



PODSTAWOWE WYTYCZNE DO OKREŚLENIA WYMOGÓW TECHNICZNYCH I EKSPLOATACYJNYCH DLA INSTALACJI OZE



Opracowali:

Kierownik projektu: mgr inż. Jarosław Kotyza

Koordynator merytoryczny: mgr inż. Paulina Smaczna-Żmuda

Zespół:

mgr inż. Dominika Dawiec

dr inż. Wojciech Luboń

mgr inż. Przemysław Pachytel

dr inż. Grzegorz Pełka

mgr inż. Filip Kubik

Instytut Zrównoważonej Energii „Miękinia” sp. z o.o.

mgr inż. Dariusz Curyło

EgoTerm

mgr inż. Bogdan Szymański

Solgen Sp. z o.o.

mgr inż. Paweł Lachman

Polska Organizacja Rozwoju Technologii Pomp Ciepła PORT PC

1	STRESZCZENIE	5
2	SUMMARY	7
3	WSTĘP	9
4	TERMOMODERNIZACJA BUDYNKÓW	10
4.1	CELE I SŁOWNICZEK POJĘĆ	10
4.2	OPIS TECHNOLOGII: AUDYT ENERGETYCZNY I AUDYT EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ	12
4.3	WARUNKI TECHNICZNE I ŚWIADECTWO CHARAKTERYSTYKI ENERGETYCZNEJ	17
4.4	OCHRONA AWIFAUNY PODCZAS PRAC TERMOMODERNIZACYJNYCH	18
4.5	OCDPIENIE PRZEGRÓD	21
4.5.1	Ocdpienie ścian	21
4.5.2	Ocdpienie od zewnqtr	21
4.5.3	Dociepienie od wewnqtr	24
4.5.4	Dociepienie dachów, stropów pełnych i stropodachów	26
4.5.5	Wymiana okien i drzwi	29
4.6	KONTROLA POWYKONAWCZA	31
4.6.1	Termowizja	31
4.6.2	Badanie szczelności budynku	35
4.7	ZAPEWNIENIE PRAWIDŁOWEGO PRZEBIEGU PROCESU BUDOWLANEGO, JAKOŚCI WYKONANIA I MATERIAŁÓW BUDOWLANÝCH	36
4.8	ZASADY OPRACOWANIA SPECYFIKACJI ISTOTNYCH WARUNKÓW ZAMÓWIENIA (SIWZ)	37
4.8.1	Wytyczne do określenia wymogów technicznych w zakresie ociepleń	38
5	PODSTAWY TEORETYCZNE W ZAKRESIE URZĄDZEŃ OZE	42
5.1	POMPY CIEPŁA	42
5.1.1	Słowniczek pojęć	42
5.1.2	Opis technologii	44
5.1.3	Istotne aspekty dotyczące pomp ciepła typu powietrze/woda	49
5.2	KOLEKTORY SŁONECZNE	55
5.2.1	Słowniczek pojęć	55
5.2.2	Opis technologii	56
5.3	INSTALACJE FOTOWOLTAICZNE	63
5.3.1	Słowniczek pojęć	63
5.3.2	Opis technologii	65
5.3.3	Magazyny energii elektrycznej	71
5.4	KOTŁY NA PELLETY	76
5.4.1	Słowniczek pojęć	76
5.4.2	Opis technologii	76
6	PODSTAWOWE WYTYCZNE W ZAKRESIE WYMOGÓW TECHNICZNYCH DLA URZĄDZEŃ OZE	84
6.1	WYTYCZNE W ZAKRESIE WYMOGÓW TECHNICZNYCH DLA POMP CIEPŁA POWIETRZE-WODA DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ I PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ	84
6.2	WYTYCZNE W ZAKRESIE WYMOGÓW TECHNICZNYCH DLA POMP CIEPŁA POWIETRZE-WODA DO PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ	89
6.3	WYTYCZNE DO OKREŚLENIA WYMOGÓW TECHNICZNYCH DLA INSTALACJI Z KOLEKTORAMI SŁONECZNYMI DO PODGRZEWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ	91
6.4	WYTYCZNE DO OKREŚLENIA WYMOGÓW TECHNICZNYCH DLA INSTALACJI FOTOWOLTAICZNYCH	94
6.5	WYTYCZNE DO OKREŚLENIA WYMOGÓW TECHNICZNYCH DLA KOTŁÓW NA PELLETY DRZEWNE	98
7	PRZYKŁADOWE WYMAGANIA W ZAKRESIE SZCZEGÓŁOWYCH OPISÓW WARUNKÓW ZAMÓWIENIA	101
7.1	ZAŁOŻENIA	101

7.2	PRZYKŁADOWY OPIS PRZEDMIOTU ZAMÓWIENIA DLA POMP CIEPŁA TYPU POWIETRZE-WODA DO C.O. I C.W.U.....	102
7.3	PRZYKŁADOWY OPIS PRZEDMIOTU ZAMÓWIENIA DLA POMP CIEPŁA DO C.W.U.	105
7.4	PRZYKŁADOWY OPIS PRZEDMIOTU ZAMÓWIENIA DLA KOLEKTORÓW SŁONECZNYCH DO C.W.U.....	107
7.5	PRZYKŁADOWY OPIS PRZEDMIOTU ZAMÓWIENIA DLA KOTŁÓW NA PELLETY DO C.O. I C.W.U.	112
7.6	PRZYKŁADOWY OPIS PRZEDMIOTU ZAMÓWIENIA DLA INSTALACJI FOTOWOLTAICZNYCH	113
8	TYPOWE BŁĘDY SPOTYKANE W SPECYFIKACJACH WARUNKÓW ZAMÓWIENIA	122
8.1	TYPOWE BŁĘDY W SPECYFIKACJACH DLA POMP CIEPŁA DO CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ	122
8.2	TYPOWE BŁĘDY W SPECYFIKACJACH DLA POMP CIEPŁA TYPU POWIETRZE-WODA DO CELÓW OGRZEWANIA BUDYNKÓW I PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ	122
8.3	TYPOWE BŁĘDY W SPECYFIKACJACH DLA INSTALACJI Z KOLEKTORAMI SŁONECZNYMI DO CELÓW CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ	123
8.4	TYPOWE BŁĘDY W SPECYFIKACJACH DLA INSTALACJI FOTOWOLTAICZNYCH	123
8.5	TYPOWE BŁĘDY W SPECYFIKACJACH DLA KOTŁÓW NA PELLETY	124
9	PODSUMOWANIE.....	126
9.1	AKTUALNE KOSZTY OGRZEWANIA BUDYNKÓW I KALKULATOR KOSZTÓW OGRZEWANIA BUDYNKÓW POBE – III KWARTAŁ 2022 ROKU	128
9.2	ZNACZENIE POMPY CIEPŁA W UNIJNEJ POLITYCE KLIMATYCZNO-ENERGETYCZNEJ I W EUROPEJSKIM ZIELONYM ŁADZIE	131
10	SPIS ILUSTRACJI.....	135
10.1	FIGURY	135
10.2	TABELE	136

1 Streszczenie

Określenie i wprowadzanie efektywnych termodynamicznie rozwiązań w zakresie zapewniania ciepła w budynkach, ich izolacji i wykorzystania ekologicznych źródeł energii to działania istotne ze względu na dekarbonizację gospodarki i koncepcję zrównoważonego rozwoju. Koncepcje budynków energooszczędnych, niskoenergetycznych i pasywnych wspierają realizację polityki klimatycznej oraz wpływają na spadek bieżących kosztów użytkowania pomieszczeń. Zarówno ze względów ekologicznych, jak i ekonomicznych, korzystne jest przeprowadzanie termomodernizacji i inwestowanie w Odnawialne Źródła Energii (OZE) (np. montaż instalacji fotowoltaicznych - PV, pomp ciepła czy kotłów na biomasę) nie tylko w gospodarstwach domowych, ale również w przestrzeniach wykorzystywanych na potrzeby działalności przedsiębiorstw oraz budynków użyteczności publicznej.

Pierwotne opracowanie z roku 2018 było podzielone na trzy części:

- w pierwszej omówiono zagadnienia związane z funkcjonowaniem instalacji OZE (tj. pomp ciepła, kolektorów słonecznych, paneli fotowoltaicznych, kotłów na biomasę);
- w drugiej zestawiono wymagania w zakresie specyfikacji technicznej urządzeń oraz wskazano typowe błędy jakie najczęściej występują/pojawiają się w przygotowywanych specyfikacjach technicznych;
- w trzeciej części przygotowano przykładowe specyfikacje techniczne dla każdej z omówionych technologii (pomp ciepła, kolektory słoneczne, fotowoltaiki, kotły na biomasę).

Niniejsze opracowanie zostało wzbogacone o kompleksowy opis termomodernizacji (jako nowe zagadnienie nie związane z konkretnym urządzeniem - w osobnym rozdziale), znaczenie pomp ciepła w unijnej polityce klimatyczno-energetycznej oraz zaktualizowano informacje dotyczące parametrów technicznych urządzeń w oparciu o nowe technologie dostępne na rynku.

W instalacjach rozproszonych (mikroinstalacjach) wykorzystujących OZE w zakresie wytwarzania ciepła na cele ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej możemy wyróżnić systemy oparte o pompy ciepła, kolektory słoneczne oraz kotły stałopalne opalane biomasą. Natomiast w zakresie wytwarzania energii elektrycznej w oparciu o OZE przedstawiono technologię instalacji fotowoltaicznych.

W rozdziale 4 przedstawiono zagadnienia dotyczące termomodernizacji budynków. w przypadku audytów dotyczących modernizacji obejmującej zmniejszenie zapotrzebowania na ogrzewanie i przygotowanie ciepłej wody użytkowej, można opierać się na Ustawie Termomodernizacyjnej i związanym z nią Rozporządzeniem, ale w przypadkach modernizacji obejmujących szerszy zakres powinno się mówić o audycie efektywności energetycznej.

Audyt energetyczny (efektywności energetycznej) powinien być wykonany z myślą o konkretnym programie wspierającym termomodernizację, ze względu na wymagane kryteria, które znacząco się różnią.

W związku z występującym w niektórych przypadkach trwałym związaniem ptaków i nietoperzy z obiektami budowlanymi, w rozdziale 4.4. opisano ochronę awifauny podczas prac termomodernizacyjnych.

Istotnym elementem termomodernizacji jest ocieplenie przegród:

- ściany – możliwe straty do 40%, możliwe docieplenie od zewnątrz i wewnątrz;
- dachy, stropy – możliwe straty do 30%;

W rozdziale 4.5 zostały dokładnie opisane metody i materiały wykorzystywane do ociepleń.

Podstawą powykonawczej analizy cieplnej powinna być norma PN-EN 13187 – 2001-06 Właściwości cieplne budynku - Jakościowa detekcja wad cieplnych w obudowie budynku - Metoda podczerwieni, w której opisane są metody wykrywania wad cieplnych w budynku badaniami termicznymi.

Zasady opracowania Specyfikacji Istotnych Warunków Zamówienia (SIWZ) przedstawiono w rozdziale 4.8.

W rozdziale 5 przedstawiono podstawy teoretyczne urządzeń OZE: pomp ciepła, kolektorów słonecznych, instalacji fotowoltaicznych wraz z magazynami energii oraz kotłów na pellet.

Z istotnych aspektów dotyczących pomp ciepła, które pojawiły się w ostatnich latach i wpływają istotnie na wybór technologii urządzenia są:

- przepisy f-gazowe (monoblok lub split);
- zmiana mocy elektrycznych sprężarek (on/off lub inwerterowe);
- zastosowanie bufora ciepła.

W rozdziale 6 niniejszego opracowania przedstawiono podstawowe wytyczne w zakresie wymogów technicznych dla urządzeń OZE określając najważniejsze elementy i parametry, jakie powinny spełniać urządzenia. w porównaniu z dokumentem z roku 2018 przede wszystkim zaktualizowano rozporządzenia, normy oraz ustawy.

Rozdział 7 przedstawia przykładowe wymagania w zakresie opisów warunków zamówienia na podstawie założeń obejmujących miejsce instalacji, wielkość budynku, użytkowanie budynku oraz warianty prac termomodernizacyjnych.

Rozdział 8 zawiera przykładowe błędy spotykane w specyfikacjach warunków zamówienia.

W odniesieniu do wszystkich planowanych instalacji OZE niezależnie od ich typu ważne jest właściwe przeprowadzenie fazy projektowo-przygotowawczej, która umożliwia właściwe zinventaryzowanie zapotrzebowania na energię, jak i dobór odpowiedniej technologii i mocy stosowanych urządzeń. Dokładne określenie oczekiwanych parametrów pracy instalacji, zapotrzebowania na energię, warunków dotyczących pracy instalacji (np. nasłonecznienie, warunki hydrogeologiczne, itp.) pozwoli na taki jej dobór, aby efektywnie wykorzystać pozyskaną energię ze źródeł odnawialnych.

2 Summary

The identification and introduction of thermodynamically efficient solutions for heat provision in buildings, their insulation and the use of green energy sources are important measures in view of the decarbonisation of the economy and the concept of sustainable development. Energy-efficient, low-energy and passive building concepts support the implementation of climate policy and contribute to a reduction in running costs. For both ecological and economic reasons, it is advantageous to carry out thermal modernisation and invest in renewable energy sources (RES) (e.g. installation of photovoltaic - PV - systems, heat pumps or biomass boilers) not only in households, but also in spaces used for business and public buildings.

The original 2018 study was divided into three parts:

- The first discusses issues related to the operation of RES installations (i.e. heat pumps, solar collectors, photovoltaic panels, biomass boilers);
- The second summarises the technical specification requirements for the equipment and identifies typical errors that most frequently occur/occur in the preparation of technical specifications;
- The third section prepares sample technical specifications for each of the technologies discussed (heat pumps, solar collectors, photovoltaics, biomass boilers).

The present study has been enriched with a comprehensive description of thermo-modernisation (as a new issue not related to a specific appliance - in a separate chapter), the importance of heat pumps in the EU climate and energy policy and updated information on the technical performance of appliances based on new technologies available on the market.

In distributed installations (micro-installations) using RES for heat generation for heating and domestic hot water preparation, we can distinguish systems based on: heat pumps, solar collectors and biomass-fired solid fuel boilers.

On the other hand, in terms of RES-based electricity generation, photovoltaic plant technology is presented.

Chapter 4 presents issues relating to the thermal modernisation of buildings. In the case of audits relating to modernisation involving reductions in heating and hot water demand, the Thermo-modernisation Act and the associated Ordinance can be relied upon, but in cases of modernisation involving a wider scope it should be referred to as an energy efficiency audit.

An energy (energy efficiency) audit should be carried out with a specific programme supporting thermo-modernisation in mind, due to the required criteria, which vary considerably.

Due to the permanent association of birds and bats with building structures, which occurs in some cases, the protection of avifauna during thermal upgrading works is described in section 4.4.

An important element of thermal-modernisation is the insulation of partitions:

- Walls - possible loss up to 40%, possible insulation from outside and inside;
- roofs, ceilings - possible loss up to 30%;

Chapter 4.5 describes in detail the methods and materials used for insulation.

The basis for the as-built thermal analysis should be PN-EN 13187 - 2001-06 Thermal performance of a building - Qualitative detection of thermal defects in the building envelope - Infrared method, which describes methods for detecting thermal defects in a building by thermal testing.

The rules for drafting the Terms of Reference are set out in section 4.8.

Chapter 5 presents the theoretical background of RES devices: heat pumps, solar collectors, photovoltaic systems with energy storage and pellet boilers.

Aspects concerning heat pumps that have emerged in recent years and significantly influence the choice of appliance technology are:

- f-gas regulations (monoblock or split);
- changing the power of electric compressors (on/off or inverter);
- use of a heat buffer.

Chapter 6 of this study presents the basic guidelines for the technical requirements for RES devices, specifying the most important elements and parameters that the devices should meet. Compared to the 2018 document, mainly regulations, standards and laws have been updated.

Chapter 7 provides examples of requirements for contract descriptions based on assumptions including installation location, building size, building use and options for thermal upgrading work.

Chapter 8 contains examples of errors encountered in contract specifications.

With regard to all planned RES installations, irrespective of their type, it is important to properly conduct the design and preparation phase, which allows for the proper inventory of energy needs as well as the selection of appropriate technology and capacity of the equipment used. Accurate determination of the expected operating parameters of the installation, energy demand and the conditions for the operation of the installation (e.g. insulation, hydrogeological conditions, etc.) will allow for its selection in such a way as to make efficient use of the acquired energy from renewable sources.

3 Wstęp

Dokument powstał jako realizacja działania C5 projektu LIFE-IP EKOMALOPOLSKA „Wdrażanie Regionalnego Planu Działań dla Klimatu i Energii dla województwa małopolskiego” (LIFE-IP EKOMALOPOLSKA/LIFE19 IPC/PL/000005) dofinansowanego ze środków programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Powyższe opracowanie przedstawia wyłącznie poglądy autorów, a Komisja Europejska nie ponosi odpowiedzialności za żadne ewentualne wykorzystanie zawartych w nim informacji.

Niniejsze opracowanie zostało przygotowane na podstawie umowy pomiędzy Urzędem Marszałkowskim Województwa Małopolskiego, a Instytutem Zrównoważonej Energii „Miękinia” sp. z o.o. jako potrzeba aktualizacji dokumentu z roku 2018. Dokument został rozszerzony o tematykę termomodernizacji oraz magazynów energii elektrycznej i ciepłej. Dynamiczny rozwój przedstawionych technologii wykorzystania odnawialnych źródeł energii oraz różnorodna oferta rynku wykorzystywanych technologii wymusza konieczność doboru w zależności od indywidualnych potrzeb inwestora. Wiąże się to z koniecznością usystematyzowania wymogów jakie powinny zostać postawione potencjalnym wykonawcom instalacji.

Opracowanie ma na celu uhierarchizowanie zapisów jakie powinny się znaleźć w opisach przedmiotu zamówienia w zakresie specyfikacji technicznej urządzeń, a tym samym usprawnić wdrażanie Regionalnego Planu Działań dla Klimatu i Energii dla województwa małopolskiego, unijnej polityki klimatyczno-energetycznej, Europejskiego Zielonego Ładu oraz zapewnić osiągnięcie maksymalnych efektów. Powyższe elementy powinny zostać opisane jak najbardziej precyzyjnie przy zachowaniu zasady równości, uczciwej konkurencji i jawności postępowania o udzielenie zamówienia publicznego.

Ponieważ instalacje OZE będą realizowane na terenie całego województwa małopolskiego przez szereg samorządów, intencją autorów było przygotowanie uniwersalnego opracowania wymogów w zakresie specyfikacji technicznej urządzeń, które pomoże w przygotowaniu opisów zamówienia niezależnie od lokalizacji oraz typu instalacji.

Przedstawione opracowanie ma charakter poglądowy, nie może być jedynym źródłem wiedzy na temat tworzenia kryteriów i zasad wyłaniania wykonawców instalacji oraz dostawców urządzeń.

4 Termomodernizacja budynków

4.1 Cele i słowniczek pojęć

Pojęcie termomodernizacji jest rozumiane intuicyjnie, niestety w bardzo różny sposób i prawie zawsze odmiennie niż definicja podana w tzw. Ustawie Termomodernizacyjnej¹, która jest najstarszym aktem prawnym w Polsce wprowadzającym pojęcie przedsięwzięcia termomodernizacyjnego oraz pojęcie audytu energetycznego. Przez ponad dwie dekady funkcjonowania tej Ustawy, używane pojęcia utrwaliły się w języku branżowym. w szczególności pojęcie audytu energetycznego na trwale wpisało się w obszar planowania inwestycji modernizacyjnych w budynkach, a także nabrało szczególnego znaczenia wraz z uruchomieniem krajowych i unijnych środków wspierających modernizację budynków. Wraz z upływem czasu pojawiły się także inne pojęcia bliskie audytowi energetycznemu, umocowane prawnie lub nie, a także pojęcia mogące być źródłem nieporozumień lub błędów.

W Tabeli 1 przedstawiono różne terminy związane z audytem energetycznym w podziale na umocowane prawnie, stosowane i niepoprawne (por. objaśnienia pod tabelą).

Tabela 1 Audyty - pojęcia.

TERMIN	POPRAWNY	NIEPOPRAWNY
UMOCOWANY PRAWNIE	Audyt energetyczny (budynku) Audyt (energetyczny) sieci ciepłowniczej Audyt (energetyczny) źródła ciepła Audyt efektywności energetycznej Audyt energetyczny przedsiębiorstwa Audit energetyczny	
STOSOWANY, CHOĆ NIEUMOCOWANY PRAWNIE	Audyt oświetleniowy	Audyt termomodernizacyjny

- **Audyt energetyczny (budynku)** – termin wprowadzony przez Ustawę Termomodernizacyjną i związane z nią Rozporządzenie², razem z terminami **audyt (energetyczny) sieci ciepłowniczej** oraz **audyt (energetyczny) źródła ciepła**. Zgodnie z tymi aktami prawnymi:
 - **Audyt energetyczny** - opracowanie określające zakres oraz parametry techniczne i ekonomiczne przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, ze wskazaniem rozwiązania optymalnego, w szczególności z punktu widzenia

¹ Ustawa z dnia 21 listopada 2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów.

² Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 r. w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego z późniejszymi zmianami.

kosztów realizacji tego przedsięwzięcia oraz oszczędności energii, stanowiące jednocześnie założenia do projektu budowlanego.

- **Przedsięwzięcie termomodernizacyjne** – przedsięwzięcie, którego przedmiotem jest ulepszenie, w wyniku którego następuje zmniejszenie zapotrzebowania na energię dostarczaną na potrzeby ogrzewania budynku i podgrzewania ciepłej wody użytkowej.
- **Audyt efektywności energetycznej** – termin wprowadzony przez Ustawę o efektywności energetycznej³. w odniesieniu do budynku jest to audyt o szerszym zakresie niż audyt energetyczny budynku określony przez Ustawę Termomodernizacyjną, obejmuje także obszary energii związane np. z oświetleniem i klimatyzacją oraz energię wykorzystywaną w procesie technologicznym, produkcyjnym, energetycznym, telekomunikacyjnym lub informatycznym oraz w procesach pomocniczych z nimi związanych. w przypadku budynków użyteczności publicznej typowym obszarem zużycia energii, który powinien być włączony w zakres audytu efektywności energetycznej jest oświetlenie, klimatyzacja i chłód, energia pomocnicza oraz energia do napędu urządzeń (np. windy) wraz z energią zasilającą urządzenia biurowe.
- **Audyt energetyczny przedsiębiorstwa** – termin wprowadzony przez Ustawę o efektywności energetycznej⁴. Jest to audyt mający charakter sprawozdawczy. Jest on obowiązkowy dla dużych firm w rozumieniu Ustawy Prawo Przedsiębiorców i powinien być składany co 4 lata na podstawie aktualnych danych dotyczących zużycia energii i ma zwierać szczegółowy przegląd zużycia energii w budynku, w instalacjach przemysłowych oraz w transporcie, odpowiadających łącznie za co najmniej 90% całkowitego zużycia energii przez to przedsiębiorstwo.
- **Audyt oświetleniowy** – akty prawne nie definiują tego pojęcia, nie mniej jest ono dość często używane i pozwala określić potencjał oszczędności związany z oświetleniem. w celu sprecyzowania zakresu audytu oświetleniowego można wykorzystać zapisy⁵ Ustawy o efektywności energetycznej, par. 5 ust. 2 pkt 2).
- **Audit energetyczny** – pojęcie wprowadzone normami PN-EN 16247-1:2012, PN-EN 16247-2:2014-06 i PN-EN 16247-4:2014-06. Przedmiotem tych norm są audyty energetyczne rozumiane jako proces, a nie opracowanie. Norma może stać się dokumentem obowiązującym przez przywołanie w przepisach lub przez przyjęcie w warunkach przetargu, konkursu czy programu. Zalecenie stosowania tej normy zawiera Dyrektywa 2012/27/UE z 25 października 2012 r. w sprawie efektywności energetycznej.
- **Audyt termomodernizacyjny** – pojęcie niezdefiniowane w żadnym akcie prawnym, a ponadto niejednoznaczne, ponieważ pojęcie „termomodernizacja” jest rozumiane

³ Ustawa o efektywności energetycznej z dnia 20 maja 2016 r. z późniejszymi zmianami.

⁴ Tamże.

⁵ Tamże.

różnorodnie. Stosowanie tego pojęcia wymagałoby precyzyjnego zdefiniowania obszarów energii, których modernizacja jest „termomodernizacją”, przy czym obszarami dla których najłatwiej o nieporozumienie jest modernizacja wentylacji i systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej.

- **Zyski bytowe** - ciepło emitowane przez urządzenia i ludzi przebywających w budynku.
- **Zyski słoneczne** - wynik efektu szklarniowego w każdym pomieszczeniu (promieniowanie słoneczne przenikające przez szyby zamienia się wewnątrz na ciepło)

Wytyczne do SIWZ

W przypadku audytów dotyczących modernizacji obejmującej zmniejszenie zapotrzebowania na ogrzewanie i przygotowanie ciepłej wody użytkowej, można opierać się na Ustawie Termomodernizacyjnej i związanym z nią Rozporządzeniem⁶, ale w przypadkach modernizacji obejmujących szerszy zakres powinno się mówić o audycie efektywności energetycznej⁶.

4.2 Opis technologii: audyt energetyczny i audyt efektywności energetycznej

Audyt energetyczny⁶ (audyt efektywności energetycznej⁷) jest niezbędnym opracowaniem do uzyskania dofinansowania inwestycji w dziedzinie oszczędzania energii. Różne instytucje przeznaczają środki finansowe na wsparcie inwestycji, które mają uzasadnienie ekologiczne, techniczne i ekonomiczne, a celem audytu jest wskazanie takiego zakresu prac, który spełniają określone wymagania. Audytem energetycznym nazywamy więc ekspertyzę dotyczącą realizacji przedsięwzięć zmniejszających zapotrzebowanie na energię w różnych obszarach, zawierającą zalecenie zamkniętego zestawu przedsięwzięć wraz z określeniem ich opłacalności. w audycie wyliczane są oszczędności energii i kosztów eksploatacyjnych oraz nakłady inwestycyjne.

Proces wykonywania audytu energetycznego budynku można podzielić na kilka etapów:

- **Analiza aktualnego stanu budynku** - weryfikacja przyjętych parametrów. w tym etapie określone są koszty energii w warunkach obliczeniowych, które są poziomem odniesienia dla proponowanych przedsięwzięć termomodernizacyjnych. Ustalana jest sprawność systemu grzewczego oraz zapotrzebowanie na ciepło w standardowym sezonie grzewczym. Na sprawność całego systemu ogrzewania wpływa szereg cząstkowych parametrów, które zależą m.in. od rodzaju źródła ciepła i sposobu jego

⁶ Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 r. w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego z późniejszymi zmianami.

⁷ Ustawa o efektywności energetycznej z dnia 20 maja 2016 r. z późniejszymi zmianami.

wykorzystania, usytuowania i rodzaju grzejników, sposobu regulacji i sterowania systemem grzewczym, wielkości strat przy przesyłaniu ciepła. Aby obliczyć zapotrzebowanie na energię grzewczą konieczne jest stworzenie szczegółowego bilansu strat i zysków ciepła. Ilość ciepła traconego przez przegrody zależy głównie od pola powierzchni przegród, ich właściwości termoizolacyjnych oraz różnicy temperatur pomiędzy powietrzem zewnętrznym i wewnętrznym. Na podstawie projektu, obmiarów lub badań ustalane są niezbędne parametry dla ścian, stropodachu, podłogi na gruncie, a także okien i drzwi zewnętrznych. Wielkość strat ciepła związanych z podgrzewaniem powietrza wentylacyjnego zależy głównie od ilości wymianianego powietrza i systemu wentylacji. z kolei zyski ciepła, będące składnikiem bilansu, możemy podzielić na słoneczne i bytowe. Zyski słoneczne są wynikiem efektu szklarniowego w każdym pomieszczeniu (promieniowanie słoneczne przenikające przez szyby zamienia się wewnątrz na ciepło). Aby je obliczyć dla wszystkich okien ustalana jest orientacja, zacinienie i zdolność przepuszczania promieniowania. Na podstawie lokalizacji obiektu określone są wieloletnie średnie wartości natężenia promieniowania słonecznego. Zyski bytowe uwzględniają ciepło emitowane przez urządzenia i ludzi przebywających w budynku. Na tym etapie określone są przyczyny nadmiernego zużycia energii i dokonuje się ogólnej oceny stanu technicznego budynku, jego urządzeń i instalacji;

- **Weryfikacja przyjętych parametrów** - porównanie rzeczywistego zużycia energii w poprzednich sezonach grzewczych z zużyciem obliczeniowym przy założeniu warunków meteorologicznych panujących w porównywanych okresach. Jeśli przyjęty model cieplny budynku (wraz z systemem grzewczym) nie odpowiada rzeczywistości dokonywane są odpowiednie korekty, a w razie potrzeby dodatkowe badania, odkrywki, pomiary itp. Etap weryfikacji często jest pomijany lecz wpływa na rzetelność audytu. w przypadku gdy audyt ma być wykorzystany w programie wspierającym termomodernizację, w którym przewidziana jest weryfikacja efektu energetycznego w oparciu o planowane pomiary energii, ten etap nabiera zasadniczego znaczenia dla rozliczenia efektu końcowego jakim jest raportowanie osiągniętych wskaźników energetycznych i ekologicznych. Audyty pozbawione etapu weryfikacji przyjętych parametrów mogą prowadzić do znacznych rozbieżności pomiędzy wynikami obliczeniowymi, a rzeczywistym zużyciem energii, a w konsekwencji do zaplanowania nierealnych oszczędności energii po realizacji termomodernizacji. Poniżej zamieszczono fragment z podsumowania raportu NIK z 2018 roku pn. *Efekty termomodernizacji wielorodzinnych budynków mieszkalnych będących w zasobach spółdzielni mieszkaniowych, realizowanej z udziałem środków publicznych*. Kontrola obejmowała: Bank Gospodarstwa Krajowego, przyznający premie termomodernizacyjne (Ustawa Termomodernizacyjna), wojewódzkie fundusze ochrony środowiska i gospodarki wodnej udzielające dofinansowania m.in. w formie pożyczki przyznanej na preferencyjnych warunkach z możliwością częściowego umorzenia, Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej - dofinansowanie w formie kredytów, pożyczek i dotacji w ramach programów

priorytetowych, – urzędy marszałkowskie – pomoc w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego:

„Efektem termomodernizacji budynków mieszkalnych powinno być ograniczenie zużycia energii cieplnej, a w konsekwencji zmniejszenie opłat z tytułu jej zakupu oraz redukcja emisji gazów cieplarnianych. Kontrola NIK wykazała, że skutkiem przeprowadzonej termomodernizacji 354 wielorodzinnych budynków mieszkalnych, będących w zasobach kontrolowanych spółdzielni mieszkaniowych było obniżenie zużycia energii, jednak w wymiarze o 42% niższym od zaplanowanego w audytach energetycznych. Na taki stan wpływ miały m.in. niewłaściwie sporządzone audyty energetyczne, zawyżające zakładane efekty oszczędnościowe, (...), a także brak przeprowadzenia regulacji systemów ogrzewania w budynkach, w celu dostosowania ich do zmniejszonego poboru ciepła.”

O czym należy pamiętać ?

Jakość audytów energetycznych często pozostawia wiele do życzenia. Wynika to z faktu, że w obowiązujących aktach prawnych nie ma żadnych wymagań co do osób, które mogą wykonywać audyty. Wiele instytucji prowadzących nabory wprowadza weryfikację audytów we własnym zakresie lub w oparciu o zewnętrznych ekspertów.

- **Przegląd możliwych usprawnień** – propozycje możliwych do zrealizowania przedsięwzięć termomodernizacyjnych np. docieplenie ścian, stropodachu, podłóg, uszczelnienie lub wymiana okien i drzwi, modernizacja systemu wentylacji itd. w audycie proponowane są konkretne rozwiązania, dobrane w oparciu o znajomość rynku i fachową wiedzę. Należy tu zaznaczyć, że audytorzy nie powinni być związani z żadną firmą oferującą materiały czy usługi budowlane, co ma zapewnić im niezależność w podejmowaniu decyzji. Korzystając z oferty rynkowej lub/i kosztorysów ustalany jest koszt każdego przedsięwzięcia;
- **Obliczenie efektu energetycznego, ekologicznego i ekonomicznego** - jest to kluczowy element audytu. Oszczędność ekonomiczna, czyli różnica w opłatach za ogrzewanie przed i po zrealizowaniu usprawnienia wpływa na rentowność inwestycji;
- **Analiza ekonomiczna i określenie zalecanego zakresu prac** - komplet przedsięwzięć zalecanych do realizacji. w oparciu o odpowiednie formuły ekonomiczne obliczane są wskaźniki, które mogą być wykorzystane jako kryteria opłacalności. Najczęściej stosowane jest najprostsze z kryteriów, okres zwrotu nakładów, który wskazuje okres czasu po jakim zwrócą się koszty inwestycji i przedsięwzięcie zacznie przynosić korzyści.

Wytyczne do SIWZ

W przypadku gdy po zakończeniu termomodernizacji planowana jest weryfikacja efektu energetycznego w oparciu o pomiary energii, to audyt musi być zweryfikowany pod względem zgodności pomiędzy wynikami obliczeniowymi, a rzeczywistym zużyciem energii. W przeciwnym razie może audyt prowadzić do zaplanowania nierealnych oszczędności energii po realizacji termomodernizacji, które będą znacząco różne od efektu końcowego.

Wsparcie procesów modernizacji budynków prowadzone jest przez różne instytucje z wykorzystaniem funduszy unijnych i krajowych, poprzez konkursy i nabory do których mogą aplikować właściciele, użytkownicy lub zarządcy budynków. w większości instytucji wymagany jest audyt energetyczny (audyt efektywności energetycznej), a kryteria naboru są bardzo różne.

W poniższej tabeli przedstawiono przykładowe warunki i kryteria programów lub naborów prowadzonych przez różnych instytucje, które wspierają działania modernizacyjne w budynkach.

Tabela 2

Przykładowe kryteria w programach wspierających modernizację budynków.

Instytucja/Program	Zakres modernizacji	Ważne kryteria	Weryfikacja audytu	Weryfikacja efektów energetycznych i ekologicznych po realizacji prac
Ustawa Termomodernizacyjna	Przegrody + ogrzewanie + cwu +/- PV	25 % oszczędności energii końcowej	TAK	NIE
Urzędy Marszałkowskie (przykład)	Przegrody + ogrzewanie + cwu + PV + oświetlenie	25 % efektywność energetyczna (i dodatkowe punkty za wyższe progi efektywności), redukcja CO ₂	TAK	NIE
WFOŚiGW (przykład)	Przegrody + ogrzewanie + cwu + PV + oświetlenie	Zmniejszenie energii pierwotnej, konieczna modernizacja źródła ciepła	TAK	TAK
NFOŚiGW (przykład)	Przegrody + ogrzewanie + cwu + PV + oświetlenie + energia pomocnicza	25% efektywności energetycznej, redukcja CO ₂ , okres zwrotu nakładów	TAK	TAK
UMK - Termomodernizacja	Przegrody	25% oszczędność energii użytkowej, konieczna modernizacja źródła ciepła	TAK	NIE
Czyste Powietrze	Przegrody + ogrzewanie + cwu (+ PV)	Kryterium dochodowe	NIE	NIE

Jak widać na przykładach (Tabela 2) zakresy modernizacji, a zwłaszcza wymagane kryteria energetyczne mogą się bardzo różnić w zależności od programu i mogą to być np. wymagania dot. stopnia redukcji energii użytkowej lub końcowej lub pierwotnej, redukcja CO₂, bądź wymagania ekonomiczne, a nawet wymagania warunkujące dofinansowanie docieplenia przegród w zależności od źródła ciepła. w niektórych naborach wnioskodawca może uzyskać dodatkowe punkty lub wyższy poziom dofinansowania za zastosowanie OZE. Biorąc pod uwagę powyższe, dla danego budynku staje się problematyczne opracowanie jednego uniwersalnego audytu nadającego się do aplikowania do każdego programu lub naboru.

4.3 Warunki techniczne i świadectwo charakterystyki energetycznej

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie⁸, od 31 grudnia 2020 roku obowiązują maksymalne wartości współczynników przenikania ciepła dla przegród budowlanych, które zostały poddane przebudowie⁹. Wartości zostały podane w Załączniku Nr 2 do Rozporządzenia, a najważniejsze z nich przedstawia Tabela 3.

Tabela 3 WT 2021 – przykładowe wymagania dot. współczynnika przenikania ciepła.

Lp.	Rodzaj przegrody	Współczynnik przenikania ciepła [W/(m ² *K)] Wartość maksymalna
1	Ściany zewnętrzne (przy temp. wewnętrznej co najmniej 16°C)	0,20
2	Stropy, stropodachy, dachy pod nieogrzewanymi poddaszami (przy temp. wewnętrznej co najmniej 16°C)	0,15
3	Podłogi na gruncie (przy temp. wewnętrznej co najmniej 16°C)	0,30
4	Okna (z wyjątkiem okien połaciowych), drzwi balkonowe i powierzchnie przeszklone nieotwieralne (przy temp. wewnętrznej co najmniej 16°C)	0,9
5	Okna połaciowe (przy temp. wewnętrznej co najmniej 16°C)	1,1
6	Drzwi w przegrodach zewnętrznych	1,3

Wytyczne do SIWZ

Wszystkie przegrody po modernizacji powinny spełniać wymagania dot. maksymalnej wartości współczynnika przenikania ciepła.

Zgodnie z art. 14.2 Ustawy o charakterystyce energetycznej budynków¹⁰, jeżeli w wyniku przeprowadzonych robót budowlano-instalacyjnych uległa zmianie charakterystyka energetyczna budynku lub części budynku, to obowiązkowe m.in. dla budynków użyteczności publicznej świadectwo energetyczne traci ważność. Sytuacja taka ma miejsce w wyniku przeprowadzenie prac termomodernizacyjnych w budynku.

Wytyczne do SIWZ

Po przeprowadzeniu termomodernizacji należy wykonać aktualne świadectwo charakterystyki energetycznej.

⁸ Obwieszczenie Ministra Inwestycji i Rozwoju z dnia 8 kwietnia 2019 r. Tekst jednolity.

⁹ tamże, par. 328.1a

¹⁰ Ustawa z dnia 29 sierpnia 2014 r. o charakterystyce energetycznej budynków.

4.4 Ochrona awifauny podczas prac termomodernizacyjnych

Ptaki i nietoperze są trwale związane z obiektami budowlanymi. Choć tylko niektóre z nich zamieszkują w budynkach, to wszystkie są objęte ochroną prawną. Chronionych gatunków ptaków i nietoperzy nie wolno:

- zabijać lub okaleczać,
- płoszyć lub niepokoić,
- niszczyć ich siedlisk, tj. miejsc rozrodu, wychowu młodych, schronień (na czas dnia i w trakcie zimy),
- utrudniać dostępu do nich (z wyjątkiem gołębia miejskiego, którego siedliska i gniazda podlegają ochronie tylko w trakcie obecności piskląt w gnieździe).

Naruszenie tych zakazów bez odpowiedniego zezwolenia lub wbrew jego warunkom jest wykroczeniem i podlega karze grzywny, a nawet aresztu.

Gatunki ptaków najczęściej gniazdujące na i w budynkach:

- oknówka (lęgi: kwiecień/maj – sierpień),
- jerzyk (lęgi: maj – sierpień),
- wróbel, mazurek (obecność: cały rok, lęgi: marzec – sierpień),
- pustułka (obecność: cały rok, lęgi: marzec/kwiecień – lipiec),
- kawka (obecność: cały rok, lęgi: marzec/kwiecień – czerwiec),
- gołąb miejski (obecność i lęgi: cały rok).

Nietoperze w budynkach:

- kolonie rozrodne: mroczek późny, nocki, karliki,
- zimowanie: borowiec wielki, mroczek posrebrzany, mroczek późny, karliki.

Wykorzystywane miejsca:

- stropodach: jerzyk, kawka, wróbel, gołąb miejski, nietoperze (zima),
- szczeliny w elewacji: jerzyk, wróbel, mazurek, nietoperze (zima),
- miejsca związane z rurami spustowymi: jerzyk, wróbel, gołąb miejski,
- strych: gołąb miejski, nietoperze (lato),
- wnęki balkonowe i okienne: oknówka, gołąb miejski, pustułka.

Za czynną ochroną ptaków i nietoperzy przemawiają zapisy ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (tekst jednolity Dz.U. 2020, poz. 1333, ze zm.) Art. 5. 1. oraz Art. 75 ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (tekst jednolity Dz.U. 2020, poz. 1219). w myśl ustawy Prawo budowlane, obiekt budowlany, jako całość oraz jego poszczególne części, należy projektować w sposób określony w przepisach tego prawa oraz prawa ochrony środowiska. Zapis ten wymaga m.in., aby wszystkie projektowane obiekty budowlane oraz projektowane remonty były poprzedzone badaniami pozwalającymi na określenie występowania na danej powierzchni zwierząt (ptaków) objętych ochroną gatunkową. Rozpoznanie występujących na danym obszarze ptaków i nietoperzy prawnie chronionych ma na celu takie planowanie i przeprowadzenie prac budowlanych, aby w trakcie ich realizacji nie doszło do wyrządzenia szkody przyrodniczej. z braku alternatywy prawo dopuszcza

wykorzystanie i przekształcanie elementów przyrodniczych tylko w takim zakresie, w jakim jest to konieczne. w sytuacji, gdy podczas remontu obiektu budowlanego względy bezpieczeństwa oraz względy sanitarne nie pozwalają na pełną ochronę ptaków i nietoperzy, inwestor jest zobowiązany do uzyskania zgody organu do spraw ochrony przyrody na odstąpienie od zakazów oraz naprawienie wyrządzonych szkód w środowisku poprzez tzw. kompensację przyrodniczą. Uzyskanie zgody na odstąpienie od zakazu np. usuwania gniazd ptasich z obiektów budowlanych lub terenów zieleni, wymaga złożenia stosownego wniosku do Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska (RDOŚ) lub do Generalnego dyrektora Ochrony Środowiska (GDOŚ).

Inwestycje wymagające opinii ornitologicznej i chiropterologicznej to m.in. remont budynku i termomodernizacja budynku. w ramach opinii należy dokonać oceny występowania na danym obiekcie (oraz na danym obszarze), chronionych prawem ptaków i nietoperzy. Ekspertyzę ornitologiczną przeprowadza ekspert od ptaków zwany ornitologiem, zaś ekspertyzę chiropterologiczną przeprowadza ekspert od nietoperzy, zwany chiropterologiem. Ekspertyza ornitologiczna i chiropterologiczna jest opracowaniem obejmującym wyniki obserwacji ptaków i nietoperzy na obiekcie przeznaczonym do remontu lub termomodernizacji, a podstawę opracowania opinii ornitologicznej i chiropterologicznej stanowią bezpośrednio, przeprowadzone na gruncie, obserwacje obiektów budowlanych przeznaczonych do remontu czy termomodernizacji. Obserwacja ptaków powinna być przeprowadzona w terminie spodziewanego zasiedlania miejsc gniazdowania ptaków, tj. w drugiej połowie kwietnia i w drugiej połowie maja. w przypadku, gdy termomodernizacja ma być wykonana w okresie jesienno-wiosennym, obserwację można przeprowadzić wiosną poprzedzającą remont. Natomiast, jeżeli prace są planowane na okres od 1 kwietnia do 31 sierpnia danego roku, to obserwacje ptaków należy przeprowadzić wiosną roku poprzedniego. w szczególnych przypadkach obserwacje ptaków mogą być prowadzone w innych terminach, z zachowaniem zasady, że w danym obiekcie, przy stwierdzonej liczbie i rodzaju potencjalnych schronień występuje maksymalne zasiedlenie przez ptaki i nietoperze. z uwagi na fakt, że nietoperze mogą przebywać w swoich schronieniach przez cały rok, jak i to, że mogą zmieniać swoje schronienie, zaleca się, aby przed rozpoczęciem inwestycji, obiekt przeznaczony do remontu (termomodernizacji) był poddany szczegółowej kontroli występowania nietoperzy i zabezpieczenia szczelin, otworów mogących uchodzić za miejsca schronienia nietoperzy.

Ekspertyza ornitologiczna i chiropterologiczna (opinia) składa się z dokumentacji graficznej, fotograficznej oraz dokumentacji opisowej. Część graficzna i fotograficzna obejmuje:

- szkice obiektu, np. ściany budynku z naniesionymi miejscami występowania ptaków i nietoperzy,
- zdjęcia analogowe obiektów – ścian budynku z naniesionymi farbą miejscami występowania ptaków i nietoperzy, zdjęcia dachu i poddasza.

W części opisowej ekspertyzy ornitologicznej obejmującej inwentaryzację ptaków i nietoperzy w ujęciu tabelarycznym, inwestor powinien znaleźć odpowiedź na pytania:

- jakie gatunki ptaków i nietoperzy oraz w jakiej ilości występują na danym obiekcie;

- w jakim terminie można przeprowadzić termomodernizację (remont budynku) budynku;
- jakie metody zabezpieczeń należy zastosować na obiekcie, na którym zlokalizowano gniazdujące ptaki chronione i nietoperze, aby ryzyko wyrządzenia szkody w środowisku było minimalne;
- jakie zabiegi kompensacyjne należy wykonać w trakcie remontu, termomodernizacji budynku, aby zrównoważyć przypuszczalnie wyrządzone szkody w środowisku ptaków i nietoperzy;
- określenie terminu wykonania termomodernizacji obiektu (bądź innych prac budowlanych na istniejącym obiekcie budowlanym).

