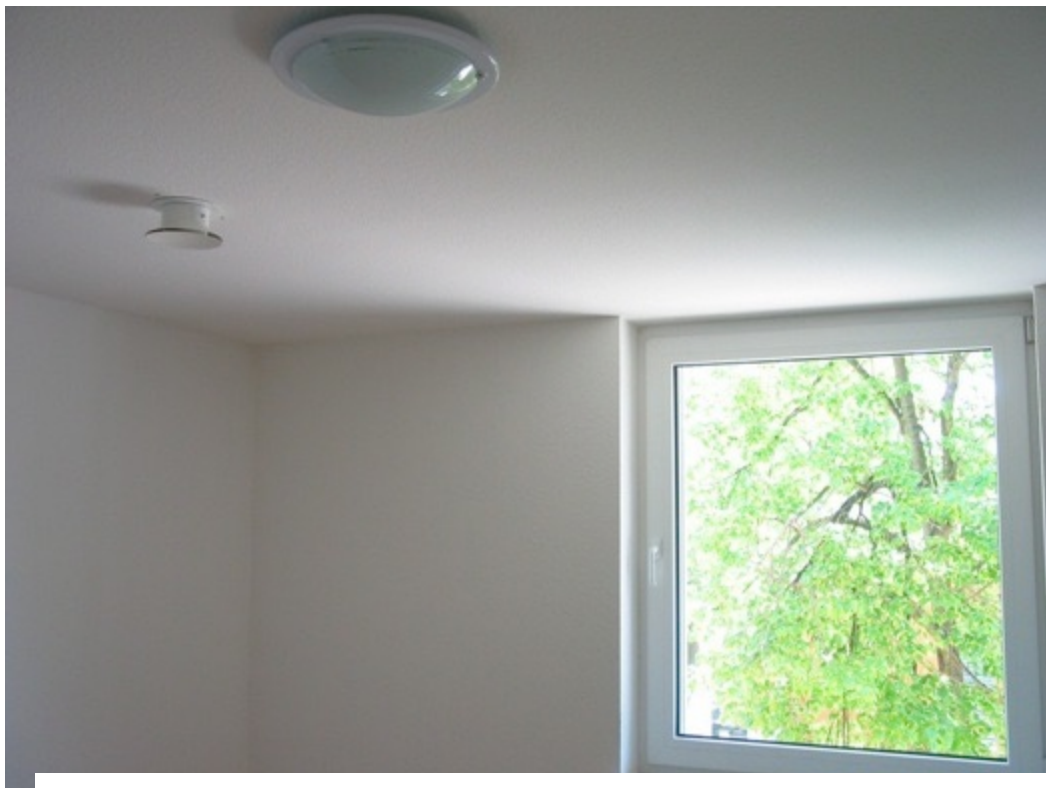


Главное отличие –
пробка термоса!

Секрет низкой
теплопотери – в
детальном
проектировании
строительных
стыков!

Source: Helmut Krapmeier, Energieinstitut Vorarlberg; Thermografie: Ökoberatung Gebhard Bertsch

Герметичный слой



Сплошное покрытие цементно-известковой штукатуркой
Твердый бетон
Специальные мембраны
Кладка без штукатурки не герметична.

