



Модул 7

Реконструиране на отоплителни системи с
термопомпени

Разработено от: Romanian Geoexchange Society
(SRG)



Co-funded by
the European Union



Co-funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or CINEA. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.



Модул 7 Общ преглед

- Модул 7 е фокусиран върху практическата трансформация на съществуващи сгради чрез преминаване от конвенционални отоплителни системи на изкопаеми горива към високоефективни термопомпени системи, като се гарантира техническата осъществимост, оптимизацията на работата и дългосрочната надеждност.

Резултати от обучението

- Обясняване защо нискотемпературните системи са от решаващо значение за ефективната работа на термопомпите.
- Анализирани съществуващи хидравлични системи и идентифициране на нуждите от реконструкция.
- Адаптиране на тръбните мрежи, динамиката на потока и отоплителните тела за постигане на съответствие с изискванията на термопомпите.
- Осигуряване на електрическа съвместимост и внедряване на интелигентно управление за интеграция към електроенергийната мрежа.
- Прилагане на протоколи за въвеждане в експлоатация, специфични за условията на реконструирани обекти.
- Оценяване на техническата и икономическата осъществимост на реални проекти за реконструкция.

Модул 7 Съдържание

Урок 46	Реализирани проекти: реконструиране на системи с термопомпени	Урок 52	Комфорт на крайните потребители и поведенчески фактори
Урок 47	Планиране на реконструкцията	Урок 53	Поддръжка и дългосрочен мониторинг
Урок 48	Понижаване на температурата на водата в хидравличните отоплителни системи		
Урок 49	Модификации на хидравличните контури		
Урок 50	Електрическа интеграция на термопомпени		
Урок 51	Въвеждане в експлоатация и потвърждаване на ефективността		



Co-funded by
the European Union



УРОК 46

Реализирани проекти: реконструиране на системи с термopомпени агрегати



Co-funded by
the European Union



Урок 46 Цели

- Идентифициране на основните технически и организационни предизвикателства при реконструирането на съществуващи отоплителни системи с термопомпени.
- Разглеждане на реални примери за реконструкция в жилищни и нежилищни сгради.
- Свързване на техническите и икономическите резултати с практическите стратегии за реконструкция.
- Идентифициране на предизвикателствата, свързани с техническата част, икономиката и осигуряването на комфорт.
- Разбиране на начина, по който извлечените поуки се превръщат в практически стратегии.



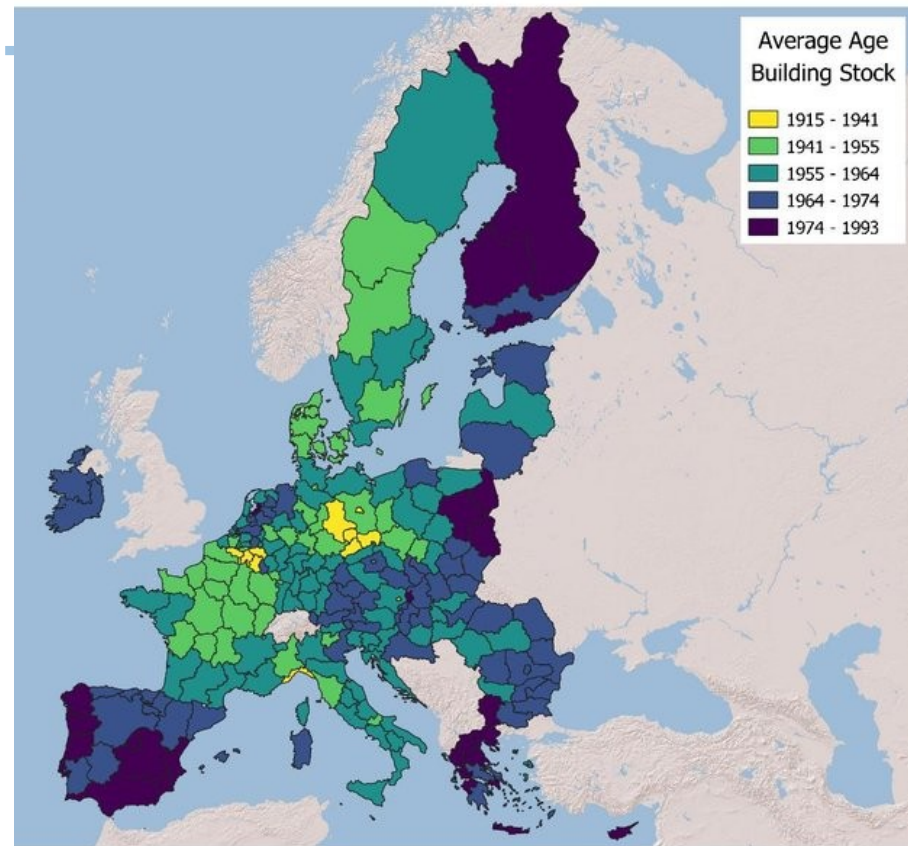
Урок 46 Съдържание



Защо реконструирането е важно

- 75% от сградите в ЕС са енергийно неефективни.
- Повечето от тях разчитат на отопление с изкопаеми горива.
- Тези сгради все още ще бъдат обитавани и през 2050 г.
- Реконструирането на системите е от съществено значение за постигането на климатична неутралност до 2050 г.

Основният път към климатична неутралност е реконструирането на съществуващите системи, а не новото строителство.



Средна възраст на сградния фонд

Източник: Zangheri, Paolo & Armani, R & Kakoulaki, G. & Bavetta, M & Martirano, G & Pignatelli, Francesco & Baranzelli, C. (2020). Building energy renovation for decarbonisation and Covid-19 recovery A snapshot at regional level. 10.2760/08629.



