

Zamówienie jest współfinansowane ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach poddziałania 4.1.3 Innowacyjne metody zarządzania badaniami Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020, w ramach projektu pn. Podniesienie poziomu innowacyjności gospodarki poprzez wdrożenie nowego modelu finansowania przełomowych projektów badawczych zgodnie z umową z dnia 12 kwietnia 2017 r. numer POIR.04.01.03-00-0001/16

Rekomendacja Wykonawcy – dobre praktyki transformacji systemu ciepłowniczego w kierunku OZE

Raport wykonany w ramach Przedsięwzięcia nr 72/21/PU - Ciepłownia Przyszłości, czyli system ciepłowniczy z OZE

Hybrydowa Ciepłownia OZE

RenBio Sp. z o.o.

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.

<i>Spis treści</i>	2
1 <i>Wstęp</i>	7
1.1 <i>Opis problemu badawczego</i>	7
1.2 <i>Opis opracowanej Technologii Ciepłowni Przeszłości</i>	10
1.2.1 <i>Ogólny opis technologii</i>	10
1.2.2 <i>Charakterystyka Technologii i Demonstratora Technologii</i>	11
1.2.3 <i>Opis Procesu Technologicznego</i>	12
1.2.4 <i>Opis instalacji elektrycznej i automatyki</i>	13
1.2.5 <i>Opis najważniejszych urządzeń wchodzących w skład poszczególnych działów procesowych w Demonstratorze Technologii</i>	14
1.2.6 <i>Przewagi i różnice Technologii w stosunku do obecnie dostępnych</i>	15
1.2.7 <i>Podsumowanie opisu Demonstratora</i>	16
1.2.8 <i>Wpływ zastosowania technologii Demonstratora na struktury organizacyjne</i>	19
2 <i>Lokalizacja Demonstratora Technologii</i>	21
3 <i>Projektowanie Technologii Ciepłowni Przyszłości</i>	27
3.1 <i>Wnioski dot. modelowania numerycznego w TRNSYS</i>	27
3.2 <i>Wnioski dot. osiągnięcia Wymagań Obligatoryjnych i Konkursowych</i>	27
3.2.1 <i>Wymagania Obligatoryjne</i>	27
3.2.2 <i>Wymagania Konkursowe</i>	35
4 <i>Analiza kosztów ciepła</i>	37
4.1 <i>Czynniki wpływające na cenę ciepła</i>	37
5 <i>Uwarunkowania formalno-prawne dot. Technologii Ciepłowni Przyszłości</i>	43
5.1 <i>Zidentyfikowane bariery prawne ustalone na przykładzie Demonstratora</i>	43
5.2 <i>Wpływ polityki energetycznej Unii Europejskiej z uwzględnieniem taksonomii klimatycznej na wdrażanie Technologii Ciepłowni Przyszłości</i>	43
6 <i>Harmonogram budowy instalacji Demonstratora Technologii</i>	46
7 <i>Skalowalność i replikowalność Technologii Ciepłownia Przyszłości</i>	49
7.1 <i>Skalowalność</i>	49
7.2 <i>Replikowalność</i>	51
7.3 <i>Potencjał dostosowania Demonstratora Technologii do zmian na rynku energii i ciepła</i>	52
8 <i>Obliczenia</i>	54
8.1 <i>LCOH</i>	54

8.2	Wskaźnik OZE	55
8.3	Inne istotne parametry z punktu widzenia modelowania numerycznego.....	56
8.4	Bilans energetyczny Demonstratora	57
9	Bezpieczeństwo	59
10	Informacje dodatkowe	60
11	Dane Wykonawcy.....	61
11.1	Dane adresowe oraz rejestrowe.....	61
11.2	opis doświadczenia Wykonawcy w zakresie działalności badawczo-rozwojowej.....	61
11.3	opis doświadczenia Wykonawcy w zakresie branży ciepłowniczej	64
11.4	informacje o Zespole Projektowym	65
12	Lista skrótów i definicji	66
13	Spis ilustracji.....	69
14	Załączniki	70

Zastrzeżenie

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 prawidłowości 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.

Streszczenie

Omawiany dokument jest analizą, jak i zbiorem dobrych praktyce w zakresie budowy ekologicznego i niskoemisyjnego systemu ciepłowniczego. Opracowanie zostało wykonane w ramach programu „Ciepłownia przyszłości, czyli system ciepłowniczy z OZE” realizowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (dalej zwanym „NCBR”). Niniejszy dokument traktuje o systemie ciepłowniczym niskotemperaturowym opartym o następujące technologie:

- Moduły fotowoltaiczne,
- Magazyn energii elektrycznej,
- Wysoko temperaturowe dwuźródłowe pompy ciepła (powietrze/woda i woda/woda),
- Magazyn energii cieplnej krótkoterminowy tzw. TTES – magazyn w postaci cylindrycznego zbiornika z wodą,
- Magazyn energii cieplnej długoterminowy tzw. BTES – magazyn wykorzystujący zdolności akumulacyjne gruntu.

Zgodnie z przeprowadzoną analizą, system wybudowany w oparciu o powyższe technologie może efektywnie dostarczać ciepło do odbiorców ciepła przy jednostkowej cenie 183,70 zł/GJ. Atutem rozwiązania jest praktyczny brak wykorzystania paliw kopalnych do wytwarzania ciepła a co za tym idzie znikoma emisja dwutlenku węgla na poziomie 94,15 t/rok. Z uwagi na wykorzystanie w systemie wielu urządzeń dostępnych z seryjnej produkcji, koncepcja systemu jest łatwa w multiplikacji oraz skalowaniu w innych lokalizacjach. W celu zwiększenia lub zmniejszenia potencjału wytwarzania energii w docelowej lokalizacji, instalacje wytwórcze należy wyposażyć w odpowiednio mniejszą lub większą ilość urządzeń. Jest to znaczące ułatwienie np. w procesie podejmowania kierunkowych decyzji inwestycyjnych odnośnie sposobu dekarbonizacji, ponieważ pozwala na stosunkowo szybkie określenie kosztów, wielkości inwestycji, potrzebnych prac oraz czasu realizacji.

Kompozycja systemu generuje nadwyżki energii elektrycznej z instalacji fotowoltaicznych w okresie letnim. W rozpatrywanym modelu przyjęto, iż nadwyżki te będą sprzedawane na rynku, co poprawia ekonomię przedsięwzięcia. Nadmiarowa energia elektryczna może być jednak wykorzystana np. do lokalnego wytwarzania wodoru, co z kolei otwiera kolejne nowe możliwości.

Zastosowane rozwiązanie w zakresie dolnego źródła ciepła i sezonowego magazynu ciepła tj. układu odwiertów gruntowych, pozwala na jego implementację wśród istniejącej zabudowy

osiedlowej. Ma to istotne znaczenie ze względu na to, iż praktycznie zawsze systemy ciepłownicze zasilają taką właśnie zabudowę. Pozwala to także na znaczne ograniczenie wymaganej powierzchni terenu dla funkcji magazynowania ciepła.

Źródło ciepła jest oparte o przemysłowe pompy ciepła, o osiągalnej temperaturze czynnika grzewczego do 90°C. Pozwala to na implementację rozwiązania bez konieczności przebudowy istniejących budynkowych instalacji grzewczych.

1 Wstęp

1.1 Opis problemu badawczego

Zmiany klimatu wywołane m.in. zużyciem paliw kopalnych do zaopatrzenia w energię wymagają zdecydowanych działań w zakresie transformacji dotychczasowych sposobów zaopatrzenia w energię elektryczną i ciepłą. Polski sektor energetyczny jest szczególnie uzależniony od wykorzystania węgla kamiennego i brunatnego. Obecne zmiany polityczne jak i rynkowe wymuszają dokonania zmian i modernizacji obecnych systemów ciepłowniczych opartych w głównej mierze na paliwie węglowym, w nowoczesne układy oparte o energię odnawialną (dalej zwaną „OZE”). W niniejszej pracy podjęto próbę zaproponowania układu technologicznego pozwalającego na stosunkowo niedrogie, powtarzalne, skalowalne i szybkie w realizacji rozwiązanie, które odzwierciedla warunki wdrożenia w przeciętnym polskim systemie ciepłowniczym. Najważniejsze warunki brzegowe jakie zostały nadane rozwiązaniu to:

- Zielony system ciepłowniczy -> 100% procent energii cieplnej powinno być wytwarzane z OZE;
- Proponowane rozwiązanie powinno zasilać w ciepło budynki o minimalnej łącznej powierzchni użytkowej nie mniej niż 15 000 m²;
- Spełnienie wszelkich wymogów w zakresie możliwości zapełnienia komfortu cieplnego w mieszkaniach w budynkach wielorodzinnych z lat 60-tych, 70-tych czy 80-tych XX wieku zgodnie z zapisami rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, DZIAŁ IV, Wyposażenie techniczne budynków (tekst jednolity Dz.U. 2019 poz. 1065), § 134 oraz § 302;
- Spełniać wymagane temperatury ciepłej wody użytkowej zgodnie z zapisami rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, DZIAŁ IV, Wyposażenie techniczne budynków (tekst jednolity Dz.U. 2019 poz. 1065), Rozdział 1 Instalacje wodociągowe zimnej i ciepłej wody, § 120.

Dodatkowo zaproponowane rozwiązanie musiało spełniać wysokie standardy jakościowe w zakresie używanych urządzeń i instalacji, szczegółowo opisanych w załączniku nr 1 do niniejszego dokumentu. Do najistotniejszych wskaźników określających jakość zaproponowanego należą wskaźnik

wykorzystania OZE oraz LCOH – określający koszt wytworzenia jednostki energii cieplnej. Wzór na wskaźnik OZE został przedstawiony poprzez równanie 1.1 a formuła na wyznaczenie drugiego parametryzatora poprzez zapis 1.2. Pogłębiony opis tych dwóch parametrów został zawarty w załączniku nr 1.

$$\%OZE = (OZE + ZMAGAZYNU)/(OZE + ZMAGAZYNU + CZARNA) \quad (1.1)$$

Gdzie:

%OZE - Udział Odnawialnych źródeł Energii w zaproponowanym rozwiązaniu technologicznym (Dalej zwanym „Demonstrator”) [%]/[-]

OZE - Energia odnawialna zużyta do produkcji ciepła z takich źródeł jak:

- Dolne źródła ciepła (powietrze, woda, grunt),
- Paliwa biogazowe,
- Energia elektryczna wygenerowana w modułach fotowoltaicznych,
- Energia elektryczna wytworzona z energii wiatru,
- Energia cieplna wytworzona z kolektorów solarnych,
- Energia elektryczna wyprodukowana przez odnawialne źródła energii zakupionej z sieci w maksymalnym udziale 15% całkowitego wolumenu energii zużywanego przez system. [MWh]/[GJ],

ZMAGAZYNU - Energia zużyta na potrzeby produkcji ciepła zmagazynowana wcześniej z źródeł OZE w magazynach energii cieplnej [MWh]/[GJ],

CZARNA - Energia, która nie została wyprodukowana przez odnawialne źródła energii [MWh]/[GJ].

$$LCOH = \quad (1.2)$$

$$\left(CAPEX_0 + \sum_{k=1}^{25} [\{CAPEX_k + OPEX_k - REZ_k\} / \{DYSK_k\}] \right) / \left(\sum_{k=1}^{25} [\{E_k\} / \{DYSK_k\}] \right)$$

Gdzie:

- LCOH - Uśredniony koszt ciepła obliczony dla Demonstratora Technologii dla okresu 25 lat eksploatacji [PLN/GJ],
- CAPEX - Nakład inwestycyjny poniesiony na realizację Demonstratora technologii. Po okresie wybudowania obiektu i przekazania do eksploatacji pozycja określa:
- Nakłady odtworzeniowe w obszarze wytwarzania wynikające z starzenia się instalacji i urządzeń,
 - Nakłady odtworzeniowe w obszarze dystrybucji ciepła wynikające z starzenia się instalacji i urządzeń,
 - Nakłady odtworzeniowe w obszarze odbiorczym wynikające z starzenia się instalacji i urządzeń,
- CAPEX₀ - Nakład inwestycyjny poniesiony na realizację Demonstratora technologii do momentu przekazania systemu do eksploatacji [PLN],
- k - Indeks określający mierzoną wartość do okresu roku w zakresie 1-25 lat [-],
- OPEX - Nakłady operacyjne w tym:
- Koszt paliw i energii (wraz z dostawą) zużytych w obszarze wytwarzania, dystrybucji i odbioru energii Demonstratora,
 - Koszt konserwacji, przeglądów i napraw w obszarze wytwarzania, dystrybucji i odbioru energii Systemu,
 - Narzuty na koszty w obszarze wytwarzania, dystrybucji i odbioru energii Rozwiązania technologicznego [PLN],
- REZ - Wartość rezydualna środków trwałych [PLN],
- E - Energia cieplna dostarczona do odbiorcy końcowego [GJ],
- DYSK - Współczynnik dyskonta wartości nakładów, wartości rezydualnych kosztów i wytworzone energii

1.2 Opis opracowanej Technologii Ciepłowni Przeszłości

Hybrydowa ciepłownia OZE to koncepcja łącząca w innowacyjny sposób technologie wytwarzania energii w Źródłach Odnawialnych, w spójny i zbilansowany układ grzewczy, możliwy do wdrożenia w istniejącej infrastrukturze ciepłowniczej małych i średnich systemów ciepłowniczych – powszechnych w Polsce, a silnie rozwijanych w drugiej połowie XX wieku. O ile w nowych budynkach rozwój odnawialnych źródeł ciepła i energii możliwy jest do zapewnienia poprzez odpowiednią legislację i wymogi projektowe, o tyle dla istniejącej tkanki miejskiej oraz zasilających ją systemów ciepłowniczych należy stosować rozwiązanie dopasowane do parametrów projektowych i eksploatacyjnych istniejących instalacji.

Koncepcje hybrydowej ciepłowni OZE o następujące technologie:

- Moduły fotowoltaiczne -> moc zainstalowana generatora fotowoltaicznego 2229 kWp,
- Magazyn energii elektrycznej -> pojemność magazynu 2546 kWh,
- Wysokotemperaturowe dwuźródłowe (hybrydowe) pompy ciepła (powietrze/woda i woda/woda) w liczbie 17 sztuk i maksymalnej łącznej mocy grzewczej 1732 kW,
- Magazyn energii cieplnej krótkoterminowy tzw. TTES (ang. Tank Thermal Energy Storage) – magazyn w postaci cylindrycznego zbiornika z wodą o potencjale cieplnym do przesyłu maksymalnie 4016 kWh,
- Magazyn energii cieplnej sezonowy tzw. BTES (ang. Borehole Thermal Energy Storage) – magazyn ciepła w postaci odwiertów, wykorzystujący zdolności akumulacyjne gruntu, pozwalający na pozyskanie 1965 MWh energii termalnej.

Umiejętne połączenie wyżej wskazanych urządzeń pozwala na skonstruowanie systemu, który spełnia postawione wymagania.

1.2.1 Ogólny opis technologii

Zastosowane zostanie centralne źródło ciepła w postaci maszynowni hybrydowych pomp ciepła współpracującego z sezonowym i dobowym magazynami energii cieplnej. Sezonowy magazyn ciepła zostaną wykonane w technologii BTES (ang. Borehole Thermal Energy Storage). Sezonowe magazyny energii cieplnej będą zasilane z pomp ciepła pracujących w trybie powietrze/woda, wykorzystujących nadwyżki energii wytwarzanej w instalacjach fotowoltaicznych. Moc zainstalowana farmy fotowoltaicznej będzie wynosić 2229 kWp. Planuje się wykorzystać moduł fotowoltaiczne firmy

JaSolar: JAM72S20-40MR, których karta charakterystyki stanowi załącznik nr 2 do niniejszego opracowania.

Dla stabilizacji chwilowych wahań w wytwarzaniu i odbiorach energii przewiduje się magazyny dobowe energii cieplnej i elektrycznej. Planowany magazyn energii cieplnej będzie w stanie oddać do układu 4016 kWh energii a magazyn elektryczny 2546 kWh. Jako model magazynu energii magazyn Powercube-40H-M3 którego karta charakterystyki stanowi załącznik nr 3.

Moc cieplna układu pomp na cele zasilania BTES wynosić będzie 1732 kW a na potrzeby produkcji ciepła 1524 kW. Dysproporcja pomiędzy mocą zasilającą magazyn a odbiorcą wynika z potrzeby ogrzania gruntu chroniąc go przed przemarzaniem w trakcie pracy w okresie zimowym. Produkcja energii cieplnej będzie odbywała się za pomocą dwuźródłowych pomp ciepła firmy Mayekawa: Unimo AWW, których karta katalogowa stanowi załącznik nr 4.

Objętość gruntu obejmującego sezonowe magazyny ciepła stanowić będzie dolne źródło ciepła dla pomp ciepła pracujących w trybie grunt/woda poprzez układ pośredni. Dzięki podwyższonej temperaturze gruntu, pompy ciepła uzyskiwać będą wyższe współczynniki sprawności (w stosunku do rozwiązania bez magazynu). Pozwoli to na dostarczenie wymaganej ilości ciepła na cele grzewcze przy mniejszym zapotrzebowaniu na energię elektryczną. Planowana objętość magazynu wynosić będzie około 1.4 mln m³.

1.2.2 Charakterystyka Technologii i Demonstratora Technologii

Istniejący system ciepłowniczy, służący demonstracji technologii stanowi element miejskiego systemu ciepłowniczego miasta Kartuzy. System demonstratora składa się z grupowego węzła cieplnego, zasilanego z centralnej kotłowni węglowej. Wielorodzinne budynki mieszkalne (i inne objęte przedsięwzięciem) zasilane są z węzła grupowego w czynnik grzewczy oraz ciepłą wodę użytkową za pomocą czteroprzewodowej sieci preizolowanej. Źródło ciepła dla węzła grupowego zostanie zastąpione najnowocześniejszymi wysokotemperaturowymi pompami ciepła umożliwiającymi wykorzystanie powietrza jak i gruntu jako dolne źródło ciepła. Dzięki zastosowanym rozwiązaniom, ilość ciepła z OZE, dostarczanego do odbiorców, określona na podstawie precyzyjnego modelowania numerycznego, wynosić będzie aż 96%, co w praktyce oznacza spełnienie pierwotnych założeń.

Ze względu na odwrotną proporcję dostępnej energii słonecznej w stosunku do zapotrzebowania na ciepło w miesiącach zimowych, część fotowoltaiczna systemu musi zostać

stosownie rozbudowana. Moduły fotowoltaiczne zainstalowane zostaną na dachach budynków, na dostępnych działkach użytkownika demonstratora. Dla lepszego dopasowania dobowego profilu wytwarzanej energii elektrycznej do profilu odbioru, a także intensywniejszego wykorzystania powierzchni, przewiduje się konfigurację generatorów fotowoltaicznych w układzie wschód – zachód. Takie ułożenie dotyczyć będzie modułów ulokowanych na powierzchni dachowej. Instalacja na gruncie zostanie usytuowana w układzie południowym celem maksymalizacji produkcji energii elektrycznej. Planuje się umieścić na wysokości 2349 modułów i 2590 na gruncie. Wymagana łączna powierzchnia dachów użytych do budowy instalacji to około 5,5 tys. m² i równoważna powierzchnia na gruncie. Niedobór w energii elektrycznej będzie uzupełniany kupowaną energią z OZE.

Nadmiar energii elektrycznej, po zaspokojeniu potrzeb związanych z wytwarzaniem i magazynowaniem ciepła, będzie sprzedawany na rynku za pośrednictwem sieci OSD, w tym może być zaoferowany mieszkańcom budynków.

