

USŁUGI PROJEKTOWE
„Rogoziński”
35-303 RZESZÓW
ul. Zimowa 3
TEL. +48 602 344 686

OBIEKT:	SZKOŁA PODSTAWOWA w STRASZYDLU		
ADRES:	STRASZYDLE dz. nr 1718/13 i 1953/3		
CZĘŚĆ	Instalacja fotowoltaiczna na budynku szkoły podstawowej		
FAZA:	Projekt Wykonawczy		
INWESTOR	GMINA LUBENIA 36-042 LUBENIA 131		
	UPR. BUDOWLANE	DATA:	PODPIS:
Projektant: inż. Ryszard Rogoziński	E-173/80 PDK/IE/1490/01	12.2019 r.	inż. Ryszard Rogoziński Upr. bud. do projektowania i kierowania bez ograniczeń w specjalności instalacyjnej w zakresie sieci, instalacji i urządzeń elektrycznych i elektroenergetycznych Nr E-173/80, PDK/IE/1490/01
Sprawdził: Mgr inż. Marcin Rogoziński	PDK/0251/PWOE/14	12.2019 r.	mgr inż. Marcin Rogoziński Upr. bud. do projektowania i kierowania bez ograniczeń w specjalności inżynierskiej w zakresie sieci, instalacji i urządzeń elektrycznych i elektroenergetycznych nr PDK/0251/PWOE/14, PDK/IE/0076/15

ZAWARTOŚĆ OPRACOWANIA

I. OPIS TECHNICZNY

1. UWAGI OGÓLNE

- 1.1. Przedmiot opracowania
- 1.2. Inwestor
- 1.3. Dane wyjściowe do projektu
- 1.4. Zakres opracowania

2. ROZWIĄZANIA TECHNICZNE

- 2.1. System fotowoltaiczny
- 2.2. Schemat połączeń instalacji fotowoltaicznej
- 2.3. Złącza od strony DC
- 2.4. Ochrona przeciwporażeniowa instalacji fotowoltaicznej
- 2.5. Inwerter
- 2.6. Ochrona przeciwprzepięciowa instalacji fotowoltaicznej
- 2.7. Układ pomiarowo-rozliczeniowy
- 2.8. Monitoring instalacji
- 2.9. Instalacja odgromowa

3. OBLICZENIA

4. MONTAŻ ELEMENTÓW INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ

5. POMIARY

6. UWAGI KOŃCOWE

7. RYSUNKI

1. Schemat instalacji fotowoltaicznej
2. Rzut parteru – instalacje elektryczne
3. Rzut piętra – instalacje elektryczne
4. Rzut dachu – instalacja fotowoltaiczna i odgromowa

8. ODPISY, WYRYSY i ODPISY

- odpis uprawnień projektanta
- odpis przynależności do Izby projektanta
- odpis uprawnień sprawdzającego
- odpis przynależności do Izby sprawdzającego
- wyrys z mapy ewidencyjnej
- wypis z ewidencji gruntów

9. PRZEDMIAR ROBÓT I ZESTAWIENIE MATERIAŁÓW

I. OPIS TECHNICZNY

1. UWAGI OGÓLNE

1.1. PRZEDMIOT OPRACOWANIA

Celem inwestycji jest wykonanie instalacji fotowoltaicznej o mocy znamionowej 22,32 kWp. Instalacja ta służyć będzie wytwarzaniu oraz przesyle energii elektrycznej. W skład systemu wchodzić będzie: instalacja elektryczna AC i DC, 1 falowniki oraz zespół 72 paneli fotowoltaicznych zlokalizowanych na dachu istniejącego budynku w miejscowości Lubenia pod adresem , Siedliska.

Szacunkowa roczna produkcja energii 23 894,74 kWh oraz roczna wydajność 1 070,55 kWh/kWp. System zainstalowany będzie na powierzchni 117,36 m². Przyłączenie do sieci zostanie przeprowadzone według schematu Trójfazowy / Niskie napięcie o napięciu zasilania 400,00 V.

1.2. INWESTOR

Gmina Lubenia
36-042 Lubenia 131

1.3. DANE WYJŚCIOWE DO PROJEKTU

Jako dane wyjściowe do niniejszego opracowania posłużyły:

- podkłady architektoniczno – budowlane
- wytyczne branżowe
- wytyczne INWESTORA
- obowiązujące normy i przepisy:

b) Obowiązujące przepisy.

- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, Dz. U. Nr 75/2002,
- Ustawa o dozorze technicznym, Dz. U. Nr 122/1321/2000,
- Prawo budowlane,
- Ustawa w sprawie oceny zgodności, wzoru deklaracji zgodności oraz sposobu znakowania wyrobów budowlanych dopuszczonych do obrotu i powszechnego stosowania w budownictwie, Dz. U. Nr 113/728/1998

c) Obowiązujące normy.

