

## DOKUMENTACJA TECHNICZNA

### Sygnatura

mikroPV-SGGW-Rogów

### Nazwa

Dokumentacja techniczna mikroinstalacji fotowoltaicznej o mocy do 50,0 kW



### Obiekt

Nazwa Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej oraz  
JODEŁKA Dom Studencki SGGW w Rogowie  
Adres ul. Leśna 5 i 5a, 95-063 Rogów  
Działka 744/22 obręb [0015] ROGÓW

### Inwestor

Nazwa Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie  
Adres ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa

### Zespół Projektowy

Opis	Imię i nazwisko, nr uprawnień	Podpis
Projektant	<b>inż. Aleksandra Janczak</b> Nr upr. GT-III-7210/40/77 Uprawnienia budowlane do projektowanie bez ograniczeń w specjalności instalacyjnej w zakresie sieci, instalacji i urządzeń elektrycznych i elektroenergetycznych	
Opracowujący	<b>inż. Patryk Kulawiak</b> nr OZE-W/03/000025/21 Certyfikat Urzędu Dozoru Technicznego instalatora odnawialnych źródeł energii: systemów fotowoltaicznych (PV)	

18.09.2023 r.

## Spis treści

Oświadczenie projektantów	3
Kopia uprawnień zespół projektowego	4
I. Wstęp	7
1. Podstawa opracowania	7
2. Przedmiot opracowania	7
3. Zakres opracowania	8
4. Opis stanu istniejącego i lokalizacji inwestycji	8
II. Opis techniczny – część opisowa	11
1. Opis rozwiązań projektowych	11
2. Dobór urządzeń	13
2.1. Moduły fotowoltaiczne / Panele PV	13
2.2. Falowniki fotowoltaiczne (ang. Inverters)	14
2.3. Optymalizatory mocy (ang. Power Optimizers)	15
2.4. Konstrukcja wsporcza modułów PV	15
3. Okablowanie	16
3.1. Strona prądu stałego (DC)	16
3.2. Strona prądu przemiennego (AC)	17
4. Zabezpieczenia	17
4. 1. Przetężeniowe - strona stałoprądowa – DC	17
4. 2. Przetężeniowe - strona zmiennoprądowa – AC	17
4. 3. Przeciwporażeniowe – uzupełniające	18
4. 4. Ochrona przepięciowa instalacji	18
5. Uziemienia i połączenia wyrównawcze	19
6. Instalacja odgromowa	19
7. Rozdzielnice	19
8. Ochrona ppoż.	20
9. System monitoringu instalacji	20
10. Uwagi końcowe	20
III. Zestawienie materiału	21
IV. Symulacja pracy instalacji	22
1. Model symulacyjny	22
2. Wyniki symulacji pracy	22
3. Prezentacja zacieniania powierzchni modułów PV w skali roku	23
4. Bilans energetyczny instalacji	25
5. Produkcja energii na przestrzeni miesięcy	27
V. Opis techniczny – część rysunkowa	28

## Spis załączników



- Specyfikacja Techniczna Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych (STWiORB)
- Przedmiar robót i kosztorys inwestorski
- Opinia Uprawnionego Konstruktora - Ekspertyza możliwości sytuowania modułów fotowoltaicznych dla budynku domu studenckiego „Jodełka”

## OŚWIADCZENIE PROJEKTANTÓW

Zgodnie z art. 34 ust. 3d pkt 3 Ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (t.j. Dz. U. z 2021 r. poz. 2351 oraz z 2022 r. poz. 88, 1557, 1768, 1783, 1846, 2206.) oświadczamy, że:

**Dokumentacja techniczna mikroinstalacji fotowoltaicznej o mocy do 50,0 kW dla kompleksu obiektów Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej oraz JODEŁKA Dom Studencki SGGW w Rogowie, ul. Leśna 5 i 5a, 95-063 Rogów**

sporządzona dnia 18.09.2023 r. została wykonana zgodnie z obowiązującymi przepisami w tym techniczno-budowlanymi oraz zasadami wiedzy technicznej.

Opis	Imię i nazwisko, nr uprawnień	Podpis
Projektant	<b>inż. Aleksandra Janczak</b> Nr upr. GT-III-7210/40/77 Uprawnienia budowlane do projektowanie bez ograniczeń w specjalności instalacyjnej w zakresie sieci, instalacji i urządzeń elektrycznych i elektroenergetycznych	
Opracowujący	<b>inż. Patryk Kulawiak</b> nr OZE-W/03/000025/21 Certyfikat Urzędu Dozoru Technicznego instalatora odnawialnych źródeł energii: systemów fotowoltaicznych (PV)	

## Kopia uprawnień zespołu projektowego

BYDGOSZCZ  
ul. Wolności 10  
85-800 Bydgoszcz  
tel. 42 255 55 55  
fax 42 255 55 55  
e-mail: biuro@sggw.pl  
www.sggw.pl  
Kod: GT-III-7210/40/77

Bydgoszcz, dnia ..... marca ..... 1977 r.

### STWIERDZENIE PRZYGOTOWANIA ZAWODOWEGO

do pełnienia samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie  
Na podstawie § 1.4.481/2 ..... i § 13 ust. 1 pkt. 4 lit. d.  
rozporządzenia Ministra Gospodarki Terenowej i Ochrony Środowiska  
z dnia 20.II.1975r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w  
budownictwie /Dz.U. Nr 8, poz. 46/ stwierdza się, że:  
Obywatel ka Aleksandra Teresa Janczak .....  
inżynier elektryk  
.....  
wzrostu .....  
urodzony dnia .....  
posiada przygotowanie zawodowe uprawniające do wykonywania samodziel-  
nych funkcji projektanta .....  
w specjalności instalacyjno-inżynieryjnej .....  
Obywatel ka Aleksandra Teresa Janczak ..... jest upoważniony do:

1. Do sporządzania projektów instalacji elektrycznych
2. W budownictwie osób fizycznych - do kierowania, nadzorowania i kontrolowania budowy, kierowania i kontrolowania wytwarzania konstrukcyjnych elementów instalacji oraz oceny i badania stanu technicznego instalacji elektrycznych



Handwritten signature and initials.

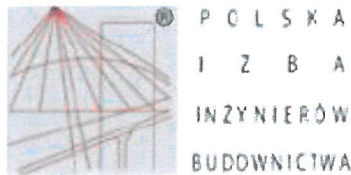
Podpis:  
1. ka Aleksandra Teresa Janczak

.....

a/a







### Zaświadczenie

o numerze weryfikacyjnym

KUP-LAD-3YB-XLI \*

Pani ALEKSANDRA JANCZAK o numerze ewidencyjnym KUP/E/0638/03

adres zamieszkania [REDACTED]

jest członkiem Kujawsko-Pomorskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada wymagane ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.

Niniejsze zaświadczenie jest ważne do dnia 2024-06-30.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2023-06-26 roku przez:

Renata Staszak, Przewodniczący Rady Kujawsko-Pomorskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

Zgodnie z art. 78<sup>1</sup> K.C.

§ 1. Do zachowania elektronicznej formy czynności prawnej wystarczy złożenie oświadczenia woli w postaci elektronicznej, opatrzonego kwalifikowanym podpisem elektronicznym.

§ 2. Oświadczenie woli złożone w formie elektronicznej jest równoważne z oświadczeniem woli złożonym w formie papierowej.

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





## **I. Wstęp**

### **1. Podstawa opracowania**

Podstawę do opracowania niniejszej dokumentacji stanowiły następujące materiały wyjściowe:

- Przeprowadzona wizja lokalna;
- Obowiązujące normy i przepisy oraz wytyczne producentów urządzeń instalacji fotowoltaicznych;  
Podstawowe normy, przepisy i dokumenty techniczne:
  - norma PN-EN 61730 – część 1:2018. Ocena bezpieczeństwa modułu fotowoltaicznego (PV);
  - norma PN-EN 61853 – część 1:2011. Badanie własności modułów fotowoltaicznych (PV);
  - norma PN-EN 62305 – część 1:2011. Zasady Ogólne;
  - norma PN-EN 62305 – część 2:2012. Zarządzanie ryzykiem;
  - norma PN-EN 62305 – część 3:2011. Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia;
  - norma PN-EN 62446 – część 1:2016. Systemy podłączone do sieci - Dokumentacja, odbiory i nadzór;
  - norma PN-HD 60364 – część 4-41:2017. Ochrona przed porażeniem elektrycznym;
  - norma PN-HD 60364 – część 4-43:2012. Ochrona przed prądem przetężeniowym;
  - norma PN-HD 60364 – część 5-51:2011. Postanowienia ogólne;
  - norma PN-HD 60364 – część 5-52:2011. Oprzewodowanie;
  - norma PN-HD 60364 – część 5-54:2011. Uziemienia, przew. ochronne i poł. wyrównawczych;
  - norma PN-HD 60364 – część 5-56:2019. Instalacje bezpieczeństwa;
  - norma PN-HD 60364 – część 6:2016. Sprawdzanie;
  - norma PN-HD 60364 – część 7:2016. Fotowoltaiczne (PV) układy zasilania;
- Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 28 sierpnia 2019 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach energetycznych (Dz.U. 2019 poz. 1830);
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2003 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2019 poz. 1065);
- Ustawa: O odnawialnych źródłach energii z dnia 20 lutego 2015r. (Dz. U. z 2015 r., poz. 478, z późn. zm.)
- Ustawa: O ochronie przeciwpożarowej z dnia 24 sierpnia 1991 r. (Dz.U. z 2020r. poz. 961);
- Ustawa: Prawo budowlane z dnia 7 lipca 1994 r. (Dz.U. z 2021 r. poz. 2351 z późn. zm.);
- Ustawa: Prawo energetyczne z dnia 10 kwietnia 1997 r. (Dz.U. z 2019 r. poz. 755 z późn. zm.).

### **2. Przedmiot opracowania**

Przedmiotem niniejszego opracowania jest dokumentacja techniczna instalacji fotowoltaicznej o mocy 50,0 kW dla kompleksu obiektów: Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej oraz JODEŁKA Dom Studencki SGGW w Rogowie, ul. Leśna 5 i 5a, 95-063 Rogów. Instalacja fotowoltaiczna ma na celu produkcję energii elektrycznej w celu autokonsumpcji na potrzeby zapotrzebowania w energię elektryczną obiektu oraz z powiązaniem z siecią osiedlowego operatora sieci dystrybucyjnej, na zasadach rozliczeniowych prosumenta mikroinstalacji, w trybie przyłączenia w formie zgłoszenia mikroinstalacji do sieci.

Zgodnie z ustawą z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (Dz.U. z 2021 r. poz. 2351 z późn. zm.), Art. 29 ust. 4 pkt. 3 c) instalowanie urządzeń fotowoltaicznych o mocy nie większej niż 50 kW – nie wymaga pozwolenia na budowę oraz zgłoszenia robót budowlanych. Z zaznaczeniem, że dla instalacji powyżej 6,50 kW stosuje się uzgodnienia z rzeczoznawcą do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych pod względem zgodności z wymaganiami ochrony przeciwpożarowej, zwany dalej „uzgodnieniem pod względem ochrony przeciwpożarowej”, projektu tych urządzeń oraz zawiadomienia organów Państwowej Straży Pożarnej, o którym mowa w art. 56 ust. 1a.



### 3. Zakres opracowania

W zakres opracowania wchodzi:

- dobór następujących urządzeń: modułów fotowoltaicznych, konstrukcji wsporczej PV, infrastruktury towarzyszącej w tym: optymalizatorów mocy, falowników, rozdzielnic pośredniczących;
- określenie instalacji: połączeń wyrównawczych i uziemiających, linii kablowych zasilających strony prądu stałego – DC, linii kablowych zasilających strony prądu przemiennego nN – AC;
- zestawienia materiału głównych komponentów instalacji;
- symulacja komputerowa pracy instalacji, w tym: zacienień od istniejącej infrastruktury oraz przedstawienie szacunkowej produkcji energii oraz wskaźników efektu ekologicznego w skali roku.

### 4. Opis stanu istniejącego i lokalizacji inwestycji

Właścicielem terenu jest Inwestor, tzn. posiada prawo do korzystania z nieruchomości, celem budowy i eksploatacji instalacji fotowoltaicznej.

Kompleks jest zasilany w energię elektryczną z istniejącego punktu poboru energii nr PLZELD040008070150. Istniejący Układ pomiarowo-rozliczeniowy pośredni napięcie pomiaru 15 kV, zlokalizowany w rozdzielni nN-0,4 kV wewnątrz stacji transformatorowej (Stacja odbiorcy nr 44-A 026 „Rogów Leśna”, zgodnie z istniejącymi warunkami przyłączenia. Istniejący licznik typu EMH, LZQJ-XC (1-kierunkowy). Wymiany układu pomiarowo-rozliczeniowego/licznika energii dokonuje OSD na podstawie zgłoszenia mikroinstalacji fotowoltaicznej do sieci, w trybie przyłączenia - niniejsze jest poza zakresem opracowania. Na etapie realizacji inwestycji Wykonawca instalacji w dokumentacji powykonawczej zobowiązany jest do przekazania wypełnionego zgłoszenia mikroinstalacji, wraz z załącznikami wymaganymi przez przynależnego OSD oraz winien zapewnić pomocą merytoryczną i formalną Zamawiającemu.