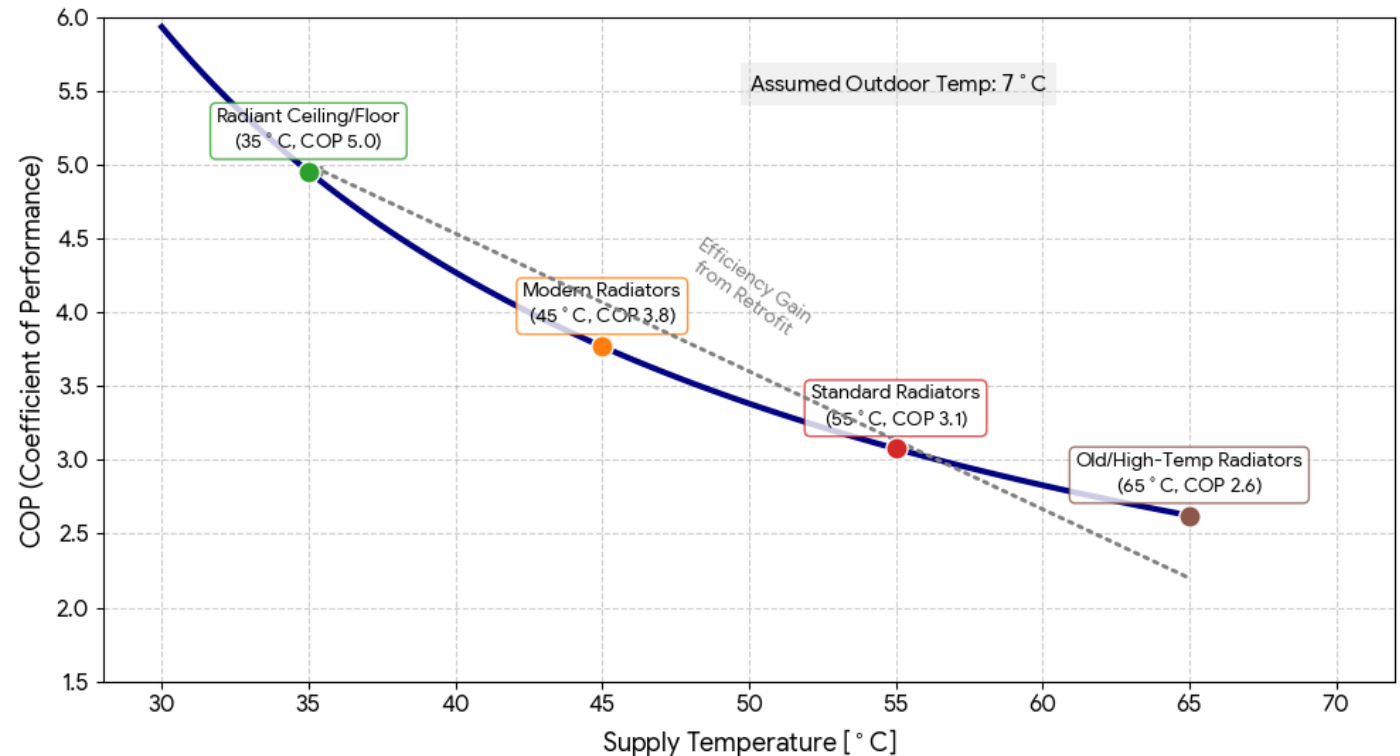
Co-funded by
the European Union



Високотемпературни спрямо нискотемпературни системи

- Традиционните котли работят при температура на подаване 70–80 °C.
- Термопомпите постигат най-висока ефективност при 30–50 °C.
- По-висока температура на подаване = по-нисък COP (коефициент на трансформация) и по-високо потребление на електроенергия.

Heat Pump Efficiency (COP) vs. Supply Temperature



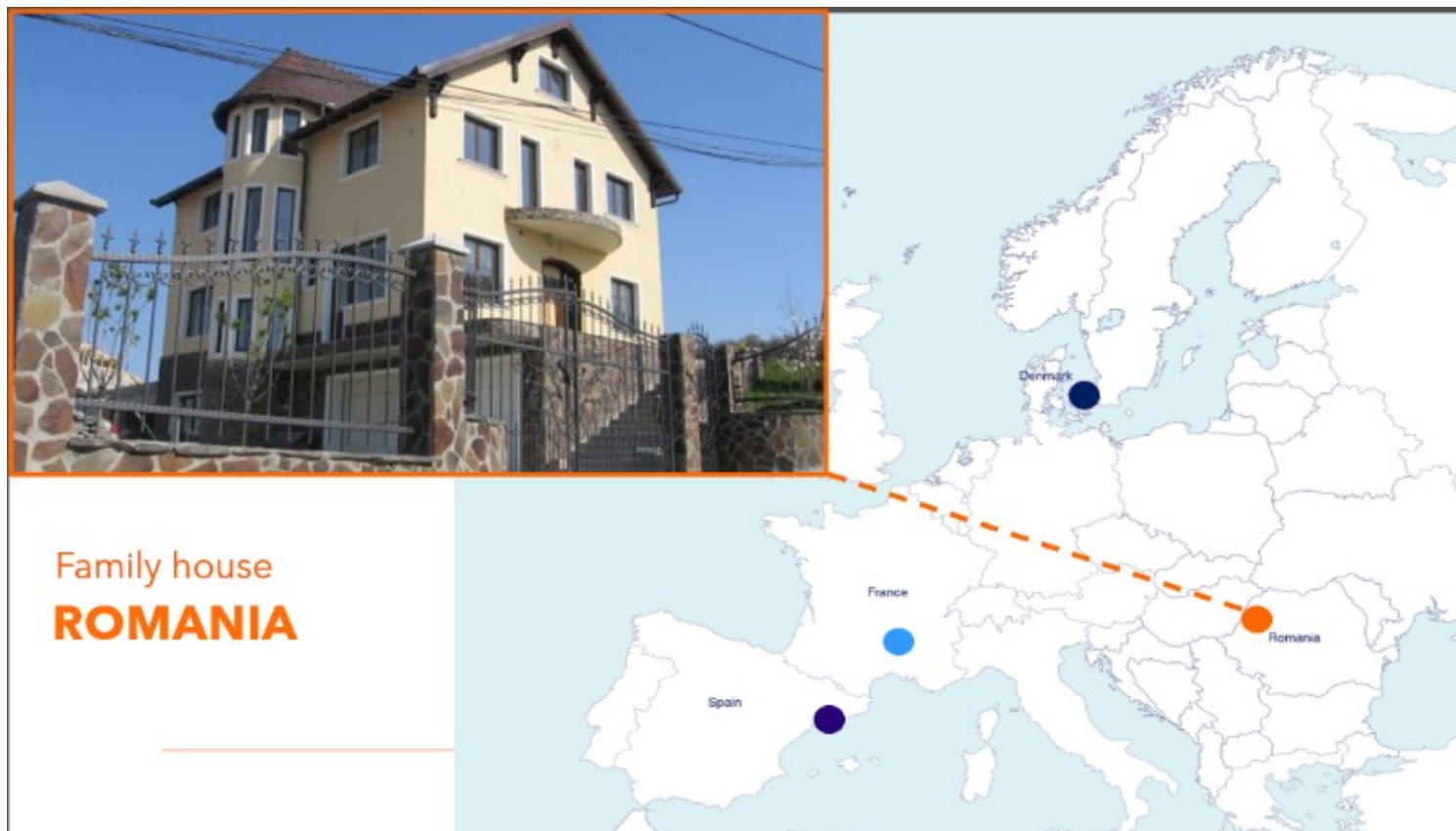
Co-funded by
the European Union



Общ алгоритъм за реконструкция

Стъпка	Описание	Основна цел
Обследване на сградата и енергиен одит	Идентифициране на неефективностите и определяне на базовите топлинни товари съгласно стандартите EN 16247 и ISO 50002	Дефиниране на приоритетите за реконструкция и техническата осъществимост.
Обновяване на ограждащите елементи	Подобряване на топлинната изолация, остъкляването и въздухоплътността с цел намаляване на топлинните загуби и инфилтрацията.	Понижаване на проектния топлинен товар и осигуряване на възможност за по-ниски температури на водата.
Адаптиране на системата	Модифициране на отоплителните тела, разпределителните контури и системите за управление за работа в нискотемпературен режим.	Постигане на съвместимост с високоефективни термопомпени.
Интегриране на термопомпа	Избор, оразмеряване и монтаж на подходящи агрегати тип „въздух-вода“, „вода-вода“ или „земя-вода“ (геотермални).	Ефективно електрозахранване на отоплението и охлаждането.
Въвеждане в експлоатация и мониторинг	Валидиране на проектните допускания, регулиране на кривите на управление и проверка на ефективността.	Гарантиране на дългосрочна ефективност, безопасност и комфорт.
Взаимодействие с потребителите и поведенческо обучение	Обучение на обитателите за правилната експлоатация на системата и очакванията по отношение на комфорта.	Поддържане на експлоатационната ефективност и удовлетвореността на потребителите.
Поддръжка и дългосрочен мониторинг	Внедряване на план за превантивна поддръжка и непрекъснато проследяване на данните чрез системи за сградно управление (BMS) или облачни платформи.	Запазване на ефективността във времето, ранно откриване на неизправности и гарантиране на устойчиви спестявания на енергия и CO2.

