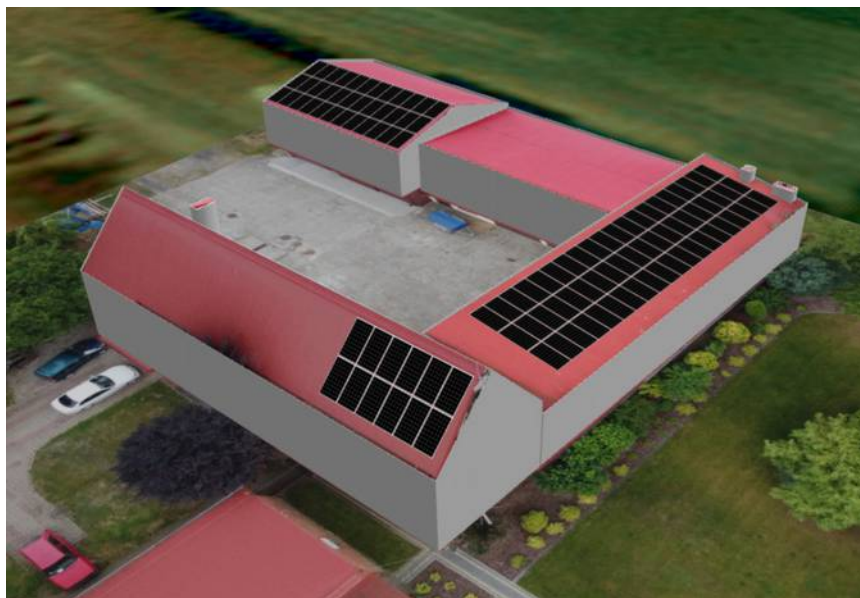


ELEKTROINSTAL spółka cywilna - Dawicki Jan, Lis Paweł  
Czestków B nr 11, 98-113 Buczek  
tel.: +48 608-310-710  
elektroinstal@czuba.pl    www.czuba.pl



Rodzaj opracowania	Projekt techniczny instalacji fotowoltaicznej	
Branża	Elektryczna	
Nazwa obiektu	Instalacja fotowoltaiczna dla siedziby Nadleśnictwa Runowo	
Adres inwestycji	działka nr 96/4-LP, obr. Runowo Krajeńskie 0012 Runowo Krajeńskie 55, 89-421 Runowo Krajeńskie	
Inwestor	Skarb Państwa – Nadleśnictwo Runowo Runowo Krajeńskie 55, 89-421 Runowo Krajeńskie	
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.....	4
1.4. Opis projektowanych rozwiązań.....	7
1.5. Moduły fotowoltaiczne.....	8
1.6. Inwertery fotowoltaiczne.....	9
1.7. Optymalizatory mocy.....	11
1.8. Konfiguracja systemu fotowoltaicznego.....	11
1.9. Zabezpieczenia instalacji fotowoltaicznej.....	14
1.10. Instalacja odgromowa, ograniczniki przepięć, uziemienie i połączenia wyrównawcze.....	15
1.11. Inne zabezpieczenia.....	16
1.12. Przewody fotowoltaiczne DC.....	17
1.13. Przewody AC.....	19
1.14. Konstrukcja montażowa.....	21
1.15. Komunikacja i monitoring systemu.....	22
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.....	30
8. Raport z programu SolarEdge Designer.....	31
9. Część rysunkowa.....	35
9.1. String plan – plan połączeń łańcuchów.....	35
9.2. Rzut piwnicy budynku biurowego.....	36
9.3. Projekt zagospodarowania terenu - mapa.....	37
9.4. Schemat ideowy instalacji fotowoltaicznej.....	38
10. Uprawnienia budowlane.....	39

# 1. Opis techniczny

---

## 1.1. Przedmiot opracowania

Przedmiotem niniejszego opracowania jest projekt wykonawczy instalacji fotowoltaicznej (PV) o mocy 39,96kWp dla siedziby Nadleśnictwa Runowo w Runowie Krajeńskim.

## 1.2. Podstawa opracowania

Podstawę opracowania stanowią:

- zlecenie Inwestora,
- oględziny i dokumentacja zdjęciowa,
- ustalenia z Inwestorem i Użytkownikiem,
- 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 Runowo zlokalizowana jest w Runowie Krajeńskim 55 na działce o numerze ewidencyjnym 96/4-LP w obrębie Runowo Krajeńskie 0012, w gminie Więcbork w powiecie sępoleńskim, w województwie Kujawsko-Pomorskim.



Na terenie siedziby Nadleśnictwa znajduje się budynek biurowy, parkingi, maszt telekomunikacyjny (wschodnia część działki) oraz budynki gospodarcze i garażowe (zachodnia część działki).

#### **Zasilanie i pomiar energii**

Zasilanie budynku odbywa się poprzez złącze kablowo-pomiarowe zainstalowane na wschodniej elewacji budynku biurowego. Rozdzielnica główna zabudowana jest na parterze budynku biurowego. Obiekt jest obecnie w trakcie wykonywania układu zasilania rezerwowego poprzez agregat prądotwórczy. W ramach tej inwestycji zaprojektowano wykonanie nowej rozdzielnicy z układem autmatyki SZR (systemu zasilania rezerwowego) zlokalizowanej w piwnicy budynku. W obiekcie zainstalowany jest układ głównego wyłącznika prądu i wyzwalacza - przycisku przeciwpożarowego wyłącznika prądu zlokalizowanego przy głównym wejściu do budynku.



Przed koncowym uruchomieniem instalacji nalezy zweryfikowac prawidlowosc dzialania przycisku przeciwpowozarowego wylacznika pradu, co winno byc potwierdzone protokolem zadzialania.

Aktualna moc umowna dla budynku nie jest wystarczajaca – nalezy wzieszy przydzial mocy do 40kW (po stronie Inwestora).

Zasilanie i pomiar energii pozostaje bez zmian.

### **Dach – konstrukcja, pokrycie, ksztalt**

Budynki gospodarcze, na ktorych projektuje sie instalacje fotowoltaiiczna posiadaja polacie skierowane na poludnie oraz wschod:

- budynek tzw. "Obarowka" – dach dwuspadowy polnoc-poludnie (azymut 176°, kat nachylenia ok. 15°)
- budynek gospodarczo-garazowy – polac wschodnia (azymut 86°, kat nach. ok. 10°)
- budynek gospodarczy - dach dwuspadowy polnoc-poludnie (azymut 176°, kat nachylenia ok. 45°)

Konstrukcja dachow na wszystkich wykorzystywanych dla instalacji budynkow jest drewniana (krokwie, pelne deskowanie). Pokrycie dachowe wykonano z blachy trapezowej.





### **Instalacja odgromowa**

Budynki aktualnie nie posiadają instalacji odgromowej.

## 1.4. Opis projektowanych rozwiązań

Instalację fotowoltaiczną zaprojektowano przy założeniu wykorzystania wytworzonej energii na bieżące potrzeby obiektu oraz magazynowania nadmiaru wytworzonej energii w sieci energetycznej zgodnie z obowiązującymi przepisami (odbiór 70% zmagazynowanych nadwyżek energii w okresie do 365 dni).

W wyniku analizy możliwości technicznych oraz na podstawie informacji i materiałów dostarczonych przez Inwestora zaprojektowano instalację składającą się ze 108 monokrystalicznych modułów fotowoltaicznych (PV) o mocy 370Wp każdy. Łączna moc znamionowa instalacji będzie wynosić 39,96 kWp.

Moduły fotowoltaiczne zamontowane zostaną na trzech połaciach dachów, trzech budynków gospodarczych, na dedykowanej konstrukcji montażowej. Ze względu na różne azymuty oraz kąty nachylenia połaci, a także możliwe czasowe zacienienia (maszt antenowy, drzewa) oraz bezpieczeństwo pożarowe projektuje się instalację z wykorzystaniem optymalizatorów mocy. Połączone ze sobą moduły wraz z optymalizatorami mocy przyłączone zostaną do dwóch falowników za pomocą przewodów dedykowanych do instalacji fotowoltaicznych i prądu stałego DC, w podwójnej izolacji, odpornych na promieniowanie UV oraz zmienne warunki atmosferyczne. Inwertery wpięte zostaną równolegle do istniejącej instalacji elektrycznej obiektu (w projektowanej wg oddzielnego opracowania rozdzielniczy SZR ośrodka w piwnicy budynku biurowego) za pomocą przewodu przeznaczonego do pracy z prądem przemiennym AC. Zarówno strona prądowa DC jak i AC zabezpieczone zostaną odpowiednią aparaturą (ogranicznikami przepięć oraz wyłącznikiem nadprądowym).

Projektowana instalacja fotowoltaiczna składa się z następujących elementów:

- 108 szt. modułów fotowoltaicznych monokrystalicznych o mocy nominalnej 370Wp każdy;
- 2 szt. trójfazowych inwerterów (falowników) fotowoltaicznych, beztransformatorowych o mocy nominalnej 25kW oraz 10kW;
- konstrukcji montażowej dedykowanej na dach skośny pokryty blachodachówką, opartej na śrubach dwugwintowych mocowanych poprzez blachę do krokwi oraz na aluminiowych szynach montażowych.
- zabezpieczeń elektrycznych strony prądu stałego DC (ograniczniki przepięć);

- zabezpieczeń elektrycznych strony prądu zmiennego AC (ograniczniki przepięć, wyłączniki nadmiarowoprądowe);
- instalacji przeciwpożarowego wyłącznika prądu (wyłącznika mocy z napędem silnikowym);
- okablowania i systemu połączeń strony DC i AC;
- uziemienia i instalacji ekwipotencjalnej;

## 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 370Wp. Łączna moc zainstalowana będzie wynosić: 39,96kWp. Dopuszcza się zastosowanie zamiennie modułów o większej mocy i mniejszej ich liczbie pod warunkiem spełnienia wymagania łącznej mocy generatora PV w zakresie od 39,5 do 40,0kWp.