Montaż instalacji planowany jest na południowych połaciach dachowych budynków domu studenckiego „Jodełka” oraz Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej, zgodnie z rysunkiem nr 01 – plan zagospodarowania terenu oraz przedstawionymi poniżej ilustracjami.



*Ilustracja: Lokalizacja budynków na którym planowany jest montaż instalacji PV (oznaczono obramowaniem, koloru żółtego), względem całości obiektu*



Wpływy obiektu budowlanego (Planowanej mikroinstalacji PV) na istniejący drzewostan, powierzchnię ziemi, w tym glebę, wody powierzchniowe i podziemne oraz wykazać, że przyjęte w dokumentacji, rozwiązania przestrzenne, funkcjonalne i techniczne, ograniczają lub emitują wpływ obiektu budowlanego na środowisko przyrodnicze, zdrowie ludzi i inne obiekty budowlane, zgodnie z odrębnymi przepisami – **brak negatywnego wpływu na środowisko, zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 10.09.2019 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko stwierdza się, że na podstawie §3, pkt. 54 – planowana instalacja fotowoltaiczna nie będzie oddziaływać na środowisko.**

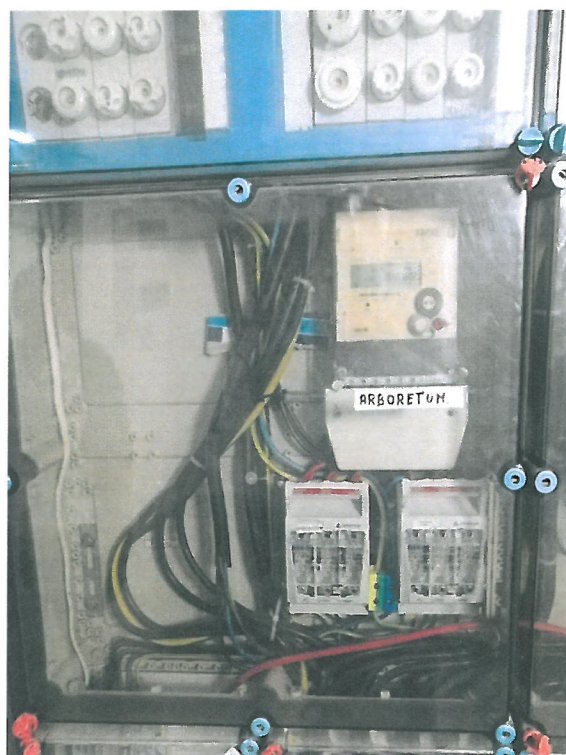
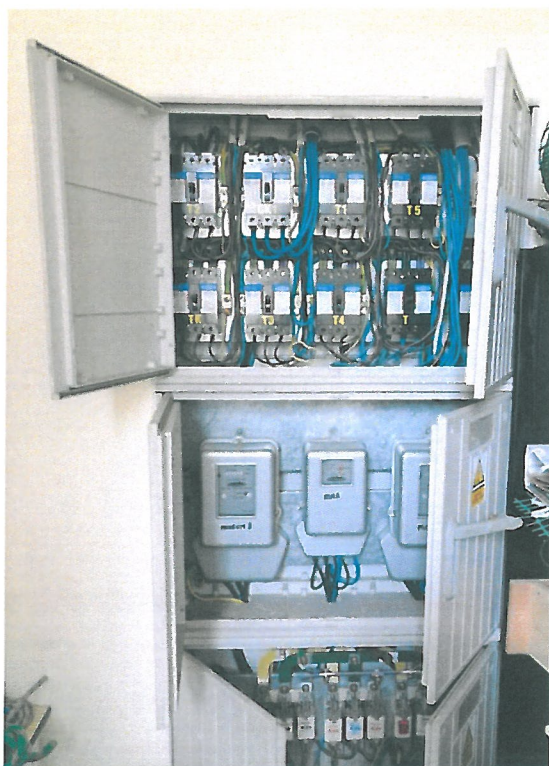


Ilustracja: Widok budynku Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej





*Ilustracja: Widok budynku JODEŁKA Dom Studencki SGGW*



*Ilustracja: pkt. przyłączenia proj. instalacji (istn. aparatura) odpowiednio lewa strona Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej; prawa strona JODEŁKA Dom Studencki SGGW*



## II. Opis techniczny – część opisowa

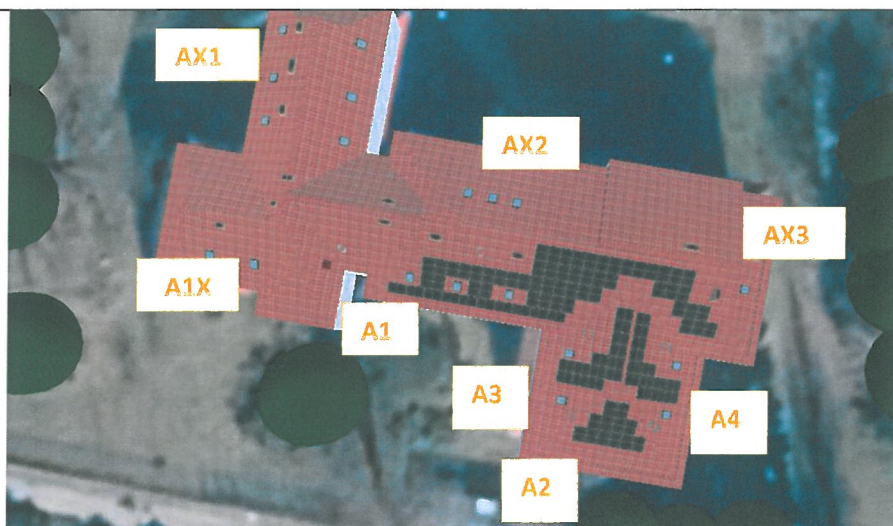
### 1. Opis rozwiązań projektowych

Rozmieszczenie projektowanej instalacji fotowoltaicznej wraz z opisem wykazano na poniższym modelu. Pozwoliło to w maksymalny sposób wykorzystać walory przedmiotowego obiektu, przy uwzględnieniu stanu na dzień opracowania dokumentacji.

**Sumaryczne - Parametry projektowanej instalacji przedstawiają się następująco:**

Moc instalacji PV	50,0	kWp
Sumaryczna powierzchnia modułów PV	244,38	m <sup>2</sup>
Liczba modułów PV	125	
Liczba falowników	2	
1) o mocy znamionowej 33,3 kW		
2) o mocy znamionowej 10,0 kW		
Liczba optymalizatorów mocy	125	
Rozmieszczenie i miejsce montażu aparatury, zgodnie z rysunkiem nr 01		

**Część 1 instalacji – P = 40,0 kW – budynek Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej**



**Część 2 instalacji – P = 10,0 kW – budynek Domu Studenckiego „JODEŁKA”**



Symb.	Kierunek nachylenia	Kąt	Opis
A1	Południe	~27°	<p>Pokrycie blachodachówką – brak defetków na dzień wykonywania wizji lokalnej.</p> <p>Brak instalacji odgromowej – poszycie blachodachówką uziemiona – powierzchnia proj. modułów nie narusza założonego stopnia ochrony – brak konieczności modernizacji.</p> <p>Poszycie blachy uziemione – należy zastosować ograniczniki przepięć DC typu 1i2.</p> <p>Połąć korzystna do montażu PV, z uwagi na orientację względem południa oraz kierunek nachylenia.</p> <p>Oznaczenie na rysunku A1X: Znaczne zacienienie od istniejącego drzewostanu strona zachodnia – nie rekomendowane obłożenie w danej części.</p>
A2	Południe	~27°	<p>Połąć korzystna do montażu PV, z uwagi na orientację względem południa oraz kierunek nachylenia.</p> <p>Rekomendowane przycięcie istniejącego drzewostanu od strony południowej do wysokości ok. 2 m ponad krawędź połaci dachowej.</p>
A3	Zachód	~27°	<p>Z uwagi na ograniczoną przestrzeń montażową - połąć uznana za dopuszczalną do montażu PV.</p> <p>Niekorzystna orientacja względem południa oraz kąt nachylenia – pomniejszona produkcja uznana za dopuszczalną.</p>
A4	Wschód	~27°	<p>Z uwagi na ograniczoną przestrzeń montażową - połąć uznana za dopuszczalną do montażu PV.</p> <p>Niekorzystna orientacja względem południa oraz kąt nachylenia – pomniejszona produkcja uznana za dopuszczalną.</p>
AX1	Zachód	~27°	<p>Niekorzystna orientacja względem południa oraz kąt nachylenia.</p> <p>Znaczne zacienienie od istniejącego drzewostanu.</p> <p>Połąć nie rekomendowana do obłożenia modułami PV.</p>
AX2	Północ	~27°	<p>Niekorzystna orientacja względem południa oraz kąt nachylenia.</p> <p>Połąć nie rekomendowana do obłożenia modułami PV.</p>
AX3	Wschód	~27°	<p>Niekorzystna orientacja względem południa oraz kąt nachylenia.</p> <p>Znaczne zacienienie od istniejącego drzewostanu</p> <p>Połąć nie rekomendowana do obłożenia modułami PV.</p>
B1	Południe	~30°	<p>Pokrycie blachodachówką – brak defetków na dzień wykonywania wizji lokalnej.</p> <p>Istniejące zwody poziome oraz występy odgromowe nad infrastrukturą oraz kalenicą – powierzchnia proj. modułów nie narusza założonego stopnia ochrony – brak konieczności modernizacji.</p> <p>Poszycie blachy uziemione – należy zastosować ograniczniki przepięć DC typu 1i2.</p> <p>Połąć korzystna do montażu PV, z uwagi na orientację względem południa oraz kierunek nachylenia.</p>
B2	Wschód	~30°	<p>Z uwagi na ograniczoną przestrzeń montażową – częściowa połąć uznana za dopuszczalną do montażu PV.</p> <p>Niekorzystna orientacja względem południa oraz kąt nachylenia – pomniejszona produkcja uznana za dopuszczalną.</p> <p>W części centralnej oraz południowej znaczne zacienienie od istniejącej infrastruktury oraz ograniczona przestrzeń montażowa – dodatkowe obłożenie modułami PV – nie rekomendowane.</p>
BX1	Zachód	~30°	<p>Niekorzystna orientacja względem południa oraz kąt nachylenia.</p> <p>Znaczne zacienienie od istniejącego drzewostanu oraz zagęszczone infrastruktury połaci dachowej.</p> <p>Połąć nie rekomendowana do obłożenia modułami PV.</p>
BX2	Zachód i Wschód	~30°	<p>Niekorzystna orientacja względem południa oraz kąt nachylenia.</p> <p>Znaczne zacienienie od istniejącego drzewostanu (wschód) oraz infrastruktury – komin strona południowa. (południe)</p> <p>Połąci nie rekomendowane do obłożenia modułami PV.</p>
BX3	Północ	~30°	<p>Niekorzystna orientacja względem południa oraz kąt nachylenia.</p> <p>Połąć nie rekomendowana do obłożenia modułami PV.</p>

## 2. Dobór urządzeń

### 2.1. Moduły fotowoltaiczne / Panele PV

Projektowane moduły muszą spełniać poniższe wymagania:

- posiadać certyfikaty IEC61215; IEC61730 lub równoważne;
- posiadać co najmniej 12 lat gwarancji producenta;
- posiadać minimum 83% wartości mocy początkowej po 25 latach eksploatacji;
- posiadać wyłącznie dodatnią tolerancję mocy;
- posiadać stopień ochrony skrzynki przyłączeniowej co najmniej IP67;
- nie mogą być wyprodukowane wcześniej niż 12 miesiące przed montażem;
- posiadać parametry zgodne z tabelą równoważności;

W dokumentacji proponuje się zastosowanie modułów fotowoltaicznych charakteryzujących się parametrami zestawionymi w poniższej tabeli. Z zaznaczeniem możliwości zastosowania innego modelu o parametrach zbliżonych – zgodnie z tabelą równoważności.

