

Niniejsze Przedsięwzięcie stanowi część Projektu pozakonkursowego pn. Podniesienie poziomu innowacyjności gospodarki poprzez realizację przedsięwzięć badawczych w trybie innowacyjnych zamówień publicznych w celu wsparcia realizacji strategii Europejskiego Zielonego Ładu, który jest realizowany w ramach poddziałania 4.1.3 Innowacyjne metody zarządzania badaniami Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój, współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, zgodnie z umową z dnia 3 lipca 2020 numer POIR.04.01.03-00-0001/20-00.

Rekomendacja Wykonawcy – dobre praktyki w zakresie dostarczania i magazynowania ciepła i chłodu

Raport wykonany w ramach Przedsięwzięcia Magazynowanie Ciepła i Chłodu nr 105/21/PU/P40.

Strumień 1 – budynki jednorodzinne

Strumień 2 – budynki biurowe



Informacje i poglądy wyrażone w niniejszym raporcie są wynikiem prac jego autorów i nie muszą odpowiadać poglądom Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w żadnym stopniu nie gwarantuje prawdziwości ani aktualności danych zawartych w raporcie. Raport ma charakter naukowo-popularyzatorski i wszystkie osoby korzystające z jego treści robią to na własną odpowiedzialność. Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, ani żadna osoba działająca w jego imieniu nie mogą być pociągnięte do odpowiedzialności za wykorzystanie przez osobę trzecią jakichkolwiek informacji zawartych w tym raporcie. Podmiotem uprawnionym do wyrażania zgody na korzystanie z części lub całości raportu jest Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

Spis treści

Streszczenie	3
1. Problem badawczy	4
1.1. Opis problemu badawczego	4
1.2. Główne wyzwania badawcze	5
2. Technologia	6
2.1. Opis opracowanej Technologii	6
2.2. Opis Demonstratora Technologii	18
2.3. Potencjał wdrożeniowy	23
2.4. Skalowalność	24
2.5. Bezpieczeństwo	24
2.6. Opłacalność	25
3. Uwarunkowania formalno-prawne dotyczące Technologii	26
4. Informacje dodatkowe	26
5. Dane Wykonawcy	26
6. Lista skrótów i definicji	28

Streszczenie

ThermOS – Optymalny System Termiczny (*Thermal Optimal System*), powstał w ramach Projektu badawczo-rozwojowego „Magazynowanie Ciepła i Chłodu”. W trakcie prac koncepcyjnych i projektowych opracowano założenia oraz pełne dokumentacje wykonawcze, dla kompleksowego układu technologicznego dostarczania i magazynowania ciepła oraz chłodu. Zgodnie z intencją przewodnią przedsięwzięcia, koncepcja budowy Systemu ma zapewnić maksymalne wykorzystanie energii produkowanej indywidualnie (OZE) i minimalizować koszty eksploatacji, czyli zakupu energii elektrycznej z sieci zewnętrznej. System ma w sposób stabilny zapewniać komfort termiczny budynku oraz bezpieczeństwo użytkowania.

Opracowana technologia jest uniwersalna, skalowalna i wypełnia lukę rynkową w zakresie magazynów ciepła i chłodu dla segmentu budownictwa indywidualnego - jednorodzinnego, małych obiektów handlowych czy usługowych. Jednocześnie opracowano projekt większego systemu, który w założeniu ma odpowiadać na potrzeby niewielkich budynków biurowych, ale jego zastosowanie będzie możliwe również w obiektach użyteczności publicznej czy hotelach.

Najważniejszym elementem Projektu, jest system magazynowania ciepła i chłodu, w postaci dwustopniowego układu: bufor wewnętrzny ciepła/chłodu + zewnętrzny magazyn ciepła/chłodu. Taki układ jest rozwinięciem często występujących na rynku technologii buforowania pracy pomp ciepła, przy wykorzystaniu wewnętrznych zbiorników magazynujących i stabilizujących pracę instalacji. Produkcja ciepła lub chłodu, w zależności od potrzeb sezonowych, oparta w niemalże 100% na pracy pompy ciepła, jest obecnie powszechnym i efektywnym sposobem na zapewnienie komfortu termicznego w budynku. Jednak dopiero połączenie technologii pomp ciepła, fotowoltaiki i optymalnego magazynowania energii, daje oczekiwane efekty w zakresie ekonomiki i zwiększenia niezależności cieplnej. Pozwala jednocześnie na częściowe kompensowanie niestabilności i zależności pogodowej odnawialnych źródeł energii.

1. Problem badawczy

1.1. Opis problemu badawczego

Celem Przedsięwzięcia „Magazynowanie ciepła i chłodu” jest opracowanie innowacyjnych, efektywnych energetycznie i ekonomicznie systemów wytwarzających i dostarczających ciepło oraz chłód do budynków wykorzystujących technologie magazynowania ciepła i chłodu (dalej zwanych „Systemem”) - dla budynku jednorodzinnego w dwóch standardach energetycznych. Parametry budynku oraz jego zapotrzebowanie na poszczególne strumienie energii, zostały ściśle określone w Regulaminie Przedsięwzięcia. Narzucono szereg warunków technologicznych, jak np. oczekiwany poziom COP pomp ciepła, wartość maksymalna współczynnika GWP czynnika chłodniczego, wymiary pomieszczenia technicznego, dostępne powierzchnie dla zabudowy instalacji PV, brak możliwości wykorzystania paliw kopalnych do produkcji energii, ale również np. energii wiatrowej. Określono ściśle zapotrzebowanie na ogrzewanie i chłodzenie budynku na cały rok, z granulacją do 1 godziny.

Wyzwaniem nie tylko w skali ogólnokrajowej, ale też lokalnej, jest obecnie konieczność dostosowania systemu elektroenergetycznego, w tym szczególnie sieci dystrybucyjnych do przejęcia całej nadwyżki energii elektrycznej, produkowanej przez prosumenckie instalacje fotowoltaiczne. Gwałtowny przyrost mocy PV w ostatnich latach, a szczególnie punktowe nasycenie lokalnych systemów dystrybucyjnych najniższego poziomu, przy równoczesnym braku nowoczesnej automatyki stacji transformatorowych sprawia, że szereg instalacji PV nie działa efektywnie. Prosumenci są automatycznie odcinani od sieci przez zabezpieczenia napięciowe, a możliwy strumień produkcji czystej energii z OZE podlega utracie.

Drugim istotnym problemem jest dynamiczny wzrost cen energii elektrycznej na rynku krajowym od 2021 roku. Jednocześnie gwałtownie rosną ceny paliw, nośników ciepła i dostarczanego ciepła systemowego.

Oba te czynniki, mające charakter ściśle ekonomiczny, wskazują na konieczność szybkiego wdrożenia różnych technologii, pozwalających na magazynowanie krótko- i długookresowe nadwyżek produkcji energii z instalacji OZE. Bardzo ważne jest również przeniesienie poprzez magazynowanie, produkcji energii ze źródeł odnawialnych, na godziny konsumpcji. W szczególności dotyczy to fotowoltaiki, której charakter pracy jest uporządkowany godzinowo w okresach bezchmurnego nieba.

Akumulacja energii może być prowadzona w postaci nieprzetworzonej (strumienia energii elektrycznej) lub przetworzonej (obecnie ciepło lub chłód, w przyszłości np. wodór). Ważne jest jednocześnie pilne odejście od zaspokajania potrzeb grzewczych budynków, z wykorzystaniem paliw kopalnych. Obok podnoszonych od lat aspektów związanych z niską emisją, decydującą wagę ma obecnie koszt produkcji ciepła. Stąd dynamiczny wzrost sprzedaży w segmencie budynkowych pomp ciepła. Niestety pompy ciepła, obok niewątpliwych zalet, stanowią również wyzwanie dla systemu energetycznego, z uwagi na znaczący wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną w okresie zimowego deficytu produkcji z PV, ale również w godzinach wieczornych i wczesnym rankiem, kiedy występują szczytowe pobory ciepłej wody użytkowej, a nasłonecznienie jest niedostateczne.

Dodatkowym bodźcem dla rozwoju technologii magazynowania są z pewnością takie aspekty jak ekologia, samowystarczalność czy bezpieczeństwo, rozumiane jako większa stabilność i odporność rozproszonych układów energetycznych na akty terroru gospodarczego czy działania wojenne. Jest to obecnie niezwykle istotne.

1.2. Główne wyzwania badawcze

Magazynowanie energii w postaci nieprzetworzonej, wydaje się najbardziej logiczne i proste, jednak napotyka obecnie na barierę finansową i częściowo technologiczną. Akumulatory energii elektrycznej o dużej pojemności są kosztowne, a jednocześnie ich żywotność jest stosunkowo krótka, co wynika z utraty pojemności.

Natomiast rynek magazynów ciepła i chłodu dla budynków jednorodzinnych oraz małych obiektów handlowo-usługowych jest aktualnie ograniczony. Wynika to przede wszystkim z bardzo wysokich nakładów wymaganych do ich budowy oraz niewielkiej dotychczas presji na magazynowanie energii. Na indywidualne zamówienia można wykonać akumulatory wodne, zbudowane na podstawie zbiorników stalowych lub kompozytowych, jednak koszt tego rodzaju zbiorników wykonywanych jednostkowo, według indywidualnego projektu jest wysoki. Wybudowanie akumulatora ciepła jako typowego magazynu gruntowego typu PTES czy BTES dla domu jednorodzinnego, jest w większości przypadków bardzo skomplikowane, czasem nierealne. Chodzi o dostępną powierzchnię działki niezabudowanej i niezagospodarowanej, a także inwazyjność samych prac budowlanych. Również w przypadku niewielkich budynków biurowych, usługowych, produkcyjnych czy mieszkalnych wielorodzinnych, budowa dużego zbiornika podziemnego jest często niemożliwa. Przeszkodą jest gęstość uzbrojenia podziemnego w obszarach mocno zurbanizowanych, gdzie najczęściej takie obiekty są budowane. Natomiast w przypadku akumulatorów zmiennofazowych, problemem jest stosunkowo wysoki koszt ich budowy oraz stopniowa degradacja materiału akumulującego w czasie. Chociaż oczywiście ta technologia będzie się rozwijała, ponieważ zapewnia kompaktowe wymiary magazynu.

Opracowane przez ConnectPoint rozwiązanie i dokumentacja projektowa, zakłada wykonanie dwupoziomowego układu magazynowania ciepła, gdzie znane z rynku i powszechnie stosowane wewnętrzne bufor CO₂ zostały uzupełnione o kolejny „stopień” magazynowania ciepła lub chłodu. W wyniku takiej koncepcji powstał układ rozszerzony o zewnętrzny magazyn ciepła i chłodu, o pojemności wielokrotnie większej od pojemności bufora. Jest to magazyn typu Tank Thermal Energy Storage (TTES).