1.2.3 Opis Procesu Technologicznego

Energia słoneczna zamieniana będzie za pomocą modułów fotowoltaicznych na energię elektryczną (prąd stały (DC)). Współpracujące falowniki zamieniać będą prąd stały (DC) na prąd zmienny (AC). Prąd ten kierowany będzie do rozdzielnic głównej maszynowni i zasilat będzie źródła ciepła – tj. pompy ciepła. Ewentualne nadwyżki kierowane będą do magazynów energii elektrycznej lub do sieci operatora systemu dystrybucyjnego (OSD). W przypadku niedoborów energii elektrycznej z instalacji fotowoltaicznej, będzie ona pobierana z magazynów energii lub z sieci OSD. Przede wszystkim w sezonie letnim, gdzie występować będą znaczne nadwyżki energii elektrycznej wytwarzanej przez instalacje fotowoltaiczne, energia ta zasilat będzie pompy ciepła pracujące w trybie powietrze / woda, wytwarzające energię cieplną kierowaną do sezonowych magazynów ciepła.

Kaskada pomp ciepła umożliwi osiągnięcie temperatur na zasilaniu czynnikiem grzewczym do 90°C, co koreluje z obecnym reżimem pracy sieci grzewczej. Ponadto kaskadowy układ będzie pozwalał na bardzo elastyczną pracę źródła z najwyższą możliwą chwilową sprawnością. Centralny system nadzoru będzie dbał o równomierne wykorzystanie każdej z maszyn.

Wybudowany i podłączony równolegle do obecnego systemu ciepłowniczego dwufunkcyjny węzeł cieplny będzie w sposób najefektywniejszy przygotowywał niezbędne ilości ciepłej wody użytkowej oraz dostarczał ciepło do budynków, w funkcji regulacji pogodowej i profilu rozbiorów.

Przewiduje się zastosowanie m.in. pomp obiegowych o zmiennej prędkości obrotowej, płytowych wymienników ciepła o powierzchniach wymiany ciepła dostosowanych do zmiennych przepływów

W skład węzła dystrybucyjnego wchodzić będzie dobowy magazyn ciepła o pojemności cieplnej do 4016 kWh. Magazyn będzie pozwalał m.in. na zbuforowanie nadwyżek ciepła powstałych w wyniku pracy instalacji. Nadwyżki będą powstawały z uwagi na pracę pomp na parametrach znamionowych. Regulacja ilości wytwarzanej mocy cieplnej będzie regulowana ilościowa poprzez załączanie i wyłączanie odpowiedniej liczby pomp ciepła. Nadwyżka energii będzie wykorzystywana w okresie letnim do samodzielnego podgrzewu nośnika ciepła dostarczając odpowiednią jego ilość do odbiorców końcowych a w okresie zimowym podgrzewać czynnik roboczy przyczyniając się do spadku wymaganego podgrzewu czynnika na pompach ciepła. Takie zastosowanie magazynu przyczyni się do minimalizacji wymaganej mocy cieplnej z gruntu i efektu jego wychładzania. Działanie te chroni też grunt przed ewentualnym przechłodzeniem.

1.2.4 Opis instalacji elektrycznej i automatyki

Przewiduje się budowę lokalnej instalacji elektroenergetycznej, łączącej komponenty demonstratora i współpracującej z siecią OSD w zakresie wymiany energii elektrycznej. W ramach projektu powstanie moduł wytwarzania energii typu B w rozumieniu przepisów dyrektywy RED II. Odpowiednio do uzyskanych od OSD warunków technicznych przyłączenia do sieci, zastosowane zostaną m.in. zabezpieczenia, analizatory parametrów sieci, rozwiązania telemechaniczne w standardach określonych przez OSD (wg Instrukcji Ruchu i Eksploatacji Sieci Dystrybucyjnej), itd.

Dane zbierane będą przez koncentratory danych, przetwarzane lokalnie oraz przekazywane do centralnej bazy danych w czasie rzeczywistym. Wykorzystane zostaną informatyczne technologie chmurowe oraz klasy Internetu Rzeczy (IoT). Wszelkie kluczowe punkty systemu zostaną wyposażone w aparaturę kontrolno – pomiarową umożliwiającą monitoring i zarządzanie pracą instalacji. Zastosowane zostaną m.in.: liczniki energii elektrycznej, ciepłomierze, przepływomierze, czujniki temperatur czynników, stacje pogodowe (w tym z czujnikami natężenia promieniowania słonecznego dla poszczególnych kierunków azymutalnych nachylenia modułów fotowoltaicznych). Czujniki temperatur dla sond sezonowego magazynu ciepła, analizatory parametrów sieci dla każdego z zasilanych budynków. Całość integrować będzie system OptiRen – oprogramowanie klasy SCADA, z pełną wizualizacją procesów oraz z funkcjonalnością API.

1.2.5 Opis najważniejszych urządzeń wchodzących w skład poszczególnych działów procesowych w Demonstratorze Technologii

Podstawowym komponentem technologii Demonstratora jest kaskada powietrzno - gruntowych pomp ciepła. Parametry charakterystyczne zostały zebrane poniżej w Tab. 1-1.

Parametr	Wartość
Max. temperatura na zasilaniu (czynnik grzewczy)	90°C
Min. temperatura powietrza	-10°C (sekcja pomp powietrznych)
Czynnik roboczy	R744 (CO ₂)
Moc zainstalowana	1732 kW
COP sekcji powietrznej	4,12
COP sekcji wodnej	4,41

Tab. 1-1 | Najważniejsze parametry dwuźródłowych pomp ciepła

Kolejnym kluczowym elementem demonstratora jest instalacja fotowoltaiczna której najważniejsze cechy przedstawiono w Tab. 1-2.

Parametr	Wartość
Lokalizacja	dach, grunt
Łączna moc zainstalowana	2229 kWp
Moc pojedynczego modułu	450 W
Sprawność konwersji modułu	20,2%

Tab. 1-2 | Najważniejsze parametry modułów fotowoltaicznych

Jako trzeci najważniejszy obiekt zdefiniowano sezonowy magazyn ciepła, którego najważniejsze cechy zostały zebrane w Tab. 1-3.

Parametr	Wartość
Technologia odwiertów	GRD oraz odwierty pionowe
Pojemność cieplna	2304 MWh
Długość sond	90 mb
Izolacja termiczna stropu magazynu	Brak
Max. temperatura projektowa	40 °C
Opomiarowanie odwiertów	nie mniej niż 1 pkt. na każde 30 mb

Tab. 1-3 | Najważniejsze parametry Sezonowego magazynu ciepła

olejnym magazynem ciepłym jest cylindryczny magazyn krótkoterminowy (tzw. TTES) a jego cechy zebrano i przedstawiono w Tab. 1-4.

Parametr	Wartość
Pojemność cieplna magazynu	4016 kWh
Max. temperatura zasilania	90°C
Grubość izolacji	40 cm
Współczynnik przewodzenia ciepła izolacji	0,035 W/mK
Kształt	cylindryczny
Średnica	11,5 m
Wysokość	5,2 m
Objętość magazynowanej wody	366 m ³

Tab. 1-4 | Najważniejsze parametry krótkoterminowego magazynu energii

Ostatnim istotnym komponentem koncepcji demonstratora jest magazyn energii elektrycznej którego cechy zostały przedstawione w Tab. 1-5

Parametr	Wartość
Pojemność	2549 kWh
Moc ładowania / rozładowania	500 kW
Żywotność	min. 10 lat
Sprawność ładowania i rozładowywania	96%
Głębokość ładowani i rozładowywania	90%

Tab. 1-5 | Podstawowe parametry magazynu energii elektrycznej

1.2.6 Przewagi i różnice Technologii w stosunku do obecnie dostępnych

Zastosowane technologie mają znaczące przewagi w stosunku do innych, konkurencyjnych dostępnych rozwiązań, m.in.:

- najmniejszy możliwy wpływ czynnika roboczego pomp ciepła w kontekście globalnego ocieplenia dzięki zastosowaniu R744 (GWP=1);
- najwyższy stopień automatyzacji pracy;
- najwyższy stopień bezobsługowości;
- niska awaryjność jednostek dzięki precyzyjnemu monitoringowi;
- niska awaryjność maszynowni dzięki większej ilości jednostek – bardzo niewielkie prawdopodobieństwo awarii zespołu;
- brak emisji (w kontekście lokalnym);
- znaczące ograniczenie emisji istniejącego źródła (na poziomie obszaru demonstratora o 100%);
- długa żywotność systemu;

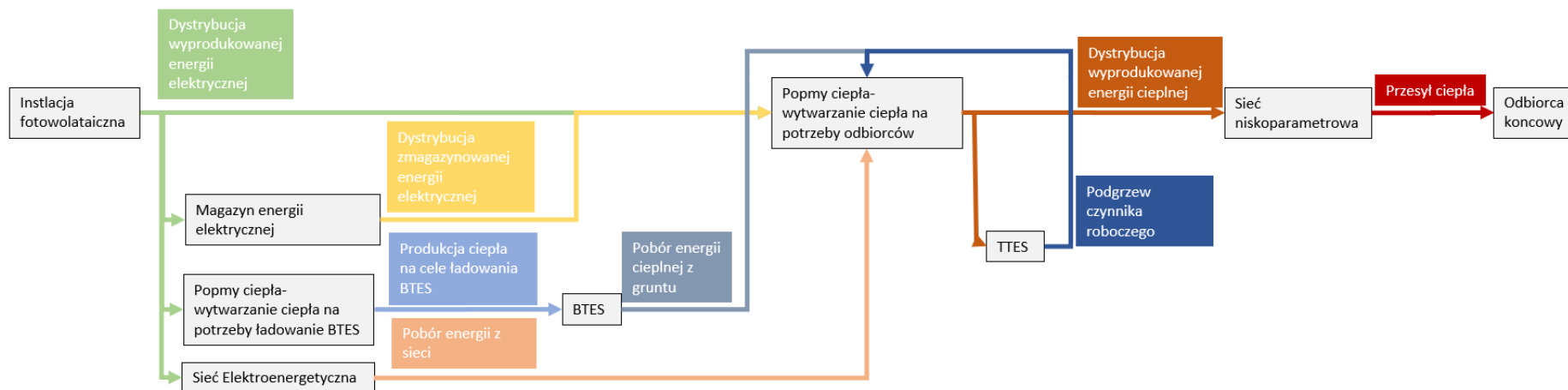
1.2.7 Podsumowanie opisu Demonstratora

Praca systemu obejmuje procesy przekształcania i magazynowania energii. Koncepcję technologiczną systemu przedstawiono na schemacie blokowym - Rys. 114-2. Proces wytwarzania ciepła w Demonstratorze obrazuje Rys. 1-1.

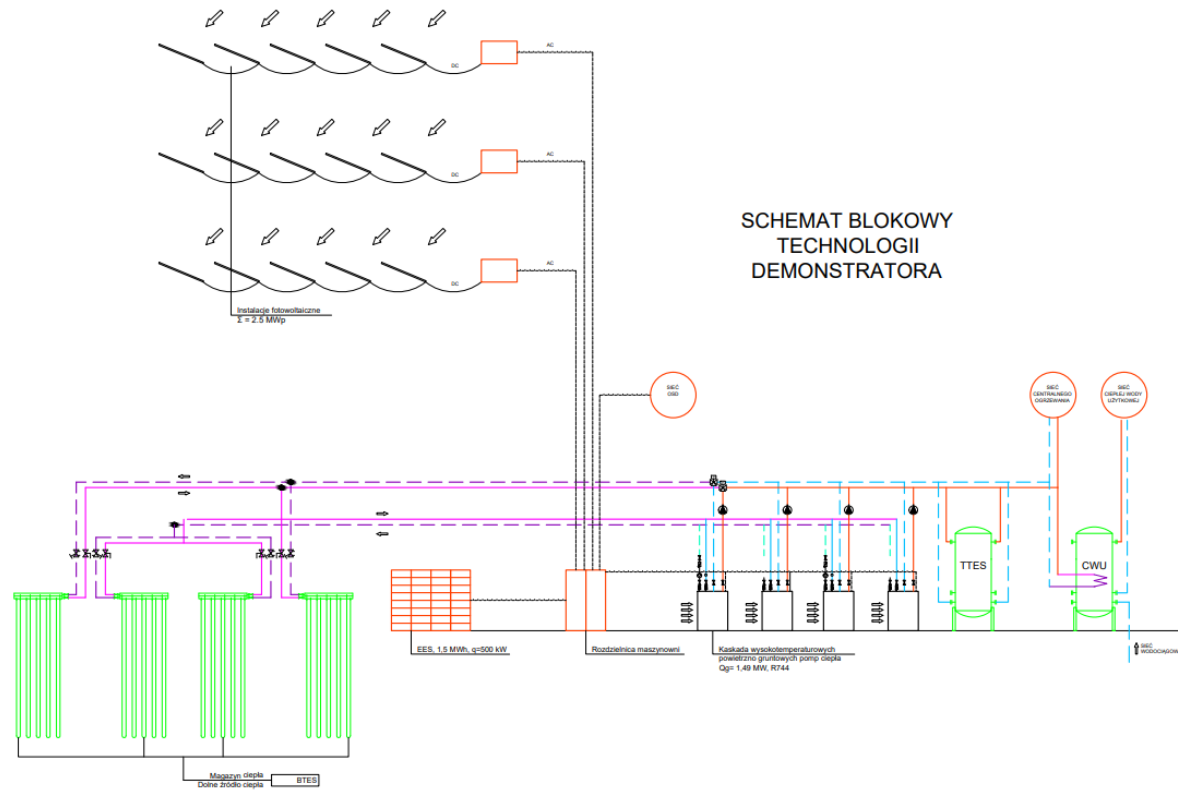
Na potrzeby opracowania ww. koncepcji przedmiotowy system, zgodnie z wymaganiami konkursowymi, zamodelowano w oprogramowaniu TRNSYS. Na podstawie symulacji przeprowadzonych w modelu wskaźnik udziału energii z OZE uzyskał wartość aż 96% (przy zakupie energii z OZE z sieci elektroenergetycznej na dozwolonym poziomie 15%). Wynik ten jest bardzo bliski pierwotnym założeniom tj. 100% udziałowi energii z OZE. Na bazie tych samych danych oszacowano, że wskaźnik LCOH wyniesie 183,70 zł/GJ. Z uwagi na wysoką zbieżności danych modelowych a rzeczywistych szacuje się, że poziom wskaźnika OZE jak i LCOH nie będą przekraczać dopuszczalnych granic błędów po wybudowaniu Demonstratora a także w fazie testowania (Etapy II i III).

W sytuacji ciągłego poprawiania wskaźników zużycia energii cieplnej na jednostkę powierzchni poprzez najróżniejsze działania termomodernizacyjne (np. docieplenia, wymiana stolarki okiennej i drzwiowej, sprawniejsze grzejniki czy zorganizowana wentylacja pomieszczeń), koszt ogrzewania z Demonstratora w przeliczeniu na jednostkę mieszkaniową, może okazać atrakcyjny w stosunku do obecnych. Dodatkowymi korzyściami będą istotne korzyści związane z poprawą stanu środowiska.

Zamówienie jest współfinansowane ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach poddziałania 4.1.3 Innowacyjne metody zarządzania badaniami Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020, w ramach projektu pn. Podniesienie poziomu innowacyjności gospodarki poprzez wdrożenie nowego modelu finansowania przełomowych projektów badawczych zgodnie z umową z dnia 12 kwietnia 2017 r. numer POIR.04.01.03-00-0001/16



Rys. 1-1 | Schemat procesu wytwarzania ciepła



Rys. 114-2 | Schemat blokowy technologii Demonstratora

Zamówienie jest współfinansowane ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach poddziałania 4.1.3 Innowacyjne metody zarządzania badaniami Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020, w ramach projektu pn. Podniesienie poziomu innowacyjności gospodarki poprzez wdrożenie nowego modelu finansowania przełomowych projektów badawczych zgodnie z umową z dnia 12 kwietnia 2017 r. numer POIR.04.01.03-00-0001/16

1.2.8 Wpływ zastosowania technologii Demonstratora na struktury organizacyjne

Głęboka przebudowa dotychczas użytkowanej infrastruktury wprowadza w ustrukturyzowanej organizacji potrzebę zmian. Taka sama sytuacja dotyczy się budowy czy częściowego zastosowania proponowanej technologii wypracowanej w ramach projektu „Ciepłownia przyszłości”. Zakres zmian, które zaszłyby w organizacji w dużej mierze zależą od decyzji czy system zostanie wykorzystany do zastąpienia całej mocy wytwórczej obecnego źródła energii czy tylko częściowego.

W przypadku całkowitego zastąpienia obecnego źródła ciepła proponowana technologią widzi się ryzyko potrzeby przekwalifikowania obecnie zatrudnionych pracowników i nauki obsługi oraz serwisu nowych jednostek wytwórczych. Należy przygotować kadrę do rezygnacji z dobrze znanej technologii i nauczania nowej. Z uwagi na oparcie technologii o te same identyczne jednostki wytwórcze nauka nowego systemu nie powinna zająć dużo środków a nabycie nowych umiejętności obsługi pomp ciepła przez pracowników dodatkowo podnieść ich kwalifikacje. Nie widzi się ryzyka w zakresie zmian w liczbie obsługi technicznej w porównaniu do obecnego stanu z pominięciem takich stanowiska jak palacz. Znaczniejsze zmiany zaszłyby w kadrze menadżersko-logistycznej, gdyż z uwagi na brak dostaw surowca spoza systemu obsługa procesu logistyki, handlu, magazynowania, obsługi paliw konwencjonalnych nie byłaby już potrzebna. Na miejsce takiego obszaru, musiałby powstać natomiast prężny oddział zajmujący się odpowiednio umowami i dostawą energii z źródeł OZE jak i potencjalnie sprzedaży energii elektrycznej na Towarowej Giełdzie Energii (dalej zwanej „TGE”), z uwagi na nadprodukcje energii elektrycznej w okresie letnim. Każda struktura organizacyjna jest inna więc wskaźnik procentowego zmniejszenia lub zwiększenia kadry jest indywidualny. Kluczowym aspektem definiującym potrzebę jak i wymiar zmian będzie możliwość i chęć obecnie pracującej kadry do zmian w zakresie swoich kwalifikacji i zakresu zadań. Nieocenioną pomocą może okazać się zatrudnienie pojedynczych ekspertów, którzy współpracując w nowej organizacji podzielą się swoją wiedzą i doświadczeniem w duchu „Learning by doing”. Inną możliwością jest określenie obszaru prac który jest w danej chwili zbyt ciężki do przekwalifikowania i rozważenie możliwości outsourcingu tych zakresów zadań, do firm które się w nich specjalizują np. zakup i sprzedaż energii elektrycznej, czy pozyskiwanie świadczeń pochodzenia. Takie wyzwania czekałyby instalacje, które oparte są tylko na ciepłowniach. Jednostki elektrociepłowniane z uwagi na produkcję energii w kogeneracji mają w

swoich kadrach już potrzebne struktury i w tym zakresie ich ewentualna restrukturyzacja przesłaby z mniejszą ilością zmian lub bez nich.

W przypadku zastosowania proponowanej technologii do częściowej modernizacji systemu np. w celu likwidacji nieefektywnych „końcówek” sieci czy węzłów grupowych widzi się potrzebę wzrostu liczby zatrudnienia o oddziały zarządzające kupnem i sprzedażą energii elektrycznej (chyba, że takie działy już istnieją), a także brygad obsługujące nowo powstałą instalację. W skład brygad wchodziłoby zarówno pracownicy techniczni, serwisujący i weryfikujący pracę systemu jak i dystrybutorzy czy sterowniczy czuwający nad system. Liczba nowych potrzebnych etatów zależy od:

- przyjętej polityki pracy danej organizacji np. czy dystrybutorzy pracują w cyklu zmianowym 8h/8h/8h czy 12h/12h lub czy dystrybutor pracuje zdalnie mając monitoring dostępny 24h/dobę jak np. ma to miejsce w niektórych miastach w Dani, gdzie dystrybutor pracuje znormalizowanie 8h/dziennie a w domu posiada możliwość podłączenia się do systemu zdalnie. Wyposażony jest np. w tablet który uzyskuje w przypadku jakiś niepokojących symptomów, które musi zweryfikować. Przykład takiego układu pracy został zastosowany w ciepłowni biomasowej w Dani w Nimtofte,
- decyzji finansowej czy nowy system lepiej jest serwisować firmą zewnętrzną czy przez posiadanych pracowników. Całkowity outsourcing obsługi serwisowej firmie zewnętrznej nie wymuszałyby tworzenia nowych struktur organizacyjnych, lecz podpisania stosownej umowy technicznej tak zwanej Facility Management (dalej zwanej „FM”). Z uwagi na wysoką autonomiczność proponowanego konceptu wybór usług zewnętrznych może okazać się korzystniejszy dla potencjalnego przedsiębiorstwa z uwagi na brak potencjalnie stałych prac naprawczych na wybudowanym obiekcie.