Еднофамилна къща, Орадеа

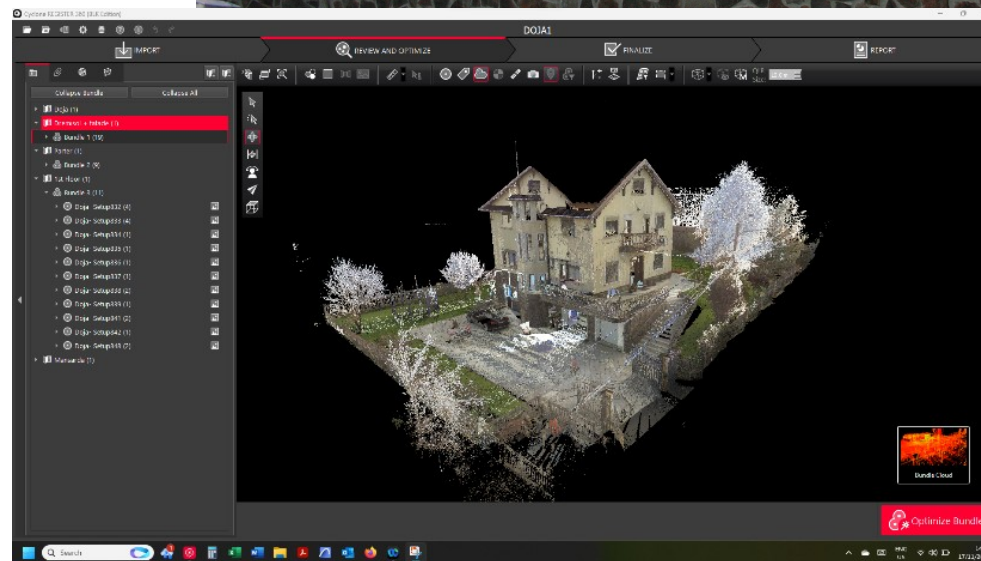


Co-funded by
the European Union



Общ преглед на демонстрационния обект

- Еднофамилна къща, построена през 80-те години на XX век.
- Обща площ около 400m².
- Умереноконтинентален климат.
- Типичен пример за сградния фонд в Централна и Източна Европа.



Co-funded by
the European Union



Първоначално състояние (преди реконструкция)

- Без външна изолация.
- Дървена дограма с единично остъкляване.
- Електрически котел (с нагреватели / резистори).
- Стоманени радиатори, оразмерени за температурен режим 75/65°C.
- Без активно охлаждане или механична вентилация.
- Сериозни топлинни загуби през заоблените балкони и неуплътнените фуги.
- Инфилтрация на въздух (неконтролиран въздухообмен), причиняваща дискомфорт през зимата и прегряване през лятото.
- Лошо качество на въздуха в помещенията поради липса на контролирана вентилация.
- Годишни разходи за отопление:: ~€3,500 (по цени на електроенергията от 2019 г.).
- Потребление на първична енергия:: ~450 kWh/m² на година
- Емисии на CO₂ : ~18 тона/година



Co-funded by
the European Union



Стратегия за реконструкция

- Външна изолация + изолация на покрива
- Подмяна на прозорци
- Геотермална термопомпа (GSHP) 30 kW (отворен контур)
- Лъчисто таванно отопление и охлаждане



Лъчисто таванно отопление/охлаждане

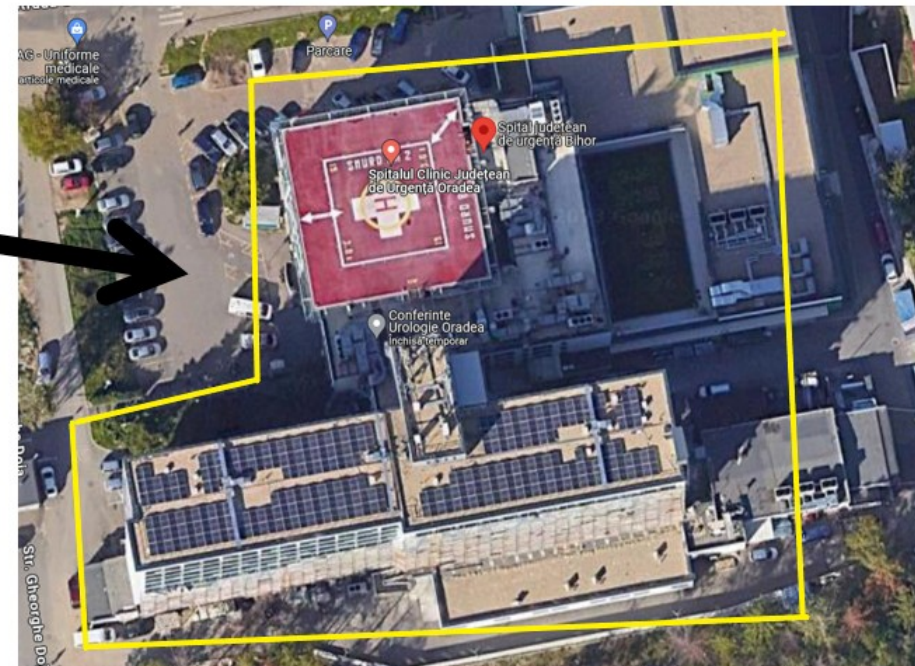
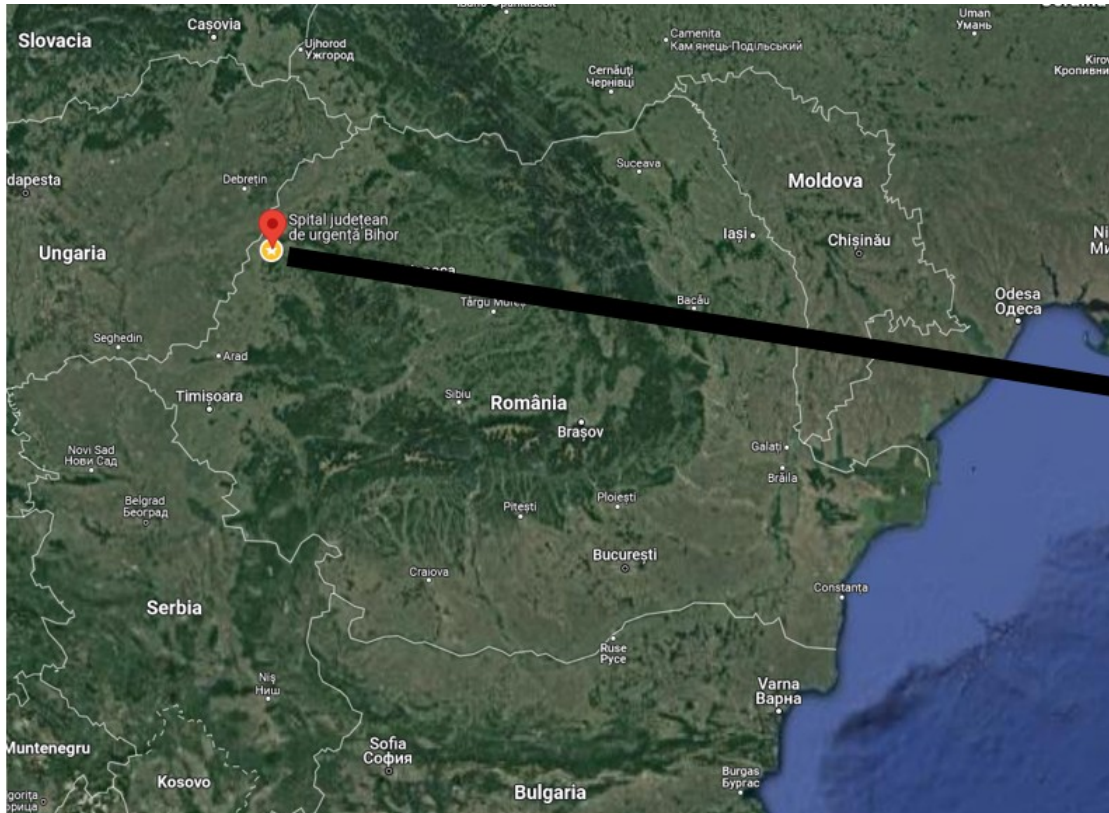
! Указание за монтаж: Лъчистите тавани изискват внимателно хидравлично балансиране. Контурът на всяко помещение включва регулиращ вентил за дебит, който се настройва по време на въвеждането в експлоатация, за да се гарантира равномерно разпределение.