Sym.	j. m.	Nazwa	Wartość	Tabela równoważności (Dopuszczalne odchylenia)
<b>Parametry wyznaczone dla uwarunkowań testowania STC</b>				
$P_{max}$	W	Moc maksymalna	400,0	Nie mniej niż 400
$I_{MPP}$	A	Prąd znamionowy MPP (ang. <i>maximum power point</i> )	12,83	+/- Brak ograniczeń
$U_{MPP}$	V	Napięcie znamionowe	31,20	+/- Brak ograniczeń
$I_{SC}$	A	Prąd zwarcia, SC (ang. <i>short circuit</i> )	13,73	+/- Brak ograniczeń
$U_{OC}$	V	Napięcie obwodu otwartego OC (ang. <i>open circuit</i> )	37,10	+/- Brak ograniczeń
$\eta$	%	Sprawność / Wydajność	20,48	Nie mniej niż 20,40
<b>Współczynniki temperaturowe</b>				
$\gamma_T$	%/°C	Wsp. temperaturowy mocy	-0,350	+/- Brak ograniczeń
$\alpha_T$	%/°C	Wsp. temperaturowy prądu	0,045	+/- Brak ograniczeń
$\beta_T$	%/°C	Wsp. temperaturowy napięcia	-0,280	+/- Brak ograniczeń
<b>Parametry projektowe / konstrukcyjne</b>				
-	Szt.	Liczba ogniw	108	Nie mniej niż 60
-	-	Rodzaj ogniw	Monokrystaliczne	Monokrystaliczne
$I_{rev}$	A	Maksymalna wartość prądu rewersyjnego	25,0	Nie mniej niż 20,0
$U_{max}$	V	Maksymalne napięcie „krytyczne”	1500	Nie mniej niż 1000
Wym.	m	Wysokość/Szerokość/Grubość	1724/1134/30	+/- Brak ograniczeń
Waga	kg	Waga	21,8	Nie więcej niż 23,0
-	Pa	Obciążenie śniegiem (dodatniego)	5400	Nie mniej niż 5400
-	Pa	Obciążenia wiatrem (ujemnego)	2400	Nie mniej niż 2400
-	W	Tolerancja mocy	-0/+5	Wyłączenie dodatnia
-	%	Moc pozostała po 25 latach	84,8	Nie mniej niż 83%

## 2.2. Falowniki fotowoltaiczne (ang. Inverters)

Projektowane falowniki muszą spełniać poniższe wymagania:

- wyznaczone przez przynależnego operatora sieci dystrybucyjnej (OSD), wraz z szczegółami określonymi w przepisach: NC RfG oraz IRIESD, w zakresie mikroinstalacji PV, z wyróżnieniem:
  - zabezpieczenie „przed pracą wyspową” - uniemożliwienie dostarczenia wygenerowanej energii przy stanie zaniku napięcia z sieci elektroenergetycznej;
  - nastawy parametrów elektrycznych „granicznych” (poziomy napięcie oraz częstotliwości),
  - odpowiednie nastawy/sterowanie generowaną mocą bierną;
- być 3-fazowymi (400 VAC) przekształtnikami energoelektronicznymi wykonanymi w technologii beztransformatowej;
- posiadać stopień ochrony co najmniej IP65;
- być wyposażone w moduł komunikacyjny RS485;
- umożliwiać komunikację poprzez sieć Ethernet oraz Wi-Fi;
- posiadać co najmniej 12 lat gwarancji producenta;
- brak przeciwwskazań do współpracy z optymalizatorami mocy;
- nie mogą być wyprodukowane wcześniej niż 12 miesięcy przed montażem.

W dokumentacji proponuje się zastosowanie falowników charakteryzujących się parametrami zestawionymi w poniższych tabelach. Z zaznaczeniem możliwości zastosowania innego modelu o parametrach zbliżonych – zgodnie z tabelą równoważności.

Sym.	j. m.	Nazwa	Tabela równoważności (Dopuszczalne odchylenia)		
Parametry dotyczące strony wejściowej DC			$P_N = 10,0 \text{ kW}$	$P_N = 33,30 \text{ kW}$	
$P_{PVmax}$	kW	Maksymalna moc podłączonych modułów PV	13,50	50,0	Nie mniej niż moc proj. modułów PV
$U_{INmax}$	V	Maksymalne napięcie wejściowe	1000,0	1000,0	+ Brak ograniczeń
$U_{MPPmin}$ $U_{MPPTmax}$	V	Znamionowe napięcie pracy MPP	750,0	750,0	W przedziale 500-850
$I_{MPPmax}$	A	Maksymalny prąd znamionowy	16,50	48,25	Nie mniej niż prąd proj. modułów PV
$I_{SCmax}$	A	Maksymalny prąd obwodu zwartego	16,50	48,25	Nie mniej niż prąd proj. modułów PV
MPPT	Szt.	Liczba śledzących maksymalny punkt pracy	1	1	+ Brak ograniczeń; Możliwa praca z optymalizatorami mocy
Parametry dotyczące strony wyjściowej AC					
$P_N$	kW	Znamionowa moc wyjściowa	10,0	33,30	W przedziale 0,8-1,2 Mocy Proj. PV
$S$	kVA	Maksymalna moc wyjściowa	10,0	33,30	+ Brak ograniczeń
$I_{max}$	A	Maksymalny prąd wyjściowy	16,0	48,25	+/- Brak ograniczeń
Parametry konwersji					
$\eta_{max}$	%	Sprawność maksymalna	98,0	98,30	Nie mniej niż 98,0
$\eta_{EURO/CEC}$	%	Sprawność europejska (tzn. ważona)	97,60	98,0	Nie mniej niż 97,50



### 2.3. Optymalizatory mocy (ang. Power Optimizers)

Projektowane optymalizatory mocy muszą spełniać poniższe wymagania:

- realizacja optymalizacji mocy na poziomie każdego z modułów fotowoltaicznych;
- posiadać certyfikaty IEC61000-6-2; IEC61000-6-3;
- posiadać co najmniej 10 lat gwarancji producenta;
- posiadać stopień ochrony co najmniej IP67;
- brak przeciwwskazań do pracy z zastosowanym modelem falownika.

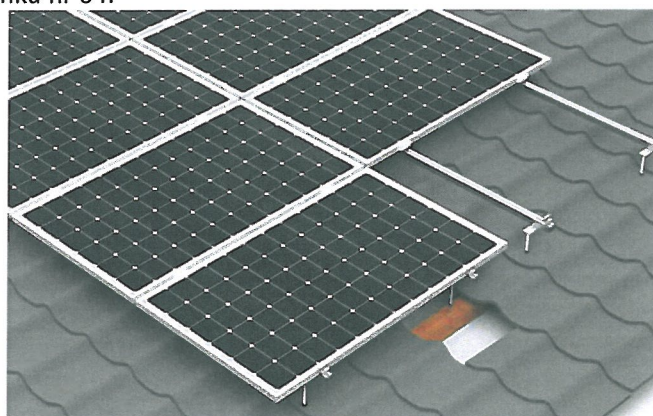
W dokumentacji proponuje się zastosowanie optymalizatorów mocy charakteryzujących się parametrami zestawionymi w poniższej tabeli. Z zaznaczeniem możliwości zastosowania innego modelu o parametrach zbliżonych – zgodnie z tabelą równoważności.

Sym.	j. m.	Nazwa	Wartość	Tabela równoważności (Dopuszczalne odchylenia)
$P_{PVmax}$	kW	Maksymalna moc wejściowa	440,0	Nie mniej niż moc proj. modułów PV
$U_{INmax}$	V	Maksymalne napięcie wejściowe	60,0	Nie mniej niż napięcie proj. modułów PV
$U_{INmin}$	V	Minimalne napięcie wejściowe	8,0	Nie więcej niż napięcie proj. modułów PV
$I_{SCmax}$	A	Maksymalny prąd obwodu zwartego	14,50	Nie mniej niż prąd proj. modułów PV
$\eta_{max}$	%	Sprawność maksymalna	99,50	Nie mniej niż 99,0
Zezwala się na zastosowanie jednego optymalizatora na dwie szt. modułów PV, przy spełnieniu warunku wielokrotności powyższych parametrów.				

### 2.4. Konstrukcja wsporcza modułów PV

Mając na uwadze stan istniejący oraz optymalne rozmieszczenie instalacji. Projektowane moduły fotowoltaiczne montowane będą za pomocą dedykowanych systemów konstrukcji wsporczych pod instalacje fotowoltaiczne, zgodnie z poniższym opisem oraz przykładowym rozmieszczeniem wstępnym zgodnym z rys. 01 oraz przedstawionymi wizualizacjami.

Proponuje się konstrukcję odpowiednią dla zastosowanego poszycia – blachodachówki, bazującą na nośnych aluminiowych profilach kotwionych do drewnianej konstrukcji dachu, przy pomocy wkrętów oraz dedykowanego wspornika. Przykładowy model konstrukcji ukazano na poniższej ilustracji oraz na rysunku nr 04.



Zastosowana konstrukcja wsporcza powinna spełniać wymogi:

- możliwości montażu zadeklarowanej ilości modułów w opracowaniu lub ekwiwalentu założonej mocy modułów PV, projektowanej instalacji - przy uwzględnieniu istniejącej przestrzeni montażowej oraz braku naruszenia szczelności pokrycia i walorów konstrukcyjnych;
- certyfikatu zgodności z normami PN-EN 1090-1, PN-EN 1090-2+A1 (dla elementów stalowych) oraz PN-EN 1090-3 (dla elementów aluminiowych);
- odpowiedniego dopasowania względem obciążenia śniegiem i wiatrem – zgodnie z: PN-EN 1991-1-3:2005 oraz PN-EN 1991-1-4:2010.

### 3. Okablowanie

#### 3.1. Strona prądu stałego (DC)

Połączenia poszczególnych modułów fotowoltaicznych wykonywać przez okablowanie dostarczone do danego sprzętu. Połączenia do odpowiednich obwodów falowników realizować za pomocą kabli dedykowanych do zastosowań fotowoltaicznych, tzn. napięcie pracy 1000 V, izolacja odporna na promieniowanie UV, ze złączkami dedykowanymi DC (+/-) o przekroju żył roboczych nie mniejszym niż 6 mm<sup>2</sup> oraz przy uwzględnieniu poniżej przedstawionych warunków.

Kable należy układać zgodnie z praktyką inżynierską, tak aby unikać pętli indukcyjnej. Kable łączące poszczególne moduły fotowoltaiczne będą mocowane do konstrukcji wsporczej samych modułów fotowoltaicznych. Kable pomiędzy łączeniami modułów PV a falownikami, będą prowadzone na trasach kablowych osłoniętych za pomocą dedykowanych rur osłonowych lub koryt kablowych, przy czym dla trasowania na zewnątrz: rury osłonowe lub listwy instalacyjne będą przystosowane do pracy w przestrzeniach otwartych i będą odporne na promieniowanie UV. Wykonawca przed przystąpieniem do prac montażowych zobowiązany jest do przedstawienia Inwestorowi rozwiązań dt. trasowania okablowania.

*Warunek obciążalności prądowej:*

$$I_z^* \geq I_B; I_z^* = I_z \cdot k_g$$

gdzie:  $I_z^*$  – skorygowana o  $k_g$ , obciążalność długotrwała przewodów;  $I_z$  – obciążalność długotrwała, zależna od sposobu ułożenia okablowania,  $k_g$  – współczynnik korygujący;  $I_B$  – prąd obciążenia obwodu – odpowiada  $I_{MPP}$  modułu.

*Warunek dopuszczalnego spadku napięcia, w instalacjach fotowoltaicznych przyjmuje się 1%:*

$$\Delta U [\%] = \frac{(\text{ilość STRING} \cdot P_{PV}) \cdot l \cdot 100}{\gamma \cdot s \cdot (\text{ilość STRING} \cdot U_{MPP(T_{max})})^2} \leq 1\%$$

gdzie:  $P_{PV}$  – moc modułu PV;  $l$  – długość okablowania, z zaznaczeniem składowych: okablowania + i – (2-krotność dł. trasy) oraz ułożenie z uniknięciem pętli indukcyjnej (+ i – możliwie najbliżej);  $U_{MPP(T_{max})}$  – napięcie MPP w maksymalnej temperaturze, dla konfiguracji z optymalizatorami mocy o stałym napięciu łańcucha  $U_{MPPT\_Fal}$  – dla zaproponowanego modelu 750 V;  $\gamma$  – konduktywność materiału żyły, przyjęta dla miedzi;  $s$  – przekrój przewodu.

W poniższej tabeli zestawiono dobór okablowania dla skrajnych wariantów obwodów.

Nr Obw.	Dł. Trasy	PV	P <sub>pv</sub>	$I_B$	$U_{MPP}$	Sposób ułożenia	Rodzaj przewodów	$s$	$I_z^*$	$I_{sum}$	$\Delta U\%$	Sprawdzenie warunków	
		Szt.										$I_B \leq I_z^*$	$\Delta U\% \leq 1\%$
1.1.	40	25	10000	12,83	750,0	B1	H1Z2Z2-K 1x	6,0	41,0	105,0	0,576	Zgodny	Zgodny
1.2.	35	25	10000	12,83	750,0	B1	H1Z2Z2-K 1x	6,0	41,0	95,0	0,521	Zgodny	Zgodny
1.3.	30	25	10000	12,83	750,0	B1	H1Z2Z2-K 1x	6,0	41,0	85,0	0,466	Zgodny	Zgodny
1.4.	20	25	10000	12,83	750,0	B1	H1Z2Z2-K 1x	6,0	41,0	65,0	0,357	Zgodny	Zgodny
2.1.	25	25	10000	12,83	750,0	B1	H1Z2Z2-K 1x	6,0	41,0	75,0	0,412	Zgodny	Zgodny



### 3.2. Strona prądu przemiennego (AC)

Połączenia pomiędzy falownikiem, rozdzielnicą AC (zabezpieczeniami falownika), a miejscem przyłączenia należy wykonać kablem o izolacji przystosowanej na napięcie 0,6/1 kV: 5-żyłowym, o przekroju nie mniejszym niż wynikającym z poniżej przedstawionych warunków. Na schemacie ideowym – rysunek nr 02, zawarto przykładowy komponent spełniający wymagania.

Podłączenia względem aparatury należy wykonać, zgodnie z dedykowanymi złączkami i praktyką inżynierską. Okablowanie AC prowadzić zgodnie z projektem zagospodarowania terenu, bądź w sposób optymalizujący rozmieszczenie kabli. Kable nie prowadzone w gruncie będą prowadzone na trasach kablowych osłoniętych za pomocą dedykowanych rur osłonowych lub koryt kablowych, przy czym dla trasowania na zewnątrz wymaga się aby były przystosowane do pracy w przestrzeniach otwartych i będą odporne na promieniowanie UV. Wykonawca przed przystąpieniem do prac montażowych zobowiązany jest do przedstawienia Inwestorowi rozwiązań dt. trasowania okablowania.

