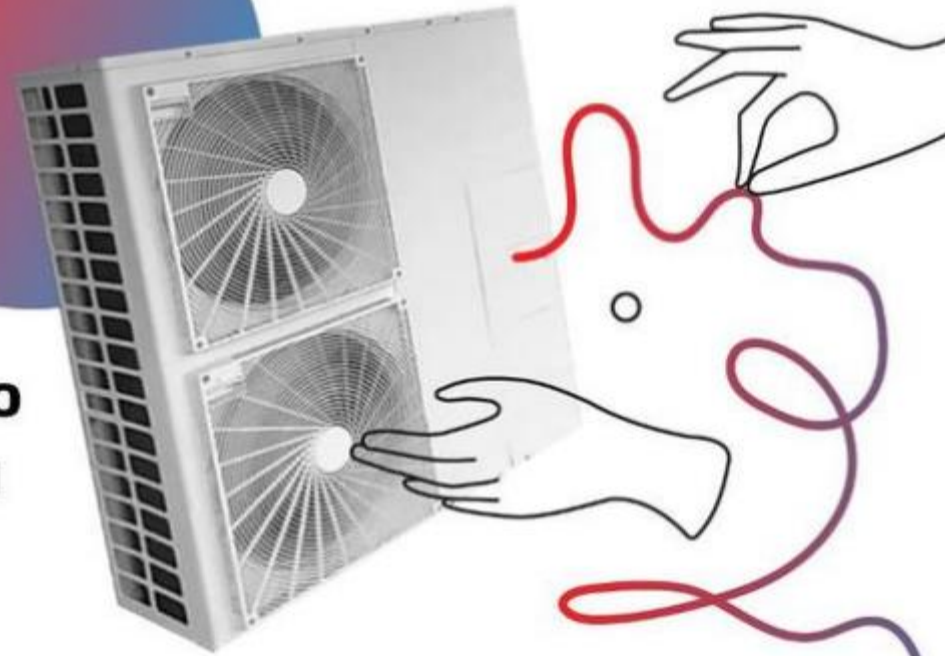


12 вересня 14:00 Zoom

Теплові насоси

у системах центрального
опалення: як встановити
та скільки коштує



Вебінар 12.09.2022

ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ У СИСТЕМАХ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Нікола Ботзов
nb@planenergi.dk
+45 7185 1214

Пернілле Хартмунд Йоргенсен
phaj@planenergi.dk
+45 2232 8806

ПЛАН

1. Представлення PlanEnergi
2. Загальна інформація про теплові насоси
3. Технічні аспекти
4. Економічні аспекти
5. Приклади використання теплових насосів у системах ЦТ Данії
6. Обговорення

ХТО ТАКІ PLANENERGI?

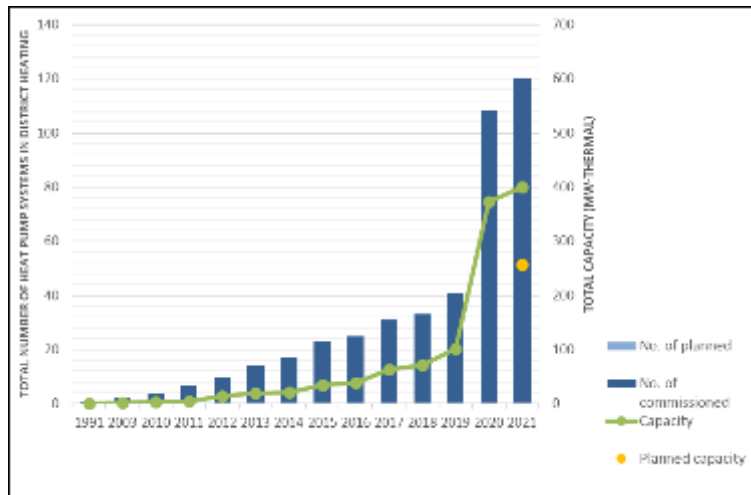
- Консалтингова інжинірингова фірма у сфері інжинірингу
 - Понад 38 років роботи зі стійкою та відновлюваною енергією
 - 49 співробітників
 - Офіси в:
 - Скорпінгу
 - Орхусі
 - Копенгагені
 - Оборот у 2021р.: 35 млн данських крон
 - Капітал: 8.3 млн данських крон
 - 11 спеціалізованих на одному напрямку команд
 - Рада з 8 членів. 5 з яких — зовнішні, а 3 обирають співробітники
- Центральне тепlopостачання
 - Генеральні плани та основоположні дані для прийняття рішень
 - Розширення та переобладнання централізованого тепlopостачання
 - Великомасштабні теплові насоси
 - Надлишок тепла
 - Централізоване опалення на сонячних батареях
 - Акумулятори теплової енергії
 - Гідравлічний і термічний аналізи та оптимізація мереж
 - Стратегічне енергетичне планування
 - Картографування
 - Стратегії
 - Плани дій
 - Планування опалення
 - Біогаз
 - Просторове планування сонячних електростанцій і вітрових турбін
 - Міжнародні науково-дослідні проєкти (IEA, Horizon тощо)