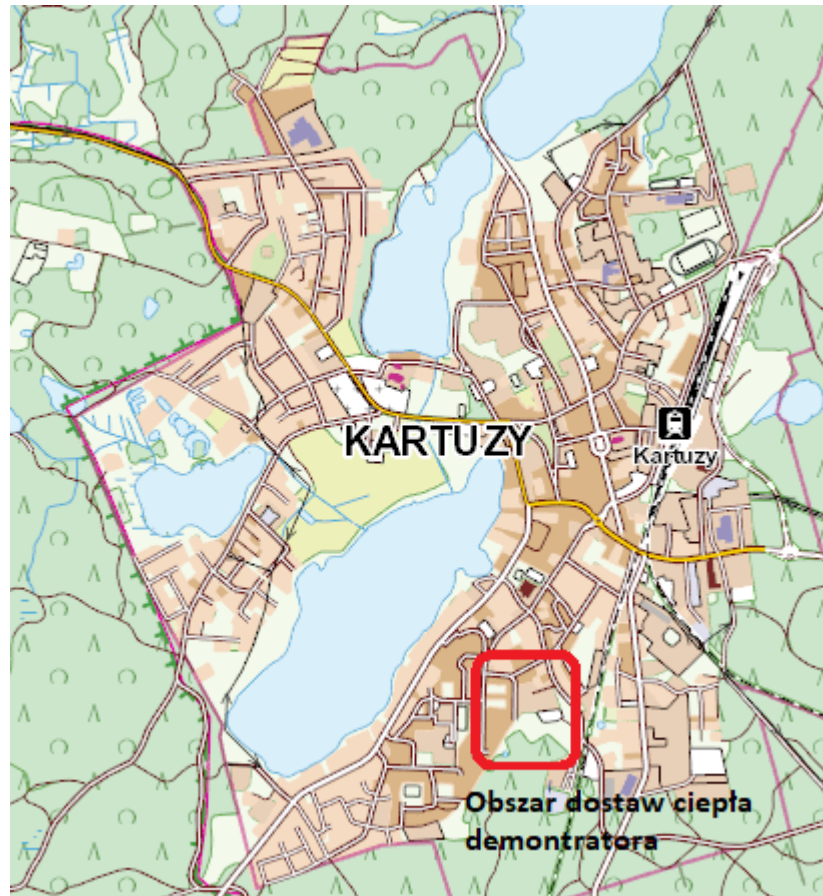
2 Lokalizacja Demonstratora Technologii

Jako obszar do wybudowania Demonstratora Technologii, wybrano system ciepłowniczy należący do kartuskiej spółki ciepłowniczej SPEC-PEC Sp. z o.o., a dokładniej jego wydzieloną część, którą stanowi węzeł grupowy o mocy zamówionej 1,31 MW. Kartuzy to miasto mieszczące się w województwie pomorskim będące jednocześnie stolicą powiatu kartuskiego liczące 14 186 mieszkańców.

System ciepłowniczy w tej miejscowości składa się z kotłowni K-3 o łącznej mocy zainstalowanej na poziomie ok. 17,4 MW. Obiekt wyposażony jest dwa kotły wodne (1xWR-10 i 1xWR-5) zasilane miałem węglowym. Sprawność rzeczywista kotłów wynosi 77,05%. Łączna długość sieci ciepłowniczej równa się około 8,7 km i zasila około 7 tys. mieszkańców o łącznej powierzchni ogrzewania na poziomie około 165 tys. m². Sieć wysokoparametrowa pracuje na parametrach 115 / 63 °C, dla obliczeniowej temperatury zewnętrznej -16°C.

Węzeł grupowy, który ma zostać zastąpiony Demonstratorem Technologii, zasila obiekty należące do Spółdzielni Mieszkaniowej „KASZUBY”. Ciepło dostarczane jest przede wszystkim do wielorodzinnych budynków mieszkalnych, wybudowane w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych XX wieku w technologii tzw. wielkiej płyty. Na chwilę obecną budynki nie zostały poddane termomodernizacji i nie spełniają obowiązujących norm. Powoduje to m.in. konieczność zasilania ich wewnętrznych instalacji grzewczych stosunkowo wysokim parametrem dla zachowania komfortu cieplnego. Współczynnik konsumpcji pierwotnej energii cieplnej budynków w zakresie centralnego ogrzewania i na potrzeby ciepłej wody użytkowej, na podstawie danych uzyskanych od właściciela systemu, szacuje się na poziomie około 204 kWh/m²/rok. Zgodnie z aktualnym *Obwieszczeniem Ministra Inwestycji i Rozwoju z dnia 8 kwietnia 20219 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2019 poz. 1065)*, budynki o podobnym charakterze użytkowym powinny konsumować ponad połowę mniej energii. Ich wskaźnik powinien wynosić nie więcej niż 75 kWh/m²/rok.

Przedstawienie graficzne lokalizacji planowanej inwestycji oraz zakres dostaw ciepła przedstawiono na Rys. 2-1.



Rys. 2-1 | Obszar wpływu demonstratora, źródło: Geoportal



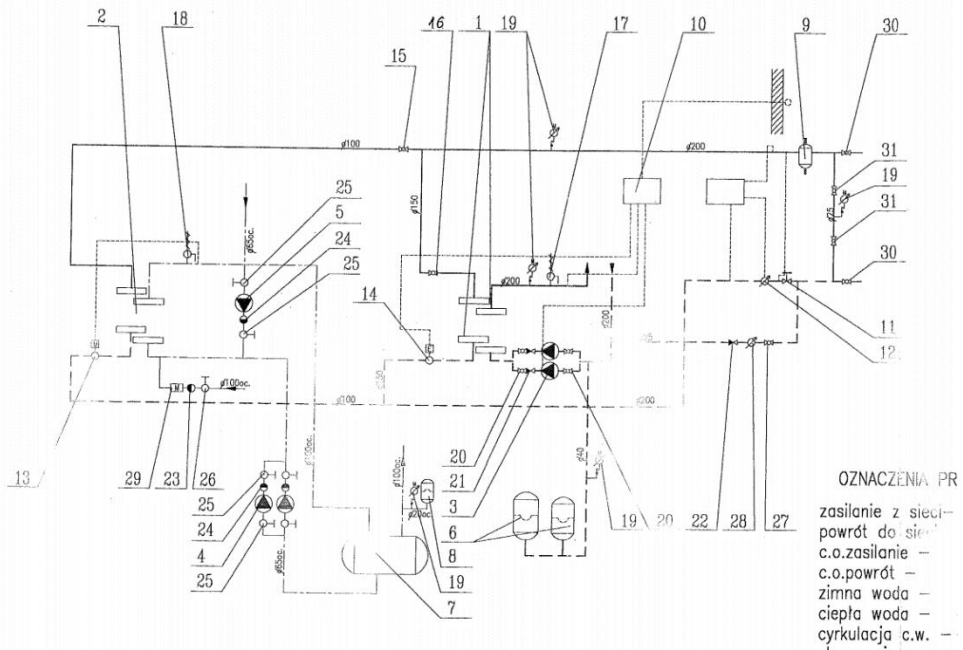
Rys. 2-2 | Bloki mieszkalne zasilane przez Demonstrator- Kartuzy

System Demonstracyjny stanowi wydzielony fragment systemu ciepłowniczego Zakładu Energetyki Ciepłej SPEC-PEC w Kartuzach, zasilającego wybrane budynki, należące w większości do Spółdzielni Mieszkaniowej "KASZUBY". Całkowita ogrzewana powierzchnia Systemu Demonstracyjnego wynosi 18 398,3 m².

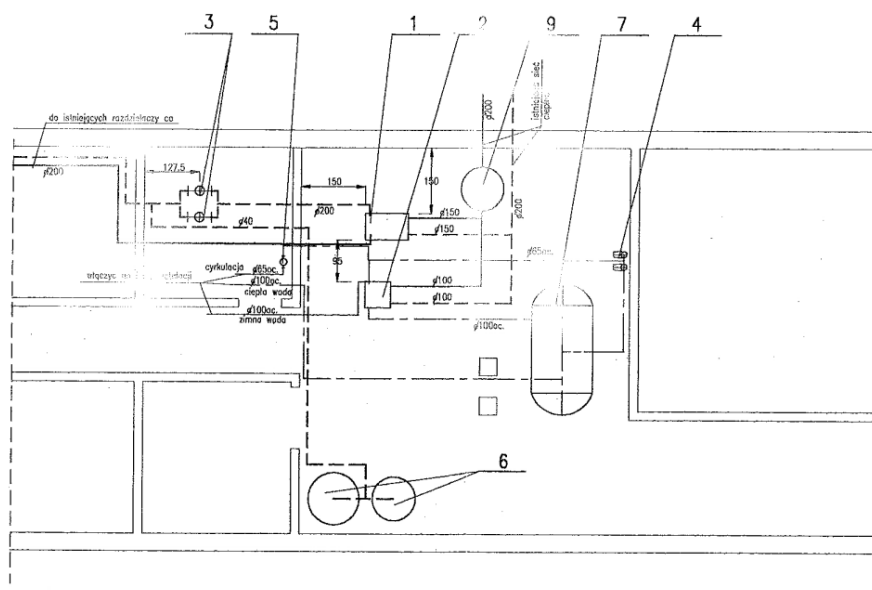
Wewnętrzne instalacje grzewcze budynków zasilanych z Systemu to klasyczne instalacje grzejnikowe, z układem poziomym do pionów instalacyjnych. Parametry pracy instalacji wewnętrznych dla temperatury obliczeniowej -16°C wynoszą 75°C/65°C. Odpowiednie parametry czynnika grzewczego przygotowywane są w węźle. Węzeł zlokalizowany jest w budynku technologiczno – biurowym przy ul. Franciszka Sędzickiego 26D. Węzeł zasilany jest w ciepło z sieci ciepłowniczej (od ciepłowni centralnej), pracującej na parametrach obliczeniowych 150/70°C. W węźle przygotowywana jest również ciepła woda użytkowa. Z węzła budynki zasilane są za pomocą sieci czteroprzewodowej.

Obecnie funkcjonujący węzeł został zaprojektowany na moc cieplną rzędu 2,9 MW. Na wyposażeniu węzła grupowego znajdują obecnie m.in. 3 wymienniki płaszczowo - rurowe typu JAD-X-12 (prod. SeCEs-pol) dla potrzeb centralnego ogrzewania i 2 wymienniki dla potrzeb przygotowania ciepłej wody użytkowej. Obieg wyposażony jest w elektroniczną pompę obiegową Grundfoss LP-100-125/130, natomiast obieg CWU w pompę Grundfos CR2-20. Układ przygotowania CWU wyposażony jest dodatkowo w dwa zbiorniki akumulacyjne (prod. Galmet) typu SG(S) o pojemności łącznej 2038 dm³. Zbiorniki te są włączone szeregowo w układ CWU i wspomagają zaopatrzenie instalacji w szczytach poboru. Na rysunkach od 2.3 do 2.4 przedstawiono schemat obecnego systemu oraz na rysunkach od 2.5 do 2.8 przedstawiono przykładowe zdjęcia z konstrukcji węzła.

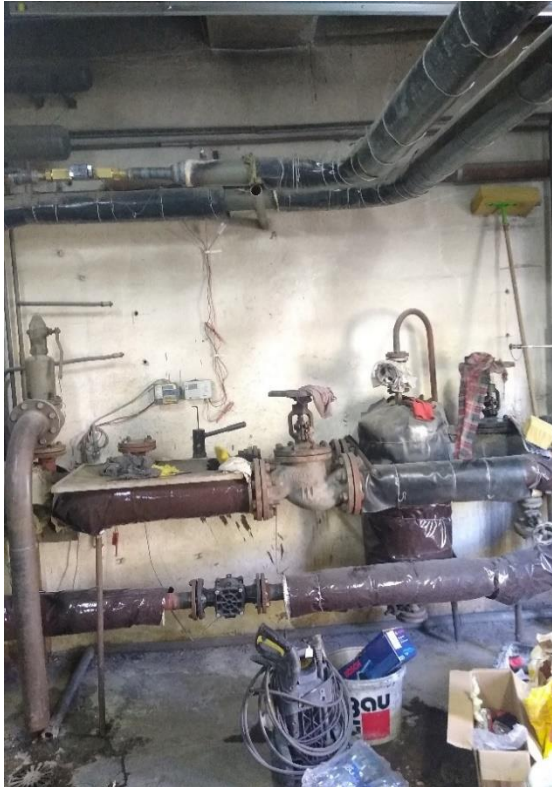
Instalacje technologiczne węzła znajdują się bardzo złym stanie technicznym, w zasadzie wymagającym natychmiastowej gruntownej przebudowy. Budowa Demonstratora pozwoliłaby na rozwiązanie tego problemu a jednocześnie stworzenie szansy na zaprezentowanie sposobu modernizacji dla wciąż wielkiej ilości podobnych systemów w Polsce i Europie.



Rys. 2-3 | Schemat węzła cieplnego cz.1 źródło: SPEC-PEC Sp. z o.o.



Rys. 2-4 | Schemat węzła cieplnego cz.2 źródło: SPEC-PEC Sp. z o.o.



Rys. 2-5 | Stan techniczny istniejącego węzła



Rys. 214-6 | Bateria wymienników ciepła



Rys. 2-7 | Zbiorniki akumulacyjne



Rys. 2-8 | Węzeł cieplny - przyłącza sieciowe

Obecnie funkcjonujący węzeł grupowy cechuje się następującymi parametrami pracy:

- dostarcza ciepło pracując na krzywej grzewczej na poziomie 75/59 °C przy projektowej temperaturze -16°C,
- zapewnia ciepło dla powierzchni użytkowej na poziomie około 18,4 tys. m²,
- zapewnia dostawę ciepłej wody użytkowej dla budynków o łącznej powierzchni użytkowej 18,1 tys. m²,
- jednostkowe zapotrzebowanie na energię na potrzeby CO w przeliczeniu na m² wynosi około 133,21 kWh/ m²/rok,
- jednostkowe zapotrzebowanie na energię na potrzeby CO+CWU w przeliczeniu na m² wynosi około 185,42 kWh/ m²/rok,
- łączne roczne zapotrzebowanie na energię cieplną wynosi około 3,4 GWh,
udział ciepłej wody użytkowej w całkowitym rocznym zapotrzebowaniu na energię cieplną stanowi około 28,2 %.

3 Projektowanie Technologii Ciepłowni Przyszłości

3.1 Wnioski dot. modelowania numerycznego w TRNSYS

Przedstawiona wstępna koncepcja została zamodelowana w oprogramowanie TRNSYS w celu weryfikacji przyjętych założeń, przy uwzględnieniu konkursowych warunków brzegowych. Przy jego użyciu udało się skonfigurować i zoptymalizować proponowany system tak, aby spełniał wyznaczone parametry w tym wskaźnik OZE na poziomie 100%. Zgodnie z wynikami modelowania system wyprodukuje około 3300 MWh energii cieplnej co odpowiada, rzeczywistemu zanotowanemu rocznemu zapotrzebowaniu w lokalizacji demonstratora w 96%. Przyjmuje się, że symulacja dokonana na kryteriach konkursowych programu w wystarczającym stopniu odzwierciedla warunki rzeczywiste.

Do najważniejszych zalet koncepcji należą:

- brak zależności instalacji od cen surowców energetycznych poza energią elektryczną,
- brak zależności instalacji od rosnących cen do emisji CO₂.

Należy wskazać, iż środowisko TRNSYS jest uniwersalnym środowiskiem zaprojektowanym do rozwiązywania zagadnień przekształcania energii w wielu różnych układach. Obowiązujące w tym środowisku zasady modelowania i definiowania komponentów są dość czasochłonne i często mogą nie być wystarczająco praktyczne w sytuacji, kiedy należy szybko i przy niewielkich nakładach ocenić np. wykonalność techniczną i ekonomiczną systemu np. opartego o koncepcje Demonstratora.

3.2 Wnioski dot. osiągnięcia Wymagań Obligatoryjnych i Konkursowych

3.2.1 Wymagania Obligatoryjne

Wymagania Obligatoryjne to wymagania, które należy spełnić wszystkie łącznie, z uwzględnieniem wymaganych wartości, jeśli takie zostały określone przez Zamawiającego. Przedstawiona koncepcja Systemu Demonstracyjnego jest zgodna z założeniami i ograniczeniami zawartymi w załączniku nr 6 do Regulaminu oraz ich aktualizacjami wprowadzonymi przez Zamawiającego w Etapie I i spełnia wszystkie wymagania obligatoryjne i konkursowe (adekwatne do przyjętych rozwiązań technologicznych).

Załącznik ten określa parametry statyczne, dane pogodowe a także ścieżki cenowe paliw, które należy uwzględnić w modelu. Ww. parametry zostały zastosowane w tworzeniu modelu i analizach wykonanych w środowisku TRNSYS, które wskazał Zamawiający jako obowiązujące narzędzie modelowania i prac badawczo – rozwojowych na wszystkich etapach Przedsięwzięcia.

Wykonawca zastosował w swoim rozwiązaniu Sezonowy Magazyn Ciepła. Zamawiający postawił wymóg obligatoryjny, aby magazyn taki był zasilany wyłącznie energią z OZE. Wymóg ten został spełniony, ponieważ Magazyn Sezonowy zasilany jest ciepłem wytwarzanym przez pompy ciepła, które zasilane są energią elektryczną wyłącznie z instalacji fotowoltaicznych wchodzących w skład Demonstratora oraz z zakupów energii z OZE (ze świadectwem pochodzenia, z gwarancją pochodzenia, lub od wytwórcy energii z odnawialnych źródeł energii). Udział OZE w Demonstratorze, w rozumieniu wymagań konkursowych wynosi 96,3% co jest wartością większą niż 80%, będącej wartością progową. Ilość zakupionej energii elektrycznej OZE nie przekracza dozwolonego maksimum 15%. W bilansie uwzględniono energię, która jest wymagana do zasilania urządzeń Demonstratora – m.in. pomp ciepła oraz pomp obiegowych czynników.

Opracowana Technologia Demonstratora Technologii spełnia również warunek skalowalności w zakresie do 50 MWt. Zwiększenie wydajności systemu odbywać się może poprzez zwiększenie ilości integralnych elementów wchodzących w skład instalacji – ilości pomp ciepła, wielkości współpracujących instalacji fotowoltaicznych czy pojemności sezonowego magazynu ciepła. Dla optymalizacji nakładów inwestycyjnych, zmianie ulec może np. moc jednostkowa pompy ciepła, o ile będzie tego wymagać szczególny przypadek.

Zastosowane w Technologii Demonstratora pompy ciepła są urządzeniami, których zastosowanie w ciepłownictwie stanowi innowacyjne rozwiązanie. W szczególności czynnikiem roboczym jest dwutlenek węgla (R744), którego współczynnik GWP = 1, co jest wartością wielokrotnie niższą niż wymagana – 675. Jednocześnie zastosowanie tego czynnika pozwala na osiągnięcie temperatur czynnika grzewczego aż do 90°C, co bardzo dobrze odpowiada charakterystyce pracy systemów grzewczych w Polsce. Niższym GWP – równym 0 - charakteryzuje się amoniak i pozwala na on na osiągnięcie temperatur czynnika grzewczego do 85°C. Wykonawca dopuszcza możliwość zastosowania pomp ciepła z czynnikiem roboczym w postaci amoniaku w przypadku replikacji i skalowania Demonstratora, o ile miałyby to uzasadnienie ekonomiczne.

