

## **Dokumentacja projektowa**

Instalacja fotowoltaiczna o mocy 39,44 kWp z magazynem energii o pojemności 62,1 kWh oraz systemem zarządzania przepływem energii dla obiektu Gminy Przerośl

|                        |                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                       |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| TYTUŁ:                 | Instalacja fotowoltaiczna o mocy 39,44 kWp z magazynem energii o pojemności 62,1 kWh oraz systemem zarządzania przepływem energii dla obiektu gminy Przerośl                                                            |                                                                                       |
| LOKALIZACJA:           | Przerośl 20, dz. 909, 910/2<br>16-427 Przerośl<br>Województwo: podlaskie<br>Powiat: suwalski<br>Gmina: Przerośl<br>Obręb: Przerośl<br>Identyfikator działki :<br><b>201204_2.0014.909</b><br><b>201204_2.0014.910/2</b> |                                                                                       |
| INWESTOR:              | Gmina Przerośl<br>ul. Rynek 2,<br>16-427 Przerośl                                                                                                                                                                       |                                                                                       |
| ZAKRES<br>OPRACOWANIA: | Instalacje fotowoltaiczne, magazyn energii                                                                                                                                                                              |                                                                                       |
| FUNKCJA:               | Imię Nazwisko:                                                                                                                                                                                                          | Podpis:                                                                               |
| PROJEKTOWAŁ            | mgr inż. Adam Łapszo                                                                                                                                                                                                    |  |
| DATA<br>OPRACOWANIA:   | 30.04.2026 r.                                                                                                                                                                                                           |                                                                                       |

## Spis treści

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Opis ogólny inwestycji                                        | 5  |
| 1.1. Przedmiot opracowania                                       | 5  |
| 1.2. Podstawa formalno-prawna                                    | 5  |
| 1.3. Lokalizacja inwestycji                                      | 7  |
| 1.4. Charakterystyka zakresu robót                               | 8  |
| 1.5. Cel inwestycji                                              | 8  |
| 2. Zakres opracowania                                            | 9  |
| 2.1. Przedmiot i zakres prac                                     | 9  |
| 3. Podstawowe dane techniczne instalacji                         | 11 |
| 3.1. Moc instalacji fotowoltaicznej                              | 11 |
| 3.2. Roczne zużycie energii elektrycznej                         | 11 |
| 3.3. Podstawowe elementy instalacji                              | 11 |
| 3.4. Sposób pracy instalacji                                     | 12 |
| 4. Warunki lokalizacyjne i klimatyczne                           | 13 |
| 4.1. Warunki nasłonecznienia                                     | 13 |
| 4.2. Strefa śniegowa                                             | 13 |
| 4.3. Strefa wiatrowa                                             | 13 |
| 4.4. Wpływ warunków zewnętrznych na pracę instalacji             | 14 |
| 4.5. Wpływ eksploatacji górniczej                                | 14 |
| 5. Informacje o ochronie terenu i oddziaływanie na środowisko    | 14 |
| 6. Innowacyjność projektu                                        | 15 |
| 7. Lokalizacja i rozmieszczenie urządzeń systemowych             | 16 |
| 8. Moduły fotowoltaiczne                                         | 17 |
| 8.1. Typ modułów fotowoltaicznych                                | 17 |
| 8.2. Liczba modułów                                              | 17 |
| 8.3. Parametry elektryczne modułów                               | 17 |
| 8.4. Parametry mechaniczne i środowiskowe modułów                | 18 |
| 8.5. Technologia - Bifacial                                      | 18 |
| 9. Konstrukcja wsporcza pod moduły PV                            | 18 |
| 10. Inwertery fotowoltaiczne                                     | 19 |
| 11. Magazyn energii                                              | 21 |
| 12. System zarządzania przepływem energii (EMS)                  | 22 |
| 13. Parametryzacja techniczna i analiza systemów ochronnych      | 23 |
| 14. Ochrona przeciwporażeniowa, przeciwprzepięciowa i uziemienie | 24 |
| 15. Charakterystyka instalacji i okablowania w sekcjach AC i DC  | 26 |
| 16. Instalacja odgromowa                                         | 26 |
| 17. Wymagania montażowe, uruchomienie i odbiór instalacji        | 27 |
| 18. Podsumowanie rozwiązań bezpieczeństwa i PPOŻ                 | 27 |
| 19. Rysunki                                                      | 29 |
| 20. Załączniki                                                   | 29 |

## **1. Opis ogólny inwestycji**

### **1.1. Przedmiot opracowania**

Przedmiotem opracowania jest wykonanie instalacji fotowoltaicznej o mocy 39,44 kWp wraz z magazynem energii o pojemności 62,1 kWh oraz systemem zarządzania przepływem energii w budynku, na potrzeby obiektu położonego w miejscowości Przerośl, na działce nr 909, 910/2, obręb Przerośl, gmina Przerośl.

Inwestorem przedsięwzięcia jest Gmina Przerośl, ul. Rynek 2, 16-427 Przerośl. Zakres opracowania obejmuje branżę elektryczną, w szczególności instalację fotowoltaiczną, magazyn energii, inwertery fotowoltaiczne, konstrukcję wsporczą pod moduły PV, okablowanie strony DC i AC, zabezpieczenia elektryczne, instalację uziemiającą, system monitorowania oraz system zarządzania przepływem energii w budynku.

Celem inwestycji jest ograniczenie poboru energii elektrycznej z sieci elektroenergetycznej poprzez produkcję energii z odnawialnego źródła (promieniowanie słoneczne). Dodatkowo, inwestycja ma na celu maksymalizację autokonsumpcji poprzez akumulację nadwyżek w magazynach energii oraz optymalizację kosztów operacyjnych dzięki zaawansowanemu sterowaniu rozprytem energii w czasie rzeczywistym.

Projektowana instalacja będzie pracowała jako instalacja on-grid, współpracująca z siecią elektroenergetyczną PGE Dystrybucja. Energia elektryczna produkowana przez moduły fotowoltaiczne będzie wykorzystywana w pierwszej kolejności na potrzeby własne budynku. Nadwyżka energii będzie kierowana do magazynu energii, a po jego naładowaniu będzie mogła być oddawana do sieci elektroenergetycznej. W przypadku niedoboru energii z bieżącej produkcji PV, odbiorniki budynku będą zasilane z magazynu energii, a po jego rozładowaniu — z sieci elektroenergetycznej.

### **1.2. Podstawa formalno-prawna**

Projektowane przedsięwzięcie obejmuje wykonanie instalacji fotowoltaicznej o mocy zainstalowanej elektrycznej 39,44 kWp wraz z magazynem energii elektrycznej o łącznej pojemności nominalnej 62,1 kWh oraz systemem zarządzania przepływem energii w budynku.

Zgodnie z art. 29 ust. 4 pkt 3 lit. c ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane, wykonywanie robót budowlanych polegających na instalowaniu urządzeń fotowoltaicznych o mocy zainstalowanej elektrycznej nie większej niż 150 kW nie wymaga decyzji o pozwoleniu na budowę ani zgłoszenia, o którym mowa w art. 30 tej ustawy. Projektowana instalacja fotowoltaiczna ma moc 39,44 kWp, a więc nie przekracza wskazanego progu 150 kW. Jednocześnie, ponieważ moc urządzeń fotowoltaicznych przekracza 6,5 kW, projekt tych

urządzeń wymaga uzgodnienia z rzeczoznawcą do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych pod względem zgodności z wymaganiami ochrony przeciwpożarowej, a po zakończeniu instalowania urządzeń i przed rozpoczęciem ich użytkowania należy zawiadomić właściwy organ Państwowej Straży Pożarnej, przekazując plan urządzenia fotowoltaicznego dla ekip ratowniczych. Wynika to z tego samego przepisu art. 29 ust. 4 pkt 3 lit. c Prawa budowlanego.

Odmienne należy ocenić zakres dotyczący magazynu energii elektrycznej. Projektowany magazyn energii ma pojemność nominalną 62,1 kWh, a więc przekracza próg 30 kWh i nie przekracza progu 300 kWh. W związku z tym roboty polegające na instalowaniu magazynu energii elektrycznej o pojemności nominalnej większej niż 30 kWh i niewiększej niż 300 kWh nie wymagają decyzji o pozwoleniu na budowę, natomiast wymagają dokonania zgłoszenia właściwemu organowi administracji architektoniczno-budowlanej, zgodnie z art. 29 ust. 3 pkt 3 lit. h w zw. z art. 30 Prawa budowlanego.