Zgodnie z obowiązującymi przepisami prawa ochrony środowiska, najbardziej bezpiecznym terminem wykonania prac termomodernizacyjnych i innych prac budowlanych, z punktu widzenia ochrony ptaków i nietoperzy, jest okres pozalęgowy, przypadający na czas od 16 października do końca lutego następnego roku. Zaleca się, aby w tym okresie wykonać prace uniemożliwiające wiosną dostęp ptaków i nietoperzy do wszelkiego rodzaju szczelin, które znajdują się na budynku. w szczególnie uzasadnionych przypadkach, prace zabezpieczające na budynku można wykonać w trakcie sezonu lęgowego, ale tylko pod nadzorem ornitologa. w przypadku, gdy prace termomodernizacyjne wykonywane są w okresie od 1 marca do 15 października, a więc w okresie lęgowym, inwestor zobowiązany jest do sporządzenia opinii ornitologicznej i przedłożenia tej opinii Regionalnemu Dyrektorowi Ochrony Środowiska w celu uzyskania zgody na niszczenie siedlisk i gniazd gatunków chronionych. w przypadku, gdyby prace termomodernizacyjne miałyby się rozpocząć w okresie do połowy października i wiązałyby się z koniecznością usuwania gniazd ptaków, wówczas na usuwanie pustych gniazd z budynku należy również uzyskać zgodę Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska.

Istotnym elementem ekspertyzy ornitologicznej powinny być wskazania dotyczące zastosowania kompensacji ornitologicznej w postaci np. budek lęgowych, których ilość oraz rodzaj powinna odpowiadać ilości zamkniętych siedlisk ptaków chronionych. w części graficznej opinii poświęconej pracom kompensacyjnym, na szkicu danego obiektu powinny zostać wskazane i określone:

- miejsca wywieszenia budek lęgowych wraz z podaniem ilości budek lęgowych,
- strony budynku (północ, wschód), na której należy wywiesić budki lęgowe,
- wysokość wywieszenia budek lęgowych oraz ich zagęszczenie (budki dla jerzyków mogą być zamontowane obok siebie, gdyż ptak ten jest ptakiem gnieźdzącym się w koloniach);
- sposób mocowania budek lęgowych.

4.5 Ocieplenie przegród

Wytyczne do SIWZ

Przed przystąpieniem do termomodernizacji należy wykonać wymagające opinie ornitologiczną i chiropterologiczną z odpowiednim wyprzedzeniem.

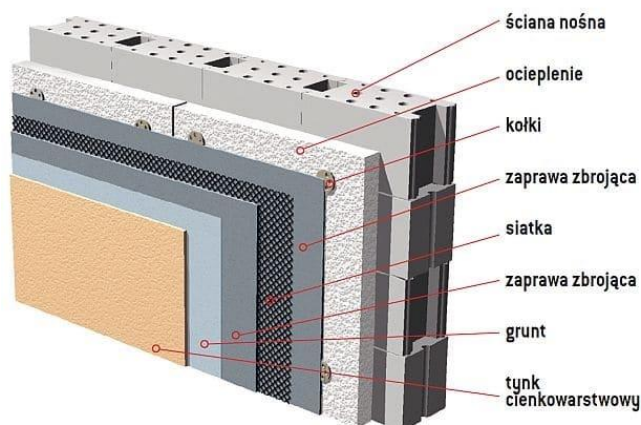
4.5.1 Ocieplenie ścian

Straty ciepła przez pionowe przegrody pełne (ściany) dochodzić mogą nawet do około 40%. Ocieplenie ścian zewnętrznych pozostaje najbardziej widocznym i najlepiej rozpoznawalnym elementem termomodernizacji, z uwagi na towarzyszące odnowienie elewacji budynku. w przypadku docieplenia ścian od zewnątrz technologia docieplenia jest dobrze znana firmom budowlanym i rzadko zdarzają się większe błędy wykonawcze. Najczęściej w budownictwie dominują wielowarstwowe układy przegród, w których rozdzielona jest funkcja izolacji termicznej i funkcja przenoszenia obciążeń. Podział ten wynika z różnych właściwości stosowanych materiałów, tj. materiały o dobrych właściwościach termoizolacyjnych mają na ogół niewystarczającą wytrzymałość, a materiały o wysokich parametrach konstrukcyjnych przeważnie dobrze przewodzą ciepło, przez co nie stanowią skutecznej ochrony cieplnej budynku. Znajduje to również odzwierciedlenie w termomodernizacji ścian, którą realizuje się przez montaż dodatkowych warstw zapewniających lepszą izolację termiczną.

4.5.2 Ocieplenie od zewnątrz

Najczęściej stosowana metoda to bezspoinowy system ocieplania ścian zewnętrznych, zwany kiedyś metodą lekką-mokrą, znany jako BSO (Bezspoinowy System Ociepleń), a obecnie określany również skrótem z języka angielskiego ETICS (External Thermal Insulation Composite System) polega na zamocowaniu do podłoża płyt styropianowych bądź z wełny mineralnej, pokryciu ich warstwą zbrojącą z siatki wtopionej w zaprawę klejową, a następnie nałożenia cienkowarstwowego tynku ozdobnego. Składa się on z kilku współpracujących ze sobą warstw:

- ściana nośna
- płyta izolacyjna ze styropianu lub z wełny (przy wełnie stosuje się dodatkowo łączniki mechaniczne)
- zaprawa zbrojeniowa
- siatka zbrojąca
- zaprawa zbrojeniowa
- grunta
- tynk cienkowarstwowy.



Rysunek 1 Schemat ocieplenia ścian od zewnątrz.¹¹

Ocieplenie ścian zewnętrznych budynku w tym systemie poprawia izolacyjność cieplną budynku, a także wygląd i trwałość elewacji, która w znacznym stopniu zależy od rodzaju tynku cienkowarstwowego.

W zależności od rodzaju spoiwa użytego do produkcji, wyróżnia się kilka rodzajów typów tynku:

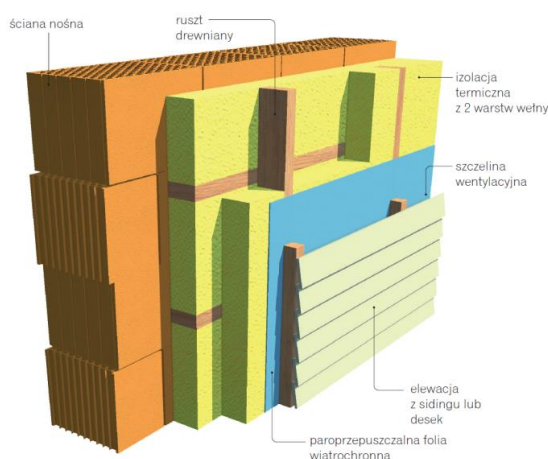
- mineralne - cementowe lub cementowo-polimerowe. Trwałość barw tynków (zwłaszcza o intensywnych kolorach) nie jest duża, czasami wykonuje się je w białej barwie i maluje trwalszymi farbami elewacyjnymi. Paleta barw zazwyczaj ograniczona głównie do kolorów jasnych i pastelowych. Są to najtańsze tynki;
- akrylowe - powstają na bazie dyspersyjnych żywic polimerowych, charakteryzują się dużą elastycznością. Można je trwale barwić nawet na nasyczone kolory. Ściany nimi pokryte można czyścić wodą pod ciśnieniem z dodatkiem detergentów, a także odnawiać akrylowymi farbami fasadowymi;
- silikonowe - dzięki właściwościom hydrofobowym, ich powierzchnia nie przyciąga cząsteczek wody, utrudnia osadzanie się brudu, zaś opady deszczu powodują samooczyszczanie się elewacji. Zalecane są na obiekty narażone na intensywne zabrudzenie, w rejonach przemysłowych, w pobliżu dróg o dużym natężeniu ruchu. Niestety, takie wyroby są najdroższe;
- silikatowe (krzemianowe) - są szczególnie odporne na grzyby i porosty. w trakcie ich wykonywania i przez kilka kolejnych dni obowiązuje największy reżim odnośnie temperatury i wilgotności;
- silikonowo-silikatowe - obecnie najpopularniejsze, łączą w sobie cechy obu rodzajów tynków. Są trwałe i odporne na zabrudzenia, a przy tym sporo tańsze od silikonowych.

Wszystkie czynności związane z wykonaniem ocieplenia budynku w systemie ETICS należy prowadzić zgodnie z zaleceniami systemodawcy.

Czasami, zwłaszcza w mniejszych budynkach, stosuje się metodę ocieplenia na ruszcie (metoda lekka-sucha), która polega na wykonaniu rusztu drewnianego lub systemowego

¹¹ Źródło: www.sanier.pl – Schemat przedstawia poszczególne warstwy ocieplenia ścian od zewnątrz.

aluminiowego, przy użyciu gwoździ, śrub i kołków albo łączników systemowych, ale bez klejów lub zapraw i ułożeniu izolacji termicznej (jedna lub dwie warstwy) pomiędzy listwami rusztu, do którego przytwierdza się także warstwę materiału elewacyjnego. Jako materiał izolacyjny można wykorzystać wełnę mineralną (skalną bądź szklaną), wełnę drzewną, a nawet wełnę uzyskiwaną z konopi, choć z pewnością wełna mineralna dominuje pod względem trwałości i odporności na ogień. Między wełną a podłoże trzeba zamocować folię paroizolacyjną, a na ociepleniu – membranę wiatroizolacyjną. Pasy foli i membrany muszą być układane z 10-15-centymetrowymi zakładami, a każdy z nich dodatkowo uszczelnia się odpowiednią taśmą samoprzylepną. Wiatroizolacja ma zabezpieczyć ocieplenie przed nawiewaniem zimnego powietrza, a także przed odrywaniem włókien wełny przez silne podmuchy powietrza. Membrana jest wodoszczelna, ale jednocześnie umożliwia przenikanie pary wodnej, nie utrudniając odprowadzenia wilgoci na zewnątrz. Membrana wiatroizolacyjna powinna być na dole i na górze podwinięta pod elementy rusztu i przymocowana do nich. Między izolacją cieplną a wiatroizolacją należy pozostawić szczelinę wentylacyjną. Wlot i wylot szczeliny zasłaniamy metalową siatką, chroniącą przed gryzoniami. Zasadniczą zaletą tej metody ocieplenia na ruszcie jest większy wybór materiałów, z których można wykonać zewnętrzną warstwę elewacyjną, np. drewno, płyty okładzinowe, łupek elewacyjny, siding.



Rysunek 2

Schemat metody ocieplenia na ruszcie.¹²

O czym jeszcze należy pamiętać ?

Okładzina elewacyjna i jej zamocowanie mechaniczne, a także izolacja cieplna ściany zewnętrznej budynku na wysokości powyżej 25 m od poziomu terenu, powinny być wykonane z materiałów niepalnych. W praktyce oznacza to zastosowanie wełny mineralnej powyżej tej wysokości.

¹² Źródło: www.budujemydom.pl – Schemat przedstawia poszczególne warstwy metody ocieplenia na ruszcie

Wytyczne do SIWZ

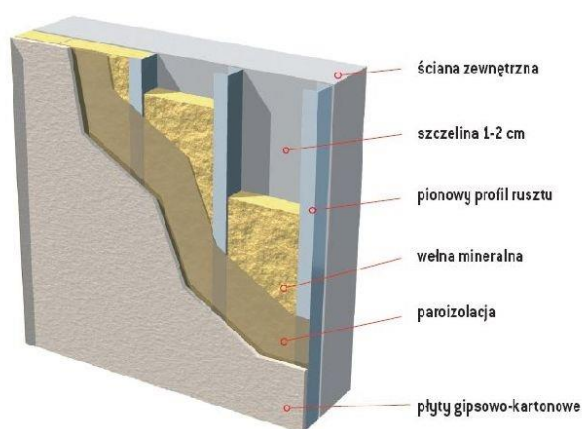
Ocieplenie od zewnątrz w systemie ETICS należy prowadzić zgodnie z zaleceniami producenta kompletnego systemu dociepleń.

4.5.3 Docieplenie od wewnątrz

W niektórych przypadkach można rozważyć docieplenie ścian budynku od wewnątrz, szczególnie wtedy, gdy nie można ich ocieplić od zewnątrz. Najczęściej taka sytuacja ma miejsce, gdy:

- obiekt znajduje się pod ochroną konserwatora zabytków;
- jest to budynek o dużej wartości architektonicznej (np. charakter elewacji lub oryginalny wygląd);
- jest to obiekt z ograniczeniem praw własności (np. ściany zewnętrzne znajdują się na granicy działki).

W przypadku ocieplenia od wewnątrz głównym problemem są zjawiska wilgotnościowe (kondensacja powierzchniowa oraz międzywarstwowa), które mogą prowadzić do wykraplania się wody w przegrodzie. Materiałem izolacyjnym może być wełna mineralna osłonięta paroizolacją i płytami g-k przymocowanymi do stelaża. Nieco droższe, ale mniej pracochłonne jest ocieplenie ścian specjalnymi bloczkami izolacyjnymi z lekkiej odmiany betonu komórkowego. Charakteryzują się one nie tylko wysoką termoizolacyjnością, odpornością na ogień, ale także paroprzepuszczalnością i nie wymagają stosowania paroizolacji. Dzięki dużej porowatości, wnika jąca w ich strukturę para wodna stopniowo odparowuje, co zabezpiecza przed długotrwałym zawilgoceniem warstw konstrukcyjnych ściany zewnętrznej.



Rysunek 3

Schemat docieplenia od wewnątrz.¹³

¹³ Źródło: www.ladnydom.pl – Schemat przedstawia poszczególne warstwy docieplenia ścian od wewnątrz

Do rzadziej stosowanych materiałów pozwalających na docieplenie ściany od wewnątrz należą:

- szkło piankowe o bardzo wysokim oporze dyfuzyjnym (współczynnik oporu dyfuzyjnego w praktyce $\mu = 100\,000$) i współczynnika przewodzenia ciepła $\lambda_D = 0,036\text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, stosowane o grubości od 4 cm do 18 cm;
- zastosowanie materiału termoizolacyjnego wraz z paroizolacją, np. termoizolacyjna płyta zespolona z warstwą zapewniającą opór dyfuzyjny (np. płyta składająca się z płyt styropianowych EPS z dodatkiem grafitu oraz płyty gipsowo-kartonowej, a także opcjonalnie z paroizolacją jako warstwą pośrednią); stosowane o grubości termoizolacji od 4 cm do 10 cm (współczynnik oporu dyfuzyjnego $\mu = 30\text{--}70$);
- aerożel - materiał o bardzo niskiej wartości współczynnika przewodzenia ciepła – Jest to rodzaj sztywnej piany o bardzo niskiej wartości gęstości, który składa się w ponad 90% z powietrza (pozostała część to żel tworzący nanostrukturę). Charakteryzuje się współczynnikiem $\lambda_D = 0,013\text{--}0,018\text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ¹⁴;
- aerowetna - materiał, który powstaje z połączenia wełny mineralnej z aerożelem. Charakteryzuje się współczynnikiem przewodzenia ciepła $\lambda_D = 0,019\text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, a współczynnik oporu dyfuzyjnego $\mu > 3$;
- izolacja próżniowa (tzw. modułowy system ocieplenia od wewnątrz), która charakteryzuje się niską wartością współczynnika przewodzenia ciepła $\lambda_D = 0,007\text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ oraz współczynnikiem oporu dyfuzyjnego na poziomie $\mu > 500\,000$. Zalecana grubość izolacji do 3,5 cm z zastosowaniem wykończenia w postaci płyty włóknocementowej¹⁵.

Należy również pamiętać, że ocieplanie ścian od wewnątrz obarczone jest pewnymi wadami:

- przymocowanie do ścian płyt lub bloczków izolacyjnych zabiera używaną dotychczas przestrzeń, co jest kłopotliwe szczególnie w mniejszych pomieszczeniach;
- docieplenie od wewnątrz nie likwiduje mostków termicznych;
- docieplenie od wewnątrz wymaga wykonania starannej analizy ciepło-wilgotnościowej na etapie projektowania, przede wszystkim ze względu na zjawiska wilgotnościowe (kondensacja powierzchniowa oraz międzywarstwowa). Dlatego dobór materiału izolacyjnego musi być poprzedzony przez miarodajne obliczenia i analizę parametrów fizykalnych przegród zewnętrznych.

¹⁴ EnergieCluster. Kurs HLWD 2011, Innendämmung

¹⁵ www.variotec.de

O czym jeszcze należy pamiętać ?

Ocieplenie od wewnątrz zmniejsza powierzchnię pomieszczeń i zazwyczaj wiąże się z ich wyłączeniem z użytkowania na czas prac, a często z generalnym remontem.

Wytyczne do SIWZ

Ocieplenie od wewnątrz wymaga wykonania analizy ciepłno-wilgotnościowej na etapie projektowania, ze względu na zjawiska wilgotnościowe oraz doboru materiału izolacyjnego uzasadnionego przez miarodajne obliczenia i analizę parametrów fizykalnych przegród zewnętrznych.

4.5.4 Docieplenie dachów, stropów pełnych i stropodachów

Brak ocieplenia dachu lub stropu może powodować zwiększone straty energii grzewczej nawet do 30% w skali. w zależności od konstrukcji można zastosować różne technologie docieplenia przegród, ale zawsze duże znaczenie ma spełnienie przepisów ppoż., które istotne są zwłaszcza, w przypadku konstrukcji dachu wykonanej najczęściej z drewna, które jest materiałem palnym, tak samo jak drewniany ruszt z łat i kontrłat oraz membrana dachowa, stanowiąca element podkładu dachowego. Przeciwpowozarowe zabezpieczenie konstrukcji reguluje Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, które wprowadza wielostopniową klasyfikację reakcji na ogień. Określenia palne oraz niepalne odpowiadają kilku klasom odporności. Jest ich na tyle dużo, że załącznik nr 3 do cytowanego rozporządzenia w sprawie warunków technicznych zawiera całą ich tabelę. Przyporządkowuje się w niej używane w rozporządzeniu określenia (palne, niepalne, niekapiące, samogasnące) do klas odporności na ogień zawartych w normie PN-EN 13501-1.

Dachy

W praktyce najpopularniejszym rozwiązaniem, stosowanym przy ociepleniu poddasza, jest izolowanie połaci wełną mineralną i wykańczanie skosów okładziną z płyt gipsowo-kartonowych. z punktu widzenia przepisów przeciwpożarowych to układ bardzo dobry - oba materiały są bowiem klasyfikowane jako niepalne, klasy A1 lub A2. Użyte razem zapewniają dobre zabezpieczenie, są przy tym stosunkowo niedrogie i świetnie znane wykonawcom. w tym układzie płyty gipsowo-kartonowe mocuje się do stelaża podwieszanego do krokwi. Płyty karton-gipsy są niepalne - w trakcie pożaru pochłaniają duże ilości ciepła i przez pewien czas stanowią barierę dla ognia. w zależności od rodzaju jest to od 15 minut do 2 godzin. Podwyższoną odporność ogniową wykazują płyty typu F (dawniej GKF). Ich rdzeń wzmacnia się włóknem szklanym, które zapewnia większą spoistość i odporność na płomienie. Trzeba

jednak pamiętać, że aby uzyskać określoną odporność na ogień całego układu (ocieplenie, stelaż, okładzina), należy przestrzegać zaleceń producenta systemu, czyli stosować wskazane płyty o konkretnej grubości, wskazany materiał izolacyjny, a nawet rodzaj stelaża.



Rysunek 4 Schemat ocieplenia dachu.¹⁶

Wytyczne do SIWZ

Ocieplenie, które ma uzyskać określoną odporność na ogień całego układu (ocieplenie, stelaż, okładzina), należy zaprojektować i wykonać zgodnie z zaleceniami producenta kompletnego systemu dociepleń.

Drugą najczęściej stosowaną technologią docieplenia dachu jest zastosowanie pianki PIR i PUR jako bezspoinową izolację natryskową. Pianka dobrze wypełnia izolowaną powierzchnię i jednocześnie wyrównuje wszelkie krzywizny lub ubytki w podłożu. Można ją nanosić na blachę, papę, beton i drewno. Oba rodzaje pianki charakteryzują się doskonałymi właściwościami izolacyjnymi, choć różnią się składem. Częściej stosuje się pianę PUR – z racji tego, że jest tańsza i łatwiejsza w produkcji. W ostatnim czasie jednak coraz większą popularność zyskuje PIR. Do produkcji używa się dwóch składników: izocyjanianu i poliolu oraz kilka dodatków – aktywatorów i stabilizatorów. O tym, że konkretna pianka poliuretanowa nazywana jest pianką PIR decydują proporcje ilości izocyjanianu. W przypadku pianki PIR izocyjanianu jest dużo więcej niż w standardowych pianach PUR, dzięki czemu uzyskujemy piankę o lepszych właściwościach przeciwpożarowych.

Najważniejsze zalety metody natryskowej pianą PIR/PUR:

- doskonała izolacyjność przy gęstości 40kg/m^3 , współczynnik przewodzenia ciepła wynosi około $0,020\text{ W/mK}$;
- duża wytrzymałość mechaniczna;
- bardzo duża adhezja zapewnia silne połączenie z większością materiałów budowlanych;
- niska chłonność wody i przenikalność pary wodnej;

¹⁶ Źródło: www.budownictwob2b.pl – Schemat przedstawia poszczególne elementy w przypadku docieplenia dachu.

- odporność na grzyby, pleśnie i gryzonie;
- odporność ogniowa;



Rysunek 5 Metoda natryskowa pianą PIR/PUR.¹⁷

Wytyczne do SIWZ

Wytyczne określające ocieplenie metodą natryskową powinno określać rodzaj pianki jaka ma być zastosowana.

Stropy pełne

Stropy pełne można docieplić na dwa sposoby, tj. poprzez podwieszenie sufitu podwieszanego od wewnątrz lub wykonanie nowego pokrycia dachowego zintegrowanego z warstwą izolacji poprzez nałożenie nowej warstwy od góry na istniejący dach. W tym drugim przypadku zaleca się, aby zastosować styropian, który już jest pokryty papą nawierzchniową, która tworzy nowe pokrycie dachowe. Należy jednak pamiętać, że styropian nie jest ognioodporny.

Stropodach wentylowany

Stropodach wentylowanego składa się z górnej i dolnej warstwy konstrukcyjnej, pomiędzy którymi znajduje się pusta przestrzeń, która powinna być dobrze wentylowana. Ocieplenie tego typu stropodachu poprzez warstwę izolacyjną nałożoną na górną warstwę konstrukcyjną mija się z celem, dlatego ocieplenie należy realizować poprzez wprowadzenie materiału izolacyjnego do przestrzeni pomiędzy warstwami, której wysokość zazwyczaj mieści się w przedziale od 20 cm do 1,5 m. z uwagi na trudny dostęp najlepszym rozwiązaniem jest termoizolacja stropodachu wentylowanego wdmuchiwanym granulem, co pozwala na szybkie i efektywne uzyskanie warstwy izolacyjnej bez powstawania jakichkolwiek mostków termicznych. Docieplenie metodą wdmuchiwania odbywa się poprzez wykonanie otworu w dachu lub ścianie kolankowej, poprzez którą wprowadzana jest rura wdmuchująca maszynowo materiał termoizolacyjny, a podczas procesu kontrolowana jest grubość warstwy

¹⁷ Źródło: www.e-izolacje.pl – Zdjęcie przedstawia prace natryskowe pianą PIR/PUR.

izolacyjnej. Docieplenie tą metodą przeprowadza się w bardzo krótkim czasie. Najczęściej w tym celu stosuje się granulat z wełny mineralnej.



Rysunek 6 Wprowadzenie materiału izolacyjnego do przestrzeni pomiędzy warstwami. Źródło: www.ocieplaniebudynkow.pl

4.5.5 Wymiana okien i drzwi

Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej często wchodzi w zakres prac termomodernizacyjnych. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie ¹⁸, od 31 grudnia 2020 roku obowiązują maksymalne wartości współczynników przenikania ciepła dla okien i drzwi, a najważniejsze z nich to:

Tabela 4 WT 2021 – przykładowe wymagania dot. współczynnika przenikania ciepła.

Lp.	Rodzaj przegrody	Współczynnik przenikania ciepła [W/(m ² *K)] Wartość maksymalna
1	Okna (z wyjątkiem okien połaciowych), drzwi balkonowe i powierzchnie przezroczyste nieotwieralne (przy temp. wewnętrznej co najmniej 16°C)	0,9
2	Okna połaciowe (przy temp. wewnętrznej co najmniej 16°C)	1,1
3	Drzwi w przegrodach zewnętrznych	1,3

Wartości podane w Tabeli 4 dotyczą całego okna, nie tylko zestawu szybowego, przy czym wartość współczynnika przenikania ciepła powinna być potwierdzona przez producenta i dostarczeniem odpowiedniego dokumentu.

Przy wymianie okien lub drzwi zalecany jest tzw. ciepły montaż okien, który zapewnia kompleksowe uszczelnienie warstwy izolacyjnej w złączu okiennym z obu stron, co

¹⁸ Obwieszczenie Ministra Inwestycji i Rozwoju z dnia 8 kwietnia 2019 r. Tekst jednolity.

w rezultacie zabezpiecza przed powstawaniem mostków termicznych, stratami energii, zawilgoceniem, a nawet zagrzybieniem ścian dookoła otworów okiennych. Nie ma jednego powszechnego standardu „ciepłego montażu”, a termin jest rozumiany bardzo różnie przez wykonawców i dlatego zawsze należy doprecyzować szczegóły osadzenia okien i drzwi.

Ciepły montaż okien powinien polegać na zastosowaniu trzech warstw uszczelniających: środkowej, wewnętrznej i zewnętrznej. Warstwa środkowa to izolacja termiczna, która czasami jest wykonywana z piany poliuretanowej, a częściej z dedykowanych systemowych taśm izolacyjnych, ale zawsze musi szczelnie wypełniać przestrzeń pomiędzy ścianą, a ramą okienną. Warstwa ta pełni funkcję izolatora termicznego i akustycznego. Rozprężając się podczas aplikacji, wielokrotnie zwiększa swoją objętość i idealnie wypełnia szczelinę wokół okna.

Warstwa wewnętrzna w postaci paroszczelnej taśmy, chroni przed wnikaniem do piany montażowej pary wodnej zbierającej się w pomieszczeniach. Do wykonania tej warstwy uszczelniającej wykorzystywana jest paroszczelna taśma okienna, która zapobiega dostawaniu się pary do szczeliny między oknem a murem.

Warstwa zewnętrzna, która jest paroprzepuszczalna, chroni izolację przed wilgocią pochodzącą z opadów atmosferycznych. Warstwę tę wykonuje się przy użyciu przeznaczonych do tego taśm paroprzepuszczalnych, ponieważ tylko sucha warstwa izolacyjna zachowuje wysokie parametry termoizolacyjne i akustyczne. Warstwa zewnętrzna chroni warstwę izolacji przed wodą opadową i promieniowaniem UV, umożliwiając jednocześnie migrację pary wodnej na zewnątrz budynku.

Taśmy okienne są elastyczne, wytrzymałe mechanicznie i charakteryzują się bardzo dobrą przyczepnością do typowych materiałów budowlanych. Ich trwałe zamocowanie nie stanowi problemu, ponadto można je malować lub tynkować.

w przypadku ciepłego montażu ważne jest również zastosowanie odpowiednich kotew łączących mechanicznie okno ze ścianą. Na rynku dostępne są kompleksowe rozwiązanie do prawidłowego montażu warstwowego stolarki otworowej, które zapewnia skuteczne uszczelnienie miejsc osadzenia okien, dzięki dodatkowemu zabezpieczeniu warstwy izolacji.

Okna można także zamontować w inny sposób poprzez montaż w warstwie ocieplenia. Ten sposób posiada lepsze właściwości termoizolacyjne, choć jest droższy od montażu w otworze. Do montażu używa się specjalnych kotew pozwalających wysunąć okno poza warstwę konstrukcyjną ściany tak, aby okno było osadzone w warstwie zewnętrznego ocieplenia.



Rysunek 7

Montaż okna w warstwie ocieplenia.¹⁹

Wytyczne do SIWZ

Jeśli okna mają być osadzone w technologii „ciepły montaż”, to należy dokładnie opisać szczegóły montażu lub wskazać konkretny system montażu, który ma być zastosowany.

4.6 Kontrola powykonawcza

4.6.1 Termowizja

Podstawą powykonawczej analizy cieplnej powinna być norma PN-EN 13187 – 2001-06 Właściwości cieplne budynku - Jakościowa detekcja wad cieplnych w obudowie budynku - Metoda podczerwieni, w której opisane są metody wykrywania wad cieplnych w budynku badaniami termicznymi. Metoda jest stosowana do wstępnej identyfikacji wielu rodzajów właściwości cieplnych, włącznie ze szczelnością na przenikanie powietrza komponentów stanowiących zewnętrzne obudowy budynków. Norma ta jest oficjalnym tłumaczeniem normy EN 13187:1998 i dotyczy wykrywania wad cieplnych w ograniczonym zakresie promieniowania cieplnego o długości fali od 2 μm do 12 μm . Norma ta jest jedną z serii norm do projektowania i oceny cieplnych właściwości użytkowych budynku i komponentów budowlanych.

Niejednorodności właściwości cieplnych komponentów tworzących zewnętrzną obudowę w budynku skutkują różnicami temperatury na powierzchni konstrukcji. Na temperaturę powierzchni wpływa również przepływ powietrza wewnątrz i/lub przez obudowę budynku. Rozkład temperatury na powierzchni może być więc wykorzystany do detekcji niejednorodności cieplnych spowodowanych na przykład defektami izolacji, zawartością

¹⁹ Źródło: www.ononet.pl – Zdjęcia przedstawia prawidłowy montaż okna w warstwie ocieplenia.

wilgoci i/lub wpływem powietrza w komponentach tworzących obudowę zewnętrzną budynku.



Rysunek 8 Zdjęcie z kamery termowizyjnej.²⁰

Termografia budynku jest metodą wskazywania i przedstawiania rozkładu temperatury na części powierzchni obudowy budynku. Promieniowanie ciepłe (strumień energii promieniowania podczerwonego) powierzchni obiektu jest przetwarzany przez system detekcji promieniowania czerwonego na obraz cieplny przedstawiający względne natężenie promieniowania ciepłego różnych części tej powierzchni. Natężenie obrazu jest zależne od temperatury powierzchni, charakterystyki powierzchni warunków otoczenia przetwornika. Procedura pomiarowa obejmuje również interpretację obrazów cieplnych (termogramów).

Istotną informacją przy pomiarach termowizyjnych jest wartość współczynnika emisyjności promieniowania podczerwonego - jest to jeden z ważniejszych parametrów podawanych przy konfiguracji kamery termowizyjnej. Emisja to zdolność (skuteczność) materiału do emitowania (oddawania) promieniowania podczerwonego. Współczynnik emisyjności może przyjmować wartości z zakresu od 0 do 1 (inaczej od 0 do 100%).

Wartość emisyjności zależy od:

- rodzaju materiału, z którego wykonana jest powierzchnia badanego obiektu,
- struktury powierzchni (chropowatość, warstwy tlenków, zanieczyszczenia),
- kąta obserwacji,
- temperatury obiektu,
- długości fali.

²⁰ Źródło: opracowanie własne – Dariusz Curyło

Promieniowanie podczerwone, zarówno emitowane przez obiekt, jak i odbite, zanim trafi do przetwornika kamery termowizyjnej musi przebić się przez znajdującą się po drodze atmosferę. Nie pozostaje ona bez wpływu na poziom promieniowania docierający do kamery.

O czym jeszcze należy pamiętać ?

Badania termowizyjne przegród budowlanych dadzą miarodajne wyniki jeśli różnica pomiędzy powietrzem wewnętrznym a zewnętrznym wynosi przynajmniej 15 °C, co w praktyce oznacza, że badania wykonuje się w sezonie grzewczym gdy temperatura zewnętrzna jest nie wyższa niż 5 °C.

Na kontrolę termograficzną elementu w budynków składają się:

- określenie rozkładu temperatury powierzchni na części obudowy budynku z rozkładu pozornej temperatury promieniowania otrzymanego z użyciem systemu detekcji promieniowania podczerwonego;
- stwierdzenie, czy ten rozkład temperatury powierzchni jest „nieprawidłowy”, na przykład w wyniku defektów izolacji, zawilgocenia i/lub wpływu powietrza;
- jeżeli tak, oszacowanie typu i stopnia występowania defektów.

Aby ustalić, czy obserwowane zmiany we właściwościach cieplnej izolacji są nieprawidłowe, otrzymane termogramy porównuje się ze spodziewanym rozkładem temperatury na powierzchni, określanym z projektowej charakterystyki obudowy budynku i z warunków otoczenia podczas kontroli.

Aby zdefiniować rzeczywiste wymagania kontroli, a w szczególności powierzchni obudowy (zewnątrznej lub wewnętrznej), na której ma być wykonywana kontrola termograficzna, należy rozważyć następujące czynniki:

- specyfikacja i możliwości wyposażenia termograficznego;
- charakterystyka obudowy, tj. poszczególne typy i lokalizacje systemów grzewczych, elementów konstrukcji i warstw izolujących;
- emisyjne własności powierzchni, np. materiałów okładzinowych;
- czynniki klimatyczne; - jaka temperatura zewnętrzna panowała podczas pomiaru, jaka była ekspozycja przegrody na promieniowanie słoneczne;
- dostępność do łatwego zbadania; generalnie pomiary powinny odbywać się na wprost;
- wpływy otoczenia;
- inne ważne czynniki.

Różnica temperatur po obu stronach obudowy powinna być wystarczająco duża, aby pozwolić na wykrycie nieregularności cieplnych. Dla ułatwienia interpretacji, kontrole termograficzna należy wykonywać przy stałej różnicy temperatur i ciśnień po obu stronach

ściany osłonowej. Interpretacja termogramów w nieustalonych warunkach wymaga większego doświadczenia i wiedzy z zakresu fizyki budowli. Wynika stąd, między innymi, że kontroli nie powinno się wykonywać, gdy temperatury powietrza zewnętrznego i wewnętrznego mogą się znacznie zmieniać, albo kiedy obiekt jest wystawiony na bezpośrednie działanie promieniowania słonecznego lub w zmiennych warunkach wietrznych.

Te ogólne wymagania powinny być spełnione podczas wykonywania kontroli termograficznej. Rzeczywiste wymagania dla kontroli mogą być różnie dobrane w zależności od cieplnych właściwości badanej obudowy budynku i od charakterystyk używanego systemu detekcji promieniowania podczerwonego. Wymagania te mogą też uwzględniać różne parametry miejscowego klimatu. Warunki te powinny być brane pod uwagę w czasie wykonywania kontroli i przy ocenie termogramów oraz powinny być dokładnie zarejestrowane w raporcie termograficznym.

Należy wykorzystać, o ile są dostępne, rysunki i inne dokumenty opisujące obudowę badanego budynku. Emisyjność materiałów powierzchniowych należy ocenić na podstawie odpowiednich tablic (tablic emisyjności). Należy zapisać informacje odnośnie do temperatury powietrza zewnętrznego, zachmurzenia, opadów i jakiegokolwiek wilgoci na zewnątrz budynku wraz z oceną wiatru. Należy też zapisać orientację budynku w stosunku do stron świata.

Jeżeli wypływ powietrza jest istotny dla kontroli, powinna być wytwarzana różnica ciśnień z obu stron ściany osłonowej budynku lub kontrola powinna być wykonywana w takim czasie, gdy różnica ciśnień istnieje. Jeżeli głównym celem kontroli termograficznych jest lokalizacja miejsc wypływu powietrza, różnica ciśnień w badanym miejscu powinna wynosić co najmniej 5 Pa. Kontrolę termograficzną należy wykonywać po stronie niskiego ciśnienia.

Należy oszacować wpływ efektów wytwarzanych przez wentylowane warstwy powietrzne, np. w ścianach lub przez źródła ciepła (jeśli są) zainstalowane w budynku (zamurowane rury, kanały dymowe itd.), na temperaturę badanej obudowy. Jeżeli to możliwe, źródła ciepła, które mogłyby przeszkadzać w kontroli, należy wyłączyć przed rozpoczęciem kontroli. Meble, obrazy itd., które mogą wpływać na wynik, powinny być usunięte. Żeby na obszarze prób nie było przeszkód. Wymaganych zmian należy dokonać w taki sposób, aby uniknąć efektów przejściowych.

Tuż przed rozpoczęciem kontroli wewnętrzną i zewnętrzną temperaturę powietrza należy określić z dokładnością do $\pm 1^{\circ}\text{C}$. Kiedy ma być określona różnica ciśnień po obu stronach obudowy, to zaleca się zmierzenie jej z dokładnością do ± 2 Pa na stronie zawiętrznej i nawietrznej dla każdego piętra. Zaobserwowane wartości należy zapisać. Jest bardzo ważne, żeby określić zwrot różnicy ciśnień na przekroju obudowy i położenie płaszczyzny neutralnej, jeżeli taka jest.

Należy wybrać spodziewany rozkład temperatury w odniesieniu do badanej obudowy, biorąc pod uwagę warunki kontroli.

System detekcji promieniowania podczerwonego należy ustawić i wyregulować zgodnie z instrukcją obsługi, a czułość, zakres i przysłone należy nastawić tak, by pokryć zakres temperatury badanej powierzchni.

Zmiany pozornej temperatury promieniowania w obszarze obrazu cieplnego na powierzchni obudowy budynku należy mierzyć z dokładnością do 10 % lub $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ (w zależności, która jest większa). Kiedy potrzebne temperatury odniesienia powierzchni, to zaleca się określenie ich z dokładnością do $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

Wytyczne do SIWZ

Kontrolne badania termowizyjne można zalecić jeśli odbiór prac ociepleniowych planowany jest w trakcie sezonu grzewczego.

Kontrola termowizyjna jest szczególnie przydatna jeśli termomodernizacja ma polegać m.in. na likwidacji mostków cieplnych.

4.6.2 Badanie szczelności budynku

Test szczelności budynku pozwala na wykrycie ewentualnych szczelin w przegrodach zewnętrznych, złączach pomiędzy nimi lub też w połączeniach pomiędzy ościeżami a stolarką. Badanie to jest przeprowadzane metodą pomiaru ciśnieniowego.

Obecnie przepisy nie nakładają obowiązku wykonania takiego badania, a jedynie zalecenie zawarte w Rozporządzeniu o Warunkach Technicznych²¹. Nie mniej warto przeprowadzić taką próbę w przypadku kompleksowej modernizacji budynku obejmującej wymianę okien, ocieplenie przegród i wykorzystanie wentylacji mechanicznej.

W budynkach wyposażonych w standardową wentylację grawitacyjną lub hybrydową wartość n_{50} nie powinna przekraczać 3/h, gdzie "n50" oznacza krotność wymian powietrza w budynku w sytuacji, gdy różnica ciśnień w jego wnętrzu i na zewnątrz wynosi 50 Pa. w budynkach z klimatyzacją lub wentylacją mechaniczną wartość n_{50} nie powinna przekraczać 1,5/h. Przyjmuje się, że wartość współczynnika n_{50} dla budynków o podwyższonym standardzie energetycznym powinna maksymalnie wynosić odpowiednio 1/h lub 0,6/h.

Badanie szczelności powietrznej przeprowadza się zazwyczaj za pomocą drzwi nawiewnych (tzw. blower door test). Najpierw ekipa przeprowadzająca badanie zamyka lub zaślepia wszystkie celowo wykonane otwory w obudowie budynku - okna, drzwi, kominy, przewody wentylacyjne oraz kanalizacyjne, nawiewniki itp. Drzwi wewnętrzne w budynku pozostają otwarte, aby podczas pomiaru we wszystkich pomieszczeniach panowało takie same ciśnienie. Następnie w ościeżnicy drzwi wejściowych umieszcza się drzwi nawiewne wyposażone w wentylator, który może pompować powietrze do budynku, tworząc w nim nadciśnienie, jak i usuwać powietrze, tworząc podciśnienie. Następnie wykonuje się serię badań w budynku, podnosząc i obniżając w nim ciśnienie. Wyniki badań uwzględniają takie dodatkowe czynniki, jak temperatura i ciśnienie atmosferyczne podczas pomiaru czy kubatura

²¹ Obwieszczenie Ministra Inwestycji i Rozwoju z dnia 8 kwietnia 2019 r. Tekst jednolity.

budynku. Zasady dotyczące badania szczelności powietrznej budynków określone są w normach PN-EN 13829:2002 oraz PN-EN ISO 9972:2015-10.

4.7 Zapewnienie prawidłowego przebiegu procesu budowlanego, jakości wykonania i materiałów budowlanych

Zawarcie umowy na roboty termomodernizacyjne jest tylko jednym z etapów organizacji procesu budowlanego. Konstrukcja umowy musi jasno regulować prawa i obowiązki obu stron, należy dokładnie określić harmonogram prac i przewidzieć sankcje za niewykonanie lub nienależyte wykonanie prac przez wykonawcę. Istotną rolę w całym procesie termomodernizacji odgrywa zagadnienie jakości prowadzonych robót budowlanych i materiałów. Częścią umowy lub załącznikiem do niej może być Program Zapewnienia Jakości (PZJ), który opracowuje wykonawca i akceptuje zamawiający. Program taki powinien składać się z następujących elementów:

- procedury zarządzania jakością podczas projektowania,
- systemu obiegu informacji,
- zasad zarządzania jakością na terenie budowy, w tym w zakresie prac prowadzonych w różnych porach roku,
- struktury organizacyjnej dla wdrożenia procedur zarządzania jakością,
- instrukcji zarządzania jakością, w tym w zakresie prac prowadzonych w różnych porach roku,
- procedury zapewniającej, że wszyscy podwykonawcy spełniają wymagania zarządzania jakością.

Zamawiający ma prawo do weryfikacji i modyfikacji PZJ. Wszystkie materiały, które są lub będą użyte do realizacji przedmiotu zamówienia, powinny spełniać wymogi jakości dla wyrobów dopuszczonych do obrotu i stosowania w budownictwie określone w art. 10 Ustawy Prawo Budowlane oraz powinny posiadać aktualną aprobatę techniczną i być zgodne z wymaganiami specyfikacji technicznej wykonania i odbioru robót budowlanych, jak również być zgodne z dokumentacją projektową. Na zmianę materiałów użytych do realizacji przedmiotu Umowy w stosunku do specyfikacji technicznej wykonania i odbioru robót budowlanych oraz dokumentacji projektowej wymagana jest pisemna zgoda zamawiającego.

Uzyskanie odpowiedniej jakości i trwałości robót budowlanych jest zagadnieniem kluczowym z punktu zapewnienia efektywności działań termomodernizacyjnych. w przypadku ocieplenia przegród zewnętrznych, należy pamiętać, że każdy produkt i wyrób budowlany stosowany w budownictwie musi posiadać dokumenty potwierdzające jego dopuszczenie do obrotu handlowego w budownictwie. Dokumenty takie wydawane są przez odpowiednie instytucje certyfikujące, obecne na terenie całej Unii Europejskiej (w Polsce również), które badają takie produkty i potwierdzają spełnienie przez nie odpowiednich wymagań określonych w normach i przepisach budowlanych, aprobaty technicznych itp., w aspektach dotyczących jakości, trwałości oraz bezpieczeństwa użytkowania. Producent zobowiązany jest do udostępnienia deklaracji zgodności wyrobu z dokumentem odniesienia, czyli normami, przepisami, normą zharmonizowaną (oznakowanie CE) lub Aprobata Techniczną

(oznakowanie B), która stanowi udokumentowane potwierdzenie jakości. Aprobaty takie dotyczą zarówno urządzeń, materiałów, jak i systemów ociepleń. Zatem w przypadku systemów ociepleń, montaż zestawu jest dopuszczalny tylko w kompletnym, dopuszczonym całościowo do obrotu zestawie. Oznacza to m.in., że ocieplenia powinno się wykonywać wyłącznie przy wykorzystaniu kompletnych systemów certyfikowanych jako całość, a nie jako poszczególne komponenty. Często również zastosowanie kompletnego systemu zamontowanego przez autoryzowanego i certyfikowanego wykonawcę warunkuje uzyskanie pełnej gwarancji jakości wykonanych prac termomodernizacyjnych. Do każdego wyrobu powinna być dołączona (czasem na życzenie inwestora) szczegółowa informacja techniczna zawierająca dane dotyczące parametrów jakościowych i użytkowych materiału lub urządzenia, potwierdzająca dotrzymanie zadeklarowanych parametrów i właściwości.

4.8 Zasady opracowania Specyfikacji Istotnych Warunków Zamówienia (SIWZ)

Treść Specyfikacji Istotnych Warunków Zamówienia (SIWZ) reguluje w art. 36 ustawy Prawo Zamówień Publicznych z dnia 29 stycznia 2004 r. Ust. 1 tego artykułu wymienia te elementy, które są niezbędne do tego, by SIWZ została przygotowana prawidłowo. Do najważniejszych części należy opis przedmiotu zamówienia, który należy opracować w sposób jednoznaczny i wyczerpujący za pomocą dostatecznie dokładnych i zrozumiałych określeń, uwzględniając wszystkie wymagania i okoliczności mogące mieć wpływ na sporządzenie oferty. w SIWZ nie może zabraknąć terminu wykonania zamówienia, określenia kryteriów oceny ofert, czyli wskaźników, którymi będzie się kierował zamawiający przy wyborze wykonawcy.

Dyrektywy unijne (2004/17/WE oraz 2004/18/WE) oraz ustawa Prawo Zamówień Publicznych dopuszczają stosowanie w zamówieniach publicznych kryteriów środowiskowych dla produktów i urządzeń kupowanych przez podmioty publiczne (tzw. „zielone zamówienia publiczne”). Kryteria te są formułowane dla takich urządzeń jak: źródła światła i oprawy oświetleniowe, urządzenia biurowe i AGD, komputery, pojazdy samochodowe, systemy i komponenty budynków i mogą być stosowane w zamówieniach publicznych. Ponadto w SIWZ powinien znajdować się opis warunków udziału w postępowaniu i określenie sposobu dokonywania oceny spełniania wymagań środowiskowych lub efektywności energetycznej.

Możliwość uzyskania zakładanego efektu energetycznego i ekonomicznego zależy zarówno od poprawności zaprojektowania i realizacji robót termomodernizacyjnych jak i od poprawnej eksploatacji zmodernizowanych obiektów. w związku z tym na etapie projektowania konieczne jest zapewnienie współpracy pomiędzy projektantami z poszczególnych branż oraz sporządzenie niezbędnych bilansów energetycznych. Przestrzeganie zasad i wymagań dotyczących jakości materiałów i komponentów budowlanych użytych w termomodernizacji gwarantuje uzyskanie oczekiwanej trwałości efektu energetycznego w założonym okresie czasu.