Теплові насоси в системах центрального теплопостачання Данії

Зниження оподаткування електроенергії у 2019 році призвело до її розквіту:

- Загальна кількість заводів в експлуатації: 120
- Загальна теплова потужність: 400 МВт



Теплові насоси в системах центрального теплопостачання Данії

• Питна вода та підземні води	5	7 МВт
• Морська вода	3	9 МВт
• Централізоване охолодження	2	10 МВт
• Сонячне (теплове) охолодження	6	9 МВт
• Димові гази	15	24 МВт
• Стічні води	4	32 МВт
• Відпрацьоване тепло	18	104 МВт
• Повітря	66	204 МВт

ТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ

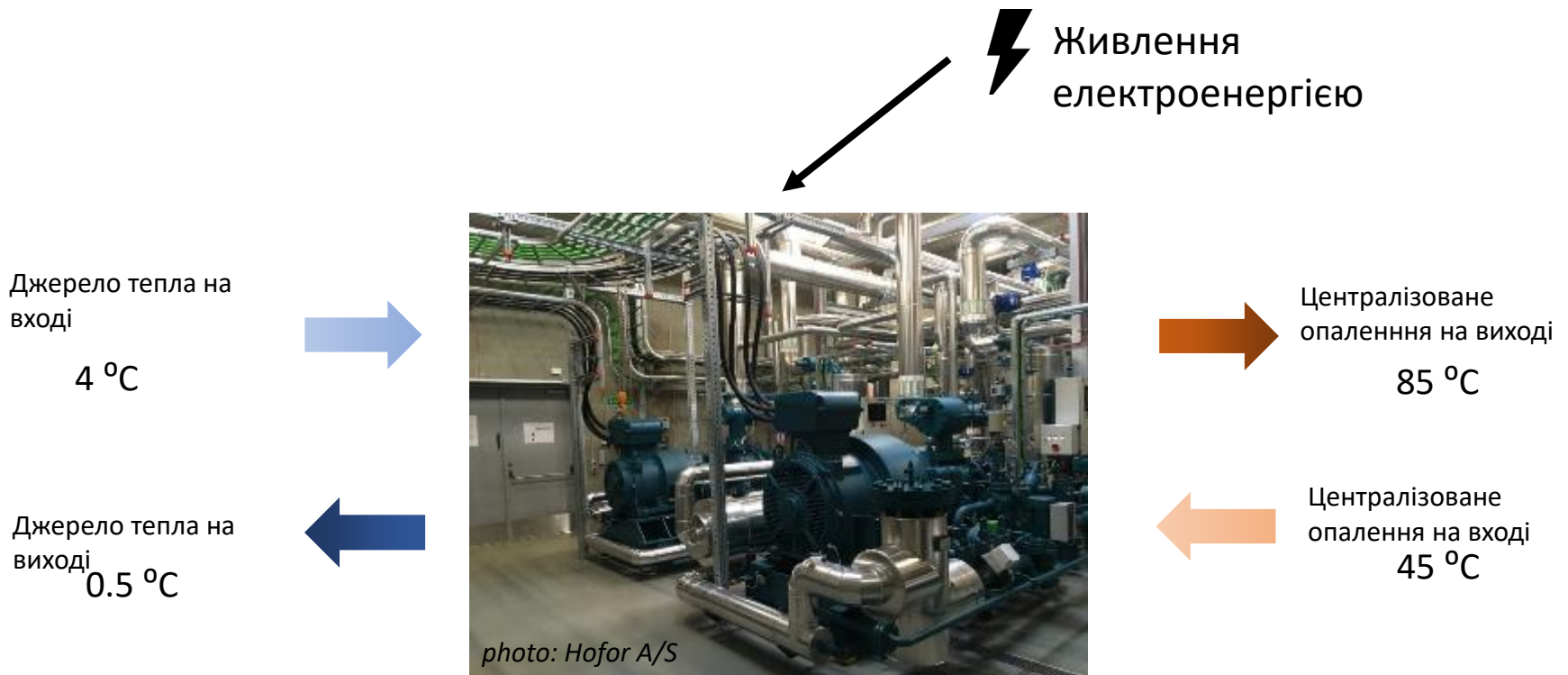
Принцип роботи теплового насоса

Теплова потужність — 5 МВт
Джерело тепла: морська вода
Тепловідвід: централізоване
теплопостачання в Копенгагені



ТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ

Принцип роботи теплового насоса



Коефіцієнт ефективності =
тепло на виході / електроенергія на вході

ТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ

Технологія теплового насоса

Цикл стиснення пари



Важливо для КЕ:
Менша різниця температур \rightarrow Вищий КЕ

ТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ

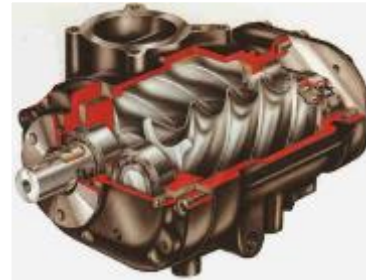
Компоненти теплового насоса

- Компресор

потужність →



поршневий



гвинтовий



відцентровий

- Випарник



Пластинчастий теплообмінник для рідин



Планшет для повітря



V-подібний розгалуджувач повітря

ТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ Холодоагенти

- Природні (аміак, CO2, пропан, вода, тощо)
