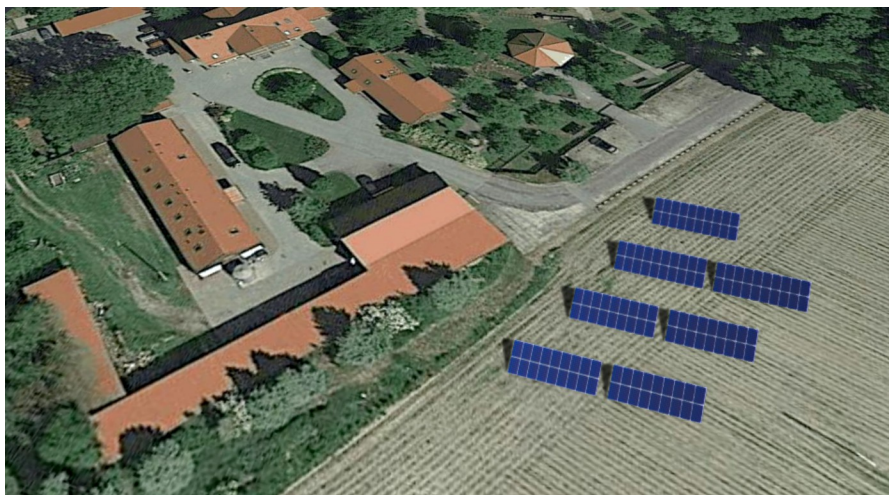


ELEKTROINSTAL spółka cywilna - Dawicki Jan, Lis Paweł  
 Czestków B nr 11, 98-113 Buczek  
 tel.: +48 608-310-710  
 elektroinstal@czuba.pl    www.czuba.pl



Rodzaj opracowania	Projekt techniczny instalacji fotowoltaicznej	
Branża	Elektryczna	
Nazwa obiektu	Instalacja fotowoltaiczna przy siedzibie Nadleśnictwa Dąbrowa	
Adres inwestycji	działka nr 3210/3, obr. Nadl. Dąbrowa ul. Leśna 25, 86-131 Jeżewo	
Inwestor	Skarb Państwa – Nadleśnictwo Dąbrowa ul. Leśna 25, 86-131 Jeżewo	
Projektant	tech. Lucjan Walewski UAN.IV.8388/174/90	
Opracował	mgr inż. Paweł Lis	

# Spis treści

1. Opis techniczny.....	3
1.1. Przedmiot opracowania.....	3
1.2. Podstawa opracowania.....	3
1.3. Stan istniejący.....	3
1.4. Opis projektowanych rozwiązań.....	5
1.5. Moduły fotowoltaiczne.....	6
1.6. Inwerter fotowoltaiczny.....	7
1.7. Konfiguracja systemu fotowoltaicznego.....	9
1.8. Zabezpieczenia i ochrona instalacji fotowoltaicznej.....	13
a) Instalacja odgromowa i ochrona przeciwprzepięciowa.....	13
b) Uziemienie i połączenia wyrównawcze.....	13
c) Zabezpieczenia elektryczne.....	14
d) Ochrona przeciwpożarowa.....	15
1.9. Przewody fotowoltaiczne DC.....	16
1.10. Przewody AC.....	18
1.11. Złącze kablowe ZK3.....	21
1.12. Konstrukcja wsporcza – dwupodporowa gruntowa.....	21
1.13. Ogrodzenie terenu instalacji.....	23
1.14. Komunikacja i monitoring systemu.....	23
2. Uzysk energii elektrycznej z instalacji fotowoltaicznej.....	24
3. Efekt ekologiczny.....	25
4. Ochrona przeciwpożarowa.....	26
5. Ochrona przeciwporażeniowa.....	28
6. Planowany przebieg prac montażowych.....	28
7. Zestawienie elementów systemu fotowoltaicznego.....	29
8. Część rysunkowa.....	30
8.1. Projekt zagospodarowania terenu.....	30
8.2. Schemat ideowy instalacji fotowoltaicznej.....	31

---

# 1. Opis techniczny

---

## 1.1. Przedmiot opracowania

Przedmiotem niniejszego opracowania jest projekt techniczny naziemnej instalacji fotowoltaicznej (PV) o mocy 49,5kWp przy siedzibie Nadleśnictwa Dąbrowa.

## 1.2. Podstawa opracowania

Podstawę opracowania stanowią:

- zlecenie Inwestora,
- oględziny i dokumentacja zdjęciowa,
- ustalenia z Inwestorem,
- obowiązujące normy i przepisy branżowe m.in.:
  - PN-HD 60364-7-712:2007 – Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych – Część 7-712: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji – Fotowoltaiczne (PV) układy zasilania;
  - PN-EN 50438:2010P - Wymagania dotyczące równoległego przyłączenia mikrogeneratorów do publicznych sieci rozdzielczych niskiego napięcia;
  - PN-HD 60364 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych;
  - PN-IEC 60364-5-523:2001 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych – Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego – Obciążalność prądowa długotrwała przewodów;
  - PN-EN 61173:2002 – Ochrona przepięciowa fotowoltaicznych (PV) systemów wytwarzania mocy elektrycznej – Przewodnik;
  - Norma N SEP-E-004 Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe. Projektowanie i budowa

## 1.3. Stan istniejący

Siedziba Nadleśnictwa Dąbrowa zlokalizowana jest przy ul. Leśnej 25 w Jeżewie na działce o numerze ewidencyjnym 3210/3 w obrębie Nadleśnictwo Dąbrowa, w gminie Jeżewo w powiecie Świeckim, w województwie Kujawsko-Pomorskim.

Działka nr 3210/3 o łącznej powierzchni 28,67 ha składa się z części leśnej, części rolnej oraz zabudowań Nadleśnictwa Dąbrowa. W bezpośrednim sąsiedztwie zabudowań Nadleśnictwa od strony południowo-wschodniej znajduje się pole uprawne o płaskim ukształtowaniu terenu, z napowietrzną linią energetyczną niskiego napięcia.



### **Zasilanie i pomiar energii**

Siedziba Nadleśnictwa Dąbrowa jest zasilana z dwóch niezależnych źródeł energii elektrycznej oraz system automatyki SZR (samoczynnego załączania rezerwy).

Na południowej ścianie głównego budynku Nadleśnictwa zlokalizowane są złącza kablowo pomiarowe z układami pomiarowymi półpośrednimi dla sieci PKP Energetyka (zasilanie główne) oraz sieci ENEA (zasilanie rezerwowe) oraz złącze kablowe z układem automatyki SZR.



Aktualna moc umowna dla budynku to:

- zasilanie podstawowe: 65kW (PKP Energetyka)
- zasilanie rezerwowe: 40kW (ENEA).

Istniejący przydział mocy z sieci podstawowego zasilania jest wystarczający dla projektowanej instalacji fotowoltaicznej.

## **1.4. Opis projektowanych rozwiązań**

Instalację fotowoltaiczną zaprojektowano przy założeniu wykorzystania znaczącej większości wytworzonej energii na bieżące potrzeby obiektu oraz magazynowania nadmiaru wytworzonej energii w sieci energetycznej zgodnie z obowiązującymi przepisami (odbiór 70% zmagazynowanych nadwyżek energii w umownym okresie).

W wyniku analizy możliwości technicznych oraz na podstawie informacji i materiałów dostarczonych przez Inwestora zaprojektowano instalację składającą się ze 132 monokrystalicznych modułów fotowoltaicznych (PV) o mocy 375Wp każdy. Łączna moc znamionowa instalacji będzie wynosić 49,5 kWp.