4.8.1 Wytyczne do określenia wymogów technicznych w zakresie ociepleń

4.8.1.1 Ocieplenie ścian

W zakresie wytycznych technicznych do SIWZ należy:

- wskazać metodę ocieplenia (np. ETICS) oraz rodzaj, grubość i właściwości materiału izolacyjnego (wsp. przewodzenia ciepła λ);
- dla ocieplanych przegród wymagać osiągnięcia co najmniej granicznej wartości współczynnika przenikania ciepła zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie²²;
- wskazać rodzaj wykończenia elewacji, a w przypadku docieplenia metodą ETICS wskazać rodzaj tynku np. silikonowy;
- wymagać aprobat technicznych dla wybranego systemu dociepleń;
- wymagać realizacji prac zgodnie z zaleceniami producenta kompletnego systemu dociepleń;
- określić grubość docieplenia dla szpalet okiennych i drzwiowych;
- wymagać wyrównania lub uzupełnienia ubytków istniejącego podłoża;
- w przypadku ocieplenia na ruszcie - wymagać wykonania wiatroizolacji;
- dla przegród ocieplanych od środka – wymagać wykonania analizy ciepło-wilgotnościowej na etapie projektowania, ze względu na zjawiska wilgotnościowe oraz doboru materiału izolacyjnego uzasadnionego przez miarodajne obliczenia i analizę parametrów fizykalnych przegród zewnętrznych.

Przykładowe pozostałe wymagania:

- Płyty styropianu mocować bezpośrednio do wyczyszczonej i wyrównanej powierzchni elewacji.
- Płyty powinny posiadać strukturę zwartą i spoistą, powierzchnię szorstką a krawędzie proste bez uszkodzeń, wykonane z bloków sezonowanych, przez co najmniej 3 miesiące. Ewentualne nierówności i ubytki istniejącego podłoża - rzędu 5-10mm należy wyrównać szpachlówką klejącą wg systemu. Większe ubytki zlikwidować poprzez wykonanie warstwy tynku. Podłoża silnie nasiąkliwe (np. bloczki gazobetonowe), nierównomiernie chłonne oraz piaszczące należy zagruntować.
- Przed planowanym ociepleniem budynku należy wykonać staranne czyszczenie chemiczno-mechaniczne elewacji z porostów, glonów, zagrzybienia i zabrudzeń osadzających się na chropowatej strukturze podłoża. Wskazane jest również, po ustawieniu rusztowań, wykonanie odkrywek w miejscach uszkodzeń na różnych wysokościach dla sprawdzenia stanu technicznego ściany budynku.
- Do przyklejania płyt styropianowych do ścian zewnętrznych można przystąpić po wcześniejszym sprawdzeniu i przygotowaniu ścian oraz zdjęciu obróbek

²² Obwieszczenie Ministra Inwestycji i Rozwoju z dnia 8 kwietnia 2019 r. Tekst jednolity.

blacharskich, rur spustowych oraz po wykonaniu tymczasowego odwodnienia budynku.

- Przyklejone zaprawą płyty styropianu należy zamocować odpowiednimi łącznikami mechanicznymi - łącznik z tworzywa sztucznego wzmocniony bądź stalowy ocynkowany z główką z tworzywa eliminującego powstawanie mostków cieplnych. Sposób montażu kołków poprzez wbicie lub wkręcenie w ilości 6 szt./m² w strefie środkowej oraz 10-12 szt./m² w strefie narożnej. Przed przystąpieniem do ocieplenia należy wykonać próby wytrzymałościowe kołków. w razie konieczności zmienić trzpień kołków oraz zwiększyć ilość kołków na m².
- Szpalety okienne należy ocieplić 2cm styropianu. w razie, gdy ocieplenie się nie zmieści należy odkuć tynk, wyrównać powierzchnię i przystąpić do przyklejania styropianu.

4.8.1.2 Ocieplenie dachów, stropów pełnych i stropodachów

W zakresie wytycznych technicznych do SIWZ należy:

- wskazać metodę ocieplenia oraz rodzaj, grubość i właściwości materiału izolacyjnego (wsp. przewodzenia ciepła λ);
- dla ocieplanych przegród wymagać osiągnięcia co najmniej granicznej wartości współczynnika przenikania ciepła zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie²³;
- wskazać rodzaj wykończenia, a w przypadku docieplenia dachu od góry wskazać rodzaj warstwy, która ma stanowić nowe pokrycie dachowe;
- wymagać aprobat technicznych dla wybranego systemu dociepleń;
- wymagać realizacji prac zgodnie z zaleceniami producenta kompletnego systemu dociepleń;
- wymagać wyrównania lub uzupełnienia ubytków istniejącego podłoża;
- w przypadku ocieplenia dachu strychu od środka - wymagać wykonania wiatroizolacji;
- w przypadku ocieplenia, które ma uzyskać określoną odporność na ogień całego układu (ocieplenie, stelaż, okładzina) - zaprojektować ocieplenie i wykonać zgodnie z zaleceniami producenta kompletnego systemu dociepleń;
- w przypadku ocieplenia metodą natryskową - określić rodzaj pianki jaka ma być zastosowana.

Przykładowe pozostałe wymagania:

- Należy usunąć pozostałości starych warstw izolacji (jeśli takie są) i dokładne oczyścić powierzchnię.

²³ Obwieszczenie Ministra Inwestycji i Rozwoju z dnia 8 kwietnia 2019 r. Tekst jednolity.

- Oczyszczoną przestrzeń stropodachu należy zdezynfekować preparatem dedykowanym do tego typu zadań
- Na stropach drewnianych lub innych o małym oporze dyfuzyjnym należy zastosować folię paroizolacyjną.
- Należy zapewnić prawidłową wentylację przestrzeni stropodachu.
- Należy unikać chodzenia po stropie ocieplonym. Do chodzenia należy wykonać drewniany pomost kontrolny lub pas z płyt izolacyjnych o odpowiedniej twardości.
- Ocieplenie stropodachu od góry projektuje się z płyt ze styropianu laminowanego o odpowiedniej grubości. Płyty należy układać tak, aby krawędzie boczne sąsiadujących ze sobą płyt były do siebie dobrze dociśnięte sąsiadujące płyty. Do mocowania termoizolacji w podłożu betonowym stosuje się łączniki składające się z teleskopu, wkrętu oraz kołka rozporowego, a ilość łączników uzależniona jest od rodzaju dachu, jego strefy oraz wysokości na jakiej się znajduje. Zgodnie z normą DIN 1055, w budynkach o wysokości do 20 m na dachach płaskich wyznacza się trzy strefy obciążenia wiatrem: strefa wewnętrzna, strefa brzegowa (krawędziowa), strefa narożna. Strefą brzegową przedmiotowej połaci dachu jest obszar zewnętrzny o szerokości 1m. w obrębie strefy brzegowej wyznacza się obszar największego obciążenia wiatrem. Pozostała część dachu poza strefą brzegową to strefa wewnętrzna. Przyjmuje się, że w strefie narożnej potrzeba 9 łączników, w strefie brzegowej 6, a w strefie środkowej 3 sztuki na 1 m².
- Przed przystąpieniem do przyklejania styropapy należy właściwie przygotować podłoże. Musi ono zostać dobrze oczyszczone z brudu oraz starych nierówności. Przed klejenie płyt izolacyjnych należy koniecznie odczekać do wyschnięcia naniesionej powłoki.
- Mocowanie styropapy można wykonać za pomocą klejów przeznaczonych do podłoża betonowych lub bitumiczne masy klejowe. Zaleca się w strefie narażonej na mocniejsze podrywanie wiatrem zastosować dodatkowo łączniki mechaniczne.
- Jako wierzchnią warstwę pokrycia należy zastosować papę termozgrzewalną wierzchniego krycia. Papę układać równolegle do okapu i zgrzewać na całej powierzchni. Zakłady boczne o szerokości pasa pozbawionego podsypki należy zgrzać oraz docisnąć rolką tak, aby nastąpił wypływ bitumu. Zakłady czołowe należy zgrzać na szerokość 15 cm. Na kominach wywiniecie papy powinno wynosić co najmniej 7 cm. w pasie przyokapowym należy ułożyć dodatkowo warstwę papy podkładowej.
- Blachy obróbkowej nie należy kłaść bezpośrednio na beton lub tynk cementowy i cementowo-wapienny ani na materiały zawierające siarkę.

4.8.1.3 Wymiana okien i drzwi

W zakresie wytycznych technicznych do SIWZ należy:

- wskazać metodę montażu,
- dla nowych okien i drzwi wymagać osiągnięcia co najmniej granicznej wartości współczynnika przenikania ciepła zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury

w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie²⁴;

- wymagać aprobat technicznych okien i drzwi.

Przykładowe pozostałe wymagania:

- Należy właściwie przygotować otwór, którego wymiary powinny odpowiadać wymiarom ramy okiennej, z zachowaniem kilkumilimetrowych luzów dylatacyjnych. Otwór musi być wolny od zanieczyszczeń (np. kawałków tynku czy cegieł, kurzu i pyłu) i zagruntowany właściwym preparatem gruntującym.
- Montować okno przy pomocy zalecanej przez producenta liczby kotew i dybli mocujących, a w przypadku montażu w warstwie ocieplenia, używać odpowiednich konsol lub dopasowanych do wyrobu systemów montażowych.
- Taśmę paroszczelną montować do wewnętrznej części ościeżnicy, a paroprzepuszczalną do zewnętrznej. Taśmy należy dobrze docisnąć na całej długości, a w narożnikach pozostawić odpowiednio duże zakładki, które pozwolą dokładnie uszczelnić te miejsca. Tak przygotowaną ramę wstawia się do otworu, ustawia pion i poziom, a następnie montuje mechaniczne, zgodnie z zaleceniami producenta stolarki.
- Należy szczelnie dokleić taśmę zewnętrzną do ściany i dokładne wypełnić przestrzeń pomiędzy ościeżnicą a ścianą.

²⁴ Obwieszczenie Ministra Inwestycji i Rozwoju z dnia 8 kwietnia 2019 r. Tekst jednolity.

5 Podstawy teoretyczne w zakresie urządzeń OZE

5.1 Pompy ciepła

5.1.1 Słowniczek pojęć

Pompa ciepła – urządzenie grzewcze służące do pozyskiwania ciepła niskotemperaturowego z dolnego źródła ciepła (wody, gruntu, powietrza) i przekazywania go do górnego źródła ciepła (instalacji centralnego ogrzewania i/lub ciepłej wody użytkowej), charakteryzującego się już użytkowym poziomem temperatur. Proces ten jest możliwy dzięki dostarczonej energii zewnętrznej (elektrycznej bądź cieplnej – w zależności od rodzaju pompy ciepła: sprężarkowej lub absorpcyjnej).

Dolne źródło ciepła – obszar (miejsce), z którego pobierane jest ciepło niskotemperaturowe.

Górne źródło ciepła – obszar (miejsce), do którego dostarczane jest ciepło o użytkowym poziomie temperatur.

Użytkowy poziom temperatur – zakres temperatur, umożliwiający przekazanie ciepła do ogrzewanego medium, np. dla systemów grzewczych to zakres temperatur od 30 do 80°C, dla przygotowaniu ciepłej wody użytkowej – od 45 do 65°C.

A/W (air–water) – oznaczenie pompy ciepła typu powietrze–woda (dolnym źródłem jest powietrze, a górnym woda), najczęściej oznaczenia te występują ze wskazanymi temperaturami, np. A2W35, co oznacza temperaturę powietrza 2°C, a temperaturę wody po stronie górnego źródła ciepła 35°C.

B/W (brine–water) – oznaczenie pompy ciepła typu solanka–woda (dolnym źródłem jest grunt, z którego ciepło odbierane jest za pomocą przepływającego przez dolne źródło ciepła wodnego roztworu glikolu – zwanego zwyczajowo solanką, a górnym woda), najczęściej oznaczenia te występują ze wskazanymi temperaturami, np. B0W35, co oznacza temperaturę solanki równą 0°C, a temperaturę wody po stronie górnego źródła ciepła 35°C.

W/W (water–water) – oznaczenie pompy ciepła typu woda–woda (dolnym źródłem jest woda podziemna, a górnym – woda z instalacji grzewczej budynku), najczęściej oznaczenia te występują ze wskazanymi temperaturami, np. W10W35, co oznacza temperaturę wody podziemnej równą 10°C, a temperaturę wody po stronie górnego źródła ciepła 35°C.

COP – *Coefficient of Performance* – współczynnik wydajności grzewczej – stosunek energii wytworzonej przez pompę ciepła do energii pobranej przez sprężarkę, sterownik oraz instalację dolnego źródła ciepła. Najczęściej dla pomp ciepła do ogrzewania COP określa się zgodnie z normą PN–EN 14511, natomiast dla pomp ciepła do przygotowania ciepłej wody użytkowej, zgodnie z normą PN–EN 16147.

SCOP – *Seasonal Coefficient of Performance* – sezonowy współczynnik wydajności grzewczej – stosunek obliczonej energii dostarczonej do systemu grzewczego, do energii pobranej przez pompę ciepła. SCOP oblicza się zgodnie z normą PN–EN 14825. Określa się go na etapie projektowania systemu grzewczego z pompą ciepła. Innym rodzajem współczynnika SCOP jest

współczynnik η_s , który można odczytać z karty produktu, odnosi się do zużytej energii pierwotnej i jest 2,5 razy mniejszy od SCOP.

SPF – *Seasonal Performance Factor* – sezonowy współczynnik wydajności grzewczej – jest to stosunek ciepła dostarczonego do układu, do energii pobranej przez pompę ciepła. Określa się go na podstawie pomiarów w już istniejącej instalacji.

Parownik – element układu chłodniczego pompy ciepła, w którym następuje przekazanie ciepła niskotemperaturowego, rozprężonemu i ochłodzonemu czynnikowi roboczemu. Odebranie ciepła z dolnego źródła (wody, gruntu, powietrza) powoduje odparowanie czynnika roboczego w parowniku. Powstała w parowniku para zostaje zassana przez sprężarkę.

Sprężarka – element układu chłodniczego pompy ciepła napędzany energią elektryczną. w sprężarce sprężane są pary czynnika roboczego, co powoduje podniesienie poziomu temperaturowego tego czynnika.

Skraplacz – element układu chłodniczego pompy ciepła, w którym następuje przekazanie ciepła od sprężonego czynnika roboczego do systemu górnego źródła (wodzie grzewczej instalacji centralnego ogrzewania). Przekazanie ciepła skutkuje ochłodzeniem i skropleniem czynnika roboczego.

Zawór rozprężny – element układu chłodniczego pompy ciepła dławiący przepływ skroplonego, dochłodzonego czynnika roboczego wypływającego ze skraplacza, co powoduje obniżenie jego ciśnienia i temperatury.

Pompa ciepła do c.w.u. – pompa ciepła służąca do przygotowania ciepłej wody użytkowej, najczęściej umieszczona wewnątrz budynku. Ogrzewa wodę użytkową wykorzystując ciepło zakumulowane w powietrzu wewnętrznym w miejscu instalacji lub doprowadzane do parownika systemem kanałów wentylacyjnych.

Ogrzewanie płaszczyznowe – ogrzewanie podłogowe lub ścienne, umożliwiające utrzymanie temperatury użytkowej w pomieszczeniu, przy temperaturze wody grzewczej w zakresie 28 do 40°C. Może być wykorzystane do chłodzenia budynku.

Średnotemperaturowe ogrzewanie konwekcyjne – umożliwia utrzymanie temperatury użytkowej w pomieszczeniu przy temperaturze wody grzewczej do 55°C. Wykorzystuje odpowiednio przewymiarowane grzejniki płytowe lub członowe.

Klimakonwektor – urządzenie umożliwiające utrzymanie użytkowej temperatury w pomieszczeniu, przy wykorzystaniu niskiej temperatury wody grzewczej w zakresie 28 do 40°C. Urządzenie posiada wymiennik ciepła oraz wentylator wymuszający przepływ powietrza przez nie. Może być wykorzystane do chłodzenia budynku, ale należy zapewnić odpływ skroplin.

Bufor ciepła – stalowy zbiornik wody grzewczej o znacznej pojemności wodnej (od 20 do nawet 1000 l), umożliwiający stabilizację pracy sprężarki w pompie ciepła oraz w niektórych przypadkach ograniczenie pracy sprężarki w okresach z wyższymi cenami prądu (unikanie pracy w droższej taryfie dziennej). Inne funkcje bufora wody grzewczej w instalacjach z pompami ciepła opisane są w pkt 5.1.3.

Układ chłodniczy – zespół połączonych ze sobą elementów (do których należą parownik, sprężarka, skraplacz i zawór rozprężny), w którym następuje przepływ czynnika roboczego wraz z jego zmianą stanów skupienia (w parowniku z cieczy w parę, a w skraplaczu z pary w ciecz), umożliwiających transport ciepła z dolnego źródła ciepła do górnego źródła.

Taryfa elektryczna – optymalną taryfą elektryczną stosowaną do pomp ciepła w obszarze firmy Tauron jest G12w (weekendowa) i G13 (specjalnie dedykowana przez firmę Tauron taryfa elektryczna dla pomp ciepła - trójprzebiegowa). Pozwala to na obniżenie kosztów ogrzewania nawet o 20% w stosunku do taryfy jednoprzebiegowej G11.

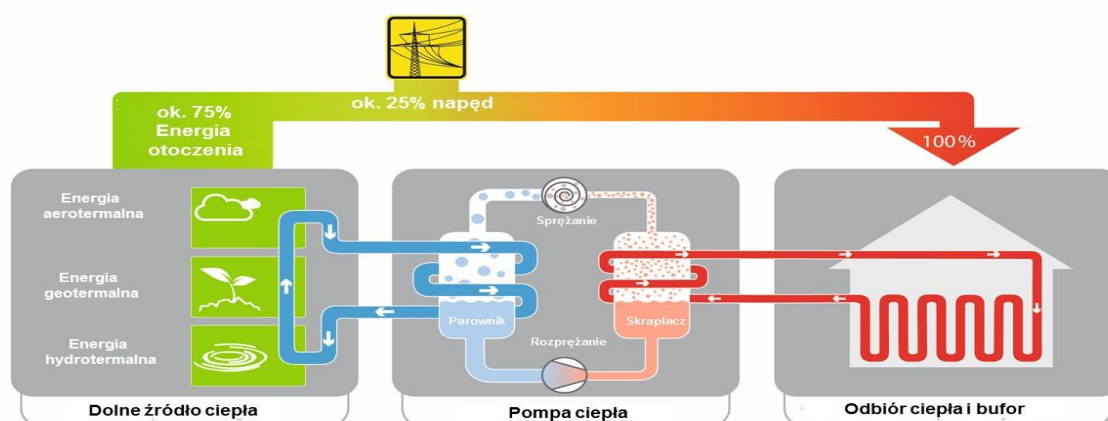
Punkt biwalentny – temperatura zewnętrzna dla której zarównuje się zapotrzebowanie mocy grzewczej budynku z mocą grzewczą dostarczaną przez pompę ciepła. Poniżej temperatury punktu biwalentnego moc grzewcza pompy ciepła jest niewystarczająca do utrzymania temperatury wewnątrz budynku, przez co niezbędne jest załączenie dodatkowego źródła ciepła.

5.1.2 Opis technologii

Pompy ciepła przetwarzają ciepło pochodzące ze źródeł odnawialnych takich jak powietrze, grunt czy woda, na ciepło użytkowe. Dodatkowo mogą wykorzystać ciepło odpadowe z procesów przemysłowych (tworząc potencjał do efektywniejszego wykorzystania energii) oraz gospodarstw domowych (np. powietrze wyrzutowe).

Pompy ciepła wykorzystując energię z odnawialnych źródeł przyczyniają się do zwiększenia efektywności energetycznej.

System z pompą ciepła składa się z dolnego źródła ciepła, jednostki pompy ciepła oraz z górnego źródła ciepła, czyli systemu dystrybucji ciepła/chłodu w budynku.



Rysunek 9 Pompa ciepła zasilana energią elektryczną pochodzącą z odnawialnych źródeł energii, może dostarczyć 100% ciepła z odnawialnych źródeł energii.²⁵

²⁵ Źródło: <http://portpc.pl/opis-technologie/> - Schemat obrazuje działanie pompy ciepła oraz przekazywanie ciepła z dolnego źródła do górnego, czyli instalacji grzewczej.

W pompie ciepła obieg czynnika roboczego (Rysunek 9) powoduje przekazywanie ciepła z dolnego źródła ciepła do górnego źródła ciepła. Do pracy systemu (do napędu sprężarki, sterownika i pomp obiegowych) potrzebna jest dodatkowa energia elektryczna. Istnieje możliwość odwrócenia kierunku obiegu pompy ciepła, aby wykorzystać to samo urządzenie zarówno do funkcji ogrzewania, jak i chłodzenia budynku.

Przy ogrzewaniu, dolne źródło ciepła jest zlokalizowane poza budynkiem (ciepło z powietrza, wody, gruntu). w przypadku chłodzenia, cykl jest odwrócony: budynek sam w sobie jest źródłem ciepła, podczas gdy powietrze, woda lub grunt przejmują ciepło odbierane z chłodzonego budynku. Obecnie sprężarkowe pompy ciepła zasilane są najczęściej energią elektryczną. Na rynku dostępne są jeszcze gazowe pompy ciepła: sprężarkowe lub absorpcyjne. Są one jednak stosunkowo rzadko stosowane w budynkach jednorodzinnych i zostały pominięte w tym opracowaniu.

Sprężarkowe elektryczne pompy ciepła typu powietrze/woda

Pompy ciepła typu powietrze–woda (rysunek 10) wykorzystują ciepło zgromadzone w powietrzu otoczenia lub powietrzu wyrzutowym – do ogrzewania, chłodzenia lub przygotowania ciepłej wody użytkowej.

Urządzenia tego typu można podzielić, ze względu na miejsce instalacji:

- montowane na zewnątrz budynku:
 - monoblok – wszystkie elementy układu chłodniczego zlokalizowane są na zewnątrz budynku. Do pompy ciepła doprowadzane są z budynku rury z wodą zasilającą i powrotną oraz przewód zasilający pompę ciepła w energię elektryczną i przewody sterownicze.
 - split – w pompach ciepła tego typu układ chłodniczy jest rozdzielony. Przeważnie wewnątrz budynku znajduje się skraplacz pompy ciepła oraz układ sterowania ogrzewaniem, natomiast na zewnątrz znajdują się pozostałe komponenty układu chłodniczego (takie jak sprężarka, parownik, element rozprężny, zawór czterodrożny, itp.). Jednostka zewnętrzna jest połączona z wewnętrzną rurami układu chłodniczego, przewodem z zasilaniem elektrycznym oraz przewodami łączącymi układ sterowania pompą ciepła. Ze względu na połączenia chłodnicze wykonywane w miejscu instalacji, pompy ciepła typu split mogą być montowane przez wykwalifikowanych instalatorów z uprawnieniami f-gazowymi. Więcej o uprawnieniach f-gazowych w rozdziale 5.1.3.
- montowane wewnątrz budynku – cała pompa ciepła jest zamontowana wewnątrz budynku (powietrze do parownika doprowadzane i odprowadzane jest odpowiedniej wielkości kanałami).

Ciepło dostarczane z pompy ciepła jest najczęściej rozprowadzane w domu przez wodny system centralnego ogrzewania (ogrzewanie płaszczyznowe – ściennie, podłogowe lub

średniotemperaturowe ogrzewanie grzejnikowe) bądź poprzez klimakonwektory lub nagrzewnice w instalacjach wentylacji mechanicznej.

Obecnie stosowane rozwiązania technologiczne pomp ciepła typu powietrze–woda umożliwiają efektywne wykorzystanie tych systemów we wszystkich strefach klimatycznych Polski (wg PN–EN 12831). Prowadzone prace naukowo–badawcze mające na celu m.in. podniesienie sprawności i niezawodności tego typu urządzeń, pozwalają sądzić, iż popularność tego typu pomp ciepła, zgodnie z obecnymi trendami na rynku systemów ogrzewania, będzie nadal rosła.

Zaletą pomp ciepła typu powietrze–woda jest nieograniczona dostępność dolnego źródła ciepła oraz prostota montażu takich urządzeń (w szczególności typu monoblok).



Rysunek 10 Schemat instalacji z powietrzną pompą ciepła.²⁶

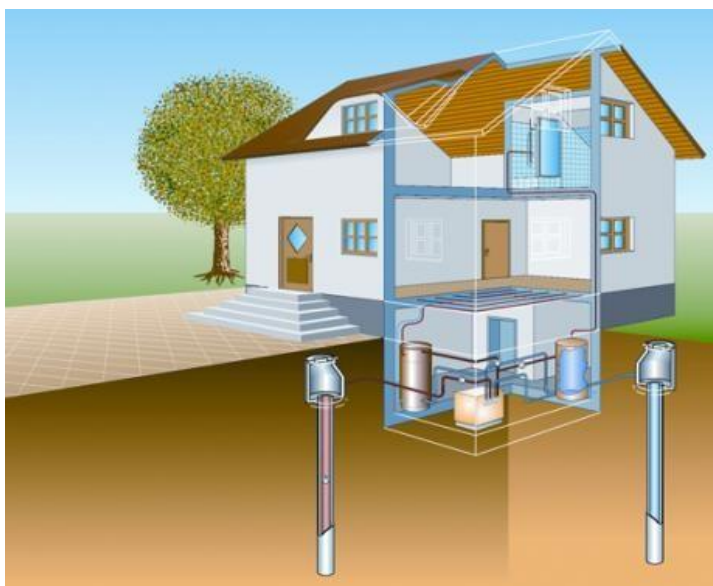
Sprężarkowe pompy ciepła typu woda/woda

Pompy ciepła mogą również wykorzystywać jako dolne źródło, ciepło zakumulowane w wodach podziemnych, powierzchniowych lub morskich. Odbiór ciepła z wód podziemnych jest możliwy za pomocą systemu dwóch studni (produkcyjnej i chłonnej) (Rysunek 11) oraz studni pojedynczej z zrzutem wód do zbiorników powierzchniowych (stawu, jeziora lub rzeki) lub wykorzystaniem wód do celów gospodarczych (np. spożycia, nawadniania itp.).

Ciepło, podobnie, jak w przypadku powietrznych pomp ciepła, jest najczęściej rozprowadzane w budynku przez wodny system centralnego ogrzewania.

Zaletą pomp ciepła typu woda–woda jest szczególnie wysoka efektywność (wysoki wsp. COP i SCOP). Ze względu na dość wysokie temperatury wody podziemnej jako nośnika ciepła, współczynnik COP dla tego typu rozwiązań może wynosić nawet ponad 5,0 (dla parametrów W10/W35).

²⁶ Źródło: BWP/PORTPC - <http://portpc.pl/opis-technologie/> - graficzne przedstawienie systemu z powietrzną pompą ciepła.



Rysunek 11 Schemat instalacji z pompą ciepła korzystającą z energii hydrotermalnej.²⁷

Sprężarkowe pompy ciepła typu solanka/woda

Pompy ciepła pozwalają również na wykorzystanie do ogrzewania, chłodzenia i przygotowania ciepłej wody użytkowej energii skumulowanej w gruncie. Pompy takie pracują w oparciu o układ solanka/woda. Ciepło jest pobierane z gruntu za pomocą pionowych (Rysunek 12) lub poziomych gruntowych wymienników ciepła (Rysunek 13). Ciepło, w przypadku takich instalacji, jest zwykle rozprowadzane przez system ogrzewania wodnego (nisko lub średniotemperaturowego).

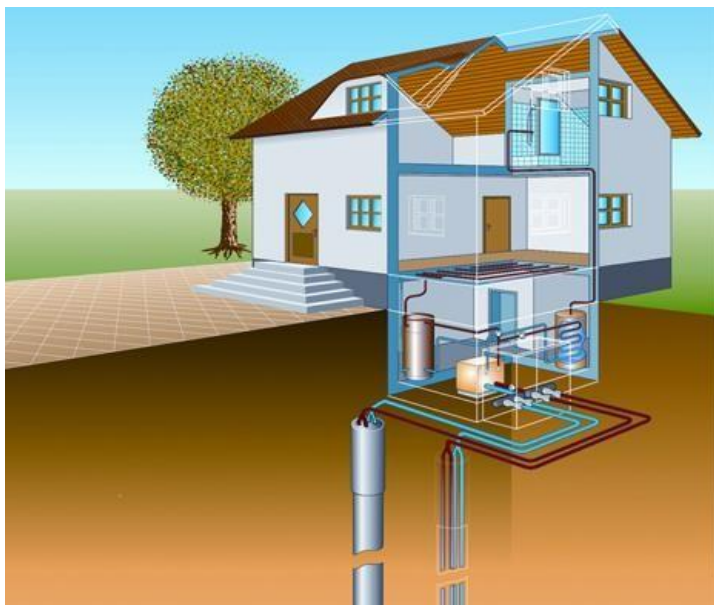
Gruntowe pompy ciepła mogą pracować bardzo efektywnie (wysokie COP i SCOP) dzięki stabilnym i stosunkowo wysokim temperaturom gruntu:

- dla pomp ciepła pozyskujących ciepło za pomocą otworowych wymienników ciepła temperatury płynu niezamarzającego wpływającego na parownik mogą wahać się od +12 do -2°C;
- dla pomp ciepła korzystających z poziomych dolnych źródeł ciepła temperatury te mogą wahać się w sezonie grzewczym od +8 do -5°C.

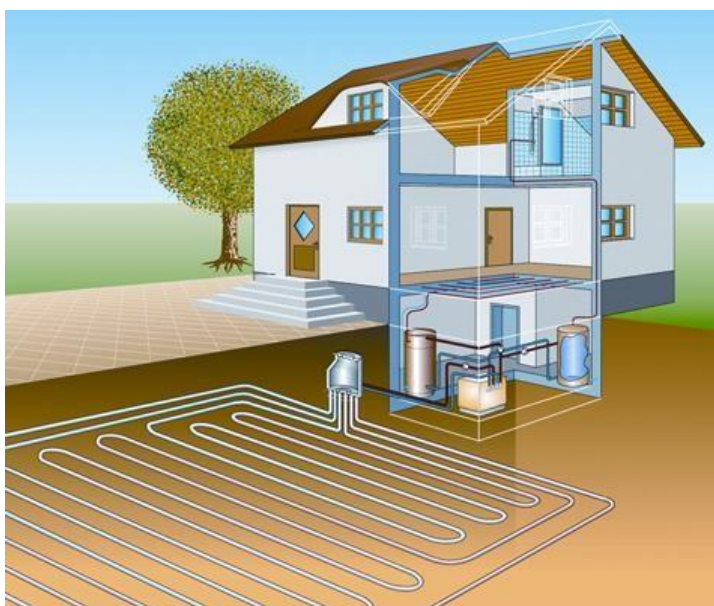
Podobnie jak w przypadku pomp ciepła typu woda/woda, gruntowe pompy ciepła mogą osiągać stabilne COP na poziomie co najmniej 4,5 (dla parametrów B0W35).

Zaletą pomp ciepła typu solanka/woda jest większa dostępność dolnego źródła ciepła (w porównaniu z pompami ciepła typu woda–woda) oraz większa stabilność mocy pompy ciepła (w porównaniu z pompami ciepła typu powietrze–woda, gdzie moc grzewcza pompy zauważalnie maleje wraz ze spadkiem temperatury powietrza zewnętrznego).

²⁷ Źródło: BWP/PORTPC - <http://portpc.pl/opis-technologie/> - graficzne przedstawienie systemu z wykorzystaniem wód gruntowych jako dolnego źródła dla pompy ciepła.



Rysunek 12 Schemat instalacji z pompą ciepła korzystającą z energii geotermalnej (pionowe gruntowe wymienniki ciepła).²⁸



Rysunek 13 Schemat instalacji z pompą ciepła korzystającą z energii geotermalnej (poziome gruntowe wymienniki ciepła).²⁹

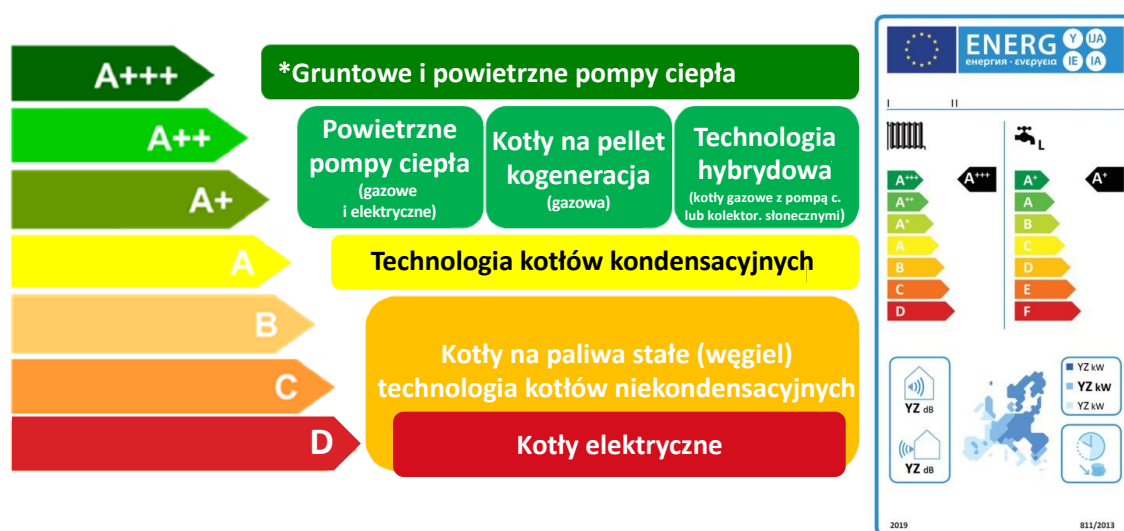
²⁸ Źródło: BWP/PORTPC - <http://portpc.pl/opis-technologii/> - graficzne przedstawienie systemu z gruntową pompą ciepła - odwierty pionowe.

²⁹ Źródło: BWP/PORTPC - <http://portpc.pl/opis-technologii/> - graficzne przedstawienie systemu z gruntową pompą ciepła - wymiennik gruntowy poziomy.

Zalety stosowania pomp ciepła

Pompy ciepła mają sporo zalet, które powodują ich szybkie rozpowszechnianie. Najistotniejszymi argumentami przemawiającymi za tą technologią są:

- niskie koszty eksploatacyjne ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej w budynkach (w porównaniu z ogrzewaniem na olej opałowy, gaz LPG, ale także węglowym, szczególnie dla niskich i średnich temperatur zasilania);
- eliminacja niskiej emisji zanieczyszczeń powietrza oraz redukcja emisji CO₂ przy produkcji ciepła;
- znaczny udział energii z OZE w przekazywanym cieple. Energia pobierana z dolnego źródła ciepła pochodzi z OZE;
- zgodność ze strategią integracji sektora energetycznego (Europejski Zielony Ład);
- wysokie klasy energetyczne urządzeń (Rysunek 14):
 - A+ oraz dla pomp ciepła typu powietrze–woda do ciepłej wody użytkowej oraz A++ pomp ciepła typu powietrze–woda do c.o.;
 - A++ lub A+++ dla pomp ciepła typu solanka–woda oraz woda–woda.



* Klasa A+++ 35°C od 2019 r. również dla najlepszych pomp ciepła typu solanka i powietrze/woda

Źródło: EHPA i PORT PC

Rysunek 14 Klasy energetyczne urządzeń grzewczych centralnego ogrzewania wodnego (*klasa A+++ została wprowadzona 26 września 2019 roku).³⁰

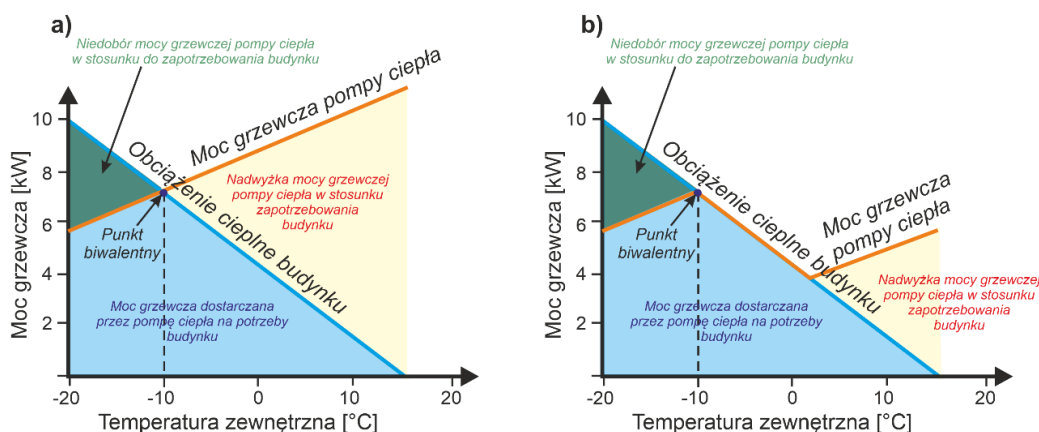
5.1.3 Istotne aspekty dotyczące pomp ciepła typu powietrze/woda

Technologie inwerterowe vs stałobrotowe dla pomp ciepła typu powietrze/woda

Uzyskiwana przez pompy ciepła typu powietrze-woda moc grzewcza silnie zależy od temperatury dolnego źródła ciepła (temperatury zewnętrznej). Na rysunku 15a przedstawiono

³⁰ Źródło: EHPA i PORT PC

zmianę zapotrzebowania mocy grzewczej dla przykładowego budynku w funkcji zmian temperatury otoczenia oraz związaną z tym zmianę mocy grzewczej pompy ciepła typu powietrze-woda ze sprężarką stałobrotową. w rozpatrywanym przypadku, przy wyższych temperaturach zewnętrznych (powyżej -10°C) moc grzewcza pompy ciepła jest wyższa od chwilowego zapotrzebowania mocy cieplnej dla budynku. w takiej sytuacji niezbędna jest przerywana praca pompy ciepła (tzw. tryb pracy on/off). Poniżej temperatury -10°C dostępna moc grzewcza pompy ciepła jest niższa niż zapotrzebowanie budynku, zatem pompa ciepła musi być wspomagana przez inne źródło ciepła, np. grzałkę elektryczną. w miejscu przecięcia krzywej zapotrzebowania na moc grzewczą obiektu i krzywej dostępnej mocy grzewczej pompy ciepła zlokalizowany jest tzw. punkt biwalentny. Różnica mocy pomiędzy projektowym obciążeniem cieplnym, a mocą grzewczą osiąganą przez pompę ciepła przy temperaturze obliczeniowej, musi zostać pokryta przez źródło dodatkowe, np. grzałkę elektryczną (dla przykładu z rysunku 15a, niedobór mocy pompy ciepła wyniesie nieco ponad 4 kW). w przypadku pomp ciepła wyposażonych w sprężarki zmiennobrotowe (tzw. inwerterowe), w szerokim zakresie temperatur zewnętrznych istnieje możliwość dopasowania mocy grzewczej do obciążenia cieplnego budynku. Jak wynika z rysunku 15b nadwyżka mocy grzewczej przy wyższych, dodatnich temperaturach zewnętrznych, jest znacznie mniejsza niż dla przypadku z rysunku 15a.



Rysunek 15 Zmiany obciążenia cieplnego budynku oraz osiąganej mocy grzewczej pompy ciepła w funkcji temperatury zewnętrznej – rysunek a – pompa ciepła ze sprężarką stałobrotową, rysunek b – pompa ciepła z regulacją wydajności (inwerterowa).³¹

Regulację mocy grzewczej można osiągnąć za pomocą różnych technologii. Najczęściej wykorzystywaną metodą jest regulacja mocy sprężarki za pomocą falownika (inwertera) – w tym celu napięcie sieciowe prądu przemiennego (np. $230\text{ V} \sim$) przekształćane jest w napięcie stałe. Następnie falownik modyfikuje napięcie i nadaje mu częstotliwość ustaloną przez operatora urządzenia. w zależności od częstotliwości pola wirującego uzyskiwana jest różna

³¹ Źródło: Pełka, 2021 – Wykresy mocy grzewczej pomp ciepła w zależności od temperatury zewnętrznej oraz wyznaczanie punktu biwalentnego.

liczba obrotów sprężarki, a tym samym różna moc. Sprężarki wyposażone w inwerter pracują szczególnie efektywnie w trybie obciążenia częściowego ok. 40-50% maksymalnej prędkości obrotowej (mocy).

Jedną z wielu korzyści jest możliwość pracy z mniejszym buforem wody grzewczej (o mniejszej pojemności). Jak wynika z Rysunku 15b moc grzewcza inwerterowej pompy ciepła w temperaturach dodatnich jest kilkukrotnie mniejsza niż w przypadku sprężarki pracującej w trybie on-off (włącz-wyłącz). Oznacza to, że wielkość wymaganego bufora ciepła może być nawet 5-6 krotnie mniejsza niż w przypadku sprężarek on-off. Niewątpliwie pompy ciepła ze sprężarkami inwerterowymi idealnie nadają się do nowych domów z instalacjami o małej pojemności wodnej i niskim zapotrzebowaniu na ciepło. w przypadku budynków o większym zapotrzebowaniu na ciepło (duże domy o dużej pojemności cieplnej, budynki starsze, itp.) pompy ciepła typu włącz/wyłącz są nadal chętnie stosowane.

Stosowanie buforów wody grzewczej

Zadaniem bufora wody grzewczej w instalacji z pompą ciepła typu powietrze-woda jest:

- Zagwarantowanie minimalnego czasu pracy sprężarki pompy ciepła po jej włączeniu (zwykle 4 do 10 minut);
- Odsprężenie pompy ciepła, gdy masowe natężenie przepływu przez pompę ciepła może zostać znacząco zredukowane przez podzespoły sterujące systemem (zawory termostaticzne na poszczególnych grzejnikach czy pętlach);
- Możliwość realizacji funkcji odszraniania parownika w okresach wysokiej wilgotności (najczęściej przy temperaturze zewnętrznej poniżej +5°C);
- Kompensacja długich czasów wyłączenia (blokady pracy) pompy ciepła, wymaganych przez taryfę elektryczną (np. wykorzystując do ogrzewania głównie taryfę tańszą - nocną);
- W przypadku systemów typu powietrze/woda z obiegiem odwracalnym, czyli realizującym funkcję grzania lub chłodzenia instalacji (uwaga: konieczna jest paroszczelna izolacja bufora związana z chłodzeniem);
- Współpraca z kotłem na paliwo stałe lub kotłem gazowym;
- Większa liczba obiegów grzewczych (większa niż jeden).

Minimalną pojemność bufora w litrach określa producent pompy ciepła na podstawie własnych wymagań zawartych w materiałach projektowych (instrukcji instalacji) lub na podstawie wytycznych PORTPC cz. 7

Przepisy f-gazowe

Ze względu na zmiany w przepisach f-gazowych obserwowany jest szybki rozwój technologii pomp ciepła w oparciu o naturalne czynniki chłodnicze takie jak R290 (propan o GWP=3) czy CO₂ (GWP=1) oraz rozwój produkcji technologii monoblokowych pomp ciepła (dedykowanych do klimatu środkowoeuropejskiego).

Takie urządzenia nie wymagają rejestracji w Centralnym Rejestrze Operatorów (f-gazowych) oraz nie podlegają pod obowiązkowe coroczne przeglądy f-gazowe.

Zgodnie z aktualnymi przepisami f-gazowymi:

- w przypadku pomp ciepła typu split z czynnikiem freonowym o ekwiwalencie większym lub równym 5 ton CO₂, wymagana jest rejestracja pompy ciepła w CRO, czyli Centralnym Rejestrze Operatorów (f-gazowych) i coroczne płatne przeglądy z wpisem do bazy CRO. w przypadku gdy ekwiwalent napełnienia czynnika chłodniczego jest mniejszy niż 5 ton CO₂ nie ma obowiązku rejestracji pompy ciepła w CRO, czyli Centralnym Rejestrze Operatorów (f-gazowych) i wykonywania corocznych płatnych przeglądów z wpisem do bazy CRO. Firma (często jest to tzw. serwis firmowy), która podłącza linię freonową i uruchamia pompę ciepła musi posiadać firmowe uprawnienia f-gazowe, a osoba wykonująca podłączenie linii freonowej i uruchomienie musi posiadać uprawnienia f-gazowe personalne.
- w przypadku pomp ciepła typu monoblokowych, szczelnych hermetycznie, z czynnikiem freonowym o ekwiwalencie napełnienia większym lub równym 10 ton CO₂ wymagana jest rejestracja pompy ciepła w CRO, czyli Centralnym Rejestrze Operatorów (f-gazowych) i coroczne płatne przeglądy z wpisem do bazy CRO. w przypadku gdy ekwiwalent napełnienia czynnika chłodniczego jest mniejszy niż 10 ton CO₂ nie ma obowiązku rejestracji pompy ciepła w CRO i corocznych płatnych przeglądów z wpisem do bazy CRO. Firma (często jest to tzw. serwis firmowy), która uruchamia pompę ciepła musi posiadać firmowe uprawnienia f-gazowe, a osoba wykonująca uruchomienie pompy ciepła musi posiadać uprawnienia f-gazowe personalne. Jest to związane z konieczności pośredniej lub bezpośredniej kontroli szczelności urządzenia f-gazowego. w przypadku pomp ciepła typu monoblokowych, szczelnych hermetycznie z czynnikiem naturalnym (nie zawierającym f-gazów, np. R290 lub CO₂) nie jest wymagana rejestracja pompy ciepła w CRO.

Przepisy dotyczące certyfikacji personelu i przedsiębiorców w zakresie F-gazów określają:

- ustawa z dnia 15 maja 2015 r. o substancjach zubożających warstwę ozonową oraz o niektórych fluorowanych gazach cieplarnianych
- ustawa z dnia 12 lipca 2017 r. o zmianie ustawy o substancjach zubożających warstwę ozonową oraz o niektórych fluorowanych gazach cieplarnianych oraz niektórych innych ustaw.