Warunek obciążalności prądowej:

$$I_z^* \geq I_B; I_z^* = I_z \cdot k_g$$

gdzie:  $I_z^*$  – skorygowana o  $k_g$ , obciążalność długotrwała przewodów;  $I_z$  – obciążalność długotrwała, zależna od sposobu ułożenia okablowania,  $k_g$  – współczynnik korygujący;  $I_B$  – prąd obciążenia obwodu – odpowiada  $I_{max}$  falownika.

Warunek dopuszczalnego spadku napięcia, dla falownika (generatora) przyjmuje się 1%:

$$\Delta U [\%] = \frac{P_{max} \cdot l \cdot 100}{\gamma \cdot s \cdot U_N^2} \leq 1\%$$

gdzie:  $P_{max}$  – moc maksymalna urządzenia (falownika);  $l$  – odległość urządzenia od miejsca przyłączenia;  $U_N$  – napięcie znamionowe sieci (międzyprzewodowe);  $\gamma$  – konduktywność materiału żyły;  $s$  – przekrój przewodu.

W poniższej tabeli zestawiono dobór okablowania.

Nr obw.	Zasilanie	$P$	$I_B$	Sposób ułożenia	Mat.	Rodzaj przewodów	$s$	$I_z$	$k_g$	$I_z^*$	$l$	$\Delta U\%$	Sprawdzenie warunków	
		kW	A				mm <sup>2</sup>	A	-	A	m	%	$I_B \leq I_z^*$	$\Delta U\% \leq 1\%$
Fal. 1	3-fazowe	33,3	48,25	B2	Cu	YKY(żo) 5x	25,0	112,0	1,00	112,0	55,0	0,848	Zgodny	Zgodny
Fal. 2	3-fazowe	10	16,0	B3	Cu	YKY(żo) 5x	10,0	63,0	2,00	126,0	60,0	0,694	Zgodny	Zgodny

## 4. Zabezpieczenia

### 4. 1. Przetężeniowe - strona stałoprądowa – DC

Dla zabezpieczeń szeregow (stringów) modułów PV przewiduje się montaż rozłączników bezpiecznikowych przystosowanych do pracy pod napięciem DC 1000 V, wraz z wkładkami bezpiecznikowymi odpowiednimi do rozwiązań fotowoltaicznymi, tzn. typu gPV o wartości znamionowej prądu zadziałania nie większej niż dopuszczalna wartość prądu rewersyjnego zastosowanych modułów fotowoltaicznych.

Dobrano zabezpieczenie gPV 20A dla każdego z projektowanych szeregow modułów PV, zgodnie z poniższą zależnością:

$$\begin{aligned}
 I_2 &\leq I_z^* \cdot 1,45 \\
 I_2 &= I_n \cdot k_2 \\
 20,0 \cdot 1,20 &\leq 41,0 \cdot 1,45 \\
 24,0 &\leq 59,45
 \end{aligned}$$

gdzie:  $I_z^*$  – skorygowana o  $k_g$ , obciążalność długotrwała przewodów;  $I_n$  – znamionowy prąd urządzenia zabezpieczającego;  $I_2$  – prąd zadziałania urządzenia zabezpieczającego;  $k_2$  – współczynnik krotności zabezpieczenia

#### 4. 2. Przetężeniowe - strona zmiennoprądowa – AC

Dla obwodów: falownik – miejsce przyłączenia, należy zastosować zabezpieczenia przetężeniowe w postaci wyłączników nadprądowych o charakterystyce B. Doboru dokonać, zgodnie z poniższymi zależnościami. Na schemacie ideowym – rysunek nr 02, zawarto przykładowy komponent spełniający wymagania.

$$I_B \leq I_n \leq I_z^*$$

$$I_2 \leq I_z^* \cdot 1,45$$

$$I_2 = I_n \cdot k_2$$

gdzie:  $I_z^*$  – skorygowana obciążalność długotrwała przewodów, zgodnie z rozdziałem doboru przewodów;  $I_B$  – prąd obciążenia obwodu – maksymalna wartość prądu na wyjściu falownika;  $I_n$  – znamionowy prąd urządzenia zabezpieczającego;  $I_2$  – prąd zadziałania urządzenia zabezpieczającego;  $k_2$  – współczynnik krotności zabezpieczenia, dla wyłączników nadprądowych z charakterystykami B,C,D = 1,45.

W poniższej tabeli zestawiono dobór zabezpieczenia głównego falowników.

Nr obw.	$I_B$	$I_z^*$	Typ zap.	$I_n$	$1,45 \cdot I_z^*$	$I_2$	Sprawdzenie warunków	
	A	A		A	A	A	$I_B \leq I_n \leq I_z^*$	$I_2 \leq 1,45 \cdot I_z^*$
Fal. 1	48,3	112,0	3P B	63,0	162,4	91,35	Zgodny	Zgodny
Fal. 2	16,0	63,0	3P B	20,0	91,4	29	Zgodny	Zgodny

#### 4. 3. Przeciwporażeniowe – uzupełniające

Układ sieci projektowanej instalacji to TN-S. Ochrona podstawowa oraz ochrona przed dotykiem bezpośrednim realizowana będzie przez izolowanie części czynnych (izolacja podstawowa) oraz stosowanie obudów i osłon zastosowanych urządzeń o stopniu ochrony co najmniej IP2X. Ochrona przeciwporażeniowa dodatkowa spełniona zostanie przez zastosowanie wyłączników nadprądowych. Jako drugi stopień ochrony przeciwpożarowej projektuje się wyłącznik różnicowy-prądowy (RCD) o prądzie upływu 100 mA oraz typie A.

#### 4. 4. Ochrona przepięciowa instalacji

Dla zapewnienia ochrony przepięciowej strony DC dla każdej grupy modułów fotowoltaicznych przynależnych do wykorzystanego wejścia MPPT falownika, zastosować ogranicznik przepięć, o maksymalnym napięciu trwałej pracy wynoszącym nie mniej niż 1000 V. Typ zastosowanego ogranicznika przepięć uzależniony jest od stanu instalacji odgromowej w obiekcie, w momencie realizacji działań montażowych przez Wykonawcę.

- Typ 2 (T2) – gdy budynek nie posiada ochrony odgromowej lub zachowany został odstęp izolacyjny (PN-EN-62305-3:2011) pomiędzy instalacją modułów fotowoltaicznych, a instalacją odgromową.
- Typ 1 i 2 (T1+T2) – gdy nie zostały zachowane odstępy izolacyjne pomiędzy instalacją modułów fotowoltaicznych, a instalacją odgromową, w danym przypadku ogranicznik należy połączyć z szyną wyrównawczą (SW) przewodem o przekroju nie mniejszym niż 16 mm<sup>2</sup>. Dodatkowo konstrukcję wsporczą modułów należy połączyć z instalacją odgromową, za pomocą złącz krzyżowych oraz linki miedzianej o przekroju min. 16 mm<sup>2</sup>.

Dla zapewnienia ochrony przepięciowej strony AC dla falownika/ów zastosować ogranicznik przepięć, o maksymalnym napięciu trwałej pracy na każdą z faz wynoszącym nie mniej niż 255 V oraz o typie 2. Gdy w miejscu przyłączenia nie występuje istniejąca aparatura ograniczników przepięć konieczne jest zastosowanie ograniczników przepięć AC typu 1 i 2 (T1+T2).

Rezystancja uziemienia szyny wyrównawczej, do której podłączany zostaje ogranicznik przepięć powinna spełniać warunek  $R \leq 10 \Omega$ . Projektowaną szynę wyrównawczą uziemić przez połączenie żyły ochronnej (żo) kabla zasilającego, uziemionej w punkcie przyłączenia instalacji (istniejącego uziomu).

## **5. Uziemienia i połączenia wyrównawcze**

Przy wykonywaniu połączenia wyrównawczego należy pamiętać, że wszystkie uziemienia po stronie DC, jak i AC, powinny być wspólne. Także nie należy wykonywać nieuziemionych połączeń wyrównawczych. Sposób wykonania połączenia wyrównawczego modułów fotowoltaicznych oraz ich konstrukcji wsporczej jest zależny od rodzaju instalacji odgromowej w jaką wyposażony jest obiekt:

- gdy budynek nie posiada ochrony odgromowej lub zachowany został odstęp izolacyjny (zgodnie z PN-EN-62305-3:2011) pomiędzy instalacją modułów fotowoltaicznych, a instalacją odgromową. Połączenia należy wykonać przewodem o przekroju nie mniejszym niż 6 mm<sup>2</sup>, łącząc moduły fotowoltaiczne oraz ich konstrukcję wsporczą doprowadzając przewód do szyny wyrównawczej;
- gdy nie zostały zachowane odstępy izolacyjne pomiędzy instalacją modułów fotowoltaicznych, a instalacją odgromową, w danym przypadku połączenia należy wykonać przewodem o przekroju nie mniejszym niż 16 mm<sup>2</sup> oraz łącząc moduły fotowoltaiczne oraz ich konstrukcję wsporczą z instalacją odgromową obiektu przewodem o przekroju nie mniejszym niż 16 mm<sup>2</sup>.

Dla uziemienia ramki modułów PV, a konstrukcji wsporczej stosować dedykowane podkładki uziemiające.

Na rysunku nr 03 zawarto opis projektowanego rozwiązania dla stanu na dzień wykonania wizji lokalnej.

## **6. Instalacja odgromowa**

Przy wykonywaniu instalacji – rozmieszczeniu modułów PV stosować się do wytycznych PN-EN-62305-3:2011, tzn. jeżeli odstęp separacyjny pomiędzy instalacją odgromową a konstrukcją wsporczą modułów PV nie został zachowany, należy zastosować odpowiednie środki opisane w rozdziale dt. ochrony przepięciowej instalacji oraz połączeń wyrównawczych. Przy jednoczesnym uwzględnieniu istniejącego poziomu ochronny (LPS) obiektu, względem projektowanej instalacji fotowoltaicznej, tzn. projektowana instalacja PV musi zostać objęta ochroną odgromową.

Na dzień wykonywania wizji lokalnej: Budynek muzeum dla części 1 instalacji, nie posiadał dodatkowej instalacji odgromowej. Wierzchnie poszycie blachodachówki uziemione - należy zastosować ograniczniki przepięć DC typu 1i2; Budynek domu studenckiego dla części 2 instalacji posiadał instalację odgromową oraz wierzchnie poszycie blachodachówki uziemione - należy zastosować ograniczniki przepięć DC typu 1i2.

Nie przewiduje się modernizacji istniejącej instalacji odgromowej.

## **7. Rozdzielnice**

Projektowaną aparaturę zabezpieczającą należy umieścić w rozdzielnicach natynkowych o klasie IP nie gorszej niż IP40 dla zastosowań wewnętrznych, bądź IP65 dla zastosowań zewnętrznych. Wraz z zastosowaniem oznaczeń odpowiednich dla danej rozdzielnic. Rozdzielnice główne instalacji PV montować w pobliżu falownika, zgodnie z rysunkiem nr 01 – ostateczne miejsce montażu Wykonawca ustali z Inwestorem na etapie realizacji inwestycji.

## **8. Ochrona ppoż.**

Dwie części instalacji zostaną przyłączone w rozdzielnicach głównych przynależnych odpowiednio do budynku: 1) muzeum Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej; 2) domu studenckiego „JODEŁKA”. W miejscu przyłączenia należy zastosować wyłącznik z cewką wyzwajającą, połączoną z istniejącym obwodem wyzwiania ppoż. / przycisków ppoż. – odpowiadającego budynku, zgodnie z rysunkiem nr 02. Brak zasilania w budynku skutkuje zatrzymaniem pracy falownika z uwagi na zabezpieczenie przed pracą wyspowa.

Jako dodatkową aktywne rozwiązania techniczne w celu ograniczenia ryzyka wystąpienia pożaru stosuje się: wyłącznik różnicowoprądowy (RCD) oraz zastosowanie optymalizatorów mocy ograniczających napięcie strony stałoprądowej (DC) do poziomu napięcia bezpiecznego, w sytuacji braku pracy falownika/zasilania.

Projektowana instalacja fotowoltaiczna nie wpływa na zmianę warunków ochrony przeciwpożarowej obiektu w odniesieniu do zaopatrzenia w wodę do zewnętrznego gaszenia pożaru oraz w odniesieniu dostępności i warunków do drogi pożarowej.

Zgodnie z ustawą z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (Dz.U. z 2021 r. poz. 2351 z późn. zm.), Art. 29 ust. 4 pkt. 3 c) instalacje o mocy zainstalowanej elektrycznej większej niż 6,5 kW stosuje się obowiązek uzgodnienia z rzeczoznawcą do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych pod względem zgodności z wymaganiami ochrony przeciwpożarowej, zwany dalej „uzgodnieniem pod względem ochrony przeciwpożarowej”, projektu tych urządzeń oraz zawiadomienia organów Państwowej Straży Pożarnej.

## **9. System monitoringu instalacji**

W celu realizacji aktywnego monitoringu konieczne jest zapewnienie dostępu do sieci Internet do falownika. Zrealizowane zostanie to przez wykorzystanie: istniejącej bezprzewodowej sieci Wi-Fi lub istniejącej infrastruktury LAN – połączenie Ethernet. Niniejsze Wykonawca ustali z Inwestorem na etapie realizacji inwestycji.