### PARAMETRY PROPONOWANEGO MODUŁU W WARUNKACH STC

Parametr	Symbol	Wartosc
Moc maksymalna	Ppv	370 Wp
Napięcie obwodu otwartego	Voc	40,81 V
Prąd zwarciov	Isc	11,54 A
Napięcie w punkcie mocy maksymalnej	Vmpp	34,42 V
Natężenie prądu w punkcie mocy maksymalnej	Impp	10,75 A
Sprawność	Im	20,00%
Współczynnik temp. mocy	Pmax	-0,347%/°C
Współczynnik temp. napięcia obwodu otwartego	Voc	-0,263%/°C
Współczynnik temp. prądu zwarciov	Isc	0,057%/°C
Maksymalne napięcie systemu	Vmax. pv	1000 V
Dopuszczalny maksymalny prąd wsteczny	Irev. max. pv	20 A
Maksymalne obciążenie mechaniczne (śnieg)	MLs	5400 Pa
Maksymalne obciążenie mechaniczne (wiatr)	MLw	2400 Pa
Zakres temp. pracy modułu	Tmin. pv - Tmax. pv	od -40 do +85°C
Wymiary	W x SZ x G	1765mm x 1048mm x 35mm
Współczynnik wypełnienia	FF	0,79%
Waga		21,0kg



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. Inwertery fotowoltaiczne**

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 falowniki producenta SolarEdge, które pracują tylko w konfiguracji z optymalizatorami mocy połączonymi z modułami fotowoltaicznymi. Wybrane inwertery Solaredge SE25K oraz SE10K przeznaczone są do współpracy z 3-fazową instalacją elektryczną i charakteryzują się następującymi parametrami:

## PARAMETRY WYJŚCIOWE AC

		SE25K	SE10K
Parametr	Symbol	Wartosc	
Moc znamionowa AC	Pac	25000 W	10000 W
Maksymalny prąd wyjściowy	Iac max.	38 A	16 A
Napięcie sieciowe	Vac	230/400 V	230/400 V
Zakres częstotliwości	f	45 – 55 Hz	45 – 55 Hz

## PARAMETRY WEJŚCIOWE DC

		SE25K	SE10K
Parametr	Symbol	Wartosc	
Maksymalna moc wejściowa	Pdc max.	33750 W	13500 W
Maksymalny prąd wejściowy	Idc max.	37 A	16,5 A
Znamionowe napięcie wejściowe	Vdc	750 V	750 V
Maksymalne napięcie wejściowe	Vdc max.	1000 V	900 V
Liczba MPPT	Lmppt	1	1
Liczba łańcuchów na MPPT	Lstring mppt	3	2
Zakres napięć MPP	Vmpp min. - Vmpp max.	750 - 750V	750 - 750V

Falowniki Solaredge objęte są 12-letnią gwarancją producenta i posiadają podstawowe certyfikaty potwierdzające zgodności 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

Inwertery posiadają zabezpieczenie przed pracą wyspową, zabezpieczenie przed odwróconą biegunowością, zintegrowane zabezpieczenie przed łukiem elektrycznym oraz wyposażone są w certyfikowane wewnętrzne wyłączniki różnicowo-prądowe (RCD), które chronią przed porażeniem prądem elektrycznym oraz zagrożeniem pożarowym w przypadku awarii modułu PV, przewodów lub falownika. Falowniki wykrywają uszkodzenia izolacji i usterki uziemienia.

Oba inwertery należy zainstalować w pomieszczeniu gospodarczym, zgodnie z rysunkiem nr 3. Należy upewnić się, że struktura lub powierzchnia montażowa jest w stanie utrzymać ciężar falowników i uchwytów oraz należy upewnić się, że jest ona dostępna na całej szerokości uchwytów. Aby zapewnić odpowiednie rozpraszanie ciepła, należy zachować

zgodnie z instrukcją montażu producenta odległość minimum 20cm pomiędzy falownikiem oraz innymi obiektami. Zaleca się utrzymanie większej odległości – 50cm.

### **Kompensacja mocy biernej**

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

Inwertery firmy SolarEdge posiadają możliwość regulacji współczynnika  $\cos \varphi$  w wymaganym zakresie. Umożliwi to zmniejszenie kosztów ponoszonych przez Inwestora, poprzez kompensację pobieranej z sieci mocy biernej pojemnościowej.

## **1.7. Optymalizatory mocy**

Optymalizatory mocy SolarEdge są przetwornikami prądu stałego DC-DC podłączonymi do modułów PV w celu zapewnienia maksymalnego pozyskania energii poprzez wykonywanie niezależnego wyszukiwania punktu maksymalnej pracy (MPPT) na poziomie modułu.

Optymalizatory mocy regulują napięcie łańcucha na stałym poziomie, bez względu na długość łańcucha oraz warunki otoczenia.

Urządzenia te posiadają funkcję bezpiecznego napięcia, która automatycznie redukuje napięcie wyjściowe każdego optymalizatora mocy do 1 V DC w następujących przypadkach:

- w przypadku awarii
- gdy optymalizatory mocy są odłączone od falownika
- gdy przełącznik wł./wył. falownika jest w położeniu wyłączenia

Każdy optymalizator mocy przekazuje również do falownika dane o pracy modułu za pośrednictwem przewodu zasilającego DC.

Dla optymalnego wykorzystania układu dachów zaprojektowano 52 szt. optymalizatorów mocy SolarEdge P401 – pojedynczo dla każdego z modułów fotowoltaicznych, oraz 28szt. optymalizatorów mocy SolarEdge P801 – po jednym na dwa moduły, tworząc w ten sposób 4 łańcuchy modułów o długości 28/28/24/28 sztuk.

## **1.8. 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<sub>PV</sub>** – moc instalacji fotowoltaicznej [Wp]

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

**P<sub>STC PV</sub>** – moc jednostkowa modułu fotowoltaicznego [Wp]

Moc DC instalacji fotowoltaicznej wynosi 29,6 + 10,36 = 39,96 kW. Z kolei moc AC instalacji fotowoltaicznej, równa mocy wyjściowej falowników, jest równa 25 000 + 10 000 = 35 000W.

#### 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:

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

**ΔV** – zmiana napięcia na 1°C [V/°C]

**β** – współczynnik temperaturowy napięcia obwodu otwartego [%/°C]

**V<sub>oc</sub>** – napięcie obwodu otwartego [V]

$$-0,263\% \times 40,81V = -0,107 V / ^\circ C$$

Zmiana napięcia na 1°C wynosi 0,107V. Posłuży ona do obliczenia napięcia w skrajnych temperaturach.

### **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]

$$40,81 + (0,101 \times 50) = 45,86 \text{ V}$$

Obliczone napięcie jest równe 45,86V.

### **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]

$$34,42 - (0,107 \times 45) = 29,6 \text{ V}$$

Obliczone napięcie jest równe 29,6 V.

### **Minimalna i maksymalna liczba modułów w łańcuchu**

Ze względu na zastosowanie systemu fotowoltaicznego z optymalizatorami SolarEdge, które zmieniają i dopasowują napięcie oraz natężenie prądu do właściwej współpracy całego łańcucha z falownikiem, minimalna i maksymalna liczba dopuszczalnych modułów



w pojedynczym łańcuchu została określona przez producenta i wynosi dla optymalizatorów P401 odpowiednio:

$$L_{\min} = 16 \text{ szt.}, \quad L_{\max} = 50 \text{ szt.}$$

Dla optymalizatorów P801 (na dwa moduły) liczba dopuszczalnych modułów wynosi odpowiednio:

$$L_{\min} = 27 \text{ szt.}, \quad L_{\max} = 60 \text{ szt.}$$

Natomiast maksymalna moc łańcucha może wynosić  $P_{\max} = 13\,500\text{W}$ , gdy różnica między łańcuchami jest mniejsza niż  $2\,000\text{W}$ .

W instalacji zaprojektowano cztery łańcuchy modułów o długościach:  
28szt. / 28szt. / 24szt. / 28szt.

Zakładając pracę modułu w temperaturze  $-25^{\circ}\text{C}$ , moc maksymalna modułu może wynieść:

$$50^{\circ}\text{C} \times 0,347\%/^{\circ}\text{C} = 17,35\%$$

$$370\text{W} \times 117,35\% = 434,2\text{W}$$

Moc maksymalna łańcucha 28 szt. modułów wyniesie  $12\,157\text{W} < 13\,500\text{W}$

## 1.9. Zabezpieczenia instalacji fotowoltaicznej

W projektowanej instalacji po stronie prądu stałego DC przewidziano zastosowanie ograniczników przepięć typu 1+2 po jednym na każdy z łańcuchów.