Co-funded by
the European Union



Окръжна спешна болница, Орадеа



Co-funded by
the European Union



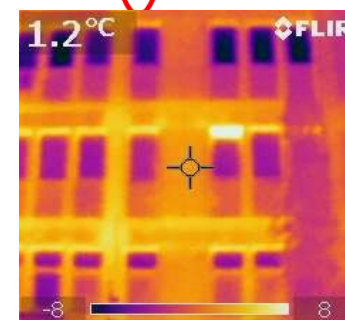
Общ преглед на демонстрационния

- Голяма държавна болница.
- 10 етажа, обща площ около 16 000 m².
- Непрекъснат режим на работа (24/7).
- Високи изисквания за комфорт и хигиена.



Първоначално състояние (преди реконструкцията)

- Лошо изолирани сградни ограждащи елементи.
- Централно отопление на изкопаеми горива.
- Автономни сплит системи за климатизация.
- Липса на вентилация с рекуперация (възстановяване) на топлина.



Co-funded by
the European Union



Ограничения при реконструкцията

- Без прекъсване на медицинските услуги.
- Задължително резервиране на мощностите за осигуряване на надеждност.
- Строги стандарти за качеството на въздуха в помещенията.
- Задължителен непрекъснат мониторинг



Co-funded by
the European Union



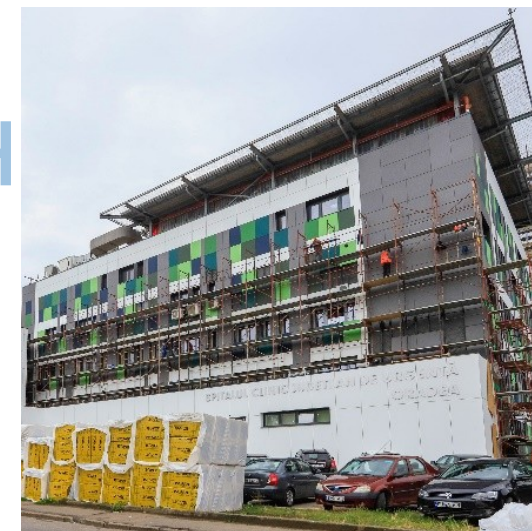
Стратегия за реконструкция

- Основно обновяване на сградните ограждащи елементи.
- Нискотемпературни разпределителни системи.
- Хибридна геотермална термопомпена система.
- Усъвършенствано управление чрез система за сградно управление (BMS).



Внедрено техническо решение

- 200 mm топлинна изолация на фасадата + 400 mm на покрива
- Таванно лъчисто отопление и охлаждане
- 3 x 150 kW геотермални термопомпени (GSHP) + 3 x 70 kW хибридни термопомпени
- Децентрализирана вентилация с рекуперация на топлина

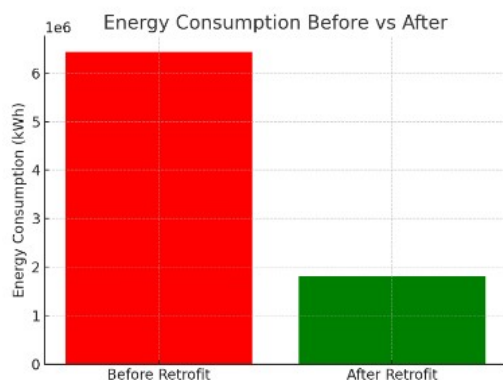


Co-funded by
the European Union



Резултати

- Намаляване на първичната енергия: 71.8%
- Намаляване на емисиите на CO₂: 67%
- Коефициент на енергийна ефективност при охлаждане (EER) ≈ 7.1
- Пълно съответствие с изискванията за сградна енергийна ефективност



Показател	Преди обновяването	След обновяването	Намаление
Потребление на първична енергия	6,439,040 kWh	1,814,619 kWh	-71.82 %
Крайна енергия (невъзобновяема)	490.45 toe	156 toe	-67.24 %
Емисии на CO ₂	1,517 t/year	497 t/year	-67.2 %



Co-funded by
the European Union



Принципи от двата демонстрационни обекта

Еднофамилна къща

Директно приложимо решение за голяма част от еднофамилните къщи в Централна и Източна Европа, построени в периода 1960–1990 г. (~15 милиона сгради); убедителна демонстрация за интегрирана реконструкция, включваща геотермална термopомпа (GSHP) + обновяване на сградните ограждащи елементи + PV/PVT системи.

Обновяване на сградните ограждащи елементи + нискотемпературна лъчиста система + GSHP + PV/PVT = сериозно намаляване на енергопотреблението и емисиите на CO₂ при високо ниво на комфорт при реконструкция на жилищни сгради.



Окръжна спешна болница

Модел за големи, критични обществени сгради (болници, клиники, големи офиси), стремящи се към постигане на целите за nZEB; доказва техническата осъществимост на големи геотермални полета, хибридни термopомпени, таванно лъчисто отопление и охлаждане и усъвършенствано BMS управление в обекти с непрекъснат режим на работа (24/7).

Нискотемпературна хибридна геотермална система + основно обновяване на сградните ограждащи елементи + интелигентно BMS управление = надеждна, съответстваща на nZEB изискванията реконструкция на здравни заведения с много висока



УРОК 47

От обследване към действие: планиране на
реконструкциите



Co-funded by
the European Union



Урок 47 Цели

- Запознаване със стъпките при планиране на успешна реконструкция с термопомпа.
- Изясняване на ролята на енергийните обследвания и 3D сканирането при вземането на технически решения.
- Усвояване на методи за изчисляване на потребността от отопление и оценка на съвместимостта на сградата.
- Прилагане на правилни критерии за избор и оразмеряване на термопомпени.
- Интегриране на поуките от реални демонстрационни проекти за реконструкция.