W konsekwencji niniejsza dokumentacja została sporządzona na potrzeby zgłoszenia robót budowlanych obejmujących wykonanie instalacji fotowoltaicznej wraz z magazynem energii elektrycznej, przy czym obowiązek dokonania zgłoszenia wynika z objęcia zakresem przedsięwzięcia magazynu energii elektrycznej o pojemności nominalnej powyżej 30 kWh.

Do zgłoszenia należy dołączyć dokumenty wymagane przepisami Prawa budowlanego, w szczególności określenie rodzaju, zakresu, miejsca i sposobu wykonywania robót budowlanych oraz terminu ich rozpoczęcia, oświadczenie o prawie do dysponowania nieruchomością na cele budowlane, odpowiednie szkice lub rysunki, a także wymagane opinie, uzgodnienia, pozwolenia i inne dokumenty, jeżeli obowiązek ich dołączenia wynika z przepisów odrębnych. Art. 30 ust. 2 Prawa budowlanego określa podstawową treść zgłoszenia, natomiast art. 30 ust. 2a wskazuje dokumenty dołączane do zgłoszenia.

W przypadku instalowania magazynu energii elektrycznej o pojemności nominalnej większej niż 30 kWh i niewiększej niż 300 kWh do zgłoszenia należy dołączyć dokumentację techniczną zawierającą rozwiązania zapewniające nośność i stateczność konstrukcji, bezpieczeństwo ludzi i mienia oraz bezpieczeństwo pożarowe, dostosowaną do specyfiki i charakteru obiektu oraz stopnia skomplikowania robót budowlanych, wykonaną przez projektanta posiadającego odpowiednie uprawnienia budowlane i uzgodnioną pod względem ochrony przeciwpożarowej. Obowiązek ten wynika z art. 30 ust. 2a pkt 3c Prawa budowlanego.

Po zakończeniu instalowania magazynu energii elektrycznej i przed rozpoczęciem jego użytkowania należy zawiadomić właściwy organ Państwowej Straży Pożarnej o zakończeniu instalowania magazynu energii elektrycznej i rozpoczęciu jego użytkowania. Wraz z zawiadomieniem należy przekazać plan przedstawiający lokalizację magazynu energii

elektrycznej w obiekcie wraz z rozwiązaniami i danymi istotnymi dla bezpieczeństwa ekip ratowniczych. Wynika to z art. 30 ust. 3 Prawa budowlanego.

Podstawę formalno-prawną opracowania i realizacji inwestycji stanowią w szczególności:

- ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane, w szczególności art. 29 ust. 3 pkt 3 lit. h, art. 29 ust. 4 pkt 3 lit. c oraz art. 30;
- ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii, w zakresie kwalifikacji instalacji jako instalacji odnawialnego źródła energii oraz zasad funkcjonowania urządzeń wytwarzających energię elektryczną z odnawialnych źródeł energii; ustawa ta definiuje m.in. instalację odnawialnego źródła energii oraz odwołuje się do pojęcia magazynu energii elektrycznej.
- ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. Prawo energetyczne, w zakresie zasad przyłączenia i współpracy instalacji oraz magazynu energii elektrycznej z siecią elektroenergetyczną, w tym określenia parametrów magazynu energii, takich jak moc zainstalowana, pojemność nominalna i sprawność;
- ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym, w zakresie zgodności inwestycji z ustaleniami miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego albo konieczności uzyskania decyzji o warunkach zabudowy, jeżeli dla terenu inwestycji nie obowiązuje miejscowy plan;
- Normy i przepisy bezpieczeństwa:
  - PN-HD 60364: Instalacje elektryczne niskiego napięcia.
  - PN-EN 62305: Ochrona odgromowa obiektów budowlanych.
  - Bezpieczeństwo PPOŻ: Uwzględnienie wymogów w zakresie stosowania przeciwpożarowego wyłącznika instalacji PV oraz procedury uzgodnienia projektu z rzeczoznawcą i zgłoszenia do właściwej Komendy Powiatowej PSP.

### **1.3. Lokalizacja inwestycji**

Inwestycja zostanie zrealizowana na działkach nr 909 oraz 910/2, położonych w miejscowości Przerośl, gmina Przerośl, powiat suwalski, województwo podlaskie. Dokładne usytuowanie obiektów i urządzeń przedstawia załączona mapa zasadnicza.

Posadowienie modułów fotowoltaicznych

Zgodnie z projektem koncepcyjnym, moduły fotowoltaiczne zostaną zlokalizowane w układzie mieszanym:

- Na dachu budynku: w układzie wschód-zachód, na systemowej konstrukcji wsporczej przystosowanej do paneli bifacialnych.
- Na gruncie: w układzie południowym, na wolnostojącej konstrukcji wsporczej wbijanej w grunt.

W celu optymalizacji uzysków z tylnej strony ogniw (technologia bifacial), projekt przewiduje zwiększenie albedo podłoża poprzez pomalowanie powierzchni dachu białą farbą odbijającą promienie słoneczne oraz zastosowanie jasnego kruszonego tłucznia pod konstrukcją gruntową. Sposób montażu musi zapewniać swobodny dostęp serwisowy oraz zachowanie min. 0,5 m przestrzeni między rzędami dla przenikania promieni słonecznych pod konstrukcję.

#### **1.4. Charakterystyka zakresu robót**

Zakres robót obejmuje wykonanie instalacji fotowoltaicznej wraz z urządzeniami towarzyszącymi. W ramach inwestycji przewiduje się w szczególności montaż modułów fotowoltaicznych, montaż konstrukcji wsporczej posadowionej na gruncie, montaż inwerterów fotowoltaicznych, montaż magazynu energii, wykonanie okablowania po stronie DC i AC, wykonanie rozdzielnic instalacji fotowoltaicznej, wykonanie zabezpieczeń elektrycznych, wykonanie instalacji uziemiającej i połączeń wyrównawczych, wykonanie systemu monitorowania oraz systemu zarządzania przepływem energii.

#### **1.5. Cel inwestycji**

Celem inwestycji jest ograniczenie zużycia energii elektrycznej pobieranej z sieci elektroenergetycznej poprzez produkcję energii ze źródła odnawialnego. Zastosowanie magazynu energii pozwoli na zwiększenie poziomu autokonsumpcji energii elektrycznej, ponieważ nadwyżki produkcji będą mogły zostać zmagazynowane i wykorzystane w późniejszym czasie.

Instalacja będzie pracowała w sposób zautomatyzowany. System zarządzania przepływem energii będzie kontrolował produkcję, zużycie, magazynowanie oraz oddawanie nadwyżek energii do sieci elektroenergetycznej.

## **2. Zakres opracowania**

### **2.1. Przedmiot i zakres prac**

Przedmiotem zamówienia jest kompleksowe wykonanie dokumentacji projektowej oraz robót budowlano-montażowych dla instalacji fotowoltaicznej o mocy 39,44 kWp zintegrowanej z bankiem magazynów energii o pojemności 62,1 kWh oraz inteligentnym systemem zarządzania energią (EMS). Inwestycja zlokalizowana jest na działkach o numerach ewidencyjnych 909 oraz 910/2 w miejscowości Przerośl.

#### Zakres prac obejmuje w szczególności:

##### **1. Budowę hybrydowej instalacji fotowoltaicznej (Dach + Grunt)**

- Dostawę i montaż 68 sztuk innowacyjnych modułów fotowoltaicznych o mocy jednostkowej 580 Wp.
- Zastosowanie technologii Bifacial (podwójne szkło, N-type), umożliwiającej dodatkowe pozyskiwanie energii z tylnej strony modułu (do 30%).
- Montaż modułów w dwóch układach:
  - Dachowy: orientacja wschód-zachód, na konstrukcji wsporczej z zachowaniem min. 0,5 m odstępu między rzędami dla zapewnienia dopływu światła do tylnej części paneli.
  - Gruntowy: orientacja południowa, na konstrukcji wbijanej w podłoże.
- Wykonanie prac zwiększających albedo (współczynnik odbicia): pomalowanie dachu białą farbą refleksyjną oraz wysypanie jasnego tłucznia pod konstrukcją gruntową.