- PN-IEC 60364-6-61:2000 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Sprawdzenie. Sprawdzenie odbiorcze,
- PN-IEC 60364-4-41:2000 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przeciwporażeniowa,

- PN-IEC 60364-4-46:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Odłączanie izolacyjne i łączenie,
- PN-IEC 60364-4-47:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Zastosowanie środków ochrony zapewniających bezpieczeństwo. Postanowienia ogólne. Środki ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym,
- PN-IEC 60364-4-443:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed przepięciami. Ochrona przed przepięciami atmosferycznymi lub łączeniowymi,
- PN-IEC 60364-5-51:2000 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Postanowienia ogólne,
- PN-IEC 60364-5-54:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Uziemienia i przewody ochronne,
- PN-IEC 60364-5-523:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Obciążalności prądowe długotrwałe przewodów,
- PN-IEC 60364-5-537:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Aparatura rozdzielcza i sterownicza. Urządzenia do odłączania izolacyjnego i łączenia,
- PN-IEC 60364-7-707:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji. Wymagania dotyczące uziemień instalacji urządzeń przetwarzania danych,
- PN-IEC 60364-5-56:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Instalacje bezpieczeństwa,
- PN-IEC 60364-4-42:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed skutkami oddziaływania cieplnego,
- PN-IEC 60364-4-43:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed prądem przetężeniowym,
- 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 61173:2002; Ochrona przepięciowa fotowoltaicznych (PV) systemów wytwarzania mocy elektrycznej – Przewodnik,
- PN – B – 02025:2001; Obliczanie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych.

- d) Umowa sprzedaży energii elektrycznej z Dystrybutorem energii np. PGE Dystrybucja S.A. / warunki przyłączenia do sieci.
- e) Podkłady geodezyjne.

1.4. ZAKRES OPRACOWANIA

Opracowanie projektowe obejmuje niniejszy zakres:

1. instalacja fotowoltaiczna w skład której wchodzi:
 - generator fotowoltaiczny złożony z 72 paneli fotowoltaicznych
 - 1 falownik fotowoltaiczny
 - instalacja elektryczna AC
 - instalacja elektryczna DC;
2. instalacja przepięciowej dla w/w instalacji fotowoltaicznej,
3. instalacja odgromowej dla w/w instalacji fotowoltaicznej.

2. ROZWIĄZANIA TECHNICZNE

2.1. System fotowoltaiczny

Instalacja będzie pokrywała zapotrzebowanie na energię elektryczną budynku, a nadwyżki energii zostaną odprowadzone do elektroenergetycznej sieci dystrybucyjnej.

Efektywne zagospodarowanie promieniowania słonecznego na ziemi na cele użyteczne zależy silnie od jego charakterystyki na konkretnej szerokości geograficznej. Chodzi tu głównie o nasłonecznienie i uśłonecznienie. Wiarygodność tych danych wynika przede wszystkim od sposobu i warunków rejestracji tego promieniowania. W niniejszym opracowaniu określono warunki nasłonecznienia Polski wykorzystując bazę danych opartą na ponad 30-letniej rejestracji promieniowania słonecznego nad Polską przez system NASA-SSE.

Cechy systemu	
Ilość falowników	1
Szacowana roczna produkcja energii	23 894,74 kWh
Wydajność	1 070,55 kWh/kWp
Napięcie zasilania	400,00 V

Parametry elektryczne generatora fotowoltaicznego	
Całkowita ilość modułów fotowoltaicznych	72
Powierzchnia modułów	117,36 m ²
Ilość obwodów	4
Moc znamionowa	22,32 kWp

Falownik	
Moc znamionowa	20,00 kW
Moc maksymalna	26,60 kW
Maksymalna sprawność	98,20%
Europejska sprawność	98,00%

Projektowany system fotowoltaiczny stanowi zespół prądotwórczy klasyfikowany jako źródło energii wykorzystujące energię odnawialną (słoneczną). Podstawowym celem wytwarzania energii elektrycznej przez system są potrzeby własne budynku. Dla pozyskania energii elektrycznej z energii słonecznej przewidziano instalację systemu fotowoltaicznego o mocy 2,32 kWp. Przyjmuje się podłączenie systemu

fotowoltaicznego do sieci rozproszonej. Systemy podłączane do sieci są wyposażone w inwerter PV, który jest podłączany w taki sposób, aby dostarczać energię do instalacji elektrycznej budynku. W razie braku energii wytwarzanej z paneli fotowoltaicznych, następuje doprowadzenie energii do odbiorników z sieci energetycznej.

Modułowy charakter systemów PV pozwala na budowanie układów fotowoltaicznych dużej mocy, które najczęściej są podłączane do sieci energetycznej niskiego i średniego napięcia. Dodatkową zaletą systemów PV dołączanych do sieci energetycznej jest ich rozproszenie, które poprawia ogólne parametry (wyrównuje spadki napięcia, poprawia współczynnik mocy $\cos \phi$) tych sieci, szczególnie niskiego napięcia.

Parametry elektryczne szeregu	
Liczba modułów fotowoltaicznych w szeregu	18
Moc znamionowa	5,89 kW
Napięcie jałowe (Voc)	714,96 V
Prąd zwarciovowy (Isc)	9,71 A
Prąd przy maksymalnej mocy (Impp)	9,29 A

Dane techniczne modułów przyjęte do obliczeń:

Dane konstrukcyjne modułów	
Technologia	Si-Mono
Moc znamionowa	310,00 Wp
Tolerancja	1,67%
Napięcie jałowe (Voc)	39,72 V
Napięcie przy maksymalnej mocy (Vmpp)	33,40 V
Prąd zwarciovowy (Isc)	9,71 A
Prąd przy maksymalnej mocy (Impp)	9,29 A
Płaszczyzna	1,63 m ²
Sprawność	19%

2.2. Schemat połączeń instalacji fotowoltaicznej

Wykonawca robót dokona zgłoszenia przyłączenia do sieci elektroenergetycznej mikroinstalacji z dystrybutorem energii PGE Dystrybucja S.A..