- Синтетичні/HFC/HFO (R32, R134a, R1234yf, тощо)

- ODP (ПРОШ) = потенціал руйнування озонового шару
- GWP (ПГП) = потенціал глобального потепління

- Нові холодоагенти HFO
 - Синтетичний, але з низьким GWP (ПГП)
 - Певною мірою невідомі побічні ефекти.

ATMO sphere x FGN
Impact of Refrigerants: Fact Sheet #1 (V.1.1.)
Real GWP: 20 years vs. 100 years

Refrigerant	Type	Composition	GWP ¹⁰⁰	GWP ²⁰
R404A	HFC	44% R125 / 4% R134a / 52% R145a	4,200	6,600
R22	HCFC	100% R22	1,780	5,310
R407A	HFC	20% R22 / 40% R125 / 60% R134a	2,160	4,500
R410A	HFC	50% R125 / 50% R32	2,100	4,400
R407C	HFC	22% R22 / 25% R125 / 53% R134a	1,720	4,100
R134a	HFC	100% R134a	1,360	3,810
R448A (Solstice N40)	HFO/ HFO	20% R32 / 20% R125 / 21% R134a / 7% R1234ze / 23% R1234yf	1,460	3,100
R449A (Opteon XP90)	HFO/ HFO	24.2% R32 / 24.7% R125 / 25.7% R134a / 25.3% R1234yf	1,460	3,100
R449C (Opteon XP23)	HFO/ HFO	20% R32 / 23% R125 / 24% R134a / 31% R1234yf	1,220	2,900
R32	HFC	100% R32	704	2,530
R450B (Opteon XL55)	HFO/ HFO	8% R32 / 7% R125 / 26% R1234yf	710	2,100
R123A (Opteon XP10)	HFO/ HFO	44% R134a / 56% R1234yf	600	1,700
R454B	HFO/ HFO	68.9% R32 / 31.1% R1234yf	490	1,700
R450A (Solstice N13)	HFO/ HFO	42% R134a / 58% R1234ze	570	1,600
R744	Natural	CO ₂	1	1
R600a	Natural	Isobutane	<1	<1
R290	Natural	Propane	<1	<1
R1270	Natural	Propylene	<1	<1
R717	Natural	NH ₃	0	0
R718	Natural	H ₂ O	0	0
R729	Natural	Air	0	0

Table 1. The real GWP impact of refrigerants on the environment from 20 years. Source: IAPFC

ТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ

Джерела тепла



Повітря

Інші джерела:

- Грунтові води
- Геотермальне тепло
- Стічні води
- Промислове відпрацьоване тепло
- Спільне виробництво тепла та охолодження
- Димовий газ



Морська
вода

ТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ

Технічні виклики

- Живлення електроенергією
- Стабільне джерело тепла
 - Перепади температури
 - Забруднення
 - Доступність
- Температурні обмеження
 - КЕ зменшується при високій температурі на виході
- Складно забезпечити розмне розморожування теплового насоса повітряного типу
 - КЕ зменшується при низьких температурах на вході

Запитання?



ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ

Фактори, що впливають на економічність теплового насоса::

- Інвестиційні витрати
- Параметри кредиту (процентна ставка, строк тощо)
- Витрати на експлуатацію та обслуговування
- * Вартість виробництва тепла в базовому сценарії

ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ

Інвестиційні витрати

Інвестиційні витрати у компресійних (на основі електрики) теплових насосах зазвичай складаються з таких категорій:

- Тепловий насос
- Плата за підключення до електромереж
 - * Кабель високої напруги
- Технологічна будівля
- Покупка землі
- * Теплоаккумулятор

ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ

Інвестиційні витрати

Компресійні теплові насоси:

- Тепловий насос на ґрунтових водах: 1 – 1,4 млн євро / МВт теплової потужності
- Тепловий насос на повітрі/воді: 0,8 – 1,2 млн євро / МВт теплової потужності
- Тепловий насос на надлишковому теплі: 0,6 – 1,1 млн євро / МВт теплової потужності
- Тепловий насос на морській воді: 0,5 – 1,2 млн євро / МВт теплової потужності

Абсорбційні теплові насоси:

- 0,6 – 0,8 млн євро / МВт теплової потужності

Компресійні теплові насоси найбільш поширені в системах централізованого теплопостачання.

ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ

Інвестиційні витрати

Підключення до електромереж :

- Вартість значною мірою залежить від типу підключення (висока напруга, середня напруга тощо), а також від компанії, що постачає електроенергію.
- Важливою також є відстань від найближчої електричної підстанції, оскільки віддаленість може збільшити витрати на підключення.

Технологічна будівля:

- Вартість технологічної будівлі дуже залежить від цін на матеріали та вартості робочої сили, а також від планування та якості будівлі.

Покупка землі:

- Ціна м² дуже залежить від географічного регіону та типу землі, але зазвичай це дуже незначна частка загальних інвестиційних витрат.

ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ

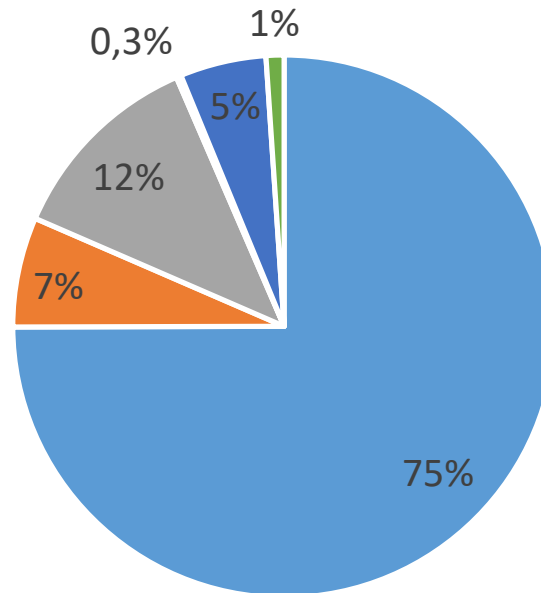
Інвестиційні витрати

* Теплоаккумулятор:

- Зазвичай добре поєднувати тепловий насос із накопичувальним резервуаром , тобто теплоаккумулятором, щоб збільшити гнучкість теплового насоса та зменшити залежність від коливання цін на ринку електроенергії.
- Вартість сталевого теплоаккумулятора зазвичай коливається від 130 000 до 180 000 євро / 1000 м².
- Для теплоаккумуляторів релевантною є економія на масштабі, оскільки вартість за м² менших резервуарів (менше ніж 1000 м²) значно вища.

ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ІНВЕСТИЦІЙНІ ВИТРАТИ

Distribution of investment costs in a 25 MW air/water heat pump



■ Heat pump

■ Grid connection

■ Technology building

■ Land purchase

■ Heat storage tank

■ Other

ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ

Параметри кредиту

Через високий рівень інфляції процентні ставки за кредитами на енергетичні проєкти зросли. Сьогодні вони становлять 2,5-3,5% в Данії.

Строк експлуатації більшості центральних теплових насосів для централізованого опалення становить приблизно 20 років, тому, інвестуючи в тепловий насос, доцільно отримати банківський кредит, який має бути виплачений протягом 20 років.

ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ

Витрати на експлуатацію

Витрати на експлуатацію великого компресійного теплового насоса складаються з таких елементів:

- Витрати на електроенергію
- Плата за транспортування в мережі
- Податки (якщо застосовано)
- Витрати на обслуговування
 - Зазвичай близько 2-3 євро / МВт·год виробленого тепла

ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ

Витрати на виробництво тепла

Витрати на виробництво тепла компресійними тепловими насосами дуже залежать від ціни електроенергії.

Середні витрати на експлуатацію становлять близько 15-35 євро / МВт·год виробленого тепла.

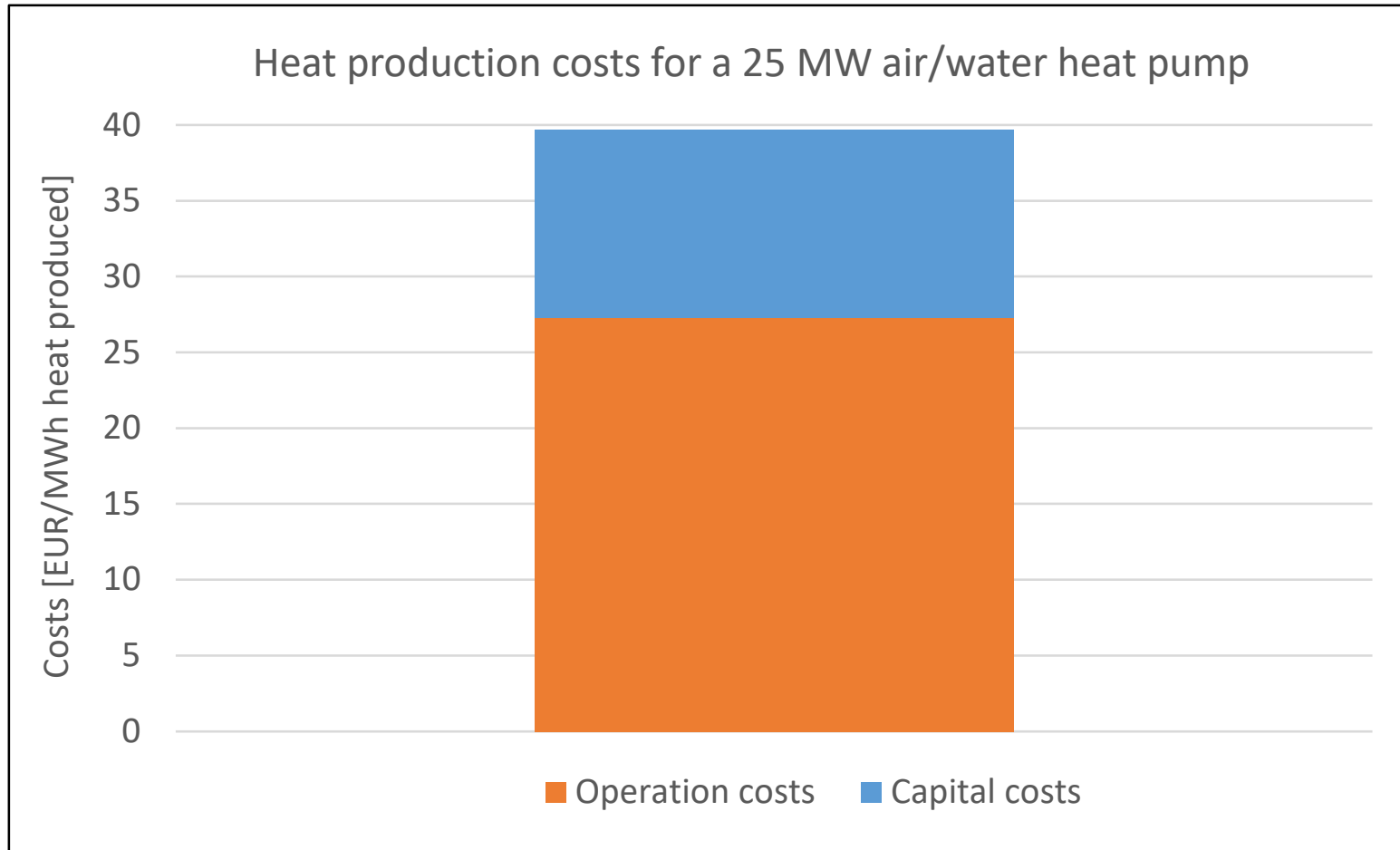
Капітальні витрати становлять близько 10-15 євро / МВт·год виробленого тепла.

