SET HEAT

Програма у сфері довкілля та кліматичних дій

Підпрограма LIFE «Перехід до чистої енергії»

Проєкт SET_HEAT_RIVER

Промисловий тепловий насос, що використовує річкову воду як джерело тепла

Номер проєкту
101119793

Акронім проєкту:
LIFE22-CET-SET_HEAT

Конкурс:
LIFE-2022-CET

Тема:
LIFE-2022-CET-DH

Co-funded by the European Union

Співфінансовано Європейським Союзом. Висловлені погляди та думки належать лише автору (авторам) і не обов'язково відображають погляди Європейського Союзу або CINEA. Ні Європейський Союз, ні орган, що надає грант, не несуть за них відповідальності.

SET HEAT

Застереження

Співфінансовано Європейським Союзом. Висловлені погляди та думки належать лише автору (авторам) і не обов'язково відображають погляди Європейського Союзу або CINEA. Ні Європейський Союз, ні орган, що надає грант, не несуть за них відповідальності.

Co-funded by
the European Union

Зміст

— Вступ

— Концепція проєкту

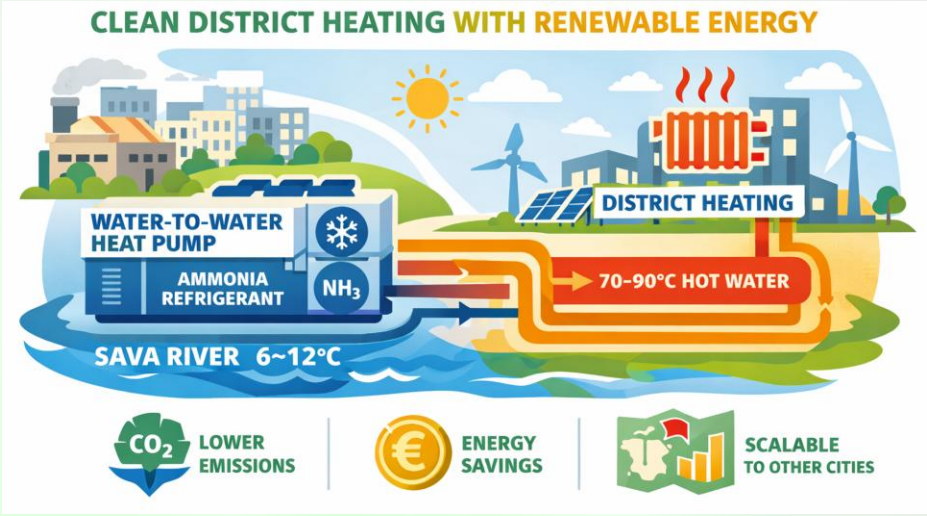
— Розташування, інтеграція та основні дані

— Технологія теплового насоса

— Результати моделювання

— Попередня оцінка прибутковості

— Висновки



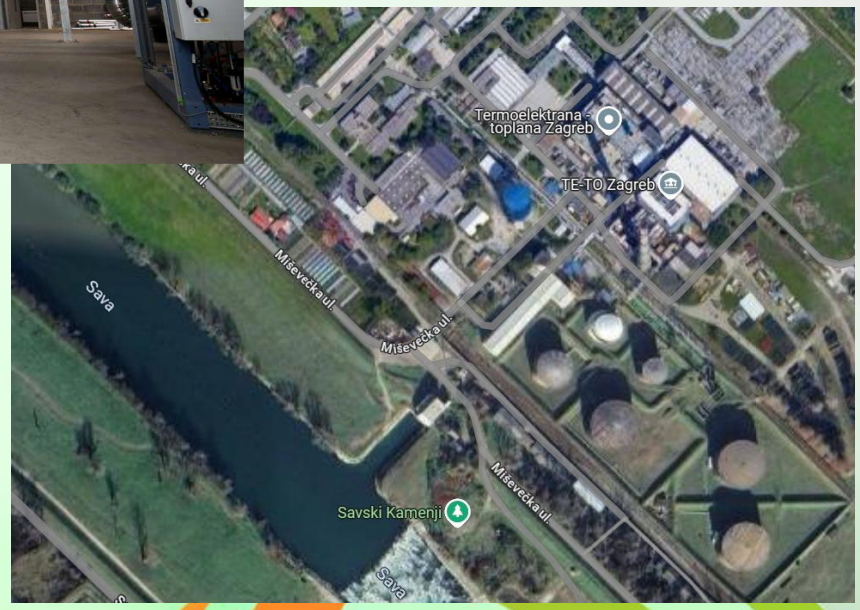
SET HEAT

Co-funded by the European Union

Вступ

Цей проєкт є важливою ініціативою з декарбонізації міста Загреб. Він передбачає створення системи теплових насосів «вода-вода»потужністю 21 МВт, що використовує річку Сава як відновлюване джерело тепла й зменшує залежність від природного газу.





SET HEAT

Co-funded by the European Union

Концепція проєкту

— Теплонасосна установка буде інтегрована з теплоелектростанцією ТЕ-ТО у Загребі.

— Буде встановлено теплонасосну установку «вода-вода» (WSHP) потужністю 21 МВт.

— Використання річки Сава як відновлюваного джерела тепла.

— Тепловий насос покриває базове навантаження.

— Шість каскадних теплових насосів на аміаку.

— Температура подачі до 90 °C.

— Газові котли використовуються лише для покриття пікових навантажень.