Inwertery należy włączyć do wewnętrznej instalacji elektrycznej poprzez wyodrębnienie w istniejącej rozdzielni głównej budynku RG dwóch obwodów –

jak pokazano na schemacie zasilania. Parametry przewodu łączącego inwerter z instalacją przyjąć wg normy PN-IEC 60364.

Panele fotowoltaiczne łączyć z przetwornicami za pomocą specjalnych przewodów solarnych o przekroju min 4mm². Zastosowane okablowanie fotowoltaiczne powinno charakteryzować się następującymi parametrami:

- Maksymalne napięcie systemu PV po stronie DC 1kV
- Termiczne warunki pracy -40OC+ 80OC
- Powłoka odporna na UV, ozon, amoniak

Kable solarne łączyć z panelami fotowoltaicznymi za pomocą specjalnych złączek solarnych typu MC4.

Parametry techniczne złącz dla okablowania DC systemu fotowoltaicznego:

- Maksymalny prąd systemu PV 30 A
- Maksymalne napięcie systemu PV 1000 V
- Termiczne warunki pracy pomiędzy -40oC+80oC
- Stopień ochrony - IP65

Nowoprojektowana elektrownia fotowoltaiczna zostanie przyłączona do istniejącej rozdzielni głównej bezpośrednio do szyny głównej rozdzielni budynku. Jako zabezpieczenie obwodu instalacji projektuje się wyłącznik nadprądowy o charakterystyce B i czasie zadziałania poniżej 0,2s. Szczegóły techniczne sposobu przyłączenia przedstawione zostały na schemacie elektrycznym.

Zgodnie z obowiązującym prawem na przyłączenie mikroinstalacji niewymagane są warunki techniczne wydawane przez zakład energetyczny, gdyż moc mikroinstalacji jest mniejsza od mocy zamówionej oraz nie przekracza 40 kWp.

W rozdzielni AC zabudować należy:

- wyłącznik różnicowo-prądowy P304/40/100mA typ A.
- rozłącznik
- ochronnik przepięciowy typu II dla projektowanego obwodu instalacji fotowoltaicznej

W istniejącej rozdzielnicy RG zabudować ochronnik przeciwprzepięciowy typu I + II ponieważ w budynku brak jest ochrony przeciwprzepięciowej.

Kable pomiędzy modułami PV a falownikiem oraz między falownikiem a rozdzielnicą obiektu należy układać w natynkowo w listwach bądź rurach ochronnych z PCV zgodnie z normą N-SEP-E-004. Wszelkie przepusty przez ściany i stropy należy uszczelnić. W przypadku prowadzenia tras kablowych na zewnątrz budynku wszelkie elementy montażowe muszą być odporne na działanie promieniowania UV.

W instalacji należy zastosować inwerter fotowoltaiczny 30 000TL-G2 zamocowany na elemencie montażowym dołączonym w zestawie.

- Wykonać podłączenie przewodu ochronnego do zacisku uziemiającego falownika przewodem LgY16 do głównej szyny uziemiającej.
- Pod rozdzielnicą RAC zabudować tablicę RDC. Zainstalować w niej należy na szynie montażowej ograniczniki przepięć typu I + II.
- Połączenie paneli fotowoltaicznych z tablicą RDC wykonać przewodami fotowoltaicznymi o przekroju żył roboczych podanych w tabeli kabli. Przewody na ścianie budynku zabudować w rurach osłonowych RL 22 mm. Połączenia przewodów z panelami fotowoltaicznymi należy wykonać przy pomocy zunifikowanych złączy typu MC-4. Przewody należy układać w taki sposób, iż zarówno biegun dodatni jak i biegun ujemny powinny zakreślać jak najmniejszą powierzchnię zewnętrzną. Przewody należy przymocować do górnego profilu konstrukcji generatora fotowoltaicznego przy pomocy opasek zaciskowych wykonanych z tworzywa sztucznego a ich montaż musi uniemożliwiać kontakt z powierzchnią pod generatorem fotowoltaicznym.

Główną funkcją aparatów zabezpieczających w rozdzielnicach AC/DC jest ochrona paneli fotowoltaicznych i inwertera przed zwarciami, przeciążeniami i prądami wstecznymi, które mogą pojawić się w instalacji oraz ochroną przed przepięciami – łączeniowymi i wywołanymi wyładowaniami atmosferycznymi. W rozdzielnicy RG zabudować ochronniki przeciwprzepięciowe typu I +II ponieważ budynek szkoły nie posiada ochrony.

Po stronie DC ochrona zrealizowana to będzie za pomocą ochronników przeciwprzepięciowych 1000V DC. W związku z tym, odległość paneli od inwertera jest dłuższa niż 10m należy zabudować dwie rozdzielnice DC – jedną przy inwerterze , a drugą przy panelach na poddaszu. W rozdzielnicy zlokalizowanej przy inwerterze zabudować ochronniki 1000V DC typ II, a w rozdzielnicy DC przy panelach ochronniki 1000V DC typ I + II.

a) Oprzewodowanie

Połączenia poszczególnych generatorów do falowników powinny być zrealizowane za pomocą kabli dedykowanych dla instalacji stałoprądowych fotowoltaicznych. Kable łączące poszczególne moduły fotowoltaiczne powinny być mocowane do konstrukcji wsporczej samych modułów fotowoltaicznych. Kable pomiędzy łączeniami modułów PV a falownikami prowadzić na trasach kablowych osłoniętych za pomocą rur osłonowych lub korytek kablowych, przy czym rury osłonowe lub korytka kablowe muszą być przystosowane do pracy w przestrzeniach otwartych i będą odporne na promieniowanie UV. Przejścia kabli przez elewacje budynku należy odpowiednio zabezpieczyć przed możliwością przeniknięcia wody.