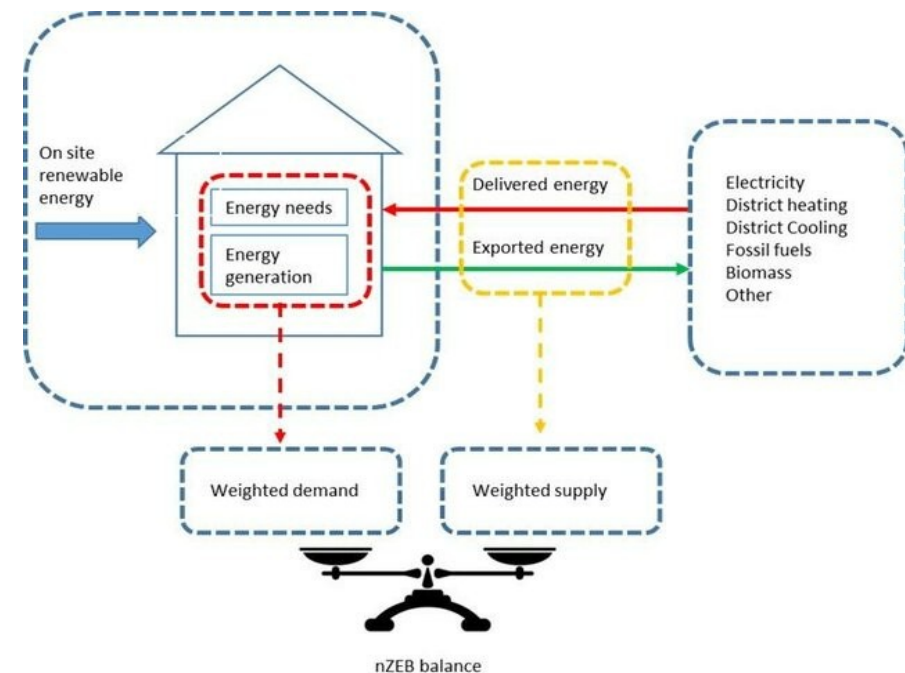
Урок 47 Съдържание



От обследване към действие

- Успехът на обновяването започва с правилно обследване.
- Резултатите от обследването трябва да се претворят в конкретни проектантски решения.
- Потребността от отопление определя:
 - ✓ Оразмеряването (мощността) на термопомпата.
 - ✓ Проектирането на разпределителната система.
 - ✓ Инвестиционните разходи и ефективността.

 Ключово послание: Липсата на изчисления = погрешно избрана система



Co-funded by
the European Union



Защо изчисляването на потребността от отопление е от съществено значение

- Избягва се преоразмеряването
→ предотвратява се циклирането
(тактуването) на компресора.
- Гарантира се комфорт при
изчислителни външни температури.
- Балансират се инвестиционните
разходи спрямо експлоатационните
показатели.
- Позволява правилно зонироване и
избор на стратегия за управление.

 **Практическо правило:**
Преоразмерените
термопомпени струват повече
и работят по-лошо



Изчисляване на потребността от отопление – (EN 12831)

Загуби от топлопреминаване :

$$Q_t = \sum (U_i \times A_i \times \Delta T)$$

Където:

- U = коефициент на топлопреминаване [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]
- A = площ [m^2]
- ΔT = температурна разлика между вътрешния и външния въздух [$^{\circ}\text{C}$]

Вентилационни топлинни загуби:

$$Q_v = 0.33 \times n \times V \times \Delta T$$

Където:

- n = кратност на въздухообмена за час
- V = отопляем обем [m^3]

Обща потребност от отопление:

$$Q_{total} = Q_t + Q_v$$



Приложи запас: +10–15%



Co-funded by
the European Union



Опростен метод за оценка

Оценка на база площ:

$$\dot{Q}_h = A \times q$$

Където:

- A = отопляема площ [m^2]
- q = специфична топлина [kW/m^2]

👉 Подходящ за **ранен етап на планиране**, а не за окончателно проектиране.

Типични стойности:

<u>q</u> (kW/m^2)	<u>Тип сграда</u>
0.03	Нискоенергийна къща
0.05	Сграда с минимална изолация
0.08	Стандартна сграда (след 1980 г.)
0.12	Без изолация

Преглед на опциите за термопомпени

Термопомпи „въздух-вода“ (ASHP)

- Лесен и бърз монтаж.
- По-ниски първоначални (инвестиционни) разходи.
- Ефективността спада при ниски външни температури.
- Шум на открито (40–60 dB).

Геотермални термопомпени / „земя-вода“ (GSHP)

- Много висока и стабилна ефективност.
- Безшумна работа.
- По-висока първоначална инвестиция.
- Дълъг експлоатационен срок (над 50 години за външния земен контур).

Термопомпи „вода-вода“ (WSHP)

- Най-високи нива на ефективност.
- Изискват разрешителни режими и управление на водните ресурси.
- Най-подходящи за институционални проекти и големи сградни комплекси .

Хибридни системи

- Комбинират различни технологии (напр. GSHP + ASHP).
- Покриване на пикови товари и осигуряване на резервираност.
- Идеални за болници и сгради с непрекъснат режим на работа (24/7).



Co-funded by
the European Union



Рамка за вземане на решения

Тип	CAPEX & CMP	Сезонна ефективност и работа при ниски температури	Шум / Визуално въздействие	Пространство и разрешителни	Възможност за охлаждане	Най-подходящо приложение
ASHP (Въздух-Вода)	Ниски; минимални строително-монтажни работи (CMP)	Добра при мек до умерен климат; спада при силен студ	Шум от външния вентилатор; видими външни тела	Много малка площ за монтаж; облекчени разрешителни	Реверсивна система	Градска среда / ограничени пространства, бързи реконструкции, по-нисък бюджет
GSHP (Земя-Вода)	Високи; сондажни работи	Висока и стабилна; отлична при ниски външни температури	Много тиха работа; невидими външни компоненти	Нужда от терен/достъп за сондажна техника; разрешителни	Активно + пасивно (свободно) охлаждане	Студен климат, високи топлинни товари, дългосрочен фокус върху OPEX
WSHP (Вода-Вода)	Средни до високи; специфични за обекта	Много висока; стабилен топлинен източник	Много тиха работа	Изисква права за водовземане/разрешителни; филтрация	Високоэффективно охлаждане	Обекти с достъп до водоносен хоризонт (подземни води) / езера / реки; големи сградни комплекси (кампуси)
Hybrid	На етапи	Оптимизирана целогодишно	Зависи от съотношението в микса	Смесени изисквания	Гъвкава система	Критична инфраструктура, управление на пикови товари, резервираност



УРОК 48

Понижаване на температурата на топлоносителя във водни отоплителни системи

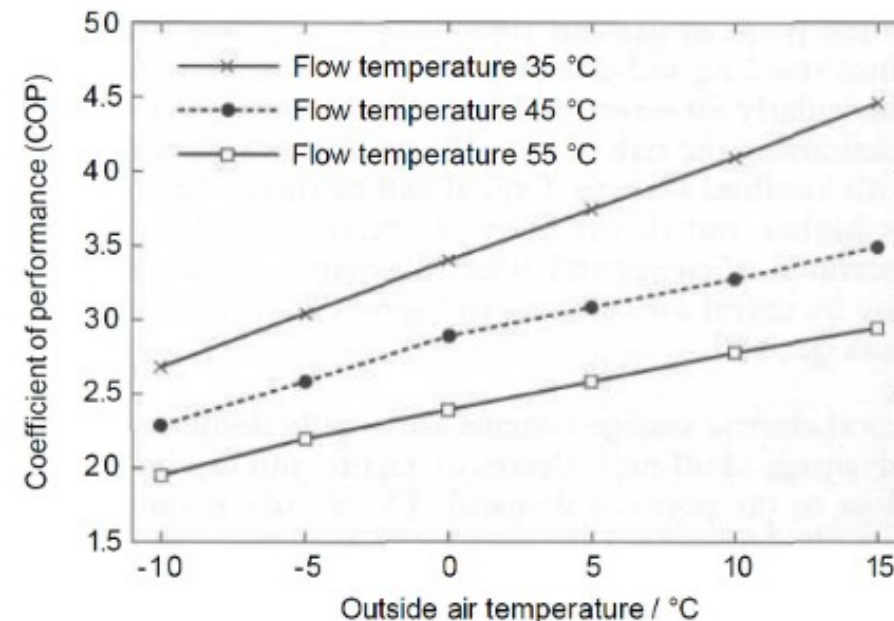


Co-funded by
the European Union



Урок 48 Цели

- Разбиране на връзката между температурата на топлоносителя и ефективността на термопомпата.
- Идентифициране на две ключови стратегии: намаляване на топлинния товар на сградата и увеличаване на площта на отоплителните тела.
- Прилагане на поуки от реалните проекти за реконструкция на къщата и болницата в Орадея.
- Анализирание на изменението на сезонния коефициент на трансформация (SCOP) в зависимост от подаващата и връщащата температура.