SET HEAT

Co-funded by the European Union

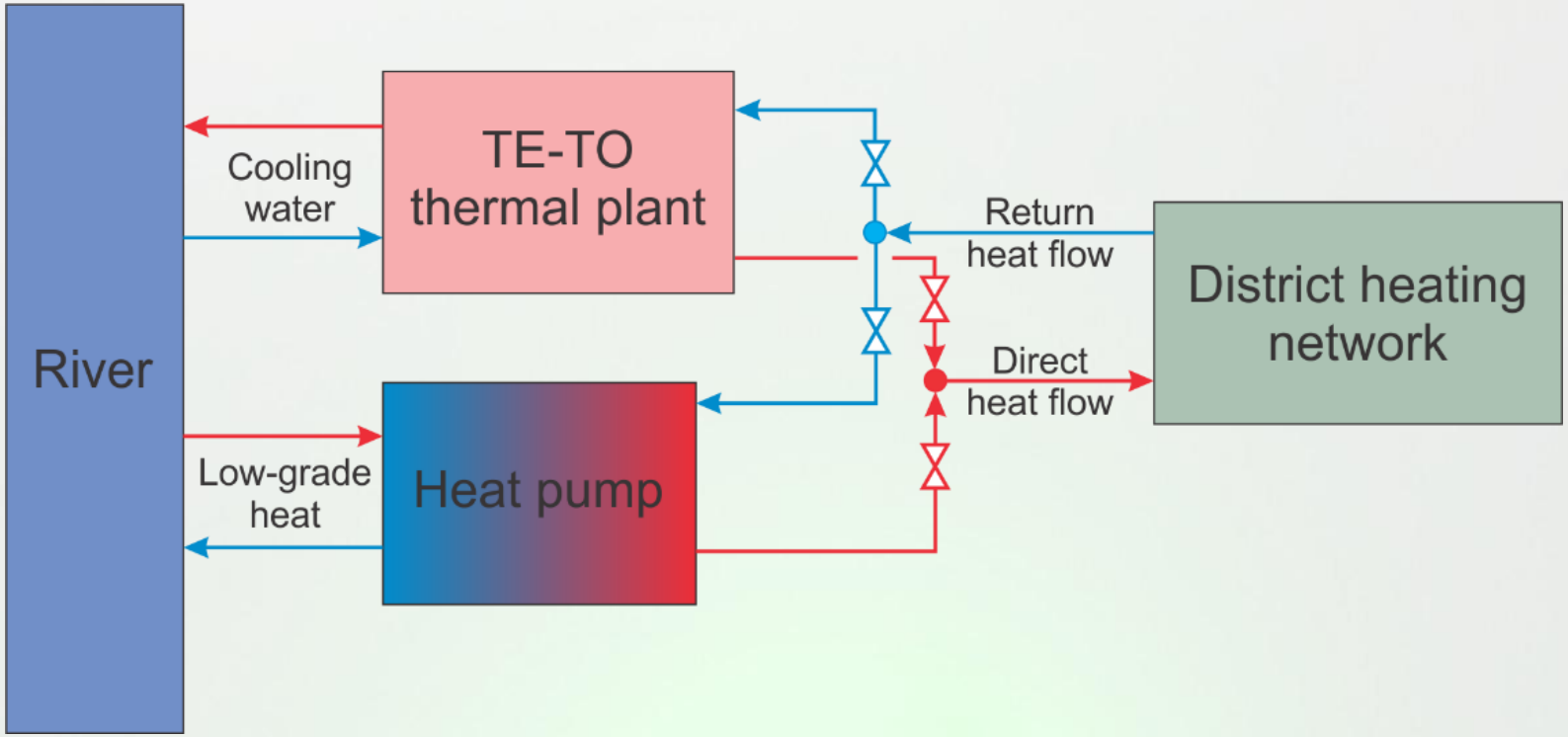
Вихідна ситуація

- Централізоване теплопостачання Загреба на 100% залежить від природного газу
- Річне виробництво тепла ТЕЦ ТЕ-ТО становить близько 210,6 ГВт·год.
- ТЕЦ ТЕ-ТО вже використовує воду річки Сава для охолодження конденсаторів.
- Мінімальна температура річки 4 °C.
- Вже є буферний теплоакумулятор (TTES) ємністю 750 МВт·год.