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

- rozłącznik izolacyjny FR
- ogranicznik przepięć SPD typu I+II, AC, TNS,  $I_n=20\text{kA}$ ,  $U_p<1,5\text{kV}$ ;
- lampki kontroli faz wraz z zabezpieczeniem (LK+BZ-3);
- wyłączniki nadmiarowo-prądowe S303B 40A i 20A

Dodatkowo, w celu poprawnego działania istniejącego systemu przeciwpożarowego wyłącznika prądu, w rozdzielnicy SZR (w piwnicy budynku biurowego), gdzie projektuje się wprowadzenie kabla ziemnego YKY  $4 \times 25\text{mm}^2$ , łączącego instalację fotowoltaiczną z instalacją budynku, **należy zainstalować wyłącznik mocy z napędem silnikowym** i połączyć sterowanie jego wyzwalaniem z układem automatyki SZR, równocześnie z rozłącznikiem na przewodzie zasilania sieciowego.

W przypadku braku dostępnego miejsca w rozdzielnicy SZR, należy zainstalować oddzielną rozdzielnicę natynkową obok.

## **1.10. Instalacja odgromowa, ograniczniki przepięć, uziemienie i połączenia wyrównawcze**

### **a) Zewnętrzna instalacja odgromowa**

Zewnętrzna instalacja odgromowa – piorunochron, tj. zwody, uziomy i przewody odprowadzające – służy do przejęcia energii od uderzającego w budynek pioruna i odprowadzenie jej do ziemi.

Budynek, na którym planowany jest montaż instalacji fotowoltaicznej nie posiada instalacji odgromowej. Projektuje się wykonanie instalacji odgromowej na budynkach, na których zostaną zlokalizowane moduły fotowoltaiczne zgodnie z rysunkiem nr 3 - w postaci 6szt, iglic odgromowych o długości  $L=1\text{m}$ , połączonych drutem stalowym ocynkowanym FeZn  $\varnothing 8\text{mm}$  oraz przewodów odprowadzających wraz odcinkami taśmy FeZn 25x4mm (bednarki) i uziomami punktowymi wbijanymi w conajmniej 5 miejscach zgodnie z rys. nr 3.

### **b) Ochrona przeciwprzepięciowa**

Wewnętrzna instalacja przeciwprzepięciowa – ograniczniki przepięć – przeznaczone są do ochrony instalacji fotowoltaicznych przed przejściowymi przepięciami wywołanymi na zewnątrz instalacji fotowoltaicznej np. napięciem indukowanym przez uderzenie pioruna w linię elektroenergetyczną, bądź w jej obrębie lub przepięciami wewnętrznymi, powstającymi podczas załączania czy wyłączania nieobciążonej linii elektroenergetycznej. Zjawisko przejściowego przepięcia może spowodować uszkodzenie elementów instalacji elektrycznej w budynku lub instalacji fotowoltaicznej.

W projektowanej instalacji fotowoltaicznej przewiduje się zastosowanie ograniczników przepięć DC typu 1+2 przystosowanych do pracy z napięciem minimum 900V – po jednym dla każdego łańcucha modułów, oraz ograniczników przepięć AC typu 1+2 przystosowanych do pracy z napięciem sieciowym 400V, które powinny być połączone z główną szyną wyrównawczą przewodem miedzianym o przekroju minimum  $16\text{ mm}^2$ .

Napięcie pracy instalacji fotowoltaicznej opartej na systemie falownika i optymalizatorów SolarEdge jest stałe i wynosi 750V. Dla projektowanej instalacji dobrano ograniczniki przepięć DC DEHNcombo YPV SCI 1000 o napięciu znamionowym pracy do 1000V.

### **c) Uziemienie i połączenia wyrównawcze**

Instalacja fotowoltaiczna na budynku nie zwiększa ryzyka wystąpienia wyładowania atmosferycznego, jednakże w przypadku zaistnienia takiej sytuacji brak odpowiednich zabezpieczeń może spowodować bardzo wysokie szkody (zarówno w samej instalacji fotowoltaicznej, budynku jak i w urządzeniach korzystających z prądu generowanego przez nią).

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

Ze względu na brak możliwości uzyskania odstępu separacyjnego, w projektowanej instalacji fotowoltaicznej przewiduje się wykonanie połączeń wyrównawczych pomiędzy konstrukcją wsporczą a elementami instalacji odgromowej oraz pomiędzy konstrukcją wsporczą a modułami fotowoltaicznymi. Należy połączyć szyny konstrukcji wsporczych z najbliższym przewodem odprowadzającym instalacji odgromowej stosując odpowiednie zaciski. Należy zastosować przewód miedziany o przekroju minimum  $16 \text{ mm}^2$  lub drut stalowy ocynkowany FeZN Ø8mm. Do wykonania połączeń między konstrukcją wsporczą, a ramami modułów PV należy użyć podkładek uziemiających przebijających.

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).

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 instalacji odgromowej i uziemiającej. W razie potrzeby uziomy rozbudować. Uzyskane wartości potwierdzić protokołem pomiarów.

### **1.11. Inne zabezpieczenia**

Falowniki zastosowane w projektowanej instalacji fotowoltaicznej wyposażone są 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.

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”.

## **1.12. 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 będą wprowadzone na wejścia inwerterów. Połączenie pomiędzy poszczególnymi modułami 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>.

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**

Przekrój przewodów DC obliczono zgodnie z równaniem:

$$A_{DC} = \frac{P_{PV} \cdot L_{DC}}{U^2 \cdot k \cdot 1\%} \cdot 100\%$$

$A_{DC}$  – przekrój przewodu DC [%]

$P_{PV}$  – moc łańcucha modułów fotowoltaicznych [kWp]

$L_{DC}$  – sumaryczna długość przewodu DC łańcucha [m]

$U^2$  – napięcie w punkcie mocy maksymalnej w łańcuchu fotowoltaicznym [V]

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

Najdłuższy łańcuch to 28szt. modułów PV –  $P_{PV} = 10,36kW$

Sumaryczna długość przewodu najdłuższego obwodu –  $L_{DC} = 144m$

Napięcie w łańcuchu –  $U = 750V$

$$A_{DC} = (10360 \cdot 144) / (750^2 \cdot 54 \cdot 0,01) = 4,91mm^2$$

Dobry przewód fotowoltaiczny DC powinien mieć przekrój minimum  $4,91 mm^2$ .

W projektowanym systemie fotowoltaicznym przewidziano zastosowanie przewodów DC o przekroju  $6mm^2$ . 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 otworów 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 po dachu należy prowadzić w liniach prostych, w pionie do kalenicy i w poziomie wzdłuż kalenicy – zgodnie z rys. nr 3. Unikać układania przewodów w poziomie na innej wysokości dachu niż wzdłuż kalenicy ze względu na możliwość zerwania przewodów przez zsuwający się z dachu śnieg.

Należy używać dedykowanych, oryginalnych konektorów fotowoltaicznych. 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.

Przewody DC na dachach, na elewacjach należy prowadzić w rurach osłonowych odpornych na UV, wewnątrz budynku – w rurach osłonowych lub w kanałach kablowych

### 1.13. Przewody AC

Przewód prądu zmiennego AC odpowiada za odprowadzenie energii elektrycznej z falownika do instalacji elektrycznej obiektu i 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 94m, dopuszczono stratę napięcia na poziomie 1,5%.

#### Dobór przekroju przewodów AC:

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)

$P_{AC} = 108 \text{ szt.} \cdot 277 \text{ W} = 29\,916 \text{ W}$  (moc generatora w warunkach NOCT)

$L_{AC} = 94 \text{ m}$  (od inwertera do miejsca przyłączenia)

$k = 54$  (dla miedzi – kabel typu YKY)

strata dopuszczalna - 1,5%

$$(29\,916 \cdot 94) / (400^2 \cdot 54 \cdot 0,015) = 21,7 \text{ mm}^2 < 25 \text{ mm}^2$$

Obciążalność prądowa kabla YKY 4x25mm<sup>2</sup> układanego w ziemi wynosi  $I_z = 141$  A.

Obliczeniowy maksymalny prąd roboczy dla mocy 40 kW wynosi

$$I_B = 40 / (1,73 \cdot 0,4 \cdot 0,95) = 61 \text{ A}$$

Prąd znamionowy urządzenia zabezpieczającego  $I_N = 80$  A.

Sprawdzenie doboru kabla:

$$I_B = 61 \text{ A} < I_N = 80 \text{ A} < I_z = 141 \text{ A} - \text{warunek spełniony}$$

$$I_2 = 1,6 \cdot I_N = 128 \text{ A} \quad 128 \text{ A} < (1,45 \cdot 141 \text{ A}) = 204,5 \text{ A} - \text{warunek spełniony}$$

W wyniku obliczeń w projektowanym systemie fotowoltaicznym przewidziano zastosowanie po stronie AC pomiędzy miejscem przyłączenia (rozdzielnicza SZR), a rozdzielnicą PV-AC miedzianego kabla typu YKY 4x25mm<sup>2</sup>.

Dla połączeń między inwerterem a zabezpieczeniami w rozdzielnicy PV-AC należy użyć przewodów miedzianych YDYżo 5x10mm<sup>2</sup> i 5x6mm<sup>2</sup> – zgodnie ze schematem

Kabel YKY 4x25mm<sup>2</sup> wewnątrz budynku biurowego (w piwnicy) należy ułożyć w istniejącym korycie perforowanym aż do wyjścia z budynku.