Jednym z kluczowych elementów Demonstratora są instalacje fotowoltaiczne zlokalizowane na dachach budynków oraz na gruncie. Charakterystyki techniczne podstawowych urządzeń, w oparciu

o które wykonano modelowanie, są zawarte w Studium Wykonalności. W szczególności spełniają one wymogi w zakresie obciążenia zgodnie z normą IEC 61215, efektu PID zgodnie z normą IEC 62804, odporności na amoniak zgodnie z normą IEC 62716 oraz odporności na mgłę solną zgodnie z normą IEC 61701. Zastosowane inwertery spełniają kryteria norm PN-EN 62109 oraz PN-EN 61000.

Na etapie realizacji przewiduje się projektowanie i zastosowanie systemowych konstrukcji wsporczych dachowych zgodnych z normą PN-EN 1090 i gruntowych zgodnych z normą PN-EN 61730, wykonanych z materiałów odpornych na korozję lub zabezpieczonych przed korozją.

W związku z zastosowaniem w Rozwiązaniu magazynu energii elektrycznej, przyjęto magazyn w technologii modułów LiFePO_4 , o deklarowanej przez producenta trwałości 15 lat i ilości pełnych cykli ładowania nie mniejszej niż 5 000. Pozwoli to na spełnienie obligatoryjnego warunku w tym zakresie, tj. gwarancji nie krótszej niż 5 lat.

W ramach zastosowanych technologii składających się na Demonstrator nie przewiduje się zastosowania kolektorów słonecznych ani kotłów elektrodowych. M.in. ze względu na ograniczenia lokalizacyjne nie zastosowano instalacji wytwarzania i wykorzystania biogazu. Nie zaplanowano również budowy lub modernizacji przesyłowych sieci ciepłowniczych.

Wszystkie wykorzystane w ramach budowy Demonstratora Technologii urządzenia i materiały są zaplanowane jako pełnowartościowe, oryginalne, fabrycznie nowe i nieużywane. Zastosowane urządzenia objęte są serwisem gwarancyjnym i pogwarancyjnym w okresie nie krótszym niż 60 miesięcy. Szczególne gwarancje producentów niektórych komponentów znacznie wykraczają poza ten okres. Np. gwarancje wydajności dla modułów fotowoltaicznych to do 12 lat a dla przewodów gruntowych sond ciepła – do 50 lat.

Dzięki zastosowaniu wysokotemperaturowych pomp ciepła (osiągalna temperatura czynnika grzewczego do 90°C), system Demonstratora spełniać będzie warunek możliwości uzyskania w punktach czerpalnych temperatury wody nie niższej niż 55°C i nie wyższej niż 60°C .

System Demonstratora zapewnia ciepłą wodę użytkową w ilości nie mniejszej niż w jakiej dostarcza ją mieszkańcom istniejący system. W szczególności wydajność instalacji c.w.u. Demonstratora wynosi $65\,000\text{ dm}^3 / \text{dobę}$, czyli ok. $3,6\text{ dm}^3 / \text{m}^2$ i dobę. Wartość ta jest większa od wymaganej $1,6\text{ dm}^3 / \text{m}^2$ i dobę. Wydajność instalacji zapewnia również odpowiednią elastyczność dla pokrycia dobowych szczytów dziennych i wieczornych. Nowe źródło ciepła wybudowane w ramach

Demonstratora zapewni wymagany komfort cieplny mieszkańcom bez konieczności przebudowy wewnętrznych instalacji grzewczych.

Zgodnie z wymaganiami, elementem składowym Systemu Demonstracyjnego jest źródło ciepła, w postaci maszynowni pomp ciepła, z którego ciepło dostarczane jest do wszystkich Odbiorców Końcowych. Czynnikiem grzewczym jest woda zasilająca wewnętrzne instalacje grzewcze budynków (Odbiorców Końcowych).

Ciepła woda użytkowa jest dostarczana do Odbiorców Końcowych, zajmujących łączną powierzchnię użytkową 18 053 m². Minimalna powierzchnia użytkowa Demonstratora w tym zakresie wynosi 15 000 m², zatem wymóg został osiągnięty. Łączna powierzchnia użytkowa lokali ogrzewanych ciepłem z Systemu Demonstracyjnego wynosi 18 398 m². Stosunek sumy Powierzchni Użytkowych Lokali Mieszkalnych do sumy Powierzchni Użytkowej wszystkich Lokali Mieszkalnych i Użytkowych w obrębie Demonstratora Technologii wynosi ponad 80%.

W ramach przyjętych Rozwiązań technologicznych Demonstratora nie przewiduje się budowy biogazowni. W związku z tym wymagań stawianych tej technologii nie stosuje się do oceny.

Na podstawie precyzyjnego modelowania, z rygorystycznym zachowaniem warunków brzegowych, Wykonawca może potwierdzić, iż w okresie do 31 maja 2025 roku nie będzie potrzeby dokonywania zmian w Demonstratorze Technologii, które mogłyby skutkować pogorszeniem Współczynnika Udziału Odnawialnych Źródeł Energii w Demonstratorze Technologii, z wyjątkiem sytuacji, która uzyska pisemną akceptację Zamawiającego.

System Demonstratora Technologii został tak skonfigurowany, aby zapewnić jego prawidłowe funkcjonowanie w ramach Systemu Demonstracyjnego. W szczególności dotyczy to utrzymywania ciągłości pracy, spełnienia wymagań co do udziału OZE, zakresu i jakości świadczonych usług oraz Wielkości Demonstratora Technologii, według wartości parametrów zadeklarowanych w złożonym Wniosku oraz obowiązujących norm i przepisów, w szczególności w paragrafie 25 Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 15 stycznia 2007 r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemów ciepłowniczych.

Zastosowane rozwiązania pozwolą na spełnienie parametrów określonych w obowiązujących normach i rozporządzeniach (rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku, z późniejszymi zmianami). Ponadto, w związku z

koniecznością uzyskania odpowiednich uzgodnień, w tym już na etapie projektowania budowlanego, Demonstrator zapewniać będzie ochrony BHP i ppoż. we wszystkich obiektach wchodzących w jego skład, zgodnie z obowiązującymi przepisami. Nowe obiekty, które powstaną i wejdą w skład Demonstratora Technologii, zostaną wyposażone w niezbędny sprzęt BHP i ppoż., jeżeli wymagają tego obowiązujące przepisy (Rozporządzenia Ministra Energii z 28 sierpnia 2019 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach energetycznych, Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów). Wymaga się uzyskania wszystkich koniecznych zgód dla eksploatacji zgodnie z przepisami BHP i ppoż. (wydawanych przez właściwe instytucje).

Demonstrator Technologii wyposażony zostanie w rozbudowany system kontroli i sterowania (System Zarządzania Energią, SZE), z elementami wymaganymi przez Zamawiającego. Są to m.in.:

- Dla instalacji fotowoltaicznych - liczniki energii elektrycznej
- Dla pomp ciepła - liczniki zużywanej energii elektrycznej oraz liczniki produkowanej energii cieplnej
- Dla magazynu ciepła - licznik ciepła pobieranego z magazynu, pomiar temperatury/temperatur właściwy dla konstrukcji magazynu, w tym przewiduje się pomiar temperatury gruntu w reprezentatywnych sondach gruntowych (min. 3 odczyty na różnych głębokościach)
- Dla pozostałych urządzeń - licznik wprowadzanej i uzyskiwanej energii, dla każdego rodzaju energii osobno
- W punktach odbioru ciepła (wymiennikowniach), czyli w punktach, gdzie ciepło przekazywane jest poza instalację będącą własnością przedsiębiorstwa ciepłowniczego - licznik energii cieplnej odebranej u Odbiorcy
- Dla kupowanej energii – licznik energii, odrębny dla każdego przyłącza zewnętrznego
- Dla sprzedawanej energii elektrycznej - licznik energii, odrębny dla każdego przyłącza zewnętrznego

Specyfikacja parametrów Systemu Zarządzania Energią zawarta jest w Studium Wykonalności i będzie on spełniał funkcje systemu klasy SCADA.

SZE będzie wyposażony m.in. w stację pogodową rejestrującą szereg parametrów, m.in.:

- Pomiar opadów

- Pomiar temperatury odczuwalnej
- Pomiar punktu rosy
- Pomiar największej i najmniejszej wartości
- Pomiar barometryczny
- Pomiar luksów (dla każdej z 3 płaszczyzn azymutalnych instalacji fotowoltaicznych)
- prędkość i kierunek wiatru

Całość pracy instalacji Demonstratora będzie monitorowana i sterowana przez SZE. Możliwy będzie bieżący monitoring wraz z wizualizacją oraz raportowaniem funkcjonowania instalacji. Dane pomiarowe będą gromadzone w środowisku chmurowym, z rozdzielczością nie mniejszą niż 10 min., z częstotliwością zapisu nie niższą niż 1 godzina, dla każdego punktu pomiarowego. Środowisko chmurowe zapewni bieżące tworzenie kopii zapasowej. System SCADA zapewni spełnienie co najmniej następujących wymagań dla Demonstratora Technologii:

- sterowanie procesami technologicznymi oraz wszystkimi urządzeniami wchodzącymi w skład Demonstratora,
- monitoring online parametrów procesu technologicznego systemu ciepłowniczego (możliwość prezentacji danych za pomocą przeglądarki internetowej)
- zdalny dostęp do systemu dla Zamawiającego (i Użytkownika) z funkcją odczytu aktualnych i historycznych danych odnośnie parametrów procesu technologicznego systemu ciepłowniczego,
- zdalny dostęp z uwzględnieniem zabezpieczenia w standardzie dla infrastruktury krytycznej (np. wg specyfikacji Fortinet),
- zbieranie aktualnych danych pomiarowych oraz ich wizualizacja, w tym danych historycznych,
- raportowanie dobowego, miesięcznego i rocznego (sezonowego) współczynnika udziału OZE w Demonstratorze Technologii dostępne również przez zdalny dostęp,
- możliwość pobrania historycznych danych pomiarowych w formacie arkusza kalkulacyjnego,
- notyfikacje i komunikowanie błędów, awarii i nieprawidłowości pracy systemu ciepłowniczego, zwłaszcza zatrzymania pracy poszczególnych urządzeń i przekroczenia dopuszczalnych wartości parametrów,
- dostęp do aktualnego stanu pracy Demonstratora poprzez API w celu realizacji prezentacji na stronie internetowej Zamawiającego w czasie rzeczywistym,

- archiwizacja zebranych i przetworzonych danych.

Dzięki zastosowaniu nowych, nieużywanych urządzeń i materiałów, spełnienie wymagań w zakresie minimalnych okresów gwarancyjnych dla wyrobów i robót nie będzie kłopotliwe. Wykonawca w okresie obowiązywania gwarancji zapewni wykonywanie niezbędnych przeglądów serwisowych Demonstratora Technologii oraz elementów wchodzących w jego skład. Jeśli naprawa wymaga demontażu urządzenia i naprawy poza miejscem instalacji, na żądanie Użytkownika wykonawca dostarczy na własny koszt i ryzyko urządzenie zamienne o zbliżonych parametrach. Czas reakcji na zgłoszenie awarii oraz wykonanie naprawy zgodny z wymaganiami postawionymi przez Użytkownika.

W związku ze złożonym i innowacyjnym w stosunku do dotychczasowych rozwiązań, charakterem Technologii Demonstratora, wymagane będzie szkolenie pracowników Użytkownika wyznaczonych do eksploatacji Demonstratora. Wykonawca zapewni takie szkolenia wraz z weryfikacją i protokolem potwierdzeniem jego wyników. Oprócz pozytywnych wyników ww. szkoleń, osoby wytypowane do eksploatacji Demonstratora będą zobowiązane do posiadania aktualnych adekwatnych uprawnień, które określa Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej w sprawie szczegółowych zasad stwierdzania posiadania kwalifikacji przez osoby zajmujące się eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci.

W ramach Etapu II, zostaną opracowane spójne instrukcje obsługi, eksploatacji i konserwacji wszystkich urządzeń i instalacji wchodzących w skład Demonstratora Technologii. Instrukcje zbudowane będą wg następującego przykładowego schematu zawartości:

- 1 Postępowanie w przypadkach zagrożenia zdrowia, życia lub mienia
 - 1.1 Telefony alarmowe
 - 1.2 Pierwsza pomoc
 - 1.1.1 Oparzenia
 - 1.1.2 Złamania, zwichnięcia i skręcenia
 - 1.1.3 Porażenia prądem
- 2 Informacje ogólne
 - 2.1 Podstawowe zasady
 - 2.1.1 Niebezpieczeństwo wybuchu
 - 2.1.2 Postępowanie podczas pożaru
 - 2.1.3 Postępowanie podczas ulatniania się gazów
 - 2.2 Przedmiot Instrukcji

- 2.3 Terminologia
 - 3 Obowiązki Użytkownika i kwalifikacje personelu
 - 4 Przepisy porządkowe 10
 - 4.1 Zalecenia i obowiązki pracowników administracji i eksploatacji
 - 4.2 Ostrzeżenia
 - 5 Warunki Gwarancji
 - 5.1 Warunki ogólne
 - 5.2 Warunki realizacji świadczeń gwarancyjnych
 - 6 Zastosowane technologie i wytyczne dla ich eksploatacji
 - 6.1 Technologia N
 - 6.1.1 Rozwiązania techniczne
 - 6.1.2 Konserwacja i czyszczenie urządzeń
 - 6.1.4 Prace porządkowe i kontrolne
 - 6.1.5 Serwis
 - 6.2.1 Zabezpieczenia
 - 6.3.2 Załączanie instalacji Technologii N
 - 6.3.3 Rozłączanie instalacji Technologii N
 - 6.4 System monitoringu lokalnego i zdalnego
 - 6.4.1 Instalacja automatyki regulacji ciepłowni
 - 6.4.2 Logika podstawowa
 - 6.4.3 Logika dodatkowa
 - 6.4.4 Wizualizacja bieżących parametrów pracy
 - 6.4.5 Analiza danych historycznych
 - 6.5 Instalacja odgromowa
- 7 Harmonogram przeglądów i czynności eksploatacyjno – obsługowych
 - 9.1 Instrukcja Współpracy Ruchowej z siecią OSD
 - 9.2 Schemat ideowy
 - 9.3 Wzór zgłoszenia usterki
 - 9.4 Wzór protokołu z wizyty serwisowej

Wartość rynkowa nowych instalacji i urządzeń dodanych do Systemu Demonstracyjnego w celu stworzenia Demonstratora, nie przekracza Maksymalnego wynagrodzenia określonego dla Etapu II w Rozdziale X Regulaminu. Ewentualne zmiany wartości wskazanych instalacji i urządzeń , które będą

wywołane zmianą kursu lub cen urządzeń lub instalacji niezależnych od Wnioskodawcy, nie powodują naruszenia niniejszego Wymagania.

3.2.2 Wymagania Konkursowe

Najwyższy możliwy udział Energii z OZE.

Modelowanie matematyczne zostało przeprowadzone wg wskazanych zbiorów wartości brzegowych. W wyniku modelowania matematycznego w środowisku TRNSYS uzyskano wskaźnik udziału OZE na poziomie ponad 96%. Wartość ta jest większa od wymagania obligatoryjnego tj. 80%. Wynik zawiera się jednocześnie w dopuszczalnej granicy błędu dla tej wartości tj. 15% w odniesieniu do wartości udziału OZE zadeklarowanej we Wniosku, która wynosi 100%. Różnica pomiędzy wartością deklarowaną a wynikową po modelowaniu wynosi 4% (tj. poniżej od dopuszczalnych 15% dla wyników po Etapie I).

Najniższy możliwy koszt LCOH.

Uśredniony koszt dostarczania przez Demonstrator Technologii ciepła Odbiorcom w okresie eksploatacji Demonstratora wynoszącym 25 lat, wyznaczony zgodnie z metodologią określoną w Załączniku nr 3.2 do Regulamin na etapie wniosku został określony na 183,4 zł/GJ.

Dopuszczalna granica błędu po etapie I wynosi 15%. Po modelowaniu matematycznym i analizie pozostałych parametrów wpływających na CAPEX i OPEX, wartość LCOH wyniosła 183,70 zł/GJ, zatem praktycznie nie uległa zmianie.

Jak największa powierzchnia użytkowa Lokali, do których jest dostarczana ciepła woda użytkowa ogrzewana ciepłem z systemu ciepłowniczego Demonstratora Technologii.

Powierzchnia zadeklarowana we wniosku dla tego parametru wynosi 18 053 m², i nie zmieniła się na etapie I. Różnica wynosi zatem 0% i jest mniejsza od dopuszczalnej granicy błędu wynoszącej 5%.

Jak największa powierzchnia użytkowa Lokali Mieszkalnych i Lokali Użytkowych ogrzewanych ciepłem z systemu ciepłowniczego Demonstratora Technologii.

Powierzchnia zadeklarowana we wniosku dla tego parametru wynosi 18 398 m², i nie zmieniła się na etapie I. Różnica wynosi zatem 0% i jest mniejsza od dopuszczalnej granicy błędu wynoszącej 5%.

Możliwie najniższe Koszty Badań i Rozwoju

Wykonawca deklaruje niezmienione wynagrodzenie całkowite brutto za jakie zrealizuje Etap I, tj. 499 000 zł.

Wykonawca deklaruje niezmienione wynagrodzenie całkowite brutto za jakie zrealizuje Etap II, tj. 32 950 000,00 zł.

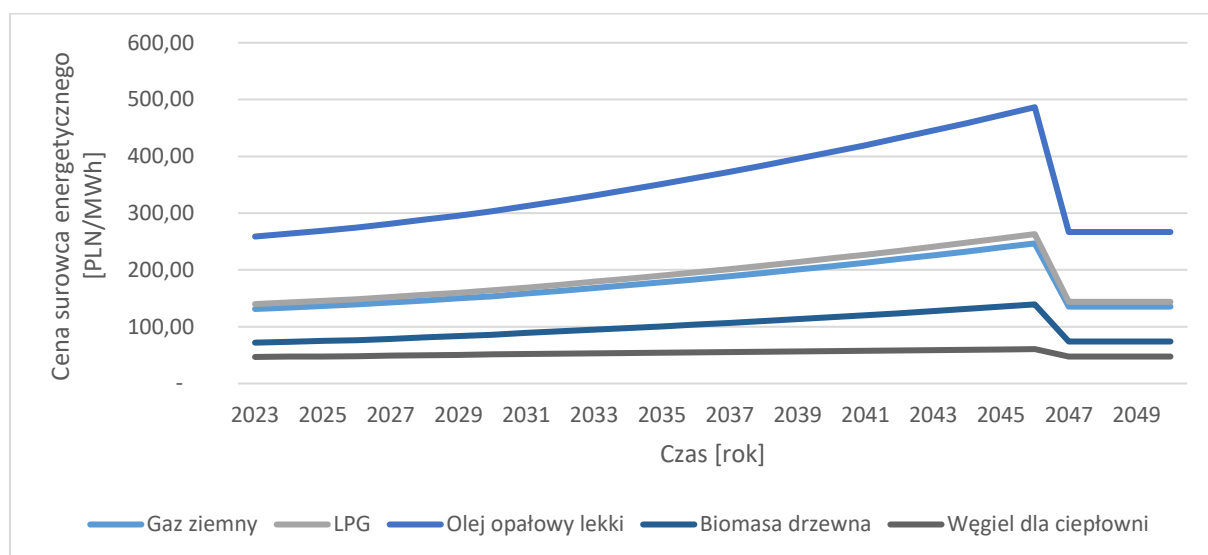
Przychód z komercjalizacji.

Wniosek nie obejmuje przychodów z komercjalizacji.