W chwili obecnej brakuje na rynku tego typu urządzeń, będących rozwiązaniem zbliżonym do dużych naziemnych akumulatorów ciepła stosowanych w systemach ciepłowniczych (oczywiście w skali „mikro”). Taki właśnie magazyn, który według opracowanej koncepcji, będzie produktem seryjnym, prefabrykowanym, prostym w transporcie i montażu na terenie nieruchomości, pozwoli zdaniem Wykonawcy wypełnić lukę rynkową.

Opracowany projekt ThermOS, doprowadził do wskazania pewnego typoszeregu urządzeń o różnych pojemnościach roboczych, a co za tym idzie różnym potencjale magazynowania ciepła/chłodu. Są to zewnętrzne magazyny ciepła oznaczone jako ZMC-3 i ZMC-3N (3 m³), ZMC-6 (6 m³) oraz ZMC-9 (9 m³). Rozwiązanie takie jest uniwersalne i daje możliwość zastosowania urządzeń dla różnych wielkości budynków i potrzeb, również przez wybudowanie baterii współpracujących magazynów w różnych kombinacjach. Dodatkowo opracowane dwa warianty dla najmniejszego magazynu – ZMC-3N (magazyn naziemny) i ZMC-3 (magazyn podziemny), pozwolą na implementację rozwiązania również

na nieruchomościach, gdzie niemożliwe jest posadowienie zbiornika naziemnego, np. z powodów wizualnych lub komunikacyjnych.

Istotną zaletą rozwiązania jest wykorzystanie jako medium magazynującego surowej wody, która jest nośnikiem bezpiecznym dla środowiska, nie podlegającym degradacji i tanim. Dodatkowo zastosowanie wody umożliwia bardzo szybkie ładowanie i rozładowywanie akumulatora.

2. Technologia

2.1. Opis opracowanej Technologii



W sensie technologicznym, **ThermOS** – *Thermal Optimal System*, jest kompletnym systemem wytwarzania i dostarczania do instalacji wewnętrznych budynku, strumieni energii dla funkcji ogrzewania (CO), chłodzenia (CH) i ciepłej wody użytkowej (CWU). Podstawowymi elementami i urządzeniami są:

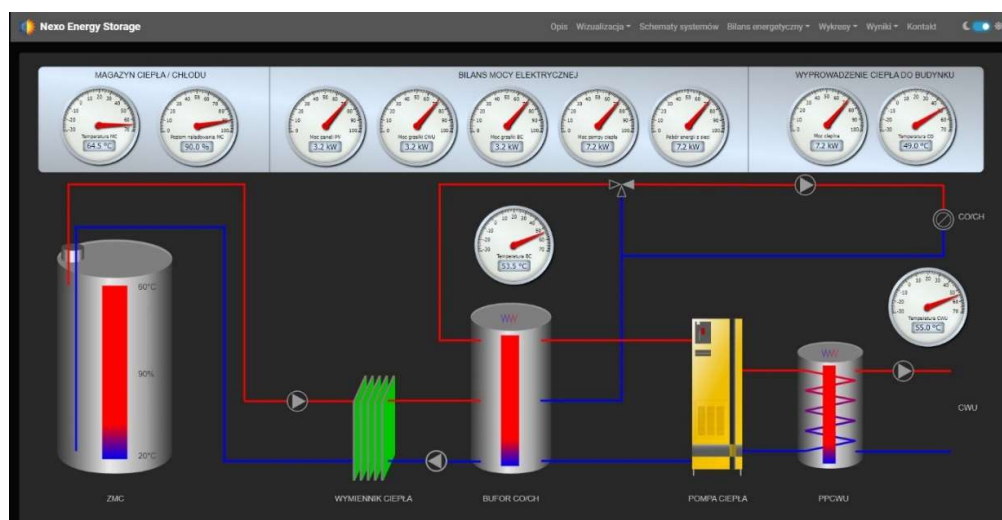
- **Powietrzna pompa ciepła** (lub układ kaskadowy dla większej instalacji)
- **Bufor wewnętrzny CO/CH** (jedno urządzenie - dwie funkcje), poj. 300 lub 1000 dm³
- **Zewnętrzny magazyn ciepła i chłodu (ZMC)** - izolowany termicznie zbiornik naziemny o pojemności roboczej 3000, 6000 lub 9000 dm³, połączony odrębnym obiegiem hydraulicznym z maszynownią w budynku. Jeden magazyn spełniający funkcję akumulacji ciepła lub chłodu w zależności od sezonu. Dobór pojemności do zapotrzebowania cieplnego budynku.
- **Podgrzewacz pojemnościowy CWU z grzałką elektryczną (PPCWU)**, poj. 250 dm³

- **Maszynownia**, tj. zestaw urządzeń i instalacji hydraulicznych zapewniających poprawne działanie Systemu, w tym m.in. płytowy wymiennik ciepła, pompy obiegowe, zawory przełączające, armatura, zabezpieczenie ciśnieniowe
- **Układ automatyki**, w tym sterownik nadrzędny PLC, pełniący funkcję głównego elementu sterowania i pośredniej komunikacji głównych urządzeń z aplikacją IT
- **Instalacja fotowoltaiczna** (panele PV wraz z inwerterem i niezbędnym osprzętem)

W przypadku projektu ThermOS dla biurowca, zgodnie z wytycznymi Regulaminu Przedsięwzięcia nie została uwzględniona produkcja ciepłej wody użytkowej, jednak bez większego problemu system może o taką funkcję zostać uzupełniony.

Wykorzystane urządzenia zostały dobrane zgodnie z wymaganiami postawionymi w Regulaminie Przedsięwzięcia. Miało to istotne znaczenie w przypadku pompy ciepła, ponieważ znacząco ograniczało możliwość zastosowania dowolnych, popularnych i często stosowanych urządzeń. Warunek dotyczący minimalnych wartości COP oraz wartości współczynnika GWP dla czynnika chłodniczego, determinował wybór nowoczesnych urządzeń, wyprzedzających obecne regulacje prawne. Aktualnie większość producentów pomp ciepła stosuje czynnik R-410a o wysokim GWP = 2088, który powinien zostać wycofany od 2025 roku. W Projekcie ThermOS dobrano jednostki monoblokowe KAISAI R290 KHX, których praca bazuje na propanie, o wskaźniku GWP równym 3.

Sama pompa ciepła jest 3-funkcyjna, tzn. dla potrzeb grzania/chłodzenia funkcjonuje w układzie odwróconym, a dla potrzeb CWU wykorzystuje wbudowaną funkcję i współpracuje z pojemnościowym podgrzewaczem CWU wyposażonym w wężownicę oraz dodatkowe grzałki elektryczne.

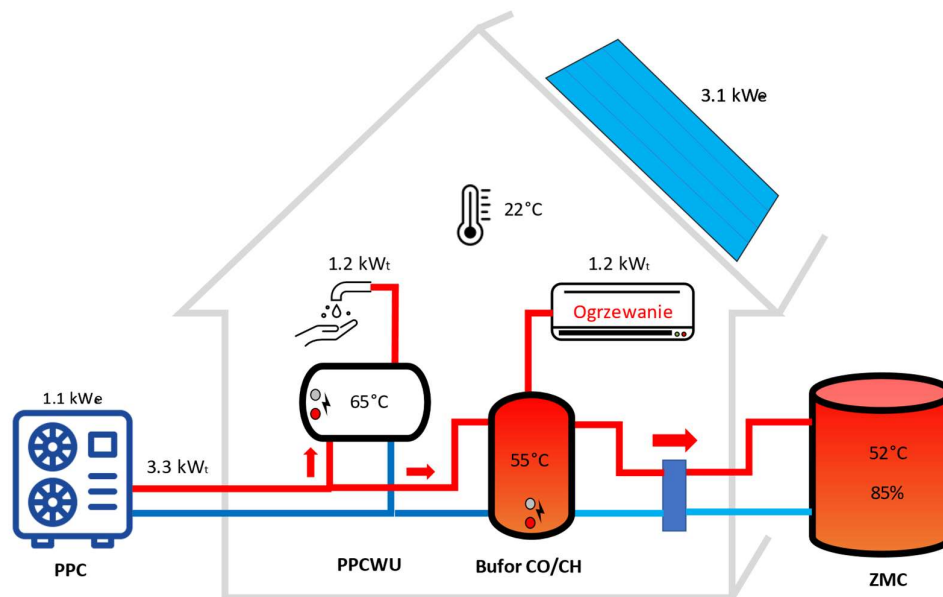


Układ urządzeń na uproszczonej grafice technologicznej

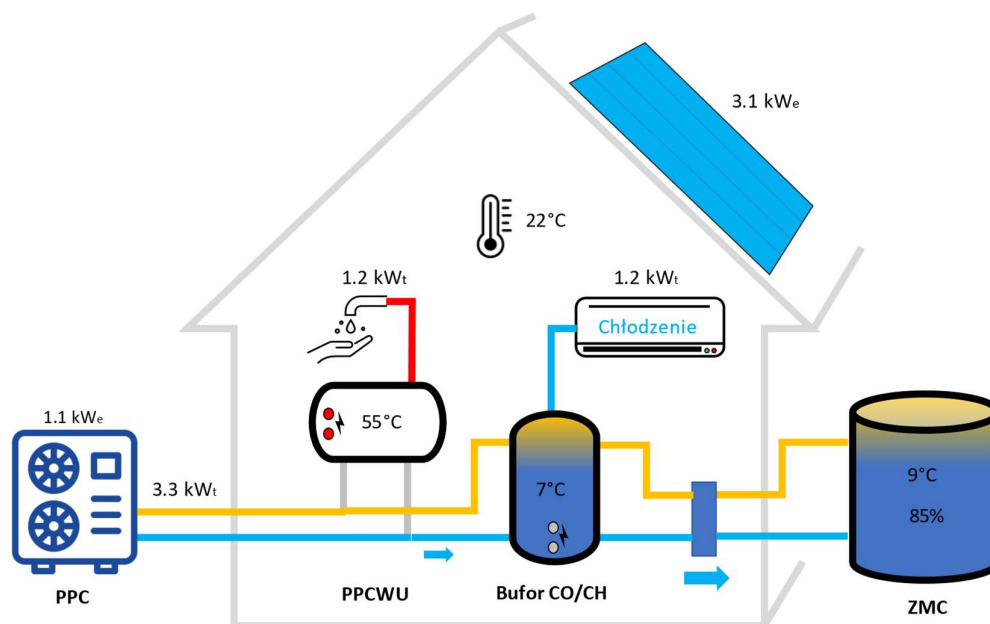
Koncepcja technologii magazynowania ciepła i chłodu w projekcie *ThermOS*