SET HEAT

Co-funded by the European Union

Інтеграція



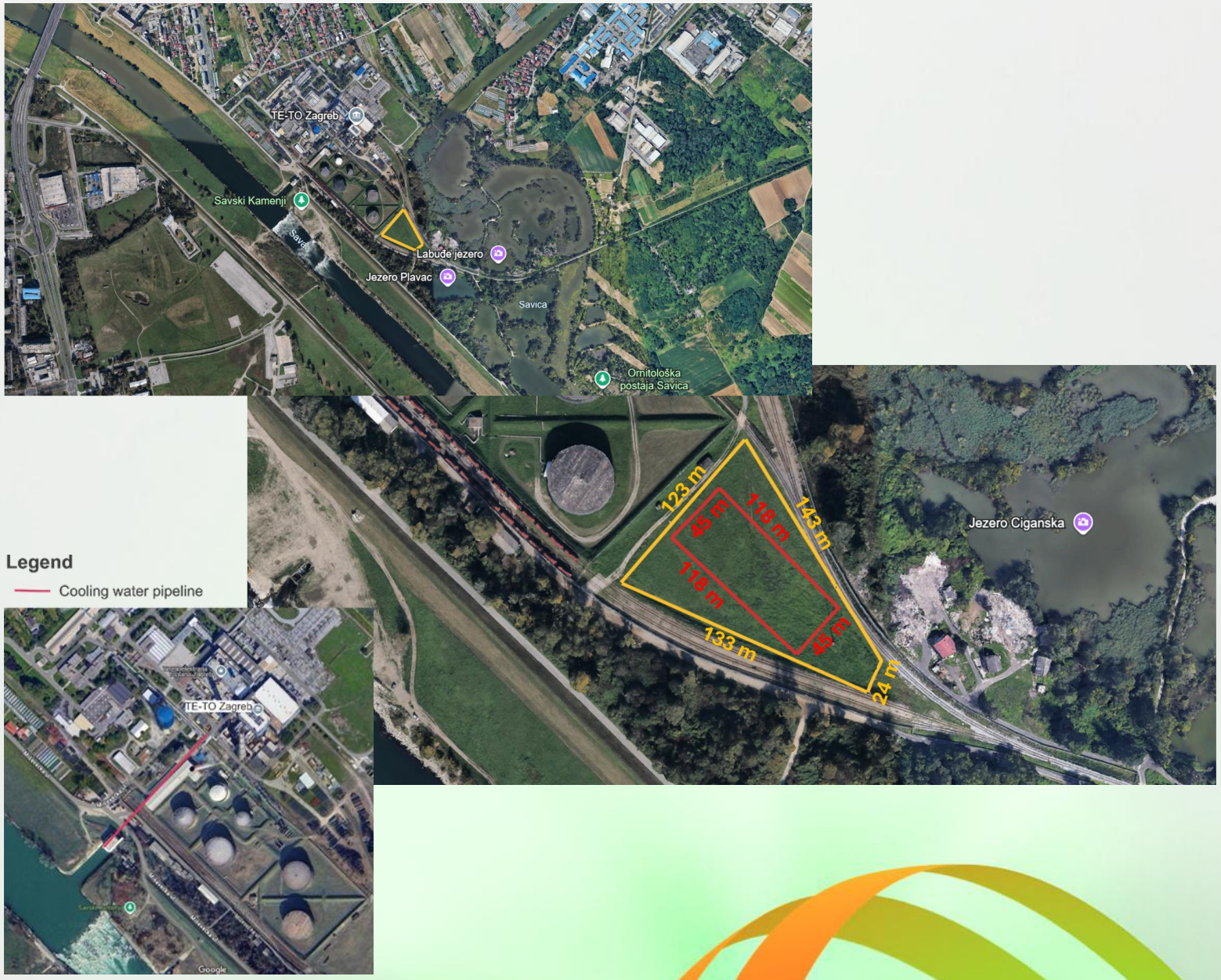
- Зниження обсягів виробництва електроенергії на теплоелектростанції ТЕ-ТО може бути компенсоване за рахунок теплоелектростанції EL-TO, яка має нижчі витрати (завдяки сучасному блоку з комбінованим циклом)

SET HEAT

Co-funded by the European Union

Розташування теплового насоса «вода-вода»