4 Analiza kosztów ciepła

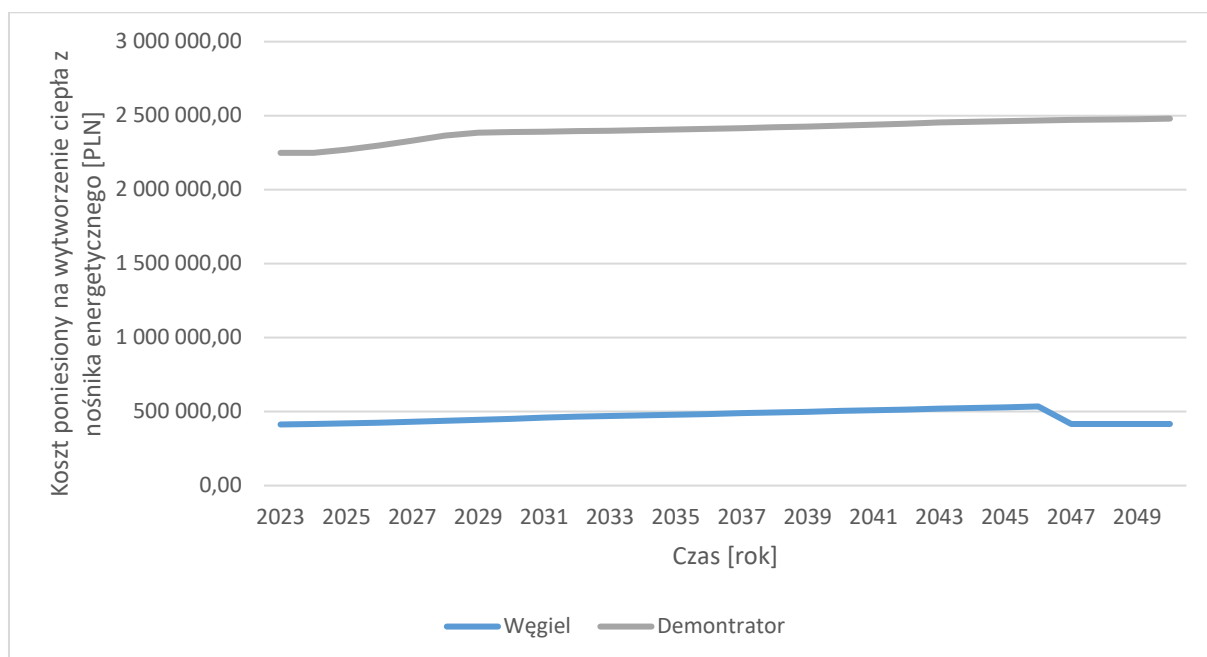
4.1 Czynniki wpływające na cenę ciepła

Produkcja energii cieplnej bazującej aż w 96% na odnawialnych źródłach energii jest jedną z najsilniejszych zalet przedstawianej koncepcji. Ciepłownia w takiej konfiguracji nie jest zależna od wzrostu cen paliw kopalnych. Bazując na danych przekazanych jako podstawa obliczeń ekonomicznych w konkursie, widoczny jest stały wzrost cen nośników energii (aż do roku 2046 r). Późniejszy ich spadek może być uzasadniony znacznym zmniejszeniem docelowego zapotrzebowanie na surowce konwencjonalne, wynikającego z przeprowadzonych do tego czasu modernizacji systemów energetycznych w całej Europie. Na Rys. 4-3 przedstawiono wykres obrazujący dynamikę i poziom cen konwencjonalnych nośników energii pierwotnej.



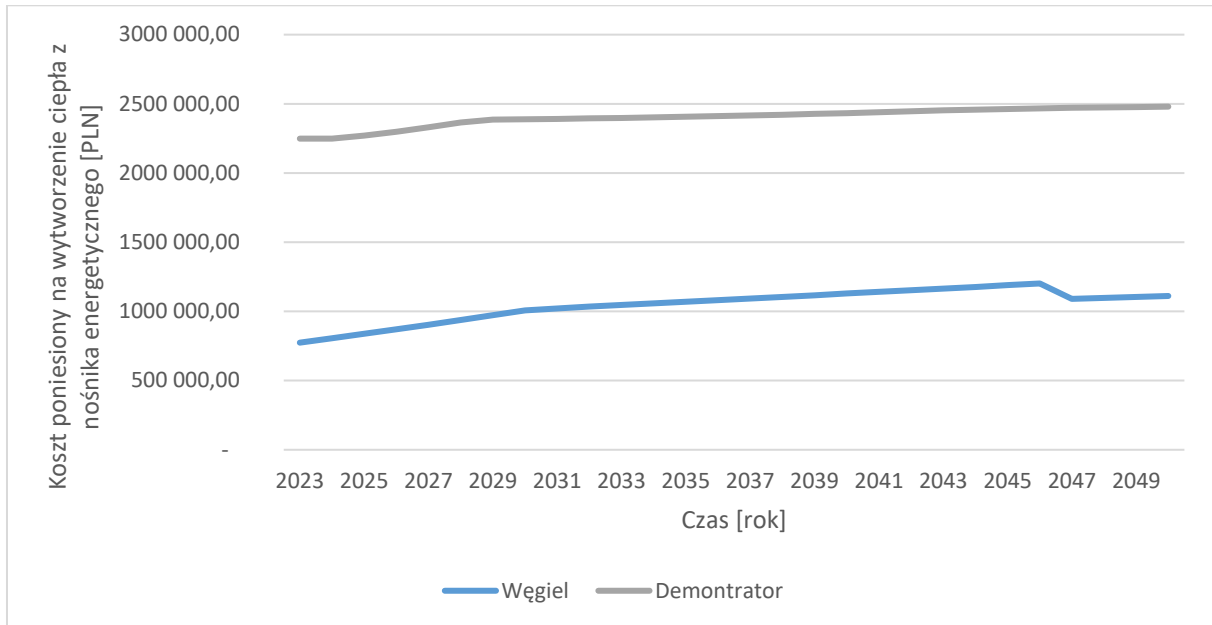
Rys. 4-3 | Ścieżki cenowe nośników energii

Porównanie kosztów produkcji ciepła w istniejącym źródle w stosunku do projektowanego Demonstratora przedstawiono na rysunku 4.2. Analizując przedstawiony wykres należy jednak brać pod uwagę koszty środowiskowe, które na dziś nie znajdują odzwierciedlenia w kosztach produkcji ciepła w ciepłowni węglowej. Sytuacja ta najprawdopodobniej ulegnie w nadchodzących latach zmianie z uwagi na planowane rozszerzenie unijnego systemu handlu uprawnieniami do emisji dwutlenkiem węgla EU ETS w ramach procedowanego pakietu regulacji „Fit for 55”.



Rys. 4-2 | Zapotrzebowanie finansowe na produkcję ciepła dla obszaru Demonstratora, źródło: opracowanie własne

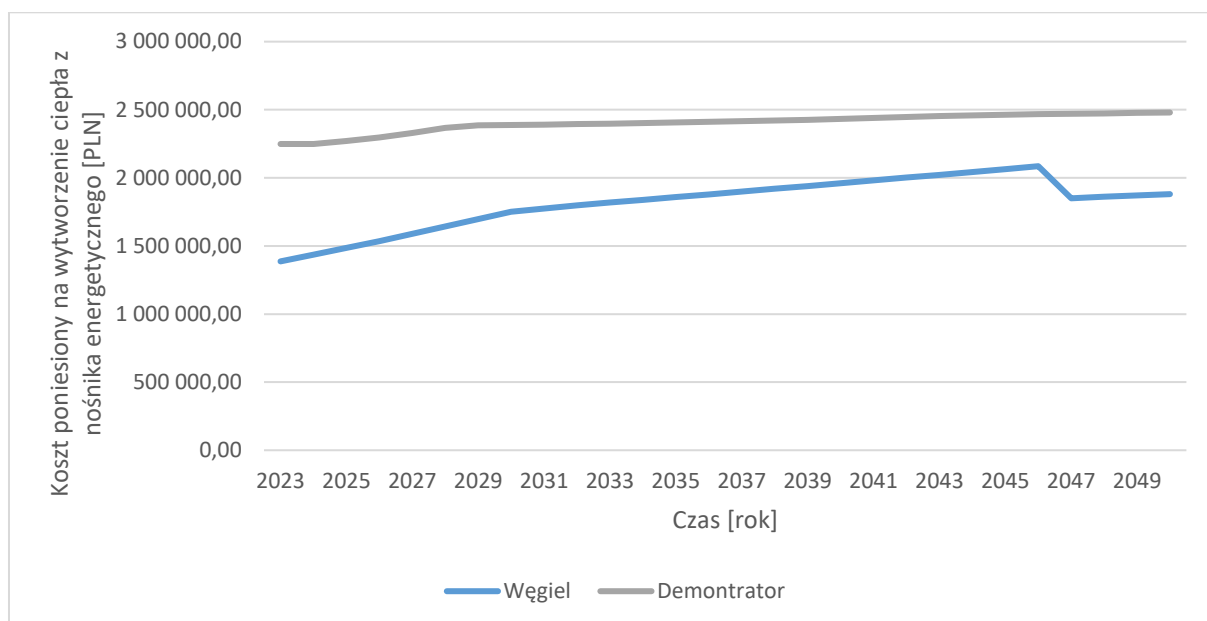
Przedstawiony przez Komisję Europejską pakiet regulacji „Fit for 55” zakłada rozszerzenie systemu EU ETS o budynki mieszkalne, co w praktyce ma się sprowadzać do objęcia systemem również systemy ciepłownicze o mocy zainstalowanej poniżej 20 MW mocy cieplnej, w tym omawiany System Demonstracyjny w Kartuzach. Dla zobrazowania sytuacji i do dalszych rozważań przyjmuje się, że emisja spalin ciepłowni jest na poziomie zgodnym z najnowszym raportem KOBIZE: „Wartości opałowe (WO) i wskaźniki emisji CO₂ (WE) w roku 2018 do raportowania w ramach Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji za rok 2021”. Wynik uwzględnienia kosztów za emisję spalin przedstawiono na rysunku 4-3.



Rys. 4-3 | Zapotrzebowanie finansowe na produkcję ciepła dla obszaru Demonstratora z uwzględnieniem kosztów związanych z emisją CO₂, źródło: opracowanie własne

Analiza wykresu wskazuje, że uwzględnienie kosztów za emisje dwutlenku węgla spowodowała wzrost kosztu produkcji ciepła z obecnego źródła prawie dwukrotnie.

Niniejszą analizę przeprowadzona dla dwóch alternatywnych zestawów cenowych w celu wskazania aktualizacji zmiennej sytuacji cenowej na rynku węgla oraz w systemie handlu uprawnieniami do emisji dwutlenku węgla. Na kolejnym wykresie przedstawiono porównanie kosztów wytworzenia ciepła z projektowanego oraz obecnego systemu uwzględniając ceny węgla oraz praw emisji aktualne na dzień 23.12.2021. Porównanie wariantu analizy bazującej na zestawie cenowym dostarczonym przez NCBR z zestawem z dnia opracowania analizy wskazuje na dynamikę zmian zachodzących na rynku energii; rynkowa cena węgla jest wyższa o 108%, a koszt uprawnień do emisji CO₂ są wyższe o 46% w stosunku do założeń cenowych ogłoszonych przez NCBR kilka miesięcy przed wykonaniem analizy. W dłuższej perspektywie należy się spodziewać trendu wzrostowego kosztów wytwarzania ciepła ze źródeł konwencjonalnych, podczas gdy koszt wytworzenia ciepła z OZE nie podlega tym samym dynamicznym czynnikom wzrostowym. Zestawienie wyników przeliczenie w oparciu o wskazane wzrosty cen bazowych przedstawiono na rysunku 4.4

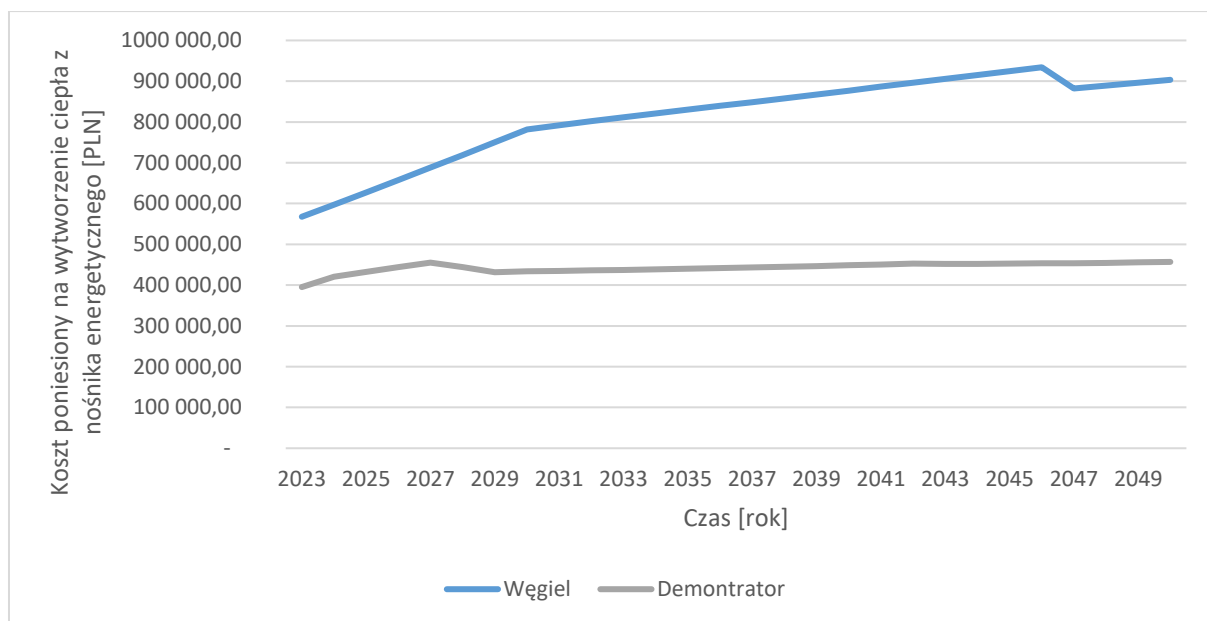


Rys. 4-4 | Zapotrzebowanie finansowe na produkcję ciepła dla obszaru Demonstratora z uwzględnieniem kosztów związanych z emisją CO₂ i aktualnymi cenami surowców i praw do emisji, źródło: opracowanie własne

Analizując powyższy wykres należy również zwrócić uwagę na to, jakie koszty wpływają na sumaryczny koszt wytworzenia ciepła w obu systemach. W przypadku Demonstratora wykonanego w technologii OZE koszt ten zawiera wszystkie nakłady inwestycyjne, podczas gdy w źródle węglowym ten koszt nie został ujęty w ramach przedmiotowej analizy. Czynnikiem mogącym znacząco obniżyć dysproporcję między obecnie funkcjonującym źródłem a nowym są konieczne do poniesienia w przyszłości nakłady inwestycyjne na modernizację źródła, które wynikać będą z potrzeby spełniania norm emisyjnych.

W celu przedstawienia pełnego porównania omawianych systemów z wyłączeniem kosztów inwestycyjnych budowy Demonstratora, na rysunku 4-5 przedstawiono wyniki analizy funkcjonowania systemów w oparciu o koszty zakupu paliwa oraz energii. Do wykonania tej analizy przyjęto ceny na bazie założeń podanych przez NCBR. Cechą charakterystyczną Odnawialnych źródeł energii wchodzących w zakres Demonstratora jest niski stosunek kosztów zmiennych w stosunku do nakładów inwestycyjnych w przeciwieństwie do źródeł konwencjonalnych. Koszty zmienne produkcji ciepła z odnawialnych źródeł są znacząco niższe w stosunku do źródeł konwencjonalnych, co czyni cenę ciepła z OZE przewidywalną i niewrażliwą na zmiany na rynku surowców. Powodem takiej sytuacji jest wysoki wskaźnik wykorzystania odnawialnej energii do produkcji ciepła w Demonstratorze, który wynosi 96%. Jednym źródłem kosztów funkcjonowania Demonstratora jest zakupiony z sieci prąd elektryczny (około 710 MWh). Z uwagi na wysoki wskaźnik wykorzystania źródeł OZE, koszt uprawnień do emisji CO₂

stanowi 5,7% sumy kosztów energii Demonstratora. W przypadku konwencjonalnego źródła opłaty emisyjne stanowią 63,6% sumy kosztów paliwa i uprawnień do emisji.



Rys. 4-5 | Zapotrzebowanie finansowe na media energetyczne do produkcji ciepła, źródło: opracowanie własne

W wyniku przeprowadzonej analizy LCOH (z ang. Levelized Cost of Heat) uwzględniającej nakłady inwestycyjne niezbędne do poniesienia na realizację projektu uzyskano cenę 183,70 zł/GJ. Cena jest relatywnie wysoka w stosunku do dużych systemów ciepłowniczych opalanych paliwami kopalnymi, jednak należy zauważyć, że w perspektywie najbliższych kilku lat czynniki oddziałujące na cenę ciepła z OZE, tj. upowszechnienie się technologii, masowa produkcja niezbędnych urządzeń wchodzących w skład Demonstratora oraz wzrost efektywności i sprawności pomp ciepła oraz modułów fotowoltaicznych będą prowadziły do spadku LCOH. W przypadku ceny ciepła z paliw kopalnych trend jest odwrotny. Rosnące koszty paliw, istotny wzrost kosztu uprawnień do emisji dwutlenku węgla oraz plan Komisji Europejskiej na objęcie tym lub analogicznym systemem również budynków mieszkalnych i małych systemów ciepłowniczych prowadzą i będą dalej prowadzić do wzrostu ceny ciepła z tradycyjnych systemów. Już na początku 2022 roku coraz częściej można trafić na systemy ciepłownicze, gdzie cena ciepła liczona zgodnie z rozporządzeniem taryfowym przekracza 100 zł/GJ. W ciągu najbliższej dekady należy się spodziewać, że systemy ciepłownicze oparte na proponowanej technologii staną się konkurencyjne cenowo w stosunku do ciepła wytwarzanego przy spalaniu paliw kopalnych.

Poniższe zestawienie przedstawia czynniki kształtującą cenę ciepła przedstawianej technologii:

- Całkowite nakłady inwestycyjne (CAPEX) w ciągu 25 lat – 38 519 037,06 zł
 - Nakłady inwestycyjne w pierwszym roku - 26 788 617,89 zł
 - Nakłady inwestycyjne na odtworzenia – 6 895 832,02 zł
 - Wartość rezydualna w 25 roku – 2 924 243,95 zł
- Całkowite koszty operacyjne (OPEX) w ciągu 25 lat – 13 866 600,24
 - Roczne koszty operacyjne wytwarzania ciepła w analizowanym okresie 25 lat - od 320 463,08 zł do 609 004,61 zł
 - Roczny koszt zakupu 15% energii elektrycznej z sieci dystrybucyjnej w okresie 25 lat – od 201 678,12 zł do 228 726,22 zł

Do najważniejszych czynników wpływających na wysokość LCOH należy zaliczyć:

- Wysokość niezbędnych do poniesienia nakładów inwestycyjnych
- Koszty eksploatacji systemu
- Cena energii elektrycznej niezbędnej do kupienia z sieci oraz sprzedawanych nadwyżek

Zamówienie jest współfinansowane ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach poddziałania 4.1.3 Innowacyjne metody zarządzania badaniami Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020, w ramach projektu pn. Podniesienie poziomu innowacyjności gospodarki poprzez wdrożenie nowego modelu finansowania przełomowych projektów badawczych zgodnie z umową z dnia 12 kwietnia 2017 r. numer POIR.04.01.03-00-0001/16

5 Uwarunkowania formalno-prawne dot. Technologii Ciepłowni Przyszłości

5.1 Zidentyfikowane bariery prawne ustalone na przykładzie Demonstratora

Niewątpliwą zaletą technologii Ciepłowni Przyszłości przedstawionej w niniejszym opracowaniu jest łatwość w uzyskaniu niezbędnych zgód, pozwoleń oraz spełnienia pozostałych wymogów formalno-prawnych. Decentralizacja wytwarzania energii elektrycznej z instalacji fotowoltaicznych pozwala uniknąć uzyskiwania decyzji środowiskowej, co jest procesem długotrwałym.