Układ magazynowania ciepła oraz chłodu dla systemu składa się z następujących elementów podstawowych:

- Bufor wewnętrzny CO/CH – pierwszy poziom magazynowania energii (ciepła w okresie grzewczym, chłodu w okresie letnim) – wykorzystano produkt rynkowy firmy Galmet serii SG(B) lub Defro o pojemności 300 dm³ dla Systemu 1 i 2 oraz 1000 dm³ dla Systemu 3. W zależności od wielkości pomieszczenia technicznego maszynowni w budynku, można zastosować również większy Bufor wewnętrzny CO/CH. W projekcie, z uwagi na regulaminowe ograniczenie powierzchni dobrano możliwie niewielką pojemność bufora. Bufor zapewnia oczekiwaną elastyczność Systemu i współpracuje bezpośrednio z pompami ciepła, instalacją wewnętrzną budynku oraz ZMC.
- Zewnętrzny magazyn ciepła i chłodu (ZMC) – drugi poziom magazynowania energii (ciepła w okresie grzewczym, chłodu w okresie letnim). Magazyn o dużo większej pojemności od Bufora CO/CH - 3000 dm³, 6000 dm³ lub 9000 dm³. ZMC w znaczący sposób zwiększa potencjał magazynowania energii dla Systemu, współpracując wprost z Buforem wewnętrznym CO/CH o mniejszej pojemności. Nie można jednak w tym przypadku mówić o akumulatorze sezonowym, gdyż pojemność takiego zbiornika, niewykorzystującego przemian fazowych, musiałaby być wielokrotnie większa.
- Wymiennik w obiegu ZMC – Bufor CO/CH, ma za zadanie odebrać ciepło/chłód z bufora w trakcie ładowania magazynu i odwrotnie – z magazynu - w trakcie poboru ciepła/chłodu do instalacji. Rozdziela obieg bezciśnieniowy *magazyn-wymiennik* i ciśnieniowy *wymiennik-bufor-instalacja wewnętrzna*. Zastosowano wymiennik płytowy wysokowydajny, który będzie zlokalizowany w pomieszczeniu technicznym w budynku.
- Zawory przełączające – zachodzi potrzeba przełączania króćców obiegu przy realizacji produkcji ciepła, bądź chłodu bufor–magazyn; zastosowanie dwóch zaworów trójdrogowych przełączających pozwala na zmianę kierunku przepływu (góra-dół / dół-góra), umożliwiając maksymalne wykorzystanie ZMC, w którym wystąpi warstwowy rozkład temperatur czynnika, szczególnie dla większych pojemności.
- Sposób wykorzystania ZMC będzie się zmieniał w ciągu roku. Wiosną i latem większość jego pojemności zajmie woda o temperaturze równej lub niższej od wymaganej do zasilania instalacji klimatyzacyjnej. Jesienią i zimą większość objętości ZMC zostanie wykorzystana do magazynowania wody gorącej na potrzeby obiegu CO. Rozładowywanie magazynu ciepła będzie odbywało się poprzez odbiór wody gorącej przez wymiennik ciepła obiegu ZMC-Bufor CO/CH. Podczas rozładowywania średnia temperatura wody w akumulatorze będzie stopniowo spadała. W typowych warunkach pracy w sezonie grzewczym, w ciągu dnia pompa ciepła zasilana energią z PV, będzie zasilala instalację CO oraz uzupełniała pojemność ciepłą Bufora/ZMC, w celu wykorzystania ciepła w godzinach nocnych. Analogicznie, chociaż w układzie odwróconym, będzie przebiegał proces realizacji funkcji chłodzenia.



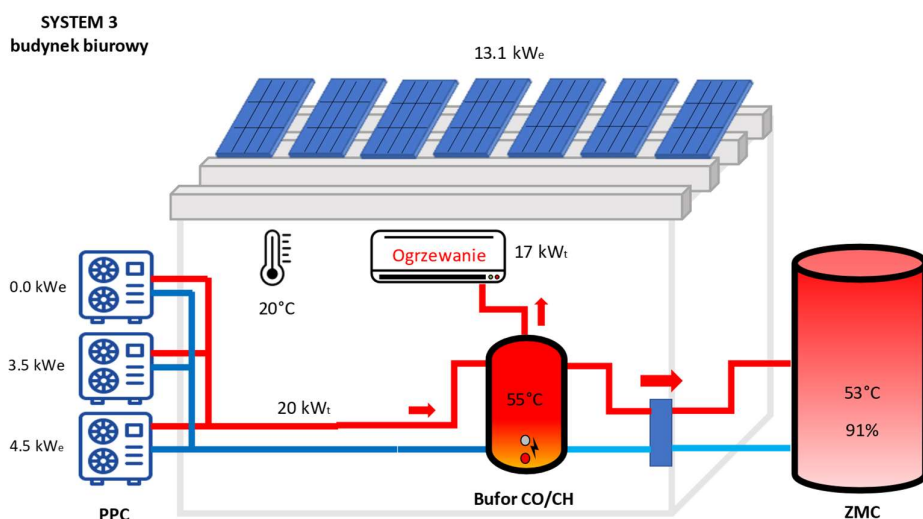
Schemat ideowy Systemu – funkcja ogrzewania (wartości i parametry przykładowe – chwilowe)



Schemat ideowy Systemu – funkcja chłodzenia (wartości i parametry przykładowe – chwilowe)

- Wszystkie funkcje systemu ThermOS oraz jego praca w każdych warunkach, będzie nadzorowana przez inteligentne oprogramowanie wraz z dedykowaną aplikacją mobilną.
- W systemie technologicznym pracującym w rzeczywistych warunkach, układ sterowania będzie wykorzystywał serwis pogodowy w celu projekcji przyszłych krótkookresowych potrzeb grzewczych i chłodniczych budynku. Uwzględniane będą również dane archiwalne dotyczące charakterystyki termicznej budynku. Pozwoli to zwiększyć efektywność pracy układu magazynowania.
- W okresach znaczącej nadwyżki energii z PV, funkcja CO może być realizowana bezpośrednio w buforze przez grzałki elektryczne. Pozwoli to na uniknięcie nadmiernej eksploatacji pomp ciepła. Sytuacja taka może mieć miejsce w okresach przejściowych, przy dużym nasłonecznieniu, a jednocześnie potrzebach ogrzewania na umiarkowanym poziomie. Zasadniczo jednak, grzałki wbudowane w bufor CO mają charakter rezerwowego układu ogrzewania, w przypadku awarii pompy ciepła.
- Ciepło w systemie będzie wytwarzane w powietrznej pompie ciepła zasilanej energią pochodzącą głównie z paneli PV, a w okresach niedostatecznej produkcji energii z PV również energią z sieci. Nie jest to więc system w 100% wyspowy, działający z wykorzystaniem instalacji PV w funkcji off-grid. To istotne założenie, ponieważ większość instalacji fotowoltaicznych w Polsce, to układy prosumenckie, przyłączone do sieci elektroenergetycznej.
- Moduł przygotowania ciepłej wody użytkowej, wykorzystuje pojemnościowy podgrzewacz, czyli zasobnik 250 dm³ CWU z węzownicą i grzałkami elektrycznymi. Jest to więc również część układu magazynowania energii produkowanej przede wszystkim z instalacji fotowoltaicznej. Funkcja ewentualnych przesunięć czasowych ładowania podgrzewacza CWU, w zależności od poziomu nasłonecznienia (pory dnia) oraz przyzwyczajień użytkowników (godzin intensywnego korzystania z ciepłej wody), daje dodatkowe korzyści przy produkcji energii elektrycznej z własnej instalacji PV.

Budynek biurowy jest pozbawiony w Projekcie modułu ciepłej wody użytkowej, stąd jego ideowy schemat nieco się różni od systemów 3-funkcyjnych.



Obliczeniowa pojemność cieplna magazynu 3000 dm³, przy założonej maksymalnej temp. ładowania wynoszącej 55 °C wyniesie około 70 kWh dla potrzeb grzewczych. Dodatkowo dla takich samych parametrów dodać należy pojemność Bufora CO, wynoszącą ok. 7 kWh. Daje to łącznie 77 kWh zmagazynowanej energii chwilowo. W przypadku magazynu 6000 dm³ współpracującego z takim samym buforem, pojemność obliczeniowa to 147 kWh. Dla budynku biurowego dobrano magazyn o pojemności 9000 dm³ oraz bufor wewnętrzny 1000 dm³, co daje w sumie pojemność maksymalną dla podanych powyżej parametrów na poziomie 232 kWh. Podane wartości odnoszą się do przedziału roboczego temperatur, tj. 35 °C ÷ 55 °C.

Tabela poniżej zawiera zestawienie pojemności cieplnej ZMC w zależności od wielkości magazynu i różnych roboczych przedziałów temperatur.



	$\Delta 20^{\circ}\text{C}$	$\Delta 25^{\circ}\text{C}$	$\Delta 30^{\circ}\text{C}$
ZMC-3	70 kWh	87 kWh	104 kWh
ZMC-6	140 kWh	174 kWh	209 kWh
ZMC-9	209 kWh	261 kWh	313 kWh

Z energetycznego, ale też ekonomicznego punktu widzenia, bardzo ważny jest optymalny dobór parametrów dwóch układów całego Systemu – mocy instalacji fotowoltaicznej i pojemności magazynu ciepła. Podstawowym założeniem dla zamodelowania pracy systemu ThermOS oraz opracowania koncepcji i logiki produkcji energii w każdym okresie roku, było maksymalne wykorzystanie potencjału zabudowanej instalacji fotowoltaicznej. Stąd potrzeba takiego doboru mocy instalacji PV, aby z jednej strony pokryć większość potrzeb cieplnych i chłodniczych budynku, a z drugiej strony jej znacząco nie przewymiarować. Wynika to z dwóch warunków Regulaminu Projektu, tj. konieczności minimalizacji kosztu inwestycji oraz braku możliwości zwrotnego wykorzystania nadmiaru energii elektrycznej wytworzonej przez PV i „odsprzedanej” do sieci elektroenergetycznej. Dobór instalacji PV polegał więc na znalezieniu poziomu optymalnego z punktu widzenia kosztów inwestycyjnych i kosztów operacyjnych Systemu. W systemie tego typu funkcjonującym w rzeczywistych warunkach, dobór instalacji PV mógłby być inny, ponieważ wzięto by pod uwagę warunki rozliczenia energii dla instalacji prosumenckiej.