Lista rozporządzeń wykonawczych do Ustawy z dnia 15 maja 2015 r. o substancjach zubożających warstwę ozonową oraz niektórych fluorowanych gazach cieplarnianych:

- Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 11 grudnia 2015 r. w sprawie wymagań dotyczących wyposażenia technicznego jednostek prowadzących szkolenia w zakresie odzysku substancji kontrolowanych oraz fluorowanych gazów cieplarnianych z systemów klimatyzacji w niektórych pojazdach silnikowych, minimalnych wymagań dotyczących wiedzy teoretycznej i doświadczenia praktycznego osób prowadzących szkolenia, wzoru zaświadczenia o odbytym szkoleniu i wysokości jednostkowych stawek opłat.

- Rozporządzenie Ministra Rozwoju i Finansów z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie minimalnego wyposażenia technicznego odpowiedniego dla wykonywania czynności objętych certyfikatem dla personelu w zakresie fluorowanych gazów cieplarnianych i substancji kontrolowanych.
- Rozporządzenie Ministra Rozwoju i Finansów z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie egzaminowania i certyfikowania personelu w zakresie fluorowanych gazów cieplarnianych i substancji kontrolowanych.
- Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 14 grudnia 2015 r. w sprawie wzoru zgłoszenia podmiotu zamierzającego pełnić funkcję jednostki oceniającej personel oraz wzoru zgłoszenia podmiotu zamierzającego pełnić funkcję jednostki prowadzącej szkolenia.
- Rozporządzenie Ministra Rozwoju i Finansów z dnia 7 listopada 2017 r. w sprawie wskazania podmiotu pełniącego funkcję jednostki certyfikującej przedsiębiorców oraz jednostki certyfikującej personel.
- Rozporządzenie Ministra Rozwoju i Finansów z dnia 12 grudnia 2017 r. w sprawie sposobu przeprowadzania kontroli spełniania warunków uzyskania certyfikatu dla przedsiębiorców.
- Rozporządzenie Ministra Rozwoju i Finansów z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie wzoru wniosku o wydanie certyfikatu dla przedsiębiorców, wzoru tego certyfikatu i jego opisu oraz wysokości jednostkowych stawek opłat pobieranych przez jednostkę certyfikującą przedsiębiorców.
- Rozporządzenie Ministra Rozwoju i Finansów z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie minimalnego wyposażenia technicznego, procedur oraz systemu dokumentowania czynności przy prowadzeniu działalności, polegającej na instalowaniu, konserwacji lub serwisowaniu, naprawie lub likwidacji urządzeń, zawierających fluorowane gazy cieplarniane.
- Rozporządzenie Ministra Rozwoju i Finansów z dnia 11 października 2017 r. w sprawie dodatkowego egzaminu wymaganego w odniesieniu do agregatów chłodniczych samochodów ciężarowych i przyczep chłodni.
- Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 3 grudnia 2015 r. w sprawie jednostkowych stawek opłat za czynności realizowane przez jednostkę certyfikującą personel.

Lista rozporządzeń Parlamentu Europejskiego i Rady oraz Komisji Europejskiej, których wykonanie w zakresie swojej regulacji umożliwia ww. ustawa:

- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr. 1005/2009 z dnia 16 września 2009 r. w sprawie substancji zubożających warstwę ozonową.
- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 517/2014 z dnia 16 kwietnia 2014 r. w sprawie niektórych fluorowanych gazów cieplarnianych i uchylenia rozporządzenia (WE) nr 842/2006.
- Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1497/2007 z dnia 18 grudnia 2007 r. określające, zgodnie z rozporządzeniem (WE) nr 842/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady, standardowe wymogi w zakresie kontroli szczelności w odniesieniu do

stacjonarnych systemów ochrony przeciwpożarowej zawierających niektóre fluorowane gazy cieplarniane.

- Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1516/2007 z dnia 19 grudnia 2007 r. ustanawiające, zgodnie z rozporządzeniem (WE) nr 842/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady, standardowe wymogi w zakresie kontroli szczelności w odniesieniu do stacjonarnych urządzeń chłodniczych i klimatyzacyjnych oraz pomp ciepła zawierających niektóre fluorowane gazy cieplarniane.
- Rozporządzenie Komisji (UE) nr 2015/2067 z dnia 17 listopada 2015 r. ustanawiające, na mocy rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 517/2014, minimalne wymagania i warunki wzajemnego uznawania osób fizycznych w odniesieniu do stacjonarnych urządzeń chłodniczych, klimatyzacyjnych i pomp ciepła oraz agregatów chłodniczych samochodów ciężarowych i przyczep chłodni, zawierających fluorowane gazy cieplarniane, a także certyfikacji przedsiębiorstw w odniesieniu do stacjonarnych urządzeń chłodniczych, klimatyzacyjnych i pomp ciepła zawierających fluorowane gazy cieplarniane.
- Rozporządzenie Komisji (WE) nr 304/2008 z dnia 2 kwietnia 2008 r. ustanawiające, na mocy rozporządzenia (WE) nr 842/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady, minimalne wymagania i warunki dotyczące wzajemnego uznawania certyfikacji przedsiębiorstw i personelu w odniesieniu do stacjonarnych systemów ochrony przeciwpożarowej i gaśnic zawierających niektóre fluorowane gazy cieplarniane.
- Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) nr 2015/2066 z dnia 17 listopada 2015 r. ustanawiające, na mocy rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 517/2014, minimalne wymagania i warunki dotyczące wzajemnego uznawania certyfikacji osób fizycznych dokonujących instalacji, serwisowania, konserwacji, napraw lub likwidacji rozdzielnic elektrycznych zawierających fluorowane gazy cieplarniane bądź dokonujących odzysku fluorowanych gazów cieplarnianych ze stacjonarnych rozdzielnic elektrycznych.
- Rozporządzenie Komisji (WE) nr 306/2008 z dnia 2 kwietnia 2008 r. ustanawiające, na mocy rozporządzenia (WE) nr 842/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady, minimalne wymagania i warunki wzajemnego uznawania certyfikacji personelu dokonującego odzysku rozpuszczalników na bazie fluorowanych gazów cieplarnianych z urządzeń.
- Rozporządzenie Komisji (WE) nr 307/2008 z dnia 2 kwietnia 2008 r. ustanawiające, na mocy rozporządzenia (WE) nr 842/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady, minimalne wymagania w zakresie programów szkoleniowych oraz warunki wzajemnego uznawania zaświadczeń o odbytym szkoleniu dla personelu w odniesieniu do wykorzystywanych w niektórych pojazdach silnikowych systemów klimatyzacyjnych zawierających niektóre fluorowane gazy cieplarniane.

5.2 Kolektory słoneczne

5.2.1 Słowniczek pojęć

Kolektor słoneczny – urządzenie umożliwiające konwersję promieniowania słonecznego na ciepło użytkowe. Ze względu na rodzaj czynnika roboczego najbardziej rozpowszechnionymi typami kolektorów słonecznych są kolektory: powietrzne i cieczowe (płaskie, próżniowe).

Kolektor powietrzny – kolektor, który przekazuje ciepło słoneczne do przepływającego przez niego powietrza.

Kolektor cieczowy – kolektor, który przekazuje ciepło słoneczne do przepływającej przez niego cieczy (wody, płynu solarnego, którym najczęściej jest wodny roztwór glikolu propylenowego).

Kolektor płaski – kolektor zbudowany z absorbera (z blachy miedzianej lub aluminiowej) pokrytego warstwą selektywną, przymocowanego do układu odbioru ciepła w postaci rury miedzianej lub aluminiowej. Kolektor wraz z układem zamknięty jest w wypełnionej od spodu izolacją wannie przykrytej szybą hartowaną.

Kolektor próżniowy – rurowy – kolektor słoneczny zbudowany z szeregu rur próżniowych, w których umieszczony jest absorber. Kolektory próżniowe mogą mieć różne konstrukcje, np. typu heat-pipe lub z bezpośrednim przepływem płynu solarnego.

Kolektory słoneczne skupiające – rodzaj kolektora słonecznego. w tym typie kolektorów promieniowanie słoneczne jest odbijane i skupiane w miejscu, gdzie znajduje się absorber (wymiennik ciepła).

Absorber – element absorbujący promieniowanie słoneczne oraz zamieniający go w ciepło, odbierane przez płyn solarny.

Powierzchnia absorbera – całkowita powierzchnia absorbera.

Powierzchnia apertury – pole powierzchni odbiorczej kolektora, przez którą wpada promieniowanie słoneczne.

Powierzchnia kolektora (brutto) – powierzchnia zewnętrzna kolektora, określana na potrzeby oszacowania powierzchni montażowej.

Absorbacja – określa efektywność przekształcania promieniowania słonecznego w ciepło.

Solarny stopień pokrycia – stosunek energii dostarczonej przez kolektory słoneczne w ciągu roku do całkowitego rocznego zapotrzebowania na ciepło na przygotowanie ciepłej wody użytkowej, wyrażony w procentach. w przypadku domów jednorodzinnych najczęściej stopień solarnego pokrycia wynosi od 40 do 60%.

Solarny zysk energetyczny – ilość energii oddawanej w ciągu roku do zasobnika solarnego.

Zasobnik solarny – stojący, pionowy, cylindryczny zbiornik magazynujący ciepło pochodzące z kolektorów słonecznych.

Naczynie wzbiorcze (przeponowe) – zamknięty zbiornik, który składa się z dwóch komór oddzielonych membraną. Służy do przyjmowania nadmiaru cieczy, wynikającej z rozszerzalności termicznej cieczy.

Odpowietrznik – element instalacji służący do odprowadzania z instalacji nadmiaru powietrza.

Pompa solarna – pompa obiegowa wymuszająca przepływ czynnika w instalacji, a tym samym transport ciepła od kolektora słonecznego do zasobnika solarnego.

Refraktometr – przyrząd za pomocą którego badana jest temperatura krzepnięcia cieczy.

Regulator solarny – sterownik odpowiadający za poprawne działanie instalacji solarnej, którego funkcją jest zarządzanie pracą instalacji. Jego dodatkową rolą jest ochrona systemu przed przegrzaniem.

Sprawność optyczna kolektora – maksymalna (teoretyczna) sprawność kolektora słonecznego, osiągana w sytuacji, kiedy temperatura absorbera zbliża się do temperatury czynnika.

Stagnacja – jest to maksymalna temperatura jaką osiąga absorber bez przepływu czynnika roboczego przy $T=30^{\circ}\text{C}$ i nasłonecznieniu na płaszczyznę kolektora 1000 W/m^2 .

Układ Tichelmann – rodzaj połączenia stosowanego do połączenia większej ilości kolektorów słonecznych. W układzie tym ciecz solarna równomiernie schładza całą powierzchnia absorbera. Wszelkie drogi przepływu płynu w tym połączeniu mają taką samą długość oraz średnice dzięki czemu takie same są opory przepływów.

Wymiennik ciepła – urządzenie, w którym przekazanie ciepła od jednego medium do drugiego. w instalacjach z kolektorem słonecznym wymiennik najczęściej znajduje się w zasobniku solarnym w postaci wężownicy.

Zasobnik c.w.u. (solarny) – zbiornik na wodę użytkową, od strony wody użytkowej zabezpieczony przed korozją emalią lub wykonany ze stali nierdzewnej, posiadający co najmniej dwie wężownice grzewcze: jedna – do źródła solarnego, druga (górna) – do źródła dodatkowego.

Solarna grupa pompowa – zespół urządzeń z pompą obiegową instalacji solarnej, zaworem bezpieczeństwa, zaworami napełniającymi i spustowymi, zaworem regulacji przepływu, często także z przepływomierzem i sterownikiem.

5.2.2 Opis technologii

Korzystne warunki dla wykorzystania energii słonecznej w celu przygotowania ciepłej wody użytkowej, występują praktycznie na terenie całego województwa małopolskiego. Południowa część województwa charakteryzuje się nasłonecznieniem powyżej 1000 kWh/m^2 , natomiast północna – nieco niższym, w zakresie od 950 do 1000 kWh/m^2 .

Na południu województwa małopolskiego (w Wysokogórskim Obserwatorium Meteorologicznym IMGW-PIB na Kasprowym Wierchu) odnotowano również najwyższą

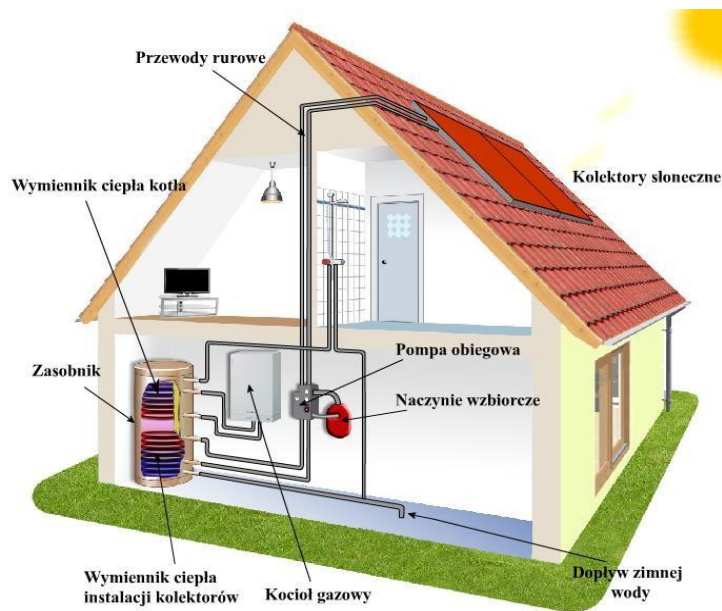
w Polsce wartość natężenia promieniowania słonecznego równą 1200 W/m^2 , podczas gdy średnia wartość waha się w przedziale od 600 do 800 W/m^2 .³²

Należy pamiętać, że pozyskiwanie energii słonecznej jest zróżnicowane pod względem dopływu tej energii o różnych porach dnia i roku. Najwięcej użytecznego promieniowania słonecznego w Polsce przypada w okresie letnim. Różnica ilości energii docierającej do powierzchni Ziemi w okresie zimowym i w okresie letnim, kiedy słońce znajduje się najwyżej nad horyzontem, jest bardzo zróżnicowana. Ilość docierającej energii w grudniu jest ok. 6 razy mniejsza niż w czerwcu. Decydują o tym zarówno sezonowe zmiany w kącie padania promieni słonecznych, jak również długość dnia, zachmurzenie czy wilgotność, zmgłnienie i zanieczyszczenie powietrza.

Zasada działania instalacji

Docierająca do kolektora energia promieniowania słonecznego zamieniana jest na ciepło i przekazywana do nośnika, którym może być ciecz (np. woda, wodny roztwór glikolu – płyn o niskiej temperaturze krzepnięcia) lub gaz (np. powietrze). Nośniki przepływają między kanałami zlokalizowanymi w absorberze, odbierając od niego ciepło i przekazując je dalej, najczęściej do zbiornika z wodą. Przepływ ciepła jest wymuszony działaniem urządzeń mechanicznych – pomp w systemach cieczowych czy wentylatorów w systemach powietrznych. Standardowy system solarny, poza kolektorami służącymi do pozyskania ciepła słonecznego, składa się z zasobnika ciepłej wody, pompy obiegowej, naczynia wzbiorczego oraz sterownika (Rysunek 16). Instalacja kolektorów słonecznych jest użyteczna zwłaszcza w układach przygotowania ciepłej wody użytkowej (c.w.u.), ale może być zastosowana również do wspomagania centralnego ogrzewania (c.o.).

³² Typowe lata meteorologiczne i statystyczne dane klimatyczne do obliczeń energetycznych budynków - <https://www.miiir.gov.pl/strony/zadania/budownictwo/charakterystyka-energetyczna-budynkow/dane-do-obliczen-energetycznych-budynkow-1/#Typowe%20lata%20meteorologiczne%20i%20statystyczne%20dane%20klimatyczne%20do%20oblicze%C5%84%20energetycznych%20budyn%C3%B3w>



33

Rysunek 16 Przykładowy schemat instalacji solarnej w budynku jednorodzinnym.

Podział kolektorów

Obecnie na rynku dostępnych jest wiele rodzajów kolektorów słonecznych charakteryzujących się różnymi parametrami cieplnymi i technicznymi. Niemniej jednak prym wiodzie technologia kolektorów cieczowych płaskich, ze względu na ich niezawodną pracę przez długi czas. Kolektory te są głównie pochodzenia krajowego.

Podstawowym kryterium podziału kolektorów jest zastosowany rodzaj nośnika ciepła:

- Kolektory powietrzne - w kolektorach powietrznych pochłonięta przez absorber energia oddawana jest przepływającemu w ukształtowanym kanale strumieniowi powietrza. Absorber z przymocowanymi kanałami powietrznymi zamknięty jest w prostopadłościenniej obudowie przykrytej szybą. Kolektory te są stosunkowo rzadko wykorzystywane w Polsce.
- Kolektory cieczowe - najbardziej rozpowszechnione w Polsce są kolektory cieczowe, które można podzielić na:

- kolektory płaskie,
- kolektory płaskie próżniowe,
- kolektory próżniowe–rurowe typu „heat–pipe”:
 - z podwójną rurą szklaną – typu „termos”,
 - z pojedynczą rurą szklaną,
- ○ kolektory próżniowe–rurowe typu „U–pipe”.

Najbardziej popularne i najczęściej stosowane, szczególnie w układach przygotowania ciepłej wody użytkowej i w systemach basenowych, są kolektory płaskie cieczowe (Rysunek

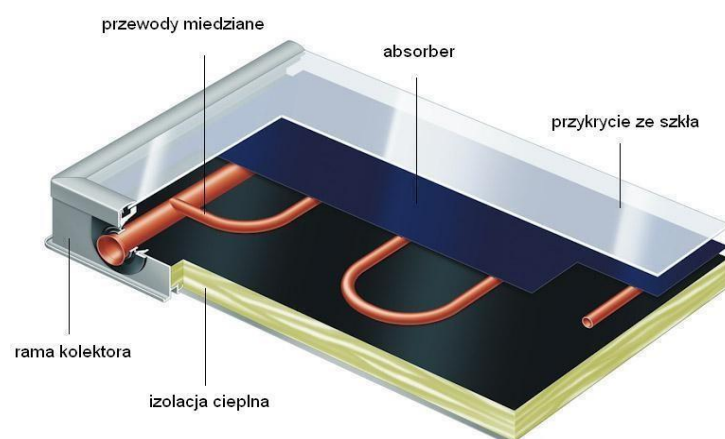
³³ Źródło: Górecki et al., 2015, Efektywne wykorzystanie odnawialnych źródeł energii – graficzne przedstawienie instalacji z kolektorami słonecznymi.

17). Wybierane są one głównie ze względu na prostotę budowy, bezawaryjną długoletnią eksploatację i stosunkowo niskie koszty produkcji w porównaniu do pozostałych typów.

Kolektory te zbudowane są z absorbera promieniowania słonecznego, przymocowanego do rur, przez które płynie nośnik ciepła. Absorber jako zasadniczy element kolektora, odpowiedzialny za przemianę energii słonecznej w ciepło, wykonany jest z blachy miedzianej lub aluminiowej pokrytej wysokoselektywną substancją pochłaniającą promieniowanie słoneczne. Najczęściej tą substancją jest tlenek tytanu.

Wszystkie wymienione najważniejsze części kolektora słonecznego płaskiego umieszczone są w szczelnej obudowie wykonanej z aluminium lub z włókna szklanego. Absorber oraz rury wykonywane są w trzech wariantach:

- miedź – miedź;
- aluminium – miedź;
- aluminium – aluminium.



Rysunek 17 Schemat budowy kolektora płaskiego.³⁴

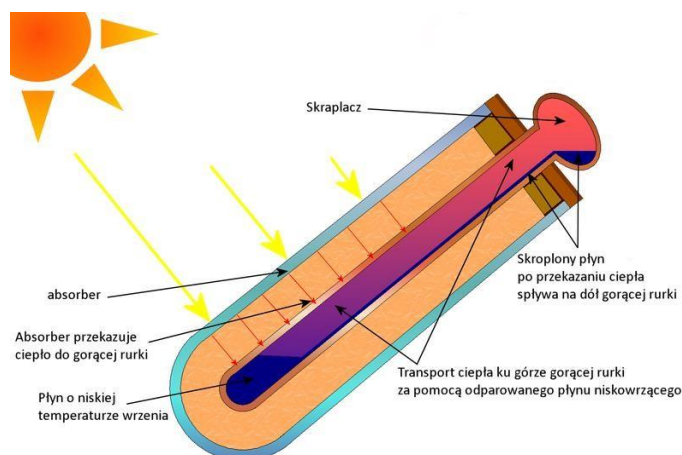
Alternatywą dla kolektorów płaskich są kolektory próżniowo–rurowe cechujące się lepszymi parametrami cieplnymi, co z kolei wiąże się z wolniejszym spadkiem sprawności kolektora w zależności od temperatury otoczenia.

Próżniowo–rurowe kolektory słoneczne pozbawione są klasycznych materiałów izolacyjnych, gdyż izolacją cieplną jest znajdująca się w środku rury próżnia – izolacja doskonała. Kolektory próżniowo–rurowe zbudowane są z kilku do kilkunastu równolegle ułożonych rur szklanych, połączonych ze sobą w belce zbiorczej.

W kolektorach typu „heat-pipe” wewnątrz szklanej rury znajduje się tzw. ciepłowód – wydłużony walcowaty zbiornik (rurka) wypełniony cieczą o niskiej temperaturze wrzenia, zbudowany zazwyczaj z miedzi. Zadaniem absorbera jest przekazanie zgromadzonego ciepła za pośrednictwem wyprofilowanej blachy miedzianej lub aluminiowej do ciepłowodu (rysunek 9). Energia ta wykorzystywana jest do odparowania cieczy niskowrzącej, która w postaci gazu kieruje się ku górze „gorącej rurki”. Następnie czynnik grzewczy instalacji słonecznej (wodny

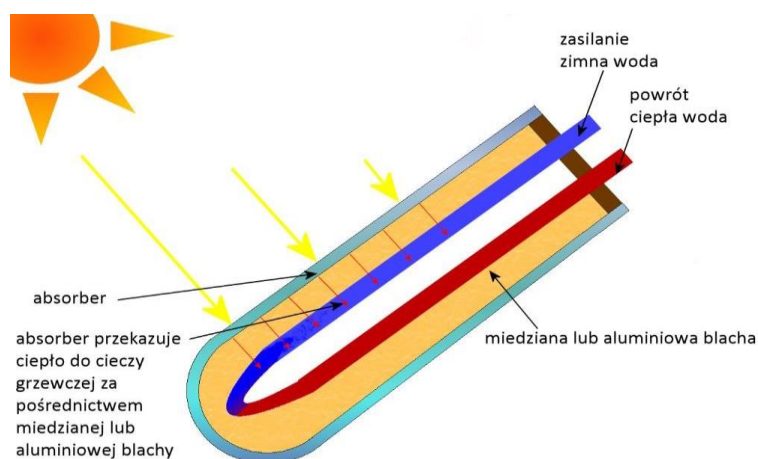
³⁴ Źródło: www.termoinstal.pl – graficzne przedstawienie elementów budowy kolektora słonecznego płaskiego.

roztwór glikolu) odbiera ciepło od pary płynu niskowrzącego, powodując jego skroplenie. Schłodzony czynnik po powrocie do postaci płynnej spływa na dno „gorącej rurki”, gdzie ulega ponownie nagrzaniu i odparowaniu – proces rozpoczyna się od nowa. Kolektory próżniowe–rurowe typu „heat-pipe” mogą posiadać konstrukcję typu „termos” oraz typu pojedynczej rury.



Rysunek 18 Budowa i schemat działania kolektora próżniowego typu „heat – pipe”.³⁵

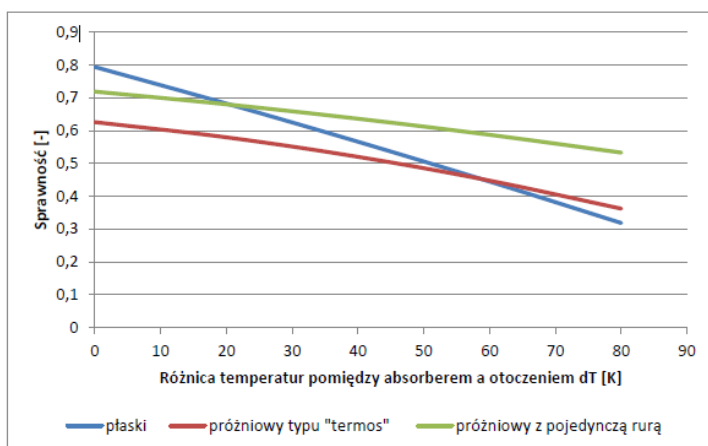
Kolektory próżniowe „U-pipe” charakteryzują się bezpośrednim przepływem płynu solarnego przez miedzianą rurkę przymocowaną do absorbera (Rysunek 18). Są one obecnie technologią niszową.



Rysunek 19 Budowa i schemat działania kolektora próżniowego typu „U-pipe”.³⁶

³⁵ Źródło: Górecki et al., 2015, Efektywne wykorzystanie odnawialnych źródeł energii – graficzne przedstawienie budowy kolektora próżniowego.

³⁶ Źródło: Górecki et al., 2015, Efektywne wykorzystanie odnawialnych źródeł energii – graficzne przedstawienie budowy kolektora próżniowego.



Rysunek 20 Przebieg sprawności kolektorów słonecznych w zależności od różnicy temperatur absorbera i otoczenia dla różnych typów kolektorów słonecznych.³⁷

Zgodnie z wykresem przedstawionym na Rysunek 20, należy zauważyć, że kolektory w technologii „heat-pipe” typu „termos” charakteryzują się niskimi sprawnościami, w porównaniu z kolektorami próżniowymi z pojedynczą rurą oraz z kolektorami płaskimi.

Biorąc pod uwagę doświadczenia eksploatacyjne oraz przebiegi sprawności kolektorów, obecnie optymalnym rozwiązaniem są kolektory płaskie.

Podział instalacji solarnych, ze względu na miejsce montażu:

- Instalacje naziemne - montaż modułów w formie instalacji naziemnej pozwala na łatwy dostęp do kolektorów słonecznych i ich serwis. Lokalizacja instalacji naziemnej wymaga niezacienionej powierzchni, usytuowanej relatywnie blisko miejsca, w którym będzie znajdował się zasobnik ciepłej wody użytkowej. Takie konstrukcje posiadają często możliwość modulacji kąta pochylenia modułów, co daje możliwość optymalnego ustawienia całego systemu.
- Instalacje na dachach płaskich - dla dachów płaskich często rekomendowanym przez firmy wykonawcze rozwiązaniem jest zastosowanie samonośnej konstrukcji wsporczej dociążanej bloczkami betonowymi. Tego typu konstrukcje są aerodynamiczne i wymagają jedynie niewielkiego dodatkowego balastu. Konstrukcja nie wymaga mocowania do dachu, dzięki czemu nie narusza jego pokrycia i szczelności. Takie konstrukcje posiadają często możliwość modulacji kąta pochylenia modułów, co daje możliwość optymalnego ustawienia całego systemu.
- Instalacje na dachach skośnych - najczęstszymi instalacjami wykonywanymi w Polsce są instalacje dachowe, na dachach skośnych. w przypadku montażu instalacji solarnej na dachu należy pamiętać o wyborze odpowiedniej ekspozycji. Korzystne do montażu instalacji solarnej są ekspozycje od

³⁷ Źródło: opracowanie własne – Instytut „Miękinia” – wykres obrazujący zmianę sprawności kolektorów słonecznych w zależności od zastosowanej technologii oraz różnicy temperatur.

południowego wschodu do południowego zachodu. Poprawnie rozplanowane kolektory na dachu nie mogą wychodzić poza obrys dachu (odsunięte o ok. 1m od krawędzi dachu) oraz muszą być odsunięte od wszystkich elementów zacieniających.

Ochrona przed zamarznięciem

Instalacje solarne powinny posiadać zabezpieczenie uniemożliwiające w okresach zimowych podczas występowania przerw w odbiorze energii zamarznięcie czynnika.

- instalacja z czynnikiem niezamarzającym – jest to najpopularniejsze rozwiązanie przeciw zamarznięciu czynnika. w instalacji krąży wodny roztwór glikolu (najczęściej propylenowego) jako nośnik ciepła. Dodatkowo glikol uzupełniony o odpowiednie inhibitory chroni przed korozją.
- termiczna ochrona przed zamarzaniem – ze zbiornika jest pobierana ciepła woda, która ogrzewa instalację. Rozwiązanie wykorzystywane w instalacjach, gdzie czynnikiem jest czysta woda.
- system samoopróżniający się – dla instalacji wykorzystującej wodę lub glikol. w sytuacji, kiedy system nie pracuje czynniki automatycznie zostanie opróżniony z instalacji.

Zalety stosowania kolektorów słonecznych

Zaletą instalacji z kolektorami słonecznymi jest szybki i prosty montaż oraz możliwość podłączenia do konwencjonalnych systemów c.o. i c.w.u. Należy pamiętać, że instalacje z kolektorami słonecznymi służą głównie do wspomagania przygotowania c.w.u. oraz c.o., zatem do pokrycia całkowitego zapotrzebowania na ciepło niezbędne jest źródło dodatkowe (np. pompa ciepła, kocioł gazowy, grzałka elektryczna, itp.), które w pochmurne dni przejmuje przejmując funkcję grzania/dogrzewania.

5.3 Instalacje fotowoltaiczne

5.3.1 Słowniczek pojęć

Natężenie promieniowania słonecznego – wartość gęstości mocy promieniowania słonecznego, która pada w ciągu 1s na powierzchnię 1 m^2 prostopadłą do kierunku promieniowania.

Nastłonecznienie ilość energii słonecznej przypadającej na daną powierzchnię w określonym czasie. Służy do opisanie zasobów energii słonecznej w danym miejscu i czasie.

Ustłonecznienie – jest to liczba godzin w ciągu roku, kiedy na powierzchnie ziemi padają bezpośrednio promienie słoneczne.

Sprawność modułu PV – stosunek mocy wyjściowej modułu PV do padającego promieniowania słonecznego w danym czasie

Effekt fotowoltaiczny - jest to przykład wewnętrznego zjawiska fotoelektrycznego. Polega on na powstawaniu siły elektromotorycznej w ciele stałym jako następstwo promieniowania elektromagnetycznego.

Moduł fotowoltaiczny – urządzenie służące do bezpośredniej zamiany energii promieniowania słonecznego na energię elektryczną. Zbudowany z ogniw fotowoltaicznych.

Ogniwo fotowoltaiczne – półprzewodnikowy element, w którym zachodzi konwersja energii promieniowania słonecznego na energię elektryczną

Instalacja on-grid – rodzaj instalacji, w której istnieje bezpośrednie połączenie instalacji PV z siecią elektroenergetyczną. Połączenie to jest niezbędne do prawidłowej pracy instalacji.

Instalacja off-grid – rodzaj instalacji, w której nie ma fizycznego połączenia instalacji PV z siecią elektroenergetyczną. Instalacja współpracująca z własnym magazynem energii.

Generator PV – zespół połączonych ze sobą modułów PV, pracujących w celu generowania energii elektrycznej

Łańcuch fotowoltaiczny – grupa szeregowo połączonych ze sobą modułów PV

Falownik – urządzenie służące do konwersji prądu stałego na prąd przemienny o parametrach zbliżonych do parametrów sieci elektrycznej

Dioda by-pass – element umożliwiający przepływ prądu z wyłączeniem zacienionego modułu

Optymalizator mocy – urządzenie elektroniczne współpracujące z jednym lub kilkoma modułami PV, mające na celu zniwelowanie różnic wynikających z niedopasowania prądowo-napięciowego w szeregu PV (najczęściej spowodowanego zacienieniem danego modułu).

Akumulator elektryczny – odwracalne ogniwo galwaniczne, które służy do wielokrotnego magazynowania i oddawanie energii elektrycznej.

BIPV – moduły fotowoltaiczne zintegrowane z konstrukcjami budynków

Charakterystyka prądowo-napięciowa – zależność napięcia od natężenia prądu w module PV. Ma na celu przedstawienie wydajności modułu fotowoltaicznego.

Hybrydowe systemy – systemy produkujące energię elektryczną (lub ciepłą) korzystając z więcej niż jednego źródła energii

Prąd elektryczny – uporządkowany ruch elektronów

Wirtualny prosument – jest to odbiorca końcowy, który wytwarza energię elektryczną wyłącznie z mikroinstalacji na własne potrzeby, a instalacja ta przyłączona jest do sieci w innym miejscu niż miejsce lub miejsca dostarczania energii elektrycznej do tego odbiorcy. Jednocześnie, instalacja ta nie jest przyłączona do sieci za pośrednictwem wewnętrznej instalacji elektrycznej budynku wielorodzinnego.

Prosument zbiorowy – jest to odbiorca końcowy, który wytwarza energię elektryczną z mikroinstalacji lub małej instalacji przyłączonej do sieci, wyłącznie na własne potrzeby i za pośrednictwem wewnętrznej instalacji elektrycznej budynku wielorodzinnego, w której znajduje się punkt poboru energii elektrycznej tego odbiorcy.

Opust – sposób bezgotówkowego rozliczenia energii elektrycznej pobranej przez prosumenta oraz wyprodukowanej w mikroinstalacji. Rozliczenie w ramach opustu odbywa się w okresie rocznym, przy czym dla instalacji o mocy do 10 kW za 1 kWh oddaną do sieci prosument może odebrać 0,8 kWh. w przypadku instalacji o mocy 10–50 kW rozliczenie odbywa się w stosunku ilościowym 1 do 0,7 kWh. Od energii rozliczanej w ramach opustu prosument nie uiszcza opłaty dystrybucyjnej. Należy zaznaczyć, że po roku, niewykorzystany w ramach opustu nadmiar energii elektrycznej przepada. z tego względu moc instalacji PV powinna być precyzyjnie dobrana do zużycia energii. System rozliczeń obowiązujący do 31 marca 2022 roku dla nowych instalacji fotowoltaicznych.

Umowa kompleksowa – warunkiem koniecznym do rozliczenia energii elektrycznej w oparciu o system opustu jest posiadanie przez prosumenta umowy kompleksowej o świadczenie usług dystrybucji i sprzedaży energii elektrycznej. w przypadku zmiany dostawcy energii prosument musi zadbać, aby nowy sprzedawca posiadał tzw. Generalną Umowę Dystrybucji dla Usługi Kompleksowej GUD–K.

Net-billing – system rozliczeń opierający się na zakupie i sprzedaży energii elektrycznej produkowanej przez instalacje fotowoltaiczną, wprowadzony 1 kwietnia 2022 roku.

Net-metering – system rozliczeń opierający się na ilości energii elektrycznej oddanej i pobranej z sieci, wyprodukowanej przez instalacje fotowoltaiczną.

Konto prosumenta – to indywidualne konto, na którym rozliczana będzie nadwyżka energii z fotowoltaiki w systemie wartościowym i w oparciu o ewidencję ilości energii i wartości energii elektrycznej.

Rynkowa miesięczna cena energii elektrycznej (RCEm) – cena ta będzie wykorzystywana do rozliczania prosumentów w systemie obowiązującym od 1 kwietnia 2022 roku – nadwyżka energii z fotowoltaiki będzie sprzedawana przez prosumentów po RCEm.

Depozyt prosumenta – znajduje się na koncie prosumenta i stanowi podstawę rozliczeń. Prowadzony jest przez sprzedawcę energii. Środki na depozycie prosumenta mogą być rozliczane przez 12 miesięcy od dnia przypisania ich jako depozyt prosumencki na koncie prosumenta.

Spółdzielnia energetyczna – spółdzielnię w rozumieniu ustawy z dnia 16 września 1982 r. – Prawo spółdzielcze (Dz. U. z 2021 r. poz. 648) lub ustawy z dnia 4 października 2018 r. o spółdzielniach rolników (Dz. U. poz. 2073), której przedmiotem działalności jest wytwarzanie energii elektrycznej lub biogazu, lub ciepła, w instalacjach odnawialnego źródła energii i równoważenie zapotrzebowania energii elektrycznej lub biogazu, lub ciepła, wyłącznie na potrzeby własne spółdzielni energetycznej i jej członków, przyłączonych do zdefiniowanej obszarowo sieci dystrybucyjnej elektroenergetycznej o napięciu znamionowym niższym niż 110 kV lub sieci dystrybucyjnej gazowej, lub sieci ciepłowniczej;

5.3.2 Opis technologii

Obecnie fotowoltaika wykorzystywana jest zarówno w wielkiej skali, w postaci farm fotowoltaicznych generujących gigawatogodziny (GWh) energii elektrycznej w skali roku, jak również w mikro skali, gdzie moduły fotowoltaiczne produkują energię elektryczną w domostwach indywidualnych. w przypadku produkcji energii elektrycznej w skali mikro mówi się o energetyce rozproszonej. Ogniwa fotowoltaiczne wykorzystuje się również w życiu codziennym np. do ładowania baterii, w kalkulatorach, telefonach itp. Przemysł fotowoltaiczny rozwija się coraz prężniej, powstają nowe rozwiązania wykorzystujące nowe technologie oraz obserwowany jest ciągły wzrost sprawności modułów fotowoltaicznych.

Podział instalacji fotowoltaicznych

Podział instalacji fotowoltaicznych ze względu na współpracę z siecią:

- **Instalacje on-grid** – Instalacje sieciowe w przeciwieństwie do instalacji wyspowych, nie potrzebują akumulatorów do gromadzenia nadmiaru energii. Energia elektryczna jest wprowadzana do sieci wewnętrznej budynku i w pierwszej kolejności jest wykorzystywana do zasilania urządzeń. Nadmiar energii jest oddawany do sieci elektroenergetycznej, podobnie jak niedobór energii jest pokrywany energią z sieci publicznej.
- **Instalacja off-grid** – instalacja PV działająca niezależnie od działania sieci elektroenergetycznej. Nie posiada połączenia z siecią. Podstawowymi elementami budującymi wyspowe instalacje fotowoltaiczne są moduły fotowoltaiczne, falownik oraz akumulatory.
- **Instalacja z hybrydowym falownikiem** – instalacja łączy cechy systemu on-grid oraz off-grid. Zastosowany falownik współpracuje zarówno z siecią elektroenergetyczną jak również z magazynami energii. Nadprodukcja energii zanim trafi do sieci w pierwszej kolejności ładuje własny magazyn energii, który może zasilać budynek w okresie, kiedy instalacja fotowoltaiczna nie

pracuje lub w trakcie przerwy w dostawie energii – w tym drugim przypadku instalacja pracuje jak system off-grid.

W instalacji wyspowej energia nie jest wyprowadzana poza sieć domową. Nadwyżki energii (ta część energii, której nie zużyją na bieżąco urządzenia pracujące w budynku) zostaje zmagazynowana w akumulatorach i wykorzystana w okresie późniejszym.

W instalacji wyspowej moc falownika musi być tak dobrana, aby w pełni pokryć zapotrzebowanie na moc w budynku, co jest szczególnie problematyczne, gdy wykorzystywane są urządzenia pracujące rzadko, lecz z dużą mocą.

Podział ze względu na lokalizację:

- Instalacje naziemne - Montaż modułów w formie instalacji naziemnej pozwala na łatwy dostęp do modułów PV i ich serwis. Lokalizacja instalacji naziemnej wymaga niezacienionej powierzchni usytuowanej relatywnie blisko miejsca, w którym instalacja będzie przyłączona do sieci. Takie konstrukcje posiadają często możliwość modulacji kąta pochylenia modułów, co daje możliwość optymalnego ustawienia całego systemu.
- Instalacje na dachach płaskich - Na dachach płaskich często rekomendowanym przez firmy wykonawcze rozwiązaniem, jest zastosowanie konstrukcji wsporczej samonośnej dociążanej bloczkami betonowymi. Tego typu konstrukcje są aerodynamiczne i wymagają jedynie niewielkiego dodatkowego balastu. Konstrukcja nie wymaga mocowania do dachu, dzięki czemu nie narusza jego pokrycia i szczelności. Takie konstrukcje posiadają często możliwość modulacji kąta pochylenia modułów, co daje możliwość optymalnego ustawienia całego systemu.
- Instalacje na dachach skośnych - Najczęstszymi instalacjami wykonywanymi w Polsce są instalacje dachowe, na dachach skośnych. w przypadku montażu instalacji PV na dachu należy pamiętać o wyborze odpowiedniej ekspozycji. Korzystne do montażu instalacji PV są ekspozycje od południowego wschodu do południowego zachodu. Poprawnie rozplanowane moduły PV na dachu nie mogą wychodzić poza obrys dachu oraz muszą być odsunięte od wszystkich elementów zacieniających.
- Instalacje fasadowe - Moduły fotowoltaiczne w przypadku braku możliwości montażu ich na dachu lub gruncie, mogą zostać zamontowane również na elewacji budynku.
- Instalacje pływające - Fotowoltaiczne systemy pływające są rozwiązaniami wykorzystującymi tafle wody jako powierzchnie pod posadowienie modułów fotowoltaicznych. Rozwiązanie to cechuje się większymi kosztami inwestycyjnymi oraz utrudnieniami środowiskowymi. Moduły zamontowane na tafli wody są lepiej chłodzone od modułów montowanych na gruncie. Konstrukcje mogą być (pontonowe, półzatopione, elastyczne heksagonalne lub koncentratorowe systemy pływające).

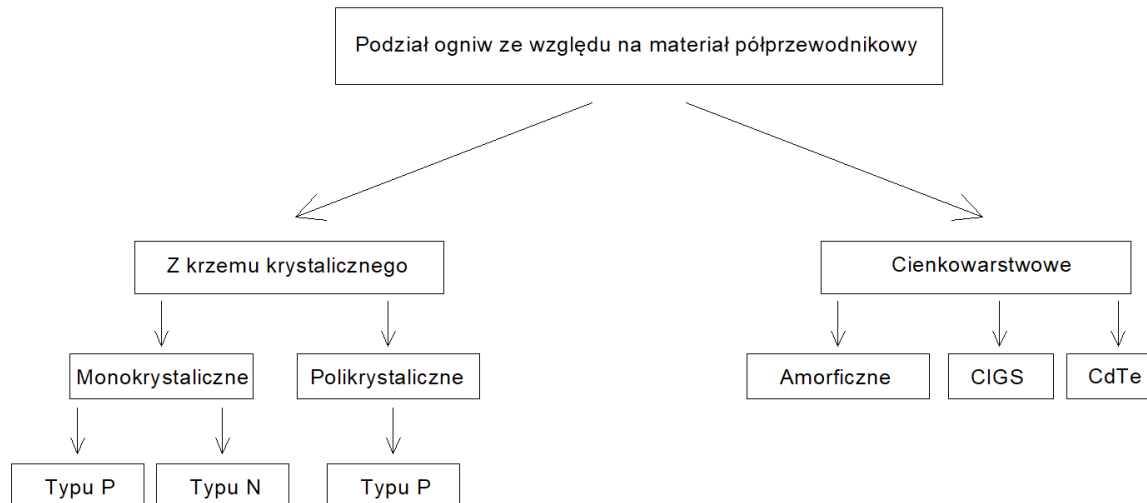
Podział ze względu na wielkość w rozumieniu ustawy z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii (Dz. U. z 2021 r. poz. 610, 1093, 1873 i 2376 oraz z 2022 r. poz. 467):

- Mikroinstalacja – instalacja odnawialnego źródła energii o łącznej mocy zainstalowanej elektrycznej nie większej niż 50 kW, przyłączona do sieci elektroenergetycznej o napięciu znamionowym niższym niż 110 kV albo o mocy osiągalnej cieplnej w skojarzeniu nie większej niż 150 kW, w której łączna moc zainstalowana elektryczna jest nie większa niż 50 kW
- Mała instalacja – instalacja odnawialnego źródła energii o łącznej mocy zainstalowanej elektrycznej większej niż 50 kW i nie większej niż 1 MW, przyłączona do sieci elektroenergetycznej o napięciu znamionowym niższym niż 110 kV albo o mocy osiągalnej cieplnej w skojarzeniu większej niż 150 kW i mniejszej niż 3 MW, w której łączna moc zainstalowana elektryczna jest większa niż 50 kW i nie większa niż 1 MW.

Moduły fotowoltaiczne

Moduł fotowoltaiczny to podstawowy element instalacji fotowoltaicznej. Jest to urządzenie, które służy do bezpośredniej zamiany energii promieniowania słonecznego na energię elektryczną w postaci prądu stałego.

Rodzaje modułów:



Technologie modułów monokrystalicznych:

- Moduły typu ALL BACK CONTACT – moduły te charakteryzują się tym, że obie ich elektrody znajdują się z tyłu modułu. Umieszczenie elektrod z tyłu zwiększa powierzchnię ogniw absorbującą energię promieniowania słonecznego, co przekłada się na wyższe sprawności ogniw. Problemem tego typu modułów jest wrażliwość na polaryzację, co prowadzi do degradacji indukowanym napięciem (PID).