Вместо пенопласта необходимо использовать специальные самоклеящиеся ленты

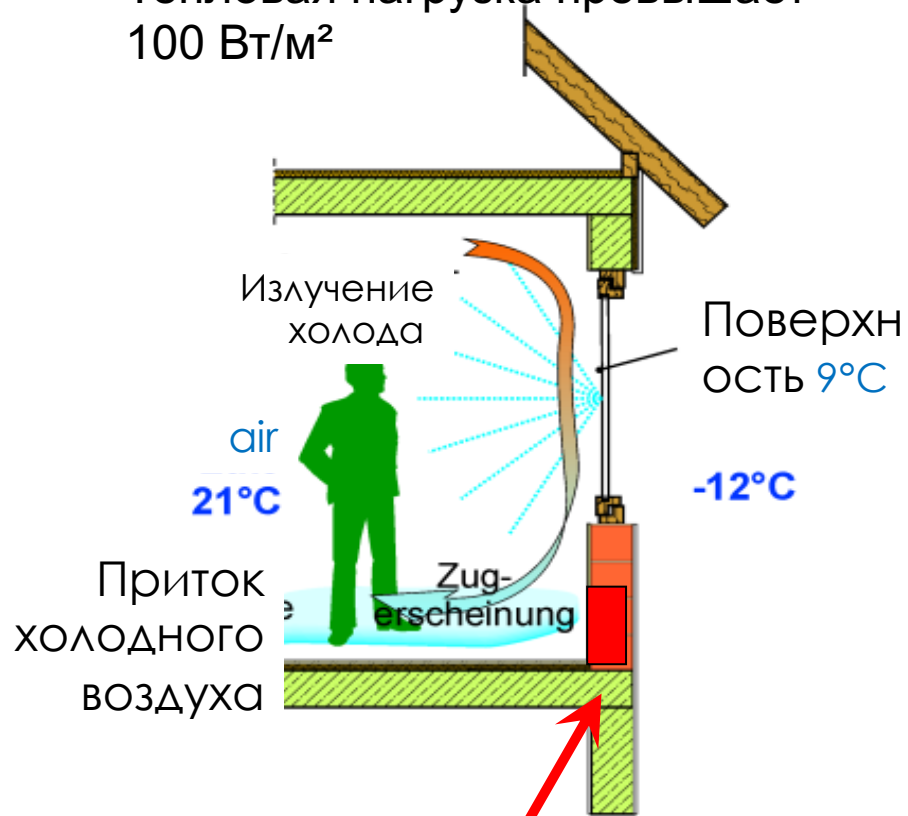




Сравнение тепловой нагрузки обычного здания и пассивного дома

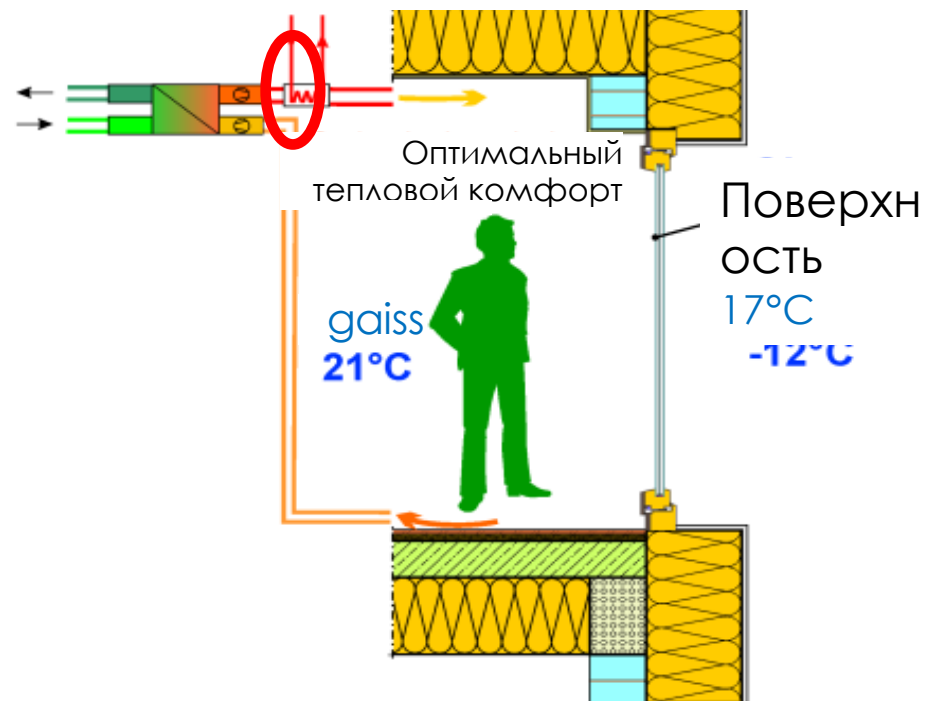
Обычное здание

Тепловая нагрузка превышает 100 Вт/м²



Пассивный дом

Тепловая нагрузка всего 10 Вт/м²



Без дополнительного радиатора