W budynku gospodarczym od wejścia do budynku do rozdzielnicy PV-AC oraz między rozdzielnicami PV-AC i PV-DC a falownikiem kable prowadzić zgodnie z obowiązującymi przepisami w kanałach kablowych lub rurach osłonowych.

Układanie przewodów prowadzić starannie, aby uniknąć ocierania kabli o ostre krawędzie otworów i nie załamywać ponad dopuszczone promienie zgięcia.

Na zewnątrz kabel YKY 4x25mm<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 wejściu do budynków 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. Kabel należy ułożyć w rurze ochronnej typu AROT DVK Ø75mm:

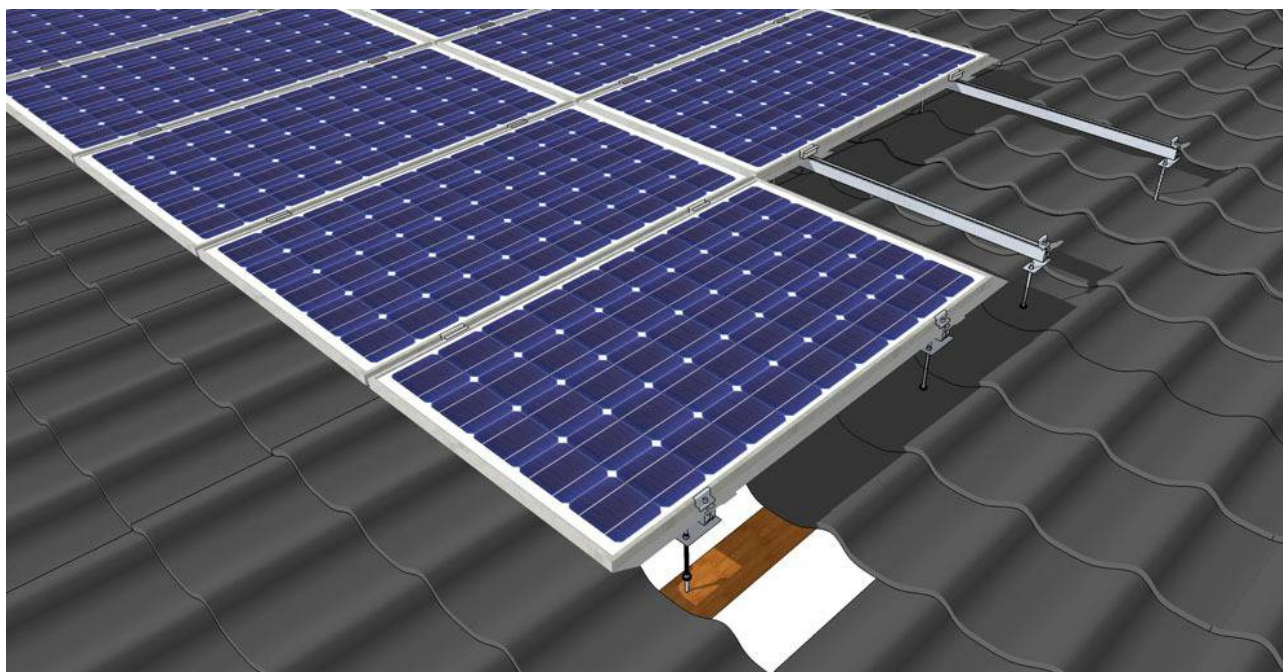
- na odcinku ok. 20 metrów od wyjścia z budynku biurowego. Ze względu na duże zagęszczenie kabli i innych instalacji na tym odcinku należy prowadzić wykop ręczny.
- na odcinku ok. 7 metrów w miejscu przejścia pod roślinnością ozdobną przy budynku gospodarczym. Wykop należy prowadzić ręcznie, by nie uszkodzić korzeni istniejącej roślinności.
- Przy skrzyżowaniu z kablami elektroenergetycznymi zasilającymi złącze kablowe na tyłach budynku gospodarczego na odcinku 1 metra.

Na pozostałych odcinkach wykopy można wykonać przy użyciu minikoparki lub koparki łańcuchowej.

Należy przeprowadzić inwentaryzację kabla przez uprawnionego geodetę.

#### **1.14. Konstrukcja montażowa**

Dla projektowanej instalacji fotowoltaicznej proponuje się zastosowanie konstrukcji montażowej dedykowanej na dach skośny pokryty blachą, opartej na śrubach dwugwintowych mocowanych poprzez blachę do krokwi oraz na aluminiowych szynach montażowych.



Nie zaleca się zastosowania systemu mocowanego tylko do pokrycia dachowego – tzw. "mostków trapezowych" ze względu na ich mniejszą odporność na siły wiatru, zależność od jakości wykonania pokrycia dachowego (sposobu mocowania łąt i blachy) oraz brak przestrzeni pomiędzy blachą, a modułami, co skutkuje gorszą wentylacją.

Należy stosować śruby dwugwintowe wykonane ze stali nierdzewnej, wyposażone w uszczelkę z gumy EPDM.



Po montażu śrub dwugwintowych zweryfikować szczelność pokrycia dachowego i w razie potrzeby, wszelkie powstałe szczeliny wypełnić za pomocą odpowiedniego uszczelniacza (pasty dekarskiej, silikonu dekarского, masy bitumicznej etc.). Miejsca możliwej korozji zabezpieczyć antykorozyjnie.

Do śrub dwugwintowych należy przymocować szyny montażowe zgodnie z instrukcją producenta (np. poprzez odpowiednie adaptery montażowe). Szyny należy łączyć ze sobą przy użyciu odpowiednich łączników i z zastosowaniem dylatacji ze względu na rozszerzalność cieplną.

Przed wykonaniem montażu zlokalizować krokwie oraz dokładnie zaplanować miejsca montażu punktów podparcia (śrub dwugwintowych).

Maksymalny nawis modułu za mocowanie, bez podparcia to 30cm.

Należy również zwrócić uwagę na odpowiednie oddalenie płaszczyzny bocznej zestawu paneli od granicy dachu, ze względu na siłę ssącą wiatru i tworzenie się worków śnieżnych. Minimalna odległość od dolnej i bocznych krawędzi dachu to 30cm.

Moduły należy mocować do szyn montażowych za pomocą odpowiednich dla systemu kłom końcowych oraz środkowych. Zaleca się zastosowanie podkładek przebijających w celu uzyskania właściwych połączeń wyrównawczych między modułami fotowoltaicznymi oraz konstrukcją montażową.

## **1.15. Komunikacja i monitoring systemu**

Ze względu na brak infrastruktury teleinformatycznej projekt zakłada podłączenie falownika do sieci internetowej poprzez interfejs GSM (kartę SIM). Proponowane rozwiązanie to instalacja routera z modemem GSM (slotem na kartę SIM) i conajmniej 2 portami LAN, do

których przewodami sieciowymi (ethernet) należy podłączyć inwertery. Ewentualną opcjonalną konfigurację sieciową uzgodnić z osobą odpowiedzialną za informatykę Nadleśnictwa.

Inwestorowi należy zapewnić monitoring instalacji fotowoltaicznej poprzez dedykowane rozwiązanie producenta (w przypadku firmy SolarEdge jest to platforma internetowa [monitoring.solaredge.com](https://monitoring.solaredge.com)).

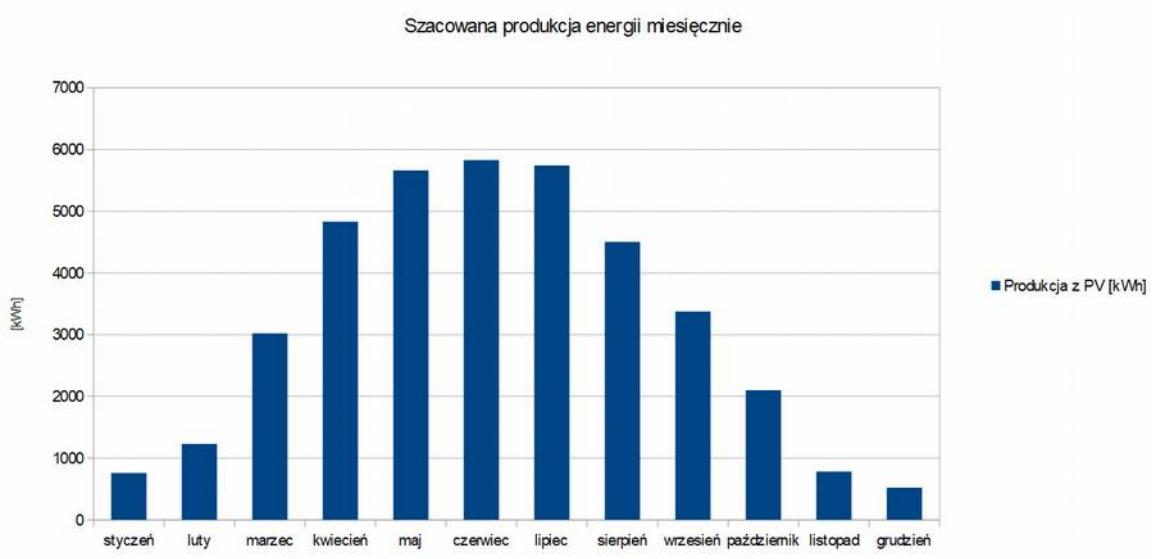


## 2. Uzysk energii elektrycznej z instalacji fotowoltaicznej

Planowany uzysk energii elektrycznej wyprodukowanej w projektowanej instalacji zamodelowano w programie Designer firmy SolarEdge. Rozkład produkcji w kolejnych miesiącach kalendarzowych przedstawia poniższa tabela:

Miesiąc	Produkcja z PV [kWh]
Styczeń	759
Luty	1 232
Marzec	3 023
Kwiecień	4 833
Maj	5 661
Czerwiec	5 828
Lipiec	5 743
Sierpień	4 505
Wrzesień	3 375
Październik	2 101
Listopad	784
Grudzień	524
<b>SUMA:</b>	<b>38 368</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: 38 368 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: 38 368 kWh

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

Prognozowana produkcja energii przez system PV rocznie [kWh]			<b>E = 38368</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>27586,59</b>
SO <sub>x</sub> /SO <sub>2</sub>	0,000511	kg/kWh	19,61
NO <sub>x</sub> /NO <sub>2</sub>	0,000576	kg/kWh	22,1
CO	0,000233	kg/kWh	8,94
Pył całkowity	0,000029	kg/kWh	1,11

## 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 kontaktu z częściami przewodzącymi instalacji elektrycznej i modułów, konstrukcji fotowoltaicznej, a także samego dachu, mogącymi znajdować się pod napięciem.

W zaprojektowanym systemie SolarEdge w przypadku odłączenia zasilania AC falownika:

- za pomocą wyłącznika AC w instalacji,
- przy zaniku napięcia w sieci publicznej
- po użyciu przycisku przeciwpożarowego wyłącznika prądu
- po ustawieniu przełącznika wł./wył. falownika w położeniu wył.,

napięcie DC spada do bezpiecznego napięcia 1 V dla każdego optymalizatora.

Łączne maksymalne napięcie na przewodach DC po odłączeniu zasilania falownika wynosi maksymalnie:

dla łańcucha 1 (14x P801): $U_{DC1} = 14V$	$< 50 V$
dla łańcucha 2 (14x P801): $U_{DC2} = 14V$	$< 50 V$
dla łańcucha 3 (24x P401): $U_{DC2} = 24V$	$< 50 V$
dla łańcucha 4 (28x P401): $U_{DC2} = 28V$	$< 50 V$

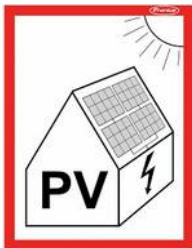
czyli poniżej poziomu napięcia bezpiecznego, które dla prądu stałego wynosi 50 V.

Falownik posiada zabezpieczenie przed pracą wyspową, zabezpieczenie przed odwróconą biegunowością, zintegrowane zabezpieczenie przed łukiem elektrycznym oraz wyposażony jest w certyfikowany 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.

Falowniki SolarEdge posiadają certyfikat zgodności jako urządzenia rozłączające do generatorów PV, co oznacza, że mogą zastępować rozłączniki DC – nie ma potrzeby stosowania dodatkowych rozłączników DC.

W złączu pomiarowym, w widocznym miejscu przy wejściu do budynku oraz na rozdzielnicy głównej oraz SZR 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 każdego z inwerterów 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.

Zaprojektowane falowniki wyposażone są w certyfikowany wewnętrzny wyłącznik różnicowo-prądowy (RCD), który chroni przed porażeniem prądem elektrycznym. Falowniki wykrywają i sygnalizują uszkodzenia izolacji i usterki uziemienia.

## **6. Planowany przebieg prac montażowych**

---

- Montaż konstrukcji nośnej na dachu,
- Instalacja optymalizatorów mocy na konstrukcji montażowej,



- Poprowadzenie przewodów prądu stałego DC na dachu, elewacji oraz do miejsca instalacji inwerterów,
- Montaż paneli fotowoltaicznych,
- Wykonanie instalacji strony AC od inwerterów do rozdzielnic głównej
- Montaż inwerterów i zabezpieczeń strony DC i AC
- Uziemienie systemu fotowoltaicznego
- Połączenie modułów z inwerterami
- Wykonanie instalacji teleinformatycznej
- Wykonanie pomiarów instalacji
- Sprawdzenie pracy układu
-

## 7. Zestawienie elementów systemu fotowoltaicznego

---

Zestawienie najistotniejszych elementów projektowanej instalacji fotowoltaicznej

Lp.	Element	Liczba	Jednostka
1	Moduł fotowoltaiczny 370Wp	108	szt
2	Inwerter SolarEdge SE 25K	1	szt.
3	Inwerter SolarEdge SE 10K	1	szt.
4	Optymalizator SolarEdge P801	28	szt.
5	Optymalizator SolarEdge P401	52	szt.
6	Konstrukcja montażowa	1	kmpl.
7	Rozdzielnica PV-DC (wg schematu)	2	kmpl.
8	Rozdzielnica PV-AC (wg schematu)	1	kmpl.
9	Wyłącznik mocy 3x80A z napędem silnikowym	1	kmpl.
10	Kabel AC YKY 4x25mm <sup>2</sup>	94	m.
11	Przewody fotowoltaiczne DC 1x6mm <sup>2</sup>	355	m.
12	Iglica odgromowa (maszt) h=1m	6	szt.
13	Przewód uziemiający PE LgY 16mm <sup>2</sup>	wg potrzeb	
14	Taśma stalowa (bednarka) FeZn 25x4mm	wg potrzeb	
15	Drut FeZn ø8mm	wg potrzeb	
16	Uziom składany (sonda)	wg potrzeb	

## NADLEŚNICTWO RUNOWO - BIURO

55, Runowo Krajeńskie, 89-421, Poland | 2 wrz 2021

rok założenia 1957  
**Elektroinstal**

## PODSUMOWANIE SYSTEMU

 108 Moduły PV 2 Falowniki 80 Optymalizatory

## WYNIKI SYMULACJI



Zainstalowana Moc DC

39,96 kWp



Maksymalna Osiągalna Moc AC

34,96 kW



Roczna Produkcja Energii

38,13 MWh



Redukcja Emisji CO2

29,47 t



Ekwiwalent Posadzonych Drzew

1354



Max Osiągalna Moc DC

36,16 kW



Przewymiarowanie DC/AC

103 %



Max Osiągalna Moc AC

35,00 kW



Wskaźnik Wydajności

88 %



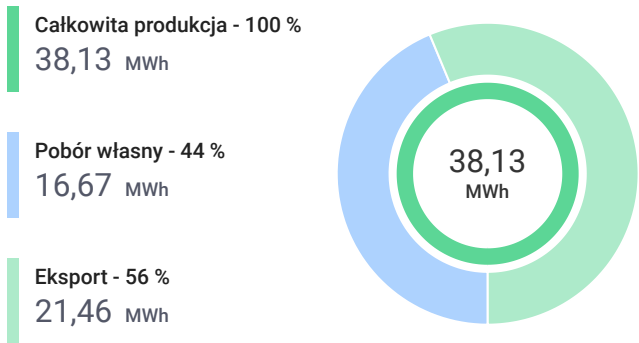
Indeks Wydajności

954 kWh/kWp

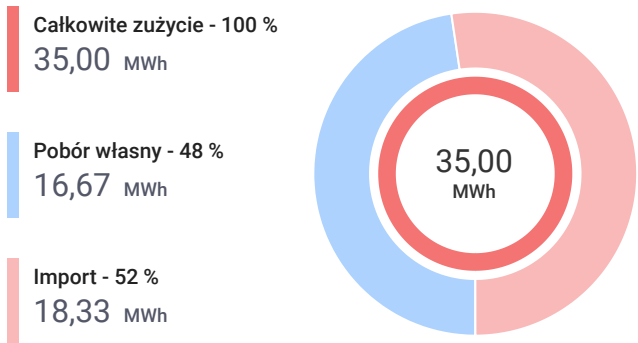
NADLEŚNICTWO RUNOWO - BIURO  
55, Runowo Krajeńskie, 89-421, Poland | 2 wrz 2021