- Moduły typu HIT – technologia oparta na heterozłączach z wewnętrzną cienką warstwą. Moduły te oprócz monokrystalicznego krzemu zawierają dwie warstwy krzemu amorficznego (typu P oraz typu N). Zaletą tych modułów jest dobre zagospodarowanie promieniowania rozproszonego, co zwiększa uzyski w mniej słoneczne dni w stosunku do standardowych modułów.
- Moduły oparte o ogniwa typu PERC (Passivated Emitter Rear Cell) – technologia ta jest oparta na pasywacji spodniej części ogniwa fotowoltaicznego. Pomędzy górną częścią elektrody, a dołem złącza P-N, zlokalizowana została warstwa izolatora elektrycznego, ograniczającego przyciąganie elektronów przez aluminiową elektrodę dolną. w ten sposób fotony zawracane są do ogniwa krzemowego przez co mają drugą szansę na wytworzenie prądu. Moduły te charakteryzują się lepszym wykorzystaniem promieniowania podczerwonego o dużej długości fal
- Moduły typu szyba-szyba – moduły zbudowane na bazie podwójnej szyby. Początkowo technologia ta była wykorzystywana głównie przy produkcji modułów cienkowarstwowych, w ostatnim czasie również moduły monokrystaliczne zaczęły być wykonywane w tej technologii. Moduły te są bardziej odporne na degradację, co wiąże się z mniejszym spadkiem wydajności modułu. Większość modułów BIPV jest wykonana w tej technologii.
- Moduły w technologii smartwire – technologia SWCT (Smart Wire Connection Technology) polega na zastąpieniu klasycznego lutowania ogniów szynowodami poprzez laminację siatką z mikroprzewodów. Moduły dzięki zastosowaniu tej technologii są bardziej odporne na mikropęknięcia. Większa liczba kontaktów obniża oporność skutkując wzrostem mocy.
- Moduły z ogniwami ciętymi na pół – HCC (Half Cut Cell) – ogniwa w tej technologii są przecinane na pół, pozwala to na czterokrotne zmniejszenie strat na linii ogniwo PV – moduł PV. w ogniwach HCC przez szynowody przepływa prąd o połowę mniejszy przez co spadek oporu elektrycznego powoduje wzrost wydajności.
- Moduły oparte o ogniwa MWT (Metal Wrap Through) – w ogniwach tych występują alternatywne połączenia między płytkami krzemowymi. Obecnie najbardziej popularnym rozwiązaniem są szynowody zbiorcze widoczne na frontowej części ogniwa. To rozwiązanie wiąże się z występowaniem zacinienia, a tym samym z ograniczeniem wydajności ogniwa fotowoltaicznego. w tej technologii MWT szynowody są przenoszone z przodu modułu na tył. Redukuje to zacinienie związane z występowaniem szyn na ogniwie. Zmniejszona zostaje również rezystancja szeregową.
- Dwustronne moduły PV – moduły te zbudowane są z ogniw, które znajdują się zarówno na stronie przedniej jak i tylnej modułu. Moduły te znajdują zastosowanie przede wszystkim na instalacjach gruntowych. Uzysk bifacjalny z takiego modułu zależy m.in. od współczynnika albedo terenu, wysokości dolnej krawędzi nad gruntem oraz odstępów pomiędzy poszczególnymi rzędami

Tabela 5

Charakterystyka modułów fotowoltaicznych w różnych technologiach.

				
Monokrystaliczny	Polikrystaliczny	CIGS	CdTe	Amorficzny
Sprawność 19%-22%	Sprawność 17-18%	Sprawność 13%-15%	Sprawność 12%-14%	Sprawność 8%-10%
Umiarkowany spadek wydajności przy wzroście temperatury pracy	Umiarkowany spadek wydajności przy wzroście temperatury pracy	Niski spadek wydajności przy wzroście temperatury pracy	Niski spadek wydajności przy wzroście temperatury pracy	Niski spadek wydajności przy wzroście temperatury pracy
Zazwyczaj w ramce	Zazwyczaj w ramce	Zazwyczaj w ramce	Zazwyczaj bez ramki	Zazwyczaj bez ramki
Bardzo wielu dostawców	Normalna ilość dostawców	Ograniczona liczba dostawców	Bardzo ograniczona liczba dostawców	Ograniczona liczba dostawców

Podział falowników ze względu na moc:

- Mikrofalowniki – są to falowniki współpracujące z jednym lub paroma modułami PV. Są niewielkich rozmiarów, mogą być montowane pod modułami fotowoltaicznymi.
- Falowniki szeregowe – współpracują z szeregi modułów PV. Są najpopularniejszym rozwiązaniem występującym przy mikroinstalacjach.
- Falowniki centralne – są to falowniki o bardzo dużej mocy (setki kilowatów lub megawaty). Dedykowane są do pracy na farmach fotowoltaicznych. Wewnętrznie składają się z kilku urządzeń zamontowanych wewnątrz stacji.



Mikro
Inwerter



Inwerter
Stringowy



Inwerter
Centralny

Rysunek 21 Podział falowników ze względu na moc.³⁸

Podział ze względu na izolację:

- Transformatorowe – pozwalają na galwaniczne oddzielenie strony DC od strony AC. Dzielą się na falowniki o transformatorach niskiej częstotliwości (LF – 50 Hz) oraz wysokiej częstotliwości (HF – 20-24 kHz)
- Beztransformatorowe – nie posiadają w swojej konstrukcji transformatora. w porównaniu do falowników transformatorowych cechują się mniejszą wagą oraz wyższą sprawnością w szerokim zasięgu obciążenia.



Inwerter
Beztransformatorowy



Inwerter
Transformatorowy

Rysunek 22 Podział falowników ze względu na izolację.³⁹

Monitoring pracy instalacji fotowoltaicznej

Sposób monitorowania pracy i informowania o awarii jest bardzo istotnym elementem, który z pewnością należy wziąć pod uwagę przy wyborze urządzenia. Najwygodniej, jeśli dzięki monitoringowi i komunikacji, informacja o ewentualnych nieprawidłowościach działania urządzenia zostanie wysłana do serwisanta automatycznie - zapewni to szybkie reagowanie i minimalizację strat. z punktu widzenia rozliczenia efektu ekologicznego ważne jest, aby,

³⁸ Źródło: solgen.pl

³⁹ Źródło: solgen.pl

gmina posiadała dostęp online do uzysków energii z każdej instalacji w ramach jednego spójnego systemu monitoringu pracy.

Zalety stosowania modułów fotowoltaicznych

- korzystanie z odnawialnego źródła energii, które nie ulegaj wyczerpaniu;
- wytrzymała budowa paneli – możliwość korzystania z nich ponad 20 lat;
- dziesiątki lat generowanych oszczędności, bez względu na wahania cen energii;
- możliwość współpracy z siecią elektroenergetyczną;
- możliwość pracy niezależnie od sieci elektroenergetycznej (instalacje wyspowe);
- zmniejszanie wskaźnika zużycia energii pierwotnej budynku;
- zmniejszenie śladu węglowego;
- zmniejszenie niskiej emisji oraz emisji lokalnej.

5.3.3 Magazyny energii elektrycznej

Magazyn energii elektrycznej jest to w rozumieniu art. 3 pkt 10k ustawy – Prawo energetyczne – instalacja umożliwiająca magazynowanie energii elektrycznej i wprowadzenie jej do sieci elektroenergetycznej.

Magazyny energii umożliwiają zmagazynowanie nadwyżek produkowanej energii elektrycznej oraz ich wykorzystanie w przyszłości.

Podział magazynów energii

Magazyny energii dzielą się ze względu na wielkość mogą być:

- przydomowe;
- przemysłowe.

Podział ze względu na rodzaj stosowanej technologii:

- baterie elektrochemiczne;
- elektrownie szczytowo-pompowe;
- superkondensatory;
- ogniwa paliwowe;
- nadprzewodnikowe zasobniki energii;
- kinetyczne i pneumatyczne zasobniki energii;
- zasobniki skroplonego powietrza;
- zasobniki wykorzystujące pompy ciepła;
- magazyny wodoru.

W mikroinstalacjach fotowoltaicznych najpopularniejszym typem wykorzystywanych akumulatorów są baterie elektrochemiczne.

Magazyny bateryjne – akumulatory – są zdolne do łatwego magazynowania i odzyskiwania energii. Energia jest magazynowana pod postacią energii elektrochemicznej. Przy instalacjach fotowoltaicznych dominują akumulatory litowo-jonowe. Akumulatory litowo-jonowe (Li-Ion) posiadają dwie elektrody (jedna jest wykonana z porowatego węgla, druga z tlenków metali),

elektrolitem jest ciecz zawierająca sole litowe. Sprawność tego typu akumulatorów wynosi w granicach 80-90 %.

Aby przedłużyć żywotność tych akumulatorów należy:

- ładować często oraz szybko po rozładowaniu. w przypadku gdy nie będą stosowane przez dłuższy czas należy je pozostawić naładowane na poziomie ok. 40 %;
- temperatura otoczenia powinna wynosić w granicach 10-25°C;
- unikać całkowitego rozładowania akumulatorów.

Podstawy prawne

Zgodnie z ustawą z dnia 20 maja 2021 r. o zmianie ustawy – Prawo energetyczne oraz niektórych innych ustaw 9Dz. U. 2021 poz. 1093) zostały wprowadzone zmiany do ustawy dotyczące magazynów energii, w skład tych zmian wchodzi:

- Wprowadzenie definicji magazynu energii.
- Wyłączenie z taryf z obowiązku posiadania taryfy magazynowania energii elektrycznej.
- Zniesione zostały podwójne stawki opłaty sieciowej.
- Uzależniono obowiązek uzyskania koncesji/wpisu do rejestru, od łącznej mocy zainstalowanej bez względu na pojemność.
- Wprowadzono obowiązek wpisu do rejestru (OSD/OSP) magazynu o mocy zainstalowanej przekraczającej 50 kW.
- Wprowadzono obowiązek koncesjonowania magazynów o łącznej mocy przekraczającej 10 MW.
- Zwolnione zostały z połowy opłat za przyłączenie magazynu do sieci z jednoczesnym uregulowaniem w przepisach przejściowych spraw w toku.
- Wprowadzono możliwość pobierania energii z sieci przez magazyn będący częścią OZE bez utraty praw do certyfikatów i uprawnień wynikających z innych systemów wsparcia.
- Wprowadzono obowiązek opomiarowania źródeł OZE i uzależnienia praw do certyfikatów i uprawnień wynikających z innych systemów wsparcia od prawidłowego opomiarowania magazynu.
- Zwolniono z obowiązku przedstawienia świadectw pochodzenia do morzenia w tym OZE, z kogeneracji oraz świadectw efektywności energetycznej, energii pobranej z sieci przez magazyn.
- Zwolniono z opłaty przejściowej, z opłaty mocowej oraz opłaty kogeneracyjnej (w tych dwóch ostatnich przypadkach w części dot. zużycia energii elektrycznej na potrzeby magazynowania energii elektrycznej) magazynowania energii elektrycznej.
- Zmieniono definicję nabywcy końcowego, która wyłącza z obowiązku akcyzowego nabycie energii przez podmiot posiadający koncesję na magazynowanie.

- Uregulowano statusu Elektrowni Szczytowo-Pompowych i ewentualnie innych podmiotów prowadzących działalność w zakresie magazynowania energii.

Instalacje współpracujące z magazynami energii

Instalacje fotowoltaiczne mogą współpracować z magazynami energii. Na wspomnianą współpracę pozwalają dedykowane do tego falowniki. Magazyny są używane w instalacjach wyspowych (nie podłączonych do sieci elektroenergetycznej). w takiej instalacji możliwe jest uniezależnienie wydzielonej instalacji elektrycznej od sieci elektroenergetycznej. Drugim typem instalacji, w której mogą być zastosowane magazyny energii są instalacje hybrydowe. Instalacja hybrydowa łączy cechy instalacji off-grid i on-grid. w tego typu instalacjach magazyn energii:

- pozwala na podtrzymanie zasilania instalacji elektrycznej w momentach braku zasilania od strony sieci,
- pozwala na pracę instalacji PV elektrycznej w momentach braku zasilania od strony sieci,
- zwiększa konsumpcję własną energii pochodzącej z systemów PV.

Zasady doboru magazynu energii

Przy wyborze magazynu energii dla instalacji PV w pierwszej kolejności należy sprawdzić czy dany magazyn współpracuje z falownikiem fotowoltaicznym znajdującym się w instalacji. Gdy instalacja PV jest projektowana należy dobrać falownik PV tak aby był kompatybilny z magazynem energii. Często przy istniejących instalacjach falowniki nie umożliwiają współpracy z magazynami energii.

Dobór magazynu energii powinien odbywać się poprzez rozważenie następujących parametrów:

- pojemność – jest to ilość energii elektrycznej, która może dany magazyn przechowywać;
- moc znamionowa – określa, ile energii w jednostce czasu można pobrać z danego magazynu. Przy doborze magazynu należy określić jaką moc chwilowa będzie musiała być z niego pobierana, aby zapewnić odpowiednie funkcjonowanie dla danego obiektu;
- głębokość rozładowania – jest to ilość energii jaką można zużyć bez negatywnego oddziaływania na pojemność magazynu;
- sprawność baterii – jest to stosunek energii pobranej z magazynu do energii oddanej do magazynu.

Dobór pojemności i mocy magazynu energii powinien się odbywać po indywidualnym określeniu charakterystyki energetycznej danego obiektu. w przypadku, kiedy magazyn jest instalowany na wypadek zaniku napięcia w sieci elektroenergetycznej, jego dobór należy oprzeć o analizę zapotrzebowania energetycznego budynku w czasie awarii prądu. w tym celu należy określić, ile odbiorników domowych musi być nieprzerwalnie zasilanych energią

elektryczną, mogą to być np. lodówka, obwody gniazdek wtykowych (możliwość podłączenia komputera, czajnika) lub też automatyka systemu ogrzewania. Wybór obwodów awaryjnych, czyli pracujących podczas zaniku napięcia w sieci elektroenergetycznej powinien zostać określony przez użytkownika budynku w zależności od jego indywidualnych potrzeb. Po określeniu tych obwodów należy oszacować ich pobór energii w okresie w jakim ma być zapewnione zasilanie podczas przerwy w dostawie prądu (np. 1 dzień) w ten sposób zostanie określona pojemność magazynu energii (należy mieć na uwadze to, iż nie można wykorzystać 100 % energii elektrycznej z magazynu). Po zsumowaniu nominalnych mocy urządzeń wychodzi szacowana moc magazynu energii, w tym przypadku można pomniejszyć moc korzystając ze współczynnika nierównomierności obciążenia (nie wszystkie urządzenia będą pracować w tym samym czasie z mocą nominalną).

Kwestie prawne – zmiany od 1 kwietnia 2022 roku

Zgodnie z nowelizacją ustawy o odnawialnych źródłach energii z 29 października 2021 r., osoby, które do 31 marca 2022 r. złożyły kompletne i poprawne zgłoszenie do Operatora Sieci Dystrybucyjnej (OSD) o przyłączenie mikroinstalacji do sieci, mogą pozostać w systemie opustów. Osoby, które zgłosiły instalacji po tym terminie lub wyraziły chęć zmiany systemu rozliczeń będą rozliczane zgodnie z systemem net-biling. Rozliczenie to odbywa się na wartościowym rozliczeniu energii wyprodukowanej przez prosumentów w oparciu o wartość energii ustaloną docelowo wg ceny z Rynku Dnia Następnego. Nowelizacja ustawy wprowadza w życie dwa dodatkowe pojęcia: wirtualny prosument oraz prosument zbiorowy.

Poprzedni system (net-metering) polegał na bilansowaniu energii elektrycznej poprzez operowanie jednostkami w kWh. w tym systemie prosument mógł wykorzystywać sieć elektroenergetyczną jako wirtualny magazyn energii, w którym mógł zmagazynować niewykorzystane nadwyżki energii produkowanej przez system PV. Dla instalacji do 10 kWp prosument może odbierać 80 % oddanej do sieci energii, a dla instalacji od 10 do 50 kWp 70% oddanej energii.

Nowy system net-biling opiera się na bilansowaniu energii, której jednostką będą pieniądze, a nie jak uprzednio energia. Nadwyżki energii będą odsprzedawane do sieci zgodnie z miesięczną stawką Rynkowej Ceny Energii (RCEm). Cena zakupu energii elektrycznej to obowiązująca taryfa za energię elektryczną zależna od operatora.

Spółdzielnie energetyczne

Energetyka obywatelska jest jednym ze sposobów na walkę z wyzwaniami, które wynikają z polityki energetycznej i klimatycznej UE, kosztami przesyłu energii, kosztami dystrybucji energii oraz kosztami wytwarzania energii.

Podstawą spółdzielni energetycznej jest zrzeszenie lokalnego społeczeństwa mające na celu budowę oraz łączenie istniejących instalacji odnawialnych źródeł energii. Pozwala to na rozłożenie kosztów inwestycyjnych na większą liczbę podmiotów.

Prawne podstawy działania spółdzielni energetycznej określa ustawa o odnawialnych źródłach energii.

Etapy zawiązywania spółdzielni energetycznej⁴⁰:

1. Zebranie niezbędnej ilości członków (w przypadku osób fizycznych minimum 10 członków, w przypadku osób prawnych minimum 3 członków).
2. Przygotowanie statutu spółdzielni – zebranie norm, które będą określać zasady funkcjonowanie spółdzielni. Statut musi zawierać:
 - nazwę spółdzielni,
 - adres spółdzielni,
 - przedmiot działalności,
 - terminy wnoszenia i zwrotów udziałów,
 - prawa i obowiązki członków,
 - zasady i tryby przyjmowania członków oraz zasady wypowiedzania i wykluczania poszczególnych członków,
 - zasady zwoływania zgromadzeń,
 - zasady wyboru władz,
 - zasady podziału nadwyżki bilansowej oraz pokrywania strat.
3. Wybór organów spółdzielni
4. Rejestracja w Krajowym Rejestrze Sądowym
5. Zatwierdzenie spółdzielni w wykazie spółdzielni energetycznych poprzez złożenie wniosku w KOWR (Krajowy Ośrodek Wsparcia Rolnictwa).

Zalety spółdzielni energetycznych:

- Zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego na obszarze, gdzie znajduje się spółdzielnia,
- tworzenie nowych miejsc pracy,
- poprawa finansowa dla rolników,
- poprawa jakości środowiska naturalnego,
- poprawa konkurencyjności i atrakcyjności inwestycyjnej obszarów wiejskich,
- uniezależnienie się od zewnętrznych dostawców energii,
- dywersyfikacja źródeł energii.

⁴⁰ Źródło: „Spółdzielnie energetyczne” – Krajowy Ośrodek Wsparcia Rolnictwa

5.4 Kotły na pellety

5.4.1 Słowniczek pojęć

Pellety drzewne – granulki wytworzone z rozdrobnionego drewna, posiadające średnice 6 do 8mm, długość 3,15 do 40mm, ze złamanymi końcami. Charakteryzują się wilgotnością względną nie większą niż 10% i gęstością nasypową powyżej 600 kg/m³. Wartość opałowa pelletów wynosi od 16,5 do nawet 19 MJ/kg. Zawartość popiołu w peliecie certyfikowanym ENplus A1 wynosi mniej niż 0,7%.

Kocioł na pellet - urządzenie grzewcze, wytwarzające ciepło, przekazywane do wody krążącej w instalacji centralnego ogrzewania i/lub ciepłej wody użytkowej. Ciepło wydzielane jest na skutek reakcji spalania pelletu drzewnego. Kocioł tego typu w automatyczny sposób podaje paliwo do palnika, moduluje moc oraz oczyszcza palenisko z pozostałego po spalaniu popiołu.

Sterownik kotła – urządzenie elektroniczne sterujące efektywną pracą kotła, regulujące temperaturę w kotle oraz w zależności od stopnia rozbudowania sterownika, może sterować instalacją grzewczą budynku.

Zapalarka – element grzewczy służący do ogrzewania powietrza powodujące zapłon pelletu w trakcie rozpalania. Urządzenie to działa w sposób automatyczny.

Sonda lambda – element służący do pomiaru zawartości tlenu w spalinach. Sterownik kotła na podstawie informacji o zawartości tlenu w spalinach w optymalny sposób dozjuje powietrze do spalania.

Pellet klasy A1 – pellet spełniający wymagania normy PN-EN ISO 17225 (Biopaliwa stałe. Specyfikacje paliw i klasy; części 1-7) dla klasy A1. Jest to paliwo najwyższej jakości, dedykowane do spalania w instalacjach małej mocy.

Agropellet – pellet wyprodukowany z biomasy typu agro (słoma, siano, itp.), może powodować duże trudności eksploatacyjne, jeżeli jest stosowany w małych kotłach na pellet. Najczęściej spalany w specjalnie dedykowanych do tego typu paliw palnikach i kotłach, ze względu na większe zapopielenie powstające w trakcie jego spalania.

Zabezpieczenie przed zbyt niską temperaturą powrotu (ochrona powrotu) – układ umożliwiający zabezpieczenie kotła przed wodą powrotną o temperaturze poniżej 54°C. Układ taki jest wymagany w każdym stalowym kotle na paliwo stałe. Najczęściej realizowany za pomocą specjalnego zaworu mieszającego.

5.4.2 Opis technologii

Kotły na pellet drzewny są wysokosprawnymi kotłami, w których przebieg procesu spalania realizowany jest w sposób zautomatyzowany. Urządzenia te automatycznie się rozpalają, oczyszczają ruszt palnika z popiołu oraz wygaszają się, lub przechodzą w stan podtrzymania, po osiągnięciu zadanej temperatury. Pellety (ang. pellets - granulki) są granulkami w kształcie walca o określonej średnicy i długości. Wymagania dotyczące jakości pelletów do zastosowań domowych i przemysłowych zostały przedstawione w normie PN-EN

ISO 17225 Pellety drzewne do zastosowań domowych powinny posiadać klasę A1 według normy PN-EN ISO 17225.

Pellety idealnie nadają się do spalania w dedykowanych kotłach automatycznych. Pellet drzewny dobrej jakości charakteryzuje się:

- gładką, błyszczącą powierzchnią;
- równomierną długością;
- niewielką zawartością popiołu;
- opadaniem na dno w wodzie.

Analogicznie pellet drzewny wątpliwej jakości będzie odznaczać się:

- spękaną, chropowatą powierzchnią;
- dużymi różnicami długości;
- wysoką zawartością pyłu;
- unoszeniem się na wodzie.

Kotły wyposażone w automatyczne podajniki charakteryzują się bardziej skomplikowaną budową. Oprócz urządzeń mechanicznych, takich jak podajniki ślimakowe, czy ruszty ruchome, kotły te mają również rozbudowane systemy sterowania ilością podawanego paliwa i dostarczanego powietrza, a także posiadają zapalarkę paliwa i sondę lambda w celu efektywnej regulacji procesu spalania w każdych warunkach pracy. Dzięki temu kocioł może pracować efektywnie i ekologicznie w zakresie 30-100% mocy nominalnej. w przypadku stosowania zasobnika paliwa o pojemności około 500 litrów i kotła o mocy 25 kW, przy nominalnej mocy kotła zapas paliwa powinien wystarczyć nawet na tydzień jego pracy.

Najpopularniejsze są trzy typy palników:

- Rurowy (obrotowy);
- Rynnowy (schodkowy, skośny, płaski);
- Retortowy;

Ze względu na sposób podawania paliwa możemy wyróżnić trzy typy palenisk pelletowych:

- z podawaniem paliwa od dołu;
- z podawaniem poziomym;
- z podawaniem od góry.

➤ **Kotły z podawaniem paliwa od dołu – paleniska retortowe**

W przypadku kotłów z podawaniem paliwa od dołu, pellety są podawane z zasobnika ślimakiem i wypychane w górę na talerz retorty. Poprzez złożę przepływa powietrze pierwotne potrzebne do zainicjowania procesu spalania, dostarczane przez wentylator nadmuchowy do wnętrza kielicha retorty, zaś powyżej po obwodzie paleniska, tuż nad strefą żaru, wdmuchiwane jest powietrze wtórne, powodując dopalanie się gazów. Popiół przesuwany przez świeżą porcję paliwa osypuje się na zewnątrz retorty i opada do popielnika. Zarówno ślimak, jak i palenisko bardzo często wykonane są z ognioodpornego żeliwa, czasem jest stosowany ślimak stalowy. w konstrukcji tego typu kotła pellety płonące na retorcie są oddzielone od tych w zasobniku poprzez zastosowanie np. podwójnego ślimaka ze służą

ogniową. Retorty mogą być zarówno stałe jak obrotowe. Zaletą retort obrotowych jest równomierne rozłożenie paliwa w kielichu, co zapewnia lepszą dystrybucję powietrza, a także skuteczniejsze odpopielanie. Pomaga to w zlikwidowaniu efektu jednostronnego spiekania na palenisku. Palniki retortowe dodatkowo wyposażone są w deflektor, czyli element żaroodporny zawieszony nad paleniskiem, dzięki któremu odgazowane paliwo ulega dokładniejszemu dopaleniu, a spaliny wprowadzane są w ruch turbulentny.

➤ **Kotły z podawaniem paliwa poziomym, z paleniskiem rynnowym**

Efektywne są również kotły z palnikiem podającym paliwo poziomo. Paliwo na palenisko dostarczane jest najczęściej za pomocą podajnika ślimakowego. w przypadku kotłów z zastosowanym skośnym podajnikiem paliwa z zasobnika, ślimak ten jest krótki, rzędu 20-30 cm. Kotły te poza przedmuchem paleniska powietrzem, mogą posiadać także inne aktywne mechanizmy czyszczące, np. ruchomy ruszt lub w przypadku palenisk rurowych, obrotową rurę. Płomień w palenisku tego typu ma ułożenie poziome. Często paleniska takie mają obudowę z elementów ceramicznych, np. cegły szamotowej. Usuwanie popiołu z rusztu zazwyczaj odbywa się dzięki panującemu wewnątrz nadciśnieniu, przez co lotny popiół jest wydmuchiwany do komory popielnika (ruszty rynnowe), lub za pomocą specjalnego siłownika, pracującego samoczynnie w cyklicznych odstępach czasu.

➤ **Kotły z podawaniem paliwa od góry**

Pellety w kotłach tego typu spadają rurą zasypową na ruszt. Powietrze pierwotne jest podawane spod rusztu. Popiół osypuje się przez ruszt do popielnika. Zaletą tego typu palenisk jest idealne dopasowanie ilości podawanego paliwa do chwilowego zapotrzebowania mocy grzewczej. Niekorzystną cechą kotłów z podawaniem paliwa od góry może być wzmożone unoszenie drobnego popiołu, spowodowane spadającymi pelletami.

Większość kotłów automatycznych na pellety dostępnych na rynku charakteryzuje się wysoką efektywnością oraz bardzo niskimi emisjami zanieczyszczeń, potwierdzonych, np. certyfikatem Ecodesign. Osiągnięto to poprzez odpowiednio zoptymalizowaną konstrukcję palenisk i wymienników ciepła, a także zastosowanie zaawansowanych algorytmów sterowania kotłem, m. in. w oparciu o informacje z sondy lambda. Kotły automatyczne na pellety posiadają urządzenia zapalające – rozpalenie następuje poprzez nadmuch gorącego powietrza, systemy automatycznego lub ręcznego czyszczenia wymiennika ciepła oraz układ usuwania popiołu. Ponadto, oprócz zasobnika przykotłowego, istnieje możliwość zainstalowania układu podawania pelletów z większego magazynu. Podawanie z magazynu jest realizowane pneumatycznie lub poprzez układy podajników ślimakowych.

Uchwała nr XXXII/452/17 Sejmiku Województwa Małopolskiego z dnia 23 stycznia 2017 r. wprowadziła na obszarze województwa małopolskiego ograniczenia i zakazy w zakresie eksploatacji instalacji, w których następuje spalanie paliw (z wyłączeniem gminy miejskiej Kraków, gdyż w Krakowie obowiązuje uchwała Nr XVIII/243/16 z 15 stycznia 2016, zakazująca całkowicie spalania paliw stałych z początkiem 2019 roku). Uchwała zakazuje stosowania paliw zawierających biomasę o wilgotności w stanie roboczym powyżej 20%.

Uchwała dopuszcza eksploatację instalacji na paliwa stałe, jeżeli zapewniają minimalne poziomy sezonowej efektywności energetycznej i sezonowych emisji zanieczyszczeń

określone w Rozporządzeniu Komisji (UE) 2015/1189 z dnia 28 kwietnia 2015 r. (dotyczące wykonania dyrektywy w zakresie ekoprojektu) oraz umożliwiając wyłącznie automatyczne podawanie paliwa, za wyjątkiem instalacji zgazowujących paliwo.

Przy kotłach automatycznych na pellet nie ma wymogu zbiornika buforowego, jednakże zgodnie z ekoprojektem rekomendowane jest jego zastosowanie (w dokumentacji technicznej kotła powinna znajdować się informacja o rekomendowanej pojemności zbiornika buforowego). Ekoprojekt wprowadza graniczne wartości emisji w odniesieniu do emisji dotyczących sezonowego ogrzewania pomieszczeń.

Dla kotłów automatycznych na pellet emisje sezonowe można obliczyć w następujący sposób:

$$E_s = 0,85 * E_{s,p} + 0,15 * E_{s,n}$$

gdzie:

E_s – emisja dotycząca sezonowego ogrzewania pomieszczeń [mg/m^3] przy (10% zawartości tlenu w spalinach oraz w standardowych warunkach ciśnienia i temperatury: 1013 hPa, 0°C); $E_{s,p}$ – emisja cząstek stałych, gazowych zanieczyszczeń organicznych (OGC), tlenku węgla i tlenków azotu [mg/m^3] (zmierzonych podczas pracy kotła z mocą równą 30% mocy nominalnej, przy 10% zawartości tlenu w spalinach oraz w standardowych warunkach ciśnienia i temperatury: 1013 hPa, 0°C);

$E_{s,n}$ – emisja cząstek stałych, gazowych zanieczyszczeń organicznych, tlenku węgla i tlenków azotu [mg/m^3] (zmierzonych podczas pracy kotła z mocą nominalną, przy 10% zawartości tlenu w spalinach oraz w standardowych warunkach ciśnienia i temperatury: 1013 hPa, 0°C);

Wprowadzono także pojęcie sezonowej efektywności energetycznej ogrzewania pomieszczeń, zdefiniowanej jako:

$$\eta_s = \eta_{\text{som}} - F(1) - F(2) + F(3)$$

gdzie:

η_{som} - sezonowa efektywność energetyczna ogrzewania pomieszczeń w trybie aktywnym, wyrażona w % i obliczana:

$$\eta_{\text{som}} = 0,85 * \eta_p + 0,15 * \eta_n \text{ gdzie}$$

η_p - sprawność przy mocy równej 30% mocy nominalnej dla kotłów automatycznych.

η_n - sprawność przy mocy nominalnej kotła.

F (1) – jest to *strata sezonowej efektywności energetycznej ogrzewania pomieszczeń ze względu na skorygowany udział czynników związanych z regulatorami temperatury i wynosi 3%,*

F (2) – jest to *procentowy udział energii elektrycznej na potrzeby własne w sezonowej efektywności energetycznej ogrzewania pomieszczeń; podobnie jak w przypadku sezonowej efektywności energetycznej sposób jego wyliczenia zależy od typu źródła ciepła oraz możliwości jego pracy z mocą niższą od nominalnej,*

F (3) – jest to *procentowy udział sprawności elektrycznej kotłów kogeneracyjnych na paliwo stałe w sezonowej efektywności energetycznej ogrzewania pomieszczeń.*

Obecnie montowane w Polsce kotły na paliwa stałe muszą spełniać wymagania emisyjne i dotyczące sprawności zawarte w normie PN-EN 303-5:2021-09 i odpowiadające klasie 5 (tabela 6 – pola zaznaczone na zielono).

W tabeli 7 przedstawiono minimalne sezonowe efektywności energetyczne i graniczne wartości emisji, które muszą spełniać kotły instalowane w Małopolsce.

Tabela 6 Graniczne wartości emisji wg wymagań PN-EN 303-5:2021-09.

Rodzaj paliwa	Nominalna moc cieplna kW	Graniczne wartości emisji								
		mg/m³ przy 10% O ₂								
		CO			OGC			pył		
		Klasa			Klasa			Klasa		
		3	4	5	3	4	5	3	4	5
Załadunek ręczny										
Biopaliwo	≤50	5000	1200	700	150	50	30	150	75	60
	>50 do 150	2500			100			150		
	>150 do 300 (500)	1200			100			150		
Paliwo kopalne	≤50	5000			150			125		
	>50 do 150	2500			100			125		
	>150 do 300 (500)	1200			100			125		
Załadunek automatyczny										
Biopaliwo	≤50	3000	1000	500	100	30	20	150	60	40
	>50 do 150	2500			80			150		
	>150 do 300 (500)	1200			80			150		
Paliwo kopalne	≤50	3000			100			125		
	>50 do 150	2500			80			125		
	>150 do 300 (500)	1200			80			125		

Tabela 7
ekoprojektu.

Minimalne sezonowe efektywności energetyczne i graniczne wartości emisji sezonowych wg wymagań

Rodzaj kotła	Minimalna sezonowa efektywność energetyczna [%]	Graniczne wartości emisji sezonowych [mg/m ³] przy 10% O ₂			
		Cząstek stałych (pyłu)	Gazowych zanieczyszczeń organicznych (OGC)	Tlenku węgla (CO)	Tlenków azotu (NO _x)
Z automatycznym podawaniem paliwa	77 (a w przypadku kotłów o mocy nominalnej ≤20kW - 75)	40	20	500	200 dla kotłów na biomasę 350 dla kotłów na paliwa kopalne
Zręcznym podawaniem paliwa		60	30	700	

Dodatkowo, zgodnie z zapisami Programu ochrony powietrza dla województwa Małopolskiego, wszystkie kotły opalane biopaliwami stałymi finansowane ze środków publicznych, zamontowane po 1 stycznia 2023r. muszą się charakteryzować emisją pyłu do 20 mg/m³ (przy 10% O₂).

Ponadto przy określaniu SIWZ należy wziąć pod uwagę wymagania lokalnych uchwał antysmogowych (uchwalanych na szczeblu gminnym). ⁴¹1 kwietnia 2017 r. wszedł w życie obowiązek etykietowania energetycznego kotłów na paliwo stałe. Obowiązek ten wynika z dyrektywy ramowej Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/30/UE z dnia 19 maja 2010r. w sprawie wskazania poprzez etykietowanie oraz standardowe informacje o produkcji, zużycia energii oraz innych zasobów przez produkty związane z energią i jest wprowadzony przez rozporządzenie Komisji Europejskiej 2015/1187 z dnia 27 kwietnia 2015r. w odniesieniu do etykiet efektywności energetycznej dla kotłów na paliwo stałe i zestawów zawierających kocioł na paliwo stałe, ogrzewacze dodatkowe, regulatory temperatury i urządzenia słoneczne.

Wprowadzono dziesięć klas efektywności energetycznej od G (najniższa) do A+++ (najwyższa). Klasa efektywności energetycznej danego kotła będzie zależeć od posiadanego współczynnika efektywności energetycznej (EEI). w Tabeli 8 poniżej przedstawiono klasyfikację kotłów pod względem efektywności energetycznej.

⁴¹ załącznik nr 1 do uchwały nr XXV/373/20 Sejmiku Województwa Małopolskiego z dnia 28 września 2020r.

Tabela 8 Klasy efektywności energetycznej kotłów na paliwa stałe w zależności od współczynnika efektywności energetycznej.⁴²

Klasa efektywności energetycznej	Współczynnik efektywności energetycznej (EEI)
A+++	$EEI \geq 150$
A++	$125 \leq EEI < 150$
A+	$98 \leq EEI < 125$
A	$90 \leq EEI < 98$
B	$82 \leq EEI < 90$
C	$75 \leq EEI < 82$
D	$36 \leq EEI < 75$
E	$34 \leq EEI < 36$
F	$30 \leq EEI < 34$
G	$EEI < 30$

Każda etykieta energetyczna zgodna z rozporządzeniem 2015/1187/UE powinna zawierać informację na temat:

- Nazwy dostawcy lub jego znaku towarowego;
- Identyfikatora modelu dostawcy;
- Funkcji ogrzewania pomieszczeń;
- Klasy efektywności energetycznej;
- Znamionowej mocy cieplnej w kilowatach [kW];
- Dodatkowej funkcji podgrzewania wody w przypadku urządzeń wielofunkcyjnych;
- Dodatkowej funkcji wytwarzania energii elektrycznej w przypadku urządzeń kogeneracyjnych.

Współczynnik efektywności energetycznej (EEI) oblicza się zgodnie z poniższym wzorem:

$$EEI = \eta_{son} * 100 * BLF - F(1) - F(2) * 100 + F(3) * 100$$

Gdzie:

η_{son} - sezonowa efektywność energetyczna ogrzewania pomieszczeń w trybie aktywnym; obliczona według wytycznych przedstawionych w pkt 4 lit. b) załącznika VIII rozporządzenia Komisji Europejskiej nr 2015/1187;

BLF - współczynnik dla biomasy na potrzeby etykietowania efektywności energetycznej; wynoszący 1,45 dla kotłów na biomasę;

F (1) - negatywny udział we współczynniku efektywności energetycznej ze względu na skorygowane czynniki związane z regulacją temperatury; F (1) = 3;

⁴² Źródło: rozporządzenie Komisji Europejskiej 2015/1187 z dnia 27 kwietnia 2015r.

F (2) - negatywny udział zużycia energii elektrycznej na potrzeby własne we współczynniku efektywności energetycznej; obliczony według wytycznych z pkt 4 lit. c) załącznika VIII tegoż rozporządzenia;

F (3) - pozytywny udział sprawności elektrycznej kotłów kogeneracyjnych na paliwo stałe we współczynniku efektywności energetycznej; obliczony jako:

$$F(3) = 2,5 * \eta_{(el, n)};$$

gdzie:

$\eta_{(el, n)}$ - sprawność elektryczna; wyrażona jako stosunek ilości wytworzonej energii elektrycznej do całkowitej ilości energii pobranej przez kogeneracyjny kocioł na paliwo stałe.

Zalety stosowania kotłów na pellety

Stosowanie pelletów, w porównaniu z innymi rodzajami paliw stałych, wymaga najmniejszego zaangażowania w obsługę kotła (czyszczenie, wynoszenie popiołu, zasypywanie paliwa). Pellety w przeciwieństwie do węgla są paliwem niebrudzącym. Kotły na pellety idealnie sprawdzają się w budynkach wymagających wysokiego parametru zasilania c.o. (powyżej 55°C).

6 Podstawowe wytyczne w zakresie wymogów technicznych dla urządzeń OZE

6.1 Wytyczne w zakresie wymogów technicznych dla pomp ciepła powietrze-woda do ogrzewania pomieszczeń i przygotowania ciepłej wody użytkowej

- Projekt instalacji grzewczej z pompą ciepła powinien zostać wykonany dla każdego budynku indywidualnie.
- Projekt instalacji z pompą ciepła powinien zostać wykonany przez osobę, która posiada:
 - uprawnienia budowlane do projektowania w specjalności instalacyjnej w zakresie sieci, instalacji i urządzeń cieplnych, wentylacyjnych, gazowych, wodociągowych i kanalizacyjnych, o których jest mowa w Rozdziale 2 Art. 14 ust. 1 Ustawy Prawo budowlane (Dz. U. z 2018 r. poz. 1202 z późn. zm.). lub
 - certyfikat wystawiony przez Prezesa Urzędu Dozoru Technicznego w zakresie pomp ciepła.
- Projekt instalacji powinien zawierać:
 - schemat i opis instalacji wraz z parametrami technicznymi urządzeń (w tym: moc, efektywność, koszty);
 - sprawdzenie wydajności istniejącej instalacji grzewczej pod kątem współpracy z pompą ciepła (przepływy, odpowiednie różnice temperatur, utrzymanie niskiego parametru zasilania);
 - obliczenia parametrów instalacji (moc grzewcza, pojemność zasobnika ciepłej wody użytkowej i bufora) np. za pomocą programu symulacyjnego producenta lub zewnętrznego;
 - obliczenie projektowego obciążenia cieplnego budynku oraz zapotrzebowania na ciepło na cele centralnego ogrzewania (c.o.) i ciepłej wody użytkowej (c.w.u.);
 - informację o przyjętym sposobie pomiaru ciepła dostarczonego przez pompę ciepła oraz energii elektrycznej pobranej przez pompę ciepła (informacje o zastosowanym liczniku ciepła i energii elektrycznej);
 - optymalizację lokalizacji montażu pompy ciepła i propagacji hałasu, aby spełnić wymagania dotyczące poziomu hałasu zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz. U. 2014 poz. 112).
- Dokumentacja techniczna powinna być opracowana zgodnie z obowiązującymi przepisami, a w szczególności:
 - Ustawą z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo Budowlane (Dz. U. z 2018 r. poz. 1202 z późn. zm.);
 - Rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz. U. z 2012 r. poz. 462 z późn. zm.);

- Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 6 lutego 2003 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych (Dz. U. 2003 r. nr 47 poz. 401 z późn. zm.);
 - Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 23 czerwca 2003 r. w sprawie informacji dotyczącej bezpieczeństwa i ochrony zdrowia oraz planu bezpieczeństwa (Dz. U. 2003 r. nr 120 poz. 1126 z późn. zm.);
 - Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 2 września 2004 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy dokumentacji projektowej, specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót oraz programu funkcjonalno-użytkowego (Dz. U. 2013 r. poz. 1129 z późn. zm.);
 - Rozporządzeniem Ministra Środowiska w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz. U. 2014 poz. 112 z późn. zm.);
 - o przepisami techniczno-budowlanymi;
 - obowiązującymi normami;
 - zasadami wiedzy technicznej i sztuką budowlaną.
- Zaleca się projektowanie i wykonanie instalacji z pompą ciepła zgodnie z wytycznymi branżowymi PORT PC cz.7 Mogą one stanowić podstawę realizacji umowy wykonawstwa instalacji.
 - Instalacja powinna być wykonana zgodnie z instrukcją instalacji i zaleceniami producenta pomp ciepła i osprzętu.
 - Podstawą do projektu powinien być przeprowadzony audyt energetyczny budynku lub obliczenia cieplne (OZC), z których wynika projektowe obciążenie cieplne budynku oraz sezonowe zapotrzebowanie na ciepło oraz zapotrzebowanie dobowe na ciepłą wodę użytkową.
 - Dostawca pomp ciepła musi dostarczyć etykiety produktu i karty produktu zgodnie z aktualnym Rozporządzeniem KE 811/2013 (Rozporządzenie delegowane Komisji (UE) nr 811/2013 z dnia 18 lutego 2013 r. uzupełniające dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/30/UE w odniesieniu do etykiet efektywności energetycznej dla ogrzewaczy pomieszczeń, ogrzewaczy wielofunkcyjnych, zestawów zawierających ogrzewacz pomieszczeń, regulator temperatury i urządzenie słoneczne oraz zestawów zawierających ogrzewacz wielofunkcyjny, regulator temperatury i urządzenie słoneczne). Zaleca się, aby minimalna klasa energetyczna dla ogrzewania dla parametrów zasilania 55°C, w klimacie umiarkowanym była nie niższa niż A++ (z etykiety energetycznej produktu lub karty produktu zgodnej z rozporządzeniem KE 811/2013 w przypadku temperatury projektowej zasilania 55°C i klimatu umiarkowanego). Alternatywnym rozwiązaniem do dostarczenia karty produktu jest wskazanie produktu w bazie ZUM programu Czyste Powietrze.
 - Dostawca pomp ciepła powinien dostarczyć informację deklarowanej wartości SCOP, odpowiednio dla klimatu umiarkowanego i chłodnego w zastosowaniu średnotemperaturowym (55°C) zgodnie z aktualnym Rozporządzeniem KE 811/2013 i 813/2013

- Zaleca się, aby projektowa temperatura biwalentna przy pracy pompy ciepła na potrzeby c.o. nie była wyższa niż -7°C (parametr obligatoryjny, w przypadku, gdy dodatkowym źródłem ciepła jest grzałka elektryczna).
- Wymagana jest deklaracja zgodności CE producenta pompy ciepła (w języku polskim).
- Zaleca się, aby okres gwarancji na pompę ciepła oraz główne elementy instalacji (zasobnik c.w.u., bufor, itp.) był nie mniejszy niż okres trwałości projektu.
- Regulacja ogrzewania budynku powinna być realizowana za pomocą regulatora pogodowego (umożliwiającego pracę pompy ciepła wg krzywej grzewczej).
- Wymagane jest zastosowanie bufora wody grzewczej o pojemności zgodnej z zaleceniami i wymogami producenta pomp ciepła lub zgodnie z wymogami z wytycznymi branżowymi PORT PC cz. 7.
- Sterownik pompy ciepła powinien umożliwiać uruchomienie urządzenia w trybie pracy c.o. oraz c.w.u. Sterownik powinien być intuicyjny dla użytkownika końcowego.
- Automatyka zainstalowanej pompy ciepła powinna uniemożliwić pracę sprężarki w przypadku dużego spadku lub wzrostu napięcia zasilania, zaniku napięcia na jednej z faz lub niewłaściwym podłączeniu faz zasilania (niewłaściwy kierunek obrotów sprężarki).
- Przepusty pod rury zasilającą i powrotną (w przypadku pompy ciepła powietrze/woda w wersji monoblokowej) oraz pod zasilanie elektryczne i przewody sterownicze powinny zostać wykonane zgodnie ze sztuką budowlaną oraz po wykonaniu instalacji odpowiednio zabezpieczone. Rury zasilająca i powrotna powinny być na całej długości zaizolowane cieplnie zgodnie z normą PN-B-02421:2000.
- Pompa ciepła powinna być usytuowana i zamontowana zgodnie z warunkami wskazanymi przez producenta urządzenia (powinny być zachowane minimalne odległości od ścian budynku, minimalna wysokość instalacji od powierzchni terenu, wykonany odpływ skroplin, itp.).
- Przed przyłączeniem pompy ciepła do istniejącej instalacji grzewczej należy przepłukać instalację grzewczą. Mocno rekomendowane jest zastosowanie na stałe magnetoodmulacza na powrocie instalacji grzewczej
- Przed uruchomieniem pompy ciepła należy dokonać wstępnej kontroli bezpieczeństwa elektrycznego (zgodnie z PN-IEC 60364-6) przez wykwalifikowanego elektryka. Zaleca się dokręcenie wszystkich zacisków elektrycznych na przełącznikach, stycznikach i listwach zaciskowych, ponieważ te połączenia mogły zostać poluzowane przez wstrząsy podczas transportu.
- W trakcie pomiaru pętli zwarcia obwodu elektrycznego konieczne jest zmierzenie i zaprotokołowanie impedancji sieci elektrycznej (w Ohm) w miejscu przyłączenia pompy ciepła.
- Pierwsze uruchomienie pompy ciepła powinno być wykonane przez serwis fabryczny producenta urządzenia lub przez autoryzowanego instalatora. Jest to niezbędne w celu właściwego ustawienia parametrów pracy oraz kontroli jakości

instalacji z pompą ciepła. Wymagane jest przekazanie inwestorowi protokołu z listą kontrolną zgodną z wytycznymi PORTPC cz.7

- Przed oddaniem instalacji z pompą ciepła do użytkowania należy wykonać wyrównoważenie hydrauliczne instalacji, które ma na celu osiągnięcie zgodnego z projektem rozkładu wymaganych przepływów wody do różnych punktów instalacji odbioru ciepła (ogrzewania grzejnikowego czy płaszczyznowego w pomieszczeniach, powierzchni chłodzących w pomieszczeniach, wymienników ciepła itp.). Wyrównoważenie polega na wykonaniu odpowiednich obliczeń i nastawieniu oporów regulacyjnych przepływu. Oprócz osiągnięcia podstawowych funkcji instalacji dąży się również do tego, by przez właściwy rozdział strumieni wody zminimalizować ilość ciepła do ogrzewania lub chłodzenia przy jej przekazywaniu do pomieszczeń i minimalizować nakłady na energię elektryczną pobieraną przez pompy obiegowe.
- Najpóźniej z chwilą zakończenia robót powinna zostać przekazana właścicielowi książka instalacji z pompą ciepła. Książka instalacji z pompą ciepła powinna zawierać wszystkie dokumenty i informacje, które są niezbędne do instalacji (obsługi, przeglądu, okresowej konserwacji, utrzymania w sprawności, optymalizacji pracy). Każdy uczestniczący wykonawca ma obowiązek dostarczyć dokumenty związane z jego udziałem w realizacji inwestycji. Książka instalacji powinna zawierać:
 - kopie wszystkich publicznych zezwoleń (w tym wszystkie złożone dokumenty dotyczące inwestycji, zezwolenia wymagane prawem budowlanym), wyjaśnienia ekspertów firm specjalistycznych, ekspertyzy, kopie wszystkich projektów (kondygnacje, schematy ciągi, plany instalacji) i dokumentację użytych elementów (w tym aprobaty/certyfikaty/zatwierdzenia);
 - opracowane przez producenta instrukcje obsługi i konserwacji instalacji i jej części składowych oraz zestawienie części zamiennych do okresowej wymiany (listę części zamiennych) wraz z materiałami eksploatacyjnymi według typu i ilości;
 - W przypadku stosowania f-gazowego czynnika chłodniczego (nie dotyczy czynników naturalnych) w pompie ciepła wymagane jest założenie książki urządzenia (w wersji papierowej lub CRO) zgodnie z rozporządzeniem (WE) 517/2014 w sprawie fluorowanych gazów cieplarnianych z dnia 16 kwietnia 2014 r. Ponadto w przypadku przekroczenia równoważnika emisji CO₂ wynoszącego 5 ton (pomp ciepła w układy niehermetyczne - typu split) lub 10 ton (układy hermetyczne – typu monoblok), poinformować o konieczności bezzwłocznej rejestracji urządzenia przez Klienta w CRO, czyli centralnym rejestrze operatorów systemów f-gazowych.