Компоненты оборудования для центральной вентиляции

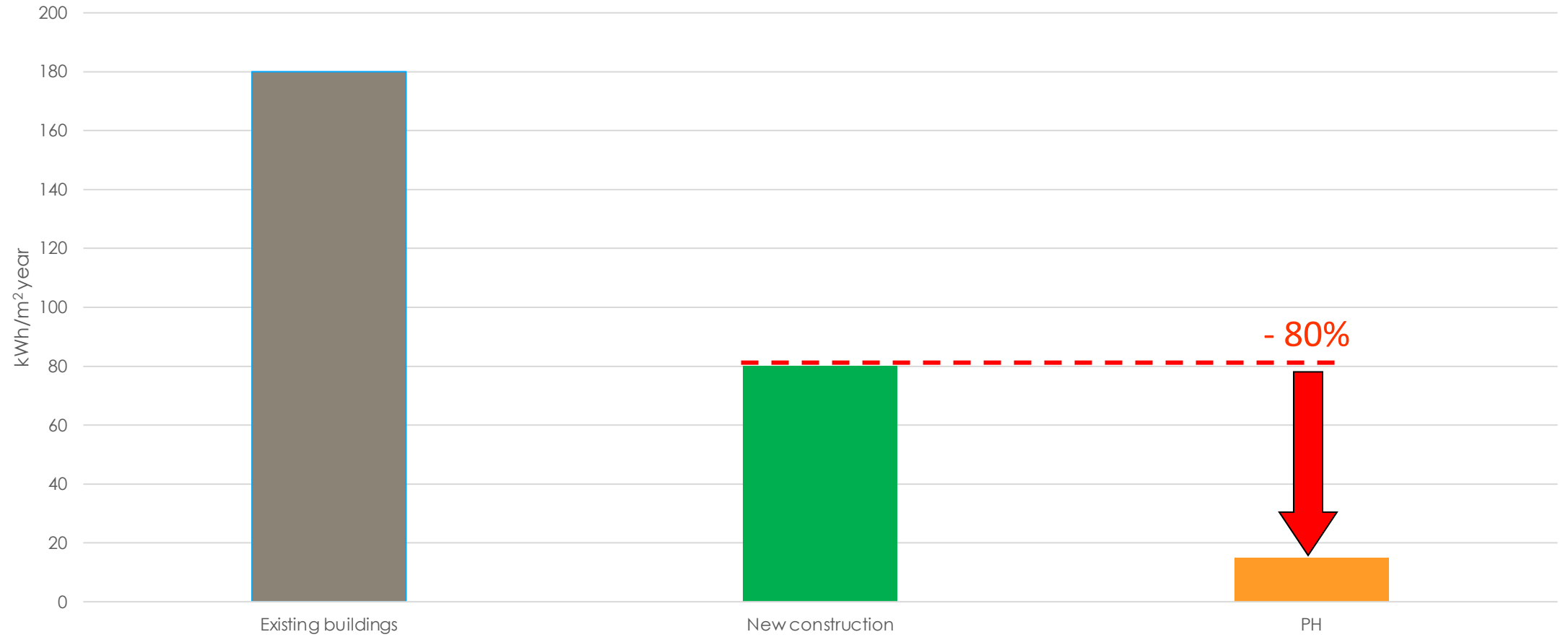
- Теплообменник воздух-воздух с рекуперацией тепла $\geq 75\%$
- Двигатель постоянного тока
- Контроль/регулирование: рабочие уровни и баланс воздуха
- Теплоизоляция и герметичность. Отвод конденсата
- Фильтр: вытяжной воздух + наружный воздух
- Защита от замерзания. Летний обход