Projektowaną instalację fotowoltaiczną należy podłączyć do instalacji elektrycznej sieci zasilania podstawowego (PKP Energetyka) za układem pomiarowo rozliczeniowym. Wyprodukowana przez instalację fotowoltaiczną energia będzie wykorzystywana na bieżąco na potrzeby kompleksu Nadleśnictwa w czasie zasilania z sieci PKP Energetyka (zasilanie podstawowe). Ewentualny nadmiar będzie magazynowany przez PKP Energetyka. W przypadku przejścia obiektu na zasilanie rezerwowe (ENEA), instalacja fotowoltaiczna zostanie odłączona od budynku, a w przypadku zaniku napięcia w sieci PKP Energetyka, inwerter fotowoltaiczny wstrzyma produkcję energii, przechodząc automatycznie w tryb uśpienia i uniemożliwiając pracę wyspową.

Projektowana instalacja fotowoltaiczna składa się z następujących elementów:

- 132 szt. modułów fotowoltaicznych monokrystalicznych o mocy nominalnej 375Wp każdy;
- 1 szt. trójfazowego inwertera (falownika) fotowoltaicznego, beztransformatorowego o mocy nominalnej 50kW;

- dwupodporowej konstrukcji wsporczej dla modułów fotowoltaicznych posadowionej na gruncie. Kąt nachylenia modułów 28°, azymut 180° (kierunek południowy);
- zabezpieczeń elektrycznych strony prądu stałego DC (ograniczniki przepięć, wyłączniki bezpieczeństwa przeciwpożarowego);
- zabezpieczeń elektrycznych strony prądu zmiennego AC (ograniczniki przepięć, wyłączniki nadmiarowoprądowe);
- instalacji przeciwpożarowego wyłącznika prądu (wyłącznika mocy z wyzwalaczem, przekaźnika faz oraz przycisku wyzwalającego);
- okablowania i systemu połączeń strony DC i AC;
- uziemienia i instalacji ekwipotencjalnej;
- instalacji teleinformatycznej (kabel sieciowy F/UTP kat. 6, gniazdo);
- dodatkowego złącza kablowego w trasie kabla zasilającego instalację fotowoltaiczną, w celu późniejszej instalacji stacji ładowania pojazdów elektrycznych;
- ogrodzenia terenu instalacji

## 1.5. Moduły fotowoltaiczne

Moduły fotowoltaiczne odpowiadają za produkcję energii elektrycznej bezpośrednio z promieniowania słonecznego, wykorzystując przy tym efekt fotowoltaiczny.

W projektowanej instalacji zastosowano moduły monokrystaliczne o mocy nominalnej 375Wp. Łączna moc zainstalowana będzie wynosić: 49,5kWp. Dopuszcza się zastosowanie zamiennie modułów o większej mocy i mniejszej ich liczbie pod warunkiem spełnienia wymagania łącznej mocy generatora PV w zakresie od 49,0 do 50,0kWp.

### PARAMETRY PROPONOWANEGO MODUŁU W WARUNKACH STC

Parametr	Symbol	Wartosc
Moc maksymalna	P <sub>pv</sub>	375 Wp
Napięcie obwodu otwartego	V <sub>oc</sub>	41,1 V
Prąd zwarciov	I <sub>sc</sub>	11,60 A
Napięcie w punkcie mocy maksymalnej	V <sub>mpp</sub>	34,6 V
Natężenie prądu w punkcie mocy maksymalnej	I <sub>mpp</sub>	10,84 A
Sprawność	I <sub>m</sub>	20,60%



Współczynnik temp. mocy	Pmax	<b>-0,35%/°C</b>
Współczynnik temp. napięcia obwodu otwartego	Voc	<b>-0,27%/°C</b>
Współczynnik temp. prądu zwarciovego	Isc	<b>+0,048%/°C</b>
Maksymalne napięcie systemu	Vmax. pv	1000 V
Dopuszczalny maksymalny prąd wsteczny	Irev. max. pv	20 A
Maksymalne obciążenie	ML	5400 Pa
Zakres temp. pracy modułu	Tmin. pv - Tmax. pv	od -40 do +85°C
Wymiary	W x SZ x G	1755mm x 1038mm x 35mm
Współczynnik wypełnienia	FF	<b>0,78%</b>
Waga		19,5kg

Zastosowane moduły PV powinny charakteryzować się współczynnikami wypełnienia oraz temperaturowymi takimi samymi jak powyżej lub lepszymi. Powinny posiadać trwałą konstrukcję odporną na obciążenia mechaniczne (wiatr oraz śnieg) oraz posiadać podstawowe certyfikaty (CE, TUV, MCS) potwierdzające zgodność z normami w odniesieniu do parametrów i bezpieczeństwa:

- PN-EN 61215-1:2017 - Moduły fotowoltaiczne (PV) do zastosowań naziemnych.  
Kwalifikacja konstrukcji i aprobaty typu
- PN-EN 61730-2:2007 - Ocena bezpieczeństwa modułu fotowoltaicznego (PV)

Wymagane jest zastosowanie modułów, które posiadają conajmniej:

- 10 letnią gwarancję na produkt
- 25 letnią gwarancję liniową mocy (85% mocy znamionowej po 25 latach)

Moduły powinny być wyposażone w gniazdo przyłączeniowe o klasie ochronności IP67, z 3 diodami obejściowymi (by-pass) oraz konektory typu MC4. Na końcach przewodów fotowoltaicznych należy zastosować konektory tego samego typu.

## 1.6. Inwerter fotowoltaiczny

Inweter (falownik) pełni rolę konwertera energii elektrycznej powstałej w modułach fotowoltaicznych, w postaci napięcia i natężenia prądu stałego, na energię o parametrach występujących w instalacji elektrycznej obiektu, tj. napięcia i natężenia prądu przemiennego o częstotliwości 50Hz.

Inweter fotowoltaiczny wyposażony jest w urządzenia monitorujące parametry energii elektrycznej. W przypadku odchylenia monitorowanych parametrów częstotliwości i napięcia

od parametrów granicznych normy PN-EN 50438, fotowoltaiczne źródło wytwórcze jest natychmiast odłączane od sieci elektroenergetycznej. System fotowoltaiczny pozostaje odłączony do momentu powrotu parametrów w ramy ustawionych limitów.

W projektowanej instalacji zastosowano falownik o mocy znamionowej 50kW. Dopuszcza się zastosowanie falownika o mocy dobranej tak, by jego moc znamionowa zawierała się w przedziale 85-120% łącznej mocy generatora (modułów PV).

Projektuje się beztransformatorowy falownik 3-fazowy o minimum 4 niezależnych modułach śledzenia punktu mocy maksymalnej - MPPT. Niezależne moduły MPPT zapewnią optymalne wytwarzanie energii i elastyczność instalacji w przypadku wystąpienia częściowych zacienień, zabrudzeń lub czasowej pracy fragmentów instalacji z mniejszą wydajnością (uszkodzenia, awarie). Do każdego z trackerów MPPT projektuje się podłączenie maksymalnie dwóch obwodów równoległe. Aby zmniejszyć ilość przewodów strony DC zaprojektowano połączenia równoległe łańcuchów w pobliżu konstrukcji wsporczych. Z tego względu należy zwrócić szczególną uwagę na dopuszczalny maksymalny prąd wejściowy DC na każdy tracker MPPT (minimum 25A lub potwierdzony obliczeniami).

Urządzenie musi być wyposażone w co najmniej dwa oddzielne rozłączniki strony DC, zabezpieczenie przed pracą wyspowa, monitoring rezystancji izolacji, monitoring prądu uszkodzeniowego (RCMU) oraz zabezpieczenie przed odwrotną polaryzacją łańcuchów DC. Wymagany jest również interfejs komunikacyjny Ethernet (wbudowany w falownik lub w postaci zewnętrznego modułu). Falownik powinien być przeznaczony do użytku zewnętrznego i wewnętrznego, a stopień ochrony urządzenia musi wynosić co najmniej IP65.