Adekwatnie, dla magazynowania ciepła/chłodu przyjęto zasadę jak najbardziej optymalnego doboru pojemności, konstrukcji, izolacyjności i umiejscowienia magazynu. Szereg warunków brzegowych narzuconych przez Regulamin Projektu, wymusiło określone rozwiązania, jak chociażby konieczność umiejscowienia podstawowej objętości magazynu ciepła/chłodu poza budynkiem, jeżeli nie korzysta się z technologii PCMS. Optymalny z punktu widzenia kosztów inwestycji, maksymalnego uproszczenia konstrukcji, elastyczności rozwiązania, bezpieczeństwa i trwałości magazynu, jest wybór metody magazynowania w postaci ciepła jawnego. Zastosowano tanie i powszechne medium, tj. wodę surową. Wyznaczono również najbardziej efektywne parametry izolacji termicznej magazynu ciepła/chłodu. Pozwala to na utratę niewielkich ilości energii, co biorąc pod uwagę wytwarzanie jej w większości z instalacji OZE wydaje się akceptowalne. Dodatkowym czynnikiem ograniczającym straty ciepła/chłodu jest wykorzystanie wewnętrznego bufora CO/CH. Wykorzystanie bufora powinno ograniczyć zarówno straty na dystrybucji energii z i do magazynu zewnętrznego (krótsze okresy przesyłu), jak również straty

magazynowania (niższe parametry w magazynie zewnętrznym, oraz przeniesienie części strat do wnętrza budynku, pozwalające na ich częściowe wykorzystanie w bilansie cieplnym budynku).

Unikalność i konkurencyjność rozwiązania

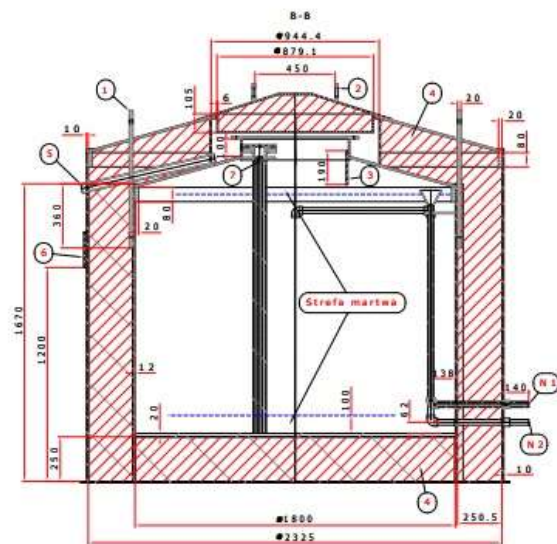
Opracowany projekt magazynu ciepła i chłodu ZMC, doprowadził do wskazania pewnego typoszeregu urządzeń o różnych pojemnościach roboczych, a co za tym idzie różnym potencjale magazynowania ciepła/chłodu. Magazyny ThermOS ZMC-3 (3 m³), ZMC-6 (6 m³) oraz ZMC-9 (9 m³) dają możliwość wykorzystania technologii dla różnych wielkości budynków i potrzeb, również przez wybudowanie baterii współpracujących magazynów w różnych kombinacjach. Dodatkowo opracowane dwa warianty dla najmniejszego magazynu – ZMC-3N (magazyn naziemny) i ZMC-3 (magazyn podziemny) - pozwolą na implementację rozwiązania na nieruchomościach, gdzie niemożliwe jest posadowienie zbiornika naziemnego, np. z powodów wizualnych. W założeniu zbiornik jest bezobsługowy i zapewnia czas funkcjonowania przekraczający narzucony regulaminem okres 15 lat. Istotną zaletą rozwiązania jest wykorzystanie jako medium magazynującego surowej wody, która jest nośnikiem bezpiecznym dla środowiska, nie podlegającym degradacji i tanim. Dodatkowo zastosowanie wody umożliwia bardzo szybkie ładowanie i rozładowywanie akumulatora.

Magazyn posiada opomiarowanie w zakresie temperatury (3 czujniki) i pojemności (czujnik 2-stanowy), które przekazują do systemu sterowania bieżące wartości parametrów, ale również pozwalają na identyfikację usterek i nieprawidłowości działania.

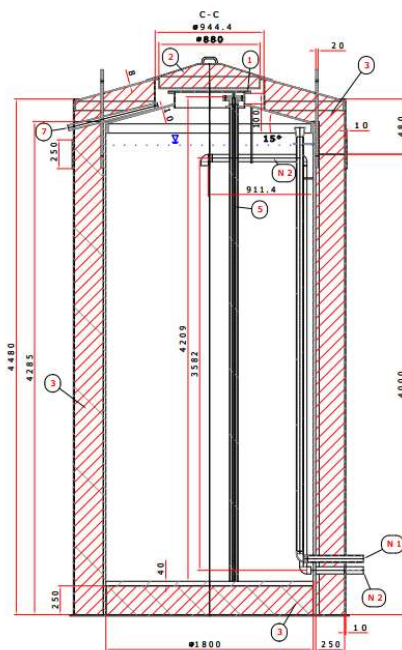
Proponowane rozwiązanie jest unikalne, ponieważ aktualnie nie są dostępne na rynku tanie, stosunkowo duże akumulatory ciepła i chłodu dedykowane dla domów jednorodzinnych oraz małych obiektów handlowo-usługowych czy biurowych. Możliwość montażu ZMC-3 w gruncie, pod powierzchnią ziemi zwiększa potencjał sprzedaży rozwiązania na terenach miejskich, gdzie koszt powierzchni działek jest wysoki. Natomiast wersje naziemne ZMC umożliwiają montaż na nieruchomościach, gdzie istnieją kolizje lub istotne ograniczenia dla wykonania prac ziemnych. Zaproponowane rozwiązanie jest konkurencyjne w stosunku do wodnych magazynów ciepła, wykonywanych na indywidualne zamówienie w postaci zbiorników lub magazynów gruntowych, a także do magazynów zmiennofazowych, z uwagi na niższe koszty inwestycyjne i serwisowe.

Innowacyjna jest technologia wykonania samego zbiornika wewnętrznego ZMC w technologii nawojowej. Technologia ta opiera się o system ekstrudowanych ścianek i profili nakładanych w jednoczesnym procesie wraz z podgrzewaniem stalowego obrotowego rdzenia prowadzącego (swego rodzaju formy usuwanej po ostygnięciu). W kolejnym etapie następuje obróbka znana z sektora termoplastów. W efekcie powstaje bezspoinowa, uformowana na dany kształt i wymiar rura – część cylindryczna zbiornika (pobocznica). Technologia pozwala wyeliminować większość barier i ograniczeń związanych z wytwarzaniem zbiorników z prefabrykowanych płyt tworzywa. Produkcja jest realizowana zgodnie z normą europejską DIN 16 961.

Rysunek techniczny ZMC-3N



Rysunek techniczny ZMC-9



Zdjęcie Prototypów z magazynami ZMC-3N i ZMC-9



Koncepcja wskazuje na możliwość połączenia funkcji magazynu zewnętrznego z innymi funkcjami otoczenia. ZMC może mieć osłonę zindywidualizowaną poprzez okleinę lub odpowiednią kolorystykę. Może być również elementem małej architektury ogrodowej, np. pergoli czy altany. Jednak nawet podstawowa wersja magazynu, w neutralnej barwie nie jest uciążliwa dla otoczenia.



Wizualizacja graficzna ZMC-3N

Po zakończeniu montażu magazynu ciepła i chłodu, System wymaga powierzchni dachu lub gruntu do montażu instalacji PV oraz kilku m2 wewnątrz budynku do montażu węzła zmieszania pompowego, co nie przekracza powierzchni zajmowanych przez typowe kotłownie czy węzły cieplne. Również instalacje PV stały się w ostatnich latach na tyle powszechne, że większość właścicieli budynków je posiada lub planuje taką budowę. Oprócz ZMC nie można więc mówić o dodatkowej uciążliwości dla funkcjonowania budynku, w stosunku do rozwiązań standardowych. Oznacza to, że pomimo pewnej unikalności, System nie odbiega znacząco od rozwiązań typowych. Dzięki temu nie wymaga unikalnego projektu samego budynku czy zagospodarowania nieruchomości.



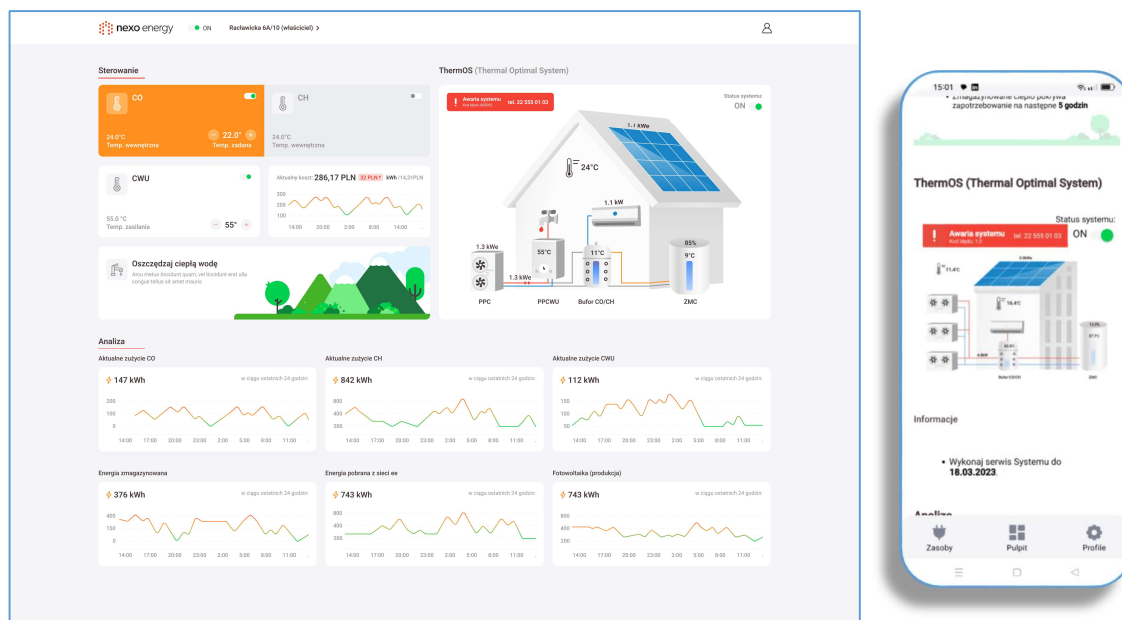
Zdjęcie maszynowni Prototypu Systemu

Sterowanie i aplikacja IT

Kolejnym ważnym aspektem Projektu i jednocześnie działania układu **ThermOS**, jest aplikacja IT, która ma zapewnić sprawną i optymalną pracę układu technologicznego oraz jest elementem interakcji użytkownika z układem technologicznym. Aplikacja będzie bezpośrednio współpracowała ze sterownikiem nadrzędnym oraz bezpośrednio lub pośrednio z wszystkimi istotnymi urządzeniami Systemu. W zakresie analitycznym aplikacja będzie wykorzystywała zaawansowane technologie komunikacyjne, takie jak MODBUS TCP, MQTT oraz algorytmy optymalizujące przepływy energii w projektowanym systemie.