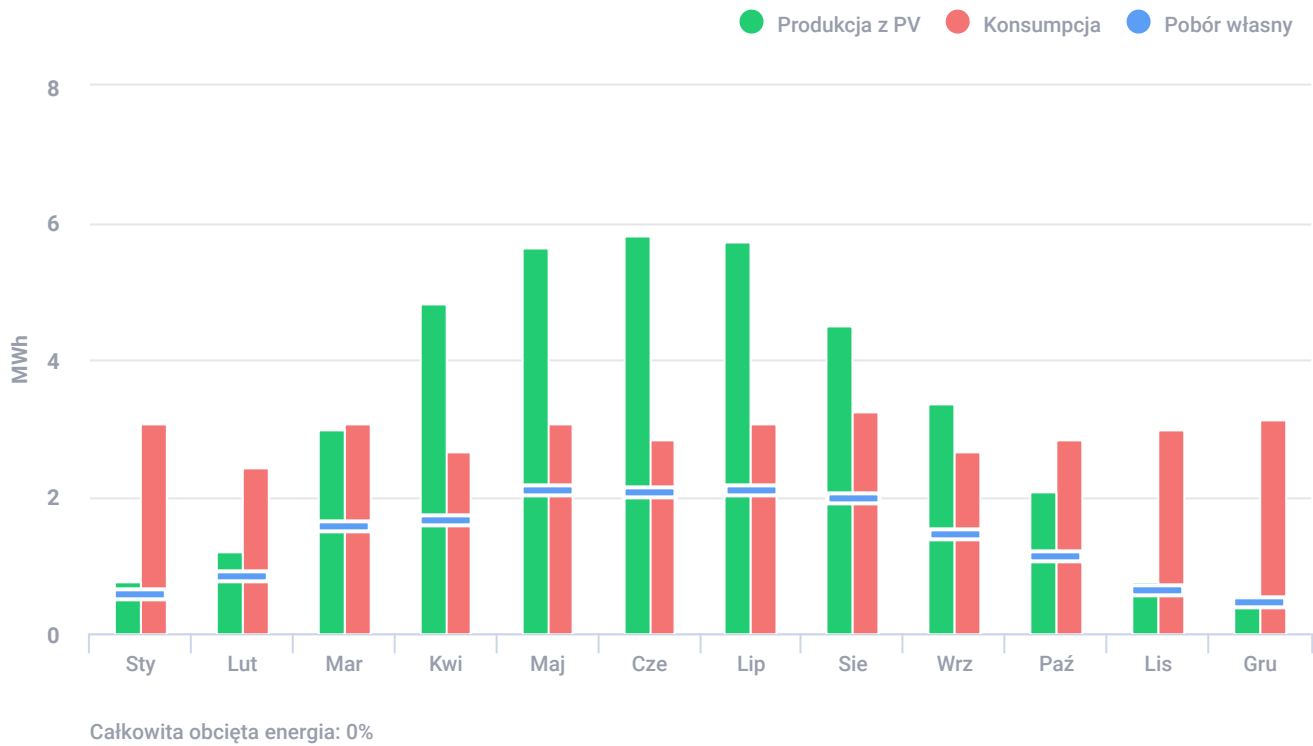
PRODUKCJA SYSTEMU



POBÓR



SZACOWANA ENERGIA MIESIĘCZNIE



MODUŁY PV

# Moduł	Model	Szczytowa wartość mocy	Typ montażu	Orientacja	Azymut	Nachylenie
66	Sharp, NU-JC370	24,4 kWp			86°	9°
14	Sharp, NU-JC370	5,2 kWp			176°	45°

NADLEŚNICTWO RUNOWO - BIURO

55, Runowo Krajeńskie, 89-421, Poland | 2 wrz 2021



MODUŁY PV (POZOSTAŁE)

# Moduł	Model	Szczytowa wartość mocy	Typ montażu	Orientacja	Azymut	Nachylenie
28	Sharp, NU-JC370	10,4 kWp			176°	15°
Całkowity: 108		40 kWp				

LISTA MATERIAŁÓW (BOM)

Pozycja	Ilość
SE25K	1
SE10K	1
P401	52
P801	28
NU-JC370	108

PROJEKT ELEKTRYCZNY

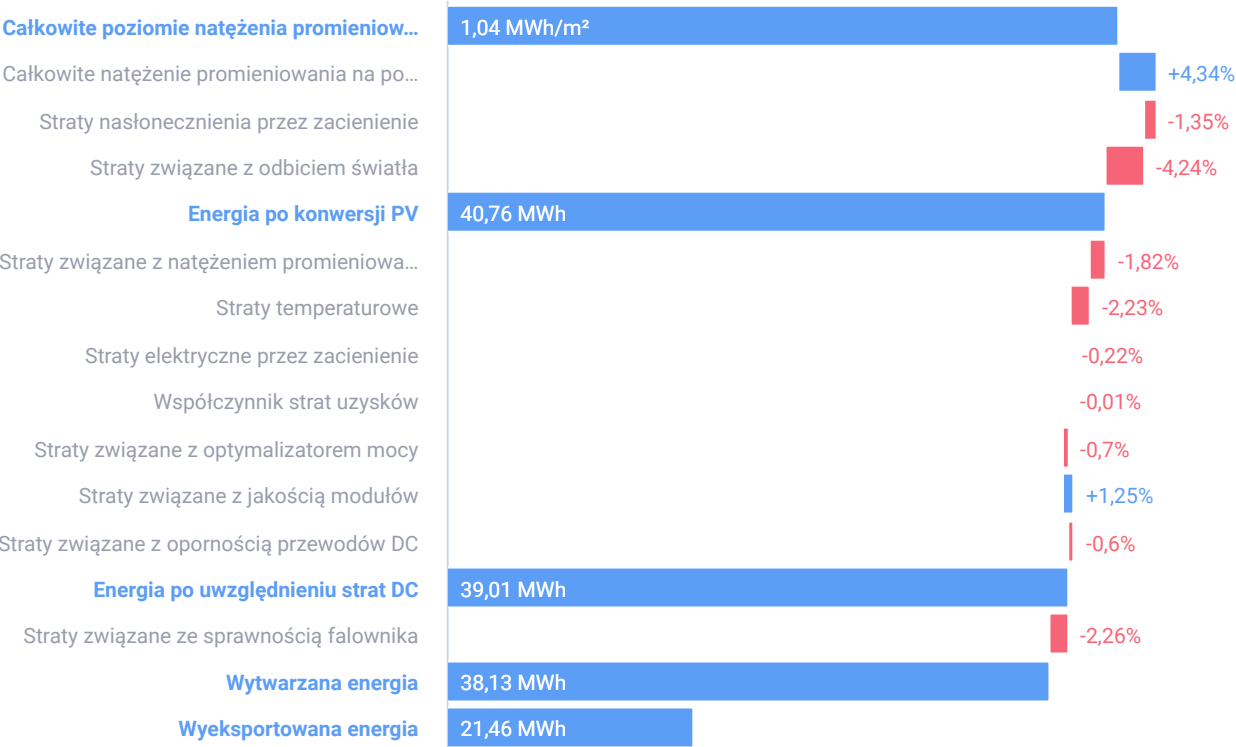
Falowniki i baterie	Łańcuchy na falownik	Optymalizatory na łańcuch	Moduły PV na łańcuch
1 x SE25K 26.2kW   105%	2 x łańcuchy	14 x P801 (2:1)	28
	1 x łańcuch	24 x P401	24
1 x SE10K 9.96kW   100%	1 x łańcuch	28 x P401	28

NADLEŚNICTWO RUNOWO - BIURO

55, Runowo Krajeńskie, 89-421, Poland | 2 wrz 2021



DIAGRAM STRAT SYSTEMU



PARAMETRY SYMULACJI



LOKALIZACJA I SIEĆ

Strefa czasowa	CEST (Warsaw)
Stacja pogodowa	Bydgoszcz (42,44 km stąd)
Wysokość geograficzna stacji	46 m
Źródło danych stacji	Meteonorm 7.1
Sieć	400V L-L, 230V L-N



WSPÓŁCZYNNIKI STRAT

Pobliskie zacienienie	Włącz
Albedo	0,20
Zabrudzenia i śnieg	0%
Modyfikator kąta padania (IAM), ASHRAE b0 Param.	0,05
Współczynnik strat ciepłych Uc (stałe) Montaż zintegrowany	20
Współczynnik strat ciepłych Uc (stałe) Montaż z nachyleniem	29
Współczynnik strat LID	0%
Niedostępność systemu	0%