Wykonanie wszystkich rozwiązań zabezpieczających instalację jest zgodne z obowiązującym prawem i odpowiednimi normami, w tym z Polską Normą PN-HD 60364-4-41:2017-09 „Instalacje elektryczne niskiego napięcia -- Część 4-41: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa -- Ochrona przed porażeniem elektrycznym”.

Inwerter oraz rozdzielnice elektryczne PV-AC oraz PV-DC z zabezpieczeniami należy zainstalować na wewnętrznej ścianie budynku magazynowego (zgodnie z mapą zagospodarowania terenu). Falownik będzie osłonięty przed warunkami atmosferycznymi, deszczem, bezpośrednimi promieniami słonecznymi, a także zabezpieczony przed kradzieżą. Należy zastosować odpowiedni system mocowania falownika, uwzględniający jego wagę, strukturę i powierzchnię ściany oraz zapewnić określone przez producenta odstępów niezbędne dla prawidłowej wentylacji podczas pracy (zaleca się odstępów min. 50cm z każdej strony).



Zastosowany inwerter musi posiadać wszystkie certyfikaty wymagane do pracy w sieci energetycznej na terenie Polski oraz potwierdzające zgodność z normami w odniesieniu do parametrów i bezpieczeństwa:

PN-EN 50438:2014 - Wymagania dla instalacji mikrogeneracyjnych przeznaczonych do równoległego przyłączania do publicznych sieci dystrybucyjnych niskiego napięcia

Zaleca się by wybrany falownik posiadał gwarancję produktową na minimum 5 lat z możliwością jej wydłużenia za dodatkową odpłatnością na 10/15 lat w zależności od decyzji Inwestora.

**Wymaga się, by inwerter umożliwiał regulację współczynnika mocy biernej w zakresie: od 0,8 ind. do 0,8 poj.**

Dobry w projekcie falownik charakteryzuje się następującymi parametrami:

#### PARAMETRY WYJŚCIOWE AC

Parametr	Symbol	Wartosc
Moc znamionowa AC	Pac	50 000 W
Maksymalny prąd wyjściowy	Iac max.	80.5 A
Napięcie sieciowe	Vac	230/400 V
Zakres częstotliwości	f	45 – 55 Hz

#### PARAMETRY WEJŚCIOWE DC

Parametr	Symbol	Wartosc
Maksymalna moc wejściowa	Pdc max.	65 000 W
Maksymalny prąd wejściowy	Idc max.	25 A
Znamionowe napięcie wejściowe	Vdc	585 V
Maksymalne napięcie wejściowe	Vdc max.	1000 V
Liczba MPPT	Lmppt	6
Liczba łańcuchów na MPPT	Lstring mppt	2
Zakres napięć MPP	Vmpp min. - Vmpp max.	500 - 850V

### 1.7. Konfiguracja systemu fotowoltaicznego

Konfigurując system fotowoltaiczny, istotne jest obliczenie napięcia w skrajnych temperaturach oraz natężenia prądu stałego, jaki może się pojawić w obwodzie fotowoltaicznym, w skrajnym natężeniu promieniowania słonecznego. Może być ono wyższe, niż deklarowane w warunkach STC. Zakłada się, że moduł może osiągać temperaturę nawet 70°C podczas upalnego dnia i rozpoczynać swoją pracę przy -25°C w mroźne poranki. Bazą do obliczeń są warunki STC, tj. natężenie promieniowania słonecznego równe 1000 W/m<sup>2</sup> i temperatura ogniw 25°C.

### a) Moc instalacji fotowoltaicznej

Moc projektowanej instalacji fotowoltaicznej DC obliczono w oparciu o dane modułu fotowoltaicznego, zgodnie z równaniem:

$$P_{PV} = LM \cdot P_{STC PV}$$

$P_{PV}$  – moc instalacji fotowoltaicznej [Wp]

$LM$  – liczba modułów fotowoltaicznych w instalacji [szt.]

$P_{STC PV}$  – moc jednostkowa modułu fotowoltaicznego [Wp]

$$132 \times 375 \text{ Wp} = 49\,500 \text{ Wp}$$

Moc DC instalacji fotowoltaicznej wynosi 49,5 kW. Z kolei moc AC instalacji fotowoltaicznej, równa mocy wyjściowej falownika, jest równa 50 kW.

---

### b) Minimalna i maksymalna liczba modułów łączonych szeregowo i równolegle

#### Zmiana napięcia przy zmianie temperatury o 1 stopień Celsjusza

W celu poprawnego skonfigurowania systemu fotowoltaicznego w pierwszej kolejności należy określić zmianę napięcia na 1°C, według wzoru:

$$\Delta V = \beta \cdot V_{OC}$$

$\Delta V$  – zmiana napięcia na 1°C [V/°C]

$\beta$  – współczynnik temperaturowy napięcia obwodu otwartego [%/°C]

$V_{OC}$  – napięcie obwodu otwartego [V]

$$-0,27\% \times 41,1V = -0,111 \text{ V} / ^\circ\text{C}$$

Zmiana napięcia na 1°C wynosi -0,111V. Posłuży ona do obliczenia napięcia w skrajnych temperaturach.

**c) Napięcie w skrajnych temperaturach pracy - napięcie obwodu otwartego w temperaturze -25°C**

Napięcie obwodu otwartego pojedynczego modułu, o temperaturze -25°C, obliczono według równania:

$$V_{OC-25} = V_{OC} + (\Delta V \cdot \Delta T_1)$$

$V_{OC-25}$  – napięcie jałowe modułu o temperaturze -25°C [V]

$V_{OC}$  – napięcie jałowe modułu w warunkach STC [V]

$\Delta V$  – zmiana napięcia na 1°C [V/°C]

$\Delta T_1$  – różnica temperatur pomiędzy warunkami STC, a warunkami obliczeniowymi [°C]

$$41,1 + (0,111 \times 50) = 46,65 \text{ V}$$

Obliczone napięcie jest równe 46,65V.

---

**d) Napięcie w skrajnych temperaturach pracy - napięcie w punkcie mocy maksymalnej w temperaturze 70°C**

Napięcie w punkcie mocy maksymalnej pojedynczego modułu, mogącego osiągać temperaturę 70°C, obliczono zgodnie ze wzorem:

$$V_{MPP+70} = V_{MPP} - (\Delta V \cdot \Delta T_2)$$

$V_{MPP+70}$  – napięcie pracy modułu o temperaturze +70°C [V]

$V_{MPP}$  – napięcie modułu w punkcie mocy maksymalnej, w warunkach STC [V]

$\Delta V$  – zmiana napięcia na 1°C [V/°C]

$\Delta T_2$  – różnica temperatur pomiędzy warunkami obliczeniowymi, a warunkami STC [°C]

$$34,6 - (0,111 \times 45) = 29,61 \text{ V}$$

Obliczone napięcie jest równe 29,61 V.

#### e) Minimalna liczba modułów w łańcuchu

Po obliczeniu napięć w skrajnych temperaturach obliczono minimalną liczbę modułów, jaką można spiąć w łańcuchu szeregowo:

$$LM_{STRING MIN.} = \frac{V_{DC START}}{V_{MPP +70}}$$

$LM_{STRING MIN.}$  - minimalna liczba modułów w łańcuchu [szt.]

$V_{MPP MIN.}$  - napięcie startowe falownika [V]

$V_{MPP+70}$  - napięcie pracy modułu o temperaturze +70°C [V]

$$250 / 29,61 = 8,45 < 9\text{szt.}$$

Minimalna liczba modułów, jaką można łączyć szeregowo w pojedynczy łańcuch wynosi 9szt.