##### **2. System inwerterów i magazynowania energii**

- Dostawę i montaż dwóch inwerterów hybrydowych
- Dostawę i instalację 3 zestawów magazynów energii o łącznej pojemności użytkowej 62,1 kWh.
- Zastosowanie technologii LiFePO<sub>4</sub> (litowo-żelazowo-fosforanowej) o żywotności min. 6000 cykli ładowania/rozładowania.
- Zapewnienie stopnia ochrony urządzeń na poziomie min. IP66 oraz wyposażenie magazynów w wewnętrzne grzałki umożliwiające pracę w zakresie temperatur od -20° do +55°C

### **3. System inteligentnego zarządzania energią (EMS) i monitoringu**

- Montaż kontrolera energii oraz inteligentnego licznika (Smart Meter) połączonego z falownikami portem RS485.
- Wdrożenie oprogramowania Fusion Solar umożliwiającego zdalny monitoring on-line, diagnostykę awarii oraz optymalizację sprzedaży nadwyżek energii w okresach najkorzystniejszych cen (system net-billing).
- Zapewnienie automatycznego sterowania dodatkowymi odbiornikami (np. pompy ciepła, ładowarki pojazdów, grzałki c.w.u.) w okresach nadprodukcji energii.

### **4. Bezpieczeństwo i ochronę instalacji**

- Ochrona przeciwporażeniowa: realizacja w układzie sieciowym TN-S poprzez szybkie samoczynne wyłączenie zasilania, uziemienie ochronne oraz izolowanie części czynnych zgodnie z normą PN-HD 60364-4-41.
- Ochrona przeciwprzepięciowa: instalacja skoordynowanych ograniczników przepięć (SPD) typu 1+2 po stronie DC oraz typu II w rozdzielnicach AC, uzupełniona o fabryczne warystory w inwerterach.
- Instalacja uziemiająca: wykonanie wspólnego systemu uziemiającego dla konstrukcji wsporczych, ram modułów, obudów inwerterów oraz magazynów energii.
- Zabezpieczenia PPOŻ: uzgodnienie projektu z rzeczoznawcą ds. zabezpieczeń przeciwpożarowych oraz zgłoszenie instalacji do Państwowej Straży Pożarnej (PSP).

### **5. Prace towarzyszące i pomiary**

- Ułożenie dedykowanego okablowania solarnego DC (min. 6 mm<sup>2</sup>) oraz kabli energetycznych AC (YKY, OWY) w odpowiednich korytach lub rowach kablowych.
- Przeprowadzenie kompletnych pomiarów pomontażowych: impedancji pętli zwarcia, rezystancji uziemienia, stanu izolacji kabli DC (1500V) oraz sprawdzenie wyłączników różnicowo-prądowych.

### 3. Podstawowe dane techniczne instalacji

#### 3.1. Moc instalacji fotowoltaicznej

Projektowana moc instalacji fotowoltaicznej wynosi 39,44 kWp po stronie DC. Zgodnie z analizą systemową, moc systemu po stronie AC wynosi 35 kW. Instalacja będzie pracowała jako system trójfazowy, przy napięciu znamionowym 400 V AC i napięciu przyłączeniowym 400 V.

#### 3.2. Roczne zużycie energii elektrycznej

Roczne zużycie energii elektrycznej obiektu w Przerośli, określone na podstawie faktur PGE, wynosi 73 700 kWh.

Projektowana roczna produkcja energii: 41 163 kWh/rok.

Uzysk względny: 1 064,51 kWh/kWp.

Stopień pokrycia zapotrzebowania: Projektowana instalacja pozwoli na pokrycie ponad 55% rocznego zapotrzebowania obiektu, znacząco ograniczając koszty zakupu energii z sieci oraz zwiększając niezależność energetyczną dzięki systemowi magazynowania.

#### 3.3. Podstawowe elementy instalacji

Projektowana instalacja w Przerośli składa się z następujących, precyzyjnie dobranych komponentów technologicznych, zapewniających wysoką wydajność i bezpieczeństwo eksploatacji:

| Element systemu          | Charakterystyka i parametry techniczne                                                                                        |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Moduły fotowoltaiczne    | 68 szt. monokrystalicznych, Bifacjalnych (N-type, Double Glass) o mocy min. 580 Wp każdy. Łączna moc generatora: 39,44 kWp    |
| Inwertery                | 2 szt. hybrydowe, trójfazowe o łącznej mocy systemowej AC wynoszącej 35 kW. Sprawność min. 98,4%, stopień ochrony IP66.       |
| Magazyn energii          | Pojemność użytkowa min. 62,1 kWh w technologii LiFePO4. Wyposażony w grzałki (praca od -20° ) i zapewniający min. 6000 cykli. |
| System zarządzania (EMS) | Inteligentny kontroler z licznikiem energii (Smart Meter). Automatyczna optymalizacja autokonsumpcji i sterowanie             |

|                          |                                                                                                                               |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                          | odbiornikami (np. pompy ciepła).                                                                                              |
| Konstrukcja wsporcza     | Układ mieszany: dachowy (wschód-zachód) oraz gruntowy (południowy, wbijany). Materiały: Magnelis, aluminium, stal nierdzewna. |
| Zabezpieczenia i ochrona | Ograniczniki przepięć DC Typ 1+2 oraz AC Typ II. Ochrona przeciwporażeniowa w układzie TN-S i uziemienie konstrukcji.         |
| Monitoring i komunikacja | System zdalnego nadzoru online przez WLAN/Wi-Fi z raportowaniem produkcji i stanów awaryjnych w czasie rzeczywistym.          |

### 3.4. Sposób pracy instalacji

Projektowany system w Przerośli będzie pracował jako inteligentna instalacja hybrydowa typu on-grid, zintegrowana z siecią elektroenergetyczną operatora (PGE Dystrybucja) oraz bankiem energii.

#### Proces wytwarzania i konwersji energii:

Energia elektryczna jest produkowana przez 68 modułów fotowoltaicznych w postaci prądu stałego (DC). Następnie jest ona przesyłana dedykowanymi przewodami solarnymi do dwóch inwerterów hybrydowych, gdzie następuje jej przekształcenie na prąd przemienny (AC) o parametrach 400 V / 50 Hz.

#### Algorytm zarządzania przepływem energii (priorytety):

System zarządzania energią (EMS) zintegrowany z kontrolerem oraz inteligentnym licznikiem (Smart Meter) automatycznie steruje rozpiływem energii według następujących priorytetów:

- Priorytet 1: Autokonsumpcja bieżąca – energia z instalacji PV w pierwszej kolejności zasila urządzenia pracujące w budynku.
- Priorytet 2: Magazynowanie energii – nadwyżki produkcji są kierowane do banku akumulatorów o pojemności 62,1 kWh.
- Priorytet 3: Optymalizacja i sterowanie odbiorami – w przypadku pełnego naładowania magazynu i dalszej nadprodukcji, system może automatycznie załączać dodatkowe odbiorniki, takie jak pompy ciepła, systemy grzania wody użytkowej lub ładowarki pojazdów elektrycznych.
- Priorytet 4: Eksport do sieci – pozostała, nieskonsumowana energia jest oddawana do

sieci elektroenergetycznej i rozliczana w systemie net-billing. Dzięki zaawansowanemu oprogramowaniu system posiada funkcję optymalizacji sprzedaży nadwyżek w okresach najkorzystniejszych cen rynkowych.

#### Praca w warunkach niedoboru energii:

W okresach niedostatecznego nasłonecznienia, system pokrywa zapotrzebowanie budynku w następującej kolejności:

- Wykorzystanie energii zgromadzonej w magazynie (do momentu osiągnięcia bezpiecznego poziomu rozładowania).
- Pobór brakującej energii z publicznej sieci elektroenergetycznej.

Całość procesów jest monitorowana w czasie rzeczywistym poprzez system online, co pozwala na bieżącą analizę uzysków oraz poziomu naładowania banku energii.

## **4. Warunki lokalizacyjne i klimatyczne**

### **4.1. Warunki nasłonecznienia**

Dla lokalizacji inwestycji w Przzerośli przyjęto globalne nasłonecznienie horyzontalne na poziomie 1036,5 kWh/m<sup>2</sup>. Czas operowania słońca w skali roku (uśłonecznienie) szacuje się na poziomie 1600 godzin. Wysokość słońca w zenicie dla tej lokalizacji jest zmienna i wynosi od około 13,5° w najkrótszym dniu roku do 62° w najdłuższym. Powyższe parametry pozwalają na efektywną produkcję energii elektrycznej, przy czym jej poziom będzie uzależniony od pory roku, warunków atmosferycznych, temperatury pracy modułów oraz poziomu zachmurzenia.

### **4.2. Strefa śniegowa**

Zgodnie z normą EN 1991-1-3:2003, lokalizacja inwestycji znajduje się w IV strefie śniegowej. Przyjęte obciążenie śniegiem wynosi 1,2 kN/m<sup>2</sup>. Konstrukcja wsporcza (zarówno dachowa, jak i gruntowa) musi zostać zaprojektowana i wykonana w sposób gwarantujący bezpieczne przeniesienie tych obciążeń, ze szczególnym uwzględnieniem wytrzymałości połączeń montażowych oraz stabilności posadowienia w gruncie.