## **10. Uwagi końcowe**

- Przed przystąpieniem do prac montażowych, Wykonawca zobowiązany jest do wykonania dokumentacji wykonawczej, zawierającej m. in.:
  - plan wymiarowy oraz schemat instalacji, z uwzględnieniem ew. zmian stosowanych komponentów instalacji oraz aktualnymi na dzień wykonywania uzgodnieniami z Inwestorem.
- Roboty instalacyjno-montażowe wykonać zgodnie z Normami PN-IEC 30364, PN-EN 62305-1-4; PN-HD 60364-7-712, SEP-E-004; i Rozporządzeniem Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa w sprawie warunków technicznych, jakimi powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.
- Przy przekazywaniu obiektu do eksploatacji, Wykonawca obowiązany jest dostarczyć Inwestorowi dokumentację powykonawczą, a w szczególności:
  - dokumentację techniczną, uwzględniającą zmiany względem koncepcji wstępnej;
  - protokół badań rezystancji izolacji;
  - protokół badań skuteczności ochrony przeciwporażeniowej;
  - protokół pomiaru rezystancji uziemień;
  - certyfikaty lub deklaracje zgodności wydane dla wyrobów stosowanych w instalacjach elektrycznych;
  - uzupełnione zgłoszenie mikroinstalacji, wraz z załącznikami wymagane przez przynależnego OSD oraz zapewnić pomocą merytoryczną i formalną Inwestorowi;
  - wykonać instrukcję eksploatacji, wraz z danymi dostępowymi do systemu monitoringu instalacji oraz przeprowadzić przeszkolenie osób wyznaczonych przez Inwestora.

### III. Zestawienie materiału

W poniższej tabeli zestawiono przykładowe główne komponent projektowanej instalacji fotowoltaicznej, przy założeniu zastosowania 125 szt. modułów fotowoltaicznych o mocy znamionowej 400 W. Przy doborze materiału należy stosować się do opisu niniejszej dokumentacji oraz towarzyszącej Specyfikacji Technicznej Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych (STWiORB)

Lp.	Nazwa	j. m.	Ilość
1	Moduł fotowoltaiczny o mocy znamionowej 400 W (Parametry zgodne z tabelą równoważności)	szt.	125
2	Falownik sieciowy o mocy znamionowej 33,30 kW (Parametry zgodne z tabelą równoważności)	szt.	1
3	Falownik sieciowy o mocy znamionowej 10,0 kW (Parametry zgodne z tabelą równoważności)	szt.	1
4	Optymalizator mocy (Parametry zgodne z tabelą równoważności)	szt.	125
5	Dedykowana systemowa konstrukcja wsporcza PV – odpowiednia dla blachodachówki oraz zgodna z wymaganiami opisu technicznego Umożliwiająca montaż 125 szt. modułów PV	komp.	1
6	Rozdzielnica natynkowa IP40, szyna DIN: min. 2x16 modułowa	szt.	1
7	Rozdzielnica natynkowa IP40, szyna DIN: min. 1x12 modułowa	szt.	2
8	Rozdzielnica natynkowa IP40, szyna DIN: min. 1x6 modułowa	szt.	2
9	Główna szyna uziemiająca (SW+akcesoria)	komp.	2
10	Ogranicznik przepięć DC 1000 V, typ 1i2	szt.	2
11	Ogranicznik przepięć AC 3-fazowy, typ 1i2	szt.	2
12	Wyłącznik nad-prądowy 3P B63A	szt.	1
13	Wyłącznik nad-prądowy 3P B20A	szt.	1
14	Wyłącznik różnicowo-prądowy 4P 100mA	szt.	2
15	Wyłącznik nad-prądowy 3P C63A z możliwym wyzwalaczem	szt.	1
16	Wyłącznik nad-prądowy 3P C20A z możliwym wyzwalaczem	szt.	1
17	Cewka wyzwalająca 230V AC do wyłącznika nad-prądowego 3P	szt.	1
18	Podstawa bezpiecznikowa DC (+ i -)	szt.	5
19	Wkładka bezpiecznikowa gPV 20A	szt.	10
20	Okablowanie DC – 1000 V, H1Z2Z2-K 1x6mm <sup>2</sup>	m	425
21	Okablowanie AC – YKYżo 5x25mm <sup>2</sup>	m	55
22	Okablowanie AC – YKYżo 5x10mm <sup>2</sup>	m	60
23	Okablowanie p.poż - NKGS 2x1,5mm <sup>2</sup>	m	40
24	Linka poł. uziemiających i wyrównawczych - LgY 16mm <sup>2</sup>	m	65
25	Złączki MC (+)i(-)	komp.	20
26	Peszel giętki UV 750N 25 lub 32 mm + akcesoria montażowe	m	213
27	Rura/Listwa instalacyjna dla okablowania AC + akcesoria montażowe	m	100

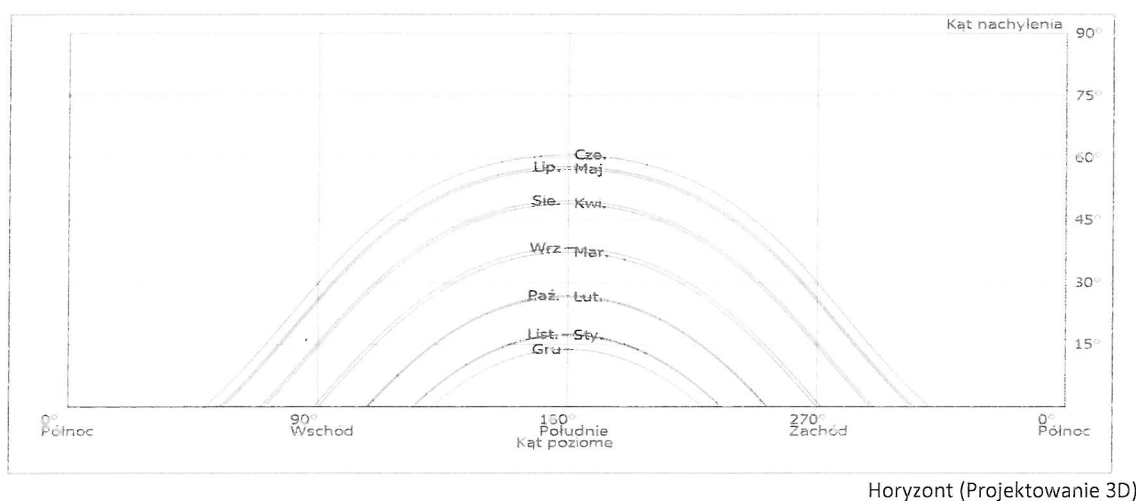
## IV. Symulacja pracy instalacji

### 1. Model symulacyjny

Szacunkową produkcję w skali roku oszacowano na bazie przeprowadzonej symulacji komputerowej pracy instalacji w środowisku PVSol, na podstawie modelu zgodnego z poniższą tabelą.

#### Dane klimatyczne – Model symulacyjny w środowisku PVSol

Lokalizacja	Łódź, POL (1991 - 2010) (lokalizacja PV: gmina Rogów, powiat brzeziński, województwo łódzkie)
Rozdzielczość danych	1 h
Zastosowane modele symulacji:	
- Promieniowanie rozproszone na powierzchni poziomej	Hofmann
- Nasłonecznienie powierzchni nachylonej	Hay & Davies



### 2. Wyniki symulacji pracy

W poniższej tabeli zestawiono wyniki pracy instalacji w skali roku. Nie uwzględnia się spadku wydajności na przestrzeni lat z uwagi na degradację modułów fotowoltaicznych – wg. SWZ maksymalny spadek wydajności nie większy niż 83% na przestrzeni 25 lat.

#### Zestawienie sumaryczne

Moc generatora PV	50,00	kWp
Energia wyprodukowana przez system PV (sieć AC)	50 897	kWh/rok
Pobór falownika w trybie czuwania	41,0	kWh/rok
Emisja CO <sub>2</sub> , której dało się uniknąć:	41 328	kg / rok
<i>Oszacowanie emisji dwutlenku węgla - 0,812 Mg CO<sub>2</sub>/MWh w przypadku energii elektrycznej, na podstawie zgodnie z wytycznymi Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami (energia elektryczna – współczynnik referencyjny dla KSE, energia cieplna – współczynnik dla ciepła sieciowego).</i>		



**Część 1 instalacji – budynek Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej**

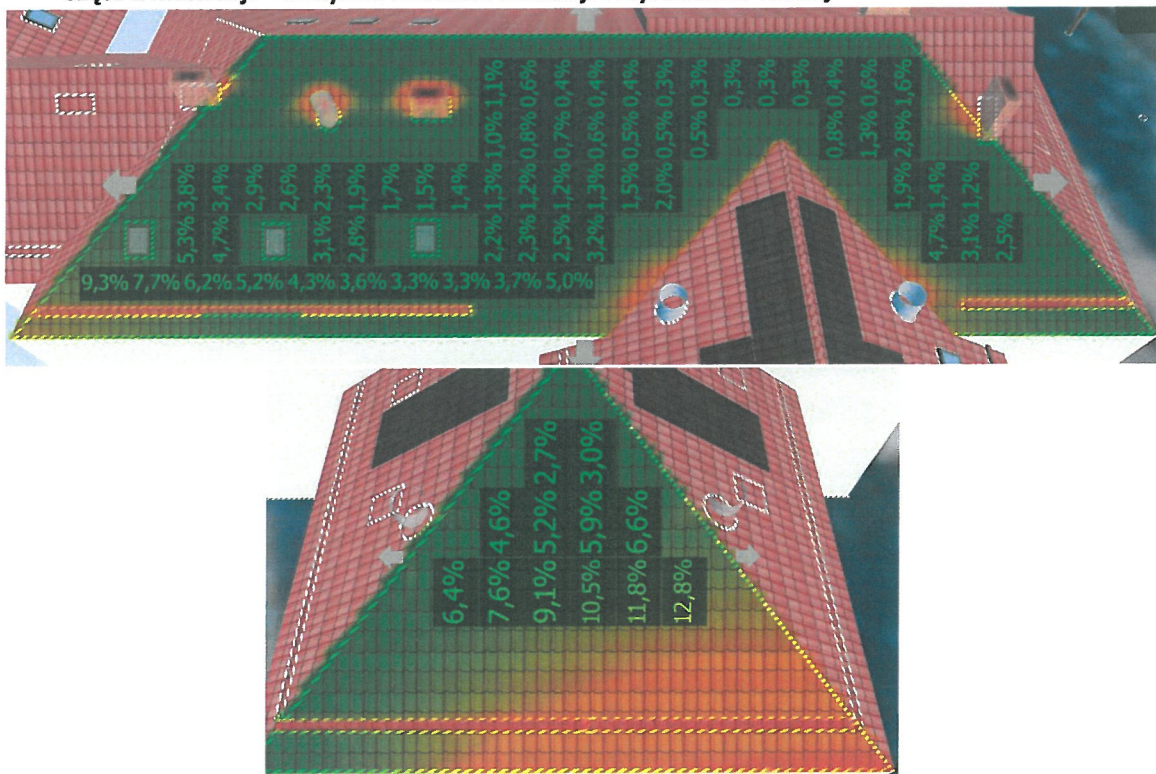
Moc generatora PV	40,00	kWp
Spec. uzysk roczny	1 026,34	kWh/kWp
Stosunek wydajności (PR)	88,69	%
Zmniejszenie uzysku na skutek zacienienia	6,7	%
Energia wyprodukowana przez system PV (sieć AC)	41 071	kWh/rok
Pobór falownika w trybie czuwania	30,0	kWh/rok
Emisja CO <sub>2</sub> , której dało się uniknąć:	7979	kg / rok

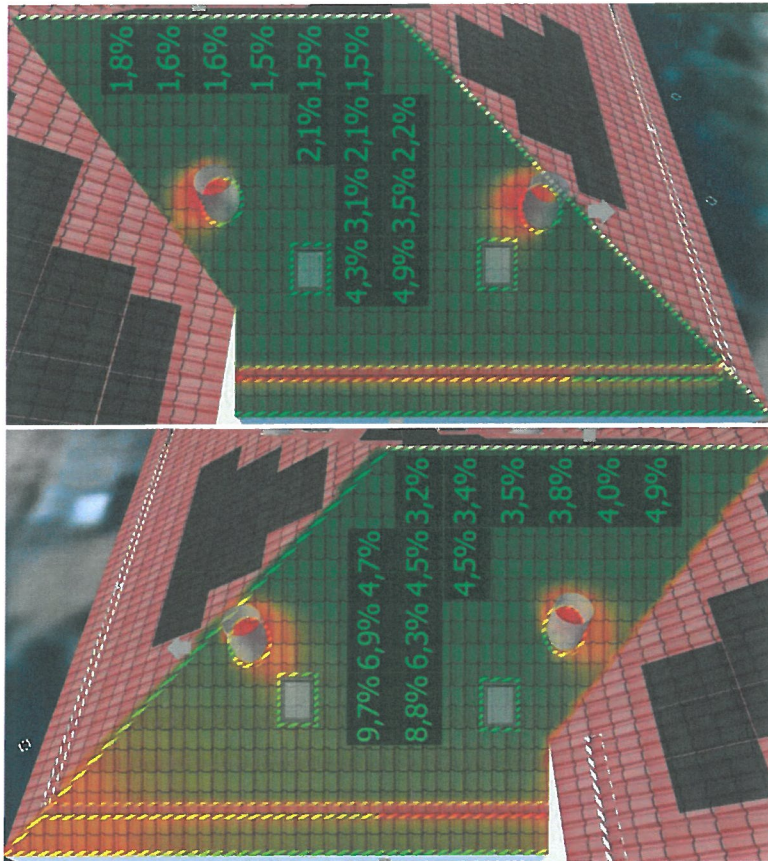
**Część 2 instalacji – budynek JODEŁKA Dom Studencki SGGW**