Podstawą działania aplikacji jest zestaw usług IoT opartych na autorskiej technologii **NEXO** umożliwiającej komunikację pomiędzy węzłami lokalnymi i chmurą obliczeniową w celu pozyskiwania, przetwarzania i archiwizacji danych pomiarowych. Implementacja reguł sterowania nadrzędnego z

wykorzystaniem platformy **NEXO Energy** pozwoli na optymalizację przepływów energii do/z projektowanych magazynów ciepła/chłodu.

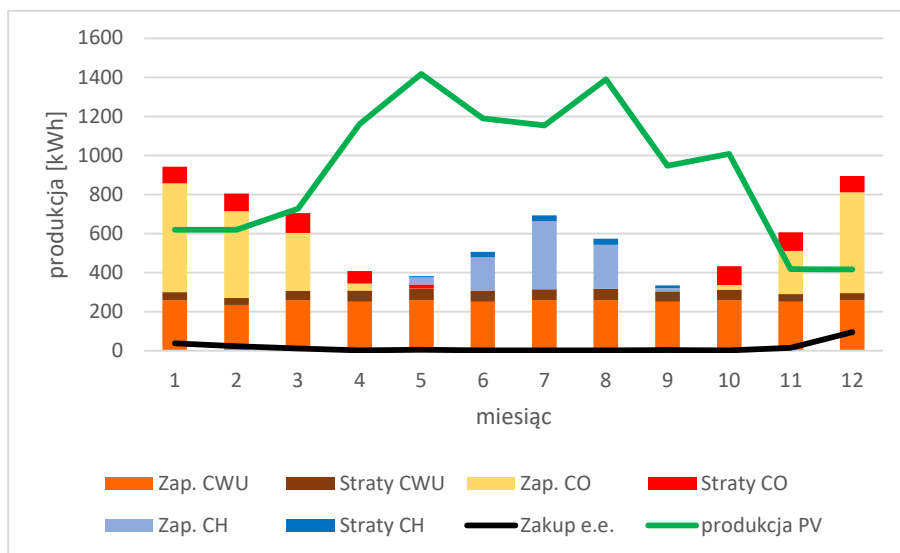


Możliwe różnice Systemu komercyjnego i Systemu zaprojektowanego na potrzeby Przedsięwzięcia

Warunki narzucone przez Regulamin Przedsięwzięcia, ograniczały możliwość przeniesienia wprost do Projektu standardowej sytuacji, z którą obecnie mamy do czynienia w zakresie fotowoltaiki prosumenckiej. Chodzi o możliwość uwzględnienia w bilansie energetycznym, a co za tym idzie w rachunku kosztów operacyjnych, strumienia nadprodukcji z PV, która magazynowana (net-metering) lub sprzedawana (net-billing) jest do sieci elektroenergetycznej.

W założeniu Przedsięwzięcia i w wynikach prac, mamy więc do czynienia z układem „pół-wyspowym”, tzn. możliwy (i konieczny) jest zakup uzupełniający energii z sieci, możliwy jest odbiór energii z PV przez sieć, ale brak jest bilansowania tych strumieni (w sensie fizycznym lub finansowym).

Na poniższym wykresie dla jednego z analizowanych wariantów, przedstawiono miesięczne wartości produkcji ciepła na potrzeby przygotowania cwu, ogrzewania oraz chłodzenia, z uwzględnieniem strat magazynowania (wyrażone w kilowatogodzinach energii w postaci ciepła/chłodu [kWh_t]), zestawione z produkcją energii elektrycznej w instalacji PV oraz energii zakupionej z sieci elektroenergetycznej (wyrażone w kilowatogodzinach energii elektrycznej [kWh_e]).



Analizując wyniki warto zwrócić uwagę na kilka istotnych aspektów:

- konieczność zakupu energii elektrycznej występuje praktycznie jedynie w miesiącach zimowych, jednak nawet w tym okresie ilość zakupionej energii jest wielokrotnie mniejsza od zapotrzebowania budynku,
- występujące w instalacji straty energii, dzięki wykorzystaniu magazynowania krótkoterminowego są stosunkowo niewielkie,
- w Systemie, szczególnie w okresie letnim, występuje znacząca nadwyżka produkcji energii elektrycznej w stosunku do zapotrzebowania energetycznego budynku. Nadwyżka ta jest szczególnie widoczna w przypadku analizowanego budynku o niskiej energochłonności, w którym ze względu na mniejsze zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania, praktycznie stałe zapotrzebowanie na ciepłą wodę wymusza wykorzystanie większej mocy instalacji PV. Według założeń projektu nie ma możliwości wykorzystania tej nadwyżki, jednak w przypadku rynkowych mechanizmów rozliczeniowych dla prosumentów, możliwe byłoby zarówno zmniejszenie mocy wykorzystywanych urządzeń, jak również obniżenie kosztów eksploatacyjnych obiektu. Możliwe jest to szczególnie w systemie net-metering, chociaż system net-billing również pozwala na odzyskanie części nadprodukcji, choć nie jest tak korzystny dla prosumenta.

Projekty obejmują dobór urządzeń podstawowych i pomocniczych, poprzez wskazanie konkretnych typów i producentów. Zakłada się jednak, że większość urządzeń może być zastąpiona zamiennikami nie powodującymi pogorszenia parametrów energetycznych czy eksploatacyjnych (np.: bufor wewnętrzny CO/CH, pojemnościowy podgrzewacz wody, pompy obiegowe, wymienniki płytowe, armatura, panele fotowoltaiczne, inwerter). Wynika to z założenia oparcia dużej części Systemu o rozwiązania rynkowe, sprawdzone technicznie i „zastępowalne”. Ma to prowadzić do uzyskania jak najbardziej optymalnego rozwiązania pod względem kosztów inwestycyjnych. Z uwagi

na aktualną dynamikę zmian cen urządzeń i materiałów budowlanych oraz brak pewności w zakresie dostępności części elementów, jest to w przekonaniu Wykonawcy niezwykle istotne.

Uwzględnienie wpływu algorytmów sterowania pracą poszczególnych elementów systemu oraz określonej bezwładności pracy zarówno układu hydraulicznego, jak i automatyki, a także stabilności i częstotliwości przesyłu danych w realnie działającym Systemie, może w pewnym stopniu wpływać na osiągnięty wynik energetyczny. Jednakże miarodajne wnioski z pracy takiego Systemu, można będzie uzyskać po dłuższym okresie testowania w warunkach rzeczywistego budynku. Szczególnie istotne byłoby uzyskanie informacji zwrotnej z pracy instalacji wewnętrznej budynku, odczucia komfortu użytkowników, czy zdarzeń dotyczących nieprawidłowej pracy lub przypadków awarii. Zespół Projektowy uznaje, że dopiero Etap II, tj. budowa Demonstratorów i obserwacja ich pracy, pozwoli na wyciągnięcie odpowiednich wniosków i wprowadzenie koniecznych korekt projektowych lub wykonawczych.

2.2. Opis Demonstratora Technologii

2.2.1. Lokalizacja Demonstratora technologii ThermOS

Podmiot	Pełna nazwa	Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie
	Adres z kodem pocztowym	31-120 Kraków, Aleja Mickiewicza 21
	Adres budynku (lokalizacja Demonstratora)	30-149 Kraków, ul. Balicka 120, Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki

2.2.2. Charakterystyka obiektu, zmiany w stosunku do budynku modelowego z ETAPU I

Budowa Demonstratora technologii w budynku biurowym Uniwersytetu Rolniczego przy ul. Balickiej 120 w Krakowie, wymagała modyfikacji części założeń przyjętych w projekcie Etapu I. Było to konieczne dla właściwego i pełnego zastosowania technologii magazynowania ciepła i chłodu ThermOS, wskazanego w Regulaminie Projektu.

W Etapie I zaprojektowano układ, wykorzystujący dla funkcji CO i CH, naprzemienną sezonowo pracę tej samej instalacji wodnej z klimakonwektorami. W budynku przy ul. Balickiej 120 w Krakowie, przed rozpoczęciem budowy Demonstratora, realizowana była jedynie funkcja CO, poprzez wodną instalację z grzejnikami naściennymi. Budynek przed rozpoczęciem prac nie był wyposażony w centralną instalację chłodzenia. W celu zapewnienia chłodzenia, konieczne było w przypadku wskazanego przez Zamawiającego obiektu, wybudowanie odrębnej instalacji wody lodowej wraz z klimakonwektorami przysufitowymi.

Po drugie, budynek przy ul. Balickiej 120 w Krakowie, jest bardziej energochłonny, niż teoretyczny obiekt opisany w Etapie I. Wymusiło to konieczność zabezpieczenia ewentualnego deficytu mocy urządzeń Demonstratora w warunkach zimowych, poprzez połączenie układu technologicznego z istniejącym węzłem cieplnym, wykorzystującym ciepło systemowe z MPEC Kraków. Zasadniczo potrzeby grzewcze budynku będą zaspokajane przez Demonstrator technologii ThermOS, jednakże zastosowane zostało rozwiązanie umożliwiające wykorzystania węzła cieplnego w roli źródła zamiennego. Założenie

współpracy obu źródeł ciepła w sezonie grzewczym, opiera się na uzależnieniu okresów pracy zamiennej od warunków atmosferycznych i wydajności układu OZE (nie przewiduje się pracy równoległej w sensie hydraulicznym). W związku z tym konieczna była modyfikacja i rozbudowa układu sterowania oraz zmiany układu hydraulicznego rozdzielaczy po „niskiej stronie” w pomieszczeniu węzła cieplnego.