Do uzyskania pozostają następujące zgody i decyzje:

1. Uzyskanie tytułu prawnego do nieruchomości, na których planowana jest budowa oraz instalacja elementów systemu ciepłowni OZE.
2. Warunki przyłączenia do sieci elektroenergetycznej lokalnego Operatora Systemu Dystrybucyjnego.
3. Uzyskanie pozwolenia na budowę dla instalacji PV zgodnie z obowiązującymi przepisami.
4. Uzyskanie pozwolenia na użytkowania po zakończeniu inwestycji
5. Uzyskanie koncesji na wytwarzanie energii elektrycznej po zakończeniu inwestycji

5.2 Wpływ polityki energetycznej Unii Europejskiej z uwzględnieniem taksonomii klimatycznej na wdrażanie Technologii Ciepłowni Przyszłości

14 lipca 2021, Komisja Europejska ogłosiła pakiet legislacyjny zatytułowany „Fit for 55”. Jego celem jest ograniczenie emisji o co najmniej 55 proc. do 2030 r. w porównaniu do poziomu z 1990 r. Ponadto, do 2050 r. Unia Europejska ma zamiar osiągnąć zerową emisję netto. Nowy cel klimatyczny i pakiet Fit for 55 są kluczowymi elementami tzw. Europejskiego Zielonego Ładu.

Europejski Zielony Ład określa szczegółową wizję uczynienia z Europy do 2050 r. pierwszym kontynentem neutralnym dla klimatu, ochronę różnorodności biologicznej, ustanowienia gospodarki o obiegu zamkniętym, eliminacji zanieczyszczeń i zapewnienie sprawiedliwej transformacji.

Proponowane zmiany będą miały duży wpływ na polityki krajowe w całej Europie. Obejmą wiele obszarów – od odnawialnych źródeł energii po efektywność energetyczną, opodatkowanie energii, zwiększenie celów dotyczących OZE, wprowadzenie nowych limitów CO₂ dla samochodów osobowych i dostawczych oraz handel emisjami (4).

System energetyczny każdego kraju musi spełniać szereg celów jednocześnie. System taki musi być bezpieczny, niezawodny, niedrogi i zgodny z celami środowiskowymi. Zrównoważenie tych często sprzecznych wymagań jest poważnym wyzwaniem.

Poszczególne kraje budują ramy prawne, wyznaczające kierunki dla rozwoju technologii działań organizacyjnych.

Należy wskazać, że przedstawione rozwiązanie Technologii Ciepłowni Przyszłości jest całkowicie zgodne z polityką energetyczną Unii Europejskiej oraz wpisuje się w aktualne na dzień opracowania niniejszego dokumentu zasady dotyczące preferencji dla finansowania transformacji energetycznej określonych w rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2020/852 z dnia 18 czerwca 2020 r. potocznie zwanego taksonomią.

Projekt w zakresie polityki energetycznej Unii Europejskiej wpisuje się w realizację dwóch z jej trzech głównych celów do roku 2030:

Redukcję emisji gazów cieplarnianych o 40% w stosunku do poziomu emisji z roku 1990

Wzrost do poziomu 32% udziału odnawialnych źródeł energii produkcji energii.

Przedstawiona w dokumencie Technologia Ciepłowni Przyszłości oparta jest na odnawialnych źródłach energii: pompach ciepła zasilanych energią elektryczną wyprodukowaną poprzez panele fotowoltaiczne. Sezonowość produkcji energii ze źródeł PV, która nie pokrywa się z zapotrzebowaniem na ciepło wytwarzane z pomp ciepła kompensowana jest poprzez system magazynów energii: magazyn energii elektrycznej, oraz dwa magazyny ciepła: dobowy i sezonowy. Dzięki tak dobranej technologii możliwe jest zastąpienie ciepła produkowanego w lokalnej ciepłowni zasilanej węglem kamiennym ciepłem ze źródeł odnawialnych. Zastosowanie technologii prowadzi do redukcji emisji dwutlenku węgla oraz redukuje wolumen energii produkowany ze źródeł konwencjonalnych.

W kontekście zgodności z unijną taksonomią należy wskazać, że realizacja projektu opartego o proponowaną Technologię Ciepłowni Przyszłości zostanie zakwalifikowana jako zrównoważona środowiskowo, ponieważ spełnia łącznie wszystkie cztery określone w taksonomi warunki:

wpisuje się w pierwszy cel środowiskowy taksonomii, tj: łagodzenie zmian klimatu przyczyniając się do utrzymania wzrostu średniej temperatury na świecie poniżej 2 °C i dążenie do ograniczenia wzrostu temperatury do 1,5 °C.

Nie wyrządza poważnych szkód dla żadnego z pozostałych celów środowiskowych, którymi są:

- adaptacja do zmian klimatu - projekt nie doprowadza do nasilenia niekorzystnych skutków przyszłych warunków klimatycznych;
- zrównoważone wykorzystywanie i ochrona zasobów wodnych i morskich - nie szkodzi dobremu stanowi oraz potencjałowi ekologicznemu jednolitych części wód, w tym powierzchniowych i podziemnych;
- przejście na gospodarkę o obiegu zamkniętym - nie prowadzi do znaczącego braku efektywności w wykorzystywaniu materiałów lub zasobów naturalnych, takich jak nieodnawialne źródła energii, surowce, woda i grunty;
- zapobieganie zanieczyszczeniu i jego kontrola - nie prowadzi do znaczącego wzrostu emisji zanieczyszczeń do powietrza, wody lub ziemi w porównaniu z sytuacją sprzed rozpoczęcia tej działalności;
- ochrona i odbudowa bioróżnorodności i ekosystemów - nie szkodzi dobremu stanowi i odporności ekosystemów.

6 Harmonogram budowy instalacji Demonstratora Technologii

W ramach Projektu przewidziana jest realizacja prac podzielonych na trzy kamienie milowe:

1. Uzyskanie i przekazanie NCBR kompletu dokumentów niezbędnych dla realizacji budowy Demonstratora Technologii w tym: pozwoleń, uzgodnień. Opłacenie zaliczek na zamówione urządzenia wchodzące w skład Demonstratora.
2. Budowa i rozruch Demonstratora Technologii.
3. Raport końcowy z wybudowania i przekazania do eksploatacji Demonstratora Technologii.

Rozpoczęcie prac zaczyna się w połowie marca 2022 roku, po wyborze uczestników Etapu II.

Zgodnie z harmonogramem rzeczowo – finansowym najpóźniej w ciągu 4 miesięcy od rozpoczęcia Etapu II Wykonawca opracuje oraz przedstawi Wielobranżowy Projekt Budowlany Demonstratora Technologii oraz komplet dokumentów niezbędnych do realizacji budowy. Zakończenie tej fazy Projektu nastąpi w lipcu 2022 roku i stanowi pierwszy kamień milowy przedsięwzięcia.

Wykonawca planuje w tym czasie:

- podpisać umowę dzierżawy dachów oraz nieruchomości gruntowej;
- uzyskać warunki przyłączenia do sieci dystrybucyjnej Energa Operator;
- podpisać umowę o przyłączenie do sieci dystrybucyjnej Energa Operator;
- uzyskać decyzję zatwierdzającą Projekt Budowlany;
- uzyskać decyzję zatwierdzającą projekt robót geologicznych.

Powyższy komplet pozwoleń i zgód umożliwi przeprowadzenie budowy Demonstratora Technologii – ukończenie tego zadania stanowi drugi kamień milowy. Czas na realizację tej części Projektu upływa po 20 miesiącach od publikacji Listy Rankingowej po Etapie I, tj. w listopadzie 2023 roku.

Wykonawca w ramach Etapu II prowadzi dalsze prace badawczo – rozwojowe. W efekcie prac Wykonawca buduje Demonstrator Technologii, czyli przenosi rozwiązania badawcze do rzeczywistych warunków Systemu Demonstracyjnego.

W ramach Budowy Demonstratora Technologii planuje się następujące działania:

1. Zakontraktowanie dostawy i montaż instalacji fotowoltaicznej o mocy 2229 kWp.
Zakres projektu obejmuje:
 - roboty budowlane towarzyszące
 - infrastruktura towarzysząca

- posadowienie 2349 modułów na dachu i 2590 na gruncie
- układy pomiarowe półpośrednie dla każdej instalacji
- rozruch elektrowni
- przyłączenie elektrowni do sieci elektroenergetycznej.

Okres realizacji projektu:

15.08.2022 – 15.09.2023

2. Zakontraktowanie dostawy urządzeń i budowę magazynu energii elektrycznej o pojemności 2546 kWh.

Zakres projektu obejmuje:

- dobowe magazyny energii elektrycznej dla stabilizacji chwilowych wahań w wytwarzaniu i odbiorach energii.

Okres realizacji projektu:

12.06.2023 – 19.09.2023

3. Zakontraktowanie dostaw i instalacja kaskady powietrzno-gruntowych pomp ciepła o mocy zainstalowanej do 1732 kW.

Zakres projektu obejmuje:

- instalacja powietrznych pomp ciepła w lokalizacji zewnętrznej
- instalacja gruntowych pomp ciepła
- instalacja monitoringu pracy instalacji.

Okres realizacji projektu:

15.08.2022 – 21.04.2023

4. Zakontraktowanie dostaw i budowa magazynu energii cieplnej (BTES) o pojemności cieplnej 2385 MWh.

Zakres projektu:

- sezonowe magazyny ciepła wykonane w technologii BTES (ang. Borehole Thermal Energy Storage) wykorzystujące zdolności akumulacyjne gruntu jak i dolnego źródła (DZC)
- odwierty głębinowe wypełnione bentonitem, stanowiące dolne źródło (DZC) dla pomp ciepła, długość sond 90 mb
- wymienniki ciepła w ilości 15 sztuk o mocy jednostkowej 82,3 kW.

Okres realizacji projektu:

15.08.2022 – 24.02.2023

5. Zakontraktowanie dostaw i budowa dobowego magazynu energii cieplnej (TTES) o pojemności do 4 MWh energii cieplnej.

Zakres projektu:

- dobowy magazyn TTES (Tank Thermal Energy Storage) w postaci cylindrycznego zbiornika z wodą 366 m³
- dwa komplety wymienników ciepłych.

Okres realizacji projektu:

24.04.2023 – 09.06.2023

6. Rozruch Demonstratora Technologii.

Zakres projektu:

- rozruch technologiczny, próby i pomiary powykonawcze
- szkolenie pracowników
- dokumentacja powykonawcza

Okres realizacji projektu:

18.09.2023 – 15.12.2023

Zadanie kończy się przekazaniem przez Wykonawcę wyników Prac Etapu II – trzeci kamień milowy. W oparciu o kryteria oceny zawarte w Regulaminie Zamawiający dokona oceny spełnienia Wymagań Obligatoryjnych i Konkursowych i wybierze Uczestnika Etapu III.

Najważniejszym rezultatem Projektu jest opracowanie innowacyjnego i uniwersalnego systemu ciepłowniczego opartego na odnawialnych źródłach energii, który pozwoli dostarczyć odbiorcom ciepło pochodzące w przynajmniej 80% z odnawialnych źródeł energii.

7 Skalowalność i replikowalność Technologii Ciepłownia Przyszłości

Opracowana koncepcja Demonstratora pozwala na łatwą skalowalność i powtarzalność zastosowań w powszechnie spotykanych systemach ciepłowniczych. Implementacje takie mogą mieć zastosowanie na obszarach w zasięgu działania sieci ciepłowniczych zasilanych ze źródeł konwencjonalnych. Szczególnie znaczącymi rynkami mogą być – oprócz Polski – Rumunia, Bułgaria, Czechy, Słowacja i Ukraina, co otwiera potencjał eksportu know-how.

7.1 Skalowalność

Koncepcja Demonstratora Technologii od początku była tworzona z myślą o jego skalowalności. Warunek ten jest łatwy do spełnienia, bowiem co do zasady wystarczy odpowiednio zmieniać ilość urządzeń, aby dostosować ją do konkretnego przypadku (lokalizacji). Np. w przypadku maszynowni pomp ciepła będzie to zastosowana ilość jednostek, a w przypadku instalacji fotowoltaicznych odpowiednio dostosowana ilość modułów fotowoltaicznych (moc instalacji).

W przypadku systemów o większych mocach grzewczych można rozważać zastosowanie pomp ciepła o większej mocy jednostkowej, jednak podstawowa zasada nie ulegnie zmianie.

W tym miejscu, na podstawie przeprowadzonych analiz dla warunków określonych dla Demonstratora, można zdefiniować szacunkowo określić zależność, iż **dla uzyskania wskaźnika energii z OZE rzędu 96%, w celu zapewnienia 1 MW mocy grzewczej należy zainstalować systemy fotowoltaiczne o mocy ok. 1,8 MWp („rule of thumb”)**.

Powyższy wskaźnik, pozwalający na szybkie przybliżone określenie wielkości charakterystycznych systemu, jest prawdziwy dla szerokości geograficznych w Polsce oraz dla założenia, że jedynie 15% energii elektrycznej może pochodzić spoza systemu (zakupionej).

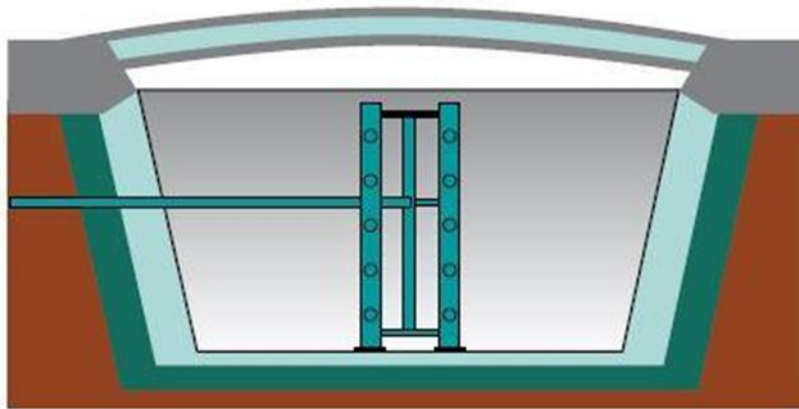
W związku z zastosowaniem kombinacji azymutalnej orientacji instalacji fotowoltaicznych, w Demonstratorze uzyskano wskaźnika zapotrzebowania powierzchni zabudowy na ten cel na poziomie 8,3 tys. m²/MWp. Obserwowany ciągły wzrost sprawności modułów fotowoltaicznych będzie przyczyniał się do minimalizacji wymaganej przestrzeni.

Pozostałe parametry takie jak wielkość sezonowego magazynu ciepła a co za tym idzie np. długość tras sieci rozdzielczej czynnika są zbieżne z obszarem, jaki obejmować będzie system – im większy zasięg systemu grzewczego tym większa dostępna przestrzeń dla wykonania struktur magazynu ciepła.

Właściwości fizyko-chemiczne gruntu – w szczególności jego pojemność cieplna – wpływają na rozmiar i sprawność magazynu BTES. W rozpatrywanym Demonstratorze, dla morenowych gruntów ilastych i gliniastych, współczynnik przewodności cieplnej wynosi $2 \text{ W/m}\cdot\text{K}$. Dla porównania, dla zawilgoconych żwirów wynosić on może zaledwie $0.5 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, a dla gruntu typu kwarcowego aż $6,6 \text{ W/m}\cdot\text{K}$.

Przyjęta w Demonstratorze technologia GRD minimalizuje zapotrzebowanie na powierzchnię gruntu poprzez wykonywanie odwiertów w technologii ukośnej. Dzięki niej możliwe jest wykorzystanie objętości gruntu pod budynkami jak również pod istniejącą infrastrukturą sieciową taką jak kanalizacja, sieć ciepłownicza, podziemne linie energetyczne czy sieci gazowe itp. W przypadku ograniczeń lokalizacyjnych w tym zakresie, system może współpracować z innymi technologiami magazynowania ciepła.

W niektórych sytuacjach alternatywną może być magazyn typu PTES („Pit hole Energy Storage”). Jest to sztuczny przykryty izolacją termiczną basen wodny. Zbiornik typu PTES może zmagazynować od dwóch do 4 razy więcej energii niż BTES ograniczając znacząco wymaganą objętość gruntu. Minusem tej technologii jest jednak brak możliwości budowania jej w wśród gęstej zabudowy ze względu na znaczne zapotrzebowanie powierzchni zabudowy. Zbiornik typu PTES ma najczęściej kształt ściętego czterościanu i wymaga znaczącej przestrzeni na powierzchni ziemi do jego budowy. Na Rys. 7-1 przedstawiono ideowy schemat takiego typu magazynu. Ponadto nie można zapobiec natlenianiu wody w zbiorniku, co powoduje konieczność budowania dodatkowej stacji wymiennikowej.



Rys. 7-1 | Schemat ideowy magazynu PTES



Rys. 7-2 | Wybudowany magazyn PTES

7.2 Replikowalność

Opracowana koncepcja jest w prosty sposób powtarzalna na szeroką skalę w innych lokalizacjach. Wynika to z faktu, iż wybrany System Demonstracyjny jest reprezentatywny dla sektora ciepłowniczego skali „powiatowej”. Systemy takie są rozpowszechnionym dziedzictwem epoki socjalistycznej. Konieczna ich transformacja jest wyzwaniem, ale sam fakt istnienia wielu systemów ciepłowniczych jest wielką wartością dodaną, ułatwiającą m.in. walkę z niską emisją czy umożliwiającą optymalizację nakładów poprzez koncentrację kapitału inwestycyjnego. Wielką zaletą takich systemów jest również fakt, iż nie są wymagane duże zasoby ludzkie i sprzętowe do eksploatacji relatywnie

dużych systemów. Dzięki najwyższemu możliwemu wskaźnikowi bezobsługowości i automatyzacji pracy przedmiotowego Demonstratora, wymagania te są minimalne.

Dzięki zastosowaniu pomp ciepła o wysokiej temperaturze czynnika grzewczego, możliwa jest implementacja bez konieczności przebudowy instalacji centralnego ogrzewania w budynkach, co rodziłoby dodatkowe koszty, a także mogłoby być problematyczne z punktu widzenia akceptacji mieszkańców.

W odniesieniu do dużych systemów ciepłowniczych, o parametrach pracy źródeł ciepła rzędu 150°C/70°C, opracowana koncepcja w pierwszej kolejności powinna być aplikowana do tzw. „końcówek sieci”, których zasilenie w ciepło obarczone jest najwyższymi stratami przesyłu. Prezentowana koncepcja pozwala na wydzielenie z systemu ciepłowniczego mniejszych podsystemów, wytwarzających ciepło lokalnie dla określonej grupy odbiorców. Podłączenie ich do źródła zbudowanego na bazie prezentowanej koncepcji, przełoży się na wzrost sprawności istniejącego układu wytwarzania i dystrybucji ciepła oraz bezpieczeństwo dostaw ciepła.

Warto zwrócić uwagę, iż proponowana koncepcja pozwala na dokonywanie transformacji systemu ciepłowniczego etapowo, pozwalając na podział modernizacji systemu ciepłowniczego miasta na etapy umożliwiając płynną i ustaloną w czasie zmianę.

7.3 Potencjał dostosowania Demonstratora Technologii do zmian na rynku energii i ciepła

Przyjęta koncepcja Demonstratora jest rozwiązaniem o wielkiej elastyczności w zakresie zmian rynkowych dla energii – tak w ujęciu lokalnym jak i globalnym. W zakresie lokalnym, dzięki kaskadowemu układowi maszynowni pomp ciepła, źródło ciepła może pracować z jednakową, wysoką sprawnością dla obciążeń od 10 do 100% całkowitej mocy nominalnej. Każda nadwyżka energii elektrycznej może zostać zmagazynowana w magazynie energii elektrycznej lub – po przekształceniu – w magazynach energii cieplnej.