Примеры



Что было достигнуто



Пассивный дом



Пассивный дом



Пассивный дом

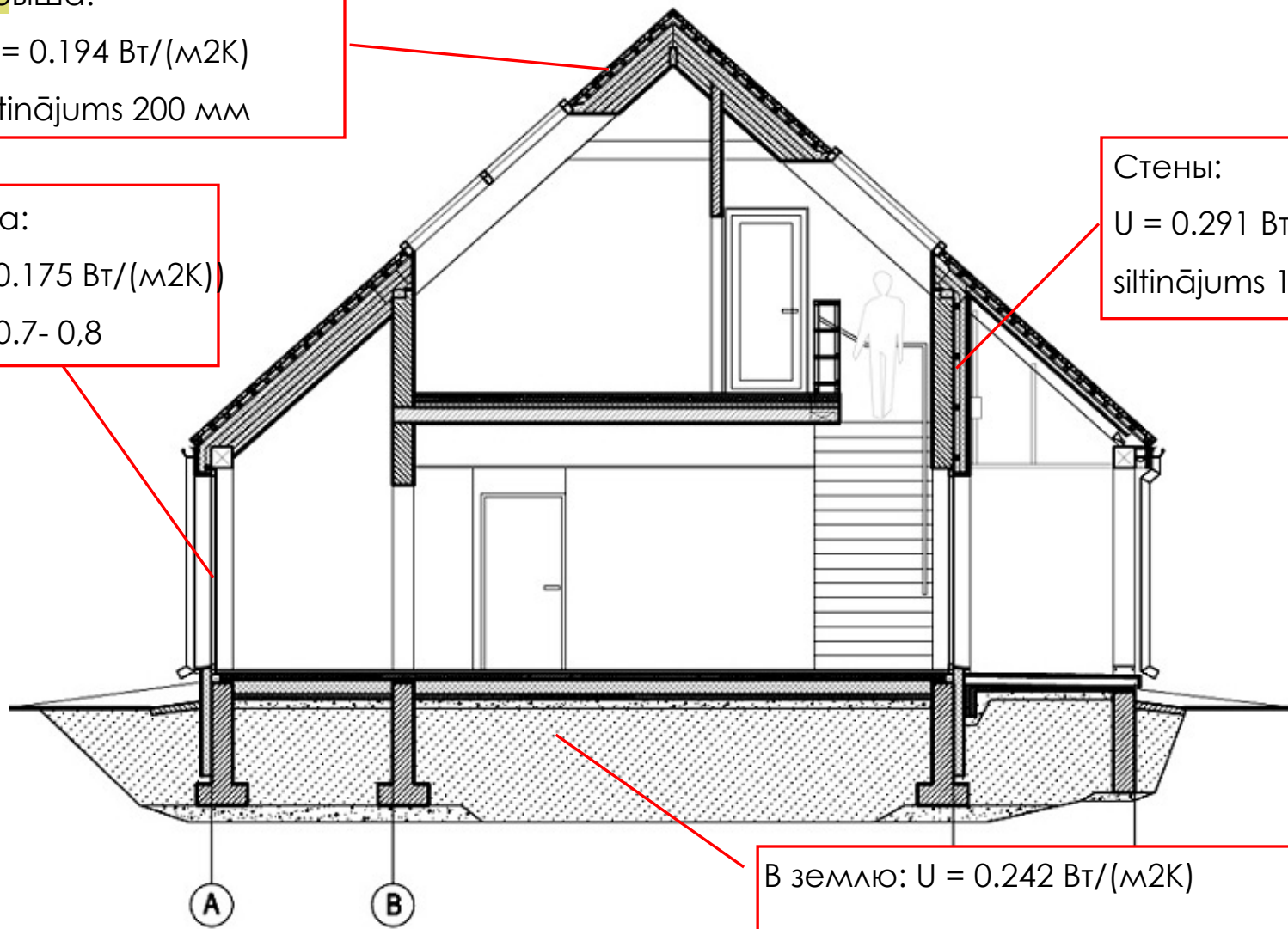


До

Крыша:
 $U = 0.194 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$
siltinājums 200 мм