### **4.3. Strefa wiatrowa**

Dla terenu gminy Przzerośl, zgodnie z normą PN-77/B-02011, przyjęto I strefę wiatrową. Obciążenie wiatrem, definiowane jako ciśnienie prędkości wiatru ( $Q_p$ ), wynosi 250 Pa. Projektowana konstrukcja wsporcza musi zapewniać pełną stabilność instalacji, uwzględniając siły parcia oraz ssania wiatru oddziałujące na powierzchnię 68 modułów fotowoltaicznych.

#### **4.4. Wpływ warunków zewnętrznych na pracę instalacji**

Instalacja fotowoltaiczna będzie pracowała w warunkach zewnętrznych, w związku z czym wszystkie elementy zlokalizowane poza budynkiem powinny być odporne na działanie czynników atmosferycznych, w szczególności opadów, promieniowania UV, zmiennych temperatur, wilgoci, obciążenia śniegiem oraz oddziaływania wiatru. Urządzenia i osprzęt stosowane na zewnątrz powinny posiadać odpowiedni stopień ochrony IP oraz być przeznaczone do pracy w warunkach zewnętrznych.

#### **4.5. Wpływ eksploatacji górniczej**

Teren inwestycji znajduje się poza obszarami występowania eksploatacji górniczej, terenami górniczymi oraz obszarami objętymi wpływami eksploatacji górniczej. W związku z powyższym nie zachodzi konieczność uwzględniania wpływów szkód górniczych przy projektowaniu i realizacji inwestycji.

### **5. Informacje o ochronie terenu i oddziaływanie na środowisko**

Instalacja fotowoltaiczna o mocy 39,44 kWp wraz z magazynem energii nie wprowadza elementów, które mogłyby niekorzystnie oddziaływać na środowisko i nie wymaga przeprowadzenia oceny oddziaływania na środowisko. Zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 10 września 2019 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (pkt 54. a), inwestycje, których powierzchnia zabudowy nie przekracza 0,5 ha na obszarach objętych formami ochrony przyrody (lub 1 ha na pozostałych obszarach), nie wymagają wydania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach. Planowane przedsięwzięcie w Przerośli mieści się znacznie poniżej tych progów.

Montaż modułów na dachu budynku oraz na gruncie (dz. nr 909, 910/2) nie wpływa na formę architektoniczną obiektu, nie stanowi przebudowy w rozumieniu prawa budowlanego ani nie zmienia sposobu użytkowania terenu.

Na etapie opracowania projektu koncepcyjnego uwzględniono bliskość form ochrony przyrody zidentyfikowanych w otoczeniu inwestycji w gminie Przerośl. Obszar planowanych robót zlokalizowany jest poza granicami terenów chronionych, w bezpiecznej odległości od:

- Rezerwatu Przyrody "Czarcia Kępa" (odległość ok. 2,51 km),
- Parku Krajobrazowego Puszczy Rominckiej – otulina (odległość ok. 2,51 km),
- Obszaru Natura 2000 Puszcza Romincka PLH280005 (odległość ok. 3,78 km).

Inwestycja nie wykracza poza granice działek inwestora i ze względu na swój charakter oraz

skalę nie będzie miała negatywnego wpływu na integralność powyższych obszarów ani na stan ochrony występujących tam siedlisk i gatunków.

#### Emisje i gospodarka odpadami

Projektowane urządzenia są całkowicie bezemisyjne – nie stwarzają zagrożenia dla zdrowia ludzi, nie emitują zanieczyszczeń do powietrza ani nie stanowią źródła hałasu podczas eksploatacji.

**Odpady:** Wszelkie odpady powstałe na etapie montażu będą gromadzone selektywnie w przeznaczonych do tego pojemnikach i przekazywane do utylizacji podmiotom posiadającym stosowne uprawnienia, zgodnie z obowiązującymi przepisami prawa.

Proces budowy będzie wiązał się wyłącznie z typowymi, krótkotrwałymi uciążliwościami (ruch pojazdów transportowych, prace montażowe). Uciążliwości te mają charakter lokalny i ustaną natychmiast po zakończeniu prac budowlanych.

Biorąc pod uwagę zastosowaną technologię (moduły bifacialne, magazyn energii), inwestycja wpisuje się w założenia zrównoważonego rozwoju gminy Przerośl. Realizacja projektu przyczyni się do wymiernej redukcji emisji gazów cieplarnianych (CO<sub>2</sub>) oraz poprawy bilansu energetycznego obiektu, stanowiąc istotny element lokalnej transformacji energetycznej.

### **6. Innowacyjność projektu**

Innowacyjność projektu instalacji w Przerośli opiera się na stworzeniu zaawansowanego, zintegrowanego ekosystemu energetycznego, który znacząco wykracza poza standardy typowych mikroinstalacji OZE. Fundamentem technologicznym przedsięwzięcia jest zastosowanie 68 monokrystalicznych modułów o mocy 580 Wp każdy, wykonanych w technologii Bifacial N-type Double Glass, która dzięki aktywnej warstwie tylnej pozwala na generowanie dodatkowej energii z promieniowania odbitego, co w optymalnych warunkach zwiększa uzyski o nawet 30% w stosunku do rozwiązań jednostronnych. Efekt ten jest aktywnie wspomagany poprzez unikalne rozwiązanie pasywne polegające na celowym podniesieniu współczynnika albedo podłoża – projekt przewiduje pomalowanie połaci dachu białą farbą refleksyjną oraz zastosowanie jasnego kruszonego tłucznia pod konstrukcją gruntową, co pozwala na maksymalne wykorzystanie potencjału dwustronności ogniw.

Wysoki stopień zaawansowania projektu przejawia się również w systemie

zarządzania energią (EMS), który przy wykorzystaniu kontrolera połączanego z inteligentnym licznikiem Smart Meter (interfejs RS485), automatyzuje przepływy energii w czasie rzeczywistym. System ten inteligentnie zarządza bankiem magazynów energii o łącznej pojemności 62,1 kWh, opartym na bezpiecznej i trwałej technologii litowo-żelazowo-fosforanowej (LiFePO<sub>4</sub>), umożliwiającej 100% głębokość rozładowania przy zachowaniu minimum 6000 cykli pracy. Innowacyjność operacyjna objawia się w zdolności algorytmów do autonomicznego sterowania dodatkowymi odbiornikami o dużej mocy, takimi jak pompy ciepła czy systemy grzania wody, a także w pełnej gotowości do optymalizacji rozliczeń w systemie net-billing poprzez planowanie eksportu energii w okresach najkorzystniejszych cen rynkowych. Takie synergiczne połączenie nowoczesnej produkcji dwustronnej, wysokopojemnego magazynowania i inteligentnej automatyki budynkowej czyni inwestycję w Przerośli rozwiązaniem wysoce efektywnym i przyszłościowym.

## **7. Lokalizacja i rozmieszczenie urządzeń systemowych**

Urządzenia systemowe w miejscowości Przerośl zostaną rozmieszczone przy ścianie budynku w sposób zoptymalizowany pod kątem technicznym, serwisowym oraz estetycznym. Centralnym elementem składowym instalacji są trzy jednostki magazynów energii o pojemności 20,7 kWh każda, które zostaną posadowione jako moduły stojące na solidnym i precyzyjnie wypoziomowanym podłożu z płyt chodnikowych. Takie rozwiązanie zapewnia nie tylko stabilność całej konstrukcji, ale również skuteczną izolację od wilgoci gruntowej. Bezpośrednio nad magazynami energii, na elewacji budynku, zaplanowano montaż dwóch falowników hybrydowych o mocach znamionowych 15 kW oraz 20 kW.

Pionowy układ montażu, w którym falowniki zawieszone są nad jednostkami bateryjnymi, pozwala na maksymalne skrócenie połączeń prądu stałego (DC), co realnie przekłada się na minimalizację strat przesyłowych oraz znacząco podnosi estetykę całego wykonania. Bardzo istotnym elementem ochrony systemu jest fakt, że wszystkie urządzenia będą znajdować się pod wiatą. Takie zadaszenie stanowi kluczową barierę ochronną, dzięki której deszcz nie będzie kapał bezpośrednio na urządzenia, co eliminuje ryzyko zalegania wody na obudowach. Pomimo że falowniki i magazyny charakteryzują się wysokim stopniem ochrony IP66, co w pełni umożliwia ich bezpieczną pracę na zewnątrz, dodatkowa osłona w formie wiaty przed bezpośrednimi opadami oraz nadmiernym nagrzewaniem promieniami słonecznymi pozwoli na utrzymanie optymalnych parametrów pracy i wydłużenie żywotności komponentów elektronicznych.