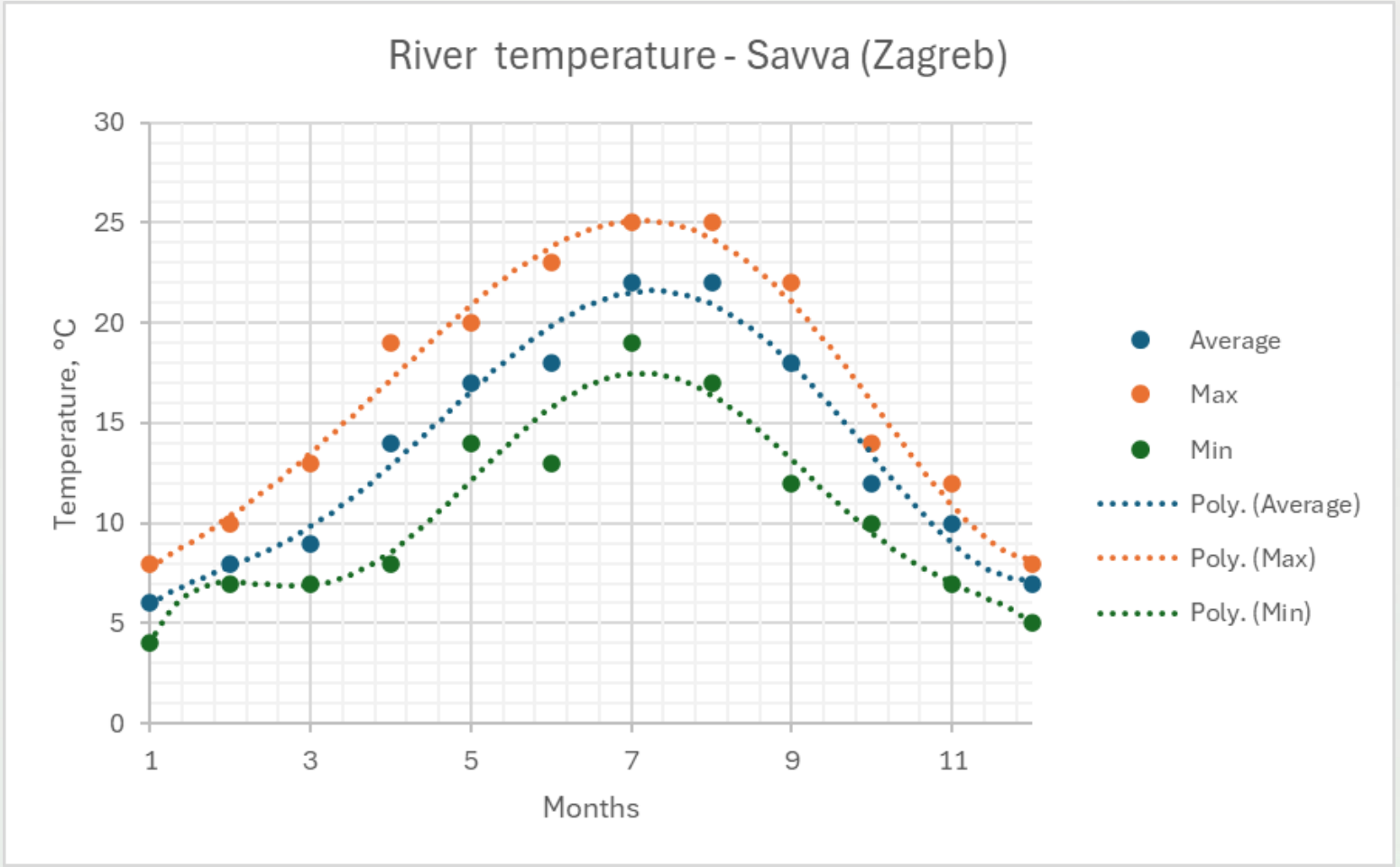
8



SET HEAT

Co-funded by the European Union

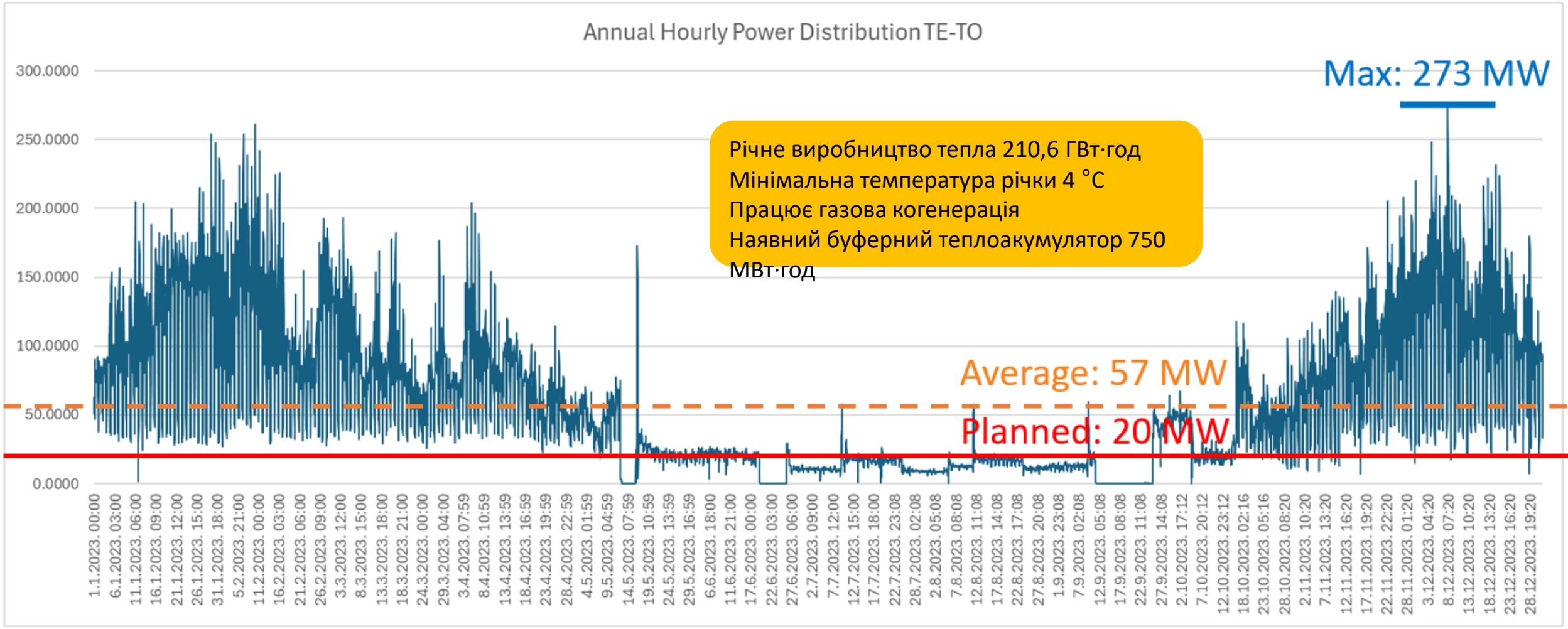
Основні дані



SET HEAT

Co-funded by
the European Union

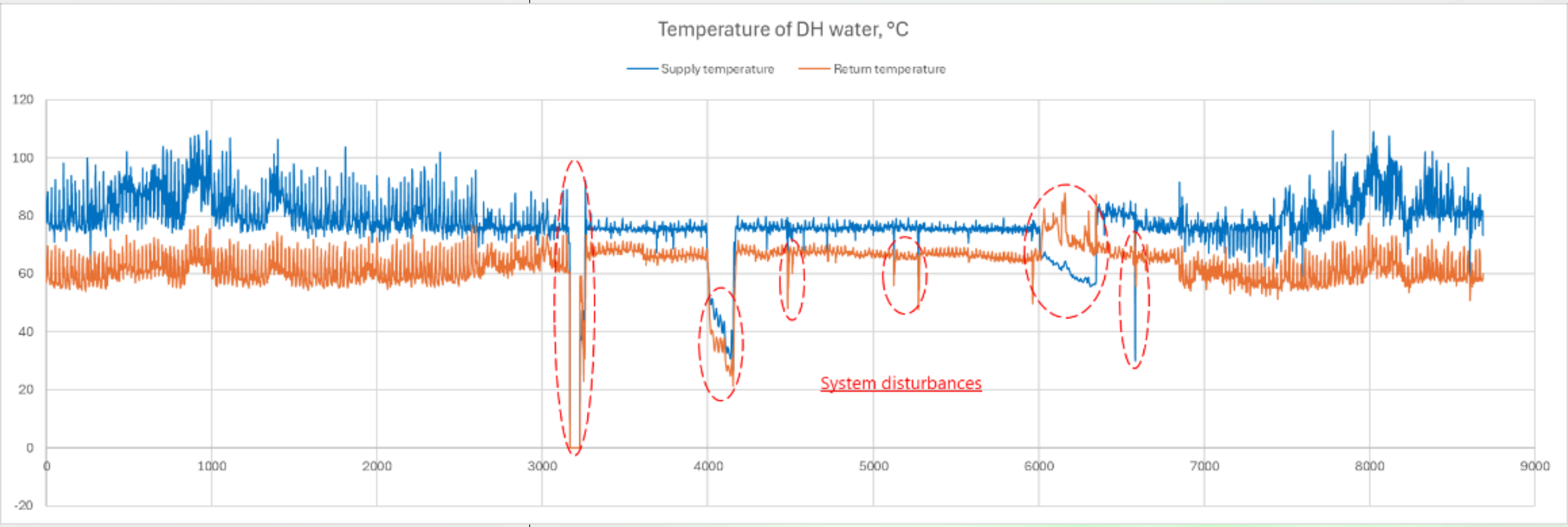
Основні дані



Річне виробництво тепла 210,6 ГВт·год
Мінімальна температура річки 4 °C
Працює газова когенерація
Наявний буферний теплоакумулятор 750 МВт·год

Co-funded by the European Union

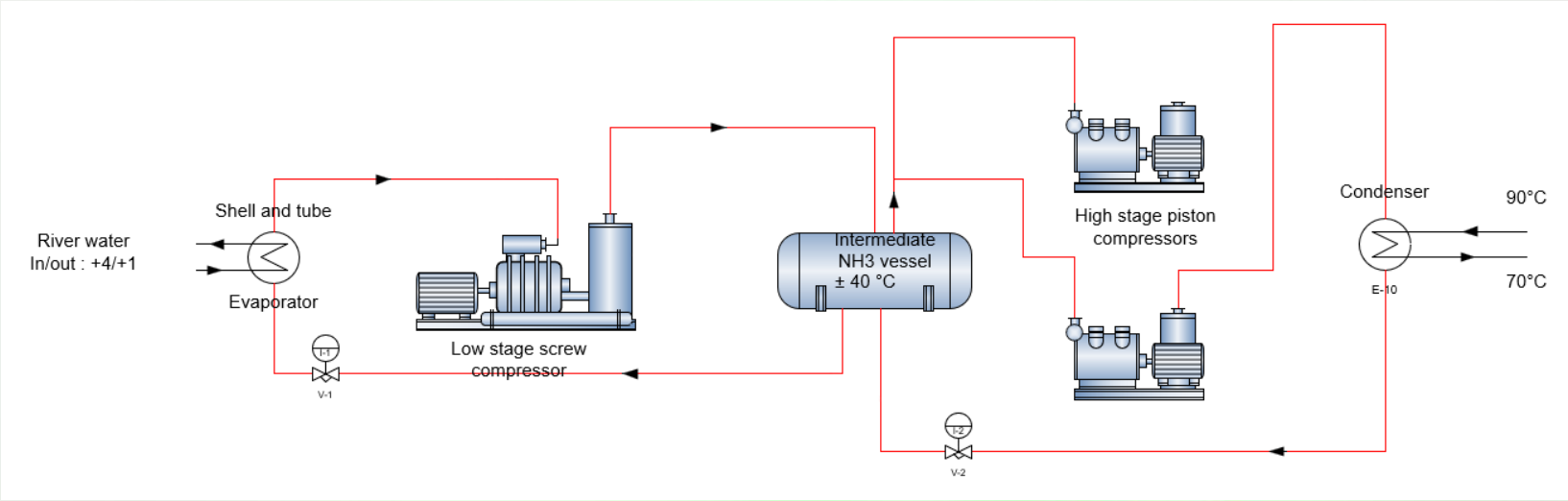
Основні дані



Co-funded by
the European Union

Розглянута технологія теплового насоса «вода-вода»

- Двоступеневий тепловий насос.
- Холодоагент: аміак.
- Рішення на базі геотермального теплового насоса потужністю 3 500 кВт (3,5 МВт) виробництва GEA.
- Модульне рішення: 6 агрегатів загальною потужністю 20 МВт.
- Граничні умови: макс. температура зворотної мережної води 70 °C; мін. температура річкової води 4 °C.



SET HEAT

Co-funded by the European Union

Ключові компоненти

- Напівзварний пластинчастий випарник (джерело тепла) !!! перевага надається кожухотрубному
- Гвинтовий компресор нижнього ступеня
- Поршневий компресор верхнього ступеня
- Повністю зварний кожухо-пластинчастий пароохолоджувач/конденсатор/переохолоджувач (тепловий стік)
- Система керування GEA OMNI