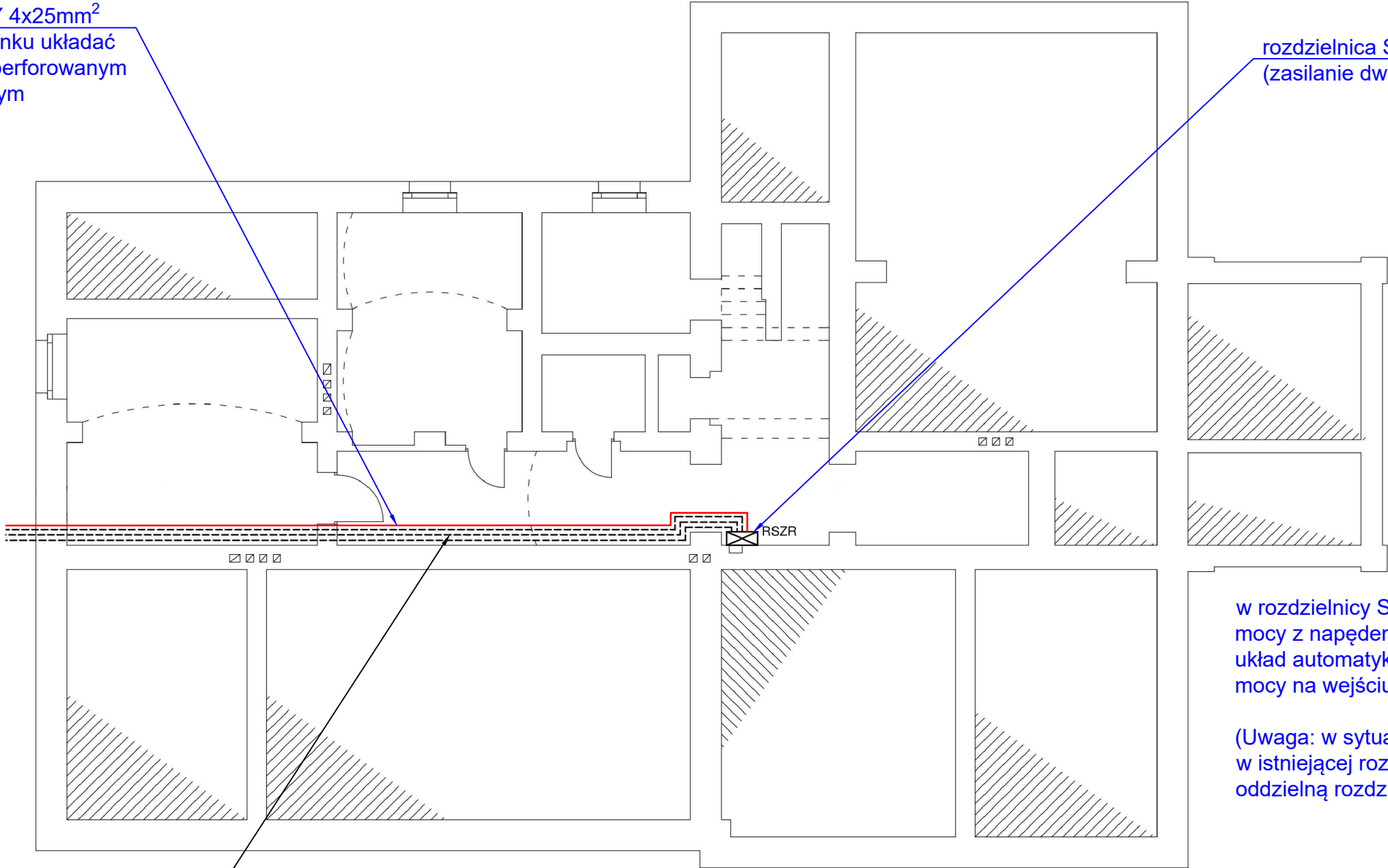


1		SE25K	105%
		14 x P801	28
		14 x P801	28
		24 x P401	24
2		SE10K	100%
		28 x P401	28



proj. kabel YKY 4x25mm<sup>2</sup>  
wewnątrz budynku układać  
w istniejącym perforowanym  
korycie kablowym

rozdzielnica SZR  
(zasilanie dwustronne sieć/agregat)

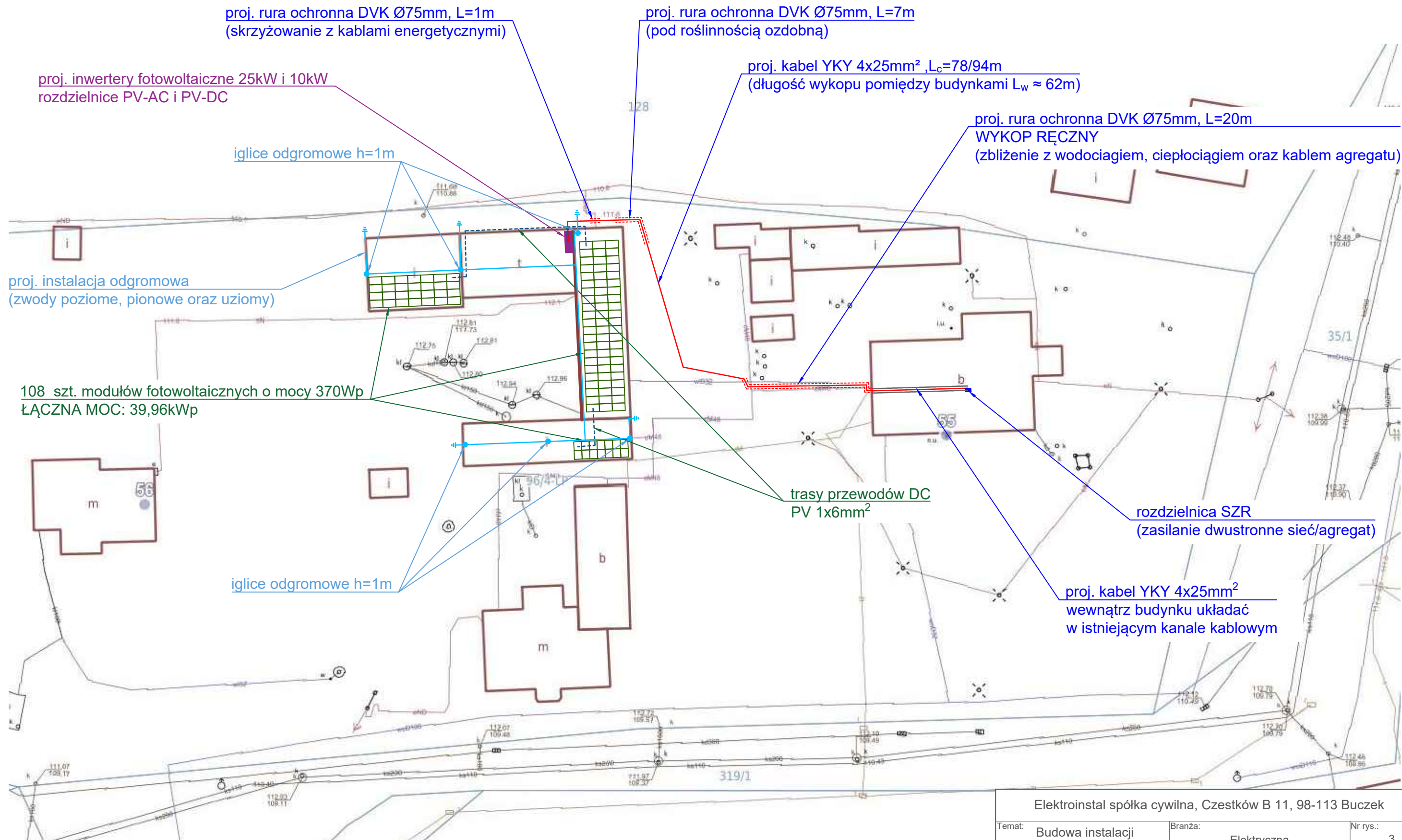


w rozdzielnicy SZR należy zainstalować wyłącznik  
mocy z napędem silnikowym sterowany poprzez  
układ automatyki SZR równolegle z wyłącznikiem  
mocy na wejściu zasilania z sieci ENEA

(Uwaga: w sytuacji braku dostępnego miejsca  
w istniejącej rozdzielnicy należy zamontować  
oddzielną rozdzielnicę natynkową obok istniejącej)

Kable zasilania rezerwowego (agregatu)  
w perforowanym korycie kablowym KGR 100H42:  
- YKXs 4x25mm<sup>2</sup>  
- YKY 3x2,5mm<sup>2</sup>  
- BIT1000 4x1,5mm<sup>2</sup>  
(wg oddzielnego opracowania)

Elektroinstal spółka cywilna, Częstków B 11, 98-113 Buczek				
Temat: Budowa instalacji fotowoltaicznej dla siedziby Nadleśnictwa Runowo  działka nr ewid. 96/4-LP Runowo Krajeńskie 55 89-421 Runowo Krajeńskie		Branża: Elektryczna		Nr rys.: 2
		Stadium: Projekt budowlany		Skala:
		Przedmiot rysunku: RZUT PIWNICY trasa przewodów AC (rozdzielnica SZR-inwertery)		
				Nr uprawnień
Opracował:	mgr inż. Paweł Lis			09.2021
Projektował:	tech. Lucjan Walewski	UAN.IV. 8388/174/90		09.2021



Legenda:

- proj. kabel YKY 4x25mm<sup>2</sup>
- - - proj. rura osłonowa AROT DVK Ø75mm
- proj. instalacja odgromowa
- proj. iglica odgromowa h=1m
- ⊕ proj. uziom punktowy
- - - proj. trasa przewodów DC - PV 6mm<sup>2</sup>
- proj. inwertery oraz rozdzielnice AC i DC

Elektroinstal spółka cywilna, Częstków B 11, 98-113 Buczek

Temat: Budowa instalacji fotowoltaicznej dla siedziby Nadleśnictwa Runowo  działka nr ewid. 96/4-LP Runowo Krajeńskie 55 89-421 Runowo Krajeńskie	Branża: Elektryczna	Nr rys.: 3
	Stadium: Projekt budowlany	Skala:
	Przedmiot rysunku: PROJEKT ZAGOSPODAROWANIA TERENU lokalizacja instalacji PV oraz trasy kablowe	
	Nr uprawnień	Podpis
Opracował: mgr inż. Paweł Lis		Data 09.2021
Projektował: tech. Lucjan Walewski	UAN.IV. 8388/174/90	09.2021

SCHEMAT IDEOWY INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ

Optymalizatory mocy dla każdego modułu fotowoltaicznego

*Funkcja SAFE DC™  
Optymalizatory z funkcją awaryjnego obniżania napięcia do 1V*

*W sytuacji zaniku napięcia sieciowego napięcie DC na przewodach prądu stałego między modułami, a falownikiem wynosi  $U_{DC} < 50V$  (napięcie bezpieczne DC)*