Inwertery zamontować należy w istniejącym pomieszczeniu rozdzielni głównej na poziomie piwnic.

Do wykonania instalacji elektrycznej dla systemu fotowoltaicznego od strony DC należy zastosować przewody solarne charakteryzujące się następującymi parametrami:

- napięcie znamionowe: 0,6/1kV,
- pojedyncza wiązka,
- podwójna izolacja,
- przekrój miedzi min. 4mm²
- żyły wg PN/EN-60228, miedziane wielodrutowe klasy 5,
- izolacja polwinitowa na 90 °C
- powłoka polwinitowa odporna na UV
- temperatura wg PN-93/E-90400: na powierzchni przewodu: max. 90°C po ułożeniu na stałe, praca dopuszczalna w temp. -30°C do +90°C instalacje ruchome, praca dopuszczalna w temp. -5°C do +90°C.

Kable te należy prowadzić od paneli fotowoltaicznych do inwertera w rurach ochronnych. Należy prowadzić osobne korytka dla okablowania DC i AC.

Dla uziemienia paneli stosować przewody odporne na promieniowanie UV – proponuję przewód AsXSn 1x25mm².

2.3. Złącza od strony napięcia DC

Każdy panel fotowoltaiczny należy wyposażyć w złączki o stopniu ochrony co najmniej IP65. Parametry techniczne złącz oprzewodowania systemu fotowoltaicznego:

- Maksymalne napięcie systemu fotowoltaicznego: 1 000 V
- Termiczne warunki pracy: pomiędzy -40°C ÷ +90°C
- Stopień ochrony: IP65

Złącza kablowe powinny zapewnić możliwość rozłączania serwisowego paneli fotowoltaicznych.

2.4. Ochrona przeciwporażeniowa instalacji fotowoltaicznej

Falowniki uniemożliwiają przepływ prądu zwarcia DC do instalacji elektrycznej, dlatego też dodatkowy wyłącznik różnicowoprądowy typu B po stronie instalacji zmiennoprądowej w tym przypadku nie jest wymagany.

Zabezpieczenie falownika od strony AC

$$I_{obl} \geq \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos\phi} = \frac{20000}{\sqrt{3} \times 400 \times 0,95} = 30,4A$$

Dobrano zabezpieczenie 40A

2.5. Inwerter

Inwerter – falownik, urządzenie, którego podstawową funkcją jest zamiana prądu stałego (DC) generowanego przez moduły PV na prąd przemienny (AC) o napięciu i częstotliwości zgodnych z parametrami sieci OSD. Inwerter może zawierać także elektroniczny, programowalny układ sterujący oraz rozłącznik DC oraz AC – współpracujący z przełącznikiem kontroli fazy, który działa jako zabezpieczenie przed pracą wyspową (rozłącza generator przy wykryciu zaniku fazy lub asymetrii). Falownik jest fabrycznie wyposażony w zabudowany zespół zabezpieczeń, których wartości są programowane zgodnie z wytycznymi operatora sieci dystrybucyjnej. Dodatkowo falownik posiada zabudowane wewnątrz następujące zabezpieczenia:

- układ rozłączników.
- zabezpieczenia przed pracą wyspową dla instalacji fotowoltaicznej – które monitorują zakres zmian częstotliwości sieci, falownik fotowoltaiczny dokonuje próbkowania częstotliwości sieci, przypadku braku synchronizacji falownika z częstotliwością sieci następuje automatyczne odłączenie układu wytwórczego energii elektrycznej.
- zabezpieczenia przed podaniem napięcia do sieci znajdującej się w stanie beznapięciowym.

Podstawowe dane techniczne falowników przedstawiono poniżej:

Szczegóły konstrukcyjne falownika	
Moc znamionowa	20,00 kW
Moc maksymalna	26,60 kW
Maksimum wydajności	98,20%
Europejska wydajność	98,00%
Maksymalne napięcie z PV	1 000,00 V
Minimalne napięcie MPPT	300,00 V
Maksymalne napięcie MPPT	960,00 V
Maksymalny prąd wejściowy	100,00 A
Numer MPPT	2
AC napięcie przemiennie wyjściowe	400,00 V
Wyjście	Trójfazowy
Częstotliwość	50 Hz

2.6. Ochrona przeciwprzepięciowa instalacji fotowoltaicznej

Ochronę przed wyindukowanymi przepięciami spowodowanymi wyładowaniami atmosferycznymi zastosować ochronniki przepięciowe. Do stosowania zgodnie z normą: PN-HD 60364-7 712. Każdy łańcuch modułów PV powinien być

zabezpieczony jednym ochronnikiem przepięciowym. Ochronniki przepięciowe instalacji fotowoltaicznej zostaną zabudowane w rozdzielniach. Należy zastosować także ochronę przeciwprzepięciową od strony instalacji AC w celu ochrony inwertera. Sposób i miejsca instalowania ochronników pokazano na rysunkach instalacji.