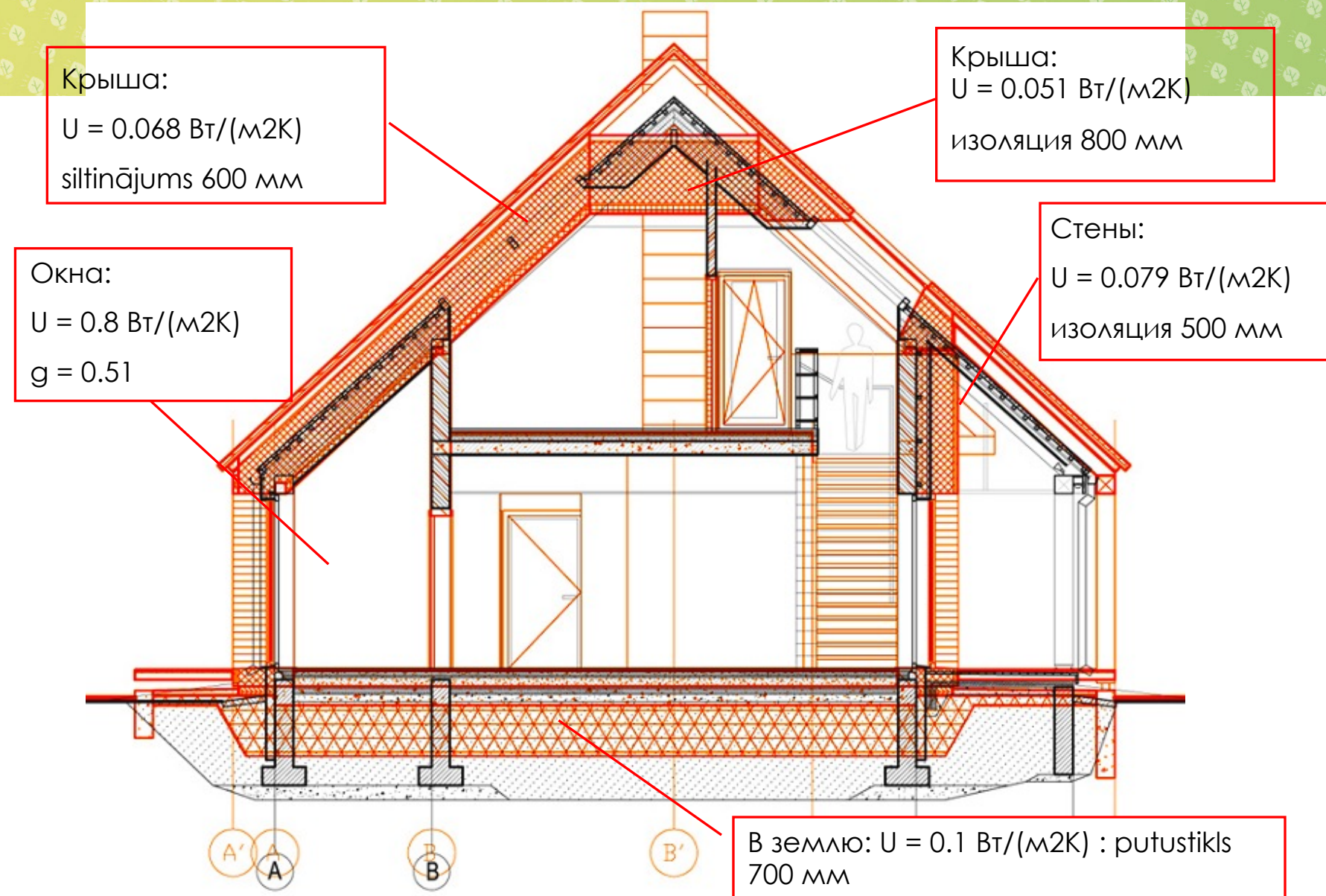
Окна:
 $U = 0.175 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$
 $g = 0.7-0.8$

Стены:
 $U = 0.291 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$
siltinājums 150 мм