SET HEAT

Co-funded by the European Union



Технологія

— Габарити: 13695 × 4545 × 5587 мм

— Теплова потужність: 3,5 МВт × 6

— Цільова температура: 90 °C

— Мін. температура джерела: 4 °C

— Діапазон температур джерела: 4-20 °C

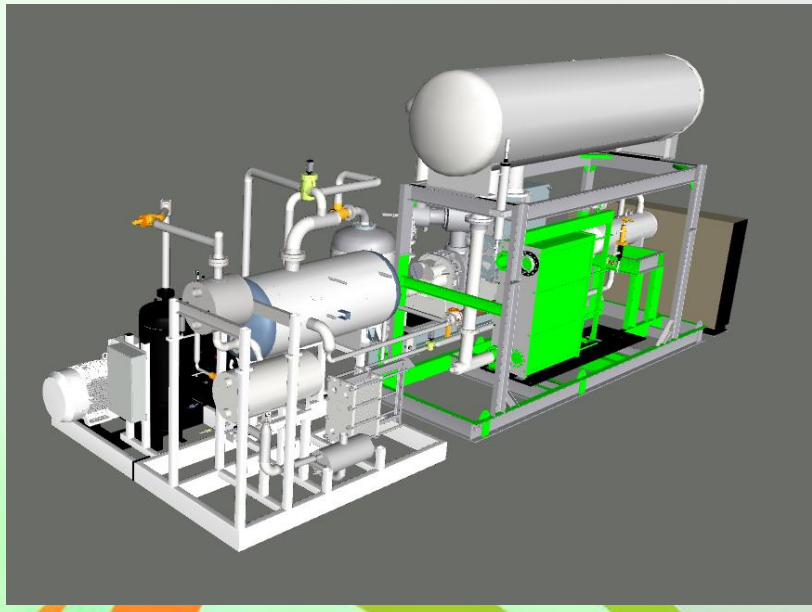
— Рівень тиску 1: 1,5 МПа

— Рівень тиску 2: 5,5 МПа

— Приводний двигун: 630 + 800 кВт

— Низька та середня напруга

— Трифазний струм



SET HEAT

Co-funded by
the European Union

Характеристики теплового насоса

A. Heating temperature:

Outgoing temperature: 90°C

Return temperature: 70°C

Heat source temperature [°C]		Absorbed power [kW]	Heating capacity [kW]	Cooling capacity [kW]	Heating COP
out	in				
0	5	1085	3064	2021	2.82
5	10	1206	3500	2398	2.90
7	12	1174	3500	2428	2.98
10	15	1125	3500	2472	3.11
15	20	1054	3500	2537	3.32
20	25	1002	3500	2585	3.49

SET HEAT

Co-funded by the European Union

Характеристики теплового насоса

B. Heating temperature:

Outgoing temperature: 80°C
Return temperature: 60°C

Heat source temperature [°C]		Absorbed power [kW]	Heating capacity [kW]	Cooling capacity [kW]	Heating COP
out	in				
0	5	976	2947	2025	3.02
5	10	1051	3427	2421	3.26
7	12	1065	3500	2527	3.29
10	15	1013	3500	2574	3.46
15	20	939	3500	2642	3.73
20	25	885	3500	2692	3.95

C. Heating temperature:

Outgoing temperature: 70°C
Return temperature: 50°C

Heat source temperature [°C]		Absorbed power [kW]	Heating capacity [kW]	Cooling capacity [kW]	Heating COP
out	in				
0	5	880	2884	2029	3.28
5	10	932	3323	2426	3.57
7	12	959	3500	2598	3.65
10	15	910	3500	2668	3.85
15	20	832	3500	2739	4.21
20	25	776	3500	2791	4.51