Moc generatora PV	10,00	kWp
Spec. uzysk roczny	981,49	kWh/kWp
Stosunek wydajności (PR)	85,00	%
Zmniejszenie uzysku na skutek zacienienia	10,1	%
Energia wyprodukowana przez system PV (sieć AC)	9 826	kWh/rok
Pobór falownika w trybie czuwania	11,0	kWh/rok
Emisja CO <sub>2</sub> , której dało się uniknąć:	43 445	kg / rok

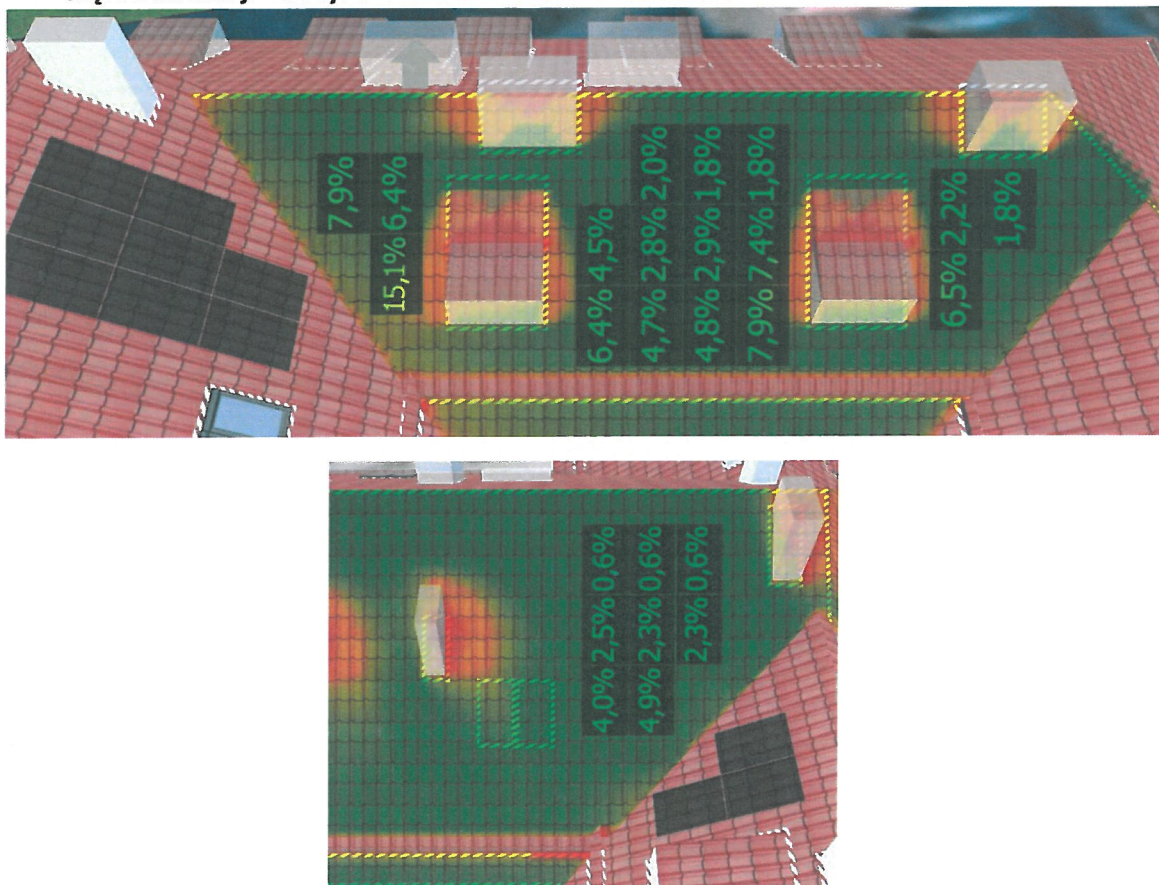
**3. Prezentacja zacieniania powierzchni modułów PV w skali roku**

Na poniższych ilustracjach zestawiono procentową wartości zacieniania powierzchni modułów PV w skali roku – wynikająca z istniejącej infrastruktury oraz obiektów zacieniających.

**Część 1 instalacji – budynek Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej**



Część 2 instalacji – budynek JODEŁKA Dom Studencki SGGW





#### 4. Bilans energetyczny instalacji

W poniższych tabelach zestawiono szczegółowy bilans energetyczny pracy instalacji z podziałem na poszczególne części:

##### Część 1 instalacji – budynek Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej

###### Promieniowanie globalne, poziomo

	<b>1 076,57 kWh/m<sup>2</sup></b>	
Odchylenie od standardowego widma	-10,77 kWh/m <sup>2</sup>	-1,00 %
Odbicie od gruntu (albedo)	18,13 kWh/m <sup>2</sup>	1,70 %
Orientacja i nachylenie modułów fotowoltaicznych	84,93 kWh/m <sup>2</sup>	7,84 %
Zacienienie niezależne od modułu	-12,54 kWh/m <sup>2</sup>	-1,07 %
Odbicia na powierzchni modułu	-5,64 kWh/m <sup>2</sup>	-0,49 %

###### Globalne nasłonecznienie na moduł

**1 150,69 kWh/m<sup>2</sup>**

1 150,69 kWh/m<sup>2</sup>

x 195,502 m<sup>2</sup>

= 224 960,98 kWh

###### Globalne nasłonecznienie PV

**224 960,98 kWh**

Zanieczyszczenie

0,00 kWh 0,00 %

Konwersja STC (współczynnik sprawności znamionowej modułu 20,48 %)

-178 899,47 kWh -79,52 %

###### Znamionowa energia PV

**46 061,51 kWh**

Zacienienie częściowe specyficzne dla modułu

-2 219,26 kWh -4,82 %

Zachowanie w warunkach słabego oświetlenia

-340,07 kWh -0,78 %

Odchylenie od znamionowej temperatury modułu

-865,74 kWh -1,99 %

Diody

-49,85 kWh -0,12 %

Niedopasowanie (dane producenta)

0,00 kWh 0,00 %

Niedopasowanie (konfiguracja/zacienienie)

-0,02 kWh 0,00 %

Optymalizator mocy (przetwarzanie prądu DC/zregulowanie)

-495,94 kWh -1,16 %

###### Energia PV (DC) bez regulacji falownika

**42 090,62 kWh**

Spadek mocy poniżej mocy początkowej DC

0,00 kWh 0,00 %

Regulacja zakresu napięcia MPP

-40,43 kWh -0,10 %

Regulacja maks. prądu DC

-26,45 kWh -0,06 %

Regulacja maks. mocy prądu DC

0,00 kWh 0,00 %

Regulacja maks. mocy prądu AC/cos phi

-10,21 kWh -0,02 %

Adaptacja MPP

0,00 kWh 0,00 %

###### Energia PV (DC)

**42 013,53 kWh**

###### Energia na wejściu falownika

**42 013,53 kWh**

Odchylenie napięcia wejściowego od znamionowego

0,00 kWh 0,00 %

Konwersja z prądu DC na AC

-942,32 kWh -2,24 %

Pobór w trybie czuwania (Falownik)

-17,80 kWh -0,04 %

Straty całkowite w kablu

0,00 kWh 0,00 %

###### Energia PV (AC) odjąć zużycie podczas czuwania

**41 053,41 kWh**

###### Energia wyprodukowana przez system PV (sieć AC)

**41 071,22 kWh**

## Część 2 instalacji – budynek JODEŁKA Dom Studencki SGGW

**Promieniowanie globalne, poziomo**

Odchylenie od standardowego widma	-10,77 kWh/m <sup>2</sup>	-1,00 %
Odbicie od gruntu (albedo)	17,18 kWh/m <sup>2</sup>	1,61 %
Orientacja i nachylenie modułów fotowoltaicznych	88,98 kWh/m <sup>2</sup>	8,22 %
Zacienienie niezależne od modułu	-18,13 kWh/m <sup>2</sup>	-1,55 %
Odbicia na powierzchni modułu	-5,57 kWh/m <sup>2</sup>	-0,48 %

**Globalne nasłonecznienie na moduł****1 076,57 kWh/m<sup>2</sup>**

$$\begin{aligned}
 &1\,148,25 \text{ kWh/m}^2 \\
 &\times 48,875 \text{ m}^2 \\
 &= 56\,121,35 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

**Globalne nasłonecznienie PV****56 121,35 kWh**

Zanieczyszczenie	0,00 kWh	0,00 %
Konwersja STC (współczynnik sprawności znamionowej modułu 20,48 %)	-44 630,32 kWh	-79,52 %

**Znamionowa energia PV****11 491,03 kWh**

Zacienienie częściowe specyficzne dla modułu	-865,25 kWh	-7,53 %
Zachowanie w warunkach słabego oświetlenia	-56,71 kWh	-0,53 %
Odchylenie od znamionowej temperatury modułu	-212,12 kWh	-2,01 %
Diody	-20,78 kWh	-0,20 %
Niedopasowanie (dane producenta)	0,00 kWh	0,00 %
Niedopasowanie (konfiguracja/zacienienie)	-0,40 kWh	0,00 %
Optymalizator mocy (przetwarzanie prądu DC/zregulowanie)	-111,28 kWh	-1,08 %

**Energia PV (DC) bez regulacji falownika****10 224,50 kWh**

Spadek mocy poniżej mocy początkowej DC	0,00 kWh	0,00 %
Regulacja zakresu napięcia MPP	-63,09 kWh	-0,62 %
Regulacja maks. prądu DC	0,00 kWh	0,00 %
Regulacja maks. mocy prądu DC	0,00 kWh	0,00 %
Regulacja maks. mocy prądu AC/cos phi	0,00 kWh	0,00 %
Adaptacja MPP	0,00 kWh	0,00 %

**Energia PV (DC)****10 161,42 kWh****Energia na wejściu falownika****10 161,42 kWh**

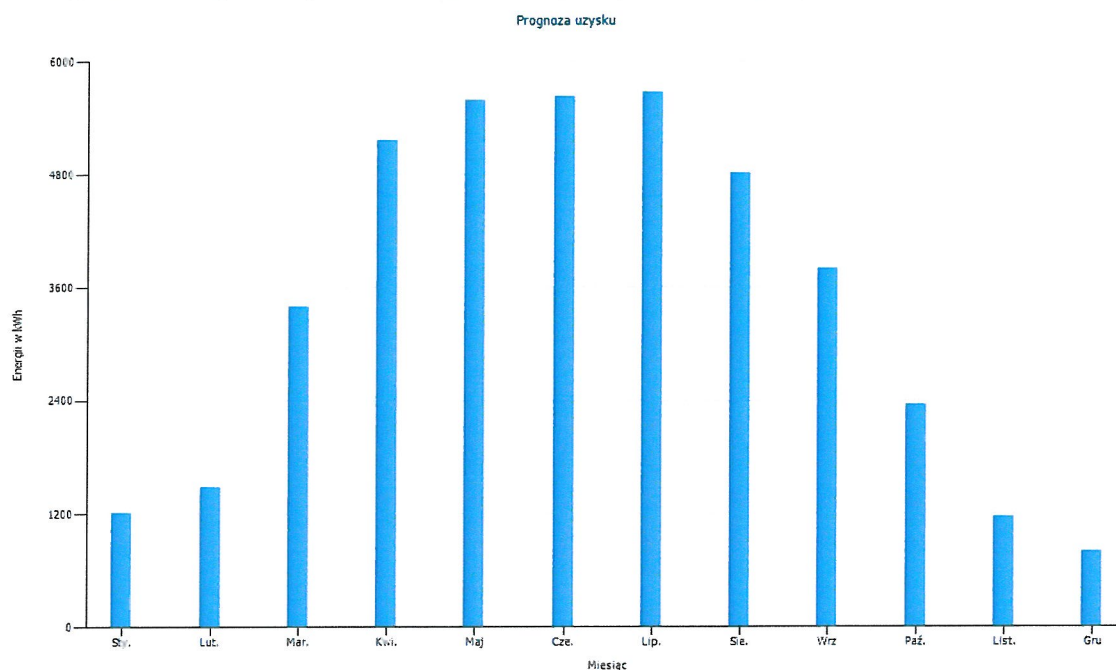
Odchylenie napięcia wejściowego od znamionowego	0,00 kWh	0,00 %
Konwersja z prądu DC na AC	-335,36 kWh	-3,30 %
Pobór w trybie czuwania (Falownik)	-11,14 kWh	-0,11 %
Straty całkowite w kablu	0,00 kWh	0,00 %

**Energia PV (AC) odjąć zużycie podczas czuwania****9 814,92 kWh****Energia wyprodukowana przez system PV (sieć AC)****9 826,06 kWh**