В землю: $U = 0.242 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$

После



РЕНОВАЦИЯ ПАССИВНОГО ДОМА



Общежитие

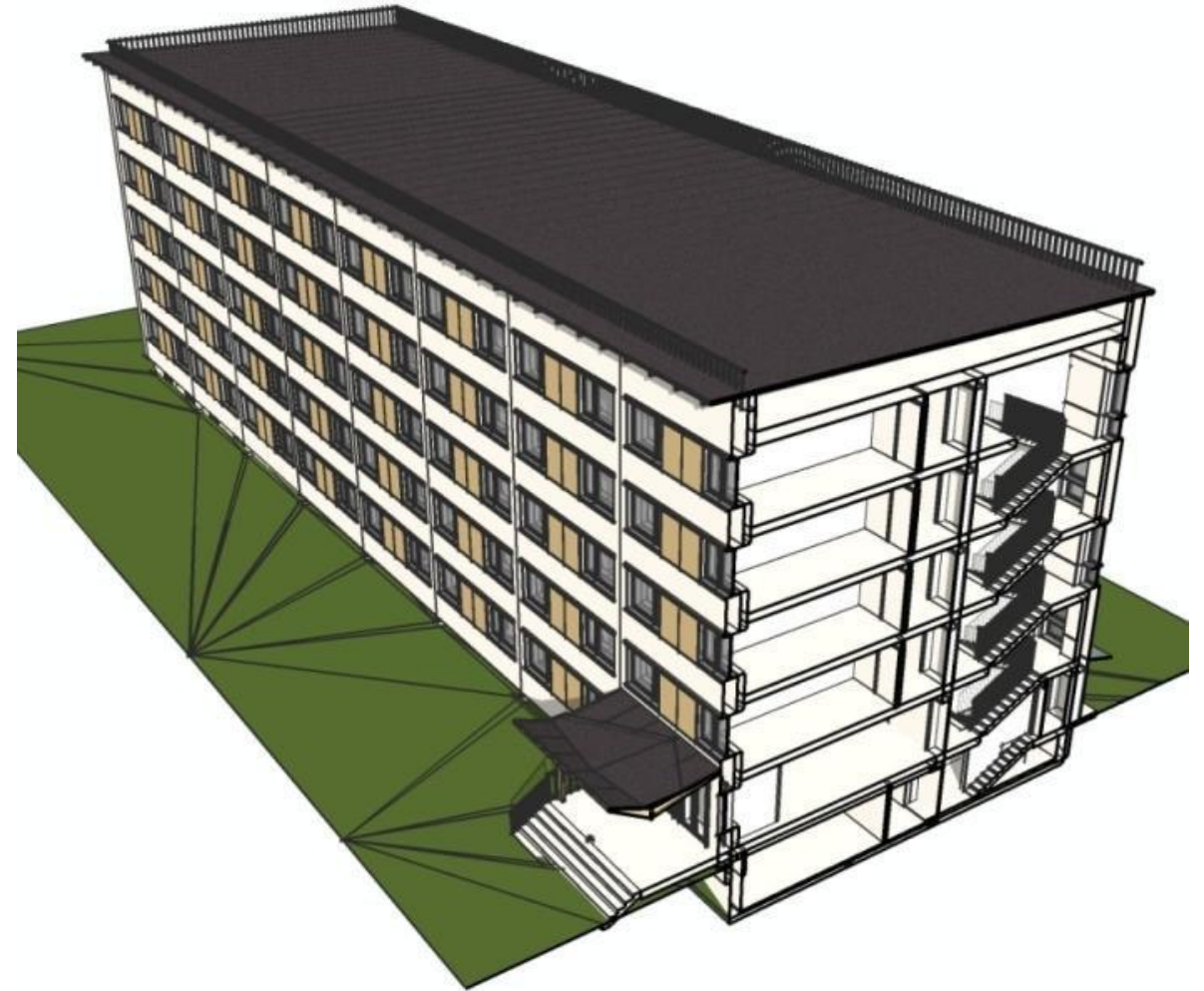
- Здание построено в 1972 году.
 - Отапливаемая площадь: 3346 м²
 - Потребление энергии: 159 кВтч/м² в год
 - Типовое здание
-
- Отопительный сезон: 207 дней
 - Средняя температура в отопительный сезон: -1,2°C
 - Расчетная температура: -23,8°C