---

#### f) Maksymalna liczba modułów w łańcuchu

Po obliczeniu napięć w skrajnych temperaturach obliczono maksymalną liczbę modułów, jaką można spiąć w łańcuchu szeregowo:

$$LM_{STRING MAX.} = \frac{V_{DC MAX.}}{V_{OC-25}}$$

$LM_{STRING MAX.}$  - maksymalna liczba modułów w łańcuchu

$V_{DC MAX.}$  - maksymalne napięcie wejściowe na falownik [V]

$V_{OC-25}$  - napięcie jałowe modułu o temperaturze -25°C [V]

$$1000 / 46,65 = 21,44 > 21\text{szt.}$$

Maksymalna liczba modułów, jaką można łączyć szeregowo w pojedynczy łańcuch wynosi 21szt.

### **g) Maksymalna liczba łańcuchów modułów łączonych równolegle**

Maksymalna liczba łańcuchów połączonych równolegle, obliczona została według równania:

$$LM_{RMAX.} = \frac{I_{DC MAX.}}{I_{MPP}}$$

$LM_{R MAX.}$  - maksymalna liczba łańcuchów łączonych równolegle na falownik [szt.]

$I_{DC MAX.}$  - maksymalny prąd wejściowy na MPPT falownika [A]

$I_{MPP}$  – natężenie prądu w punkcie mocy maksymalnej modułu [A]

$$25 / 10,84 = 2,31 > 2\text{szt.}$$

Obliczona maksymalna liczba łańcuchów połączonych równolegle na 1 MPPT falownika wynosi 2szt.

## **1.8. Zabezpieczenia i ochrona instalacji fotowoltaicznej**

### **a) Instalacja odgromowa i ochrona przeciwprzepięciowa**

Ze względu na lokalizację instalacji w bezpośrednim sąsiedztwie linii napowietrznej niskiego napięcia opartej na słupach ŻN-10 oraz niewielkich odległościach od wysokich drzew, zabudowań Nadleśnictwa z ochroną odgromową oraz pobliskim wysokim maszcie telekomunikacyjnym nie zakłada się dodatkowej instalacji odgromowej.

Ochronę przed indukowanymi przepięciami spowodowanymi pobliskimi wyładowaniami atmosferycznymi zaprojektowano stosując ograniczniki przepięć typu II. Wszystkie zastosowane ograniczniki przepięć należy łączyć z główną lub lokalną szyną wyrównawczą przewodem miedzianym o przekroju minimum 16 mm<sup>2</sup>.

### **b) Uziemienie i połączenia wyrównawcze**

Uziemienie i połączenie wyrównawcze modułów oraz inwertera pełni funkcję przeciwporażeniową i przeciwprzepięciową. Oznacza to, że chroni ono moduły fotowoltaiczne w sytuacjach uszkodzenia modułu czy w trakcie wyładowań atmosferycznych nieopodal instalacji.

W pobliżu inwertera i rozdzielnic PV-AC i PV-DC należy zainstalować główną szynę uziemiającą GSU, do której należy przyłączyć wszystkie elementy wymagające uziemienia (obudowę inwertera, zaciski PE ograniczników przepięć).

Przewiduje się wykonanie połączeń wyrównawczych pomiędzy konstrukcją wsporczą, a ramami modułów fotowoltaicznych za pomocą podkładek uziemiających przebijających.

Każdą z konstrukcji wsporczych należy uziemić zgodnie z obowiązującymi standardami, za pomocą bednarki FeZn 25x4mm i linki miedzianej LgY 16mm<sup>2</sup> połączonej z podporami głównymi konstrukcji. W razie potrzeby należy zastosować dodatkowe uziomy pionowe w postaci wbijanych szpilek uziomowych.

Połączenia wyrównawcze należy prowadzić możliwie blisko linii DC i AC (równolegle), tak by uniknąć tworzenia pętli indukcyjnych.

Należy zapewnić odpowiednią wartość rezystancji uziemienia  $R_u < 10 \Omega$ . Wykonać pomiary wykonanych instalacji uziemiających. Uzyskane wartości potwierdzić protokołem pomiarów.

### c) **Zabezpieczenia elektryczne**

Poza zabezpieczeniami wbudowanymi w inwerter projektuje się zabezpieczenia instalacji po stronie prądu zmiennego AC oraz stałego DC.

#### Strona prądu zmiennego AC

W ramach zabezpieczenia strony AC projektuje się rozdzielnicę PV-AC zlokalizowaną w pobliżu miejsca montażu inwertera. Rodzielnicę należy wyposażyć zgodnie ze schematem w:

- ogranicznik przepięć SPD typu II, AC, TNS,  $I_n=20\text{kA}$ ,  $U_p<1,5\text{kV}$ ;
- lampki kontroli faz wraz z zabezpieczeniem (LK+BZ-3);
- wyłącznik mocy DPX<sup>3</sup> 3P 100A 25kA z wyzwalaczem wzrostowym;
- automatyczny przekaźnik faz do zasilenia przycisku wyłącznika Ppoż;
- wyłącznik nadmiarowoprądowy 1-fazowy S301 B 6A dla zabezpieczenia przewodu 5x0,75mm<sup>2</sup> zasilającego wyłączniki przeciwpożarowe DC;



### Strona prądu stałego DC

Poza zabezpieczeniami wbudowanymi w falownik (m.in. wbudowany rozłącznik DC) projektuje się rozdzielnicę główną PV-DC wyposażoną w 4 szt. ograniczników przepięć SPD typu II, DC, 1000V,  $I_n=12,5\text{kA}$ ,  $I_{\max} = 25\text{kA}$ ,  $U_p < 4\text{kV}$  – zlokalizowaną w pobliżu inwertera.

Ze względu na znaczną odległość modułów PV od falownika, przekraczającą 10 metrów, projektuje się dodatkowo zabezpieczenie ogranicznikami przepięć każdego ze stringów. Ograniczniki te (7 szt. ), każdy w oddzielnej rozdzielnicy (RPV-DC 1 do 7) należy zlokalizować na konstrukcji wsporczej w miejscu przyłączenia każdego z łańcuchów.

Dodatkowo projektuje się dwa automatyczne wyłączniki przeciwpożarowe z napędem silnikowym oraz funkcją automatycznego restartu, które należy zainstalować wg schematu na konstrukcjach wsporczych stołów nr 6 oraz 2. Wyłączniki przeciwpożarowe DC to urządzenia służące do załączania i rozłączania napięcia stałego pochodzącego z paneli fotowoltaicznych. Są sterowane automatycznie poprzez sieć prądu zmiennego. Zadaniem tych urządzeń jest rozłączenie obwodów prądu stałego w momencie przerwy w zasilaniu po stronie prądu zmiennego i automatyczne załączenie po przywróceniu zasilania AC. Taka sytuacja następuje w przypadku awarii sieci energetycznej, lub umyślnego wyłączenia zasilania, gdy istnieje zagrożenie pożarowe. Wyłącznik PPOŻ nie wymaga resetowania i jest całkowicie bezobsługowy. Każdy z zastosowanych wyłączników przeciwpożarowych powinien mieć obciążalność prądową DC min. 25A, wytrzymałość napięciową min. 1000V oraz obsługiwać po 2 łańcuchy DC. Wyłączniki należy zasilć przeodem  $5 \times 0,75\text{mm}^2$  wyprowadzonym z rozdzielnicy PV-AC.

#### **d) Ochrona przeciwpożarowa**

Ochrona przeciwpożarowa zostanie zapewniona przez natychmiastowe wyłączenie zasilania, realizowane przez wyłącznik mocy zlokalizowany w rozdzielnicy PV-AC.