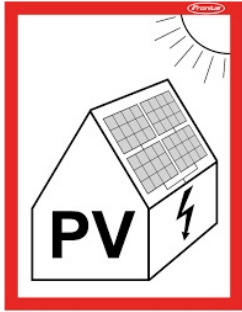
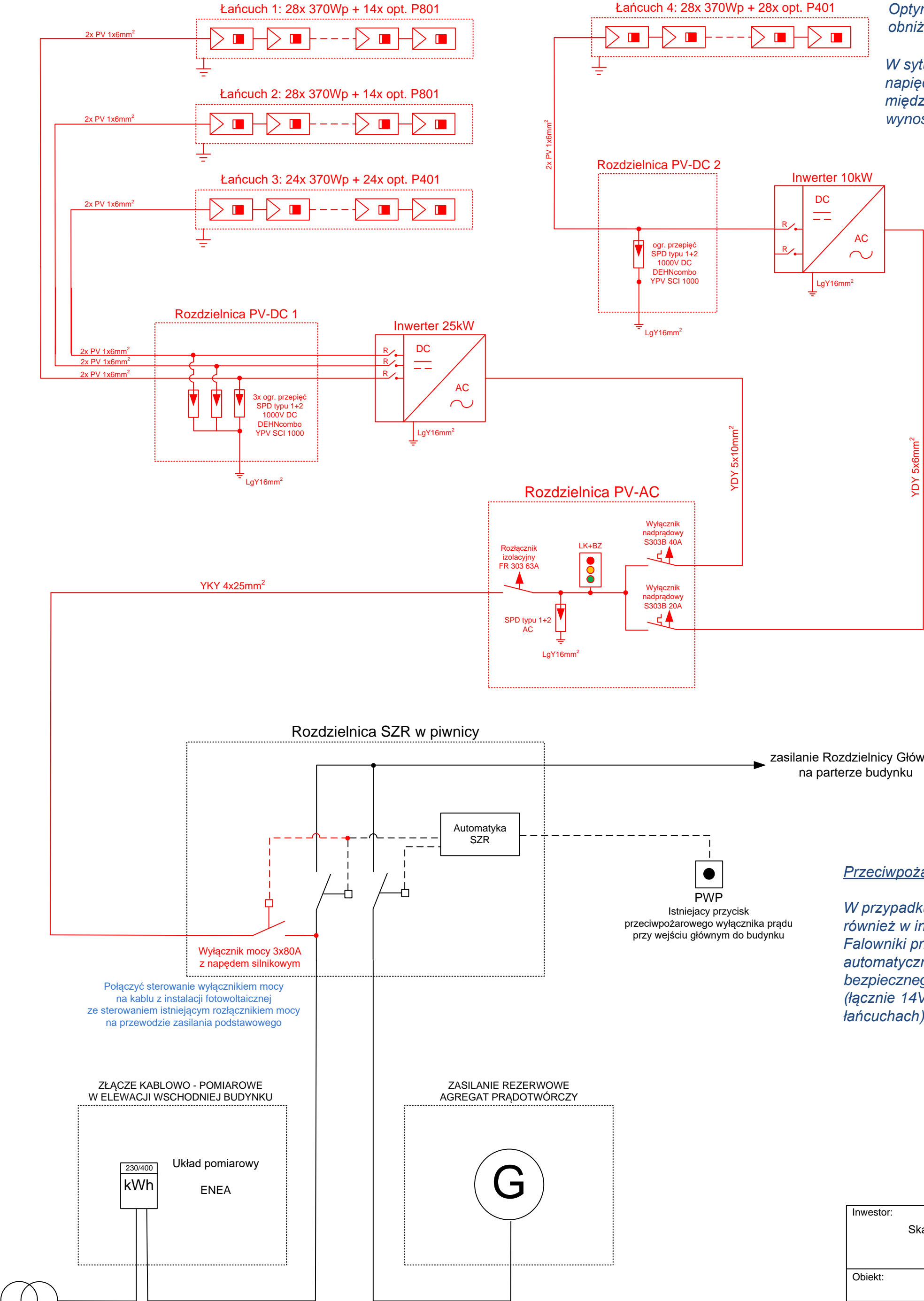
Instalacja typu On-grid.

*Inwerter sieciowy z zabezpieczeniem przed pracą wyspową.*

*W razie zaniku napięcia sieci energetycznej (poprzez awaryjne lub celowe wyłączenie) falownik przestaje pracować i dostarczać energię do sieci.*

Przeciwpowozarowy wylacznik pradu

*W przypadku użycia powoduje odcięcie napięcia również w instalacji fotowoltaicznej. Falowniki przestają pracować, a optymalizatory automatycznie zmniejszają napięcie DC do bezpiecznego: do 1V przy każdym optymalizatorze (łącznie 14V / 14V / 24V / 28V na poszczególnych łańcuchach)*

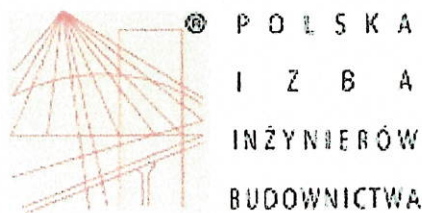


*Oznakowanie informujące o obecności instalacji fotowoltaicznej w budynku, schemat instalacji oraz dane Wykonawcy.*

*Zlokalizowane zarówno na złączu pomiarowym na elewacji budynku jak i na drzwiach rozdzielnic głównej oraz rozdzielnic SZR*

Inwestor: Skarb Państwa - Nadleśnictwo Runowo Runowo Krajeńskie 55 89-421 Runowo Krajeńskie	
Obiekt: Siedziba Nadleśnictwa Runowo	
Lokalizacja: Runowo Krajeńskie 55 89-421 Runowo Krajeńskie	
Projektant: tech. Lucjan Walewski upr. bud. UAN.IV.8388/174/90	
Opracował: mgr inż. Paweł Lis	
Tytuł rysunku: Schemat ideowy instalacji fotowoltaicznej	
Nr rysunku: 4	Data: 09.2021





## Zaświadczenie

o numerze weryfikacyjnym:

ŁOD-2KH-L9S-9EH \*

Pan Lucjan WALEWSKI o numerze ewidencyjnym ŁOD/IE/4842/03  
adres zamieszkania Kałduny m. Kałduny 26A, 97-400 Bełchatów  
jest członkiem Łódzkiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada wymagane  
ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.  
Niniejsze zaświadczenie jest ważne od 2021-05-01 do 2022-04-30.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym  
weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2021-03-23 roku przez:

Jacek Szer, Zastępca Przewodniczącego Rady Łódzkiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

(Zgodnie art. 5 ust 2 ustawy z dnia 18 września 2001 r. o podpisie elektronicznym (Dz. U. 2001 Nr 130 poz. 1450) dane w postaci elektronicznej opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu są równoważne pod względem skutków prawnych dokumentom opatrzonym podpisami własnoręcznymi.)

\* Weryfikację poprawności danych w niniejszym zaświadczeniu można sprawdzić za pomocą numeru weryfikacyjnego zaświadczenia na stronie Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa [www.piib.org.pl](http://www.piib.org.pl) lub kontaktując się z biurem właściwej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

Piotrków Tryb 12.XII. 90  
..... dnia ..... 19..... r.

Nr UAN-IV.8388(174)90

**DECYZJA O STWIERDZENIU PRZYGOTOWANIA ZAWODOWEGO**  
do pełnienia samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie

Na podstawie § 2 ust. 2 pkt. 2, 5 ust. 2, 7 i § 13 ust. 1 pkt 4 lit. d  
rozporządzenia Ministra Gospodarki Terenowej i Ochrony Środowiska z dnia 20 lutego 1975 r.  
w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie (Dz.U. Nr 8, poz. 46) stwierdza się, że:

Obywatel (ka) Lucjan Walewski

(imię i nazwisko)

technik elektromechanik

(tytuł naukowy — zawodowy)

urodzony (a) dnia 11 lutego 1948 r. w Strzelnie

posiada przygotowanie zawodowe upoważniające do wykonywania samodzielnej funkcji

projektanta

(rodzaj funkcji)

w specjalności instalacyjno inżynierskiej

(rodzaj specjalności techniczno-budowlanej)

w zakresie sieci i instalacji elektrycznych

(specjalizacja zawodowa)

MA-BUA/14  
CWD MA-BUA-14 zam. 10087-KW-W-76 WDA zam. 218-KI 50.000 piśm. 71g

**Za zgodność  
z oryginałem**

Lucjan Walewski  
technik energetyk  
upr. bud. Nr UAN. V.8388/9/90  
upr. proj. Nr UAN. IV.8388/174/90  
KALDUNY 24-11-103 DUCHOWÓW  
tel. 004 300 461

vateľ (ka) Lucjan Wałewski ..... jest upoważniony (a) do:  
(Imię i nazwisko)

- sporządzania projektów sieci i instalacji elektrycznych, obejmującej instalacje elektryczne, napowietrzne i kablowe linie energetyczne, stacje i urządzenia elektroenergetyczne o powszechnie znanych rozwiązaniach konstrukcyjnych i schematach technicznych.



m. p.

*[Signature]*  
Województwo Łódzkie  
Urząd Wojewódzki  
Wydział  
Inżynierii i Budownictwa

(podpis i pieczęć)

**Za zgodność  
z oryginałem**

**Lucjan Wałewski**  
technik energetyk  
upr. bud. Nr LANI V.3388/91/90  
upr. proj. Nr UKN V.3388/174/90  
KAŁDUNY 26A 97-400 Bełchatów  
tel. 809 308 461