Wspólne stanowisko PORTPC i KFCH, dotyczące interpretacji w/w regulacji prawnych, odnoszących się do sprzedaży urządzeń klimatyzacyjnych i chłodniczych (w tym pomp ciepła), zawierających F-gazy

Stowarzyszenie PORT PC wspólnie z KFCH, mając na względzie harmoniczny rozwój rynku pomp ciepła, podjął się konsultacji spornych zagadnień z osobami i instytucjami dysponującymi wiążącą wiedzą w zakresie interpretacji przepisów dot. fluorowanych gazów cieplarnianych (F-gazów). Intencją tych działań jest rozpowszechnianie wiedzy wśród osób z branży pomp ciepła – producentów, projektantów, instalatorów i inwestorów w zakresie ograniczeń oraz wymagań stawianych przez niedawno wprowadzone dyrektywy, rozporządzenia unijne i ustawodawstwo krajowe. Poniżej przedstawiamy wspólne stanowisko obydwu organizacji dotyczące wybranych procedur f-gazowych.

W związku z wprowadzeniem Rozporządzenia (UE) nr 517/2014 i nowelizacją ustawy o SZWO i F-gazach z 12 lipca 2017 (tekst jednolity Dz.U.2017 poz.1951), Polska Organizacja Rozwoju Technologii Pomp Ciepła PORT PC i Krajowe Forum Chłodnictwa (KFCH) podjęły się wyjaśnienia procedur związanych z nowym ustawodawstwem. Obie organizacje branżowe z najwyższą starannością przeanalizowały dostępne materiały (również korzystając z pomocy Europejskiego Stowarzyszenia Pomp Ciepła EHPA).

Po konsultacjach z p. prof. Januszem Kozakiewiczem z Instytutu Chemii Przemysłowej i p. prezesem Robertem Grejczem z Krajowego Forum Chłodnictwa przedstawiono wspólne stanowisko PORTPC i KFCH, dotyczące interpretacji w/w regulacji prawnych, odnoszących się do sprzedaży urządzeń klimatyzacyjnych i chłodniczych (w tym pomp ciepła), zawierających F-gazy. Interpretacja ta wynika z Art.11.ust.5. Rozporządzenia (EU)517/2014 oraz Art.13a Ustawy z 15 maja 2015 (znowelizowanej Ustawą z 12 lipca 2017):

- Przy sprzedaży pomp ciepła monoblokowych, będących hermetycznymi zamkniętymi urządzeniami (fabrycznie napełnionych czynnikiem chłodniczym, gdzie w czasie montażu nie ingeruje się w obieg chłodniczy), kupujący jest zwolniony z konieczności posiadania certyfikatu F-gazowego (zarówno dla przedsiębiorcy, jak i personalnego)
- Hermetyczne zamknięte urządzenie musi posiadać etykietę producenta z zapisem: „Hermetycznie szczelne” (hermetically sealed) i taka informacja musi się również znajdować w dokumentacji technicznej urządzenia. Zgodnie z Rozporządzeniem (EU) 517/2014, producent ma obowiązek przeprowadzić w procesie produkcji badanie potwierdzające szczelność urządzenia.
- Warto dodać, że niedopuszczalne jest oznakowywanie urządzenia jako hermetyczne przez firmę serwisującą urządzenia lub przez importera urządzenia.
- Hermetyczne zamknięte urządzenia mogą posiadać wbudowane fabrycznie zawory serwisowe, jednak muszą być one odpowiednio zabezpieczone przez producenta.
- W przypadku sprzedaży niehermetycznych zamkniętych urządzeń (głównie, ale nie tylko, dotyczy to pomp ciepła typu SPLIT) występują następujące możliwości:
 - W przypadku dalszej odsprzedaży (dotyczy np. sieci hurtowni, które nie wykonują montażu urządzeń, a wyłącznie sprzedaży) nie jest wymagany certyfikat F-gazowy. Producent/dostawca urządzeń wymaga przy sprzedaży oświadczenia kupującego, że urządzenie zawierające F-gazy jest przeznaczone do dalszej odsprzedaży. Oświadczenie może być wykonane pomiędzy podmiotami jednorazowo, na więcej transakcji handlowych.

- Gdy kupującym jest firma instalacyjna, która będzie wykonywała sprzedaż urządzenia Klientowi końcowemu wraz z montażem – konieczny jest certyfikat F-gazowy przedsiębiorcy.
- Gdy kupującym jest firma instalacyjna, która nie posiadająca certyfikatu F-gazowego (dotyczy to głównie firm instalacyjnych), firma ta może zlecić wykonanie części chłodniczej podwykonawcy, posiadającemu wymagany przez prawo certyfikat F-gazowy. Umowa podwykonawstwa oraz certyfikat F-gazowy podwykonawcy muszą być przekazane sprzedającemu przez firmę zakupującą urządzenie.
- Gdy kupującym jest firma nie będąca firmą instalacyjną (dotyczy to Inwestorów – np. supermarket, instytucja rządowa, uczelnia itp.), nie posiadająca certyfikatu F-gazowego, ale posiadająca co najmniej jednego pracownika z certyfikatem F-gazowym uprawniającym do instalowania urządzenia, sprzedaż może być dokonana pod warunkiem przedstawienia certyfikatu tego pracownika oraz zaświadczenia ze jest on zatrudniony w tej instytucji.
- Gdy kupującym jest użytkownik końcowy, musi on przedstawić dowód, że montaż będzie dokonany przez podmiot posiadający certyfikat F-gazowy przedsiębiorcy lub osobę fizyczną posiadającą certyfikat personalny kategorii I. Obowiązującym w tym przypadku dowodem jest „...umowa, odpowiednio z przedsiębiorcą lub osobą fizyczną, na wykonanie usługi instalowania, zawierająca w szczególności dane pozwalające na identyfikację urządzenia, które ma zostać zainstalowane”.
- Instalator, który dokonuje zakupu niehermetycznej pompy ciepła i następnie wykonuje montaż instalacji chłodniczej, powinien posiadać certyfikat F-gazowy kat I dla personelu lub jeśli prowadzi działalność gospodarczą posiadać certyfikat F-gazowy dla przedsiębiorcy.
- Sprzedawca urządzeń napełnionych F-gazem jest zobowiązany do prowadzenia rejestru sprzedanych urządzeń i przechowywania kopii umów lub certyfikatów przez 5 lat od daty zakupu i do udostępniania ich na żądanie pracowników Inspekcji Ochrony Środowiska.
- Pompy ciepła fabrycznie napełnione czynnikiem chłodniczym nie są traktowane jako zbiorniki na gaz i podobnie jak np. lodówki nie wymagają specjalnych procedur magazynowania jak pojemniki (butle) z F-gazem.

6.2 Wytyczne w zakresie wymogów technicznych dla pomp ciepła powietrze-woda do przygotowania ciepłej wody użytkowej

- Projekt instalacji z pompą ciepła do c.w.u. powinien zostać wykonany przez osobę, która posiada:
 - uprawnienia budowlane do projektowania w specjalności instalacyjnej w zakresie sieci, instalacji i urządzeń cieplnych, wentylacyjnych, gazowych,

wodociągowych i kanalizacyjnych, o których jest mowa w rozdziale 2 Art. 13 i 14 Ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (Dz. U. z 2018 r. poz. 1202 z późn. zm.). lub

- certyfikat wystawiony przez Prezesa Urzędu Dozoru Technicznego w zakresie pomp ciepła.
- Podstawą do wykonania projektu powinien być audyt energetyczny budynku związany z określeniem zapotrzebowania ciepłej wody użytkowej w budynku oraz na tej podstawie określonego profilu rozbioru wody, zgodnie z Rozporządzeniem KE 811/2013.
- Projekt instalacji powinien zawierać:
 - schemat instalacji i opis instalacji wraz z parametrami technicznymi urządzeń;
 - (w tym: moc, efektywność- SCOP, itp.);
 - obliczenie zapotrzebowania ciepła na cele ciepłej wody użytkowej;
 - obliczenia parametrów instalacji (dobór pojemności zasobnika ciepłej wody użytkowej, czasu nagrzewania, dobór naczynia wzbiorczego oraz zaworu bezpieczeństwa na wodzie użytkowej – dostosowanych do zastosowania z instalacją c.w.u.);
 - informację o sposobie pomiaru ciepła dostarczonego przez pompę ciepła oraz energii elektrycznej pobranej przez pompę ciepła (informacje o zastosowanym liczniku ciepła i energii elektrycznej);
 - obliczenie propagacji hałasu z pompy ciepła wewnątrz budynku.
- Pompa ciepła do c.w.u. powinna być wyposażona w dodatkowe (awaryjne) źródło ciepła dla przygotowania ciepłej wody użytkowej – grzałka elektryczna umieszczona w zasobniku c.w.u., itp.
- Zamawiający powinien określić, czy występuje/wystąpi dodatkowe źródło ciepła dla przygotowania ciepłej wody użytkowej (np. kocioł na paliwo stałe lub kocioł gazowy) – w takiej sytuacji zasobnik c.w.u. wyposażony powinien być w przynajmniej jedną węzownicę lub w dwie oddzielne węzownice, jeżeli instalacja c.w.u. będzie posiadać dwa dodatkowe źródła ciepła w postaci kotła i kolektorów słonecznych.
- Dostawca pomp ciepła powinien dostarczyć etykiety energetyczne produktu i karty produktu zgodnie z aktualnym Rozporządzeniem KE 812/2013.
- Minimalna klasa energetyczna ogrzewacza wody z pompą ciepła (dla profilu rozbioru ciepłej wody L) powinna być nie niższa niż A.
- Zastosowany w pompie ciepła zasobnik wody użytkowej musi posiadać zabezpieczenie antykorozyjne w postaci emalii (z anodą ochronną, np. tytanową) lub rozwiązanie zasobnika wykonanego ze stali nierdzewnej. Zasobnik powinien posiadać atesty higieniczne.
- Przed uruchomieniem pompy ciepła należy dokonać wstępnej kontroli bezpieczeństwa elektrycznego (zgodnie z PN-IEC 60364–6) przez wykwalifikowanego elektryka. Zaleca się dokręcenie wszystkich zacisków elektrycznych na przełącznikach, stycznikach i listwach zaciskowych, ponieważ te połączenia mogły zostać poluzowane przez wstrząsy podczas transportu.

- W trakcie pomiaru pętli zwarcia obwodu elektrycznego konieczne jest zmierzenie i zaprotokołowanie impedancji sieci elektrycznej (w Ohm) w miejscu przyłączenia pompy ciepła.
- Wykonawca powinien dokonać wyrównoważenia hydraulicznego cyrkulacji c.w.u. (jeżeli występuje cyrkulacja c.w.u.).
- Wykonawca powinien dokonać optymalizacji działania systemu przygotowania c.w.u. (temperatura zadana, histereza załączenia, itp.).
- Uruchomienia pompy ciepła powinien dokonać serwisant lub uprawniony przez producenta urządzenia instalator.
- Uruchomienie pompy ciepła powinno zostać zaprotokołowane.
- Najpóźniej z chwilą zakończenia robót powinna zostać przekazana właścicielowi książka instalacji z pompą ciepła. Książka instalacji z pompą ciepła powinna zawierać wszystkie dokumenty i informacje, które są niezbędne do instalacji (obsługi, przeglądu, okresowej konserwacji, utrzymania w sprawności, optymalizacji pracy). Każdy uczestniczący wykonawca ma obowiązek dostarczyć dokumenty związane z jego udziałem w realizacji inwestycji.

6.3 Wytyczne do określenia wymogów technicznych dla instalacji z kolektorami słonecznymi do podgrzewania ciepłej wody użytkowej

Poniższe wytyczne zostały opracowane z wykorzystaniem zapisów specyfikacji technicznej – Ograniczenie niskiej emisji na terenie Powiatu Suskiego – montaż instalacji solarnych w budynkach mieszkalnych – udostępnionej przez dr inż. Pawła Dyrca, Naczelnika Wydziału Środowiska Starostwa Powiatowego w Suchej Beskidzkiej.

Przy realizacji instalacji z kolektorami słonecznymi zaleca się stosowanie do poniższych wymogów:

- Zastosowane kolektory słoneczne powinny mieć sprawność optyczną powyżej 80% i być wykonane w możliwie jak najlepszej technologii.
- Instalacja słoneczna powinna być zabezpieczona przed skutkami stanu stagnacji. Dopuszcza się różne rozwiązania techniczne spełniające wyżej wymieniony warunek.
- Projekt instalacji kolektorów słonecznych powinien zostać wykonany przez osobę, która posiada:
 - uprawnienia budowlane do projektowania w specjalności instalacyjnej w zakresie sieci, instalacji i urządzeń cieplnych, wentylacyjnych, gazowych, wodociągowych i kanalizacyjnych, o których jest mowa w rozdziale 2 Art. 13 i 14 ustawy Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. - Prawo budowlane (Dz.U. 2021 poz. 2351) lub
 - certyfikat wystawiony przez Prezesa Urzędu Dozoru Technicznego w zakresie słonecznych systemów grzewczych.
- Projekt instalacji powinien zawierać
 - schemat instalacji i opis instalacji wraz z parametrami technicznymi urządzeń (w tym: moc, sprawność, uzysk energii)

- obliczenia dotyczące parametrów instalacji (powierzchnia kolektorów, pojemność zasobnika c.w.u, dobór zabezpieczeń – zaworu bezpieczeństwa oraz naczynia wzbiorczego, dobór izolacji rur solarnych, itp.)
- obliczenie zapotrzebowania na ciepło na cele ciepłej wody użytkowej
- informację o sposobie pomiaru ciepła pozyskanego przez kolektory słoneczne (informacje o zastosowanym liczniku ciepła)
- dobór konkretnego modelu kolektora wraz z uzasadnieniem
- Instalacja powinna być tak zaprojektowana, aby minimalny udział ciepła z kolektorów słonecznych w bilansie rocznym był nie mniejszy niż 50%
- Kolektory słoneczne zastosowane w projekcie powinny posiadać jeden z następujących certyfikatów, wydany przez właściwą akredytowaną jednostkę certyfikującą: zgodność z normą PN-EN 12975-1 wraz ze sprawozdaniem z badań przeprowadzonym zgodnie z normą PN-EN 12975-2 lub PN-EN ISO 9806:2014 lub europejski znak jakości „Solar Keymark”.
- W przypadku kolektorów posadowionych na gruncie na obudowie bocznej kolektorów słonecznych należy umieścić czytelne naklejki informujące o możliwości poparzenia.
- Każdy zamontowany zestaw solarny musi zapewniać prawidłowe współdziałanie z istniejącym na danej nieruchomości systemem przygotowania ciepłej wody użytkowej, celem uzyskania maksymalnego efektu ekonomicznego i ekologicznego. Podłączenie zestawu solarnego musi zapewnić prawidłowe funkcjonowanie istniejącej instalacji centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej.
- Instalacja solarna powinna być wyposażona w dedykowany przez producenta odpowietrznik (o ile jest on wymagany).
- Powinny zostać zastosowane systemy mocujące dopuszczone do stosowania przez producenta zastosowanych kolektorów, nie naruszające struktury kolektorów słonecznych.
- Wykonawca robót powinien prowadzić rurę w obrębie kolektorów pod kolektorami. w przypadku rozwiązań równoważnych - dążyć do maksymalnego ograniczenia długości rury na zewnątrz budynku. Należy stosować rury elastyczne nierdzewne. Należy dążyć, aby przewody pomiędzy kolektorami wykonać z jednego odcinka bez łączeń oraz posiadały izolację zintegrowaną z przewodem o właściwościach nierozprzestrzeniających ognia.
- Izolacja przewodów powinna być wykonana w sposób trwały na całej ich długości w sposób uniemożliwiający jej rozszczelnienie, rozwinięcie, itp. Ponadto izolacja przewodów winna spełniać następujące warunki:
 - przewodność cieplna izolacji $\lambda \leq 0,04 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, przy temperaturze 40°C;
 - odporność izolacji prowadzonej na zewnątrz budynku na promieniowanie UV;
 - odporność na wysokie temperatury, które mogą powodować przepływające ciecze w przewodach izolowanych;
 - zabezpieczona przed uszkodzeniem mechanicznym (np., dziobaniem ptaków);
 - wykonana na całej długości przewodów, kształtek, połączeń rurowych, armatury itp.;
 - na zakończeniach izolacji (na zewnątrz i wewnątrz) należy stosować systemowe rozety zakończeniowe aluminiowe;

- miejsca nacięć, zakończeń izolacji muszą być zabezpieczone w sposób dopuszczony przez producenta izolacji, zapewniający na całym obwodzie przewodu ciągłość izolacji;
- na każdym rozgałęzieniu należy umieścić strzałki kierunkowe;
- celem zapewnienia ciągłości izolacji obejmującej przewody należy montować po założeniu izolacji.
- Zastosowany zasobnik ciepłej wody użytkowej powinien spełniać następujące wymagania:
 - zabezpieczenie antykorozyjne w postaci emalii i anody ochronnej (np. tytanowej) lub zasobnik ze stali nierdzewnej;
 - klasa energetyczna zasobnika c.w.u. nie niższa niż C (wg Rozporządzenia Komisji (UE) nr 812/2013 z dnia 18 lutego 2013r. w odniesieniu do etykiet efektywności energetycznej dla podgrzewaczy wody, zasobników ciepłej wody użytkowej i zestawów zawierających podgrzewacz wody i urządzenie słoneczne);
 - maksymalna strata postojowa nie może przekraczać 2,36 kWh/24h dla danej klasy energetycznej
 - maksymalne ciśnienie pracy zbiornika – min. 0,6 MPa;
 - maksymalna temperatura pracy zbiornika – min. 95°C;
 - płaszcz ochronny wykonany z materiału typu skay lub malowanej proszkowo blachy;
 - izolowana wyczystka zasobnika.
 - ograniczenie strat ciepła poprzez izolowanie króćców wody, kołnierze dla grzałki elektrycznej, itp.
- Zamawiający powinien określić ilość i charakterystykę dodatkowych źródeł ciepła dla przygotowania ciepłej wody użytkowej (np. kocioł na paliwo stałe, kocioł gazowy lub grzałka elektryczna umieszczona w zasobniku c.w.u., itp.).
- W celu ochrony przed zbyt wysoką temperaturą wody w instalacji c.w.u. musi być ona wyposażona w termostatyczny zawór mieszający. Zawór ten umożliwi zadanie odpowiedniej temperatury wody użytkowej. Sposób montażu zaworu antyoparzeniowego musi zapewniać możliwość okresowego przegrzewu wody celem zabezpieczenia instalacji przed rozwojem bakterii Legionella.
- Po stronie ciepłej wody użytkowej instalacja powinna być zabezpieczona dobranym w projekcie naczyniem wzbiorczym (dedykowanym do instalacji c.w.u. posiadającym odpowiednie atesty PZH) oraz dobranym w projekcie zaworem bezpieczeństwa (również dedykowanym do instalacji c.w.u.).
- Część glikolowa instalacji solarnej powinna być zabezpieczona dobranym w projekcie naczyniem wzbiorczym (dedykowanym do glikolowych instalacji solarnych) oraz dobranym w projekcie zaworem bezpieczeństwa (dedykowanym do glikolowych instalacji solarnych).
- Instalacja solarna powinna zostać napełniona gotowym płynem solarnym, przygotowanym dostarczonym przez producenta o temperaturze zamarzania min. - 35°C. Nie zaleca się stosowania koncentratów rozcieńczanych wodą.

- Zaleca się, aby gotowe zestawy pochodziły od jednego producenta i w obrębie danej nieruchomości stanowiły jeden model (np. kolektory słoneczne wszystkie jednego modelu i od tego samego producenta, zasobnik wody wszystkie od jednego producenta). Jest to istotne z punktu widzenia serwisu gwarancyjnego.
- Menu sterowników i instrukcje instalacji oraz obsługi muszą być napisane w języku polskim.
- Regulator solarny powinien posiadać niżej wymienione funkcje i spełniać następujące wymagania:
 - gwarancja bezobsługowej pracy instalacji solarnej;
 - sterowanie pracą solarnej pompy obiegowej w oparciu o wskazania temperatury;
 - sterowanie pracą trójdrogowego zaworu przełączającego w oparciu o wskazania temperatury;
 - funkcja odmrażania kolektorów słonecznych;
 - funkcja schładzania kolektorów w przypadku zagrożenia ich przegrzania,
 - tryb urlopowy;
 - możliwość podłączenia modułu sterującego pozwalającego na zdalną kontrolę pracy instalacji przez Internet;
 - wyświetlać ilość ciepła całkowitego uzyskanego dzięki pracy kolektorów słonecznych;
 - wyświetlać całkowity czas pracy pompy obiegowej.

6.4 Wytyczne do określenia wymogów technicznych dla instalacji fotowoltaicznych

- Projekt instalacji fotowoltaicznej powinien zostać wykonany przez osobę, która posiada:
 - uprawnienia budowlane do projektowania w specjalności instalacyjnej w zakresie sieci, instalacji i urządzeń elektrycznych i elektroenergetycznych, o których jest mowa w rozdziale 2 Art. 13 i 14 Ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (Dz.U.2021 poz. 2351 z późn. zm.) lub
 - certyfikat wystawiony przez Prezesa Urzędu Dozoru Technicznego w zakresie systemów fotowoltaicznych.
- Zastosowane moduły fotowoltaiczne powinny posiadać następujące parametry:
 - sprawność modułu nie mniejsza niż 19%;
 - typ ogniw: krzemowe;
 - moc maksymalna modułu w warunkach STC nie mniejsza niż 330Wp
 - minimum 60 ogniw
 - wartość bezwzględna temperaturowego wskaźnika mocy nie większa niż 0,40 %/°C;
 - odporność na PID zgodnie z normą ICE 62804–1:2015 lub równoważną;
 - współczynnik wypełnienia nie mniejszy niż 0,775; o tylko dodatnia tolerancja mocy;
 - wytrzymałość mechaniczna nie mniejsza niż 5 400 Pa;

- spadek mocy modułów po pierwszym roku pracy nie większy niż 3%.
- Zastosowane w instalacjach fotowoltaicznych falowniki (inwertery) powinny posiadać następujące parametry:
 - typ falownika: beztransformatorowy; o sprawność euro nie mniejsza niż 96%; o stopień ochrony: min. IP65;
 - współczynnik zakłóceń harmoniczných prądu poniżej 3%; o deklaracja zgodności z Dyrektywą 2014/35/UE Dyrektywą 2014/30/UE; o sposób chłodzenia: naturalna konwekcja lub wymuszona wentylatorowa; o posiada dowolny protokół komunikacji; o posiada bezprzewodową komunikację; o gwarancja na wady ukryte nie krótsza niż 10 lat;
 - możliwość modyfikacji współczynnika mocy $\cos\phi$: 0,90 niedowzbudzenie do 0,90 przewzbudzenie.
- Jeżeli w instalacji fotowoltaicznej istnieje konieczność zastosowania optymalizatorów mocy, powinny posiadać następujące parametry:
 - współpraca z dowolnym falownikiem (jednakże optymalizatory kompatybilne z wieloma falownikami mają dużo mniejszą wydajność i mogą w skrajnych zastosowaniach pogarszać znacznie pracę całej instalacji);
 - sprawność maksymalna nie mniejsza niż 98%; o gwarancja na optymalizator mocy nie mniej niż 10 lat;
 - zastosowane optymalizatory mocy nie powinny ograniczać sposobu montażu modułów fotowoltaicznych.
- Konstrukcja wsporcza dla modułów fotowoltaicznych powinna posiadać następujące parametry:
 - powinna być dedykowana do miejsca montażu (odpowiednia konstrukcja do posadowienia na gruncie, dachu płaskim i skośnym);
 - wykonanie konstrukcji z aluminium lub stali nierdzewnej;
 - sposób montażu konstrukcji dedykowany do istniejącego pokrycia dachowego, zgodnie z wytycznymi producenta konstrukcji.
- Ochrona przeciwporażeniowa powinna być zapewniona poprzez:
 - zachowanie odległości izolacyjnych; o izolację roboczą;
 - szybkie samoczynne wyłączenie w układzie sieciowym;
 - projektowanie instalacji zgodne z przepisami budowlanymi w zakresie ochrony przeciwporażeniowej oraz wymogami normy PN-IEC-6364 „Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych”.
- Ochrona przeciwprzepięciowa:
 - Usytuowanie ograniczników przepięć powinno być zawsze jak najbliżej chronionego obiektu. Oprócz miejsca lokalizacji, należy brać pod uwagę czy budynek ma urządzenie piorunochronne LPS. Należy brać pod uwagę odległość pomiędzy miejscem instalacji, a chronionym obiektem oraz który typ ograniczników przepięć (typ 1 lub typ 2) zostanie zastosowany.
 - Ogólne zasady doboru typów zabezpieczeń SPD w systemie PV, które należy zweryfikować na etapie realizacji instalacji.

- Dla obiektu z urządzeniem piorunochronnym należy zastosować ograniczniki przepięć typu 1+2 (np. ETITEC B–PV) lub typu 2, w przypadku, gdy są zachowane odstępy izolacyjne (np. ETITEC C–PV). Po stronie zmiennoprądowej, w każdym przypadku należy zastosować ochronę przeciwprzepięciową typu 1 lub typu 2, gdy są zachowane odstępy izolacyjne, zabezpieczając inwerter przed przepięciami w sieci elektroenergetycznej. Użytkownik obiektu oraz instalacji PV powinien w swoim zakresie posiadać już zainstalowany w rozdzielnicy głównej ogranicznik typu 1 lub 1+2. Powyższe zasady obowiązują, jeżeli długość przewodu pomiędzy panelami fotowoltaicznymi a inwerterem DC/AC nie przekracza 10 m. Jeżeli długość kabla jest większa niż 10 m, pierwszy stopień ochrony zgodnie z w/w wymaganiami instalujemy w pobliżu paneli, natomiast drugi stopień w postaci ogranicznika typu II instalujemy przy inwerterze.
- Dla obiektu bez urządzenia piorunochronnego – jeżeli budynek mieszkalny nie jest wyposażony w instalację odgromową, to należy w takim przypadku dokonać ekwipotencjalizacji systemu PV, poprzez połączenie przewodem wyrównawczym konstrukcji wsporczej generatora PV z główną szyną wyrównania potencjału budynku. w takim przypadku, po stronie stałoprądowej inwerter należy zabezpieczyć ogranicznikami przeciwprzepięciowymi typu II jako minimalnego poziomu ochrony zalecane jest stosowanie ograniczników typu 1+2. Po stronie zmiennoprądowej w każdym przypadku należy zastosować ochronę przeciwprzepięciową typu II zabezpieczającą inwerter przed przepięciami w sieci elektroenergetycznej. Powyższe zasady obowiązują, jeżeli długość przewodu pomiędzy panelami fotowoltaicznymi, a inwerterem DC/AC nie przekracza 10 m. Jeżeli długość kabla jest większa niż 10 m pierwszy stopień ochrony zgodnie z w/w wymaganiami instalujemy w pobliżu paneli, natomiast drugi stopień w postaci ogranicznika typu II instalujemy przy inwerterze. o Do połączeń SPD należy stosować przewód o przekroju wynoszącym co najmniej:
 - 6 mm² Cu – w instalacji bez urządzenia piorunochronnego;
 - 6 mm² Cu – w instalacji z urządzeniem piorunochronnym przy zachowaniu bezpiecznego odstępu izolacyjnego;
 - 16 mm² Cu – w instalacji z urządzeniem piorunochronnym bez zachowania bezpiecznego odstępu izolacyjnego.
- Ochrona odgromowa – urządzenia systemu fotowoltaicznego nie zwiększają ryzyka wyładowania piorunowego. Jednak zainstalowanie systemu fotowoltaicznego na dachu zwiększa ryzyko przedostania się prądu piorunowego do wnętrza budynku, w przypadku wyładowania bezpośrednio w panel. Ochrona odgromowa powinna być realizowana w następujący sposób:
 - W przypadku obiektu, który jest wyposażony instalację odgromową panele fotowoltaiczne należy lokalizować w przestrzeni chronionej

przy zachowaniu odpowiedniego odstępu izolacyjnego, uniemożliwiającego wystąpienie przeskoków iskrowych pomiędzy elementami instalacji odgromowej (zwody i przewody), a metalowymi elementami chronionego urządzenia. Minimalny odstęp izolacyjny musi być wyliczony indywidualnie dla każdego budynku oddzielnie, na podstawie wymiarów budynku i zewnętrznej ochrony odgromowej. Jeżeli odstęp izolacyjny nie może być zachowany należy wykonać połączenie pomiędzy metalowymi elementami instalacji PV (konstrukcja nośna i ramy paneli PV) i elementami urządzenia piorunochronnego.

- W przypadku obiektu bez instalacji odgromowej panele i konstrukcję nośną należy uziemić. Przewód uziemiający powinien tworzyć najkrótszą i bezpośrednią drogę do uziomu. Jako przewody uziemiające należy stosować przewody o przekroju nie mniejszym niż: 50 mm² – stalowy; 16 mm² – Al; 6 mm² – Cu.

Przewód uziemiający należy przyłączyć do jednego z opisanych uziomów:

- uziomu fundamentowego obiektu lub sztucznego uziomu fundamentowego (jeśli takie uziomy są dostępne);
 - uziomu pionowego, który należy pogрузić w gruncie w taki sposób, aby najniższa jego część była umieszczona na głębokości nie mniejszej niż 3 m, a najwyższa nie mniej niż 0,5 m pod powierzchnią ziemi;
 - uziomu poziomego o długości minimum 5 m, który należy układać na głębokości nie mniejszej niż 0,6 m i w odległości nie mniejszej niż 1 m od zewnętrznej krawędzi budynku.
- Po wykonaniu prac montażowych przed uruchomieniem urządzeń należy wykonać pomiary:
 - stanu izolacji kabli zasilających;
 - rezystancji uziemienia;
 - inne wymagane przepisami badania i pomiary.
 - Z przeprowadzonych badań i pomiarów należy sporządzić odpowiednie protokoły stanowiące podstawę do uruchomienia i oddania do eksploatacji objętych projektem instalacji.
 - Przyłączenie do sieci elektroenergetycznej wymaga spełnienia kryteriów zawartych w dokumencie pt. *Kryteria przyłączenia oraz wymagania techniczne dla mikroinstalacji i małych instalacji przyłączanych do sieci dystrybucyjnej niskiego napięcia TAURON Dystrybucja S.A. – załącznik 1.*

6.5 Wytyczne do określenia wymagań technicznych dla kotłów na pellety drzewne

- Zastosowany kocioł musi spełniać wymagania Rozporządzenia Komisji (UE) 2015/1189 w odniesieniu do wymagań dotyczących ekoprojektu dla kotłów na paliwo stałe. Tyczy się to przede wszystkim wymagań dotyczących sezonowej emisji zanieczyszczeń i sezonowej efektywności energetycznej.
- Projekt kotłowni z kotłem na pellety powinien zostać wykonany przez osobę, która posiada:
 - uprawnienia budowlane do projektowania w specjalności instalacyjnej w zakresie sieci, instalacji i urządzeń cieplnych, wentylacyjnych, gazowych, wodociągowych i kanalizacyjnych, o których jest mowa w rozdziale 2 Art. 13 i 14 ustawy Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. - Prawo budowlane (Dz. U. z 2018 r. poz. 1202 z późn. zm.) lub
 - certyfikat wystawiony przez Prezesa Urzędu Dozoru Technicznego w zakresie kotłów i pieców na biomasę.
- Kocioł musi posiadać klasę energetyczną wg Rozporządzenia Komisji (UE) 2015/1187 z dnia 27 kwietnia 2015 nie niższą niż A+.
- Dostawca kotłów powinien dostarczyć etykiety produktu i karty produktu zgodnie z aktualnym rozporządzeniem KE 2015/1187.
- Kocioł musi spełniać wymagania normy PN-EN 303-5:2021-09 w pełnym zakresie m.in. w zakresie bezpieczeństwa pracy kotła (tj. zabezpieczenie przed cofnięciem żaru do zasobnika pelletu w postaci np. śluzu bezpieczeństwa, termostatycznego upustowego zaworu bezpieczeństwa STS, rury podajnika wykonanej z topliwego materiału, lub „strażaka” oraz zabezpieczenie przed wzrostem temperatury w kotle, np. termostat typu STB).
- Emisja pyłu nie wyższa niż 20 mg/m^3 (przy 10% O_2), potwierdzona sprawozdaniem z badań (PN-EN 303-5:2021-09).
- Kocioł nie może posiadać rusztu dodatkowego (awaryjnego) – zgodnie z wymogami rozporządzenia Ministra Rozwoju i Finansów z dnia 1 sierpnia 2017 r. w sprawie wymagań dla kotłów na paliwo stałe.
- Sterownik kotła powinien umożliwiać uruchomienie urządzenia w trybie pracy CO oraz c.w.u. Sterownik powinien być intuicyjny i łatwy w obsłudze dla użytkownika końcowego.
- Instalacja kominowa musi spełniać wymagania dla instalowanego kotła na pellety (wysokość, średnica/przekrój, materiał, z którego komin jest skonstruowany). Wysokość komina powinna zapewniać wymaganą siłę ciągu kominowego, wynikającej z konieczności pokonania oporów przepływu spalin w kotle, czopuchu i samym kominie. Należy pamiętać, że obecnie dostępne na rynku kotły grzewcze na pellet charakteryzują się wysokimi sprawnościami cieplnymi (nawet do 94% przy mocy nominalnej), a co za tym idzie emitują spaliny o niskich temperaturach (np. przy mocy nominalnej temperatura spalin może wynosić około 80°C , a przy niższej mocy może być jeszcze niższa). Tak niska temperatura spalin może skutkować niższym ciągiem kominowym, a zarazem możliwością wykrapłania pary wodnej ze spalin na ściankach

komina. Skropliny mają odczyn kwaśny, dlatego przewód kominowy powinien być wykonany ze stali kwasoodpornej. Konstrukcja komina powinna być zgodna z wytycznymi producenta kotła. Znając moc znamionową kotła, orientacyjny przekrój komina można obliczyć ze wzoru:

$$F = 25Q/\sqrt{H}$$

- gdzie:
 - F – przekrój komina w $[cm^2]$
 - Q – moc kotła w $[kW]$
 - H – wysokość komina w $[m]$
-
- Nie zaleca się stosowania kominów o przekroju mniejszym niż 14x14 cm, lub średnicy mniejszej niż 15 cm, nawet jeśli z obliczeń wynika inaczej. Dopuszcza się jednak stosowanie średnic mniejszych (np. 12 cm), ale wyłącznie w przypadku zastosowania nowoczesnych technologii, dopuszczających takie rozwiązania.
 - W ramach prac instalacyjnych należy dokonać przyłączenia do źródła ciepła istniejącego lub nowego zasobnika c.w.u.
 - Przyłączenie kotła do istniejącego komina powinno być poprzedzone ekspertyzą kominiarską tego komina.
 - Kocioł powinien być zabezpieczony przed zbyt niską temperaturą wody powrotnej z instalacji do kotła, za pomocą specjalnego zaworu mieszającego. Uchroni to kocioł przed korozją niskotemperaturową, powstałą na skutek wykrapłania pary wodnej na zewnętrznej powierzchni płaszcza wodnego. Zabezpieczenie przed zbyt niską temperaturą powrotu jest warunkiem koniecznym w celu spełnienia warunków gwarancji na kocioł.
 - Kotłownia, w której będzie montowany kocioł musi odpowiadać wymaganiom normy PN-87/B-02411 w zakresie wentylacji i odprowadzania spalin.
 - Kocioł powinien być dostosowany do pracy w instalacji otwartej (zgodnie z PN-B-02413:1991) i/lub zamkniętej (zgodnie z PN-B-02414:1999), zgodnie z typem instalacji, w której zostanie on zainstalowany.
 - W przypadku montażu kotła w istniejącej instalacji otwartej (wykonanej zgodnie z PN-B-02413:1991 lub PN-EN 12828) należy zwrócić uwagę na odpowiednie wykonanie rury bezpieczeństwa i rury wzbiorczej po wykonaniu układu zabezpieczenia przed zbyt niską temperaturą powrotu kotła (zawór trzy lub czterodrogowy). Rura bezpieczeństwa i rura wzbiorcza nie mogą być dławione przez żadną armaturę regulacyjną lub odcinającą.
 - Woda do zasilania kotłów i instalacji grzewczych musi być wolna od zanieczyszczeń mechanicznych i powinna charakteryzować się parametrami zgodnie z normą PN-85/C-04601. w przypadku instalacji nowych, pierwsza woda jest tzw. wodą surową, a pozostała uzupełniającą. Zarówno woda surowa jak i uzupełniająca powinna posiadać twardość nieprzekraczającą $\leq 4^\circ n$.
 - W przypadku montażu kotła w istniejącej instalacji zamkniętej należy zwrócić uwagę czy instalacja ta jest wykonana zgodnie z obowiązującymi normami (z PN-B-

02414:1999) i przepisami (rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie – tekst jednolity z dnia 17 lipca 2015r. - Dz.U. z 2015 r. poz. 1422). Szczególnie należy zwrócić uwagę na obecność dodatkowego urządzenia schładzającego w instalacji, jeżeli urządzenie takie w postaci węzownicy schładzającej nie występuje w kotle.

- Rurarz powinien zostać zaizolowany cieplnie zgodnie z normą PN-B-02421:2000.
- Uruchomienia instalacji grzewczej z kotłem na pellety powinien dokonać certyfikowany instalator OZE w zakresie kotłów i pieców na biomasę (certyfikat wydany przez Prezesa Urzędu Dozoru Technicznego).

7 Przykładowe wymagania w zakresie szczegółowych opisów warunków zamówienia

7.1 Założenia

W celu określenia przykładowych warunków jakie powinny spełniać poszczególne urządzenia, przyjęto następujące założenia do miejsca instalacji:

- budynek jednorodzinny z piwnicą o powierzchni użytkowej 200 m², po termomodernizacji, dach skośny z dobrą ekspozycją w kierunku południowym, bez zaciemniania okresowego, bez okien dachowych i komina na połaci południowej;
- w budynku istnieje instalacja grzewcza – kocioł węglowy pozaklasowy, instalacja wewnętrzna – grzejnikowa wysokotemperaturowa (90/70);
- ciepła woda przygotowywana przez podgrzewacz elektryczny dla 4 osób mieszkających w budynku;
- w wyniku prac termomodernizacyjnych źródła ciepła planowana jest następująca modernizacja:

Wariant A

Wymiana źródła ciepła, obejmująca wymianę starego kotła oraz podgrzewacza elektrycznego na powietrzną pompę ciepła wraz z zasobnikiem c.w.u.

Ponadto przewidziano wymianę grzejników na niskotemperaturowe (50/40), w celu zapewnienia optymalnej pracy pompy ciepła i zapewnienia komfortu cieplnego. Przy czym prace te nie są objęte postępowaniem przetargowym, a wykonane są we własnym zakresie przez inwestora.

Wariant B

Wymiana podgrzewacza elektrycznego na powietrzną pompę ciepła do c.w.u. z wbudowanym zasobnikiem, bez wymiany kotła węglowego, który pozostaje jako źródło ciepła do c.o. i c.w.u. w okresie sezonu grzewczego.

Wariant C

Wymiana podgrzewacza elektrycznego na instalację kolektorów słonecznych, ze zbiornikiem do c.w.u. oraz niezbędną armaturą, bez wymiany kotła węglowego, który pozostaje jako źródło ciepła do c.o. i c.w.u. w okresie niesprzyjających warunków atmosferycznych do pracy instalacji kolektorów słonecznych.

Wariant D

Wymiana źródła ciepła, obejmująca wymianę starego kotła oraz podgrzewacza elektrycznego na stałopalny kocioł biomasowy wraz ze zbiornikiem na potrzeby c.w.u.

- Przewiduje się również montaż instalacji fotowoltaicznej o mocy 5 kWp.

Jako przykład właściwych zapisów przedmiotu zamówienia w zakresie pomp ciepła i kolektorów słonecznych wykorzystano specyfikacje techniczne – *Ograniczenie niskiej emisji*

na terenie Powiatu Suskiego – montaż pomp ciepła (oraz montaż instalacji solarnych) w budynkach mieszkalnych – udostępnioną przez dr inż. Pawła Dyrca, Naczelnika Wydziału Środowiska Starostwa Powiatowego w Suchej Beskidzkiej.

Przykłady zapisów przedmiotu zamówienia w zakresie kotłów stałopalnych i instalacji fotowoltaicznych wykorzystano opracowania własne.

7.2 Przykładowy opis przedmiotu zamówienia dla pomp ciepła typu powietrze-woda do c.o. i c.w.u.

➤ Wymagania odnośnie zastosowanych materiałów:

- Użyte do realizacji zamówienia urządzenia, elementy i materiały instalacji muszą być fabrycznie nowe.
- GWP czynnika chłodniczego pompy ciepła powinno spełniać wymogi taksonomii zrównoważonego finansowania, w zakresie pomp ciepła, czyli $GWP < 675$ (drugim warunkiem jest zgodność z ekoprojektem - karta produktu i etykieta energetyczna).
- Pompa ciepła powinna posiadać jedną z dwóch istotnie licznych klas energetycznych, czyli min. klasa energetyczna ogrzewania A++ lub wyższa (A+++ dla parametrów zastosowania średnitemperaturowego).
- Wykonawca robót zapewnić musi w okresie gwarancji dostęp do elementów instalacji w zakresie napraw gwarancyjnych i poza gwarancyjnych lub zamienników o parametrach równoważnych.
- Stosowane urządzenia narażane na wyładowania atmosferyczne posiadać muszą zabezpieczenie przed takim zdarzeniem. Montaż elementów instalacji musi odbywać się w sposób minimalizujący wpływ wyładowań atmosferycznych.
- Wszystkie urządzenia danego typu muszą pochodzić od jednego producenta (np. pompy ciepła wszystkie od tego samego producenta, pompy obiegowe wszystkie od jednego producenta, aczkolwiek nie musi to być ten sam producent, który wytwarza pompy ciepła).
- Wykonawca dostarczy i zamontuje na każdej instalacji licznik ciepła oraz licznik energii elektrycznej służące do zliczania ilości ciepła wytworzonego i energii elektrycznej pobieranej przez pompę ciepła.
- Wykonawca w ramach prac montażowych wykona przepust w przegrodzie zewnętrznej w celu połączenia pompy ciepła z zasobnikiem ciepłej wody użytkowej oraz zbiornikiem buforowym. Przepust wykonany zgodnie z wytycznymi PORT PC cz. 7.
- Wykonawca we własnym zakresie w ramach wynagrodzenia ryczałtowego wykona instalację elektryczną spełniającą wymogi obowiązujących norm i przepisów prawa w pomieszczeniu pompy ciepła (np. norma PN-HD 60364-4-41:2017-09). w trakcie pomiaru pętli zwarcia obwodu elektrycznego konieczne jest zmierzenie i zaprotokołowanie impedancji sieci elektrycznej w miejscu przyłączenia pompy ciepła.
- Wykonawca zobligowany jest do tego, aby pierwszego uruchomienia pompy ciepła dokonał serwis fabryczny producenta urządzenia lub autoryzowany instalator.