Wyłącznik należy wyposażyć w wyzwalacz wzrostowy, wyzwalany przyciskiem ppoż, który należy wyprowadzić w pobliże wejścia do budynku magazynowego, w którym zainstalowany będzie falownik. Przycisk należy zasilć przewodem klasy HDGs z zastosowaniem automatycznego przekaźnika faz oraz oznakować. Wyłączenie zasilania AC, zarówno celowe wskutek użycia przycisku lub bezpośrednio wyłącznika mocy, jak i w przypadku zaniku napięcia w sieci, spowoduje automatyczne zadziałanie wyłączników przeciwpożarowych zainstalowanych na konstrukcjach wsporczych modułów fotowoltaicznych, które odetną niebezpieczne napięcie DC na przewodach PV.

## 1.9. Przewody fotowoltaiczne DC

Przewody fotowoltaiczne, to przewody przeznaczone do pracy z prądem stałym DC. Ich zadaniem jest odprowadzenie energii elektrycznej wytworzonej w modułach fotowoltaicznych do falownika. Przewody te będą prowadzone pod modułami łącząc je ze sobą, a następnie z grupy modułów poprzez ogranicznik przepięć dla każdego ze stołów oraz wyłącznik przeciwpożarowy DC (łącząc się równolegle po dwa łańcuchy) będą wprowadzone na wejścia inwetera. Połączenie pomiędzy poszczególnymi modułami na jednej konstrukcji wsporczej zostanie wykonane za pomocą przewodu DC dołączonego do skrzynki przyłączeniowej modułu fotowoltaicznego. Połączenie pomiędzy skrajnymi końcami łańcuchów modułów, a falownikiem zostanie wykonane za pomocą dedykowanego kabla solarne PV 1x6mm<sup>2</sup> oraz 1x10mm<sup>2</sup> (wg schematu).

Przewody solarne charakteryzują się następującymi parametrami:

- napięcie znamionowe: min 1200V DC;
- podwójna izolacja z gumy usieciowanej, bezhalogenowy, płomienioodporny;
- żyły: wg PN/EN-60228, miedziane wielodrutowe klasy 5;
- izolacja: guma usieciowana -40/+90°C;
- powłoka: guma usieciowana M21 odporna na UV i warunki atmosferyczne,
- temperatura na powierzchni przewodu: max. 90°C po ułożeniu na stałe, praca dopuszczalna w temp. -40°C do +90°C

Zakłada się, że strata na przewodach DC w systemie fotowoltaicznym powinna być mniejsza niż 1%.

### **Dobór przekroju przewodów DC**

Dopuszczalna założona strata mocy na przewodach DC wynosi 1%.

Obliczenie stat mocy i spadków napięcia na przewodach DC jest warunkiem efektywnej pracy, a nie warunkiem bezpieczeństwa. Z tego powodu przy obliczeniach przyjęte wartości mocy oraz napięcia odnoszą się do warunków NOCT, nie STC.

Najdłuższa długość przewodu DC w projektowanej instalacji składa się z dwóch odcinków:

$$L_1 = 46\text{m} \cdot 2 = 92\text{m}$$

(od falownika do wyłącznika ppoż nr 1) – przewód PV 1x10mm<sup>2</sup>

$$L_2 = 16\text{m} \cdot 2 + 60\text{m} = 92\text{m}$$

(od wył. ppoż nr 1 do modułów i pod modułami stołu nr 3) – PV 1x6mm<sup>2</sup>

$$\text{strata mocy w \%} = (P \cdot L) / (U^2 \cdot k \cdot A) \cdot 100\%$$

gdzie:

P – moc obwodu w warunkach NOCT [W]

$$P_1 = 11\,200\text{ W}, P_2 = 5\,600\text{ W}$$

L – sumaryczna długość przewodu + i – [m]

$$L_1 = 92\text{ m}, L_2 = 92\text{ m}$$

U – napięcie obwodu w warunkach NOCT [V]

$$U = 20 \cdot 32,2 = 644\text{ V}$$

k – przewodność właściwa dla miedzi

$$k = 54$$

A – przekrój poprzeczny przewodu [mm<sup>2</sup>]

$$A_1 = 10\text{mm}^2, A_2 = 6\text{mm}^2$$

**strata mocy na odcinku L1 = 0,46 %**

**strata mocy na odcinku L2 = 0,38 %**

**Łącznie na najdłuższym obwodzie DC strata mocy wynosi 0,84% < 1%**

Dobre przewody fotowoltaiczne DC o przekrojach 10mm<sup>2</sup> (do wyłączników Ppoż) i 6mm<sup>2</sup> (od wyłączników do modułów i pod nimi) spełniają założenia.

Zaleca się stosować przewody o kolorystyce czerwonej i czarnej odpowiednio dla przewodów bieguna dodatniego (+) oraz ujemnego (-).

Należy unikać tworzenia się pętli przewodów, w których mogłoby indukować się napięcie. Przewód dodatni prowadzić blisko ujemnego nawet kosztem większego zużycia przewodów. Układanie przewodów prowadzić starannie, aby uniknąć ocierania kabli o ostre krawędzie i nie załamywać ponad dopuszczone promienie zgięcia. Przewody należy zabezpieczyć przed drganiami, przesunięciami i tarciem o elementy konstrukcyjne. Przewody fotowoltaiczne można prowadzić pod modułami bez dodatkowych osłon natomiast przy wykonaniu przejść między rzędami modułów, należy je dodatkowo zabezpieczyć przed promieniowaniem UV,

np. przez poprowadzenie ich w rurkach ochronnych odpornych na warunki atmosferyczne.

Przewody DC w ziemi należy prowadzić w rurach ochronnych (peszlach).

Należy używać dedykowanych, oryginalnych konektorów fotowoltaicznych MC4.

W miejscach równoległych połączeń łańcuchów (na wyjściach wyłączników ppoż) zastosować konektory rozgałęźne – dwójniki MC4 2/1.



Zweryfikować dane producenta modułów i na końcach przewodów zastosować złącza tego samego typu oraz producenta. Złącza przymocować do konstrukcji montażowej lub modułów. Przy połączeniu z falownikiem zastosować złącza dostarczone przez producenta falownika.

## 1.10. Przewody AC

Przewód prądu zmiennego AC odpowiada za odprowadzenie energii elektrycznej z falownika do instalacji elektrycznej obiektu i do sieci elektroenergetycznej.

Zakłada się, że strata na przewodach AC w systemie fotowoltaicznym powinna być mniejsza niż 1% dla mocy w warunkach NOCT. Dla długich tras kablowych stratę można zwiększyć do 3%.

Na potrzeby projektu, ze względu na trasę kablową o długości 191m, dopuszczono stratę napięcia na poziomie 1,5%.

### Dobór przekroju przewodów AC:

Minimalny przekrój przewodu AC, dla instalacji elektrycznej trójfazowej, obliczono według wzoru:

$$A_{AC} = \frac{P_{AC} \cdot L_{AC}}{U_{mf}^2 \cdot k \cdot 1\%} \cdot 100\%$$

$A_{AC}$  – przekrój przewodu AC, [%]

$P_{AC}$  – moc inwertera po stronie AC [kW]

$L_{AC}$  – długość kabla AC [m]

$U_{mf}^2$  – napięcie międzyfazowe,  $U_{mf}^2 = 400$  [V]

$k$  – przewodność właściwa ( $54 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$  dla miedzi)

$P_{AC} = 132 \text{ szt.} \cdot 280 \text{ W} = 36\,960 \text{ W}$  (moc generatora w warunkach NOCT)

$L_{AC} = 191 \text{ m}$  (od inwertera do miejsca przyłączenia)

$k = 32$  (dla aluminium – kabel typu YAKXs)

$$(36\,960 \cdot 191) / (400^2 \cdot 32 \cdot 0,015) = 91,93 \text{ mm}^2 < 120 \text{ mm}^2$$

---

Obciążalność prądowa kabla YAKXs 4x120mm<sup>2</sup> wynosi  $I_Z = 186 \text{ A}$ .