Ефективност на термопомпите в зависимост от температурата на подаване
Източник: Energy efficiency in buildings, CIBSE Guide F, second edition, January 2004.



Урок 48 Съдържание



Трите лоста за постигане на висока ефективност

1. Намаляване на потребността от топлина	Изоляция на ограждащите елементи
	Въздухоплътност и вентилация
	Намален пиков товар
2. Понижаване на температурата на подаване	По-голяма площ на отоплителните тела
	Управление по външна температура (климатично регулиране)
	Намаляване на температурната разлика
3. Стабилна работа	Хидравлично балансиране
	Надеждно електрическо захранване
	Непрекъсната модулация (инверторно управление)

Какво всъщност се променя при понижаване на температурата

Понижаването на температурата на подаване трансформира начина, **по който функционира цялата система.**

Типична тенденция за сезонен коефициент (SCOP):

~35 °C подаване → по-висок SCOP

~50 °C подаване → по-нисък SCOP

~60 °C подаване → значително по-нисък SCOP



Причина → Следствие

- Намаляване на температурната разлика → по-малко механично натоварване на компресора.
- По-малко натоварване → по-висок SCOP
- По-висок SCOP → по-ниска консумация на електроенергия
- По-ниска консумация → предвидими експлоатационни разходи

Всеки **10 °C понижение** на температурата на подаване → **+15–20% SCOP**

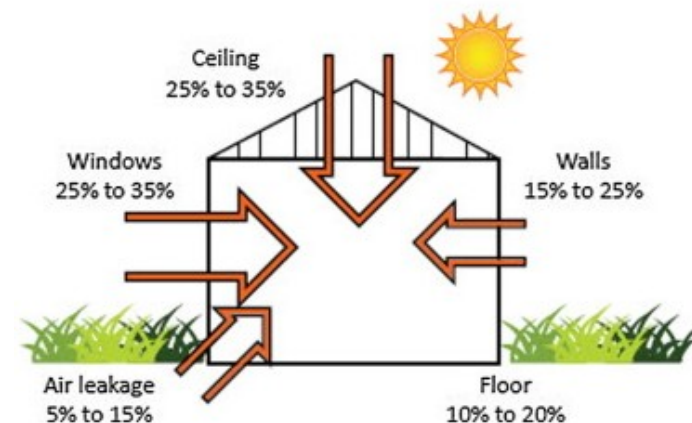
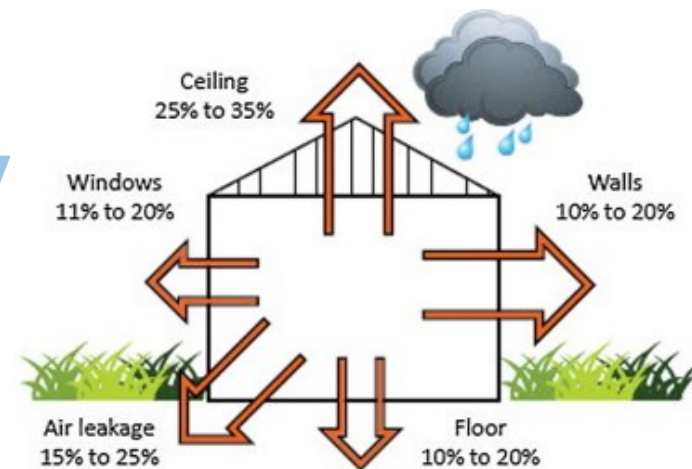


Изоляция и топлинни загуби

Големите загуби налагат високи температури на подаване и намаляват ефективността.

- Лоша изолация → големи загуби от топлопреминаване.
- Големи загуби → висока потребна мощност на отоплителните тела.
- Висока мощност → по-висока температура на подаване.
- По-висока температура → по-нисък COP/SCOP.

Не можете да компенсирате топлинните загуби с „по-добра“ термопомпа.



Топлинен поток в неизолирана къща

Източник: Ingy El-Darwish, Mohamed Goma, Retrofitting strategy for building envelopes to achieve energy efficiency, . Alexandria Engineering Journal, Volume 56, Issue 4, December 2017, Pages 579-589

УРОК 49

Модификации на хидравличните схеми

Урок 49 Цели

- Разбиране на ограниченията на съществуващите водни отоплителни системи при интегриране на термopомпени.
- Идентифициране на предимствата на системите за таванно лъчисто отопление в сравнение с традиционните радиаторни кръгове.
- Усвояване на практически стратегии за балансиране на дебитите, хидравлично разделяне и изолация.

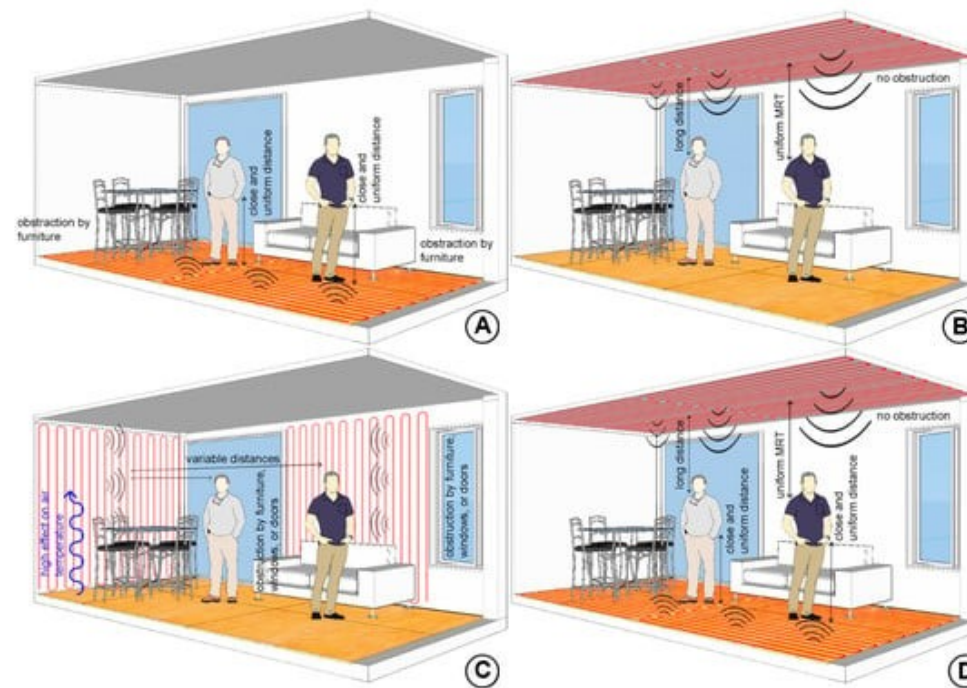
Урок 49 Съдържание



Отоплителни тела: превръщане на повърхностите в партньори за енергийна ефективност

При ниски температури площта на повърхността заменя високата температура като основен фактор за осигуряване на комфорт.