Загальні витрати на виробництво тепла відрізняються залежно від різних типів теплових насосів і значною мірою залежать від цін на енергію, але загалом знаходяться в діапазоні 25-50 євро / МВт·год виробленого тепла.

Строк окупності проектів з тепловими насосами дуже залежить від витрат на виробництво тепла в базових сценаріях. Розрахунки на основі данських прикладів зазвичай свідчать про строк окупності менше ніж 10 років.

ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ

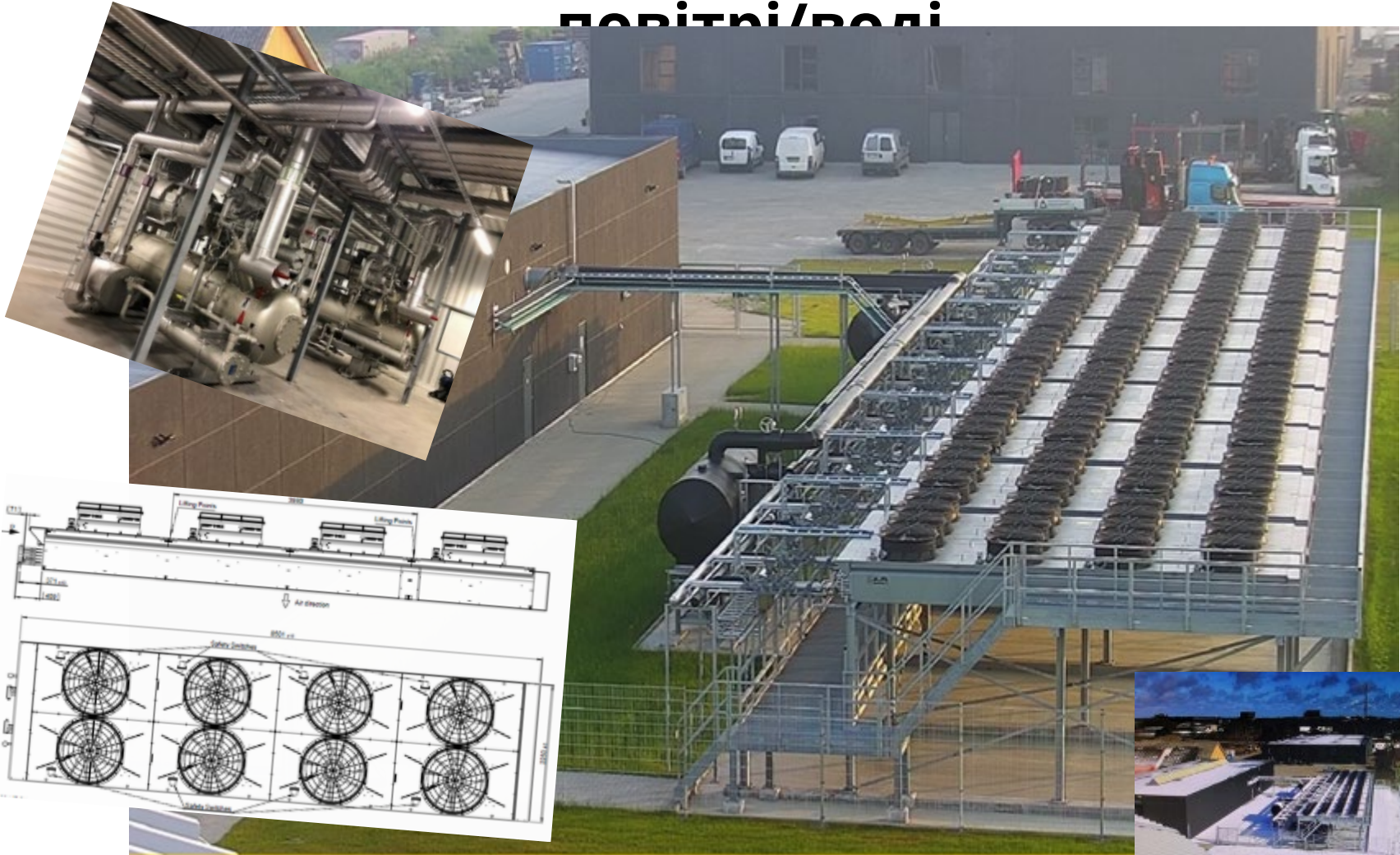
Витрати на виробництво тепла



Запитання?



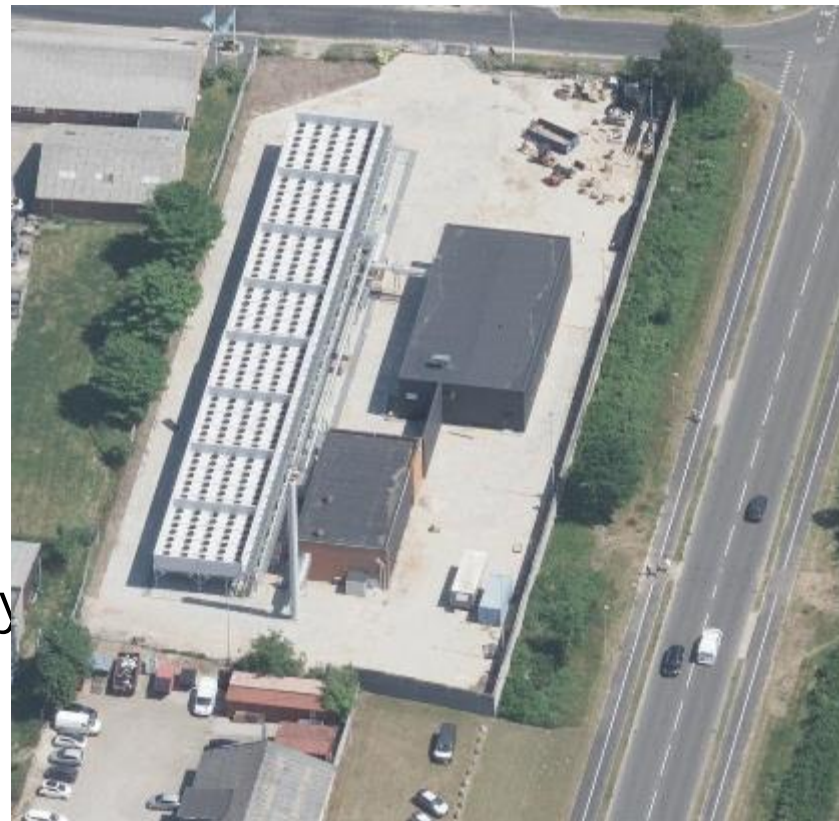
Приклади теплових насосів на повітрі/воді



Центральне опалення Бредструпа. Потужність 5,8 МВт, аміак/ NH_3

Приклад: Фаборг, потужність 10,5 МВт

- Аміак, NH_3
- 2 х гвинтові компресори
- 3 х гвинтові компресори + 5 х поршневі компресори
- 32 повітроохолоджувачі, які подають повітря вгору
- подача безпосередньо в мережу
- Акумулятор відсутній



- Планується встановлення акумулятора...

Приклад: Фарум, потужність 15 МВт

- Аміак, NH_3
 - 4 х гвинтові компресори +
5 х поршневі компресори
 - 64 повітроохолоджувачі,
які подають повітря вниз
 - Подача безпосередньо в мережу
 - Акумулятор відсутній
-
- Планується встановлення акумулятора...



Запитання?



Нікола Ботзов
nb@planenergi.dk
+45 7185 1214

Пернілле Хартмунд Йоргенсен
phaj@planenergi.dk
+45 2232 8806