Obliczeniowy maksymalny prąd roboczy dla mocy 50 kW wynosi

$$I_B = 50 / (1,73 \cdot 0,4 \cdot 0,95) = 76 \text{ A}$$

Prąd znamionowy urządzenia zabezpieczającego  $I_N = 100 \text{ A}$ .

Sprawdzenie doboru kabla:

$$I_B = 76 \text{ A} < I_N = 100 \text{ A} < I_Z = 186 \text{ A} - \text{warunek spełniony}$$

$$I_2 = 1,6 \cdot I_N = 160 \text{ A} \quad 160 \text{ A} < (1,45 \cdot 186 \text{ A}) = 269,7 \text{ A} - \text{warunek spełniony}$$

W wyniku obliczeń w projektowanym systemie fotowoltaicznym przewidziano zastosowanie po stronie AC pomiędzy miejscem przyłączenia a rozdzielnicą PV-AC aluminiowego kabla typu YAKXs 4x120mm<sup>2</sup>.

Dla połączeń między inwerterem a zabezpieczeniami w rozdzielnicy PV-AC należy użyć przewodu miedzianego YDYżo 5x25mm<sup>2</sup>.

Kable wewnątrz budynku, między rozdzielnicami a falownikiem oraz od rozdzielnic PV-AC, PV-DC do miejsc wprowadzenia kabli pod ziemię prowadzić zgodnie z obowiązującymi przepisami w kanałach kablowych lub rurach osłonowych.

Na zewnątrz kabel YAKXs 4x120mm<sup>2</sup> należy układać w wykopie na głębokości 70-80cm na podsypce piaskowej o grubości co najmniej 10cm. Kabel można zginać tylko w przypadkach koniecznych, promień zgięcia powinien być możliwie duży jednak nie mniejszy niż 10 - krotna zewnętrzna średnica kabla. Przy wprowadzaniu do projektowanego złącza ZK3 oraz złącza kablowo-pomiarowego należy pozostawić zapasy kabla minimum 2,5 m. Wzdłuż całej trasy kabla (co około 7m) i w złączu należy zabudować oznaczniki kablowe z taśmy AL lub PCV z danymi kabla, trasy, datą ułożenia, nazwą wykonawcy.

Po ułożeniu kabel przysypać warstwą piasku o grubości 10cm, a następnie warstwą gruntu rodzimego o grubości 15cm, a następnie przykryć na całej długości folią koloru niebieskiego z tworzywa sztucznego o grubości co najmniej 0,3 mm. Resztę wykopu należy uzupełnić gruntem rodzimym i utwardzić.

Kabel ziemny strony AC należy prowadzić wg rysunku projektu zagospodarowania terenu:

- w rurze ochronnej typu AROT DVK Ø110mm na odcinku ok. 20 metrów pod kostką betonową po jej uprzedniej rozbiórce (po ułożeniu kabla kostkę należy odtworzyć).
- w rurze ochronnej typu AROT DVK Ø110mm na odcinku ok. 37 metrów wzdłuż wiaty parkingowej pod drogą ziemną
- przeciskiem mechanicznym w rurze typu AROT SRS Ø110mm pod kostką betonową bez naruszania nawierzchni, na odcinku ok 6 metrów
- metodą wykopu ręcznego za drugą wiatą parkingową oraz do złącza kablowego przy głównym budynku Nadleśnictwa, ze względu na istniejącą roślinność ozdobną oraz ułożoną agrowłókninę.

Należy przeprowadzić inwentaryzację kabla przez uprawnionego geodetę.



### 1.11. Złącze kablowe ZK3

Zgodnie z ustaleniami z Inwestorem w trasie kabla strony AC – YAKXs 4x120mm<sup>2</sup> – należy wstawić złącze kablowe rozdzielcze typu ZK3. Złącze umożliwi w przyszłości wyprowadzenie zasilania dla planowanych stacji ładowania pojazdów elektrycznych bez potrzeby odkopywania i rozcinania kabla. Złącze należy zlokalizować według planu zagospodarowania terenu za ogrodzeniem w pobliżu jednej z wiat parkingowych.

Projektuje się złącze kablowe ZK3 wykonane z tworzywa termoutwardzalnego odpornego na działanie promieniowania UV, o stopniu ochrony IP44. Złącze posadzić na fundamencie prefabrykowanym. Odległość dolnej krawędzi złącza od powierzchni ziemi powinna być nie mniejsza niż 0,5 m.



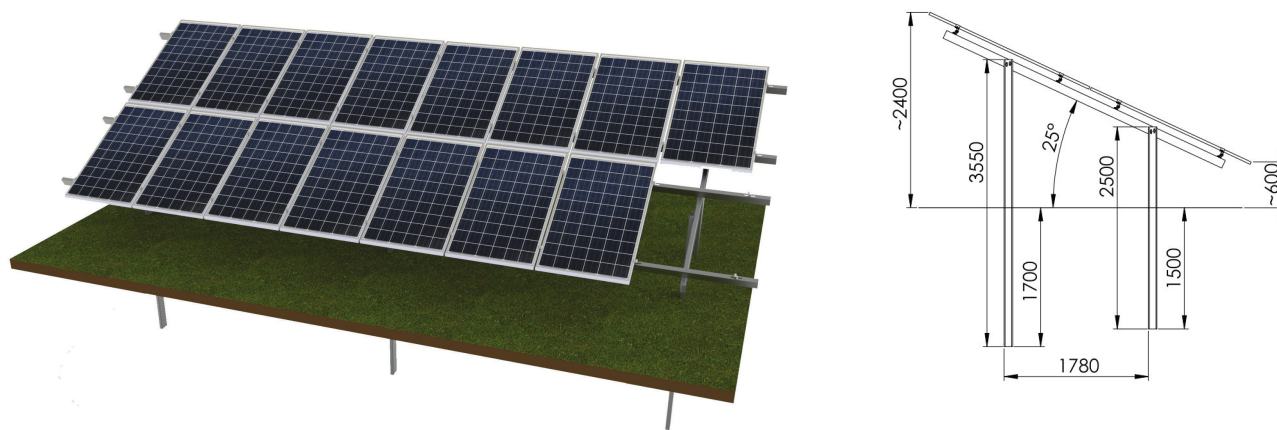
Złącze kablowo-rozdzielcze typu ZK3 winno być wyposażone w 3 szt. rozłączników listwowych typu NH-1 wraz ze zwieraczami instalacyjnymi ZI 1 250A oraz szynę montażową TH35 o szerokości conajmniej 8 pól przewidzianej do montażu aparatury modułowej zabezpieczeń instalacji ładowarki samochodowej.

### 1.12. Konstrukcja wsporcza – dwupodporowa gruntowa

Dla projektowanej instalacji fotowoltaicznej proponuje się zastosowanie konstrukcji wsporczej dwupodporowej wbijanej w grunt. Nośność gruntu na którym mają być zlokalizowane konstrukcje wsporcze (pole uprawne) oceniono na średnią/słabą. Ze względu na stabilność nie zaleca się zastosowania konstrukcji jednopodporowej.

Po analizie dostępnego terenu, ustaleniach z Inwestorem i optymalizacji planowanych uzysków energii elektrycznej, zaprojektowano posadowienie konstrukcji montażowej pod kątem  $28^\circ$  o orientacji idealnie południowej (azymut  $180^\circ$ ) na 7 stołach. Instalację podzielono na 7 łańcuchów (3x po 20szt. oraz 4x po 18szt. modułów). W oparciu o udostępnioną mapę wybrano nasłonecznione miejsce w niewielkiej odległości od budynku magazynowego z wiatą, ograniczone poprzez elektroenergetyczną linię napowietrzną.