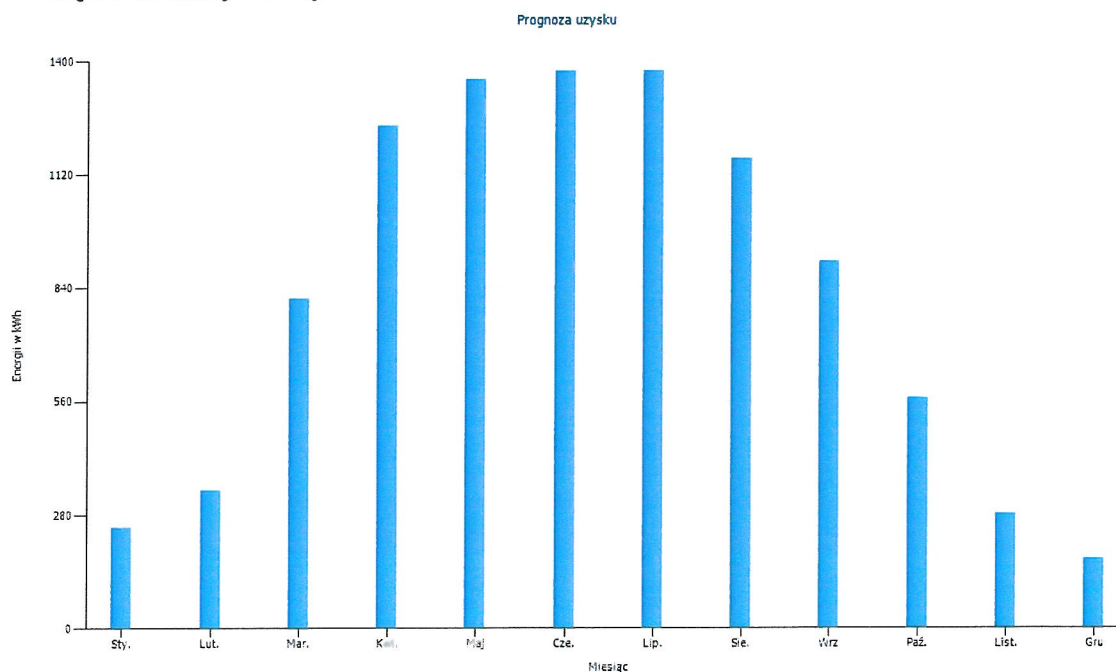
## 5. Produkcja energii na przestrzeni miesięcy

Na poniższych wykresach zestawiono szacunkową produkcję energii elektrycznej z projektowanej instalacji fotowoltaicznej na przestrzeni miesięcy, z podziałem na części instalacji:

### Część 1 instalacji – budynek Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej



### Część 2 instalacji – budynek JODEŁKA Dom Studencki SGGW



## **V. Opis techniczny – część rysunkowa**

Spis rysunków:

- Rys. nr 01 – plan zagospodarowania terenu
- Rys. nr 02 – schemat ideowy instalacji
- Rys. nr 03 – plan wymiarowy
- Rys. nr 04 – konstrukcja wsporcza modułów PV



Proj. Falownik nr 2 oraz rozdzielnice  
Montaż na poddaszu

YKYżo 5x10mm<sup>2</sup>  
dł. cał. 60 m; dł. trasy 55 m,  
Trasowanie w korytach instalacyjnych

1x 2xkabel DC 6mm<sup>2</sup>  
Trasa w peszlu UV  
Zejście kanałem wentylacyjnym  
do poziomu poddasza

Istn. Rozdzielnica główna bud. domu studenckiego  
pom. techniczne, Piwnica



Istn. Rozdzielnica główna bud. muzeum  
pom. techniczne, Parter

YKYżo 5x25mm<sup>2</sup>  
dł. cał. 55 m; dł. trasy 45 m,  
Trasowanie w korytach instalacyjnych

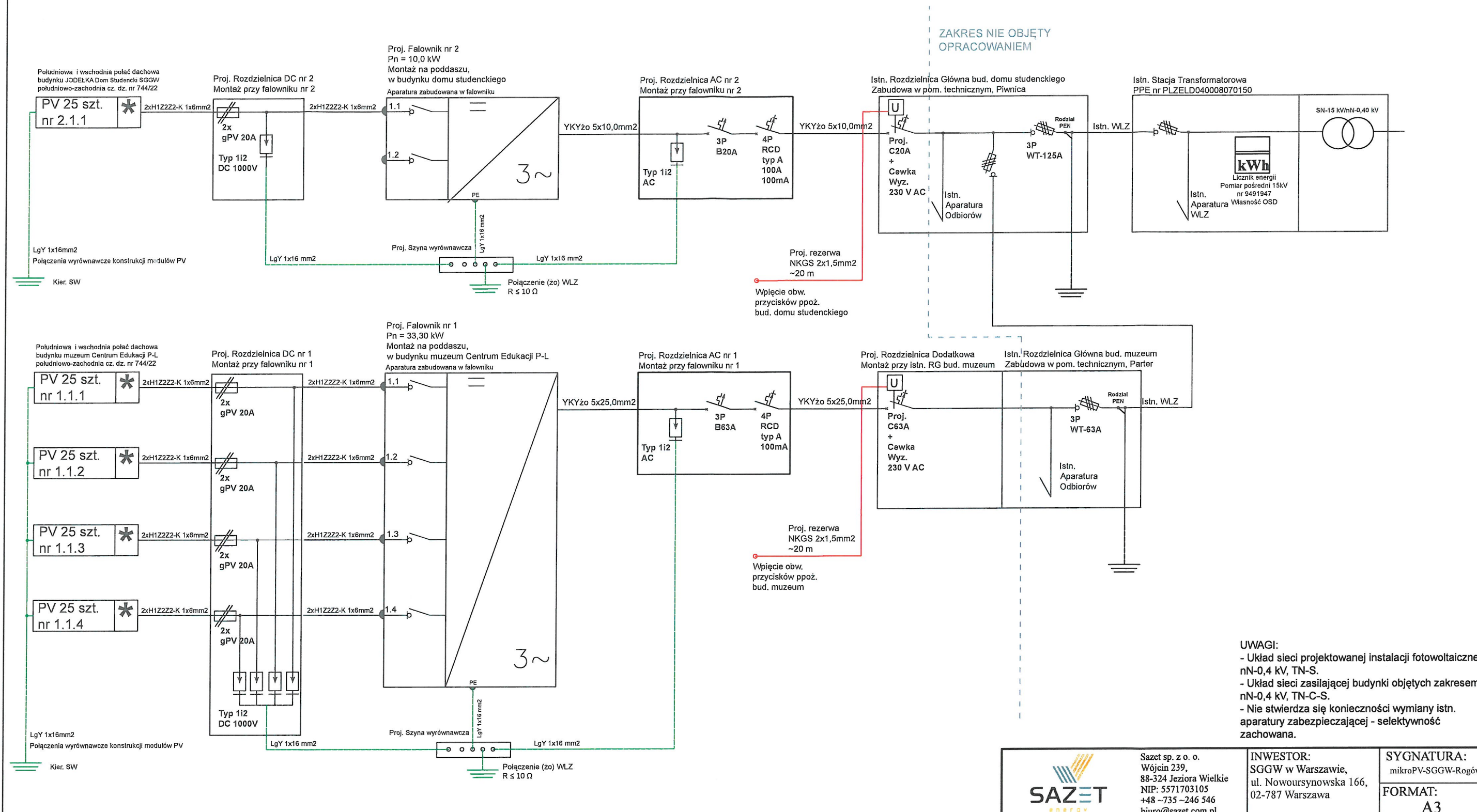
Proj. Falownik nr 1 oraz rozdzielnice  
Montaż na poddaszu

3x 2xkabel DC 6mm<sup>2</sup>  
Trasa w peszlu UV  
Zejście kanałem wentylacyjnym  
do poziomu poddasza

- LEGENDA:
- Proj. moduł fotowoltaiczny o mocy 400 W  
Konstrukcja wsporcza: "Błachodachówka"
  - Proj. falowniki o mocy znamionowej  
1) 33,30 kW 2) 10,0 kW  
Montaż na poddaszach odpowiednich budynków
  - Proj. rozdzielnica AC  
Montaż w pobliżu falownika
  - Proj. rozdzielnica DC  
Montaż w pobliżu falownika
  - Istn. infrastruktura
  - Proj. linia kablowa AC nN
  - Proj. linia kablowa DC
  - Proj. szyna wyrównawcza (SW)
  - Obszar budynków objętych inwestycją


		Sazet sp. z o. o. Wójcin 239, 88-324 Jeziora Wielkie NIP: 5571703105 +48 -735 -246 546 biuro@sazet.com.pl	INWESTOR: SGGW w Warszawie, ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa	SYGNATURA: mikroPV-SGGW-Rogów
NAZWA: Dokumentacja techniczna mikroinstalacji fotowoltaicznej o mocy do 50.0 kW				FORMAT: A3
OBIEKT: Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej oraz JODEŁKA Dom Studencki SGGW ul. Leśna 5 I 5a, 95-063 Rogów, dz. nr 744/22 obręb [0015] ROGÓW				SKALA: 1:500
TYTUŁ RYSUNKU: Plan zagospodarowania terenu				NR RYS: 01
Projektant	inż. Aleksandra Janczak Nr upr. GT-III-7210/40/77 Uprawnienia budowlane do projektowanie bez ograniczeń w specjalności instalacyjnej w zakresie sieci, instalacji i urządzeń elektrycznych i elektroenergetycznych			
Opracowujący	inż. Patryk Kulawiak nr OZE-W/03/000025/21 Certyfikat Urzędu Dozoru Technicznego instalatora odnawialnych źródeł energii - systemów fotowoltaicznych (PV)			
				



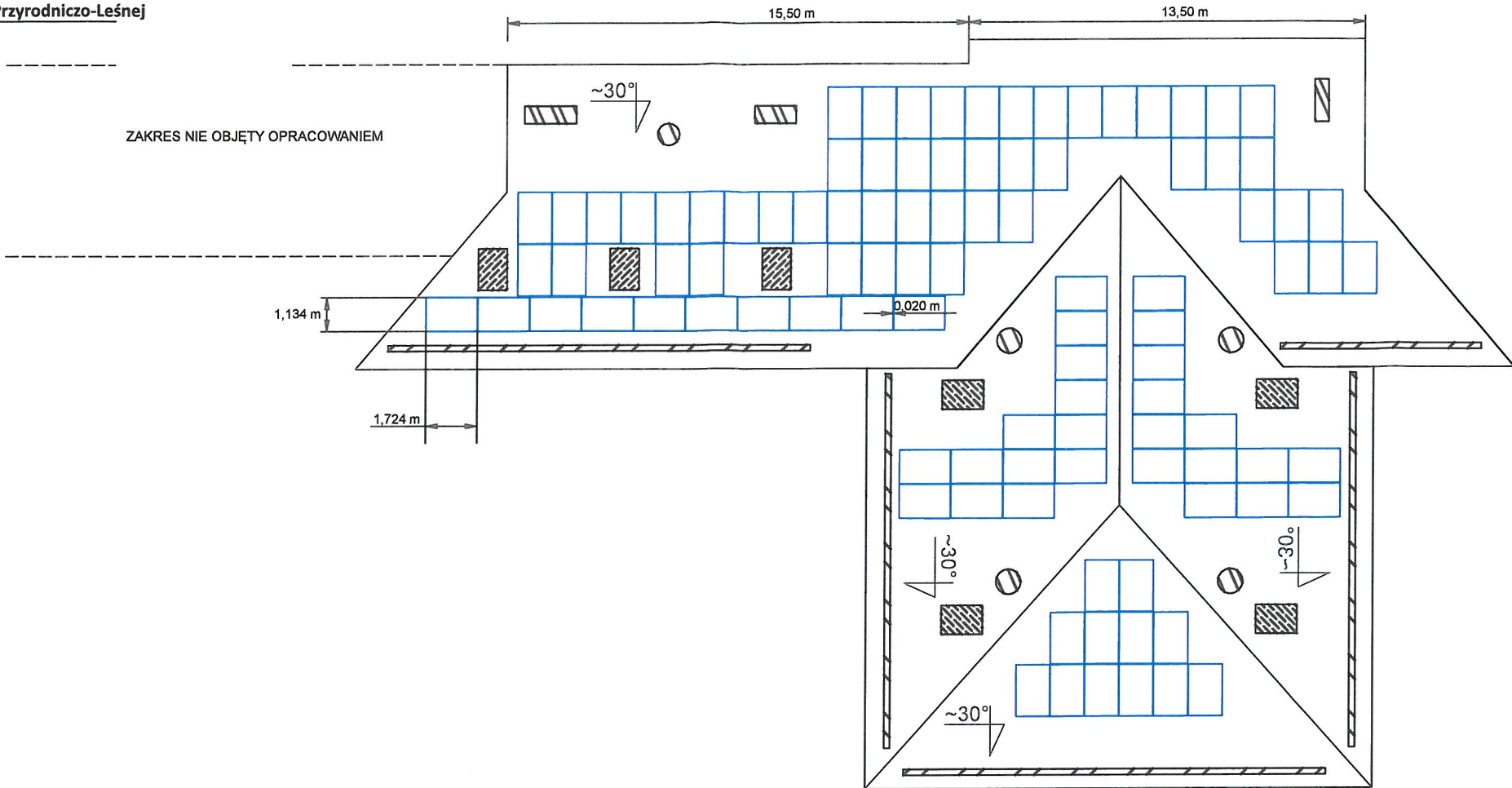


UWAGI:  
- Układ sieci projektowanej instalacji fotowoltaicznej nN-0,4 kV, TN-S.  
- Układ sieci zasilającej budynki objętych zakresem nN-0,4 kV, TN-C-S.  
- Nie stwierdza się konieczności wymiany istn. aparatury zabezpieczającej - selektywność zachowana.