W związku z opisanymi różnicami budynku Demonstratora technologii w stosunku do budynku modelowego, konieczne były zmiany w projekcie technologicznym z Etapu I - układzie hydraulicznym, AKPiA oraz aplikacji sterującej.

W stosunku do założeń Projektu opracowanego w ETAPIE I nie zmieniono doboru urządzeń podstawowych, tj. zastosowano 3 szt. pomp ciepła KAISAI KHX-16PY3, wewnętrzny bufor ciepła o pojemności 1000 dm³ oraz zewnętrzny magazyn ciepła o pojemności 9000 dm³. Pompy obiegowe Grundfos Magna 1 i Magna 3, układ sterowania oparty na sterowniku PLC firmy Inventia.

Projekt z Etapu I zakładał budowę instalacji o mocy 44,55 kWp oraz wykorzystanie 5 kWp istniejącej instalacji na potrzeby pracy Demonstratora. Budynek nie był jednak wyposażony w instalację PV. Ostateczna moc to 46,17 kWp, czyli powyżej zakładanej w projekcie z Etapu I mocy nowej inwestycji. Inwerter 40 kW. Instalacja fotowoltaiczna została zabudowana w całości na dachu budynku sąsiedniego, co nie ma znaczenia w związku ze wspólnym układem zasilania w energię elektryczną budynków Balicka 120 i 120a i jednym układem pomiarowym. Zastosowano opisane w dokumentacji ETAPU I panele PV Vertex firmy TRINA Solar, natomiast inwerter został zastąpiony urządzeniem firmy SOFAR SOLAR, posiadającym wszystkie wymagane certyfikaty.

Instalacja została zabudowana w orientacji wschód-zachód, jednak z mniejszym niż zakładano kątem nachylenia paneli. Wymusiła to konieczność dostosowania się do warunków lokalnych w miejscu inwestycji.

Opisane modyfikacje w stosunku do Projektu z Etapu I były konieczne dla właściwej pracy urządzeń i zapewnienia komfortu w budynku. Jednocześnie w ocenie Wykonawcy, poszerzy to perspektywę rynkową dla technologii magazynowania ciepła. Skojarzenie technologii OZE i magazynowania energii z funkcjonującymi obecnie układami zasilania budynków mieszkalnych wielorodzinnych, biurowych czy użyteczności publicznej w ciepło systemowe, jest właściwym kierunkiem „zazielenienia” zarówno budownictwa jak i ciepłownictwa.

Zgodnie z wynikami obliczeń symulacyjnych pomimo znacznie wyższego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku demonstratora w stosunku do budynku modelowego, zaprojektowany układ zaopatrzenia w ciepło i chłód powinien pozwolić na pokrycie całkowitego zapotrzebowania energetycznego budynku, jednak wymagać będzie większych nakładów na zakup energii elektrycznej z sieci. Z powodu braku dokładnego rozkładu zużycia ciepła budynku przed instalacją Demonstratora ThermOS w poszczególnych dobach i miesiącach roku oraz w dłuższym okresie czasu (kilku sezonów grzewczych), przeprowadzona analiza może być obarczona błędem. Jednakże pewne jest, iż zapotrzebowanie na ciepło budynku jest znacząco wyższe, a co za tym idzie znacząco różniły będą się wyniki eksploatacyjne w stosunku do założeń ETAPU I.

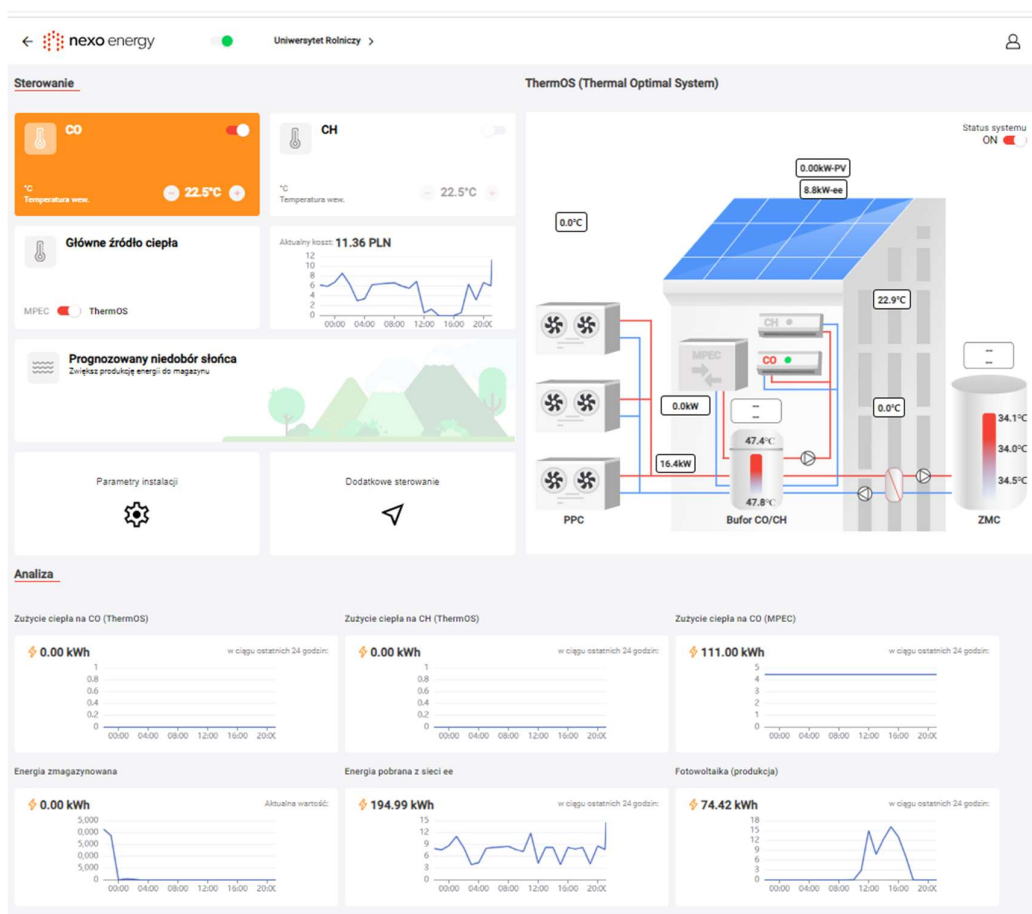
Szansą na redukcję kosztów jest wprowadzenie optymalizacji zużycia ciepła, przy wykorzystaniu funkcjonalności samego układu sterowania i aplikacji ThermOS. Można zakładać, że we współpracy z Użytkownikiem systemu ThermOS i budynku, już w sezonie grzewczym 2023/2024, uda się doprowadzić do zmian w sposobie użytkowania budynku w taki sposób, aby bez pogorszenia komfortu

uzyskać redukcję zużycia na cele ogrzewania pomieszczeń. Biorąc pod uwagę, że praktycznie cała energia niezbędna dla realizacji funkcji chłodzenia będzie pochodziła z własnej instalacji PV, możliwe wydaje się częściowe zredukowanie kosztów wskazanych w tabeli powyżej.

Z uwagi na bardzo krótki czas realizacji Etapu II, weryfikacja założeń technicznych i ekonomicznych z projektu oraz analiza pracy Demonstratora ThermOS, będzie przeprowadzona najwcześniej po zakończeniu sezonu grzewczego (dla funkcji CO). Natomiast długookresowa praca instalacji CH i analiza w tym zakresie, przeprowadzona zostanie w okresie letnim 2024 r.

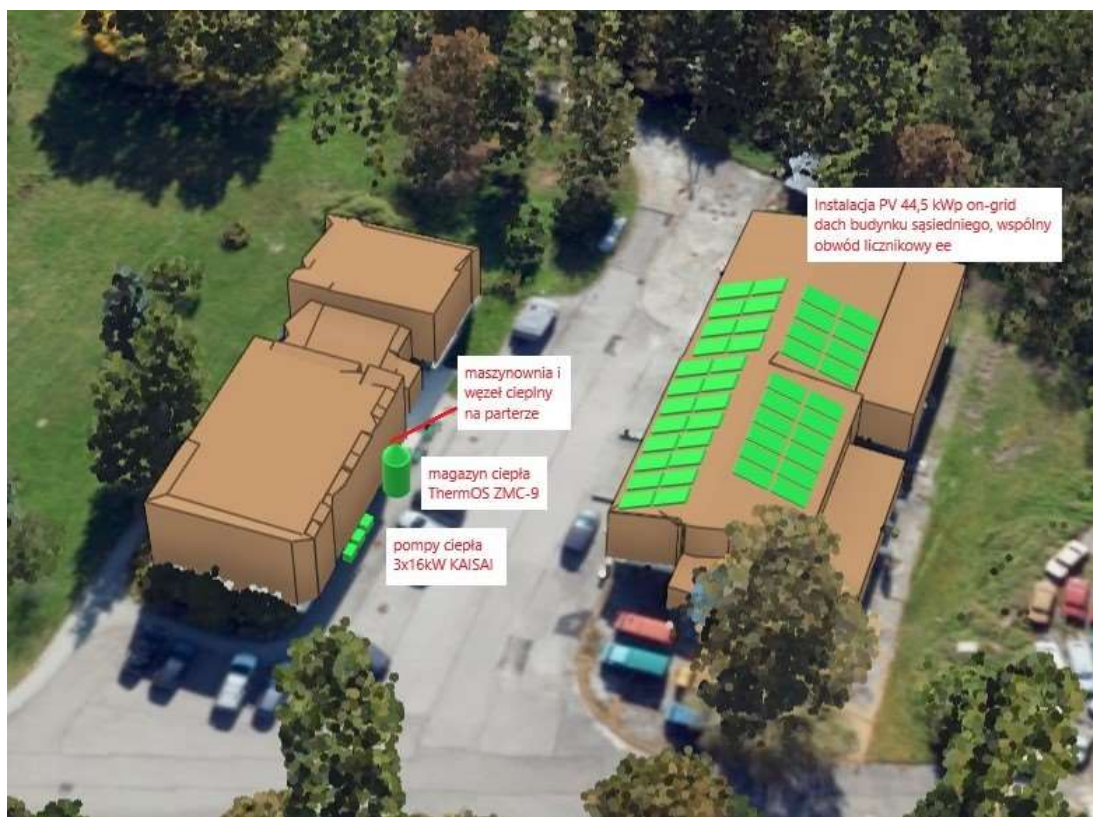
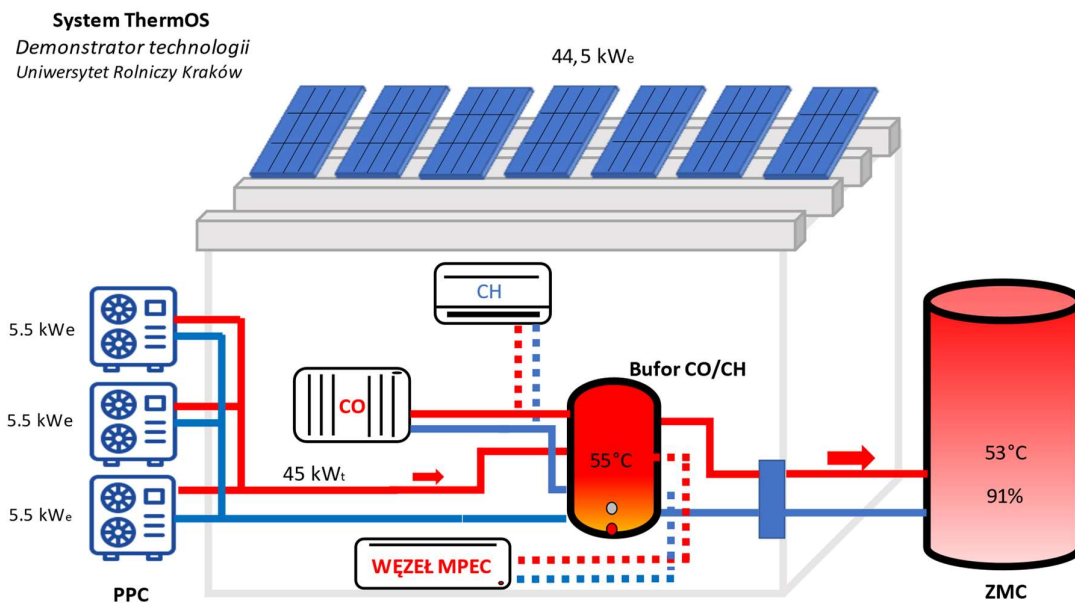
2.2.3. Zmiany w aplikacji sterującej