Podczas instalacji zachowane zostaną odpowiednie odstępy montażowe między urządzeniami, co w połączeniu z otwartą przestrzenią zewnętrzną zagwarantuje swobodny przepływ powietrza i doskonałą wentylację. Tak zaplanowany przewiew jest kluczowy dla efektywnego odprowadzania ciepła generowanego podczas pracy falowników o dużej mocy oraz procesów ładowania magazynów. Wybrana lokalizacja w bezpośrednim sąsiedztwie rozdzielni głównej budynku umożliwi sprawne wpięcie instalacji do sieci oraz gwarantuje szybki dostęp do urządzeń podczas okresowych przeglądów technicznych. Zintegrowany system zabezpieczeń, obejmujący m.in. ochronniki przepięciowe SPD typu II oraz rozłączniki DC, zapewnia pełne bezpieczeństwo operacyjne tak skonfigurowanego węzła energetycznego.

## **8. Moduły fotowoltaiczne**

### **8.1. Typ modułów fotowoltaicznych**

W instalacji przewiduje się zastosowanie modułów fotowoltaicznych typu **bifacjal**, wykonane w technologii podwójnego szkła, z ogniwami typu N-type. Moduły bifacjalne umożliwiają produkcję energii elektrycznej zarówno z przedniej, jak i tylnej strony modułu. Dzięki temu mogą uzyskiwać dodatkową produkcję energii z promieniowania odbitego od podłoża.

### **8.2. Liczba modułów**

Moc pojedynczego modułu wynosi 580 Wp. Dla instalacji o mocy 39,44 kWp przewiduje się montaż 68 sztuk modułów fotowoltaicznych.

Obliczenie:

$$68 \text{ szt.} \times 580 \text{ Wp} = 39\,440 \text{ Wp} = 39,44 \text{ kWp.}$$

### **8.3. Parametry elektryczne modułów**

Do budowy instalacji dobrano 68 monokrystalicznych modułów bifacjalnych o mocy jednostkowej 580 Wp. Wykorzystanie technologii N-type Double Glass zapewnia wysoką sprawność (min. 22,45%) oraz zwiększoną odporność na degradację, co przekłada się na gwarantowaną wydajność na poziomie 87,4% po 30 latach eksploatacji.

Główne dane elektryczne (STC):

- Moc znamionowa (P<sub>max</sub>): 580 Wp.
- Napięcie jałowe (V<sub>oc</sub>): 51,19 V.
- Prąd zwarciovowy (I<sub>sc</sub>): 14,06 A.

- Napięcie w punkcie mocy maksymalnej ( $V_{mp}$ ): 43,52 V.
- Natężenie prądu w punkcie mocy maksymalnej ( $I_{mp}$ ): 13,33 A.
- Tolerancja mocy: 0/+5 W

Moduły cechują się niskim współczynnikiem temperaturowym mocy wynoszącym  $-0,3\%/^{\circ}\text{C}$ , co pozwala na stabilną pracę w wysokich temperaturach. Dzięki konstrukcji bifacialnej system może generować do 30% dodatkowej energii z tylnej strony modułu, wykorzystując promieniowanie odbite od przygotowanego podłoża o podwyższonym albedo.

#### **8.4. Parametry mechaniczne i środowiskowe modułów**

Moduły powinny być przystosowane do pracy w warunkach zewnętrznych. Przyjęty zakres temperatur pracy modułów wynosi od  $-40^{\circ}\text{C}$  do  $+85^{\circ}\text{C}$ . Dopuszczalne obciążenie mechaniczne od strony frontowej wynosi 5400 Pa, natomiast od strony tylnej 2400 Pa. Parametry te są istotne z punktu widzenia lokalizacji instalacji w IV strefie śniegowej oraz I strefie wiatrowej. Montaż modułów powinien zostać wykonany zgodnie z instrukcją producenta, tak aby nie ograniczyć nośności modułów i nie doprowadzić do ich uszkodzenia.

#### **8.5. Technologia - Bifacial**

W celu maksymalizacji uzysków z modułów bifacialnych o mocy 39,44 kWp, projekt przewiduje celową modyfikację podłoża w celu zwiększenia współczynnika albedo. Na dachu budynku (układ wschód-zachód) powierzchnia zostanie pokryta specjalistyczną białą farbą odbijającą promienie słoneczne, przy zachowaniu min. 0,5 m odstępu między rzędami konstrukcji dla lepszej penetracji światła. Pod konstrukcją gruntową (układ południowy) przewidziano wysypanie jasnego, kruszonego tłucznia, który zastąpi ciemną roślinność. Dzięki tym zabiegom oraz systemowej konstrukcji odsłaniającej tył paneli, możliwe jest pozyskanie do 30% dodatkowej energii z tylnej strony modułu, co pozwoli osiągnięcie projektowanego uzysku na poziomie 1 064,51 kWh/kWp rocznie.

### **9. Konstrukcja wsporcza pod moduły PV**

Projekt przewiduje instalację modułów fotowoltaicznych na dwóch rodzajach systemów wsporczych, dostosowanych do miejsca posadowienia. W sekcji dachowej, ze względu na pokrycie z blachy falistej, montaż zostanie wykonany przy użyciu śrub dwugwintowych (typ SWDM) wkręcanych w płatwie dachu, z uszczelnieniem EPDM zapewniającym szczelność pokrycia. Do śrub tych, poprzez adaptory, przytwierdzone

zostaną profile aluminiowe PAL40H40. Równolegle, część instalacji zostanie posadowiona bezpośrednio na gruncie przy użyciu systemowej konstrukcji wbijanej (wpijanej). Konstrukcja gruntowa zostanie wykonana z wysokoodpornej stali z powłoką Magnelis i posadowiona zgodnie z wytycznymi producenta po uprzedniej weryfikacji nośności gruntu.

Oba typy konstrukcji zostały zaprojektowane w układzie pionowym, z kątem nachylenia w zakresie 15–25°, co optymalizuje uzysk energetyczny oraz ułatwia samooczyszczanie modułów. Kluczowym elementem systemu jest pełna adaptacja pod technologię bifacialną: konstrukcja nie zasłania tylnej części ogniw, a wyniesienie paneli ponad podłoże (pomalowaną na biało blachę dachu lub jasny tłuczeń na gruncie) umożliwia swobodny dostęp światła odbitego do spodniej strony modułów. Całość systemu, wykorzystująca śruby i elementy złączne ze stali nierdzewnej A2, gwarantuje pełną stabilność mechaniczną w IV strefie śniegowej i I strefie wiatrowej przez cały, 30-letni okres użytkowania instalacji.

| Parametr                   | Wartość                                               |
|----------------------------|-------------------------------------------------------|
| Typ konstrukcji            | gruntowa, dwupodporowa                                |
| Materiał                   | stal ocynkowana ogniowo                               |
| Sposób posadowienia        | pale wbijane – bez fundamentów betonowych             |
| Głębokość kotwienia        | typowo 1,8–2,5 m (wg badań gruntu)                    |
| Strefa wiatrowa / śniegowa | I / III – spełnienie wymagań nośności i stateczności  |
| Dostęp serwisowy           | zapewnione dojścia i prześwity między stołami PV      |
| Uziemienie                 | system uziemiający zgodny z PN-EN 62305 i PN-HD 60364 |

## 10. Inwertery fotowoltaiczne

Fundamentem systemu zarządzania energią są dwa trójfazowe inwertery hybrydowe, których łączna moc została skonfigurowana na potrzeby projektu do wartości 35 kW (AC). W skład zestawu wchodzi dwie jednostki o mocach znamionowych odpowiednio 20 kVA oraz 15 kVA. Są to urządzenia beztransformatorowe o wysokim stopniu ochrony obudowy IP66, co pozwala na ich bezpieczną pracę w wymagających warunkach zewnętrznych. Inwertery pełnią potrójną rolę: klasycznego falownika sieciowego, inteligentnej ładowarki dla wysokonapięciowych magazynów energii oraz jednostki sterującej rozplływem energii w

budynku.

Weryfikacja parametrów wejściowych DC: Dobór urządzeń został zweryfikowany pod kątem parametrów prądu stałego generowanego przez 68 modułów o łącznej mocy 39,44 kWp. System dysponuje łącznie 4 niezależnymi układami MPPT (po 2 na każde urządzenie), co zapewnia optymalną pracę łańcuchów modułów o różnych orientacjach (wschód, zachód, południe).