2.7. Układ pomiarowo-rozliczeniowy

Do realizacji opomiarowania energii elektrycznej pobranej z sieci oraz wyprodukowanej przez instalację fotowoltaiczną służy układ pomiarowy który stanowi licznik czterokwadrantowy klasy 1 do pomiaru energii biernej i czynnej. Układ pomiarowy zostanie zainstalowany przez Operatora Sieci Dystrybucyjnej. Inwerter posiada fabrycznie wbudowany własny licznik wytworzonej energii.

2.8. Monitoring instalacji

Instalacja musi zostać wyposażona w system monitoringu przedstawiający dane o aktualnej produkcji mocy przez instalację oraz energii w określonych okresach czasu. Dostęp do monitoringu należy zapewnić poprzez urządzenia mobilne lub komputer. Zakup komputera lub urządzenia mobilnego jest po stronie inwestora.

2.9. Instalacja odgromowa

Dla ochrony od wyładowań atmosferycznych instalacji fotowoltaicznej należy wybudować dodatkowe iglice odgromowe – jak pokazano na rysunkach. Jako zwody poziome wykonać pokrycie dachu z blachy. Zwody pionowe, połączenia do pokrycia dachowego z obróbkami blacharskimi i zwodami kominów wykonać należy drutem stalowym ocynkowanym $\varnothing 8\text{mm}$.

Całość prac wykonać zachowując wymagania normy PN-IEC 61024 i PN-EN 62305-1 do 4.

Rezystancja uziomu musi być mniejsza od 10Ω .

3. OBLICZENIA

W skład zestawu o mocy nominalnej 22,32 kWp wchodzi 72 modułów o mocy 310,00Wp. Powierzchnia potrzebna do zabudowy to 117,36 m². Moduły zostają połączone szeregowo w 4 szeregów do 1 inwerterów. Po stronie DC w zestawie jest rozdzielnica zaopatrzona w ograniczniki przepięć.

Rozdzielnica AC zaopatrzona jest w ogranicznik przepięć, wyłącznik nadmiarowo-prądowy, wyłącznik różnicowo-prądowy. Dostawca systemu zapewni komplet urządzeń, które zapewni poprawne działanie systemu (paneły+konstrukcja, okablowanie, rozdzielnice DC, AC, inwertery).

System fotowoltaiczny będzie połączony z siecią energetyczną w układ Trójfazowy Niskie napięcie prądu zmiennego o napięciu 400,00 V.

Szczegóły połączeń przedstawione są na schemacie elektrycznym. Wyróżnia się w nim:

Generator fotowoltaiczny składający się z:

- 4 szeregów zawierających 18 modułów połączonych szeregowo
- 1 inwerterów Trójfazowy

A. WERYFIKACJA PRAWIDŁOWEGO POŁĄCZENIA POMIĘDZY GENERATOREM FOTOWOLTAICZNYM I INWERTEREM.

W celu doboru falownika jest zazwyczaj konieczne jest aby zweryfikować zgodność używanych falowników z panelami fotowoltaicznymi. Weryfikacja falowników odnosi się do sekcji prądu stałego systemu fotowoltaicznego i dotyczy:

- Weryfikacja napięcia stałego
- Weryfikacja prądu stałego
- Weryfikacja mocy

Weryfikacja napięcia stałego

Sprawdzenie napięcia stałego wykonywane jest w celu weryfikacji, czy napięcia generatora fotowoltaicznego są zgodne z zakresem napięć wejściowych falownika. Innymi słowy, niezbędne jest, aby wyliczyć minimalny i maksymalny poziom napięcia ogniw fotowoltaicznych i zweryfikować, że pierwszy jest większy od minimalnej dopuszczalnej dla napięcia wejściowego falownika, a drugi jest mniejszy od maksymalnego napięcia wejściowego dopuszczalnego przez falownik.

Weryfikacja prądu stałego

Weryfikacja prądu stałego wykonywana jest w celu sprawdzenia, czy prąd zwarcia paneli fotowoltaicznych w warunkach STC jest mniejszy niż maksymalna dopuszczalna wartość prądu wejściowego falownika.

Weryfikacja mocy

Weryfikacji mocy jest wykonywana w celu sprawdzenia czy moc znamionowa inwertera jest większa niż 80,00% i mniejsza niż 120,00% mocy znamionowej systemu fotowoltaicznego (suma mocy znamionowej modułów fotowoltaicznych w warunkach STC).

Poniższa tabela przedstawia wynik tych weryfikacji.

Inverter:1	
Limity napięcia	Mppt1 - Minimalne napięcie w temperaturze modułu z 70°C (564,33 V) > Minimalne napięcie MPPT (300 V)
Limity napięcia	Mppt2 - Minimalne napięcie w temperaturze modułu z 70°C (564,33 V) > Minimalne napięcie MPPT (300 V)
Limity napięcia	Mppt1 - Maksymalne napięcie w temperaturze modułu z -15°C (760,15 V) < Maksymalne napięcie MPPT (960 V)
Limity napięcia	Mppt2 - Maksymalne napięcie w temperaturze modułu z -15°C (760,15 V) < Maksymalne napięcie MPPT (960 V)
Limity napięcia	Mppt1 - Napięcie jałowe w temperaturze modułu z -15°C (886,55 V) < Maksymalne napięcie falownika (1000 V)
Limity napięcia	Mppt2 - Napięcie jałowe w temperaturze modułu z -15°C (886,55 V) < Maksymalne napięcie falownika (1000 V)
Limity prądu	Mppt1 - Prąd zwarciový (19,42 A) < Maksymalny prąd falownika (50 A)
Limity prądu	Mppt2 - Prąd zwarciový (19,42 A) < Maksymalny prąd falownika (50 A)
Limity mocy	Współczynnik wielkości mocy (80 %) < (99%) < (120 %)