Przykład dwupodporowej konstrukcji gruntowej pod moduły PV prezentuje poniższy rysunek:



Moduły fotowoltaiczne będą montowane na konstrukcji wsporczej w dwóch rzędach w układzie pionowym (wertykalnie). Zalecana głębokość osadzania podpór wbijanych w grunt wynosi 1,5m i nie powinna być mniejsza niż 1,3m. Kąt pochylenia modułów należy wyregulować odpowiednio wbijając główne podpory. W razie potrzeby wzmocnienia stabilności konstrukcji należy zainstalować dodatkowe stężenia łącząc ukośnie podpory główne.

Konstrukcja wsporcza powinna być wykonana z wysokiej jakości stali zabezpieczona przed korozją (np. specjalną powłoką antykorozyjną Magnelis), musi także posiadać certyfikat deklaracji właściwości użytkowych i dopuszczenie do stosowania w budownictwie wg obowiązujących przepisów.

Odstępy między konstrukcjami wsporczymi, aby uniknąć wzajemnego zacielenia, powinny wynieść min. 9 metrów. Obliczeń dokonano dla kąta padania słońca w dniu 15 grudnia równego  $15^\circ$ .

### **1.13. Ogrodzenie terenu instalacji**

Ze względu kwestie bezpieczeństwa, potencjalnych kradzieży oraz na występowanie dzikiej zwierzyny na terenie planowanej instalacji fotowoltaicznej projektuje się wykonanie ogrodzenia uniemożliwiającego dostęp do konstrukcji wsporczych, modułów i przewodów.

Należy wykonać ogrodzenie z siatki o wysokości 1,5m w odległości minimum 4 metrów od modułów i konstrukcji wsporczej (poza odległością od strony północnej, która nie wpływa na zacienienie). Teren o kształcie prostokąta oznaczony na projekcie zagospodarowania terenu ma wymiary: 29 x 46m. Obwód tak ograniczonego terenu wynosi 150 mb.

### **1.14. Komunikacja i monitoring systemu**

Projekt zakłada podłączenie falownika do sieci komputerowej budynku poprzez interfejs Ethernet (przewodowo). Kabel ziemny żelowany, ekranowany F/UTP poprowadzony od szafy serwerowej w budynku kancelarii do pomieszczenia magazynowanego z inwerterem częściowo w jednym wykopie z kablem YAKXs 4x120mm<sup>2</sup>. Przy inwerterze kabel należy zakończyć gniazdem teleinformatycznym RJ45. Podłączenie w szafie serwerowej oraz konfigurację sieciową uzgodnić z zarządcą budynku. Wszystkie elementy instalacji teleinformatycznej (przewody, gniazdo, wtyki) mają spełniać wymogi kategorii 6.

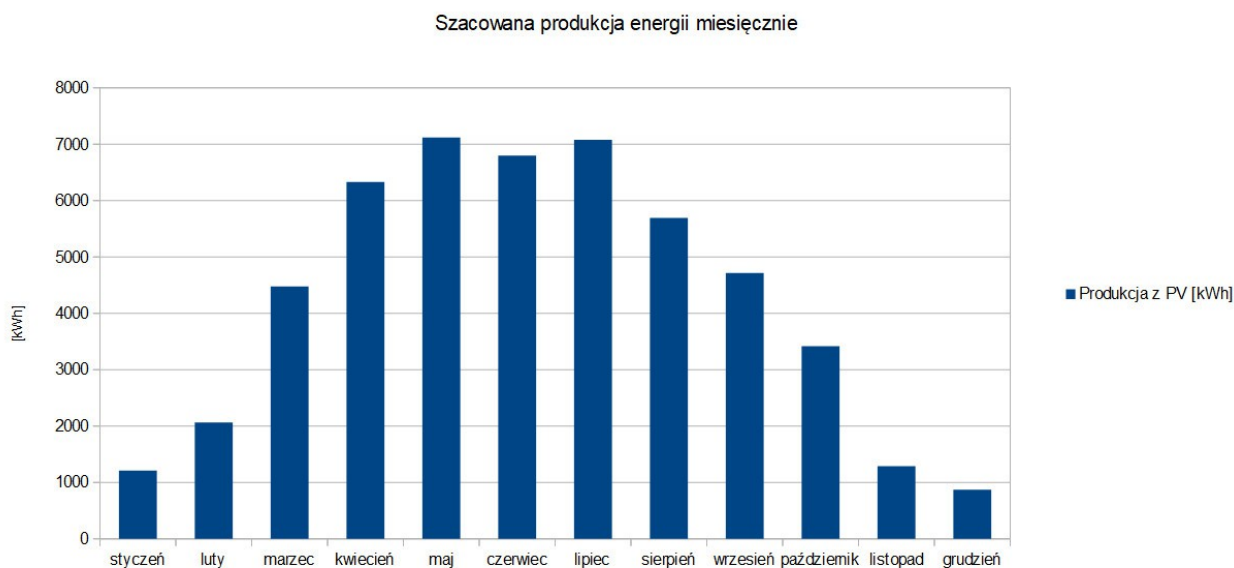
Inwestorowi należy zapewnić monitoring instalacji fotowoltaicznej poprzez dedykowane rozwiązanie producenta falownika.

## 2. Uzysk energii elektrycznej z instalacji fotowoltaicznej

Planowany uzysk energii elektrycznej wyprodukowanej w projektowanej instalacji w kolejnych miesiącach kalendarzowych przedstawia poniższa tabela:

Miesiąc	Produkcja z PV [kWh]
Styczeń	1 211
Luty	2 061
Marzec	4 477
Kwiecień	6 332
Maj	7 117
Czerwiec	6 797
Lipiec	7 080
Sierpień	5 693
Wrzesień	4 715
Październik	3 418
Listopad	1 288
Grudzień	871
<b>SUMA:</b>	<b>51 060</b>

**Uwaga!** Przedstawione uzyski energii są wartościami szacunkowymi. Osiągnięcie w rzeczywistości uzysków energii równych podanym wartościom nie jest gwarantowane! Łączna, prognozowana ilość wyprodukowanej energii w ciągu roku wynosi: 51 060 kWh



### 3. Efekt ekologiczny

---

Dla budowy nowej instalacji fotowoltaicznej, ocena efektu ekologicznego jest dokonywana jako obliczenie wielkości emisji unikniętej w wyniku jej użytkowania, wyznaczonej oddzielnie dla gazów cieplarnianych (CO<sub>2</sub>) oraz pozostałych zanieczyszczeń.

Emisję unikniętą oblicza się w odniesieniu do jednego roku, na podstawie rocznych ilości wyeliminowanej energii nieodnawialnej oraz przyjętych odpowiednio wskaźników emisyjnych.