Natężenie prądu: Przy prądzie mocy maksymalnej modułu  $I_{mp}=13,33$  A, parametry wejściowe pozostają w bezpiecznym marginesie pracy inwerterów, które posiadają po 2 wejścia na każdy układ MPPT.

Napięcie DC: Maksymalne dopuszczalne napięcie wejściowe urządzeń wynosi 1100 V. Dla projektowanych łańcuchów, maksymalne napięcie obwodu otwartego  $V_{oc}$  w skrajnie niskich temperaturach ( $-20^{\circ}\text{C}$ ) nie przekroczy dopuszczalnej granicy bezpieczeństwa, a napięcie robocze będzie oscylować w optymalnym zakresie pracy MPPT (200-1000 V).

#### Sprawność i zarządzanie energią:

Inwertery charakteryzują się bardzo wysoką sprawnością maksymalną na poziomie 98,4%. Urządzenia współpracują z systemem Smart Meter oraz zewnętrznym sterownikiem zarządzania energią poprzez interfejs RS485. Pozwala to na realizację priorytetu zasilania odbiorów własnych budynku oraz inteligentne ładowanie trzech magazynów energii o łącznej pojemności 62,1 kWh. System automatycznie optymalizuje sprzedaż nadwyżek do sieci w systemie net-billing, korzystając z zaawansowanych algorytmów sterowania.

#### Bezpieczeństwo i komunikacja:

Urządzenia posiadają zintegrowane zabezpieczenia przeciwprzepięciowe DC i AC typu II oraz wbudowane rozłączniki prądu stałego. Inwertery są wyposażone w moduły komunikacyjne WLAN, co umożliwia zdalny monitoring pracy oraz analizę danych w czasie rzeczywistym. System spełnia surowe wymagania jakościowe w zakresie zawartości harmonicznych ( $\text{THD} < 3\%$ ) oraz posiada mechanizmy zapobiegające pracy wyspowej, zgodnie z obowiązującymi normami.

#### **PARAMETRY INWERTERÓW**

| Parametr       | Inwerter nr 1                 | Inwerter nr 2                 |
|----------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Typ urządzenia | Falownik hybrydowy (3-fazowy) | Falownik hybrydowy (3-fazowy) |

|                             |                                 |                                 |
|-----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| <b>Moc znamionowa AC</b>    | 20 kVA                          | 15 kVA                          |
| <b>Liczba układów MPPT</b>  | 2 niezależne tory               | 2 niezależne tory               |
| <b>Liczba wejść DC</b>      | 4 (po 2 na MPPT)                | 4 (po 2 na MPPT)                |
| <b>Maks. napięcie DC</b>    | 1100 V                          | 1100 V                          |
| <b>Napięcie startowe DC</b> | 200 V                           | 200 V                           |
| <b>Sprawność maksymalna</b> | 98,4%                           | 98,4%                           |
| <b>Stopień ochrony</b>      | IP66                            | IP66                            |
| <b>Zabezpieczenia DC</b>    | Rozłącznik DC, SPD typ II       | Rozłącznik DC, SPD typ II       |
| <b>Zabezpieczenia AC</b>    | SPD typ II, monitoring THD < 3% | SPD typ II, monitoring THD < 3% |
| <b>Komunikacja</b>          | RS485, WLAN/FE                  | RS485, WLAN/FE                  |

## 11. Magazyn energii

W ramach projektowanej instalacji przewidziano montaż wysokonapięciowego systemu magazynowania energii (BESS) o łącznej pojemności nominalnej 62,1 kWh. Fizyczną strukturę systemu tworzy zespół trzech jednostek magazynujących, z których każda charakteryzuje się pojemnością jednostkową 20,7 kWh i jest oparta na bezpiecznej technologii litowo-żelazowo-fosforanowej (LiFePO<sub>4</sub>). Znamionowe napięcie pracy zestawu wynosi 600 V DC w szerokim zakresie roboczym od 600 do 980 V, przy maksymalnej mocy ładowania i rozładowania wynoszącej 10,5 kW na pojedynczą jednostkę. System charakteryzuje się wyjątkową wydajnością, dopuszczając głębokość rozładowania (DoD) na poziomie 100% oraz żywotność wynoszącą 6000 cykli ładowania i rozładowania.

Urządzenia są przystosowane do montażu zewnętrznego, co potwierdza wysoki stopień ochrony obudowy IP66 oraz zintegrowane systemy grzewcze umożliwiające stabilną pracę w szerokim zakresie temperatur od -20°C do +55°C. Każda jednostka o masie 216 kg zostanie posadowiona na dedykowanej podstawie w bezpośrednim sąsiedztwie inwerterów hybrydowych. Montaż zostanie wykonany zgodnie z rygorystycznymi wytycznymi producenta, przy zachowaniu wymaganych odstępów serwisowych oraz zapewnieniu odpowiedniej wentylacji, co jest kluczowe dla zachowania gwarancji i bezpieczeństwa pożarowego.

Połączenie elektryczne pomiędzy magazynem energii a inwerterami zostanie zrealizowane dedykowanymi przewodami DC odpornymi na promieniowanie UV i warunki atmosferyczne. Komunikacja sterująca z inteligentnym systemem zarządzania energią (EMS)

zostanie wykonana za pomocą magistrali RS485 lub CAN, co umożliwi bieżący odczyt parametrów pracy, precyzyjną kontrolę stanu naładowania (SoC) oraz automatyczne wykrywanie stanów awaryjnych. Cały system magazynowania jest ściśle zintegrowany z systemem zarządzania energią w budynku, co pozwala na priorytetowe zasilanie odbiorów własnych, gromadzenie nadwyżek z produkcji PV oraz optymalizację oddawania energii do sieci w systemie net-billing. Magazyn spełnia międzynarodowe normy bezpieczeństwa (m.in. IEC62619, IEC60730), gwarantując niezawodną pracę przez cały okres eksploatacji instalacji.

## **12. System zarządzania przepływem energii (EMS)**

W ramach projektowanej instalacji kluczową rolę odgrywa system inteligentnego zarządzania energią, składający się z centralnego sterownika oraz licznika dwukierunkowego (Smart Meter) zamontowanego w rozdzielniczy głównej. System ten pełni funkcję nadrzędną nad inwerterami hybrydowymi i magazynami energii, komunikując się z nimi poprzez interfejs RS485 w celu bieżącej optymalizacji przepływów energii w budynku.

### Główne priorytety i algorytmy sterowania:

- Zasilanie odbiorników własnych: System w pierwszej kolejności kieruje energię produkowaną przez generator PV (39,44 kWp) na pokrycie bieżącego zapotrzebowania obiektu.
- Ładowanie magazynów energii: Nadwyżki produkcji, których nie skonsumowały urządzenia wewnątrz budynku, są przekazywane do ładowania banku akumulatorów o pojemności 62,1 kWh.
- Wspomaganie systemem bateryjnym: W okresach niedostatecznego nasłonecznienia system automatycznie pokrywa braki energii z magazynów, ograniczając do minimum pobór z sieci publicznej.
- Sprzedaż nadwyżek (Net-billing): Dopiero po pełnym naładowaniu magazynów i zaspokojeniu potrzeb budynku, nadmiar energii jest odsprzedawany do zakładu energetycznego. System umożliwia optymalizację tego procesu poprzez sprzedaż w okresach korzystnych cen rynkowych.

Funkcje inteligentnego sterowania odbiornikami: Sterownik posiada zaawansowane możliwości sterowania dodatkowymi odbiornikami elektrycznymi w okresach nadprodukcji energii. System może bezpośrednio lub za pomocą modułów rozszerzających zarządzać pracą pomp ciepła (np. w celu grzania wody użytkowej), inteligentnych gniazd oraz ładowarek do pojazdów elektrycznych (obsługa do 2 urządzeń). Łącznie system pozwala na integrację do 20

dodatkowych punktów sterujących.

#### Kompleksowy monitoring i komunikacja:

System umożliwia bieżący, zdalny nadzór nad pracą instalacji oraz archiwizację danych eksploatacyjnych:

- Kanały komunikacji: Przesyłanie danych odbywa się poprzez moduł WLAN (Wi-Fi) lub przewodowe złącze FE (Fast Ethernet).
- Dostęp dla użytkownika: Pełny wgląd w produkcję energii, stan naładowania baterii oraz parametry pracy inwerterów jest możliwy poprzez dedykowaną aplikację mobilną oraz portal WWW.
- Analiza danych: System pozwala na kontrolę uzysków, analizę parametrów historycznych oraz identyfikację wszelkich nieprawidłowości w pracy generatora.