➤ Minimalne parametry pompy ciepła:

- Moc grzewcza min. 7,0 kW dla parametrów A-7W35 (wartość mocy grzewczej pompy ciepła z etykiety energetycznej dla klimatu umiarkowanego).
 - Klasa energetyczna dla ogrzewania dla parametrów zasilania 55°C, w klimacie umiarkowanym nie niższa niż A++ (z etykiety energetycznej produktu lub karty produktu zgodnej z rozporządzeniem KE 811/2013).
 - Sterownik powinien umożliwić uruchomienie urządzenia w trybie pracy, co + c.w.u. Sterownik powinien być intuicyjny dla użytkownika końcowego. Regulacja ogrzewania musi być realizowana za pomocą regulatora pogodowego (umożliwiającego zastosowanie pracy w g krzywej grzania).
 - Poziom mocy akustycznej pompy ciepła (jednostki zewnętrznej) <70 dB (z karty produktu urządzenia wg wymogów ekoprojektu lub etykietowania) – zalecana wartość pon. 60 dBA.
 - Możliwość współpracy z centralą komunikacyjną do zdalnej (internetowej) obsługi pompy ciepła.
 - Automatyczny system odszraniania jednostki zewnętrznej.
 - Pompa ciepła typu monoblok z deklaracją producenta, że urządzenie jest szczelne, hermetyczne.
 - Automatyka wyposażona w funkcje czasowe pozwalające dostosować pracę pompy ciepła, a także pompy cyrkulacyjnej wody użytkowej do potrzeb mieszkańców.
 - Automatyka pompy ciepła ma być wyposażona w funkcje przegrzewu zabezpieczającego przed bakteriami Legionella.
- Wymagane parametry zasobnika ciepłej wody:
- Minimalna pojemność zasobnika ciepłej wody użytkowej – 300 l.
 - Wężownica zasobnika spełniająca warunek 0,2 m²/kW mocy grzewczej pompy ciepła.
 - Klasa efektywności energetycznej – min. B.
 - Minimalna temperatura podgrzewu wody – 55°C.
 - Zasobnik wody zabezpieczony ochroną warstwą emalii (z anodą ochronną, np. tytanową) lub wykonany ze stali nierdzewnej.
- Wymagane parametry bufora wody grzewczej
- Minimalna pojemność bufora wody grzewczej – zgodnie z wytycznymi i wymogami producenta;
 - Bufor z izolacją cieplną.
- Naczynie przeponowe po stronie instalacji centralnego ogrzewania
- Wielkość naczynia dobrana do instalacji ciepłej wody użytkowej;
 - Dopuszczalne ciśnienie pracy: min. 10 bar; dopuszczalna temperatura pracy: min. 70°C;
 - Ciśnienie wstępne: 4,0 bar.
- Zawór bezpieczeństwa po stronie instalacji centralnego ogrzewania
- Maksymalna temperatura pracy – min. 110°C.
 - Zawór dobrany do instalacji wody grzewczej wody użytkowej.

- Naczynie przeponowe w instalacji ciepłej wody użytkowej:
 - Naczynie wzbiornicze powinno być dedykowane do wody użytkowej oraz posiadać odpowiednie atesty PZH.
 - Wielkość naczynia dobrana do instalacji ciepłej wody użytkowej.
 - Dopuszczalne ciśnienie pracy: min. 10 bar.
 - Dopuszczalna temperatura pracy: min. 70°C.
 - Ciśnienie wstępne: 4,0 bar.
- Zawór bezpieczeństwa instalacji wodnej:
 - Zawór powinien być dedykowany do wody użytkowej oraz posiadać odpowiednie atesty PZH.
 - Zawór dobrany do instalacji ciepłej wody użytkowej.
 - Maksymalna temperatura pracy – min. 110°C.

➤ Połączenia hydrauliczne

Instalację hydrauliczną należy wykonać w technologii rur PP lub innej odpowiadającej. Wykonane połączenia hydrauliczne należy zaizolować termicznie, według obowiązujących przepisów (np. norma PN-B02421:2000).

- Zamawiający wymaga następującego okresu gwarancji:
 - na wykonane roboty montażowe 5 lat;
 - na główne elementy instalacji (pompa ciepła, zbiorniki, itp.) 5 lat.

Okresy gwarancyjne będą liczone od odbioru końcowego inwestycji z jednostką udzielającą dofinansowania. Wykonawca uzyska wszystkie wymagane gwarancje na własny koszt.

➤ Wymagania odnośnie serwisowania

Wykonawca robót zapewni usługi serwisowania wykonanych przez siebie robót. Koszty wynikające z usług serwisowania w okresie gwarancyjnym Wykonawca powinien doliczyć do swojej ceny ofertowej, gdyż nie podlegają one odrębnej zapłacie.

Wykonawca zapewni:

- czas reakcji serwisu na zgłoszone nieprawidłowości działania instalacji – max. 24 godziny od zgłoszenia,
- czas usunięcia awarii/nieprawidłowości w działaniu instalacji – max. 48 godzin od zgłoszenia. Jednakże czas ten może ulec zmianie tylko w przypadku wystąpienia poważniejszych awarii, niemożliwych do usunięcia w wyżej przewidzianym czasie. Sytuacje takie należy każdorazowo uzgodnić z właścicielem lub użytkownikiem obiektu, w którym wykonywane były roboty.

➤ Uwagi końcowe

Wykonawca robót musi przed rozpoczęciem prac w obrębie danego budynku mieszkalnego dokonać szczegółowej analizy istniejącego systemu przygotowania c.w.u., mającej na uwadze optymalizację efektu ekonomicznego i ekologicznego.

Optymalizacja może polegać wyłącznie na propozycji wykonania przez Wykonawcę robót takich zmian w stosunku do niniejszej Specyfikacji Technicznej, które będą prowadzić do uzyskania lepszej efektywności instalacji grzewczej. Propozycja optymalizacji musi zostać zaakceptowana na piśmie przez Zamawiającego i Inspektora Nadzoru przed wykonaniem prac.

Instalacja przed podpisaniem protokołu odbioru winna być przetestowana, wyregulowana i gotowa do pracy.

Wykonawca zapewni udział osoby dysponującej wiedzą w zakresie instalacji pomp ciepła w spotkaniach z mieszkańcami, która przygotuje i omówi przy użyciu prezentacji komputerowej tematykę instalacji pomp ciepła.

W przypadku, gdy dla wykonania prac objętych przedmiotem umowy, okaże się konieczne wykonanie prac rozbiórkowych elementów budynku (np. demontaż drzwi i futryny zewnętrznych lub wewnętrznych budynku dla umożliwienia wniesienia elementów instalacji do pomieszczenia montażu), Wykonawca robót będzie zobowiązany do wykonania tych prac oraz przywrócenia stanu poprzedniego w ramach wynagrodzenia ryczałtowego.

7.3 Przykładowy opis przedmiotu zamówienia dla pomp ciepła do c.w.u.

➤ Wymagania odnośnie zastosowanych materiałów:

- Użyte do realizacji zamówienia urządzenia, elementy i materiały instalacji muszą być fabrycznie nowe.
- Wykonawca robót zapewnić musi w okresie gwarancji dostęp do elementów instalacji w zakresie napraw gwarancyjnych i poza gwarancyjnych lub zamienników o parametrach równoważnych.
- Wykonawca przed rozpoczęciem robót przedstawi zamawiającemu i inspektorowi nadzoru zestawienie wszystkich przeznaczonych do użycia przy realizacji umowy materiałów i urządzeń, wraz z dokumentami potwierdzającymi ich zgodność z wymaganiami niniejszej specyfikacji technicznej wraz ze wszystkimi załącznikami, a także wymagań określonych w aktualnych na dzień realizacji przepisach prawa.
- Przed wykorzystaniem przy realizacji umowy materiałów i urządzeń danego rodzaju wykonawca robót jest zobowiązany do uzyskania ich pisemnego zatwierdzenia przez zamawiającego i inspektora nadzoru.
- Stosowane urządzenia narażane na wyładowania atmosferyczne posiadać muszą zabezpieczenie przed takim zdarzeniem.
- Montaż elementów instalacji musi odbywać się w sposób minimalizujący wpływ wyładowań atmosferycznych.
- Wszystkie urządzenia danego typu muszą pochodzić od jednego producenta (np. pompy ciepła wszystkie od tego jednego producenta, pompy obiegowe wszystkie od innego producenta).

- Minimalne parametry przyjętych pomp ciepła:
 - Minimalna klasa energetyczna urządzenia przygotowania ciepłej wody użytkowej powinna wynosić A+.
 - Zbiornik wyposażony w grzałkę elektryczną, pełniącą funkcję źródła szczytowego o mocy min. 2 kW.
 - Maksymalna temperatura podgrzewu wody – nie mniej niż 55°C.
 - poziom mocy akustycznej w pomieszczeniu – max. 59 dB(A) (zalecana wartość 50 dB(A)) – dane z etykiety energetycznej pompy ciepła.
 - Minimalna pojemność podgrzewacza wody powinna być nie mniejsza niż 250l.
 - Podgrzewacz wody wyposażony przynajmniej w jedną dodatkową węzownicę grzejącą.
 - Zbiornik wody powinien posiadać zabezpieczenie antykorozyjne w postaci emalii (z anodą ochronną, np. tytanową) lub zasobnika wykonanego ze stali nierdzewnej. Zasobnik powinien posiadać atesty higieniczne.
 - Automatyka zapewniająca współpracę pompy ciepła z kotłem stałopalnym, gazowym, olejowym lub grzałką elektryczną.
 - Automatyka wyposażona w funkcje czasowe pozwalające dostosować pracę pompy ciepła, a także pompy cyrkulacyjnej wody użytkowej do potrzeb mieszkańców.
 - Automatyka wyposażona w funkcje przegrzewu zabezpieczającego przed bakterią Legionella.

- Naczynie przeponowe instalacji wodnej:
 - Naczynie wzbiornicze powinno być dedykowane do wody użytkowej oraz posiadać odpowiednie atesty PZH.
 - Wielkość naczynia dobrana do instalacji ciepłej wody użytkowej.
 - Dopuszczalne ciśnienie pracy: min. 10 bar.
 - Dopuszczalna temperatura pracy: min. 70°C.
 - Ciśnienie wstępne: 4,0 bar.

- Zawór bezpieczeństwa instalacji wodnej:
 - Zawór powinien być dedykowany do wody użytkowej oraz powinien posiadać odpowiednie atesty PZH.
 - Zawór dobrany do instalacji ciepłej wody użytkowej.
 - Maksymalna temperatura pracy – min. 110°C.

- Połączenia hydrauliczne

Instalację hydrauliczną należy wykonać w technologii rur PP lub innej odpowiadającej. Wykonane połączenia hydrauliczne należy zaizolować termicznie, według obowiązujących przepisów (np. norma PN-B02421:2000).

- Zamawiający wymaga następującego okresu gwarancji:
 - na wykonane roboty montażowe 5 lat;
 - na główne elementy instalacji (pompa ciepła, zbiorniki, itp.) 5 lat.

Okresy gwarancyjne będą liczone od odbioru końcowego inwestycji z jednostką udzielającą dofinansowania. Wykonawca uzyska wszystkie wymagane gwarancje na własny koszt.

➤ Wymagania odnośnie serwisowania

Wykonawca robót zapewni usługi serwisowania wykonanych przez siebie robót. Koszty wynikające z usług serwisowania w okresie gwarancyjnym Wykonawca powinien doliczyć do swojej ceny ofertowej, gdyż nie podlegają one odrębnej zapłacie.

Wykonawca zapewni:

- czas reakcji serwisu na zgłoszone nieprawidłowości działania instalacji – max. 24 godziny od zgłoszenia,
- czas usunięcia awarii/nieprawidłowości w działaniu instalacji – max. 48 godzin od zgłoszenia. Jednakże czas ten może ulec zmianie tylko w przypadku wystąpienia poważniejszych awarii, niemożliwych do usunięcia w wyżej przewidzianym czasie. Sytuacje takie należy każdorazowo uzgodnić z właścicielem lub użytkownikiem obiektu, w którym wykonywane były roboty.

➤ Uwagi końcowe

Wykonawca robót musi przed rozpoczęciem prac w obrębie danego budynku mieszkalnego dokonać szczegółowej analizy istniejącego systemu przygotowania c.w.u. mającej na uwadze optymalizację efektu ekonomicznego i ekologicznego.

Optymalizacja może polegać wyłącznie na propozycji wykonania przez Wykonawcę robót takich zmian w stosunku do niniejszej Specyfikacji Technicznej, które będą prowadzić do uzyskania lepszej efektywności instalacji grzewczej. Propozycja optymalizacji musi zostać zaakceptowana na piśmie przez Zamawiającego i Inspektora Nadzoru przed wykonaniem prac.

Instalacja przed podpisaniem protokołu odbioru winna być przetestowana, wyregulowana i gotowa do pracy.

Wykonawca zapewni udział osoby dysponującej wiedzą w zakresie instalacji pomp ciepła w spotkaniach z mieszkańcami, która przygotuje i omówi przy użyciu prezentacji komputerowej tematykę instalacji pomp ciepła.

W przypadku, gdy dla wykonania prac objętych przedmiotem umowy okaże się konieczne wykonanie prac rozbiórkowych elementów budynku (np. demontaż drzwi i futryny zewnętrznych lub wewnętrznych budynku dla umożliwienia wniesienia elementów instalacji do pomieszczenia montażu), Wykonawca robót będzie zobowiązany do wykonania tych prac oraz przywrócenia stanu poprzedniego w ramach wynagrodzenia ryczałtowego.

7.4 Przykładowy opis przedmiotu zamówienia dla kolektorów słonecznych do c.w.u.

➤ Charakterystyka systemu kolektorów słonecznych:

- kolektory słoneczne płaskie o minimalnej łącznej powierzchni absorpcji 6,30 m²;
- biwalentny zasobnik solarny o pojemności min. 300 litrów;
- kompletna automatyka sterująca pracą instalacji;
- grupa pompowa
- naczynie przeponowe wzbiornicze solarne o pojemności min. 20 litrów wraz z belką bezpieczeństwa;
- naczynie przeponowe wzbiornicze wodne o pojemności min. 30 litrów wraz z belką bezpieczeństwa;
- zawór bezpieczeństwa na instalacji solarnej;
- zawór bezpieczeństwa na instalacji wodnej;
- zawór odpowietrzający instalacji solarnej;
- zawór antypoparzeniowy na wyjściu ciepłej wody użytkowej na obiekt;
- płyn solarny;
- przewody instalacji glikolowej z rur miedzianych lub ze stali nierdzewnej wraz z izolacją cieplną gr. min. 25 mm odporną na wysokie temperatury;
- przewody instalacji wodnej z rur z wielowarstwowych z wkładką aluminiową lub ze stali nierdzewnej łączonej poprzez zaciskanie wraz z izolacją cieplną.
- Wymagania odnośnie zastosowanych urządzeń i materiałów:
- Użyte do realizacji zamówienia urządzenia i elementy instalacji muszą być fabrycznie nowe.
- Wykonawca zapewnić musi w okresie gwarancji dostęp do elementów instalacji w zakresie napraw gwarancyjnych i poza gwarancyjnych lub zamienników o parametrach równoważnych.
Menu urządzeń i instrukcje obsługi muszą być napisane w języku polskim.
- Systemy mocujące powinny być metalowe, niekorodujące, dopuszczone do stosowania przez producenta zastosowanych kolektorów, nie naruszające struktury kolektorów słonecznych.
- Wykonawca robót powinien prowadzić rurę w obrębie kolektorów pod kolektorami. w przypadku rozwiązań równoważnych dążyć do maksymalnego ograniczenia rury w szczególności na zewnątrz budynku.
- Przyjęte w niniejszej specyfikacji technicznej rury miedziane łączone poprzez lutowanie twarde lub ze stali nierdzewnej łączonej przy użyciu złączek zaciskowych nie mogą być zastępowane rurami wykonanymi z innych materiałów, rura spustowa glikolu musi być stabilizowana podporą.
- Izolacja przewodów powinna być wykonana w sposób trwały na całej ich długości w sposób uniemożliwiający jej rozszczelnienie, rozwinięcie itp. Ponadto izolacja przewodów winna spełniać następujące warunki:
 - przewodność cieplna izolacji $\lambda \leq 0,04 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$, przy temperaturze 40°C;
 - odporność izolacji prowadzonej na zewnątrz budynku na promieniowanie UV;
 - odporność na wysokie temperatury, które mogą powodować przepływające ciecze w przewodach izolowanych;
 - zabezpieczona przed uszkodzeniem mechanicznym (np., dziobaniem ptaków);

- wykonana na całej długości przewodów, kształtek, połączeń rurowych, armatury itp.;
 - na zakończeniach izolacji (na zewnątrz i wewnątrz) należy stosować systemowe rozety zakończeniowe aluminiowe;
 - miejsca nacięć, zakończeń izolacji muszą być zabezpieczone w sposób dopuszczony przez producenta izolacji, zapewniający na całym obwodzie przewodu ciągłość izolacji;
 - na każdym rozgałęzieniu należy umieścić strzałki kierunkowe;
 - celem zapewnienia ciągłości izolacji, obejmę mocujące przewody należy montować po założeniu izolacji.
- Zawory montowane na części glikolowej muszą posiadać dopuszczenie do pracy z glikolem w instalacji solarnej przy wysokich temperaturach tj. minimum $T=150^{\circ}\text{C}$.
 - Zawory montowane na zewnątrz dodatkowo muszą być odporne na warunki atmosferyczne w tym korozje.
 - Wykonawca określi w protokole odbioru optymalny przepływ płynu solarnego zapewniający uzyskanie największego efektu ekologicznego i ekonomicznego.
 - Wykonawca robót zapewnić musi zastosowanie urządzeń i rozwiązań zapobiegających uszkodzeniu instalacji w wyniku: przegrzania instalacji oraz jej elementów w okresie stanów postojowych podczas silnego nasłonecznienia (np. nieobecności Właściciela w związku z wyjazdem wakacyjnym, zanikiem prądu) oraz mrozów.
 - W celu ochrony przed zbyt wysoką temperaturą wody w instalacji c.w.u. instalację należy wyposażyć w termostatyczny zawór mieszający. Zawór ten umożliwi zadanie odpowiedniej temperatury wody w instalacji i jej utrzymanie poprzez mieszanie wody gorącej z podgrzewacza z wodą zimną z sieci.
 - Do instalacji może być stosowany jedynie gotowy płyn solarny przygotowany przez producenta. Zamawiający nie dopuszcza możliwości rozcieńczania koncentratów płynu przez Wykonawcę.
 - Wykonawca robót zapewnić musi odpowiednie ustawienie ciśnienia w naczyniach przeponowych na części wodnej i glikolowej, zapewniające prawidłową pracę całego układu.
 - Czujnik temperatury przy kolektorze dopuszczony do stosowania na zewnątrz. Przewód do wymienionego czujnika na zewnątrz ukryty pod izolacją lub w rurze ochronnej (odpornej na warunki atmosferyczne) na całej długości.
 - Całością pracy instalacji solarnej winna sterować automatyka oparta o sterownik z wyświetlaczem LCD. Sposób sterownia instalacji przez regulator winien zapewniać całkowitą bezobsługowość pracy instalacji solarnej. Dodatkowo zastosowana automatyka winna sterować trójdrogowym zaworem przełączającym służącym do współpracy zasobnika solarnego z istniejącym zasobnikiem c.w.u. Funkcje automatyki sterującej:
 - sterowanie pracą solarnej pompy obiegowej w oparciu
 - wskazania temperatury;

- sterowanie pracą trójdrogowego zaworu przełączającego w oparciu o wskazania temperatury;
 - funkcja odmrażania kolektorów słonecznych;
 - funkcja schładzania kolektorów w przypadku zagrożenia ich przegrzania;
 - tryb urlopowy;
 - możliwość podłączenia modułu sterującego pozwalającego na zdalną kontrolę pracy instalacji przez Internet;
 - możliwość podłączenia modułu sterującego pozwalającego na zdalną kontrolę pracy instalacji przy pomocy telefonu komórkowego;
 - język obsługi – polski.
- Kolektory słoneczne powinny spełniać następujące parametry:
- sprawność optyczna kolektora – min. 80%;
 - współczynnik strat ciepła a_1 nie większy niż 3,6W/m² K;
 - współczynnik strat ciepła a_2 nie większy niż 0,016W/m² K;
 - szyba na kolektorze – antyrefleksyjna, szkło hartowane;
 - wszystkie elementy metalowe (obudowy, ramy) niekorodujące, malowane proszkowo lub w sposób równoważny;
 - absorber wykonany z miedzi bądź aluminium z powłoką selektywną, orurowanie absorbera wykonane z rur miedzianych lub aluminiowych;
 - kolektory słoneczne zastosowane w projekcie powinny posiadać jeden z następujących certyfikatów, wydany przez właściwą akredytowaną jednostkę certyfikującą: zgodność z normą PN-EN 12975-1 wraz ze sprawozdaniem z badań przeprowadzonym zgodnie z normą PN-EN 12975-2 lub PN-EN ISO 9806:2014 lub europejski znak jakości „Solar Keymark”.
- Wymagania w zakresie zasobnika ciepłej wody użytkowej:
- wyposażony w dwie węzownice; w szczególnych przypadkach może być jedna
 - z wbudowaną anodą ochronną (np. tytanową);
 - izolacja termiczna o przewodności cieplnej $\lambda \leq 0,035$ w/(m*K);
 - minimalna grubość izolacji 50 mm;
 - maksymalne ciśnienie pracy zbiornika – min. 10 bar;
 - maksymalna temperatura pracy zbiornika – min. 95°C;
 - pojemność podgrzewacza – minimum 300 litrów;
 - płaszcz ochronny wykonany z materiału typu skay lub malowanej proszkowo blachy;
 - izolowana wyczystka;
 - wyposażony w króciec do podłączenia czujnika;
 - wyposażony w króciec do podłączenia grzałki elektrycznej.
- Wymagania w zakresie naczyń wzbiorczych i zaworów bezpieczeństwa
- Naczynie przeponowe instalacji wodnej

- naczynie wzbiorcze powinno być dedykowane do wody użytkowej oraz powinno posiadać odpowiednie atesty PZH;
- wielkość naczynia dobrana do instalacji ciepłej wody użytkowej;
- dopuszczalne ciśnienie pracy: min. 10 bar;
- dopuszczalna temperatura pracy: min. 99°C;
- ciśnienie wstępne: 4,0 bar
- Zawór bezpieczeństwa instalacji wodnej:
 - zawór powinien być dedykowany do wody użytkowej oraz powinien posiadać odpowiednie atesty PZH;
 - zawór dobrany do instalacji ciepłej wody użytkowej;
 - maksymalna temperatura pracy – min. 110°C.
- Naczynie przeponowe instalacji glikolowej:
 - dopuszczalne ciśnienie pracy: min. 10 bar;
 - dopuszczalna temperatura pracy: min. 120°C;
 - dodatek środka przeciw zamarzaniu: do 50%.
- Zawór bezpieczeństwa instalacji glikolowej:
 - maksymalna temperatura pracy – min. 160°C;
 - odporność na działanie glikolu
 - stężeniu min. do 50%.
- Zamawiający wymaga następującego okresu gwarancji
 - na wykonane roboty montażowe 5 lat;
 - na główne elementy instalacji (pompa ciepła, zbiorniki, itp.) 5 lat

Okresy gwarancyjne będą liczone od odbioru końcowego inwestycji z jednostką udzielającą dofinansowania. Wykonawca uzyska wszystkie wymagane gwarancje na własny koszt.

➤ Wymagania odnośnie serwisowania

Wykonawca robót zapewni usługi serwisowania wykonanych przez siebie robót. Koszty wynikające z usług serwisowania w okresie gwarancyjnym Wykonawca powinien doliczyć do swojej ceny ofertowej, gdyż nie podlegają one odrębnej zapłacie.

Wykonawca zapewni:

- Czas reakcji serwisu na zgłoszone nieprawidłowości działania instalacji – max. 24 godziny od zgłoszenia.
- Czas usunięcia awarii/nieprawidłowości w działaniu instalacji – max. 48 godzin od zgłoszenia. Jednakże czas ten może ulec zmianie tylko w przypadku wystąpienia poważniejszych awarii, niemożliwych do usunięcia w wyżej przewidzianym czasie. Sytuacje takie należy każdorazowo uzgodnić z właścicielem lub użytkownikiem obiektu, w którym wykonywane były roboty.

➤ Uwagi końcowe

Wykonawca robót musi przed rozpoczęciem prac w obrębie danego budynku mieszkalnego dokonać szczegółowej analizy istniejącego systemu przygotowania c.w.u. mającej na uwadze optymalizację efektu ekonomicznego i ekologicznego. Optymalizacja może polegać wyłącznie na propozycji wykonania przez Wykonawcę takich zmian w stosunku do niniejszej Specyfikacji Technicznej, które będą prowadzić do uzyskania lepszej efektywności instalacji solarnej. Propozycja optymalizacji musi zostać zaakceptowana na piśmie przez Zamawiającego i Inspektora Nadzoru przed przystąpieniem do wykonania prac. Instalacja przed podpisaniem protokołu odbioru winna być odpowietrzona i wyregulowana, gotowa do pracy. Wykonawca zapewni udział osoby dysponującej wiedzą w zakresie instalacji solarnych w spotkaniach z mieszkańcami, która przygotuje i omówi przy użyciu prezentacji komputerowej tematykę instalacji. w przypadku, gdy dla wykonania prac objętych przedmiotem umowy okaże się konieczne wykonanie prac rozbiórkowych elementów budynku (np. demontaż drzwi i futryny zewnętrznych lub wewnętrznych budynku dla umożliwienia wniesienia elementów instalacji do pomieszczenia montażu) Wykonawca robót będzie zobowiązany do wykonania tych prac oraz przywrócenia stanu poprzedniego w ramach wynagrodzenia ryczałtowego.

7.5 Przykładowy opis przedmiotu zamówienia dla kotłów na pellety do c.o. i c.w.u.

- Kocioł o mocy 14 kW (dopuszczalny kocioł o mocy do 15% wyższej od mocy wynikającej z przeprowadzonego audytu).
- Kocioł musi być fabrycznie nowy.
- Gwarancja na szczelność kotła nie krótsza niż 5 lat, gwarancja na elementy elektryczne nie krótsza niż 2 lata.
- Dostarczony kocioł musi posiadać zasobnik paliwa z prawej strony.
- Paliwem podstawowym dla dostarczanego kotła jest pellet drzewny klasy A1 wg PN-EN ISO 19255.
- Kocioł spełnia wymagania Rozporządzenia Komisji (UE) 2015/1189 w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu dla kotłów na paliwo stałe.
- Kocioł musi posiadać klasę energetyczną wg Rozporządzenia Komisji (UE) 2015/1187 z dnia 27 kwietnia 2015 nie niższą niż A+.
- Kocioł musi spełniać wymagania normy PN-EN 303-5:2021-09 w pełnym zakresie, m.in. w zakresie bezpieczeństwa pracy kotła (tj. zabezpieczenie przed cofnięciem żaru do zasobnika pelletu oraz zabezpieczenie przed wzrostem temperatury w kotle, np. typu STB) oraz spełniać wymagania emisji zanieczyszczeń i sprawności dla klasy 5.
- Kocioł nie może posiadać rusztu dodatkowego (awaryjnego) – zgodnie z wymogami rozporządzenia Ministra Rozwoju i Finansów z dnia 1 sierpnia 2017 r. w sprawie wymagań dla kotłów na paliwo stałe.

- Wymaga się zabezpieczenia kotła przed zbyt niską temperaturą wody powrotnej z instalacji grzewczej do kotła.
- Kocioł powinien posiadać możliwość przyłączenia do instalacji zamkniętej (wg PN-B-02414:1999).
- Maksymalne dopuszczalne ciśnienie pracy kotła dla instalacji zamkniętej: minimum 1,5 bar.
- Kocioł musi posiadać węzownicę schładzającą wmontowaną w płaszcz wodny kotła, ewentualnie zamiennie dostawa powinna obejmować zawór schładzający dwufunkcyjny, którego instalacja zostanie uwzględniona w projekcie wykonawczym.
- Sterownik kotła musi posiadać możliwość podłączenia kotła do sieci Internet (dopuszczalna jest także rozbudowa sterownika o moduł komunikacji Internet, który powinien znaleźć się w dostawie kotła). z pozycji Internetu powinna być możliwość zdalnego załączenia/wyłączenia, dokonania zmiany nastaw kotła, itp.).
- Palnik zamontowany w kotle musi posiadać układ automatycznego rozpalania pellet.
- Palnik zamontowany w kotle musi posiadać układ odpielania.
- Czyszczenie oraz obsługa kotła powinna być prosta i ograniczona do minimum.
- Pojemność zasobnika pelletu nie mniejsza niż 150 litrów,
- Uruchomienia instalacji grzewczej z kotłem na pellety musi dokonać certyfikowany instalator OZE w zakresie kotłów i pieców na biomasę (certyfikat wydany przez Prezesa Urzędu Dozoru Technicznego).
- Czas reakcji serwisu powinien być nie dłuższy niż 24 godziny od momentu zgłoszenia (w dni robocze).

7.6 Przykładowy opis przedmiotu zamówienia dla instalacji fotowoltaicznych

- Ogólny opis przedmiotu zamówienia:

Przedmiotem zamówienia jest dostawa, montaż oraz uruchomienie instalacji fotowoltaicznej, o jednostkowej mocy nie mniejszej niż 5 kWp. Instalacja fotowoltaiczna musi składać się z modułów fotowoltaicznych o mocy nie mniejszej niż 370 Wp. Moduły fotowoltaiczne muszą zostać podłączone do trójfazowego falownika beztransformatorowego za pomocą kabli solarnych. Falownik za pomocą kabla lub przewodu zostanie podłączony do rozdzielni głównej lub wewnętrznego obwodu budynku, którego parametry techniczne pozwolą na przyłączenie danej mocy. Energia wyprodukowana przez instalację PV będzie zużywana na potrzeby własne budynku, a nadwyżki oddawane do sieci w systemie opustów. Instalacja fotowoltaiczna musi posiadać możliwość podłączenia do systemu monitoringu umożliwiającego monitorowanie jej pracy z wykorzystaniem komputera lub urządzenia mobilnego.

- Zakres zamówienia
 - W ramach zamówienia do obowiązków wykonawcy należy:
 - dokonanie wizji lokalnej obiektu;
 - przygotowanie dokumentacji wykonawczej i przedstawienie jej zamawiającemu do akceptacji
 - dostawa i sprzedaż nowych urządzeń i komponentów składających się na kompletną instalację fotowoltaiczną;
 - wykonanie prac montażowych;
 - przyłączenie instalacji do sieci wewnętrznej obiektu i jej uruchomienie;
 - wykonanie pomiarów instalacji;
 - przeprowadzenie instruktażu dla użytkowników obiektu w zakresie obsługi instalacji oraz postępowania w sytuacjach awaryjnych;
 - sporządzenie i przekazanie właścicielowi obiektu kompleksowej dokumentacji powykonawczej, zawierającej m.in. projekt instalacji, instrukcję obsługi, karty katalogowe urządzeń, raport z testów i pomiarów końcowych instalacji, nastawy zabezpieczeń falownika;
 - przygotowanie wniosku do Zakładu Energetycznego w celu włączenia instalacji fotowoltaicznej do sieci elektroenergetycznej na warunkach najbardziej korzystnych dla Inwestora
 - serwisowanie instalacji w okresie wskazanym w dokumentacji przetargowej.
 - Zakres prac montażowych obejmuje:
 - Montaż konstrukcji wsporczej dla modułów fotowoltaicznych,
 - Montaż modułów fotowoltaicznych,
 - Montaż falownika fotowoltaicznego,
 - Poprowadzenie tras kablowych strony AC i DC,
 - Montaż zabezpieczeń strony AC i DC,
 - Wykonanie testów i pomiarów końcowych,
 - Wykonanie testowego uruchomienia instalacji fotowoltaicznej,
 - Instruktaż użytkownika instalacji fotowoltaicznej.
- Minimalne wymagania dla komponentów instalacji PV
 - Moduły fotowoltaiczne - zastosowane moduły fotowoltaiczne muszą być zgodne z wymaganiami przedstawionymi w poniższej tabeli.

Tabela 9

Wymagania stawiane modułom fotowoltaicznym.

Nazwa parametru	Wartość
Typ ogniw	Krzemowe
Sprawność modułu	Nie mniejsza niż 19,0 %
Liczba ogniw	Nie mniejsza niż 60 ogniw
Moc maksymalna w STC	nie mniejsza niż 370 Wp
Wartość bezwzględna temperaturowego wskaźnika mocy	Nie większa niż 0,40 %/°C
Dopuszczalny prąd wsteczny	Nie mniej niż 15 A
Odporność na PID zgodnie z normą ICE 62804-1:2015 lub równoważną	Tak, potwierdzona certyfikatem
Współczynnik Wypełnienia	Nie mniejszy niż 0,775
Tolerancja mocy	Tylko dodatnia
Wytrzymałość mechaniczna (parcie)	Nie mniejsza niż 5400 Pa
Wymagane normy	PN-EN IEC 61730-2:2018-06 (lub równoważne) PN-EN 61215:2005 (lub równoważne)
Spadek mocy modułów po pierwszym roku pracy	Nie więcej niż 3%

- Falowniki fotowoltaiczne (inwertery) - Moduły fotowoltaiczne zostaną podłączone do falownika beztransformatorowego za pomocą kabli solarnych podwójnie izolowanych. Falownik zostanie podłączony do instalacji wewnętrznej budynku. Do zamiany prądu stałego na przemienny zostanie zastosowany falownik trójfazowy beztransformatorowy umożliwiający montaż wewnątrz budynku.

Tabela 10

Wymagania dla falownika fotowoltaicznego.

Nazwa parametru	Wartość
Typ	Beztransformatorowy
Liczba zasilanych faz	3
Sprawność euro	Nie mniej niż 96%
Stopień ochrony	min. IP 65
Współczynnik zakłóceń harmonicznym prądu	Poniżej 3%
Deklaracja zgodności z Dyrektywą 2014/35/UE Dyrektywą 2014/30/UE	Tak
Możliwość modyfikacji współczynnika mocy $\cos\phi$	0,90 niedowzbudzenie do 0,90 przewzbudzenie
Zgodność z normami PN-EN 61000-6-3 PN-EN 61000-3-12 PN-EN 61000-3-11	Tak
Sposób chłodzenia	Naturalna konwekcja lub wymuszona wentylatorowa
Protokół komunikacji	Dowolny
Komunikacja bezprzewodowa	Dowolna
Gwarancja na wady ukryte	Nie mniej niż 10 lat

- Instalacja przepięciowa i odgromowa - Ochrona przed przepięciami będzie realizowana przez zastosowanie ograniczników przepięć typu II po stronie prądu stałego (DC) oraz przemiennego (AC). z zastrzeżeniem, że w przypadku, gdy w budynku jest wykonana instalacja odgromowa przewiduje się zastosowanie ograniczników przepięć typu I + II po stronie DC, jeżeli montaż modułów PV oraz konstrukcji na dachu uniemożliwia zachowanie odstępów izolacyjnych opisanych w normie PN-EN 62305-2:2012. Dla instalacji posadowionych na gruncie należy zastosować instalację przepięciową typu II po stronie DC i AC. Niezależnie od zainstalowanej ochrony przepięciowej i odgromowej metalowe elementy konstrukcji oraz modułów należy objąć uziemionymi połączeniami wyrównawczymi.
- Wymagania w zakresie monitorowania pracy instalacji PV i gromadzenia danych - Instalacja fotowoltaiczna musi mieć możliwość zbierania danych o ilości wyprodukowanej energii w cyklach dziennych miesięcznych i rocznych. Dane o ilości wyprodukowanej energii muszą być prezentowane lokalnie z wykorzystaniem wyświetlacza falownika lub innego urządzenia do prezentowania danych, jeżeli falownik nie jest wyposażony w wyświetlacz. Dodatkowo system monitorowania musi posiadać następujące funkcje:
 - wizualizacji aktualnej mocy instalacji;
 - wizualizacji informacji o uzyskach energii;
 - przedstawianie komunikatów o błędach;
 - gromadzenia danych w chmurze.
- Do zadań wykonawcy należy konfiguracja systemu monitoringu na wskazanym przez właściciela obiektu urządzeniu mobilnym lub stacjonarnym. Zapewnienie łącza internetowego w obrębie budynku powinno być zapewnione przez inwestora. Doprowadzenie sygnału do falownika przewodowo lub bezprzewodowo leży po stronie wykonawcy. System musi posiadać możliwość archiwizacji danych w okresie nie krótszym niż 5 lat.
- Wymagania dla konstrukcji wsporczej - wymaga się zastosowania konstrukcji wsporczej dostosowanej do pokrycia dachowego budynku. Moduły fotowoltaiczne zostaną przymocowane do konstrukcji za pomocą klem montażowych o wysokości dostosowanej do grubości ramek modułów PV.

Tabela 11

Wymagania stawiane konstrukcji montażowej dedykowanej dla instalacji dachowych.

Nazwa parametru	Wartość
Materiał głównych elementów nośnych	Stal nierdzewna / Aluminium
Materiał elementów łączących	Stal nierdzewna
Wymagane normy	PN-EN 1090
Gwarancja na wady ukryte	Przynajmniej na okres 10 lat, potwierdzona warunkami gwarancji producenta konstrukcji wsporczej

- Wymagania w zakresie okablowania - Do połączenia modułów PV z falownikiem należy zastosować kable dedykowane do instalacji fotowoltaicznych odporne na UV i warunki zewnętrzne. Minimalne wymagania w zakresie zastosowanych kabli po stronie DC i AC przedstawiają poniższe tabele.

Tabela 12 Minimalne wymagania w zakresie okablowania po stronie DC.

Nazwa parametru	Wartość
Maksymalne dopuszczalne napięcie pracy DC	nie mniej niż 1,5 kV
Minimalna temperatura pracy	-40°C
Maksymalna temperatura pracy	90°C
Materiał żyły	Miedź
Budowa żyły	Wielodrutowa linka cynowana
Izolacja	Podwójna
Materiał izolacji	Guma bezhalogenowa lub polietylen sieciowany
Dodatkowe właściwości	Odporne na UV, wodę

Tabela 13 Minimalne wymagania w zakresie okablowania po stronie AC.

Nazwa parametru	Wartość
Maksymalne napięcie po stronie AC	nie mniej niż 0,7 kV
Minimalna temperatura pracy	-20°C lub niższa
Maksymalna temperatura pracy	80°C lub wyższa
Materiał żyły	Miedź
Budowa żyły	Wielodrutowa lub jednodrutowa
Izolacja	Pojedyncza
Materiał izolacji żyły	Polwinit lub guma bezhalogenowa
Materiał powłoki zewnętrznej w przypadku zastosowania kabla/przewodu wewnątrz budynku	Polwinit lub guma bezhalogenowa
Materiał powłoki zewnętrznej w przypadku zastosowania kabla na zewnątrz	Guma bezhalogenowa
Dodatkowe właściwości w przypadku zastosowania zewnętrznego	Odporne na UV, wodę

- Wymagania w zakresie prac montażowych - wykonawca zobowiązany jest prowadzić prace montażowe w sposób minimalizujący uciążliwości dla osób przebywających na terenie obiektu.
 - Zabezpieczenie prac montażowych - przed rozpoczęciem wszelkich prac monterskich, Wykonawca zobowiązany jest do przeprowadzenia wizji lokalnej terenu, na którym będą prowadzone prace oraz terenu w bezpośrednim sąsiedztwie, w tym budynków, dróg wewnątrz, obszarów zielonych, chodników itp., które przylegają do miejsca wykonywania prac lub na które prace te będą w jakikolwiek sposób oddziaływać. Wszelkie istniejące uszkodzenia np. pokrycia dachu i inne ważne szczegóły należy zidentyfikować, opisać i sfotografować. Pracownicy firmy powinni

posiadać odpowiednie uprawnienia pozwalające na pracę na wysokości. w trakcie prac montażowych na dachu, pracownicy powinni poruszać się w odpowiednich szelkach bezpieczeństwa z systemem zabezpieczeń linowych.

- Montaż modułów fotowoltaicznych - zamawiający wymaga, aby:
 - Moduły fotowoltaiczne były zamocowane zgodnie z wytycznymi projektu wykonawczego,
 - Montaż i rozplanowanie należy wykonać zgodnie z projektem wykonawczym i instrukcją dostarczoną przez producenta,
 - Przy dokręceniu połączeń śrubowych moment dokręcenia należy kontrolować za pomocą klucza dynamometrycznego,
 - W przypadku montażu elementów ze stali ocynkowanej należy zabezpieczyć antykorozyjnie wszystkie miejsca, w których doszło do uszkodzenia ochronnej powłoki.
 - Nie dopuszcza się wykorzystania nośnych połączeń skręcanych konstrukcji wsporczej do montażu innych elementów konstrukcyjnych, w tym połączeń wyrównawczych.
- Montaż falownika - zamawiający wymaga, aby:
 - Montaż falownika wykonać zgodnie z wymaganiami producenta zastosowanego falownika.
 - Falownik należy przymocować do materiału niepalnego.
 - Wysokość montażu należy tak dobrać, aby wyświetlacz znajdował się nie niżej niż 150 cm i nie wyżej niż 180 cm, o ile istnieją techniczne możliwości.
 - Wokół falownika należy zachować wolne przestrzenie niezbędne do prawidłowej wentylacji zgodnie z wymaganiami producenta falownika.
- Wykonanie robót kablowych - zamawiający wymaga, aby:
 - Okablowanie było wykonane zgodnie z przepisami krajowymi (norma PN-HD 60364-1:2010 oraz PN-IEC 60364-3:2000). Wielkość tras i kanałów kablowych powinny umożliwiać łatwe wciąganie i wyciąganie odpowiednich kabli. Dostęp powinien być zamykany za pomocą zdejmowanych lub uchylnych pokryw.
 - Obwody należy prowadzić tak, aby unikać tworzenia pętli indukcyjnej. Szczególnie w przypadku układania kabli strony DC należy wykonywać to w taki sposób, aby przewód plusowy znajdował się możliwie blisko przewodu minusowego.
 - Przewody prowadzone w miejscach narażonych na bezpośrednie oświetlenie promieniami słonecznymi muszą być dodatkowo zabezpieczone poprzez ich prowadzenie w rurach odpornych na UV.
 - Przejścia przewodów między elementami konstrukcji wsporczej w miejscach mogących narażać kabel na uszkodzenie należy dodatkowo zabezpieczyć pieszlem lub rurą ochronną.

- Połączenia kabli pod modułami PV wykonane za pomocą szybko-złączek należy zabezpieczyć przed wnikaniem wilgoci poprzez zamocowanie ich do szyn znajdujących się pod modułami.
- Wewnątrz budynku przewody należy prowadzić wykorzystując systemowe korytka kablowe, nie dopuszcza się prowadzenia kabla w sposób niezabezpieczony dodatkową osłoną.
- Wymagania dotyczące prac zanikających i terenu montażu - prowadzenie prac wykończeniowych w ramach montażu instalacji PV wymaga pozostawienia stanu budynku, w tym przegród, elewacji i elementów instalacyjnych, w stanie nie pogorszonym niż stan zastany. Prace wykończeniowe muszą uwzględniać wszystkie aspekty dotyczące zapewnienia bezpieczeństwa i konserwacji występujących instalacji.
- Testy i pomiary końcowe - po wykonaniu montażu instalacji fotowoltaicznej należy przeprowadzić (jeszcze przed zgłoszeniem gotowości do odbioru - jeden z warunków odbioru) testy końcowe oraz próby zdefiniowane w normie PN-HD 60364-6:2016-07. w ramach przeprowadzonych testów oraz kontroli instalacji należy wykonać wymienione poniżej czynności:
 - kontrola strony DC;
 - kontrola ochrony przeciw przepięciom i porażeniom prądem elektrycznym;
 - kontrola strony AC;
 - kontrola oznakowania i identyfikacji;
 - testy ciągłości uziemienia ochronnego lub ekwipotencjalnych przewodów kompensacyjnych;
 - test polaryzacji;
 - pomiar napięcia obwodu otwartego;
 - pomiar prądu;
 - testy funkcjonalności;
 - testy rezystancji izolacji;
 - kontrola ochrony przeciwporażeniowej
 - oraz dodatkowo pomiary zalecane przez normę PN-EN 62446-1:2016-08;
 - badanie kamerą termowizyjną.

Wszystkie prace oraz pomiary muszą zostać wykonane przez osoby posiadające odpowiednie przeszkolenie potwierdzone stosownymi uprawnieniami - Stowarzyszenia Elektryków Polskich (SEP).

- Szkolenie - wykonawca zobowiązany jest przeprowadzić szkolenie z zakresu użytkowania instalacji PV, szkolone będą osoby wskazane przez Inwestora. Ramowy Program Szkolenia:

- Charakterystyka i specyfika zainstalowanych urządzeń.
 - Instrukcja ruchowa i użytkowania – omówienie.
 - Serwis i eksploatacja.
 - Zasady BHP i PPOŻ.
 - Monitoring pracy instalacji.
 - Kontrola stanu pracy instalacji.
 - Rozpoznanie stanów awaryjnych i wymagane postępowanie.
- Wymagania w zakresie gwarancji oraz rękojmi - wykonawca musi zapewnić co najmniej:
 - 5 letni okres gwarancji dla wszystkich kluczowych urządzeń instalacji fotowoltaicznej tj., modułów PV, falowników, konstrukcji montażowej.
 - 5 lat rękojmi na całość wykonanych prac. Okres gwarancji liczony będzie od daty podpisania protokołu odbioru.
 - Wykonawca musi zapewnić ponadto:
 - Maksymalny czas naprawy (usunięcie wszelkich nieprawidłowości w działaniu wybudowanej instalacji), nie dłuższy niż 14 dni.
 - Maksymalny czas reakcji serwisu, rozumiany jako czas od przyjęcia zgłoszenia do rozpoczęcia działań serwisowych, nie dłużej niż 7 dni.
 - W przypadku konieczności wymiany urządzeń czas naprawy może zostać wydłużony powyżej 14 dni, lecz nie dłużej niż 30 dni.
 - Wykonawca zobowiązany jest zapewnić obsługę zgłoszeń gwarancyjnych i utrzymania numeru telefonu i adresu poczty elektronicznej do zgłoszeń zdarzeń objętych gwarancją przez cały okres gwarancji. Wszystkie zgłoszenia drogą elektroniczną i telefoniczne muszą być zapisywane i gromadzone na odpowiednich nośnikach, z możliwością wglądu lub odsłuchu przez Inwestora.
 - Wymagania serwisowe - zamawiający wymaga, aby w okresie trwania rękojmi (5 lat) Wykonawca wykonywał cykliczne przeglądy zamontowanych instalacji. Urządzenia mają być serwisowane wedle wymagań producentów jednak nie mniej niż 1 raz w ciągu trwania rękojmi z zastrzeżeniem, że ostatni z przeglądów ma się odbyć na 6 miesięcy przed zakończeniem rękojmi. Wykonawca przedłoży harmonogram przeglądów wraz z ich zakresem do akceptacji Zamawiającego. Przegląd każdej z instalacji zakończy się podpisaniem stosownego protokołu serwisowego, w którym wyszczególnione zostaną wykonane czynności. Do podpisania protokołu zobowiązana jest osoba wykonująca przegląd, a także gospodarz obiektu objętego pracami serwisowymi (osoba wyznaczona przez Zamawiającego). Protokół musi zostać sporządzony w 2 egzemplarzach, po jednym dla: Wykonawcy, właściciela obiektu.
- W razie stwierdzenia awarii lub uszkodzeń instalacji Wykonawca ma obowiązek usunięcia awarii lub uszkodzeń w terminach zapisanych w wymaganiach w zakresie gwarancji oraz rękojmi.