Kompozycja systemu umożliwia również korzystanie z chwilowych, niskich cen zakupu energii na rynku, które będą pojawiały się w sytuacjach jej nadmiaru w systemie energetycznym. W szczególności w nieodległej przyszłości energię kontraktować będzie można na dynamicznym rynku z rozliczaniem godzinowym.

Podobnie, w sytuacji kiedy możliwe będzie uzyskanie wysokiej ceny za energię elektryczną produkowaną w instalacjach fotowoltaicznych, będzie można ją korzystnie sprzedać, poprawiając ekonomię systemu.

Większa ilość jednostek wytwórczych zapewnia redundancję na wypadek awarii lub konserwacji którejś z nich. Zmniejszenie zapotrzebowania na ciepło – np. w wyniku termorenowacji zasilanych w ciepło budynków, pozwoli na objęcie zasięgiem Demonstratora kolejnych obiektów. W skrajnym przypadku będzie można łatwo zdemontować i relokować jednostki wytwórcze, których moc przekracza moc zamówioną.

Proponowany układ technologiczny jest również przygotowany na ewentualne przyszłe wymagania odbiorców w zakresie wytwarzania chłodu. Zastosowanie pomp ciepła jako podstawowego źródła ciepła umożliwi prostą rozbudowę maszynowni o układ chłodzący czynnik zasilający odbiorniki chłodu (np. instalacje klimakonwektorów w mieszkaniach) i jednocześnie regenerujący Dolne Źródło Ciepła lub zasilający magazyn TTES.

8 Obliczenia

8.1 LCOH

W wyniku przeprowadzonej analizy LCOH (z ang. Levelized Cost of Heat) uwzględniającej nakłady inwestycyjne niezbędne do poniesienia na realizację projektu uzyskano cenę 183,70 zł/GJ. Cena jest relatywnie wysoka w stosunku do dużych systemów ciepłowniczych opalanych paliwami kopalnymi, jednak należy zauważyć, że w perspektywie najbliższych kilku lat czynniki oddziałujące na cenę ciepła z OZE, tj. upowszechnienie się technologii, masowa produkcja niezbędnych urządzeń wchodzących w skład Demonstratora oraz wzrost efektywności i sprawności pomp ciepła oraz modułów fotowoltaicznych będą prowadziły do spadku LCOH. W przypadku ceny ciepła z paliw kopalnych trend jest odwrotny. Rosnące koszty paliw, istotny wzrost kosztu uprawnień do emisji dwutlenku węgla oraz plan Komisji Europejskiej na objęcie tym lub analogicznym systemem również budynków mieszkalnych i małych systemów ciepłowniczych prowadzą i będą dalej prowadzić do wzrostu ceny ciepła z tradycyjnych systemów. Już na początku 2022 roku coraz częściej można trafić na systemy ciepłownicze, gdzie cena ciepła liczona zgodnie z rozporządzeniem taryfowym przekracza 100 zł/GJ. W ciągu najbliższej dekady należy się spodziewać, że systemy ciepłownicze oparte na proponowanej technologii staną się konkurencyjne cenowo w stosunku do ciepła wytwarzanego przy spalaniu paliw kopalnych.

Poniższe zestawienie przedstawia czynniki kształtującą cenę ciepła przedstawianej technologii:

- Całkowite nakłady inwestycyjne (CAPEX) w ciągu 25 lat – 38 519 037,06 zł
 - Nakłady inwestycyjne w pierwszym roku - 26 788 617,89 zł
 - Nakłady inwestycyjne na odtworzenia – 6 895 832,02 zł
 - Wartość rezydualna w 25 roku – 2 924 243,95 zł
- Całkowite koszty operacyjne (OPEX) w ciągu 25 lat – 13 866 600,24 zł
 - Roczne koszty operacyjne wytwarzania ciepła w analizowanym okresie 25 lat - od 320 463,08 zł do 609 004,61 zł
 - Roczny koszt zakupu 15% energii elektrycznej z sieci dystrybucyjnej w okresie 25 lat – od 201 678,12 zł do 228 726,22 zł

8.2 Wskaźnik OZE

Drugim najważniejszym wskaźnikiem charakteryzującym wypracowaną koncepcję Demonstratora jest wartość wskaźnika OZE. Wartości niezbędnej ilości jak i rodzaju energii do funkcjonowania Demonstratora zostały podane w Tab. 815-1. Dane te stanowią wsad do wyznaczenia wskaźnika udziału energii z OZE. Przedstawione nośniki energii zostały pogrupowane i podsumowane jako trzy kluczowe składowe i zaprezentowane w Tab. 8-2. Końcowe wyliczenie wskaźnika zostało zaprezentowane w formule wg Rys. 8-31.

Nośnik energii	Jednostka	Wartość
Pobór energii elektrycznej z Krajowego Systemu Elektroenergetycznego	MWh	134,89
Pobór energii elektrycznej z źródeł OZE nie będących częścią Demonstratora	MWh	552,10
Pobór energii elektrycznej wyprodukowanej z modułów fotowoltaicznych	MWh	296,45
Pobór energii elektrycznej z magazyny energii elektrycznej	MWh	216,97
Pobór energii z dolnego źródła - powietrze	MWh	515,23
Pobór energii z dolnego źródła - magazyn BTES	MWh	1965,06

Tab. 815-1 | Wymagany pobór energii do funkcjonowania Demonstratora

Kwalifikacja energii	Jednostka	Wartość
OZE	MWh	1580,75
ZMAGAZYN	MWh	1965,06
CZARNA	MWh	134,89

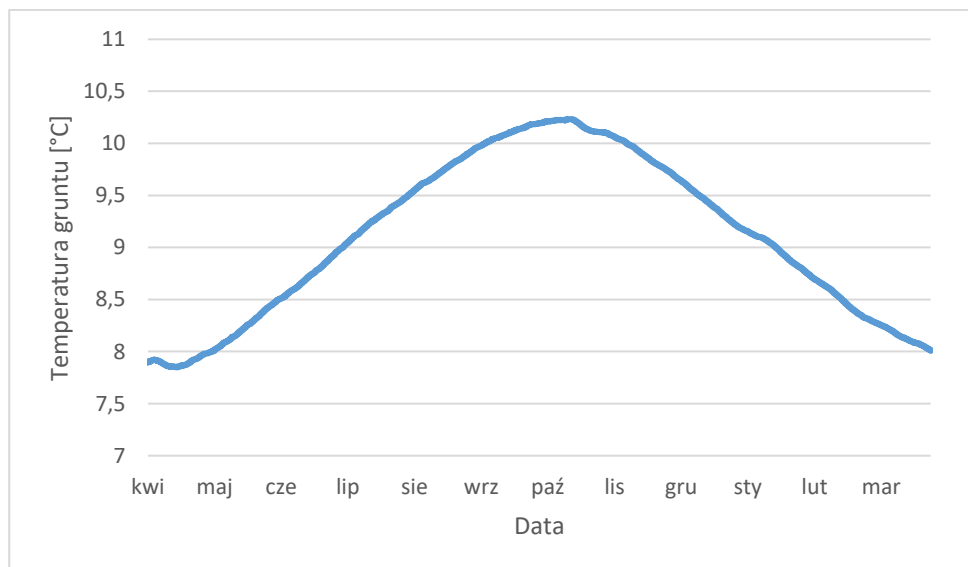
Tab. 8-2 | Wartości i rodzaj energii pobierany przez Demonstrator zgodny z trzema głównymi kryteriami wskaźnika OZE

$$\%OZE = \frac{1580,75 + 1965,06}{1580,75 + 1965,06 + 134,89} = 0,9634 [-] \Rightarrow 96,34\% \quad (8.1)$$

Rys. 8-3 | Wyznaczenie udziału OZE

8.3 Inne istotne parametry z punktu widzenia modelowania numerycznego

Jednym z istotniejszych parametrów i warunków brzegowych który rzutował na proces modelowania jak i finalnego funkcjonowania koncepcji Demonstratora był wymóg niedoprowadzenia gruntu do przechłodzenia. Wymóg ten oznacza, że temperatur gruntu po rocznej pracy Demonstratora nie mogła być niższa niż początkowa równa 7,9°C. Jest to szczególnie istotny parametr z uwagi na oparcie koncepcji głównego źródła ciepła na dwuźródłowych pompach ciepła. Jednostki te w okresie wzmożonego zapotrzebowania na ciepło, pozyskują je z gruntu. W celu niedoprowadzenia do wychłodzenia dolnego źródła ciepła konieczne jest jego ogrzanie. W Demonstratorze jest ono realizowane przez wykorzystanie nadmiarowo wyprodukowanej energii elektrycznej i konwersji jej na ciepłą wykorzystując nie pracujące na potrzeby ciepłowni pompy sekcji powietrznej. Zgodnie z wyliczeniami wykonanymi w oprogramowaniu TRNSYS warunek ten jest spełniany przy zastosowaniu dodatkowych jednostek wytwórczych nie pracujących na potrzeby generacji ciepła dla odbiorcy końcowego. W przypadku analizowanego obiektu są to dwie dodatkowe jednostki. Na rysunku 8-2 przedstawiono przebieg zmian temperatury gruntu zasymulowanego za pomocą wspomnianego oprogramowania. Temperatura gruntu pod koniec symulacji wynosi 8°C.

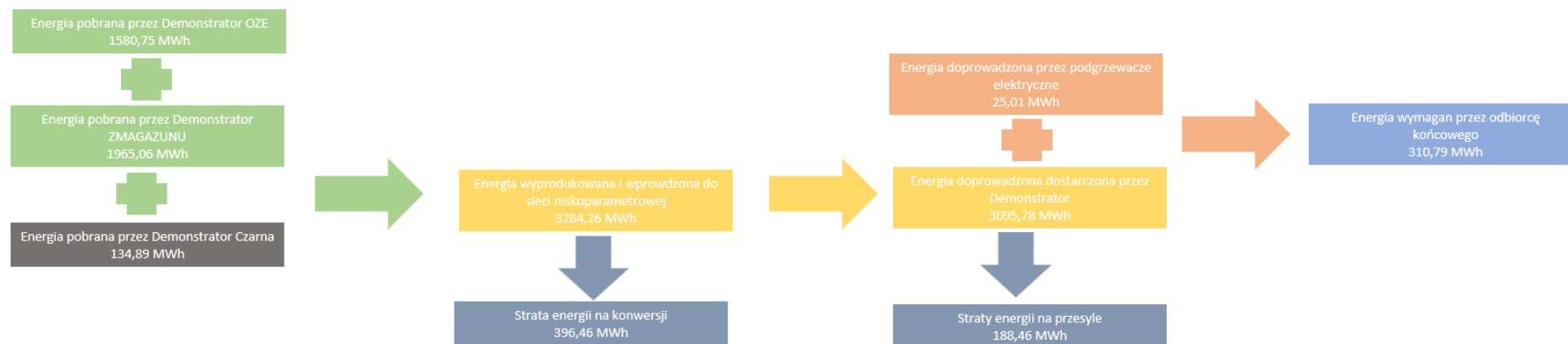


Rys. 8-4 | Rozkład temperatury gruntu w ciągu rocznej pracy Demonstratora,

8.4 *Bilans energetyczny Demonstratora*

W wypracowanym układzie technologicznym zachodzi wiele transformacji jak i konwersji energii. Opis tych działań został szczegółowo opisany w rozdziale 1 jak i przedstawiono uproszczony schemat ich przebiegu na rysunku 1.1. W celu przedstawienia przepływów energetycznych wykonano dwa tożsame bilanse energetyczne. Pierwszy jest uproszczoną wersją bilansu przedstawiając główne przepływy energetyczne, a drugi jego szczegółowym rozwinięciem. Uproszczony bilans został przedstawiony na rysunku 8-3 a jego szczegółowa wersja z uwagi na jej duży wymiar graficzny stanowi załącznik nr 5

Zamówienie jest współfinansowane ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach poddziałania 4.1.3 Innowacyjne metody zarządzania badaniami Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020, w ramach projektu pn. Podniesienie poziomu innowacyjności gospodarki poprzez wdrożenie nowego modelu finansowania przełomowych projektów badawczych zgodnie z umową z dnia 12 kwietnia 2017 r. numer POIR.04.01.03-00-0001/16



Rysunek 8-3 Uproszczony bilans energetyczny Demonstratora,
źródło: opracowanie własne

Zamówienie jest współfinansowane ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach poddziałania 4.1.3 Innowacyjne metody zarządzania badaniami Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020, w ramach projektu pn. Podniesienie poziomu innowacyjności gospodarki poprzez wdrożenie nowego modelu finansowania przełomowych projektów badawczych zgodnie z umową z dnia 12 kwietnia 2017 r. numer POIR.04.01.03-00-0001/16

9 Bezpieczeństwo

Każda budowa nowego czy modernizacja starego systemu ciepłowniczego który sprawnie funkcjonuje niesie ze sobą ryzyko przerwania dostaw ciepła lub obniżenia standardów jakościowych świadczonych usług w tym dotrzymywania parametrów temperatury po stronie odbiorcy. W celu redukcji oby dwóch zagrożeń podjęto na etapie koncepcji realizacji Demonstratora, którymi są:

- budowa Demonstratora o te same zastępowalne jednostki wytwórcze,
- pozostawienie obecnie istniejącego układu węzła grupowego w systemie poprzez bajpas.

Oparcie struktury rozwiązania o te same jednostki wytwórcze niesie ze sobą wiele korzyści. Należą do nich takie cechy, jak uproszczona procedura operacyjna źródła, przewidywalny i zarządzany stan magazynowy części zamiennych oraz zastępowalność jednostki w przypadku jej awarii. Ostatnia cecha jest szczególnie ważna w celu utrzymania ciągłym i bezawaryjnej, z punktu widzenia odbiorcy ciepła, dostawy nośnika energetycznego. Awaria jednego z funkcjonujących komponentów systemu może zostać szybko zastąpiona uruchomieniem nie działającej wcześniej jednostki, pozwalając jednocześnie na podjęcie prac naprawczych nad uszkodzoną. Z uwagi na potrzebę zachowania temperatury gruntowego wymiennika ciepła w okresie roku w nie gorszym stanie niż zastanym, w maszynowni Demonstratora znajdują się nadmiarowe pompy ciepła, które nie pracują na potrzeby dostaw ciepła. Te pompy mogą zostać uruchomione nawet zimą z uwagi na ich postój w tym okresie. Forma takiego zabezpieczenia jest niespotykana przy układach koncentrujących się na dużych pojedynczych jednostkach wytwórczych których awaria jest dotkliwa w skutkach.

Druga forma zabezpieczenia, czyli pozostawienie obecnie funkcjonującego układu w strukturze bajpasu, jest zabezpieczeniem w sytuacji awarii układu Demonstratora, nie pozwalającego na jego funkcjonowanie. W takim przypadku istniejący już układ pełnić będzie rolę zapasowego źródła ciepła i w krytycznej sytuacji przejmie rolę dostawcy ciepła zapewniając stały dopływ nośnika do odbiorcy.

Zamówienie jest współfinansowane ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach poddziałania 4.1.3 Innowacyjne metody zarządzania badaniami Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020, w ramach projektu pn. Podniesienie poziomu innowacyjności gospodarki poprzez wdrożenie nowego modelu finansowania przełomowych projektów badawczych zgodnie z umową z dnia 12 kwietnia 2017 r. numer POIR.04.01.03-00-0001/16

10 Informacje dodatkowe

W tym rozdziale należy zamieścić wszelkie inne informacje przygotowane przez Wykonawcę, które są związane z Technologią, a nieprzystające do wcześniejszych zagadnień. W szczególności:

- zidentyfikowane czynniki służące celom Przedsięwzięcia
- postulaty dostosowania obowiązującego prawa
- zagrożenia i ograniczenia procesu modernizacji ciepłowni
- bariery utrudniające lub uniemożliwiające optymalne przeprowadzenie procesu modernizacji ciepłowni.

Zamówienie jest współfinansowane ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach poddziałania 4.1.3 Innowacyjne metody zarządzania badaniami Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020, w ramach projektu pn. Podniesienie poziomu innowacyjności gospodarki poprzez wdrożenie nowego modelu finansowania przełomowych projektów badawczych zgodnie z umową z dnia 12 kwietnia 2017 r. numer POIR.04.01.03-00-0001/16

11 Dane Wykonawcy

11.1 Dane adresowe oraz rejestrowe

Dane rejestrowe spółki:

RenBio Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością z siedzibą w Bydgoszczy (85-027) przy ul. Jagiellońskiej 94C, zarejestrowaną w Krajowym Rejestrze Sądowym prowadzonym przez Sąd Rejonowy w Bydgoszczy; XIII Wydział Gospodarczy Krajowego Rejestru Sądowego pod numerem KRS 0000377213, NIP: 9532619845, REGON: 4083461500000.

Dane kontaktowe:

Tel. 52 348 40 57

Email: info@renbio.eu

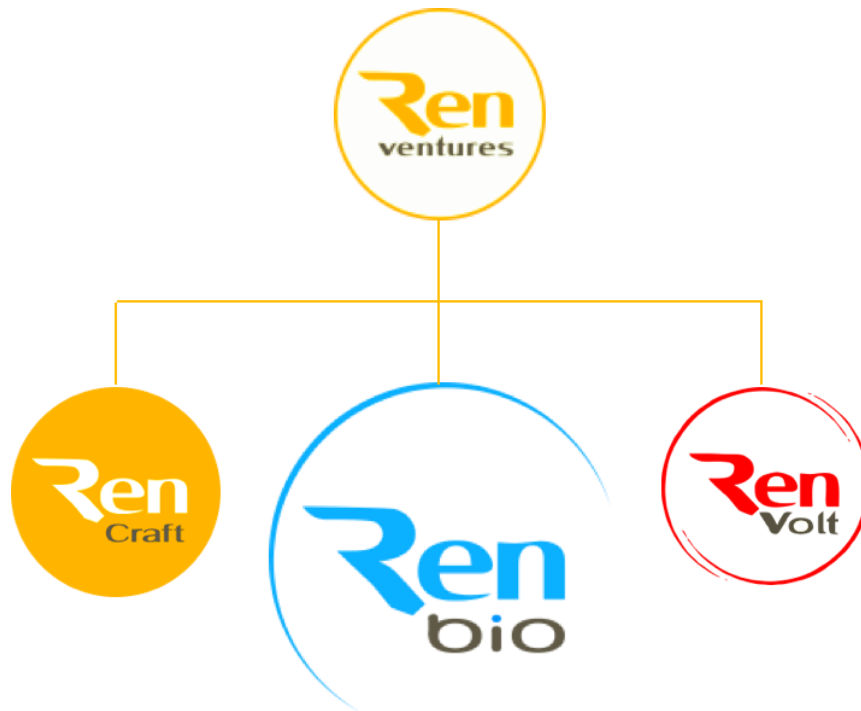
www.renbio.eu

11.2 opis doświadczenia Wykonawcy w zakresie działalności badawczo-rozwojowej

RenBio sp. z o.o jest spółką celową wchodzącą w skład Grupy Kapitałowej Ren Ventures, która inicjuje i rozwija projekty i przedsięwzięcia biznesowe, przede wszystkim w zakresie odnawialnych źródeł energii. W tym polu grupa się na energetycznym wykorzystaniu biomasy, biogazu, wiatru i słońca a także na odzysku energii cieplnej z procesów technologicznych. Kluczową kompetencją grupy jest przede wszystkim zrozumienie technologii obiektów i urządzeń oraz ich użytkowników.

W sferze naszej aktywności grupy znajdują się również projekty z zakresu informatyki i telemechaniki, które mogą zostać wykorzystane w zakresie obsługi rozproszonych źródeł energii.

Struktura Grupy Kapitałowej Ren Ventures



Kluczowe informacje o wykonawcy:

1. Ponad 15 lat doświadczenia w projektowaniu i budowie Odnawialnych Źródeł Energii.
2. Ponad 200 zrealizowanych projektów na terenie całej Polski.
3. 100% polski kapitał.
4. Kluczowe kompetencje:
 - projektowanie,
 - budowa,
 - eksploatacja,
 - serwis i utrzymanie,
 - produkcja i sprzedaż ciepła z OZE,
 - usługi inżynieryjne,
 - innowacje,
 - studia wykonalności,
 - hybrydowe instalacje OZE.