Inverter:2	
Limity napięcia	Mppt1 - Minimalne napięcie w temperaturze modułu z 70°C (564,33 V) > Minimalne napięcie MPPT (300 V)
Limity napięcia	Mppt2 - Minimalne napięcie w temperaturze modułu z 70°C (564,33 V) > Minimalne napięcie MPPT (300 V)
Limity napięcia	Mppt1 - Maksymalne napięcie w temperaturze modułu z -15°C (760,15 V) < Maksymalne napięcie MPPT (960 V)
Limity napięcia	Mppt2 - Maksymalne napięcie w temperaturze modułu z -15°C (760,15 V) < Maksymalne napięcie MPPT (960 V)
Limity napięcia	Mppt1 - Napięcie jałowe w temperaturze modułu z -15°C (886,55 V) < Maksymalne napięcie falownika (1000 V)
Limity napięcia	Mppt2 - Napięcie jałowe w temperaturze modułu z -15°C (886,55 V) < Maksymalne napięcie falownika (1000 V)
Limity prądu	Mppt1 - Prąd zwarciový (19,42 A) < Maksymalny prąd falownika (50 A)
Limity prądu	Mppt2 - Prąd zwarciový (19,42 A) < Maksymalny prąd falownika (50 A)
Limity mocy	Współczynnik wielkości mocy (80 %) < (99%) < (120 %)

B. WYDAJNOŚĆ SYSTEMU

Biorąc pod uwagę miesięczne średnie dzienne natężenie promieniowania słonecznego oraz liczbę dni, które składają się na dwanaście miesięcy w roku, można określić wartość rocznego globalnego natężenia promieniowania słonecznego na poziomej powierzchni dla lokalizacji Siedliska. Ta wartość jest równa 2,86 [kWh/m_e].

W tabeli poniżej przedstawiono dzienne natężenie promieniowania słonecznego dla lokalizacji Straszyle na poziomej powierzchni, według źródła NASA-SSE.

Miesiąc	Rozproszone dzienne [kWh/m _e]	Bezpośrednie dzienne [kWh/m _e]	Globalne dzienne [kWh/m _e]
Styczeń	0,69	0,42	1,11
Luty	1,03	0,83	1,86
Marzec	1,56	1,22	2,78
Kwiecień	2,10	1,57	3,67
Maj	2,50	2,11	4,61
Czerwiec	2,66	1,98	4,64
Lipiec	2,57	2,12	4,69
Sierpień	2,25	2,02	4,27
Wrzesień	1,62	1,35	2,97
Październik	1,03	0,80	1,83
Listopad	0,68	0,38	1,06
Grudzień	0,56	0,30	0,86
Rocznie	1,60	1,26	2,86

Wydajność systemu została obliczona na podstawie danych, pochodzących ze źródeł danych klimatycznych NASA-SSE, w miejscu instalacji w stosunku do przeciętnego miesięcznego globalnego promieniowania słonecznego na powierzchni poziomej.

Procedura obliczania energii wytwarzanej przez układ bierze pod uwagę moc znamionową (22,32 kW), kąt nachylenia oraz azymut (30° , 180°) generatora PV, straty na generatorze PV (straty rezystancyjne, straty z powodu różnicy temperatury modułów, refleksji bądź niedopasowania pomiędzy szeregami), wydajność falownika, jak również współczynnik odbicia ziemi z przodu modułów (20%) (albedo).

W związku z tym, energia wytwarzana przez układ corocznie ($E_{p,y}$) jest obliczana w następujący sposób:

$$E_{p,y} = P_{nom} * Irr * (1 - Losses) = 23\,894,74 \text{ kWh}$$

Gdzie:

P_{nom} = Moc znamionowa systemu: 22,32 kW

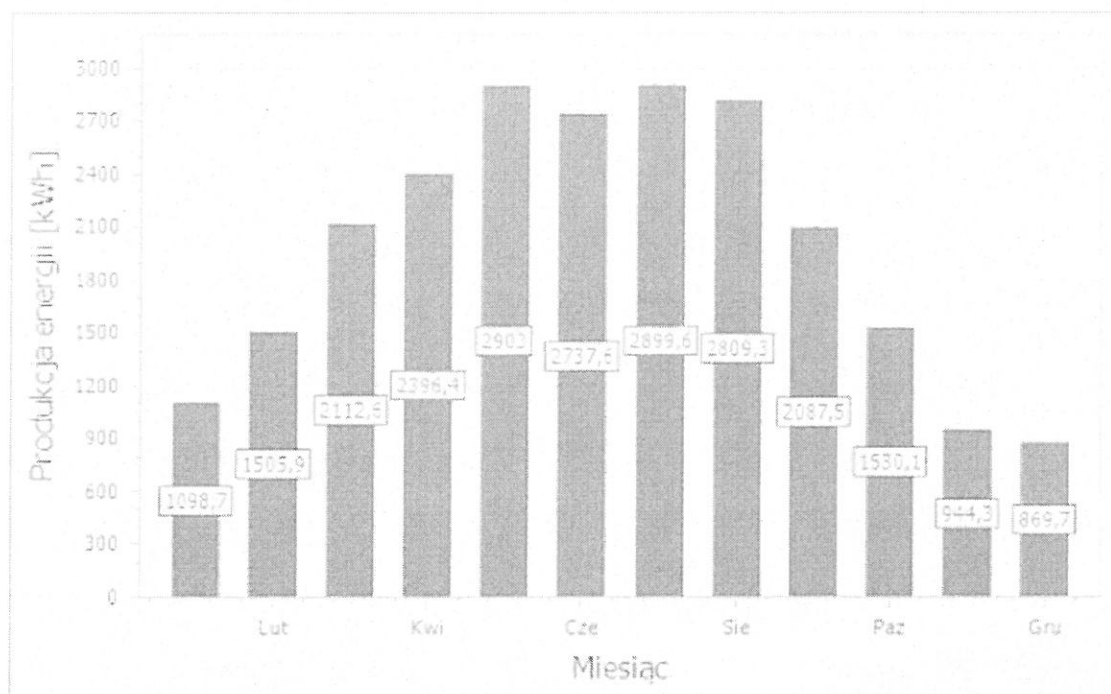
Irr = Roczne natężenie promieniowania słonecznego na powierzchni modułów:
1184,47 kWh/m₂

$Losses$ = Straty mocy: 9,62 %

Straty mocy są spowodowane różnymi czynnikami. Poniższa tabela zawiera owe czynniki strat oraz ich wartości przyjęte do procedury obliczania wydajności systemu.

Straty	
Straty ciepła	2,00 %
Straty z niedopasowania	2,00 %
Straty rezystancyjne	3,00 %
Straty spowodowane konwersją DC/AC	2,00 %
Inne straty	1,00 %
Straty z zacielenia	0,00 %
Straty całkowite	9,62 %

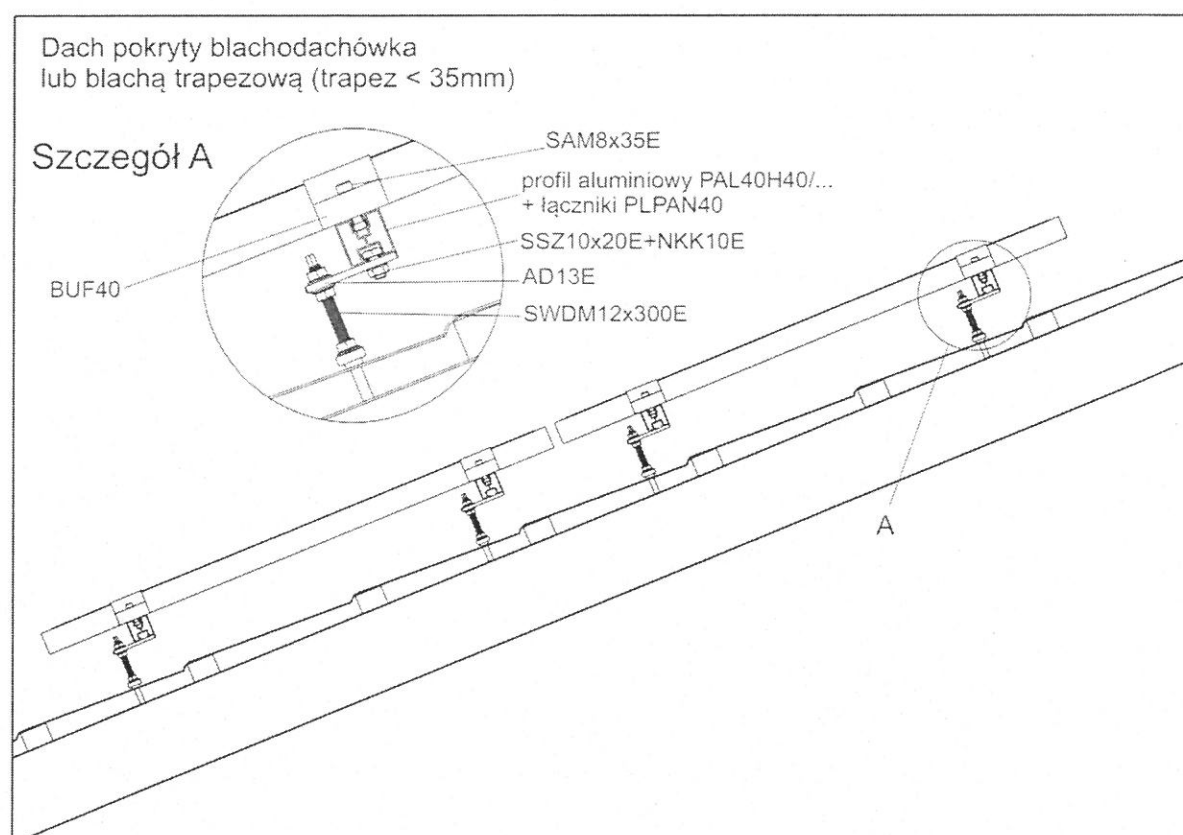
Energia wytworzona przez elektrownię w skali roku to 23 912,90 kWh. Poniższy wykres przedstawia szacowaną ilość energii produkowanej w okresach miesięcznych:



4. MONTAŻ ELEMENTÓW INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ

A. Montaż konstrukcji wsporczej

Montaż konstrukcji wsporczej należy wykonać zgodnie ze sztuką oraz instrukcją montażu konstrukcji.