W ramach przeglądu instalacji fotowoltaicznych do obowiązków Wykonawcy będzie należeć sprawdzenie minimum:

- Poprawności pracy i funkcjonowania instalacji w tym wszystkich zamontowanych zabezpieczeń;
- Pomiar rezystancji izolacji strony AC i DC;
- Pomiar wydajności instalacji;
- Badanie kamerą termowizyjną.

W ramach przeglądu należy również wykonać czynności serwisowe przewidziane przez producentów urządzeń składających się na kompletną instalację PV. Przeprowadzenie czynności serwisowych musi zostać poprzedzone poinformowaniem właściciela nieruchomości o takowym zamiarze minimum 7 dni roboczych przed planowanym serwisem. Serwis musi zostać zakończony przekazaniem właścicielowi obiektu protokołem z wykonanych czynności serwisowych. Kształt i zakres protokołu zostaną ustalone z Zamawiającym na etapie realizacji inwestycji. Kopia protokołu dla każdego z obiektów musi zostać również przekazana Zamawiającemu w terminie 14 dni od daty przeprowadzenia czynności serwisowych.

8 Typowe błędy spotykane w specyfikacjach warunków zamówienia

8.1 Typowe błędy w specyfikacjach dla pomp ciepła do ciepłej wody użytkowej

- Podawanie konkretnej mocy grzewczej pompy ciepła. Nierzadko w specyfikacjach podawana jest moc grzewczą pompy ciepła bez podania warunków odniesienia dot. tej mocy. Ta sama pompa ciepła będzie mieć np. moc grzewczą 2 kW dla temperatury powietrza 20°C i temperatury wody 45°C, ale już 1,5 kW dla temperatury powietrza 10°C i temperatury wody 45°C, itp.
- Jeżeli z określonych powodów zachodzi potrzeba podania mocy grzewczej, to należy wskazać warunki odniesienia, np. moc grzewcza pompy ciepła nie mniej niż 1,5 kW dla A15W45. Jednak bardziej właściwe byłoby podanie średniej mocy grzewczej podczas podgrzania zasobnika ciepłej wody użytkowej, np. moc grzewcza nie mniejsza niż 1,5 kW dla A15W15–55 wg PN–EN16147.
- Nierzadko w specyfikacjach wskazana jest stosunkowo wysoka moc grzewcza pompy ciepła do c.w.u. (pracującej na powietrzu wewnętrznym). z jednej strony taka pompa ciepła w krótszym czasie zagrzeje daną objętość wody użytkowej, jednak z drugiej strony przy ograniczonej kubaturze pomieszczeń szybko je nadmiernie schłodzi i przyczyni się do powstawania dyskomfortu termicznego w pomieszczeniach. Moc pompy ciepła do c.w.u. w zakresie 1,3–2 kW dla A15W15–55, jest wystarczająca do obsłużenia profilu rozbioru wody użytkowej L lub XL (we współpracy z zasobnikiem wody użytkowej o pojemności 200 do 300 l).
- Podobnie jak w przypadku mocy, tak samo dla COP pomimo wskazania minimalnych wartości liczbowych, brak jest odniesienia dla jakich parametrów dane COP ma zostać osiągnięte.
- Dobrym wskaźnikiem efektywności pompy ciepła jest klasa energetyczna (np. minimalna klasa energetyczna A+ lub minimalna efektywność przygotowania wody użytkowej η_{wh}) dla danego profilu rozbioru wody i COP lub moc może być tylko parametrem pomocniczym.
- Brak podanego profilu rozbioru wody (zużycia np. L, XL).
- Skraplacz umieszczony bezpośredni w zasobniku wody użytkowej (w przestrzeni wody) – rozwiązanie w świetle aktualnych przepisów jest niedopuszczalne.

8.2 Typowe błędy w specyfikacjach dla pomp ciepła typu powietrze-woda do celów ogrzewania budynków i przygotowania ciepłej wody użytkowej

- Brak wskazania wymaganej klasy energetycznej ogrzewania np. co najmniej A++,
- Pomimo określenia minimalnych wartości COP dla danych parametrów pracy, brak wskazania normy lub metody obliczenia COP, np. COP wg PN–EN 14511(2018) dla A7W35 min. 4,0.
- Brak wymogu dostarczania etykiet energetycznych produktu, kart produktu oraz minimalnych wytycznych odnośnie do klasy energetycznej dostarczonego urządzenia.

- Brak wskazania, jaką minimalną temperaturą pracy (minimalną temperaturą powietrza zewnętrznego, przy której pompa ciepła będzie jeszcze pracować), powinna charakteryzować się dostarczona pompa ciepła.
- Brak wymogów montażu układu pomiarowego odnośnie dostarczonego ciepła i pobranej energii elektrycznej.
- Brak wymogu maksymalnego poziomu mocy akustycznej jednostki wewnętrznej i zewnętrznej.
- Brak wymogów odnośnie do kontroli poprawności montażu pompy ciepła.

8.3 Typowe błędy w specyfikacjach dla instalacji z kolektorami słonecznymi do celów ciepłej wody użytkowej

- Zbyt ogólne podejście do kwestii doboru powierzchni absorbera do danych warunków rozbioru wody użytkowej - zbyt duże powierzchnie kolektorów słonecznych (w stosunku do założonego poboru ciepłej wody).
- W zapisach SOPZ brak wymagań w zakresie weryfikacji poprawności montażu i ustawień sterownika kolektorów oraz przekonfigurowania sterownika dla źródła dodatkowego (kotła gazowego, kotła na pellet, grzałki, itp.). Skutkuje to niskim w stosunku do założonego solarnym stopniem pokrycia ciepła na cele c.w.u, np. zamiast projektowanego stopnia pokrycia równego 50%, osiągnięte jest 30%. Nierzadko proste zmiany w ustawieniach sterowników oraz poprawne rozmieszczenie czujników temperatury w zasobniku przynosi zauważalne efekty.
- Aby móc zweryfikować efekty pracy instalacji solarnej należy zastosować opomiarowanie zużycia ciepłej wody użytkowej oraz opomiarowanie instalacji solarnej w celu zliczania ciepła dostarczonego przez kolektory.
- Zbyt szczegółowe opisy dotyczące wymiarów kolektorów słonecznych, np. dokładne określenie powierzchni apertury pojedynczego kolektora.
- Konkretnie wymagania dotyczące sprawności optycznej – zbyt wysoko ustawiona poprzeczka odnośnie sprawności optycznej znacząco zawęża konkurencję, jednak eksploatacyjnie różnica w sprawności optycznej kolektora rzędu kilku jest praktycznie niezauważalna.
- Przewymiarowanie instalacji kolektorów, braki odbioru ciepła w miesiącach letnich.

8.4 Typowe błędy w specyfikacjach dla instalacji fotowoltaicznych

- Zbyt szczegółowe wymagania odnośnie wymiarów modułów fotowoltaicznych, grubości ramek, prądu zwarcia, prądu w punkcie mocy maksymalnej, napięcia obwodu otwartego, mocy modułu itp. Wpisanie zbyt szczegółowych wymagań jest niecelowe i może spowodować kłopoty z realizacją zamówienia (np. od momentu pisania specyfikacji do dostawy mija okres połowy roku i wówczas aktualne wymagania są już zdezaktualizowane, co może generować kłopoty z dostawą komponentów).

- Podawanie sprawności ogniwa fotowoltaicznego zamiast sprawności modułu.
- Wymaganie ustawień konfiguracyjnych falowników fotowoltaicznych dla sieci elektroenergetycznej innej niż polskiej.
- Określenie sztywnego zakresu napięcia pracy oraz prądu pracy falownika fotowoltaicznego.
- Brak wymagań odnośnie ochrony odgromowej instalacji fotowoltaicznej.
- Brak wymagań odnośnie ochrony przeciwprzepięciowej instalacji fotowoltaicznej.
- Wymaganie dostawy falownika z określeniem jego wagi.
- Brak odbytej wizji - tworzenie dokumentu bez rozpoznania terenowego.
- Brak pozyskania odpowiednich danych w stosunku do prowadzonej inwestycji.
- Powoływanie się na nieaktualne akty prawne.
- Wybór konkretnego rozwiązania bez powodów wyboru takiej konstrukcji - np. wybór konstrukcji wbijanej co uniemożliwia stosowanie konstrukcji wkręcanej.
- Nakaz stosowania optymalizatorów mocy w przypadku, gdy ich użycie nie jest wymagane.
- Brak rozpoznania pod względem bezpieczeństwa ppoż. oraz warunków technicznych.
- Zbyt rygorystyczne wymagania odnośnie falowników, które mogą powodować zawężanie ilości producentów.
- Brak propozycji określenia miejsca montażu modułów, falownika oraz zabezpieczeń.
- Brak wymagań odnośnie przewodów i tras kablowych wraz z ich zabezpieczeniem.
- Brak wymagań odnośnie lokalizacji punktu wpięcia oraz jego realizacji.
- Niejasno określone wymagania co do dokumentacji technicznej w języku polskim, wykonawczej, powykonawczej, odbiorowej, zgłoszeniowej.
- Brak określenia osób z odpowiednimi uprawnieniami do prowadzonego przedsięwzięcia.
- Brak precyzji w kwestii sieci internetowej.
- Niejasno określone warunki gwarancji oraz warunki użytkowania oraz serwisowania instalacji.

8.5 Typowe błędy w specyfikacjach dla kotłów na pellety

- Stosowanie sformułowań typu, np. optymalna sprawność cieplna (bez wskazania metody, wg której powinna zostać ona oznaczona, np. wg PN-EN 303-5, lub innej).
- Stosowanie zawężonych kryteriów odnośnie sprawności cieplnej kotła zamiast posługiwania się np. klasą energetyczną kotła – określenie minimalnej klasy energetycznej, np. A+ lub minimalnej sezonowej efektywności energetycznej η_s .
- Stosowanie wymagań znacząco obniżających ilość dostępnych konkurencyjnych urządzeń, np. klasa energetyczna dla kotła na pellety minimum A++. Zbyt wygórowane wymagania odnośnie klasy energetycznej kotła mogą przyczynić się do wysokiej ceny dostawy, znacznego ograniczenia oferentów, a z drugiej strony korzyści eksploatacyjne mogą być niezauważalne itp.

- Konkretnie wymagania odnośnie materiału konstrukcji palnika pelletowego, np. stal nierdzewna, stal żaroodporna oraz dokładne wskazanie metody czyszczenia palnika pelletowego.
- Brak przytoczenia wymogu spełnienia przez kocioł normy PN-EN 303-5 (nie tylko w kwestii emisji zanieczyszczeń i sprawności, ale także w kontekście bezpieczeństwa pracy takiego kotła), oraz wymagań dotyczących ekoprojektu.
- Dokładne wytyczne co do formy wyświetlania informacji na wyświetlaczu sterownika, np. wymaganie kolorowego wyświetlacza, itp.). Wytyczne takie mogą zawęzić konkurencję, a z drugiej strony nie mają przełożenia na komfort eksploatacji.
- Bardzo skonkretyzowana postać wymiennika ciepła, np. wymiennik dwu, trójciągowy, poziomy, pionowy, itp.
- Brak wymogu pomiaru dostarczonego ciepła.

9 Podsumowanie

Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii (OZE) w mikroenergetyce rozproszonej jest bardzo ważnym kierunkiem zrównoważonego rozwoju Małopolski w aspekcie ograniczania i likwidacji niskiej emisji, ale także niezależności energetycznej, która w ostatnim czasie, obok ochrony środowiska naturalnego, stała się priorytetem.

Scenariusz rozwoju instalacji hybrydowych opartych na pomach ciepła i panelach fotowoltaicznych przedstawiony w Wytycznych z 2018 jest obecnie realizowany.

W ostatnich latach rozwój instalacji fotowoltaicznych produkujących energię elektryczną na potrzeby budynków był niezwykle intensywny. Wzrost nowych mikroinstalacji znacznie zmniejszył się na początku drugiego kwartału 2022 roku, co związane było ze zmianą przepisów rozliczenia energii (net metering na net billing). Jednakże patrząc na tendencję wzrostu cen załamanie to było chwilowe. Również pompy ciepła w obecnej sytuacji możliwości problemów z dostawami gazu przeżywają renesans.

Nieodłącznym elementem przechodzenia z budynków o wysokim zapotrzebowaniu energetycznym (tzw. „stare budownictwo”) na budynki niskoenergetyczne jest aspekt termomodernizacji oraz wykorzystanie kotłów pelletowych, które w każdym przypadku mogą współpracować z instalacją o wysokim parametrze czynnika grzewczego (grzejnikami).

Mając na uwadze przyszłe programy dofinansowujące mikroinstalacje OZE, poza wspomnianymi wcześniej preferencjami dla układów hybrydowych (pompa ciepła – fotowoltaika), należy rozważyć również sposób organizacji dystrybucji środków pomocowych. Obecne system projektów tzw. „parasolowych” może generować wiele problemów związanych z kumulacją prac w stosunkowo krótkim czasie, kumulacją obrotu bardzo dużą sumą środków finansowych. Może to powodować znaczne ograniczenie, jeśli chodzi o wykonawców instalacji – lokalne firmy, które nie dysponują dużym potencjałem kadrowym i finansowym nie są w stanie zrealizować dużego zamówienia, choć dysponują zadawalającym potencjałem technicznym. Kolejną kwestią sporną jest znaczne ograniczenie możliwości wyboru rozwiązań przez inwestorów.

Rozwiązaniem w projektach może być system tzw. grantowy, w którym końcowy beneficjent – użytkownik instalacji stara się o wsparcie finansowe i sam zleca dostawę i wykonanie instalacji. To rozwiązanie również nie jest pozbawione mankamentów, ponieważ nie zawsze inwestor posiada wystarczającą wiedzę na temat specyfiki zastosowanej technologii. Takie rozwiązanie zostało zastosowane m.in. w programie Czyste Powietrze.

Wyłaniając wykonawcę instalacji na drodze postępowania przetargowego, zamawiający, nie mający doświadczeń w zakresie OZE, powinien skorzystać z konsultacji, wsparcia merytorycznego specjalistów wywodzących się z organizacji branżowych – takich jak Stowarzyszenie Branży Fotowoltaicznej Polska PV (SBF), czy Polska Organizacja Rozwoju Technologii Pomp Ciepła (PORT PC), celem stworzenia optymalnych warunków technicznych dla instalowanych urządzeń.

Tworząc kryteria oceny w postępowaniu przetargowym należy również wziąć pod uwagę, poza kryterium cenowym, dodatkowe wymagania pozwalające na zapewnienie jakości i terminowości.

Takimi kryteriami mogą być na przykład:

- Okres gwarancji (przy czym zaleca się premiowanie gwarancji na wykonane prace sięgającej do 5 lat; gwarancja powyżej 5 lat może znacząco podrażać usługę i dawać preferencję firmom tzw. „sezonowym”, które mogą przestać istnieć w okresie trwania gwarancji). Zapis dotyczący gwarancji może określać minimalny okres gwarancyjny np. na 2 lata, a za każdy dodatkowy rok gwarancji mogą przyznawane dodatkowe punkty, ale do maksymalnie 5-ciu lat.
- Efektywność stosowanych urządzeń (w tym zakresie można posłużyć się etykietami energetycznymi – im wyższa klasa urządzenia tym większa ilość punktów). Analogicznie jak w przypadku okresu gwarancyjnego należy określić minimalną klasę energetyczną, a za każdą klasę stopień wyższą od minimalnej założonej przyznane będą dodatkowe punkty.
- Czas realizacji zlecenia (to kryterium umożliwia wyłonienie firmy, które w danym czasie i w danej lokalizacji dysponują odpowiednim potencjałem wykonawczym). w takim przypadku należy określić maksymalny termin realizacji zamówienia (np. w miesiącach), przyznawać dodatkowe punkty za termin krótszy od maksymalnego założonego (również w analogicznej jednostce czasu np. w miesiącach). Należy jednak dodać, że przyjęcie kryterium czasu wiąże się z koniecznością wprowadzenia do umowy ze zleceniobiorcą zapisów dotyczących sankcji w przypadku przekroczenia terminów, które zostały podane w ofercie podlegającej ocenie. Uchroni to zamawiającego przed ryzykiem opóźnień związanych ze zbyt „optymistycznymi” terminami przedstawionymi w ofercie uczestników postępowania o zamówienie.
- Czas reakcji serwisowej (to kryterium umożliwia wyłonienie firmy, które dysponują odpowiednim potencjałem w zakresie serwisu w danej lokalizacji, co znacząco usprawni okres eksploatacji urządzeń i trwałości projektu). Należy przyjąć kryteria i obostrzenia zapisów umowy jak w przypadku dla kryterium czas realizacji.

Dbając o ciągły rozwój technologii mikroenergetyki rozproszonej oraz podnoszenie kompetencji i jakości osób/firm działających w całym procesie inwestycyjnym, czyli poczynając od architektów, projektantów poprzez doradców energetycznych/urzędników wszystkich szczebli samorządowych, jak również instalatorów oraz dostawców urządzeń i technologii OZE, należy zaplanować cykle szkoleń, warsztatów i konsultacji zwłaszcza na etapie planowania nowych projektów współfinansowanych ze środków unijnych z uwzględnieniem i zastosowaniem się do prawodawstwa unijnego. Centrum Zrównoważonego Rozwoju i Poszanowania Energii AGH w Miękinii jest placówką edukacyjno-badawczą, która rozwija swoją infrastrukturę oraz kadry, wychodząc naprzeciw rosnącym potrzebom w zakresie szkoleń, edukacji i promocji OZE ze szczególnym naciskiem na pompy ciepła i fotowoltaikę, a jednocześnie w zakresie badawczo – rozwojowym, obejmującym

prototypowanie i testowanie urządzeń oraz technologii hybrydowych systemów mikroenergetyki.

9.1 Aktualne koszty ogrzewania budynków i kalkulator kosztów ogrzewania budynków POBE – III kwartał 2022 roku

Porozumienie Branżowe na Rzecz Efektywności Energetycznej POBE, będące koalicją 12 organizacji branżowych skupionych wokół efektywności energetycznej budynków, przedstawiło w sierpniu publikację na temat aktualnych kosztów ogrzewania budynków mieszkalnych w III kwartale 2022, ze szczególnym uwzględnieniem kosztów ogrzewania budynków jednorodzinnych wraz kosztami przygotowania ciepłej wody użytkowej. Na stronie internetowej www.pobe.pl jest ogólnie dostępny kalkulator kosztów ogrzewania budynków (jako otwarty arkusz kalkulacyjny z możliwością wprowadzania swoich danych dot. budynków).

W 2022 roku zaobserwować można ciągły wzrost wszystkich nośników energii wykorzystywanych do ogrzewania budynków mieszkalnych i przygotowania ciepłej wody. w trakcie kwartału skala wzrostów cen paliw jest różna, jednak szczególnie duża w zakresie paliw stałych takich jak węgiel, pellet czy drewno opałowe. Jak wskazują w swoim raporcie z sierpnia 2022 Instytut Badań Rynku i Opinii Publicznej oraz Instytut Ekonomii Środowiska, od kwietnia 2022 średnia cena węgla wzrosła o 64%, pelletu o 41%, a drewna o 5%. Udostępniony przez POBE kalkulator kosztów ogrzewania będzie w dalszym ciągu aktualizowany co kwartał.

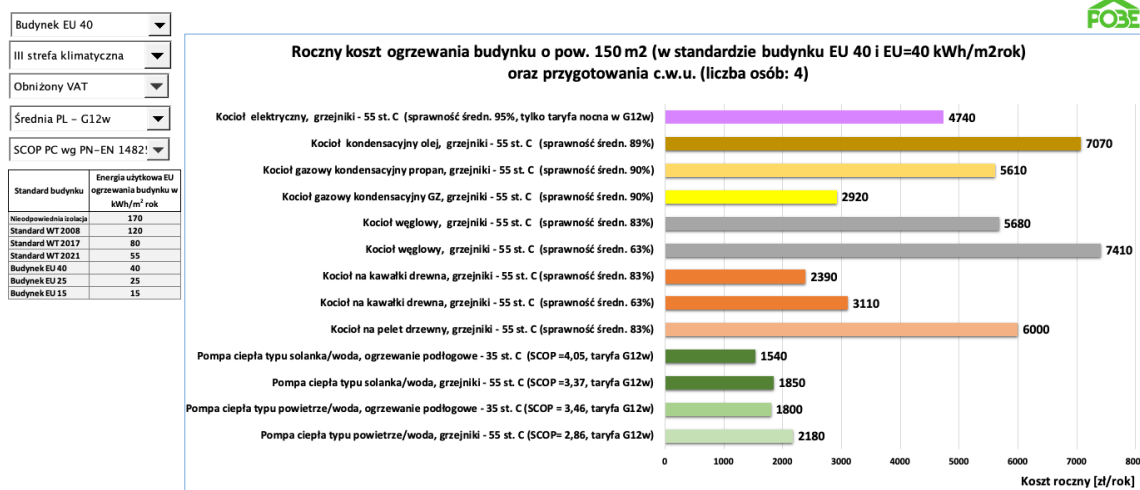
W ciągu ostatnich kilkunastu miesięcy nastąpił znaczący wzrost kosztów nośników energii wykorzystywanych do ogrzewania budynków. w przypadku nośników takich jak węgiel, gaz płynny czy pellet drzewny mamy do czynienia ze wzrostem kosztów sięgającym znacznie ponad 150% w skali roku. w przypadku gospodarstw domowych gaz i energia elektryczna w skali roku odnotowały niższe wzrosty – na poziomie odpowiednio ok. 30% i 6%, uwzględniając chwilowo obniżony VAT (odpowiednio do poziom 0% i 5%).

Zdaniem ekspertów POBE, analizy kosztów wskazują na potrzeby wdrożenia powszechnych programów realizujących głęboką termomodernizację oraz kampanię informacyjną o oszczędzaniu kosztów ogrzewania, do czego wzywa kraje członkowskie Unii Europejskiej Komisja Europejska w swoim planie REPowerEU z maja 2022.

W tej informacji przedstawiono aktualne kosztów ogrzewania i przygotowania ciepłej wody w typowych budynkach jednorodzinnych w III kwartale 2022 r. Na stronie internetowej www.pobe.pl znajdują się przykładowe koszty dot. trzech typowych budynków jednorodzinnych:

- Nowego budynku jednorodzinnego o powierzchni 150 m², który spełnia standardy wdrożonego programu „Moje Ciepło”, tj. EU ok. 40 kWh/(m²rok), czyli o wyższych wymagach izolacyjnych niż obowiązujące wymagania w warunkach technicznych od stycznia 2021 r. (Rysunek 23).

- Istniejącego budynku jednorodzinnego o pow. 150 m² poddanego termomodernizacji do poziomu zużycia energii użytkowej (EU) ok. 80 kWh/m²rok (standard WT 2017), z typowym zużyciem ciepłej wody dla 4-osobowej rodziny (Rysunek 24).
- Budynku jednorodzinnego o pow. 150 m² niepoddanego termomodernizacji do poziomu zużycia energii użytkowej (EU) ok. 170 kWh/m²rok, z typowym zużyciem ciepłej wody dla 4-osobowej rodziny (Rysunek 25).



Rysunek 23 Przykładowy roczny koszt ogrzewania nowego budynku o pow. ogrzewanej 150 m² w standardzie programu „Moje Ciepło” wraz z kosztem przygotowania ciepłej wody użytkowej 4-osobowej rodziny. Dane uwzględniają koszty energii w III kw. 2022 r.⁴³

⁴³ Źródło: www.pobe.pl.

Standard WT 2017 ▼

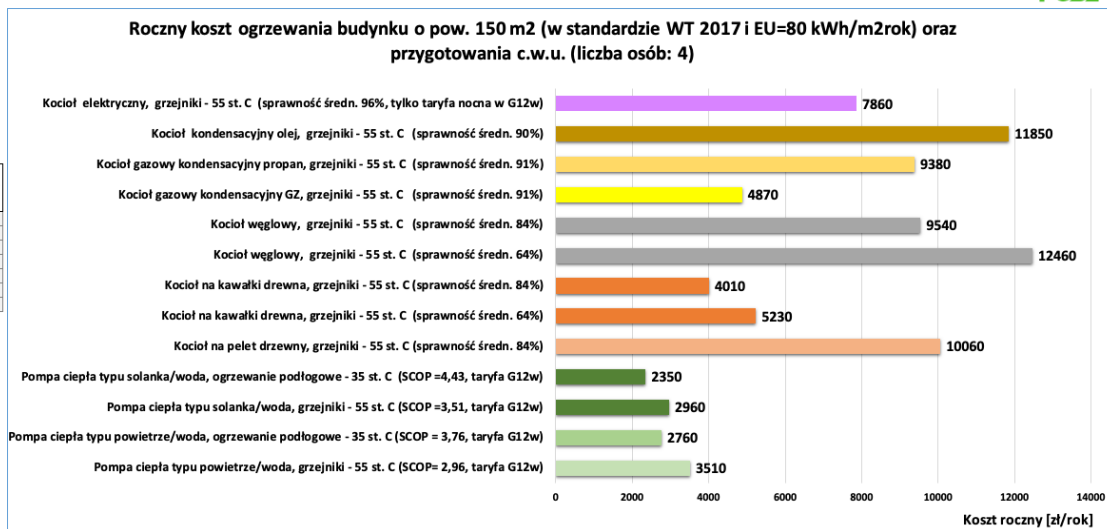
III strefa klimatyczna ▼

Obniżony VAT ▼

Średnia PL – G12w ▼

SCOP PC wg PN-EN 1482! ▼

Standard budynku	Energia użytkowa EU ogrzewania budynku w kWh/m² rok
Niedopowierzchnia izolacja	170
Standard WT 2008	120
Standard WT 2017	80
Standard WT 2021	55
Budynek EU 40	40
Budynek EU 25	25
Budynek EU 15	15



Rysunek 24 Przykładowy roczny koszt ogrzewania budynku (poddanego termomodernizacji do standardu WT 2017 – EU 80 kWh/m²rok) o powierzchni ogrzewanej 150 m², wraz z kosztem przygotowania ciepłej wody użytkowej rodziny 4-osobowej. Dane uwzględniają koszty energii w III kw. 2022 r. ⁴⁴

Zła izolacja ▼

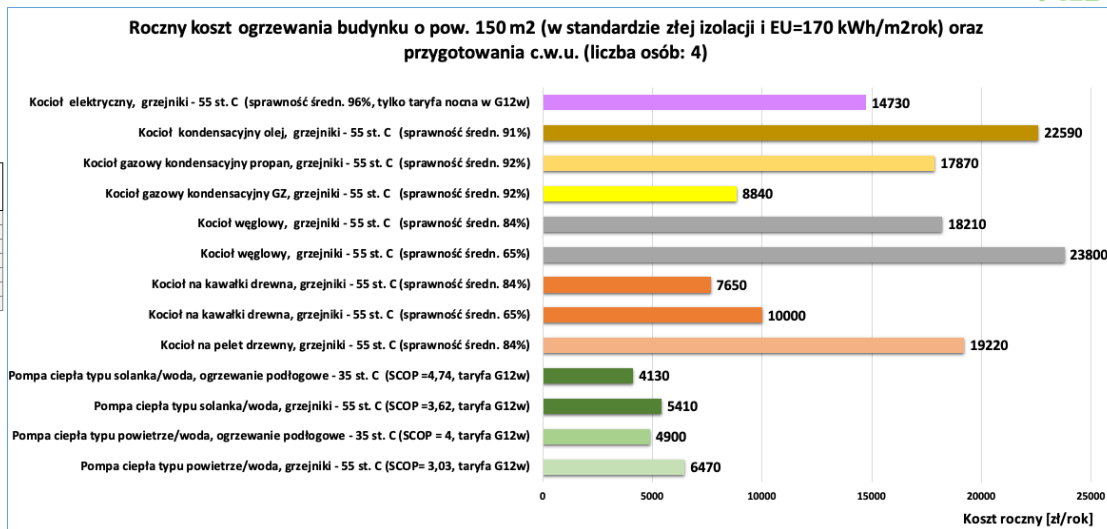
III strefa klimatyczna ▼

Obniżony VAT ▼

Średnia PL – G12w ▼

SCOP PC wg PN-EN 1482! ▼

Standard budynku	Energia użytkowa EU ogrzewania budynku w kWh/m² rok
Niedopowierzchnia izolacja	170
Standard WT 2008	120
Standard WT 2017	80
Standard WT 2021	55
Budynek EU 40	40
Budynek EU 25	25
Budynek EU 15	15



Rysunek 25 Przykładowy roczny koszt ogrzewania budynku (z brakiem lub niewielką izolacją termiczną – EU 170 kWh/m²rok) o powierzchni ogrzewanej 150 m², wraz z kosztem przygotowania ciepłej wody użytkowej rodziny 4-osobowej. Dane uwzględniają koszty energii w III kw. 2022 r. ⁴⁵

Arkusz kalkulacyjny w wersji open source jest dostępny na stronie internetowej <http://pobe.pl/kalkulator-pobe-koszty-ogrzewania-w-typowych-budynkach/>.

⁴⁴ Źródło: www.pobe.pl.

⁴⁵ Źródło: www.pobe.pl.

9.2 Znaczenie pompy ciepła w unijnej polityce klimatyczno-energetycznej i w Europejskim Zielonym Ładzie

Poniżej zestawione zostały aktualne dokumenty dotyczące unijnej polityki klimatyczno-energetycznej.

➤ Unijna strategia integracji sektora energetycznego

W lipcu 2020 r. Komisja Europejska opublikowała unijną strategię integracji sektora energetycznego będącą kluczową strategią energetyczną Europejskiego Zielonego Ładu. Przedstawiono tam kluczowe znaczenie elektrycznych pomp ciepła w budynkach, pokazując planowane udziały w 2030 r. w ogrzewaniu budynków na poziomie 65% w b. komercyjnych i 40% w b. mieszkalnych i w 2050 odpowiednio: 85% i 65%.

Komunikat dot. strategii integracji sektora energetycznego (w języku polskim) można znaleźć w opracowaniu POBE (linki i kody QR na końcu poradnika):

http://pobe.pl/wp-content/uploads/2020/12/Poradnik_POBE_Zielony_Lad.pdf

Link do unijnej strategii integracji sektora energetycznego w języku polskim:

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0299&from=PL>

➤ Elektryczne pompy ciepła, a taksonomia zrównoważonego finansowania

Zgodnie z załącznikiem rozporządzenia o taksonomii zrównoważonego finansowania elektryczne pompy ciepła zostały uznane za spełniające wymogi zielonej technologii w zakresie mitygacji zmian klimatu pod następującymi warunkami:

Instalacja i eksploatacja elektrycznych pomp ciepła spełnia oba poniższe kryteria techniczne jednocześnie:

- próg czynnika chłodniczego: potencjał tworzenia efektu cieplarnianego GWP nie przekracza 675;
- spełnione są wymogi dotyczące efektywności energetycznej określone w rozporządzeniach wykonawczych ekoprojektu* na mocy dyrektywy 2009/125 / WE.

** Następujące rozporządzenia KE:*

- *Rozporządzenie Komisji (UE) nr 206/2012 z dnia 6 marca 2012 r. w sprawie wykonania dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu dla klimatyzatorów i wentylatorów przenośnych (Dz.U. L 72 z 10.3.2012, s. 1). 7),*

- *Rozporządzenie Komisji (UE) nr 813/2013 z dnia 2 sierpnia 2013 r. w sprawie wykonania dyrektywy 2009/125 / WE Parlamentu Europejskiego i Rady w odniesieniu do*

wymogów dotyczących ekoprojektu dla ogrzewaczy pomieszczeń i ogrzewaczy wielofunkcyjnych (Dz.U. L 239 z 6.9.2013, s. 136) oraz

- Rozporządzenie Komisji (UE) 2016/2281 z dnia 30 listopada 2016 r. w sprawie wykonania dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125 / WE ustanawiającej ogólne zasady ustalania wymogów dotyczących ekoprojektu w przypadku produktów związanych z energią, w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu dla produktów do ogrzewania powietrznego, produktów chłodzących, wysokotemperaturowych przemysłowych agregatów chłodniczych i klimakonwektorów (Dz.U. L 346 z 20.12.2016, s. 1).

Więcej informacji o taksonomii zrównoważonego finansowania można znaleźć w poradniku Porozumienia branżowego na Rzecz Efektywności Energetycznej POBE:

https://portpc.pl/pdf/9kongres/materialy/2021_Poradnik_POBE_Taksonomia.pdf

➤ Mapa drogowa IEA „Net Zero by 2050”

W maju 2021 r. Międzynarodowa Agencja Energii IEA opublikowała mapę drogową dojścia do neutralności klimatycznej w 2050 o nazwie „Net Zero by 2050”

<https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>

W lutym 2022 r. mapa drogowa została wydana w języku polskim przez IEA wspólnie z Ministerstwem Klimatu i Środowiska (pełna wersja jest jeszcze dostępna tylko w języku angielskim w j. chińskim)

https://iea.blob.core.windows.net/assets/612ff947-b579-4486-9f56-f207db273429/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector_Polish.pdf

Elektryczne pompy ciepła mają zapewnić w 2050 ponad połowę przekazywanego ciepła w budynkach, a w przypadku krajów rozwiniętych (OECD) nawet 65% ciepła w budynkach. IEA zasugerowała wprowadzenie kamienia milowego, czyli z zakazu sprzedaży kotłów na paliwa kopalne od 2025.

➤ Analiza JRC: „EU challenges of reducing fossil fuels in buildings” na temat przyszłości indywidualnych źródeł ciepła z 16 grudnia 2021.

JRC - agenda naukowa Komisji Europejskiej zrobiła przegląd wszystkich analiz dotyczących przyszłości ogrzewania indywidualnych budynków w Europie do 2050 roku. Wszystkie przedstawione i omówione 10 analiz wskazują na kluczową rolę pomp ciepła w budynkach w Unii Europejskiej.

https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news/bringing-low-carbon-heating-systems-our-homes-2021-12-16_en

Analiza JRC - EU challenges of reducing fossil fuels in buildings - stwierdza, że aby osiągnąć cele UE w zakresie dekarbonizacji, remonty budynków muszą dotyczyć nie tylko efektywności

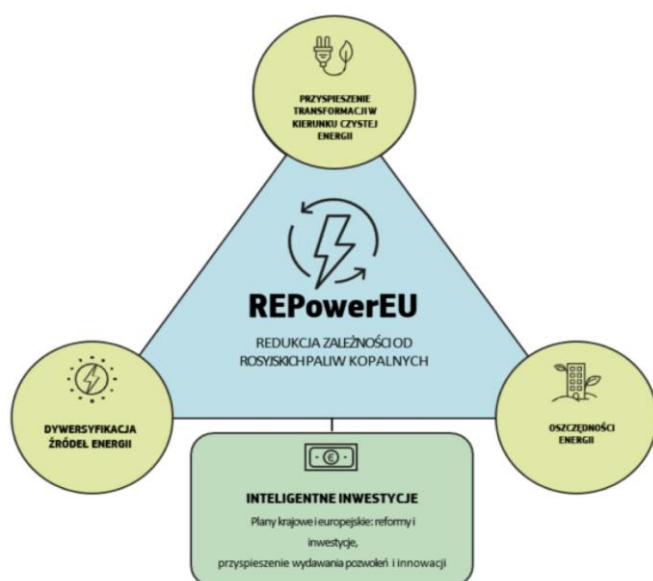
energetycznej - muszą również uwzględniać pilną potrzebę przestawienia systemów grzewczych opartych na paliwach kopalnych, takich jak gaz, węgiel i olej, na alternatywne rozwiązania niskoemisyjne.

Do 2030 r. co najmniej 40 milionów istniejących budynków powinno zmienić swoje kotły na paliwa kopalne na niskoemisyjne alternatywy grzewcze - głównie pompy ciepła.

Pełna analiza JRC w języku angielskim tu jest do pobrania w pdf: <https://t.co/UGv3VpdoiP>

➤ Plan REPowerEU z 18 maja 2022

Po napaści Rosji na Ukrainę Komisja Europejska opublikowała pakiet REPowerEU z ważnym komunikatem „EU Energy Save” pokazujący kluczową rolę pomp ciepła w odejściu od gazu ziemnego w Europie.



Rysunek 26 Koncepcja pakietu REPowerEU. ⁴⁶

Zapowiedziano w nim między innymi działania:

- podwojenie montażu pomp ciepła w UE w ciągu najbliższych 5 lat.
- wycofanie dotacji państw członkowskich dla kotłów na paliwa kopalne w budynkach najpóźniej od 2025 r. i zachęcanie do przekierowania ich na systemy wsparcia dla pomp ciepła;
- zaostrzenie krajowych wymogów dotyczących efektywności energetycznej (i efektywnego gospodarowania zasobami) nowych budynków poprzez wymogi dotyczące systemów ogrzewania oraz wprowadzenie norm dotyczących zerowej emisji przed 2030 r. (przed 2027 r. w przypadku budynków publicznych);

⁴⁶ Źródło: <https://eur-lex.europa.eu/>

- zaostrenie krajowych wymogów dotyczących systemów ogrzewania w istniejących budynkach z uwzględnieniem gruntownych renowacji i wymiany kotłów oraz podłączenia do efektywnych systemów ogrzewania na obszarach gęsto zaludnionych. Towarzyszyłoby temu ustalenie bardziej rygorystycznych limitów dotyczących ekoprojektu dla systemów ogrzewania na poziomie UE, co oznaczałoby, że 2029 r. będzie datą zakończenia wprowadzania do obrotu „samodzielnych” kotłów na paliwa kopalne (kotły gazowe, olejowe i węglowe) oraz równoległej zmiany skali etykiet energetycznych (do roku 2025/2026), w wyniku której kotły i inne urządzenia na paliwa kopalne otrzymałyby niższą klasę efektywności energetycznej.
- Wprowadzenie krajowych zakazów stosowania kotłów na paliwa kopalne w istniejących i nowych budynkach poprzez określenie wymogów dotyczących źródeł ciepła w oparciu o emisję gazów cieplarnianych lub rodzaj wykorzystywanego paliwa.

Plan RePowerEU w języku polskim: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52022DC0230&from=EN>

Komunikat EU Energy Savew w języku polskim: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52022DC0240&from=EN>

- Rekomendacja Rady Europejskiej dla polskiego rządu na lata 2022 i 2023 dot. pomp ciepła w ramach tzw. semestru

W maju 2022 została opublikowana rekomendacja rady dla polskiego rządu na lata 2022 i 2023 w ramach tzw. semestru i wśród 6 punktów pojawił się zapis:

„6. Zmniejszenie ogólnego uzależnienia od paliw kopalnych poprzez usunięcie barier regulacyjnych, administracyjnych i infrastrukturalnych w celu przyspieszenia wydawania pozwoleń i wdrażania odnawialnych źródeł energii. Zreformowanie polityki w zakresie renowacji budynków i systemów wsparcia w celu zachęcenia do większej efektywności energetycznej, promowania oszczędności energii i szybszego wycofywania paliw kopalnych w ogrzewaniu oraz przyspieszenia wprowadzania pomp ciepła.”

Więcej informacji: https://poland.representation.ec.europa.eu/news/europejski-semestr-pakiet-wiosenny-2022-05-24_pl

10 Spis ilustracji

10.1 Figury

Rysunek 1	Schemat ocieplenia ścian od zewnątrz.....	22
Rysunek 2	Schemat metody ocieplenia na ruszcie.	23
Rysunek 3	Schemat docieplenia od wewnątrz.....	24
Rysunek 4	Schemat ocieplenia dachu.	27
Rysunek 5	Metoda natryskowa pianą PIR/PUR.	28
Rysunek 6	Wprowadzenie materiału izolacyjnego do przestrzeni pomiędzy warstwami. Źródło: www.ocieplaniebudynkow.pl	29
Rysunek 7	Montaż okna w warstwie ocieplenia.....	31
Rysunek 8	Zdjęcie z kamery termowizyjnej.	32
Rysunek 9	Pompa ciepła zasilana energią elektryczną pochodzącą z odnawialnych źródeł energii, może dostarczyć 100% ciepła z odnawialnych źródeł energii.	44
Rysunek 10	Schemat instalacji z powietrzną pompą ciepła.....	46
Rysunek 11	Schemat instalacji z pompą ciepła korzystającą z energii hydrotermalnej.....	47
Rysunek 12	Schemat instalacji z pompą ciepła korzystającą z energii geotermalnej (pionowe gruntowe wymienniki ciepła.....	48
Rysunek 13	Schemat instalacji z pompą ciepła korzystającą z energii geotermalnej (poziome gruntowe wymienniki ciepła).....	48
Rysunek 14	Klasy energetyczne urządzeń grzewczych centralnego ogrzewania wodnego (*klasa A+++ została wprowadzona 26 września 2019 roku).	49
Rysunek 15	Zmiany obciążenia cieplnego budynku oraz osiągniętej mocy grzewczej pompy ciepła w funkcji temperatury zewnętrznej – rysunek a – pompa ciepła ze sprężarką stałobrotową, rysunek b – pompa ciepła z regulacją wydajności (inwerterowa).	50
Rysunek 16	Przykładowy schemat instalacji solarnej w budynku jednorodzinnym.....	58
Rysunek 17	Schemat budowy kolektora płaskiego.....	59
Rysunek 18	Budowa i schemat działania kolektora próżniowego typu „heat – pipe”.....	60
Rysunek 19	Budowa i schemat działania kolektora próżniowego typu „U–pipe”.....	60
Rysunek 20	Przebieg sprawności kolektorów słonecznych w zależności od różnicy temperatur absorbera i otoczenia dla różnych typów kolektorów słonecznych.....	61
Rysunek 21	Podział falowników ze względu na moc.....	70
Rysunek 22	Podział falowników ze względu na izolację.....	70
Rysunek 23	Przykładowy roczny koszt ogrzewania nowego budynku o pow. ogrzewanej 150 m ² w standardzie programu „Moje Ciepło” wraz z kosztem przygotowania ciepłej wody użytkowej 4-osobowej rodziny. Dane uwzględniają koszty energii w III kw. 2022 r.....	129
Rysunek 24	Przykładowy roczny koszt ogrzewania budynku (poddanego termomodernizacji do standardu WT 2017 – EU 80 kWh/m ² rok) o powierzchni ogrzewanej 150 m ² , wraz z kosztem przygotowania ciepłej wody użytkowej rodziny 4-osobowej. Dane uwzględniają koszty energii w III kw. 2022 r.	130
Rysunek 25	Przykładowy roczny koszt ogrzewania budynku (z brakiem lub niewielką izolacją termiczną – EU 170 kWh/m ² rok) o powierzchni ogrzewanej 150 m ² , wraz z kosztem przygotowania ciepłej wody użytkowej rodziny 4-osobowej. Dane uwzględniają koszty energii w III kw. 2022 r.....	130
Rysunek 26	Koncepcja pakietu REPOwerEU.	133

10.2 Tabele

Tabela 1	Audyty - pojęcia.	10
Tabela 2	Przykładowe kryteria w programach wspierających modernizację budynków.....	16
Tabela 3	WT 2021 – przykładowe wymagania dot. współczynnika przenikania ciepła.	17
Tabela 4	WT 2021 – przykładowe wymagania dot. współczynnika przenikania ciepła.	29
Tabela 5	Charakterystyka modułów fotowoltaicznych w różnych technologiach.	69
Tabela 6	Graniczne wartości emisji wg wymagań PN-EN 303-5:2021-09.....	80
Tabela 7	Minimalne sezonowe efektywności energetyczne i graniczne wartości emisji sezonowych wg wymagań ekoprojektu.	81
Tabela 8	Klasy efektywności energetycznej kotłów na paliwa stałe w zależności od współczynnika efektywności energetycznej.....	82
Tabela 9	Wymagania stawiane modułom fotowoltaicznym.....	115
Tabela 10	Wymagania dla falownika fotowoltaicznego.....	115
Tabela 11	Wymagania stawiane konstrukcji montażowej dedykowanej dla instalacji dachowych.	116
Tabela 12	Minimalne wymagania w zakresie okablowania po stronie DC.	117
Tabela 13	Minimalne wymagania w zakresie okablowania po stronie AC.	117

Dokument powstał jako realizacja działania C5 projektu LIFE-IP EKOMALOPOLSKA „Wdrażanie Regionalnego Planu Działań dla Klimatu i Energii dla województwa małopolskiego” (LIFE-IP EKOMALOPOLSKA / LIFE19 IPC/PL/000005) dofinansowanego ze środków programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Podsumowanie przedstawia wyłącznie poglądy autorów, a Komisja Europejska nie ponosi odpowiedzialności za żadne ewentualne wykorzystanie zawartych w nim informacji.