#### Automatyczna sygnalizacja awarii i diagnostyka:

W celu zapewnienia szybkiej reakcji serwisowej, system został wyposażony w funkcje alarmowe:

- Kanały powiadomień: Możliwe jest zdefiniowanie adresów e-mail oraz powiadomień typu push, na które wysyłane są komunikaty o awariach lub nieprawidłowej pracy urządzeń.
- Zakres alertów: System raportuje m.in. wykrycie łuku elektrycznego (AFCI), błędy izolacji DC, zanik napięcia sieciowego czy stany awaryjne magazynu energii.
- Zdalny serwis: Dzięki stałemu połączeniu, możliwa jest zdalna identyfikacja usterek, co minimalizuje przestoje i ogranicza straty wynikające z ewentualnych awarii.

Monitoring i diagnostyka: Dzięki zintegrowanemu modułowi komunikacyjnemu (WLAN/FE) użytkownik ma dostęp do pełnego monitoringu pracy instalacji poprzez dedykowaną aplikację. Pozwala to na śledzenie w czasie rzeczywistym produkcji energii, poziomu naładowania baterii oraz zdalne wykrywanie ewentualnych usterek, co znacząco skraca czas reakcji serwisu.

### **13. Parametryzacja techniczna i analiza systemów ochronnych**

Projektowana instalacja została wyposażona w wielopoziomowy system zabezpieczeń, mający na celu ochronę urządzeń, infrastruktury budynkowej oraz personelu obsługującego, zgodnie z obowiązującymi normami bezpieczeństwa elektrycznego i pożarowego. System ochrony bazuje na zaawansowanych funkcjach zintegrowanych w inwerterach hybrydowych oraz zewnętrznej aparaturze modułowej umieszczonej w dedykowanych rozdzielnicach AC i DC.

W zakresie ochrony strony prądu stałego (DC), każdy z inwerterów posiada wbudowane ochronniki przepięć SPD typu II, chroniące przed skutkami wyładowań atmosferycznych i przepięć indukowanych w pętlach przewodów solarnych. Kluczowym elementem bezpieczeństwa pożarowego jest inteligentny system wykrywania łuku elektrycznego (AFCI), który dzięki algorytmom sztucznej inteligencji potrafi zidentyfikować i ugasić niebezpieczne iskrzenie w czasie poniżej 0,5 sekundy poprzez automatyczne odłączenie obwodu. Dodatkowo inwertery prowadzą ciągły monitoring rezystancji izolacji przewodów oraz posiadają zintegrowane, mechaniczne rozłączniki obciążenia DC.

Ochrona strony prądu przemiennego (AC) realizowana jest w rozdzielnicy głównej poprzez wyłączniki nadmiarowo-prądowe o charakterystyce dobranej do mocy inwerterów oraz wyłączniki różnicowoprądowe (RCD) o prądzie zadziałania 300 mA, zapewniające ochronę przeciwporażeniową. System posiada również funkcję Anti-Islanding, która w razie zaniku napięcia w sieci operatora natychmiast odłącza instalację, zapobiegając niebezpiecznej pracy wyspowej. Parametry jakościowe generowanej energii są stale monitorowane, co pozwala na utrzymanie niskiego współczynnika zniekształceń harmonicznnych (THD < 3%).

Bezpieczeństwo systemu magazynowania energii (BESS) opiera się na technologii LiFePO<sub>4</sub>, charakteryzującej się wysoką stabilnością termiczną, oraz zaawansowanym systemie zarządzania baterią (BMS), który nadzoruje napięcie, prąd i temperaturę każdego ogniwa. Całość infrastruktury, w tym konstrukcje wsporcze (dachowe i gruntowe) oraz obudowy urządzeń o stopniu ochrony IP66, została połączona z główną szyną wyrównawczą obiektu przewodami o przekroju minimum 16 mm<sup>2</sup>, tworząc spójny i skuteczny system uziemień. Wszystkie zastosowane komponenty spełniają rygorystyczne normy międzynarodowe, takie jak IEC 62109 czy IEC 62619, gwarantując niezawodność instalacji przez cały okres eksploatacji.

#### **14. Ochrona przeciwporażeniowa, przeciwprzepięciowa i uziemienie**

Projektowaną instalację fotowoltaiczną wraz z systemem magazynowania energii należy wykonać z zachowaniem najwyższych standardów bezpieczeństwa, zgodnie z obowiązującymi normami PN-HD 60364-7-712. Ochrona przeciwporażeniowa podstawowa realizowana jest poprzez izolację części czynnych oraz wysoką klasę ochronności obudów urządzeń (IP66 dla inwerterów i magazynów energii), co zapewnia pełną pyłoszczelność i odporność na silne strumienie wody. Ochrona przy uszkodzeniu opiera się na samoczynnym wyłączeniu zasilania, realizowanym przez wyłączniki nadmiarowo-prądowe oraz wysokoczułe zabezpieczenia różnicowoprądowe (RCD) typu A lub B (zgodnie z DTR inwerterów), zainstalowane w

rozdzielniczy AC.

System ochrony przeciwprzepięciowej obejmuje:

- Stronę DC: Zintegrowane w inwerterach ochronniki przepięć SPD typu II, chroniące moduły i wejścia MPPT przed przepięciami indukowanymi.
- Stronę AC: Ograniczniki przepięć klasy II zamontowane w rozdzielniach, dostosowane do parametrów sieci obiektu.

Wszystkie części przewodzące, w tym aluminiowe konstrukcje montażowe na dachu i gruncie, ramy modułów, obudowy inwerterów oraz jednostek magazynujących, zostaną włączone do wspólnego systemu połączeń wyrównawczych. Połączenia te należy wykonać przewodem o przekroju minimum 16 mm<sup>2</sup> Cu, łącząc je z główną szyną uziemiającą obiektu. Po montażu wymagane jest przeprowadzenie pomiarów rezystancji uziemienia oraz ciągłości przewodów ochronnych, których wyniki muszą zostać ujęte w dokumentacji powykonawczej.

#### Aparatura zabezpieczeniowa, odłączająca i pomiarowa

Instalacja zostanie wyposażona w kompletną aparaturę umożliwiającą bezpieczną eksploatację oraz serwisowanie systemu o mocy 35 kW (AC).

Aparatura DC i AC:

- Po stronie DC wykorzystane zostaną zintegrowane w inwerterach rozłączniki izolacyjne, umożliwiające bezpieczne odcięcie generatora PV od elektroniki mocy.
- Po stronie AC, w dedykowanej rozdzielni, zostaną zainstalowane rozłączniki główne oraz wyłączniki nadprądowe, dobrane do maksymalnego prądu wyjściowego urządzeń, zapewniające selektywność zabezpieczeń względem instalacji budynku.

Układ pomiarowy i komunikacja: Kluczowym elementem aparatury pomiarowej jest inteligentny licznik energii (Smart Meter) zainstalowany w punkcie przyłączenia obiektu. Współpracuje on w czasie rzeczywistym z centralnym sterownikiem zarządzania energią (EMS), przysyłając dane o kierunku przepływu prądu, mocy chwilowej oraz zużyciu własnym budynku. System ten nie tylko monitoruje bilans energetyczny, ale również steruje procesem ładowania i rozładowania magazynów energii o pojemności 62,1 kWh oraz optymalizuje sprzedaż nadwyżek do sieci w systemie net-billing.

Bezpieczeństwo awaryjne: Inwertery posiadają wbudowane systemy wykrywania łuku elektrycznego (AFCI) oraz funkcję Anti-islanding, która automatycznie odłącza instalację w przypadku zaniku napięcia w sieci operatora. Wszystkie elementy aparatury zostaną trwale oznakowane zgodnie ze schematem ideowym projektu, a ich lokalizacja zapewni łatwy dostęp dla personelu technicznego. Po zakończeniu prac montażowych nastąpi weryfikacja

poprawności komunikacji pomiędzy licznikiem, inwerterami a systemem monitoringu online.

## **15. Charakterystyka instalacji i okablowania w sekcjach AC i DC**

Instalacja została zaprojektowana jako zintegrowany system hybrydowy, w którym przepływ energii pomiędzy generatorem, magazynem a siecią budynku odbywa się za pośrednictwem dedykowanych tras kablowych prądu stałego (DC) oraz przemiennego (AC).