- Радиаторите зависят от висока температурна разлика ΔT и конвекция
- Лъчистите системи работят чрез големи площи за топлообмен.
- Комфортът се осигурява приятно, равномерно и безшумно.



(A) Подови лъчисти системи; (B) Таванни лъчисти системи;
(C) Стенни лъчисти системи; (D) Комбинирани подови и таванни лъчисти системи

Източник: Do, H.Q.; Luther, M.B.; Amirkhani, M.; Wang, Z.; Martek, I.
Radiant Conditioning Retrofitting for Residential Buildings. Energies 2022,
15, 449. <https://doi.org/10.3390/en15020449>



Co-funded by
the European Union



Хидравлика: тихият двигател на ефективността

Термопомпите зависят от **стабилен дебит**, а не от висока температура.

Стъпка по стъпка (Логическа последователност):

- Нискотемпературните системи изискват **малка температурна разлика ΔT ($\approx 5-7$ °C)**
- Малката температурна разлика ΔT изисква **правилно изчислени дебита**
- Правилният дебит изисква **балансиране и контрол на налягането**.



Ключови компоненти и мерки:

- Циркулационни помпи с променливи обороти (честотно управление)
- Баланс вентили или регулиращи вентили, независими от налягането
- Буферни съдове за предотвратяване на често включване и изключване (тактуване)
- Напълно изолирани тръбопроводи и арматура

УРОК 50

Електрическа интеграция на термопомпени



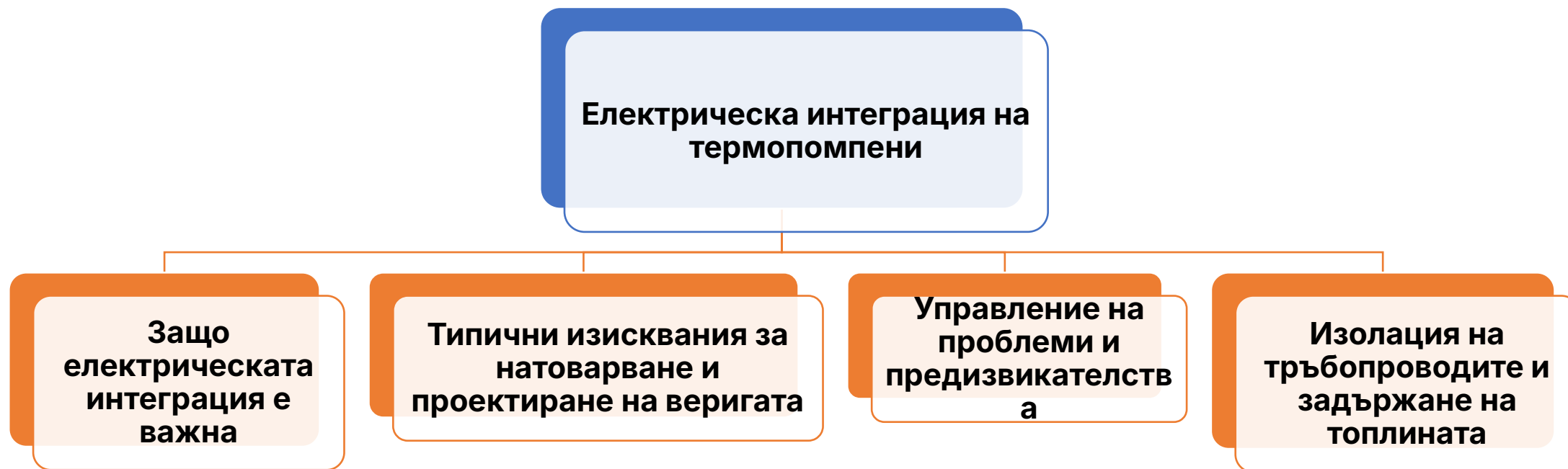
Co-funded by
the European Union



Урок 50 Цели

- Разбиране на ограниченията на съществуващите електрически системи при сценарии за реновиране.
- Разпознаване на основните електрически изисквания за безопасен монтаж на термопомпени.
- Усвояване на стратегии за управление на пусковия ток и пиковото потребление.
- Запознаване с основните концепции за интеграция на интелигентни мрежи (smart grid).

Урок 50 Съдържание



Невидимата основа на успешната реновация

- Проверете капацитета на захранването и главното табло – Проверете номиналния ток на главния прекъсвач и стабилността на напрежението преди проектиране.
- Използвайте подходящи защитни устройства – ДТЗ (Дефектно токова защита) тип А или F; специализирани прекъсвачи; защита от пренапрежение (SPD тип 2).
- Управлявайте пусковите токове – Избирайте инверторни компресори или добавете модули за плавен старт (soft-start).
- Осигуряване на непрекъсваемост на захранването – При болници или отдалечени райони предвидете съвместимост с резервни генератори или батерийни системи за съхранение на енергия (BESS).

Ключови изводи

Добре проектираната електрическа система гарантира:

- ✓ Безопасност
- ✓ Съвместимост с мрежата
- ✓ Оптимизация на разходите
- ✓ Дългосрочна надеждност

УРОК 51

Въвеждане в експлоатация и проверка на ефективността



Co-funded by
the European Union



Урок 51 Цели

- Разбиране на целта и стъпките за въвеждане в експлоатация при подмяна на съществуващи отоплителни системи с термопомпени.
- Идентифициране на ключовите проверки на системата преди, по време на и след първоначалния пуск.
- Научаване на начините за проверка на ефективността чрез измерване и мониторинг.
- Прилагане на научените поуки от обновяването на къщата в Орадея и реновирането на болници.

Урок 51 Съдържание



Какво представлява въвеждането в експлоатация?

Преди първоначалния пуск:
Проверете готовността на системата

Хидравличен контур	Напълнен, обезвъздушен, без видими течове
Електрическа верига	Правилно оразмерени прекъсвачи, работеща ДТЗ, надеждни връзки
Буфер / Разширителен съд	Правилно оразмерени, с проверено предварително налягане, изолирани
Отоплителни тела	Отворени вентили, потвърден дебит, без задържан въздух
Бойлер за БГВ	Свързан съд, монтирани температурни сензори
Контролер	Настроена подходяща отоплителна крива и времеви график

Функционални изпитвания на реновираната система

Подсистема	Проверка	Целева стойност / Наблюдение
Компресор	Плавна работа при стартиране, без вибрации	Постепенно развъртане (модулация) чрез инвертора
Циркулационни помпи	Потвърден дебит чрез разходомери	Стабилен дебит в рамките на 5% от проектния
ΔТ (отопление)	Разлика подаване – връщане	5–7 °C
ΔТ (охлаждане)	Разлика подаване – връщане	3–5 °C
БГВ (ако има)	Тест на времето за подгряване	В рамките на техническите спецификации
Размразяване (само за източник въздух)	Проверен автоматичен цикъл за размразяване	Изпълнен изцяло в рамките на нормативното време

Проверка на ефективността на модернизираната система

Показател	Формула / Метод	Целева стойност
СОР (моментен)	Топлинна мощност ÷ Консумирана електрическа мощност	>2.5 (в зависимост от температурата)
ΔT при отоплителни тела	Температура на подаване – Температура на връщане	3–7°C
Консумация на ток	Амперметър+ напрежение	Съответства на номиналната спецификация
Стайна температура	Въздушен сензор в зоната	Зададена стойност ±1°C

Практически съвети

- ✓ Следвайте протоколите за проверка (чек-листите) на БДС EN 14336 за водни системи за отопление и охлаждане.
- ✓ Винаги проверявайте дебита и температурната разлика (ΔT) преди подаване на електрозахранване.
- ✓ Документирайте всички показания – включете екранни снимки от BMS системата или регистратора на данни.
- ✓ Използвайте амперклещи и термографска (IR) камера за потвърждаване поведението на компресора и тръбопроводите.
- ✓ Оставете системите да се стабилизират в продължение на 48 часа преди окончателното валидиране на сезонната ефективност (SCOP).
- ✓ Предоставете на клиента ясно „Ръководство за експлоатация от потребителя“.
- ✓ Планирайте първия и последващ оглед (инспекция)



УРОК 52

Комфорт на крайния потребител и поведенчески фактори



Co-funded by
the European Union



Урок 52 Цели

- Разбиране на начина, по който нискотемпературните термопомпени системи влияят върху субективното усещане за комфорт у потребителите.
- Идентифициране на чести поведенчески грешки, които намаляват ефективността на системата.
- Научаване на начините, по които интелигентното управление и обучението на потребителите подобряват крайните резултати.
- Прилагане на научените поуки от обновяването на къщата в Орадея и реновирането на болницата.