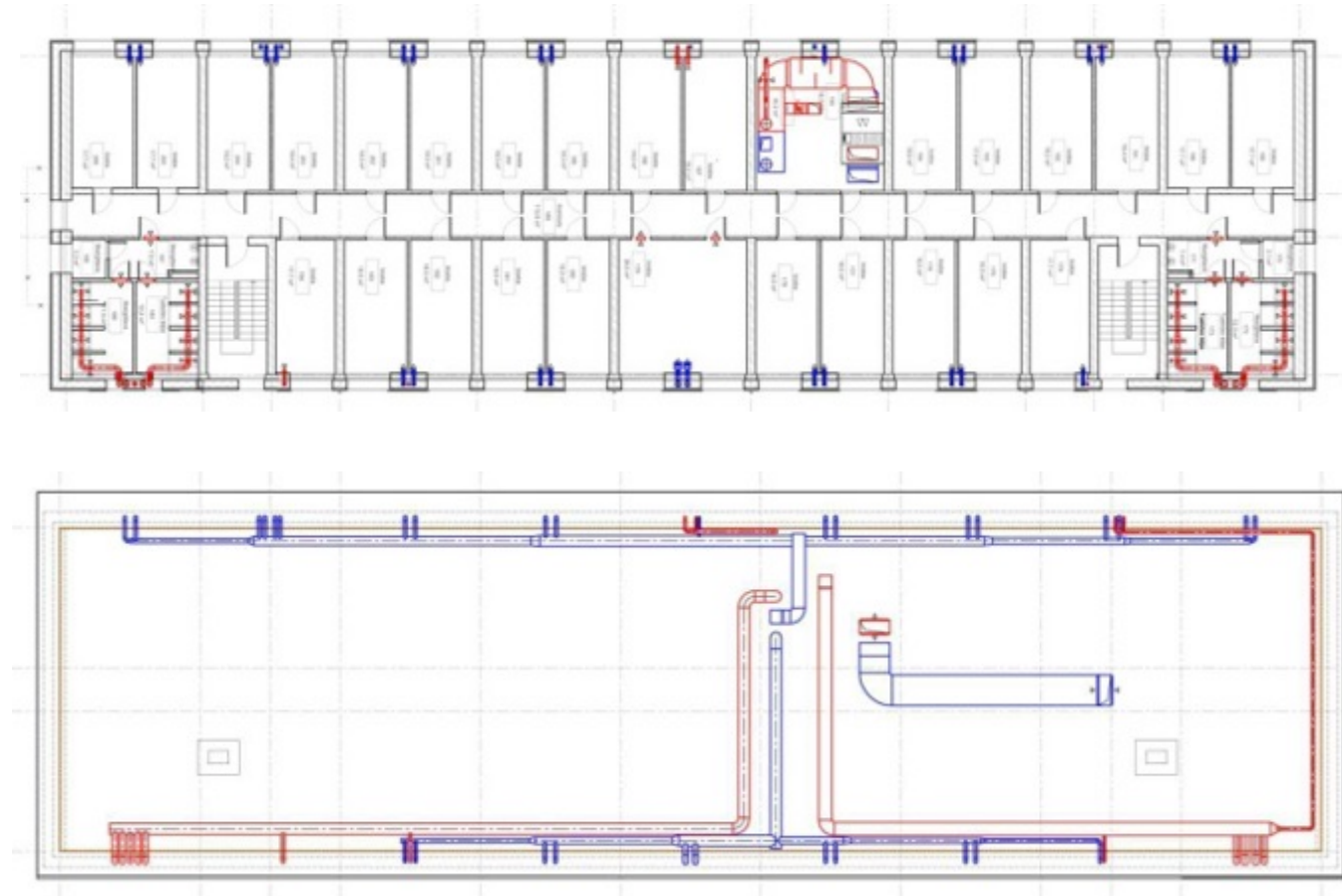
До реновации

- Система вентиляции с рекуперацией тепла
- Воздуховоды внутри изоляционного слоя крыши, >70 см
- Сеть труб внутри конструкции утепления стены, >40 см