### Instalacja prądu stałego (DC)

Część stałoprądowa obejmuje połączenie 68 modułów o mocy 580 Wp każdy, podzielonych na łańcuchy (stringi) o łącznej mocy 39,44 kWp. Okablowanie to zostanie wykonane przewodami solarnymi o przekroju 6 mm<sup>2</sup>, cechującymi się odpornością na promieniowanie UV i napięcie izolacji do 1,5 kV. Przewody te łączą generator z dwoma inwerterami hybrydowymi (20 kVA oraz 15 kVA), obsługującymi łącznie 4 niezależne wejścia MPPT przy maksymalnym napięciu systemowym wynoszącym 1100 V. W tej samej sekcji wykonane zostanie połączenie systemu magazynowania energii o pojemności 62,1 kWh, który komunikuje się z inwerterami poprzez wysokonapięciową szynę DC (zakres pracy 600–980 V), co minimalizuje straty przesyłowe podczas ładowania i rozładowania baterii.

### Instalacja prądu przemiennego (AC) i komunikacja

Sekcja AC odpowiada za wyprowadzenie mocy znamionowej 35 kW do rozdzielnic głównej obiektu. Połączenie zostanie zrealizowane kablem ziemnym typu YKY o przekroju dobranym do mocy urządzeń, zapewniającym spadek napięcia poniżej 1%. Inwertery pracują w układzie trójfazowym, oddając energię synchronicznie z parametrami sieci publicznej. Kluczowym elementem tej sekcji jest instalacja inteligentnego systemu zarządzania energią (EMS), który za pomocą ekranowanej magistrali komunikacyjnej RS485 łączy falowniki z licznikiem Smart Meter oraz sterownikiem centralnym. Układ ten pozwala na bieżący pomiar parametrów sieciowych i realizację priorytetu autokonsumpcji energii w budynku. Wszystkie trasy kablowe, zarówno wewnątrz jak i na zewnątrz obiektu, zostaną poprowadzone w systemowych korytach i rurach osłonowych, zapewniając ochronę mechaniczną i trwałość instalacji.

## **16. Instalacja odgromowa**

Zgodnie z przeprowadzoną analizą ryzyka według PN-EN 62305-2 obiekt nie wymaga wykonania instalacji odgromowej. Pomimo braku konieczności wykonania instalacji odgromowej, instalacja fotowoltaiczna powinna zostać wykonana z zachowaniem zasad

ograniczających ryzyko uszkodzeń wywołanych przepięciami. W tym celu przewiduje się wykonanie instalacji uziemiającej, połączeń wyrównawczych oraz ochrony przeciwprzepięciowej po stronie DC i AC.

## **17. Wymagania montażowe, uruchomienie i odbiór instalacji**

Wszystkie prace instalacyjne należy wykonać zgodnie z dokumentacją projektową, normami PN-HD 60364 oraz instrukcjami technicznymi producentów. Montaż 68 modułów o mocy 580 Wp (łącznie 39,44 kWp) musi zostać zrealizowany w układzie mieszanym: na dachu obiektu w systemie wschód-zachód oraz na wbijanej konstrukcji gruntowej skierowanej na południe.

Dwa inwertery hybrydowe o łącznej mocy 35 kW oraz bank energii o pojemności 62,1 kWh należy zainstalować w budynku technicznym. Lokalizacja ta zapewnia optymalne warunki pracy, właściwą wentylację układów chłodzenia oraz ochronę przed czynnikami zewnętrznymi. Okablowanie DC (6 mm<sup>2</sup>) oraz kable AC muszą zostać trwale oznakowane i poprowadzone w dedykowanych trasach (koryta, rury osłonowe), zapewniając ochronę przed uszkodzeniami mechanicznymi.

Przed uruchomieniem systemu wykonawca zobowiązany jest sprawdzić ciągłość połączeń ochronnych konstrukcji, rezystancję uziemienia ( $R < 10 \Omega$ ) oraz poprawność montażu ograniczników przepięć. Kluczowym elementem konfiguracji jest aktywacja sterownika EMS oraz licznika Smart Meter, które odpowiadają za inteligentną optymalizację autokonsumpcji i zarządzanie przepływem energii w systemie Net-billing.

Odbiór instalacji polega na przeprowadzeniu i udokumentowaniu następujących czynności:

- Pomiar rezystancji izolacji obwodów DC i AC.
- Sprawdzenie skuteczności samoczynnego wyłączenia zasilania.
- Test funkcjonalny wyłącznika przeciwpożarowego, zlokalizowanego na nodze konstrukcji wsporczej części gruntowej.
- Weryfikacja poprawności komunikacji systemu monitoringu i zdalnego nadzoru.

Pozytywny wynik wszystkich prób, potwierdzony kompletnym protokołem pomiarowym, przekazanie instrukcji obsługi oraz udostępnienie danych logowania do aplikacji monitorującej stanowią podstawę do finalnego odbioru instalacji.

## **18. Podsumowanie rozwiązań bezpieczeństwa i PPOŻ**

Poniższe zestawienie opisuje systemy zabezpieczeń funkcjonalnych oraz infrastrukturę bezpieczeństwa pożarowego, stanowiącą uzupełnienie technicznych systemów ochrony

przeciwporażeniowej i uziemień.

Kluczowym elementem systemu ochrony przeciwpożarowej jest główny wyłącznik instalacji fotowoltaicznej. Został on zlokalizowany w miejscu o najwyższej dostępności dla ekip ratowniczych:

- Lokalizacja: Na nodze konstrukcji wsporczej (stole fotowoltaicznym) części gruntowej generatora PV.
- Funkcja: Umożliwia natychmiastowe odcięcie zasilania z generatora bez konieczności wchodzenia do budynku magazynowego lub bezpośrednio w strefę modułów.
- Oznakowanie: Miejsce montażu wyłącznika zostanie opatrzone odblaskową tablicą „Wyłącznik Przeciwpożarowy PV”, widoczną z drogi dojazdowej do obiektu.

Inwertery hybrydowe posiadają zintegrowany system AFCI (Arc Fault Circuit Interrupter). Wykorzystuje on algorytmy sztucznej inteligencji do wykrywania łuku elektrycznego w przewodach DC (np. na skutek poluzowania styków lub uszkodzenia izolacji). W przypadku wykrycia zagrożenia, system przerywa obwód w czasie krótszym niż 0,5 sekundy, eliminując przyczynę ewentualnego zapłonu przed powstaniem ognia.

Z uwagi na lokalizację magazynów energii w budynku magazynowym, zastosowano dodatkowe mechanizmy bezpieczeństwa:

- Izolacja stanów awaryjnych: System BMS (Battery Management System) automatycznie odłącza poszczególne jednostki bateryjne w przypadku wykrycia nieprawidłowej temperatury lub napięcia ogniw.
- Zdalne wyłączenie: Sterownik EMS umożliwia zdalne, programowe odcięcie magazynu od falowników w sytuacjach zagrożenia, co jest monitorowane 24/7 przez platformę diagnostyczną.

Wszystkie trasy kablowe (szczególnie te prowadzące pod napięciem DC) oraz rozdzielnice zostaną oznakowane zgodnie z normą PN-EN 7010. W budynku magazynowym, przy inwerterach, umieszczony zostanie czytelny schemat instalacji z zaznaczeniem wszystkich punktów odcięcia zasilania, co jest kluczowe dla bezpieczeństwa prowadzenia czynności serwisowych i ratowniczych.

## 19. Rysunki

| Lp. | Nr rysunku | Nazwa rysunku                                          |
|-----|------------|--------------------------------------------------------|
| 1   | R-01       | Plan zagospodarowania terenu                           |
| 2   | R-02       | Rozmieszczenie modułów fotowoltaicznych na dachu       |
| 3   | R-03       | Schemat instalacji PV i magazynu energii               |
| 4   | R-04       | Albedo instalacji PV – na dachu                        |
| 5   | R-05       | Albedo instalacji PV – na gruncie                      |
| 6   | R-06       | Usytuowanie instalacji fotowoltaicznej z trasą kablową |
| 7   | R-07       | Rozmieszczenie urządzeń systemowych                    |
| 8   | R-08       | Detal dachowej konstrukcji montażowej PV               |
| 9   | R-09       | Detal gruntowej konstrukcji montażowej PV              |

## 20. Załączniki

| Lp. | Nr   | Nazwa załącznik                                                |
|-----|------|----------------------------------------------------------------|
| 1   | Z-01 | Karta uzgodnienia projektu w zakresie ochrony przeciwpożarowej |
| 2   | Z-02 | Przedmiar robót                                                |