Lesson 52 contents



Възприемане на комфорта при нискотемпературни системи

Традиционни котли (75–80 °C на подаване):

- Радиаторите са горещи при допир.
- Помещенията се затоплят бързо, но неравномерно.

Термопомпи с лъчисто таванно отопление/охлаждане (35–45 °C на подаване):

- Повърхностите се усещат съвсем леко топли или хладни.
- Комфортът се постига чрез равномерно, фоновото отопление/охлаждане.
- Температурните промени са по-бавни, но по-стабилни.

 Цитат от потребител: „Радиаторите се усещат хладни – работи ли изобщо системата?“

Отговор: Да, при термопомпите комфортът идва от постоянното поддържане на температурата на ниски нива, а не от резки пикове с висока температура.

Практически съвети

- При предаване на обекта обяснете, че отоплителните тела може да се усещат хладни, но помещенията остават топли.
- Насърчавайте непрекъснатата работа на системата; избягвайте пълното ѝ изключване през нощта.
- Демонстрирайте в реално време използването на мобилното приложение или термостата.
- Монтирайте сензори за влажност и точка на оросяване при системи с лъчисто охлаждане.
- Предоставете печатни и цифрови ръководства на местния език.
- Планирайте последващи посещения, за да затвърдите правилното поведение на потребителите при работа със системата.

**Ключов извод:
Когато
потребителите се
доверят на
системата,
комфортът се
повишава, а
разходът на енергия
намалява.**

УРОК 53

Поддръжка и дългосрочен мониторинг



Co-funded by
the European Union



Урок 53 Цели

- Разбиране на изискванията за поддръжка на термопомпени системи при реконструкция на обекти.
- Идентифициране на чести експлоатационни неизправности и подходи за диагностика.
- Научаване на методи за дългосрочен мониторинг за запазване на ефективността и надеждността на системите.
- Прилагане на научените поуки от казусите с жилищната сграда в Орадея и реновирането на болницата.
- Запознаване с концепциите за дигитални двойници (digital twin) и прогнозна поддръжка (predictive maintenance) за напреднала оптимизация.

Урок 53 Съдържание



Кратко обучение на крайния потребител: Задачи по поддръжката

Компонент	Действие	Честота
Филтри (въздушни/хидравлични)	Почистване или подмяна	На всеки 3–6 месеца
Помпи и вентили	Проверка за шум, дебит и вибрации	Ежегодно
Разширителни съдове	Проверка на налягането, допълване (зареждане) при необходимост	Ежегодно
Електрически връзки	Притягане, инспекция за корозия	Ежегодно
ДТЗ и прекъсвачи	Тест на функционалност	Ежегодно
Датчици и термостати	Проверка на калибрирането	Ежегодно
Кръг на хладилния агент	Тест за течове съгласно Регламента за флуорираните парникови газове (ЕС 517/2014)	Ежегодно или при необходимост
Софтуер/BMS	Актуализиране на фърмуера, архивиране на настройките	При налични актуализации

Управление и мониторинг: Поддържане на висока ефективност

Нискотемпературните системи изискват **прецизност**, а не ръчна намеса.

- Отоплителната крива с компенсация по външна температура регулира температурата на подаване автоматично.
- Зонирането осигурява комфорт, без да нарушава дебита на системата.
- Контролът на точката на оросяване защитава повърхностите при лъчисто охлаждане.
- Мониторингът проследява COP, ΔT , разхода на енергия и комфорта.



Валидиране на ефективността на реконструираната система

Показател	Формула / Метод	Целева стойност
COP (моментен)	Топлинна мощност ÷ Консумирана електрическа мощност	>2.5 (в зависимост от температурат а)
ΔT при отоплителните тела	Температура на подаване – Температура на връщане	3–7°C
Консумация на ток	Амперметър+ напрежение	Съответства на номиналната спецификация
Стайна температура	Въздушен сензор в зоната	Зададена стойност $\pm 1^\circ\text{C}$

Референции

- **European Committee for Standardization.** (2017). *EN 12831-1: Energy performance of buildings – Method for calculation of the design heat load.* Brussels.
- **International Organization for Standardization.** (2017). *ISO 52016-1: Energy performance of buildings – Energy needs for heating and cooling.* Geneva.
- **European Commission.** (2018). *Directive (EU) 2018/844 amending the EPBD.* Brussels.
- **European Commission.** (2020). *Renovation Wave Strategy for Europe.* COM(2020) 662 final.
- **IEA.** (2022). *Heat Pumps – Tracking Clean Energy Progress.* Paris.
- **IEA.** (2023). *The Future of Heat Pumps.* Paris.
- **EHPA.** (2022). *Heat Pumps in Buildings – Applications, Efficiency and System Integration.* Brussels.
- **EHPA.** (2023). *Best Practice Guide: Heat Pump Retrofit in Residential Buildings.* Brussels.
- **REHVA.** (2012). *Guidebook No. 7 – Low Temperature Heating and High Temperature Cooling.* Brussels.
- **REHVA.** (2018). *Guidebook No. 23 – Renovation of Buildings with HVAC Systems.* Brussels.
- **Fraunhofer ISE.** (2020). *Heat Pump Systems in Existing Buildings – Performance and Design Strategies.* Freiburg.
- **Fraunhofer ISE.** (2022). *Monitoring Results of Heat Pump Retrofits in Europe.* Freiburg.
- **ASHRAE.** (2020). *ASHRAE Handbook – HVAC Systems and Equipment.* Atlanta.
- **ASHRAE.** (2021). *ASHRAE Handbook – Fundamentals.* Atlanta.
- Lund, H., Werner, S., Wiltshire, R., Svendsen, S., Thorsen, J. E., Hvelplund, F., & Mathiesen, B. V. (2014). *4th Generation District Heating.* **Energy**, 68, 1–11.
- Buffa, S., Cozzini, M., D'Antoni, M., Baratieri, M., & Fedrizzi, R. (2019). *5th generation district heating and cooling systems.* **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 104, 504–522.
- Brandl, D., Mach, T., Karmann, C., & Struck, C. (2016). *Evaluating thermal comfort and energy performance of radiant heating and cooling systems.* **Energy and Buildings**, 109, 351–363.
- European Union. (2019). *EU Guidelines for Nearly Zero-Energy Buildings (nZEB).* Publications Office of the EU.
- **IDAIE.** (2023). *Guía Técnica de Bombas de Calor en Rehabilitación de Edificios.* Madrid.
- Heppasli, A., & Kalinci, Y. (2009). *A review of heat pump water heating systems.* **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 13(6–7), 1211–1229.