SET HEAT

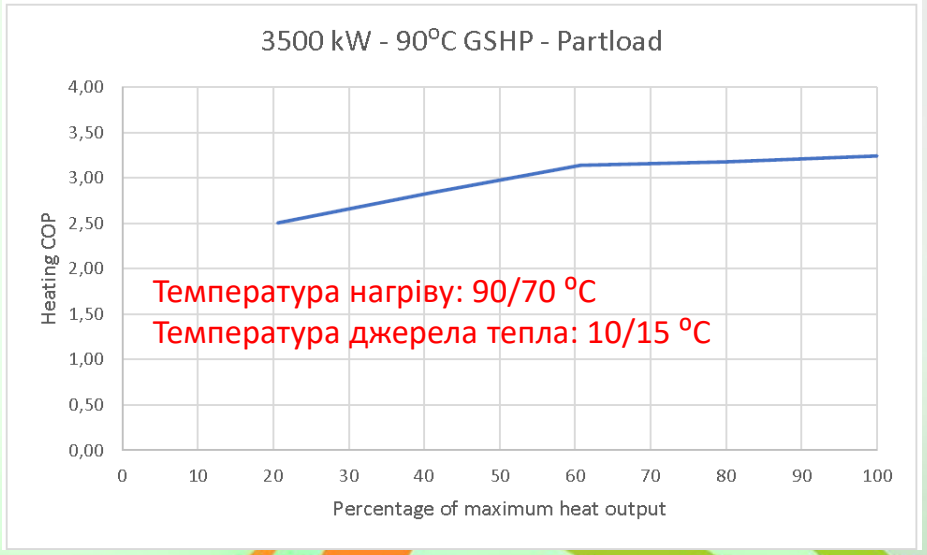
Co-funded by the European Union

Характеристики теплового насоса

C. Heating temperature:

Outgoing temperature: 70°C
Return temperature: 50°C

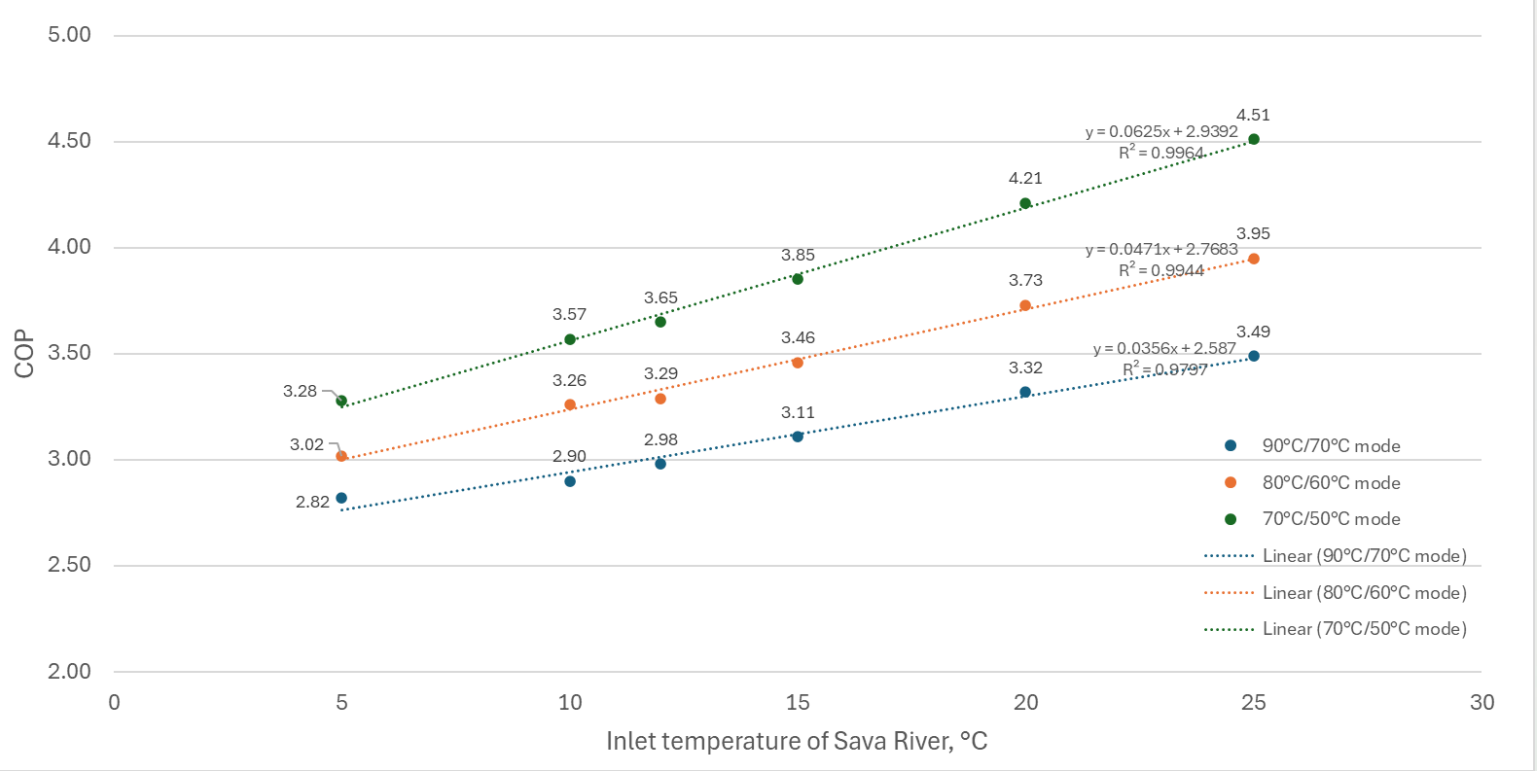
Heat source temperature [°C]		Absorbed power [kW]	Heating capacity [kW]	Cooling capacity [kW]	Heating COP
out	in				
0	5	880	2884	2029	3.28
5	10	932	3323	2426	3.57
7	12	959	3500	2598	3.65
10	15	910	3500	2668	3.85
15	20	832	3500	2739	4.21
20	25	776	3500	2791	4.51



SET HEAT

Co-funded by the European Union

Моделювання теплового насоса



	ТЕЦ ТЕ-ТО	Тепловий насос
Енергія, подана в СЦТ (МВт·год/рік)	167,404	167,404
Сезонний коефіцієнт продуктивності	-	3.11
Енергоспоживання (МВт·год/рік)	$167{,}404_t$	$53{,}908_e$
Первинна енергія, МВт·год/рік	244 744 (природний газ)	87 007 (природний газ)
Викиди CO2 (т/рік)	57,885	12,658

SET HEAT

Co-funded by the European Union

Оцінка CAPEX

Бюджетна ціна агрегату ТН 10 500 000,00 €, що охоплює:

- Проєктування
- Управління проєктом та інжиніринг
- Доставку обладнання на майданчик
- Монтаж на майданчику (через габарити транспортується секціями)
- Теплоізоляцію агрегатів
- Заправлення холодоагентом і мастилом
- Пусконалагодження та введення в експлуатацію

SET HEAT

Co-funded by the European Union

Оцінка CAPEX

Додаткові витрати 9 500 000 €, що охоплюють:

- Розвантаження та кранові роботи
- Усі будівельні роботи (будівля, фундамент тощо)
- Усі необхідні дозволи
- Усі місцеві податки, збори тощо
- Усі водяні насоси з пусковими шафами та системами керування
- Систему виявлення аміаку
- Опалення машинного залу

Загальний орієнтовний CAPEX: 20 000 000,00 EUR (21 МВт)

SET HEAT

Co-funded by the European Union

Основні економічні дані

- Ціна на електроенергію 103 €/МВт·год
- Ціна на тепло 36 €/МВт·год
- Ціна на природний газ 41 €/МВт·год
- Ціна на CO2 65 €/т
- Економія від скорочення CO2 2 939 736 €
- Річні витрати на експлуатацію та обслуговування 200 000 €
- Частка власного капіталу 20%
- Відсоткова ставка за кредитом 6%
- Ставка дисконтування 7%
- Податок на прибуток підприємств 18%
- Кредит 10 років