| | До, Вт/м ² К | После, Вт/м ² К |
|-------|----------------------------|-------------------------------|
| Стены | U=1.05 | U=0.09 |
| Крыша | U=0.52 | U=0.06 |
| Окна | U=2,6 | U=0.80 |



Концепция создания системы вентиляции







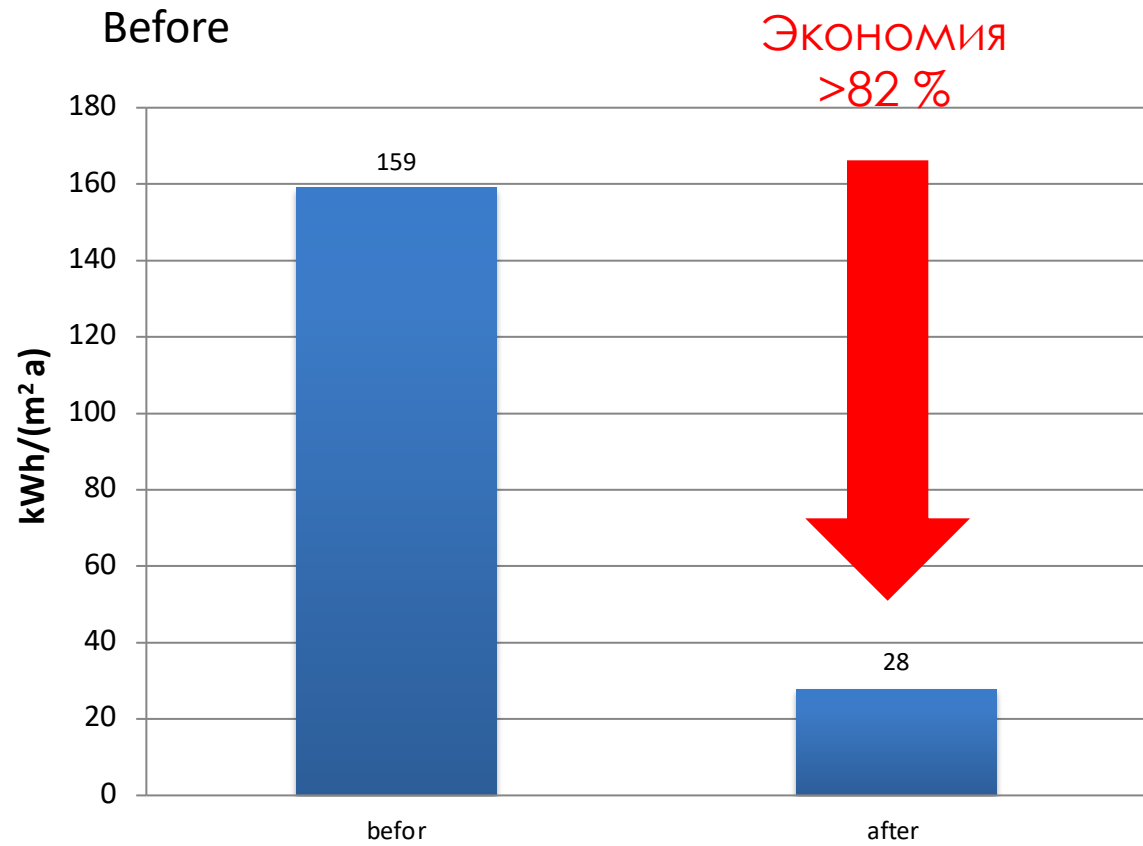


Funded by
the Europe

SECCA
Sustainable Energy Connectivity in Central Asia



До и после



Отопление+горячее
водоснабжение