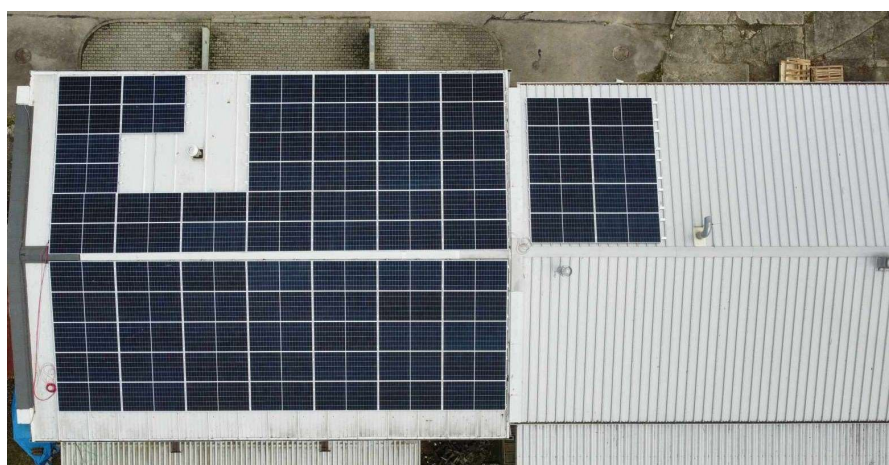
Konieczna była modyfikacja szeregu funkcjonalności aplikacji sterującej, która została rozbudowana w sposób umożliwiający sterowanie odrębnym układem chłodzenia oraz obiegu węzła cieplnego MPEC. Opracowana została nowa grafika pulpitu podstawowego użytkownika oraz szereg nowych funkcji analitycznych i użytkowych. Aplikacja będzie modyfikowana w kolejnych krokach, po uzyskaniu oceny Użytkownika w trakcie eksploatacji systemu ThermOS oraz na podstawie własnych wskazań serwisowych. Część planowanych do wdrożenia funkcjonalności nie jest przedmiotem prac w ramach Projektu i może zostać rozwinięta na późniejszym etapie, w ramach odrębnej współpracy z Użytkownikiem systemu.



Widok pulpitu głównego aplikacji sterującej dla Demonstratora ThermOS

2.2.4. Schemat ideowy, plan sytuacyjny i zdjęcia Demonstratora ThermOS





2.3. Potencjał wdrożeniowy

- System **ThermOS** może być atrakcyjny dla właścicieli różnych typów budynków, dysponujących powierzchnią dachów lub gruntów umożliwiającą budowę instalacji PV oraz fragmentem działki, gdzie może zostać posadowiony magazyn ciepła. Wdrożenie proponowanego systemu zapewni takim obiektom samowystarczalność energetyczną na najwyższym poziomie, co w obecnej sytuacji na rynku paliw i energii jest szczególnie ważne.
- Przewidujemy także duże zainteresowanie rozwiązaniem ze strony właścicieli budynków lub podmiotów planujących inwestycje w instalacje fotowoltaiczne. W związku ze zmianą obowiązujących uregulowań prawnych i odejściem od modelu prosumenta „net-metering”, który umożliwiał „magazynowanie” energii elektrycznej w sieci, właściciele instalacji PV będą w większym stopniu zainteresowani możliwością lokalnego magazynowania energii. W zastosowaniach tego typu proponowany magazyn ciepła i chłodu będzie konkurował na rynku przede wszystkim z akumulatorami litowo-jonowymi, przeznaczonymi do magazynowania energii elektrycznej. Przewagą proponowanego akumulatora ciepła i chłodu nad akumulatorami energii elektrycznej jest znacznie niższy nakład inwestycyjny w przeliczeniu na jednostkę magazynowanej energii. Dlatego w lokalizacjach, w których występuje zapotrzebowanie na ciepło i chłód, proponowane rozwiązanie może być bardziej opłacalne od budowy akumulatora energii elektrycznej.
- System ThermOS może być oczekiwaną propozycją dla obiektów o dużym zapotrzebowaniu na ciepłą wodę użytkową oraz ciepłą wodę do procesów technologicznych, gdzie konsumpcja z powodu sposobu funkcjonowania, przesunięta jest np. na późne godziny wieczorne, kiedy brak jest energii z PV. Podgrzanie i zmagazynowanie dużej ilości wody, pozwala na efektywne wykorzystanie własnej produkcji energii z PV oraz dużą niezależność i bezpieczeństwo.
- Powszechne wdrożenie rozwiązania może być atrakcyjną alternatywą dla innych metod bilansowania systemów elektroenergetycznych z dużym udziałem źródeł odnawialnych. Magazynowanie ciepła i chłodu umożliwi odebranie chwilowych nadwyżek energii z sieci oraz może ograniczyć zużycie energii w okresach jej deficytu. Dlatego przedstawione rozwiązanie może stanowić istotny element zwiększania udziału OZE w bilansie energetycznym kraju, nie tylko w zakresie mocy zainstalowanej, ale przede wszystkim udziału w wolumenie produkowanej i konsumowanej energii.
- Technologia **ThermOS** może być ciekawą propozycją dla spółdzielni energetycznych, klastrów energii oraz przemysłu, z uwagi na pilną potrzebę optymalizacji produkcji, konsumpcji i dystrybucji różnych strumieni energii, zarówno w obrębie dużych układów wyspowych, jak i układów rozproszonych działających na wspólną sieć (elektroenergetyczną czy ciepłowniczą).
- Rozwiązanie w części magazynowania ciepła i chłodu, może być interesującym uzupełnieniem już istniejących systemów ogrzewania/chłodzenia budynków. Dynamiczny rozwój rynku fotowoltaiki i pomp ciepła, który obserwujemy w ostatnich latach, wskazuje na możliwą dobudowę magazynów ciepła z częścią układu hydraulicznego, do istniejących już instalacji budynkowych. Możliwości częściowej implementacji opracowanych projektów, w szczególności ZMC, są bardzo szerokie.
- Budowa rozproszonych układów magazynowania ciepła może być sposobem na optymalizację pracy systemów ciepłowniczych w miastach, zarówno w zakresie wyłuszczenia profili produkcji w źródłach typowo ciepłowniczych, jak i właściwego wykorzystania potencjału i

ekonomiki produkcji w źródłach kogeneracyjnych. Niewielkie magazyny ciepła zlokalizowane w znacznej odległości od źródła ciepła, współpracujące z siecią mogą stanowić dobre uzupełnienie układu z dużym akumulatorem ciepłowniczym. Takie rozwiązanie może być również zasadniczym elementem do budowy systemu prosumenckiego w branży ciepłownictwa systemowego.

2.4. Skalowalność

- Wszystkie elementy podstawowe zaprojektowanego Systemu, tj. pompa ciepła, zasobnik CWU i bufor CO, instalacja PV, pompy cyrkulacyjne i wymiennik płytowy, pozwalają na konfigurację w bardzo szerokim zakresie mocowym i wydajnościowym. Wymienione urządzenia są produktami rynkowymi, a wskazane konkretne typoszeregi i modele, wynikają z przeprowadzonych obliczeń. Natomiast zmiana w dużym zakresie jest możliwa, przy wykorzystaniu innych modeli danych typoszeręgów produktów, a dla pomp ciepła poprzez układy wielopompowe.
- Koncepcja zewnętrznego magazynu ciepła/chłodu (ZMC), została tak opracowana, że zmiana pojemności z zasady będzie polegała na zmianie wysokości magazynu, chociaż możliwa jest również inna konfiguracja, np. ze zmianą wysokości i średnicy lub zastosowaniem baterii kilku magazynów pracujących równolegle. W założeniu powstaną określone typoszeregi ZMC w wersji podziemnej i naziemnej, które można będzie również zestawiać w układy magazynujące, składające się z kilku ZMC, połączonych hydraulicznie.