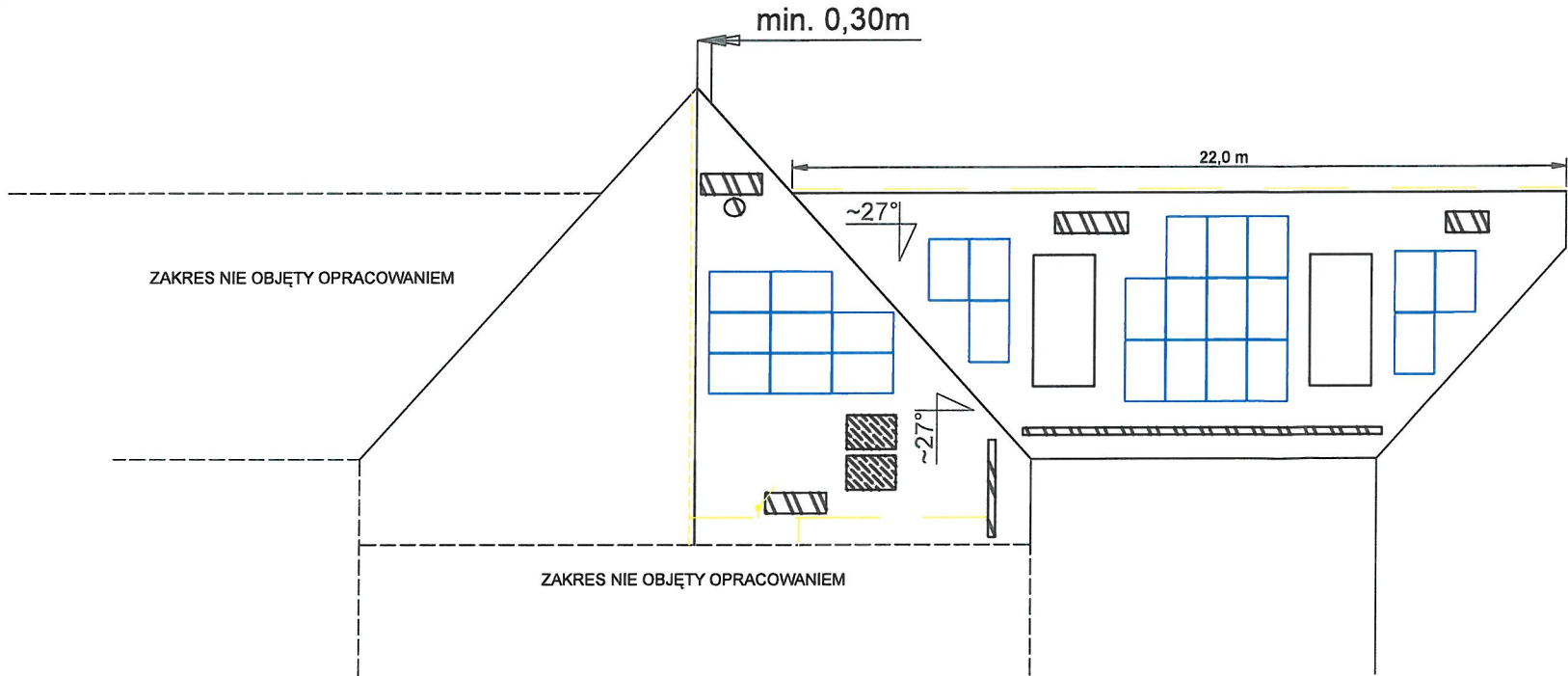
LEGENDA:	
	Łańcuch modułów fotowoltaicznych
	X - nr falownika, Y - nr MPPT, Z - nr łańcucha dla danego MPPT
	Moduł fotowoltaiczny o mocy 400 W
	Falownik sieciowy
	1) o mocy 33,30 kW
	2) o mocy 10,0 kW
	* Optymalizator mocy, montaż na każdym module PV
	Cewka wyzwalająca
	Wyłącznik różnicowoprądowy
	Wyłącznik nadprądowy
	Ogranicznik przepięć
	Rozłącznik izolacyjny

	Sazet sp. z o. o. Wójcin 239, 88-324 Jeziora Wielkie NIP: 5571703105 +48 ~735 ~246 546 biuro@sazet.com.pl	INWESTOR: SGGW w Warszawie, ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa	SYGNATURA: mikroPV-SGGW-Rogów
			FORMAT: A3
NAZWA: Dokumentacja techniczna mikroinstalacji fotowoltaicznej o mocy do 50,0 kW			SKALA: -
OBIEKT: Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej oraz JODEŁKA Dom Studencki SGGW ul. Leśna 5 I 5a, 95-063 Rogów, dz. nr 744/22 obręb [0015] ROGÓW			NR RYS: 02
TYTUŁ RYSUNKU: Schemat ideowy instalacji			DATA: 18.09.2023
Projektant	inż. Aleksandra Janczak Nr upr. GT-III-7210/40/77 Uprawnienia budowlane do projektowania bez ograniczeń w specjalności instalacyjnej w zakresie sieci, instalacji i urządzeń elektrycznych i elektroenergetycznych		
Opracowujący	inż. Patryk Kulawiak nr OZE-W/03/000025/21 Certyfikat Urzędu Dozoru Technicznego instalatora odnawialnych źródeł energii: systemów fotowoltaicznych (PV)		

Część 1 instalacji – budynek Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej



Część 2 instalacji – budynek JODEŁKA Dom Studencki SGGW






- LEGENDA:
- Proj. moduł fotowoltaiczny o mocy 400 W
  - Konstrukcja wsporcza - "Błachodachówka - równoległe do połaci dachowej"

UWAGI:

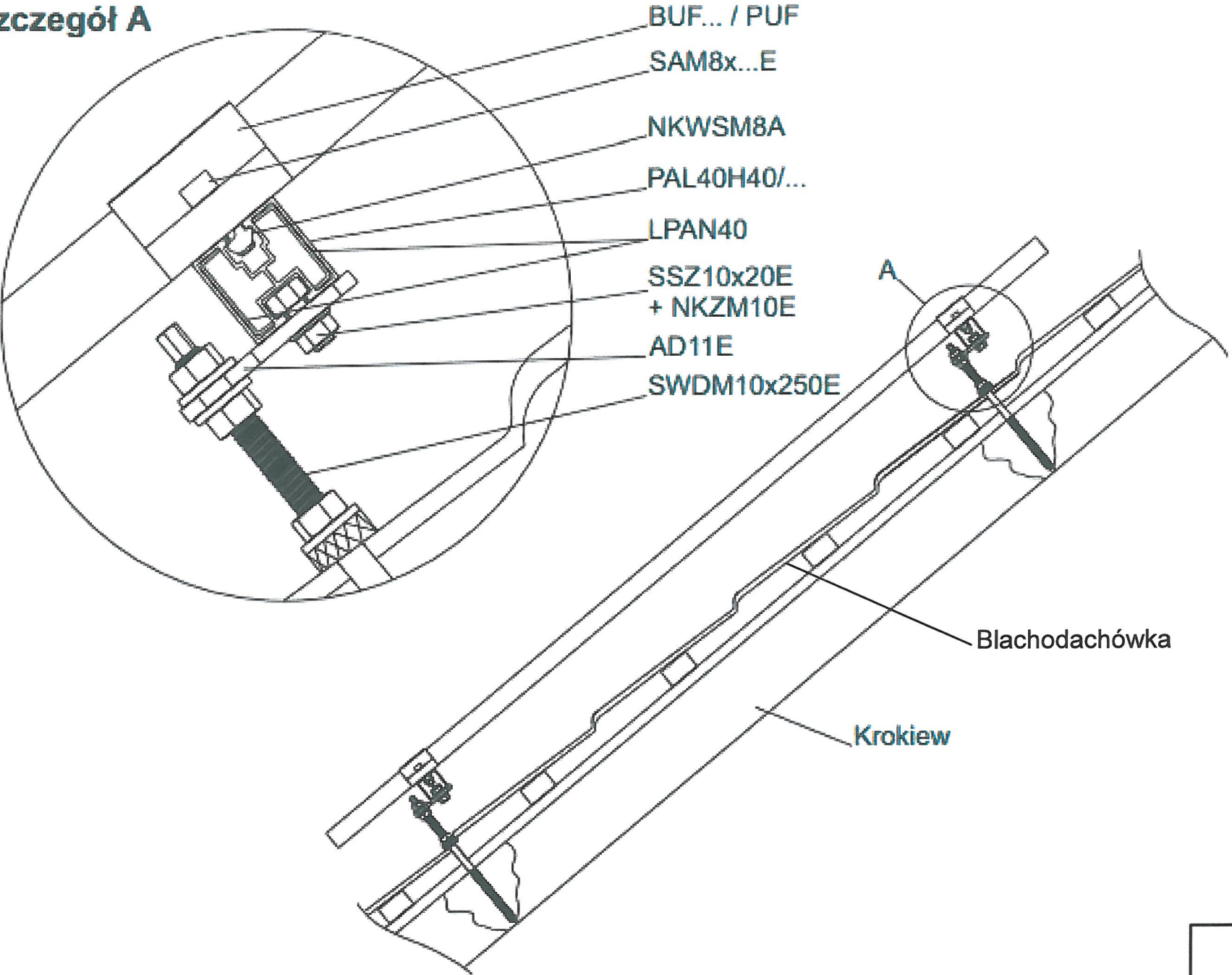
1) Projektowana instalacja PV objęta istniejącą instalacją ogdromową. Poszycie dachu wykonane jako blachodachówka. Uziemiona wierzchnia część poszycia - stosować ochronę przepięciową typu 1 i 2.

2) Stosować dedykowany system kotwien konstrukcji wsporczeń do konstrukcji dachu oraz uszczelnić miejsca montażu, zgodnie z instrukcją montażową zastosowanej systemowej konstrukcji wsporczej.


	Sazet sp. z o. o. Wólcin 239, 88-324 Jeziora Wielkie NIP: 5571703105 +48 ~735 ~246 546 biuro@sazet.com.pl	INWESTOR: SGGW w Warszawie, ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa	SYGNATURA: mikroPV-SGGW-Rogów
			FORMAT: A3
NAZWA: Dokumentacja techniczna mikroinstalacji fotowoltaicznej o mocy do 50,0 kW			SKALA: 1:200
OBIEKT: Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej oraz JODEŁKA Dom Studencki SGGW ul. Leśna 5 I 5a, 95-063 Rogów, dz. nr 744/22 obręb [0015] ROGÓW			NR RYS: 03
TYTUŁ RYSUNKU: Plan wymiarowy			DATA: 18.09.2023
Projektant	inż. Aleksandra Janczak Nr upr. GT-III-7210/40/77 Uprawnienia budowlane do projektowanie bez ograniczeń w specjalności instalacyjnej w zakresie sieci, instalacji i urządzeń elektrycznych i elektroenergetycznych		
Opracowujący	inż. Patryk Kulawiak nr OZE-W/03/000025/21 Certyfikat Urzędu Dozoru Technicznego instalatora odnawialnych źródeł energii: systemów fotowoltaicznych (PV)		



Szczegół A



- UWAGI :**
- Przyjmuje się wymiar modułów fotowoltaicznych: A: 1724 B:1134 C:30+5mm.
  - Wykonać sztuk zgodnie z planami wymiarowymi.
  - Stosować dedykowaną systemową konstrukcję wsporczą do montażu modułów fotowoltaicznych, z zaznaczeniem możliwości zastosowania konstrukcji innego producenta o parametrach nie gorszych niż zestawione w opisie technicznym.
  - Zabezpieczenia antykorozyjne zestawiono w opisie technicznym.

		Sazet sp. z o. o. Wójein 239, 88-324 Jeziora Wielkie NIP: 5571703105 +48 ~735 ~246 546 biuro@sazet.com.pl	INWESTOR: SGGW w Warszawie, ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa	SYGNATURA: mikroPV-SGGW-Rogów
NAZWA: Dokumentacja techniczna mikroinstalacji fotowoltaicznej o mocy do 50,0 kW		OBIEKT: Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej oraz JODEŁKA Dom Studencki SGGW ul. Leśna 5 I 5a, 95-063 Rogów, dz. nr 744/22 obręb [0015] ROGÓW		FORMAT: A3
TYTUŁ RYSUNKU: Konstrukcja wsporcza modułów PV		Projektant inż. Aleksandra Janczak Nr upr. GT-III-7210/40/77 Uprawnienia budowlane do projektowania bez ograniczeń w specjalności instalacyjnej w zakresie sieci, instalacji i urządzeń elektrycznych i elektroenergetycznych		SKALA: 1:10
Opracowujący inż. Patryk Kulawiak nr OZE-W/03/00025/21 Certyfikat Urzędu Dozoru Technicznego instalatora odnawialnych źródeł energii: systemów fotowoltaicznych (PV)		NR RYS:		DATA: 18.09.2023
		