Do obliczeń przyjęto wskaźniki emisyjności energii elektrycznej u odbiorców końcowych, czyli po uwzględnieniu całej wyprodukowanej energii elektrycznej w kraju oraz strat na przesyłach i dystrybucji energii elektrycznej opublikowane przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE) w raporcie:

*„Wskaźniki emisyjności CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO i pyłu całkowitego dla energii elektrycznej na podstawie informacji zawartych w krajowej bazie o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji za 2019 rok, IOŚ-PIB, grudzień 2020”*

Wskaźniki emisyjności dla odbiorców końcowych	[kg/Mwh]
Dwutlenek węgla (CO <sub>2</sub> )	719
Tlenki siarki (SO <sub>x</sub> /SO <sub>2</sub> )	0,511
Tlenki azotu (NO <sub>x</sub> /NO <sub>2</sub> )	0,576
Tlenek węgla (CO)	0,233
Pył całkowity	0,029

#### **Obliczenia:**

Prognozowana ilość wyprodukowanej przez instalację fotowoltaiczną energii elektrycznej w ciągu jednego roku wynosi: 51 060 kWh

stąd emisja uniknięta / redukcja emisji zanieczyszczeń do atmosfery wg wskaźników emisyjności KOBiZE:

Prognozowana produkcja energii przez system PV rocznie [kWh]			<b>E = 51060</b>
REDUKCJA EMISJI			
Rodzaj zanieczyszczenia	Wskaźnik emisyjności $w_e$	Jednostka	Redukcja emisji [kg/rok] $e = E * w_e$
<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>0,719</b>	<b>kg/kWh</b>	<b>36712,14</b>
SO <sub>x</sub> /SO <sub>2</sub>	0,000511	kg/kWh	26,09
NO <sub>x</sub> /NO <sub>2</sub>	0,000576	kg/kWh	29,41
CO	0,000233	kg/kWh	11,9
Pył całkowity	0,000029	kg/kWh	1,48

## 4. Ochrona przeciwpożarowa

Instalacja fotowoltaiczna, podobnie jak inne urządzenia elektryczne, może ulec zapaleniu. Najczęstszymi przyczynami pożaru tych systemów są wyładowania atmosferyczne, zwarcia wewnętrzne, niewłaściwie dobrane zabezpieczenia i oprowadowanie lub ich brak, bądź słabe jakościowo komponenty instalacji. Należy zadbać o prawidłowe, zgodne ze sztuką wykonanie elementów elektrycznych instalacji.

Podstawowym krokiem przy gaszeniu pożaru przez strażaków jest odłączenie głównego zasilania w budynku lub użycie wyłącznika przeciwpożarowego. Pozwala to na rozpoczęcie akcji gaśniczej bez ryzyka porażenia strażaków czy ofiar pożaru od strony sieci elektroenergetycznej. Istotne jest także odłączenie wszystkich alternatywnych źródeł zasilania – oprócz modułów fotowoltaicznych mogą to być także przykładowo agregaty prądotwórcze. Należy jednak pamiętać, że wyłączenie zasilania głównego strony AC, nie eliminuje ryzyka porażenia prądem przez stronę DC. Moduły fotowoltaiczne, na które pada promieniowanie słoneczne, w dalszym ciągu mogą generować niebezpieczne wartości napięcia na zaciskach łańcuchów, pomimo że falownik jest wyłączony. Z tego względu instalacja elektryczna w budynku powinna być ciągle traktowana, jak gdyby była pod napięciem i strażacy powinni zachować odpowiednie procedury gaszenia urządzeń elektrycznych, tj. korzystać z odpowiednich środków gaśniczych służących do gaszenia urządzeń elektrycznych pod napięciem, mieć na uwadze ryzyko porażenia prądem gaszącego od konstrukcji czy przewodzącego pokrycia dachu itd. Moduły fotowoltaiczne nie są łatwo palne i nie wpływają na rozprzestrzenianie się ognia – ich gaszenie powinno odbywać się jedynie w momencie pożaru dachu.

Bezwzględnie należy unikać ryzyka porażenia prądem, między innymi przez unikanie



kontakty z częściami przewodzącymi instalacji elektrycznej i modułów, konstrukcji fotowoltaicznej, mogącymi znajdować się pod napięciem.

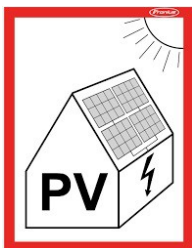
W projektowanej instalacji przewidziano system utworzony z:

- wyłącznika mocy z wyzwalaczem wzrostowym inicjowanym przyciskiem ppoż – po stronie AC;
- automatycznych wyłączników przeciwpożarowych odcinających napięcie DC generowane przez moduły PV już przy konstrukcjach wsporczych – w każdej sytuacji zaniku napięcia po stronie AC;

Falownik posiada zabezpieczenie przed pracą wyspowa, zabezpieczenie przed odwróconą biegunowością oraz wyposażony jest w wewnętrzny wyłącznik różnicowo-prądowy (RCD), który chroni przed porażeniem prądem elektrycznym oraz zagrożeniem pożarowym w przypadku awarii modułu PV, przewodów lub falownika. Falownik wykrywa uszkodzenia izolacji i usterki uziemienia.

W złączu pomiarowym, w widocznym miejscu przy wejściu do budynku oraz na rozdzielniczy głównej należy umieścić:

- informację o tym, że obiekt jest wyposażony w instalację PV,



- schemat połączeń instalacji oraz rozmieszczenie poszczególnych elementów i kabli
- dane kontaktowe wykonawcy instalacji.

W pobliżu inwertera umieścić informację, że po wyłączeniu inwertera po stronie AC, przewody prądu stałego DC nadal mogą znajdować się pod napięciem.

Przygotować instrukcję postępowania w razie pożaru.

Po wykonaniu zgłosić instalację do odpowiedniej terenowo jednostki Państwowej Straży Pożarnej.

## 5. Ochrona przeciwporażeniowa

---

Podstawą ochrony przeciwporażeniowej jest izolowanie części znajdujących się pod napięciem oraz ochrona w przypadku uszkodzenia izolacji. W instalacjach elektrycznych prądu zmiennego należy stosować układy z odrębnym przewodem ochronnym PE i neutralnym N (układ TN-S). Przepisy wymagają także stosowania uziemionych połączeń wyrównawczych pomiędzy elementami przewodzącymi.

Zaprojektowany falownik wyposażony jest w wewnętrzny wyłącznik różnicowo-prądowy (RCD), który chroni przed porażeniem prądem elektrycznym. Falownik wykrywa i sygnalizuje uszkodzenia izolacji i usterki uziemienia.

## 6. Planowany przebieg prac montażowych

---

- Montaż konstrukcji wsporczej,
- Wykonanie wykopów i ułożenie kabli prądu zmiennego i stałego,
- Poprowadzenie przewodów prądu stałego na konstrukcjach wsporczych,
- Montaż paneli fotowoltaicznych,
- Montaż falownika i zabezpieczeń strony DC i AC,
- Wykonanie instalacji teleinformatycznej,
- Uziemienie systemu fotowoltaicznego,
- Połączenie modułów z falownikiem,
- Wykonanie pomiarów instalacji,
- Sprawdzenie pracy układu,

## 7. Zestawienie elementów systemu fotowoltaicznego

---

Zestawienie najistotniejszych elementów projektowanej instalacji fotowoltaicznej

Lp.	Element	Liczba	Jednostka
1	Moduł fotowoltaiczny 375Wp	132	szt
2	Inwerter fotowoltaiczny 50kW	1	szt.
3	Konstrukcja wsporcza dwupodporowa dla max 20 modułów	7	kmpl.
4	Rozdzielnica PV-AC (wg schematu)	1	kmpl.
5	Rozdzielnica PV-DC (wg schematu)	1	kmpl.
6	Rozdzielnice łańcuchowe RPV-DC	7	kmpl.
7	Automatyczny wyłącznik przeciwpożarowy DC	2	szt.
8	Przycisk wyłącznika ppoż	1	szt.
9	Kabel YAKXs 4x120mm <sup>2</sup>	191	mb
10	Złącze kablowo rozdzielcze ZK3	1	szt.
11	Kabel F/UTP kat. 6	86	mb
12	Gniazdo UTP kat. 6	1	szt.
13	Przewód fotowoltaiczny PV 1x10mm <sup>2</sup>	280	mb
14	Przewód fotowoltaiczny PV 1x6mm <sup>2</sup>	338	mb
15	Ogrodzenie z siatki	150	mb

## **8. Część rysunkowa**

---

### **8.1. Projekt zagospodarowania terenu**

## **8.2. Schemat ideowy instalacji fotowoltaicznej**