2.5. Bezpieczeństwo

W ramach projektowania **ThermOS** istotnym elementem była ocena ryzyka – pożarowego, chemicznego, ciśnieniowego, budowlanego i transportowego. Wykluczono lub zminimalizowano większość zagrożeń:

- pożarowe – praca Systemu bez otwartego ognia, zapłonu, gazów palnych
- chemiczne – czynnik chemiczny wykorzystywany będzie jedynie w pracy pompy ciepła – czynnik dopuszczony do obrotu na rynku i zgodny z Regulaminem Projektu
- ciśnieniowe – instalacje wewnętrzne ciepła/chłodu oraz CWU pracujące na niskich ciśnieniach, zabezpieczone armaturą i urządzeniami zgodnie z wymaganiami norm (naczynia przeponowe, zawory bezpieczeństwa, zasobniki z atestem); zewnętrzny magazyn ciepła/chłodu jako zbiornik bezciśnieniowy, funkcjonujący w odrębnym obiegu hydraulicznym za wymiennikiem płytowym
- budowlane – minimalizacja wykopów poprzez zastosowanie podziału ze względu na wysokość magazynu, a co za tym idzie ewentualną głębokość wykopu - dla najmniejszej pojemności 3000 dm³ przewidziano wariant magazynu podziemnego ZMC-3 oraz magazynu naziemnego ZMC-3N, natomiast dla pojemności większych jedynie magazyn naziemny. Pozostałe urządzenia i instalacje maszynowni i PV będą wykonane zgodnie ze sztuką, przez osoby z odpowiednimi uprawnieniami i doświadczeniem, zarówno w części hydraulicznej, jak i elektrycznej. Są to cechy istotne również na etapie użytkowania i ewentualnych awarii, napraw, wymiany.

- transportowe – ograniczenie średnicy magazynu zewnętrznego do maksymalnie 2,5 m, co umożliwia standardowy transport kołowy; konstrukcja lekka. Są to cechy istotne również na etapie użytkowania i ewentualnych awarii, napraw, wymiany.
- nie stwierdzono aktualnie zagrożeń mogących skutkować brakiem dostępności lub znacznym obniżeniem jakości świadczonych usług i produkcji.

2.6. Opłacalność

Biorąc pod uwagę warunki i ograniczenia narzucone przez Regulamin Przedsięwzięcia, ale również konieczność wykonania Projektów dla określonych modeli budynków i ich zapotrzebowania, trudno miarodajnie przenieść wyniki analiz na możliwe warunki realnych implementacji rozwiązania. Jednakże można wskazać przewagę Projektu, które świadczą o jego możliwej opłacalności i komercjalizacji.

Z punktu widzenia kosztów inwestycyjnych, rozwiązanie **ThermOS** jest niemalże typowym układem technologicznym z powietrzną pompą ciepła i instalacją fotowoltaiczną, realizującą dostawę trzech strumieni energii i usług – centralnego ogrzewania, chłodzenia oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej. Najczęściej obecnie w tego typu układach występuje bufor wewnętrzny CO dla stabilizacji pracy pompy ciepła i krótkotrwałego buforowania nadwyżek energii z PV. System **ThermOS** rozszerza tę funkcjonalność, poprzez zastosowanie odrębnego układu hydraulicznego i zewnętrznego magazynu ciepła lub chłodu, który ma wielokrotnie większe możliwości magazynowania energii. Tak więc do znanych kosztów inwestycyjnych, różnych dla danego budynku, ale koniecznych do poniesienia na budowę źródła ciepła i instalacji PV, należy doliczyć koszt rozbudowy o układ ZMC. Konieczna jest również ocena potrzeb w zakresie zmiany układu sterowania podstawowego. Szacunkowo wzrost kosztów inwestycyjnych w większości przypadków nie powinien przekroczyć 30-40%. Tak więc, przy koniecznej inwestycji dla przykładowego budynku jednorodzinnego na system z buforem, ale bez magazynu zewnętrznego, rzędu 80-90 tys. zł (pompa ciepła, maszynownia, fotowoltaika), należałoby doliczyć około 40 tys. zł.

W obecnych warunkach niezwyklej dynamiki wzrostu cen energii elektrycznej, ciepła czy paliw, które najczęściej wykorzystywane są do potrzeb grzewczych (olej opałowy, gaz ziemny i płynny, węgiel), trudno jest oszacować w sposób odpowiedzialny opłacalność takiej inwestycji. Tym bardziej w długim horyzoncie czasowym. Jednak bez wątplenia każda optymalizacja zużycia energii i wykorzystania nadwyżek produkowanych w prosumenckiej instalacji PV, jest opłacalna.

Analizy wykonane na potrzeby Przedsięwzięcia wskazują na przykład, że możliwe jest zapewnienie komfortu termicznego przez cały rok dla budynku jednorodzinnego o niskim standardzie energetycznym, budowanym w starej technologii, przy zakupie jedynie 3227 kWh energii elektrycznej z sieci. Przy projekcji możliwej ceny na rok 2024 na poziomie 1,70 zł/kWh, dawałoby to ok. 5500 zł/rok. Nie jest to więc wartość wygórowana, w odniesieniu do wskazanego w Modelu zapotrzebowania analizowanego budynku na poziomie 20 355 kWh/h na ogrzewanie, chłodzenie i produkcję CWU.

Szczegółowe dane ekonomiczne dotyczące kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych dla analizowanych wariantów energetycznych budynków oraz danych klimatycznych, zostały przekazane wraz z pełną dokumentacją Projektu.

3. Uwarunkowania formalno-prawne dotyczące Technologii

Nie stwierdza się istotnych barier prawnych dla wdrożenia i rozwoju opracowanej technologii. Dobór urządzeń i instalacji przeprowadzono zgodnie z aktualnie obowiązującymi normami, a dla pomp ciepła zastosowano rozwiązanie wyprzedzające przepisy, które wejdą w życie od 2025 r. dotyczące maksymalnej wartości GWP czynnika chłodniczego. Zastosowane technologie są powszechnie znane i stosowane, natomiast w przypadku zewnętrznego magazynu ciepła nie zastosowano w obiegu hydraulicznym czynników niebezpiecznych dla środowiska czy użytkownika. Nie są więc wymagane specjalne dopuszczenia i badania urządzenia przed wprowadzeniem na rynek.

4. Informacje dodatkowe

5. Dane Wykonawcy

Dane adresowe oraz rejestrowe

ConnectPoint Sp. z o.o., ul. Zagadki 21, 02-227 Warszawa, biuro@connectpoint.pl

NIP: 7773148122, REGON: 301339352

O nas

- Ponad 10-letnie doświadczenie w realizacji projektów dla przemysłu i energetyki, w tym dla Leipziger Stadtwerke, RWE Renewables, OMV, Veolii i GK ORLEN
- Polski kapitał z międzynarodową obecnością (3 biura w Polsce z centralą w Warszawie i spółka zależna w Niemczech) oraz 50+ projektów zrealizowanych w 5 krajach
- Stały zespół 150 ekspertów i inżynierów
- Znajomość technologii udokumentowana akredytacjami i certyfikatami
- Doświadczenie z wielu udanych projektów dla naszych klientów potwierdzone referencjami
- Wysoka elastyczność w dostosowaniu rozwiązań do istniejącej architektury IT



Opis doświadczenia Wykonawcy w zakresie działalności badawczo-rozwojowej

Helsinki Energy Challenge 2021 - Konkurs na koncepcję dekarbonizacji sieci ciepłowniczej w Helsinkach. Prace B+R polegały na opracowaniu optymalnej architektury sieci (wraz z symulacją i kosztorysem wykonania) ciepłowniczej w Helsinkach, przy założeniu maksymalizacji ilości ciepła pochodzącego ze źródeł odnawialnych. W projekcie zostały wykorzystane dwa rodzaje magazynów ciepła – długoterminowy (Ecovat) i krótkoterminowy (Heatventors).

Opis doświadczenia Wykonawcy w zakresie działalności związanej z optymalizacją zużycia energii:

- udział w projekcie budowy Inteligentnej Sieci Ciepłowniczej w Warszawie dla Veolia Warszawa,
- „System monitorowania Produkcji” dla PGE GiEK,
- Projekt transformacji Stadtwerke Lipsk w koncepcję zgodną ze SmartCity,
- Projekt monitorowania i optymalizacji działania turbin wiatrowych dla RWE Renewables
- Wdrożenia systemów IoT zarządzania komfortem cieplnym w budynkach użyteczności publicznej, biurowych i mieszkalnych – system Nexo Energy (Kraków, Łódź)
- Wdrożenia systemów zarządzania i optymalizacji procesów przemysłowych w obiektach produkcyjnych, m.in. Danone, Ceramika Paradyż, Twinings, Mondi

Informacje o Zespole Projektowym

Paweł Uznański – koordynator Zespołu Projektowego, 23-letnie doświadczenie w branży energetycznej, w szczególności ciepłowniczej, członek zespołów branżowych działających w ramach prac przy PEP2040 z ramienia IGCP, były biegły sądowy z dziedziny energetyki, autor publikacji branżowych, doświadczony manager

dr hab. Sebastian Dudzik – członek Zespołu Projektowego, wykładowca uczelni technicznej, autor i współautor wielu monografii, publikacji, patentów. Uczestnik projektów badawczych i badawczo-rozwojowych oraz wdrożeń przemysłowych z zakresu automatyki i systemów IT

dr Piotr Szeląg - członek Zespołu Projektowego, wykładowca uczelni technicznej, autor i współautor monografii, publikacji, patentów. Uczestnik projektów badawczych i badawczo-rozwojowych oraz wdrożeń przemysłowych z zakresu automatyki i systemów IT

Marek Zajac - członek Zespołu Projektowego, 24-letnie doświadczenie w branży Energetycznej, ciepłowniczej i informatycznej, brał udział w projektach inwestycyjnych i optymalizacyjnych dla warszawskiego systemu ciepłowniczego. Znajomość cyfrowych technik obliczeniowych i symulacyjnych.

dr Adrian Trząski – udział w pracach Zespołu Projektowego, wykładowca uczelni technicznej, autor i współautor monografii, publikacji, znajomość termodynamiki budynków, gruntów, autor symulacji przepływu strumieni energii w Projekcie.

Podwykonawcy/Podmioty współpracujące:

inVentia

vAmargo
tank think tank

AGRA firma
DORADZTWO | PROJEKTY | NADZORY

IDEA COMPLEX

connectpoint

AC Instalacje – ADAM CYGANOWICZ

6. Lista skrótów i definicji

- *PPC – powietrzna pompa ciepła*
- *GPC – gruntowa pompa ciepła*
- *ZMC – zewnętrzny magazyn ciepła i chłodu*
- *PPCWU – pojemnościowy podgrzewacz ciepłej wody użytkowej*
- *PV – instalacja fotowoltaiczna*
- *GWP - global warming potential – potencjał tworzenia efektu cieplarnianego*
- *PTES, BTES – technologie magazynowania ciepła w gruncie*
- *TTES – technologia magazynowania ciepła w zbiorniku wodnym lub solankowym*
- *PCMS - Phase Changing Materials Storage – magazyn ciepła wykorzystujący przemianę fazową*
- *OZE – odnawialne źródła energii*

Opracował Zespół Projektowy

Kierownik Projektu B+R

Paweł Uznański