RenBio sp. z o.o. dzięki doświadczeniu kadry kierowniczej nabytym m.in. w RenCraft sp. z o.o., może wykazać się bogatym doświadczeniem w zakresie projektowania, budowy, modernizacji oraz eksploatacji: urządzeń, systemów ciepłowniczych i instalacji odnawialnych źródeł energii.

Prezes RenBio Sp. z o.o. Przemysław Kowalski oraz Mirosław Dorawa (Członkowie Zespołu Projektowego RenBio Sp. z o.o.) odpowiadali za opracowanie koncepcji projektowej i za realizację innowacyjnych rozwiązań m.in. inwestycji:

- “Centrum Badawcze Polskiej Akademii Nauk Konwersja Energii i Źródła Odnawialne w Gminie Jabłonna” w ramach którego zaprojektował instalację do wytwarzania i magazynowania energii cieplnej, elektrycznej i chłodu, w tym m.in. instalacje fotowoltaiczne, turbiny wiatrowe, absorpcyjne agregaty chłodnicze, instalacje magazynów energii w technologiach TTES i BTES, instalacje kogeneracyjne źródeł energii zasilanych gazem ziemnych. Obiekt uruchomiono we wrześniu 2015 roku. Centrum Badawcze PAN w Jabłonie jest najnowocześniejszym w Polsce i jednym z najnowocześniejszych w Europie zespołów laboratoriów badawczych zajmujących się wykorzystaniem energii odnawialnej.
- “Budowa instalacji fotowoltaicznej na carportach wraz ze stacją ładowania samochodów oraz magazynem energii zrealizowane w systemie zaprojektuj i wybuduj” na terenie Słupskiego Inkubatora Technologicznego w ramach którego zaprojektował zespół urządzeń do wytwarzania i magazynowania energii elektrycznej, w tym m.in. carporty wraz z inwerterem hybrydowym współpracującym z magazynem energii, stacje ładowania pojazdów elektrycznych, magazyn energii oraz system nadzoru pracy instalacji fotowoltaicznej SCADA. Obiekt uruchomiono w maju 2021 roku. SIT dysponuje jednym z najnowocześniejszych na Pomorzu Centrum Szkoleniowo – Konferencyjnym z Pracownią Odnawialnych Źródeł Energii - akredytowany przez Urząd Dozoru Technicznego Ośrodek Szkoleniowy.
- “Budowa instalacji fotowoltaicznej wraz z carportami na parkingu Zespołu Inkubatorów Technologicznych na terenie Kieleckiego Parku Technologicznego wraz z infrastrukturą” w ramach której wybudowano wiaty z modułami fotowoltaicznymi na parkingu, który oferuje ponad 80 miejsc postojowych i posiada również stacje ładowania pojazdów elektrycznych. Instalacja działa od końca 2015 roku. Kielecki Park Technologiczny jest biznesową wizytówką Kielc, jednym z największych przedsięwzięć gospodarczych realizowanych przez Miasto.
- “Budowa instalacji fotowoltaicznej na potrzeby zasilania Parku Wodnego Koszalin” w ramach którego powstała elektrownia fotowoltaiczna o łącznej mocy 400 kWp na terenie aquaparku. Instalacja została posadowiona na stalowej konstrukcji wsporczej, zamontowano przeszło

1200 szt modułów, dodatkowo na dachu wykonano instalację hybrydową o mocy termicznej 2,6 kW i elektrycznej 0,9 kWp, która dostarcza ciepła wodę do części administracyjnej obiektu. Projekt został ukończony w czerwcu 2019 r.

- “Energia słoneczna pracuje dla Miasta Kolno – Instalacje fotowoltaiczne na budynkach użyteczności publicznej” w ramach którego zaprojektowano i wybudowano systemy fotowoltaiczne na dachach sześciu budynków użyteczności publicznej, zamontowano ponad 760 szt modułów o mocy 190 kW. Instalacje zostały uruchomione we wrześniu 2015 roku. Inwestycja pozwala m.in. na zmniejszenie kosztów związanych z zakupem energii elektrycznej ze źródeł zewnętrznych oraz znaczne zmniejszenie emisji CO₂ do atmosfery.

11.3 opis doświadczenia Wykonawcy w zakresie branży ciepłowniczej

Wykonawca posiada bogate doświadczenie w zakresie zarówno projektowania, budowy jak i eksploatacji systemów ciepłowniczych opartych na Odnawialnych Źródłach Energii. Do najważniejszych należą:

- “Budowa kotłowni opalanej biomasą o mocy 1,8 MW wraz z infrastrukturą techniczną”, wytwarzanie ciepła i eksploatacja przez 10 lat, w ramach której opracowano projekt budowlany wraz z instalacjami technologicznymi, w tym dwoma zautomatyzowanymi kotłami o mocy 0,8 MW i 1 MW. W ramach budowy i eksploatacji lokalnego źródła energii od 2013 roku świadczona jest usługa dostawy ciepła na potrzeby c.o. oraz c.w.u. do Odbiorcy. Inwestycja zrealizowana w trybie Ustawy z dnia 9 stycznia 2009 roku o koncesji na roboty budowlane lub usługi. Projekt został ujęty w raporcie Instytutu Ekonomii Środowiska “Rynek ESCO w Polsce – stan obecny i perspektywy rozwoju” oraz na stronie <https://www.gov.pl/web/klimat/lista-dostepnych-dostawcow-uslug-energetycznych>
- “Poprawa efektywności energetycznej budynków użyteczności publicznej w Gminie Wierzbica w zakresie instalacji pomp ciepła” w ramach którego, wykonano kompleksowe roboty budowlane złożone z kaskady wysokotemperaturowych gruntowych pomp ciepła, wraz z monitoringiem parametrów urządzeń, współpracujących ze szczytowymi źródłami ciepła oraz możliwością pracy z instalacjami fotowoltaicznymi w ramach jednego systemu, w budynkach użyteczności publicznej. Roboty zakończono w grudniu 2018 roku. W ramach inwestycji wykonano na czterech obiektach łącznie 126 odwiertów o łącznej długości 12 600 mb.
- “Zaprojektowanie i wykonanie robót budowlanych polegających na wykorzystaniu odnawialnych źródeł energii w celu modernizacji publicznej Szkoły Podstawowej w

Dąbrównie” w ramach którego wykonano kompleksową termomodernizację budynku Szkoły Podstawowej i Sali sportowej w Dąbrównie. W ramach inwestycji wybudowano kotłownię opartą na gruntowych pompach ciepła typu solanka/woda wraz z modernizacją instalacji centralnego ogrzewania. Maszynownia składa się z jednego bloku grzewczego, który stanowią dwie pompy ciepła o łącznej mocy grzewczej 160 kW. Inwestycja została ukończona w październiku 2017 roku.

11.4 informacje o Zespole Projektowym

Za realizację projektu odpowiadał interdyscyplinarny zespół projektowy RenBio, którego trzon merytoryczny stanowią:

1. Przemysław Kowalski - udziałowiec i Prezes Zarządu RenBio sp.z o.o. oraz siostrzanej RenCraft sp. z o.o. Absolwent Wydziału Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej oraz studiów EMBA Helsińskiej Wyższej Szkoły Handlu. Doktorant Instytut Maszyn Przepływowych im. Roberta Szwalskiego Polskiej Akademii Nauk. Posiada uprawnienia budowlane do projektowania i kierowania robotami budowlanymi bez ograniczeń w specjalności instalacyjnej w zakresie sieci, instalacji i urządzeń cieplnych, wentylacyjnych, gazowych, wodociagowych i kanalizacyjnych. Jest autorem i współautorem dziesiątek Studiów Wykonalności, Programów Funkcjonalno-użytkowych oraz dokumentacji projektowych. W swoim dorobku zawodowym posiada dziesiątki zrealizowanych projektów inwestycyjnych, w których kierował robotami budowlanymi. Na co dzień zarządza Grupą kapitałową Ren Ventures, w tym najbardziej aktywną na rynku EPC oraz zamówień publicznych RenCraft sp. z o.o., której jest Prezesem. Specjalizuje się w innowacyjnych projektach OZE polegających na integracji technologii, w tym również w formule ESCO. –
2. Maciej Przymanowski – członek zespołu. Energetyk ciepły z wykształcenia. Posiada szeroką wiedzę z branży ciepłowniczej jak i energetyki odnawialnej szczególnie w zakresie energetyki wodnej i solarnej. Osoba o kwalifikacjach analitycznych, posługującą się takimi narzędziami analitycznymi jak oprogramowania excel, język programistyczny Phyton, matlab. Posiadający wiedze w zakresie modelowania numerycznego w programach Ansys-Fluent, HyperWorks, TRNSYS, oraz oprogramowaniu branżowym jak np. Audytor OZC czy oprogramowanie CAD. Osoba stale kształcąca się w zakresie efektywności energetycznej i Audytoringu energetycznego, z uprawnieniami do wystawiania charakterystyk energetycznych.

12 Lista skrótów i definicji

AC	-	prąd o charakterze zmiennie napięciowym;
AKPiA	-	Armatura Kontrolno – Pomiarowa i Automatyka;
API	-	ang. Application Programming Interface- interfejs programowania aplikacji - zbiór reguł określających w jaki sposób program komunikuje się ze sobą lub z innymi programami;
Biomasa	-	Surowiec posiadający naturalne pochodzenie oraz ulegający naturalnemu procesowi biodegradacji. W energetyce rozumiany jako produkty pochodzenia roślinnego możliwe do spalania;
BTES	-	ang. Borehole Thermal Energy Storage – sezonowy magazyn ciepła w postaci odwiertów wykonanych w gruncie, wykorzystujący zdolności akumulacyjne gruntu;
CAPEX	-	Nakład inwestycyjny poniesiony na realizację Demonstratora technologii [PLN];
CAPEX ₀	-	Nakład inwestycyjny poniesiony na realizację Demonstratora technologii do momentu przekazania systemu do eksploatacji [PLN];
Carporty	-	Zadaszenie miejsca parkingowego;
Centralny system nadzoru	-	nazwa systemu informatycznego przy pomocy którego będzie sterowany Demonstrator;
Ciepłownia	-	Zakład produkujący nośnik ciepła służący celom ciepłowniczym;
Ciepłownictwo IV generacji	-	Koncepcja ciepłownictwa nisko energetycznego opierająca się o zasilanie budynków o niskim zapotrzebowaniu na energię oraz przy stosunkowo niskim parametrze nośnika ciepła 90- 70 °C;
CO	-	Układ centralnego ogrzewania;
COP	-	Współczynnik wydajności cieplnej - stosunek pomiędzy mocą grzewczą pompy ciepła a ilością niezbędnej energii pobranej przez pompę ciepła na jej wytworzenie;
CWU	-	Układ ciepłej wody użytkowej;
CZARNA	-	Energia, która nie została wyprodukowana przez odnawialne źródła energii [MWh]/[GJ];
DC	-	prąd o charakterystyce stała napięciowej;
Demonstrator Technologii	-	Wybudowane w ramach programu Ciepłownia przyszłości, czyli system ciepłowniczy z OZE źródło ciepła;
DYSK	-	Współczynnik dyskonta wartości nakładów, wartości rezydualnych kosztów i wytworzone energii;
DZC	-	Dolne źródło ciepła
E	-	Energia cieplna dostarczona do odbiorcy końcowego [GJ];
EES	-	Magazyn energii elektrycznej;
Efekt cieplarniany	-	Zjawisko podwyższenia temperatury planety wywołane gromadzeniem się gazów w atmosferze planety;
Elektrociepłownia	-	Zakład produkujący zarówno nośnik ciepła jak i energię elektryczną;
Energia typu B	-	Określenie wytwórcy energii z instancji w zakresie mocy zainstalowanej od 0,2 - 10,0 MW;
FM	-	ang. Facility Management - usługa polegająca na obsłudze technicznej obiektu czy źródle ciepła;

GRD	-	Ang. Geothermal Radial Drilling - technologia wykonywania odwiertów pod montaż sond gruntowych pod skosem; geotermalne wiercenie radialne;
GWP	-	współczynnik globalnego ocieplenia - parametr określający jak dana substancja wpływa na wywołanie efektu cieplarnianego. Im wskaźnik większy tym mocniej przyczynia się do rozwoju efektu cieplarnianego;
Learning by doing	-	Koncepcja przekazywania i pozyskiwania wiedzy oraz kompetencji przez pracę w danym obszarze tematycznym;
IoT	-	ang. Internet of Things - Internet rzeczy - system urządzeń elektronicznych, które mogą automatycznie komunikować się i wymieniać dane za pomocą sieci bez ingerencji człowieka;
k	-	Indeks określający mierzoną wartość do okresu roku w zakresie 1-25 lat [-];
KOBIZE	-	Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami - Instytut Ochrony Środowiska;
Kocioł	-	Urządzenie konwertujące energię zawartą w surowcach ulegających spaleni na energię cieplną;
Kocioł wodny	-	Kocioł który w wyniku spalania surowców energetycznych ogrzewa wodę która jest nośnikiem ciepła;
Kogeneracja	-	Produkcja wielu mediów przy jednym procesie technologicznym. W kontekście ciepłowniczym najczęściej rozumiana jako wytwarzanie energii elektrycznej i cieplnej przy pomocy jednego źródła energii;
Końcówka sieci	-	Część sieci ciepłowniczej najdalej oddalonej od źródła ciepła. Obszary te charakteryzują się najniższymi temperaturami nośnika ciepła, a tym samym największym zagrożeniem nie dotrzymania odpowiednich parametrów temperaturowych nośnika ciepła;
Moc chłodnicza pompy ciepła	-	Wydajność chłodnicza [kW] – ilość ciepła pobierana ze środowiska;
Moc grzewcza pompy ciepła	-	Ciepło dostarczane do ogrzewania [kW];
Moduł fotowoltaiczny	-	Urządzenie konwertujące energię słoneczną w energię elektryczną;
MWp	-	Megawat mocy szczytowej równy 1000000 wat mocy szczytowej (Wp);
NCBR	-	Narodowe Centrum Badań i Rozwoju;
NC RfG	-	ang. Network Codes Requirements for Generators – specjalny certyfikat falowników potwierdzający ich jakość;
Nośnik ciepła	-	Substancja transportująca energię między źródłem jej wytworzenia a odbiorcą. W ciepłownictwie jest to najczęściej woda, która magazynuje energię cieplną;
Odnawialne Źródła Energii	-	Źródła energetyczne które uznaje się, za odnawialne i ekologiczne dla środowiska;
OPEX	-	Nakłady operacyjne poniesione na funkcjonowanie Demonstratora;
OptiRen	-	Oprogramowanie służące do sterowania, monitoringu i kontroli systemów przemysłowych;
OSD	-	Operator systemu dystrybucyjnego;
OZE	-	Odnawialne źródła energii;
Pakiet "Fit for 55"	-	To plan regulacji prawnych wypracowany przez parlament Unii Europejskiej który ma na celu ograniczenie gazów cieplarnianych o 55% do 2030r;

Paliwa konwencjonalne	-	surowce energetyczne które uznaje się za nie odnawialne takie jak: węgiel, ropa, gaz ziemny;
Podgrzewacz elektryczny	-	Urządzenie konwertujące energię elektryczną w ciepło;
Pompa ciepła	-	Urządzenie konwertujące energię cieplną z powietrza/gruntu/wody na energię cieplną możliwą do użycia w celach ciepłowniczych;
PORT PC	-	
PTES	-	Magazyn ciepła w formie zbiornika wodnego ulokowanego w gruncie. Magazyn może być sztuczny lub naturalny;
PV	-	skrót od modułów lub instalacji fotowoltaicznej;
REZ	-	Wartość rezydualna środków trwałych [PLN];
SCADA	-	ang. Supervisory Control And Data Acquisition - system informatyczny nadzorujący funkcjonowanie procesu technologicznego. Zbiera, archiwizuje, przetwarza i wizualizuje dane z procesu technologicznego;
Sieć niskoparametrowa	-	Sieć w której nośnik ciepła posiada stosunkowo niską temperaturę. W kontekście sieci ciepłowniczych jest to temperatura poniżej 115 °C;
Sieć preizolowana	-	sieć wykonana w technologii rur preizolowanych;
Sieć wysokoparametrowa	-	Sieć w której nośnik ciepła posiada stosunkowo wysoką temperaturę. W kontekście sieci ciepłowniczych jest to temperatura powyżej 115 °C;
Sonda gruntowa	-	Rura lub zestaw rur pozwalających na odbiór ciepła z gruntu;
SPEC-PEC	-	Nazwa zakładu energetyki ciepłej w mieście Kartuzy;
System ciepłowniczy	-	System oparty na rurociągach dostarczający ciepło;
System Demonstracyjny	-	Cześć lub cały system ciepłowniczy w zakresie dostaw ciepła dla klienta zostanie zastąpiony przez Demonstrator;
TGE	-	Towarowa Giełda Energii;
TRSYS	-	Program do symulacji funkcjonowania systemów energetycznych, głównie w dziedzinie wykorzystani źródeł odnawialnych;
TTES	-	ang. Tank Thermal Energy Storage – krótkoterminowy magazyn ciepła w postaci cylindrycznego zbiornika z wodą; ew. dobowy magazyn ciepła;
U-kształtne	-	Rura wygięta w kształcie litery "U";
Uprawnienia do emisji	-	Papier wartościowy pozwalający na emisję gazów cieplarnianych do atmosfery;
U-rurka	-	Potoczna nazwa na rurę U-kształtną;
VTTES	-	Magazyn ciepła zbudowany z wielu magazynów typu TTES;
Węzeł ciepłowniczy	-	Urządzenie konwertujące ciepło z sieci ciepłowniczej na ciepło w instalacji odbiorcy ciepła;
Węzeł dystrybucyjny	-	Inne określenie Demonstratora;
Węzeł grupowy	-	Węzeł ciepłowniczy dostarczający ciepła dla grupy odbiorców ciepła;
Wskaźnik LCOH	-	Uśredniony koszt ciepła obliczony dla Demonstratora Technologii dla okresu 25 lat eksploatacji [PLN/GJ];
Wskaźnik wykorzystania OZE	-	Udział Odnawialnych źródeł Energii w zaproponowanym rozwiązaniu technologicznym (Dalej zwanym „Demonstrator”) [%]/[-];
ZMAGAZYNI	-	Energia zużyta na potrzeby produkcji ciepła zmagazynowana wcześniej z źródeł OZE w magazynach energii cieplnej [MWh]/[GJ];

13 Spis ilustracji

Tab. 1-1 Najważniejsze parametry dwuźródłowych pomp ciepła	14
Tab. 1-2 Najważniejsze parametry modułów fotowoltaicznych	14
Tab. 1-3 Najważniejsze parametry Sezonowego magazynu ciepła	15
Tab. 1-4 Najważniejsze parametry krótkoterminowego magazynu energii.....	15
Tab. 1-5 Podstawowe parametry magazynu energii elektrycznej.....	15
Tab. 8-1 Wymagany pobór energii do funkcjonowania Demonstratora.....	55
Tab. 8-2 Wartości i rodzaj energii pobierany przez Demonstrator zgodny z trzema głównymi kryteriami wskaźnika OZE.....	55

14 Załączniki

(2022). Załącznik nr 1 *Wymagania Obligatoryjne, Konkursowe i Jakościowe.*

(2022). Załącznik nr 2 *karta charakterystyki JAM72S20-450MR.*

(2022). Załącznik nr 3 *karta charakterystyki Powercube+20HV031002.*

(2022). Załącznik nr 4 *karta charakterystyki unimoAWW.*

(2022). Załącznik nr 5 *Bilans energetyczny.*

(2022). Załącznik nr 6 *Szczegółowy opis Technologii Ciepłowni Przyszłości.*

(2022). Załącznik nr 7 - *Arkusze kalkulacyjny z zestawieniem danych liczbowych opisujących System Demonstracyjny.*