SET HEAT

Co-funded by the European Union

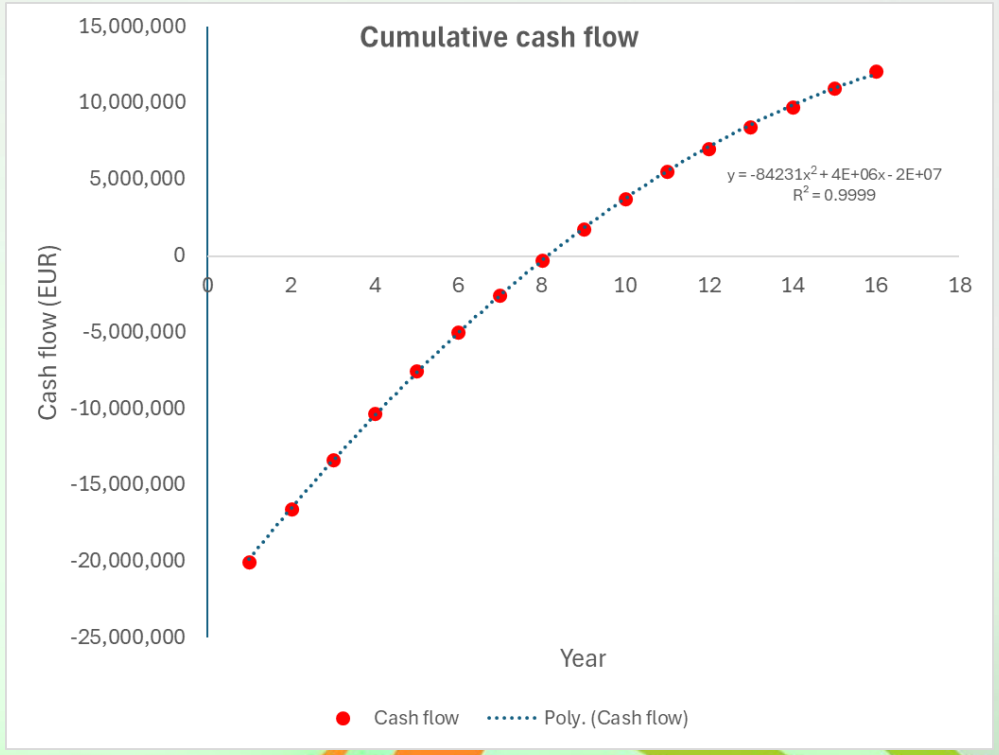
Попередня оцінка прибутковості

— Орієнтовний CAPEX: 20 млн €

— Чиста приведена вартість: 5,5 млн €

— Внутрішня норма дохідності: 13%

— Термін окупності: ~7 років



Примітка: втрату доходу від продажу електроенергії не враховано.

SET HEAT

Co-funded by the European Union

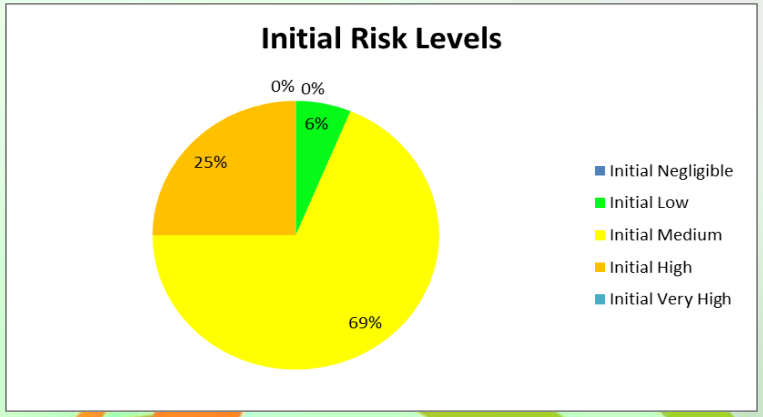
Ризики та їх пом'якшення

До ключових ризиків належать можливі недостатні характеристики компонентів теплового насоса, втрати ефективності за пікових або низьких температур річки Сава, а також відмови компресорів, теплообмінників та інфраструктури водозабору з річки.

Пом'якшення ризиків спирається на ретельне проєктування системи, безперервний моніторинг, резервування критичних компонентів, графіки планово-попереджувального обслуговування та цифрові системи керування для прогнозної експлуатації.

Хоча кілька ризиків віднесено до категорії високої серйозності, аналіз показує, що всі вони керовані.

Impact ↓ / Likelihood →	1	2	3	4	5
1	0	0	1	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	8	0	0
4	0	1	2	0	0
5	0	2	2	0	0



SET HEAT

Co-funded by the European Union

Висновки

- Попереднє техніко-економічне обґрунтування чітко демонструє технічну здійсненність, економічну доцільність та екологічні переваги.
- Аналіз чутливості підтверджує, що прибутковість зберігається при коливаннях цін на енергію та капітальних витрат у межах ±20%. Водночас економічні показники особливо чутливі до зростання цін на електроенергію, що підкреслює важливість електропостачання з ВДЕ.
- Жоден окремий ризик не становить критичної загрози для технічної здійсненності чи фінансової життєздатності.
- За умови надійного інжинірингу, інтеграції відновлюваної електроенергії та ефективної координації стейкхолдерів проєкт є інвестицією з низьким або помірним ризиком і значними екологічними та стратегічними перевагами для Загреба та регіону.

SET HEAT

Co-funded by the European Union

Заключні рекомендації

- Перейти до етапу детального ТЕО та проєктування.
- Необхідне комплексне гідравлічне та теплове моделювання інтеграції річки Сава, теплонасосної системи та мережі централізованого теплопостачання.
- Забезпечити змішане фінансування та грантову підтримку ЄС.
- Інтегрувати електропостачання з ВДЕ.
- Створити платформу розумної експлуатації та цифрового моніторингу.
- Започаткувати співпрацю з інституціями та стейкхолдерами.
- Підготувати дозволи та оцінку впливу на довкілля (ОВД) відповідно до водного та екологічного законодавства Хорватії та ЄС
- На основі цього проєкту створити в Загребі «Хаб безвуглецевого тепла».

SET HEAT

Co-funded by the European Union

Контактна інформація

SET HEAT

Co-funded by the European Union

Сілезька Політехніка
Факультет інженерії довкілля та енергетики
Кафедра теплотехніки
вул. Конарського, 22
44-100 Глівіце.

set_heat@polsl.pl

+48 32 237 24 27; +48 32 237 16 61

https://setheat.polsl.pl/

Стежте за нами:

facebook.com/Life.SetHeat
twitter.com/SetHeat
linkedin.com/company/setheat/
instagram.com/life.setheat/