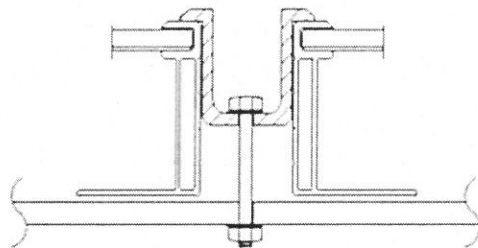


B. Montaż modułów fotowoltaicznych

Moduły fotowoltaiczne należy zamontować zgodnie z instrukcją montażu modułów fotowoltaicznych.

Moduły należy przenosić i układać tak, aby ograniczyć naprężenia ramki i nie dopuścić do powstania mikropęknięć w warstwie ogniw.

Moduły mogą być montowane na ramie za pomocą uchwytów jak przedstawiono to na poniższym rysunku



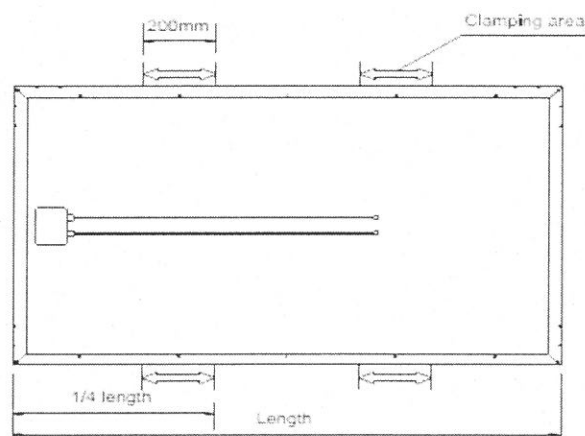
Moduły mogą zostać zamontowane w orientacji poziomej (zacisk na ramie krótszej) lub pionowej (zacisk na ramie dłuższej).

Zaciski na module nie mogą się stykać z przednią szybą, ani powodować odkształceń ramy.

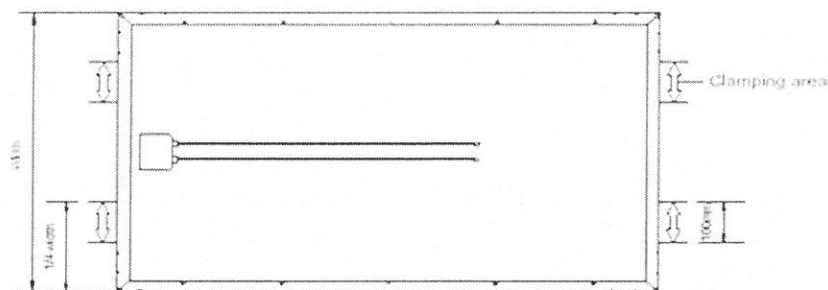
Należy się upewnić, że zaciski nie powodują zacielenia powierzchni modułu.

Ramy modułu nie można pod żadnym względem zmieniać.

Przy wyborze zaciskowej metody montażu, należy pamiętać o tym, aby zostały użyte co najmniej cztery zaciski na każdy moduł, dwa zaciski powinny być montowane na każdej ramie modułu. Zależnie od lokalnych obciążeń wiatrem i śniegiem, jeżeli przekroczą one wartość 2400 Pa, wówczas mogą być wymagane dodatkowe zaciski lub dodatkowe podparcie konstrukcji modułów dla zagwarantowania wytrzymania przez moduł wywieranych na niego sił.



Montaż zaciskowy z wykorzystaniem długiej ramy modułu



Montaż zaciskowy z wykorzystaniem krótkiej ramy modułu

C. MONTAŻ FALOWNIKA

Falownik należy zamontować zgodnie z instrukcją producenta oraz zapewnić dostateczną przestrzeń wokół falownika celem zagwarantowania odpowiedniego chłodzenia, które odbywa się dzięki konwekcji naturalnej. Minimalne wymagania w zakresie wolnych przestrzeni wokół falownika zostaną przedstawione w instrukcji producenta.

D. WYKONANIE ROBÓT KABLOWYCH STRONY DC

Wszystkie połączenia między modułami fotowoltaicznymi oraz między falownikiem a tablicą PV należy wykonywać wyłącznie kablami typu solarnego o przekroju min. 4mm² łączonymi konektorami solarnymi MC4 odpornymi na działanie warunków atmosferycznych (minimalny stopień ochrony IP65). Połączenia wykonane za pomocą konektorów MC4 należy podwiesić do konstrukcji wsporczej lub ramki modułu opaskami zaciskowymi. Pod modułami kable solarne można prowadzić bez dodatkowych osłon. W miejscach, w których kabel będzie narażony na bezpośrednie promieniowanie słoneczne należy go poprowadzić w rurze RL lub karbowanej rurze osłonowej odpornej na promieniowanie UV oraz warunki atmosferyczne. Kable DC w gruncie należy prowadzić w rurze osłonowej specjalnie do tego przeznaczonej. Kable układać w taki sposób, aby ograniczyć możliwość indukowania przepięć w obwodzie modułów (nie tworzyć pętli, przewody prowadzić blisko siebie).

5. POMIARY

Po wykonaniu instalacji należy przeprowadzić pomiary i testy określone wymogami obowiązujących norm, wymaganych przez Operatora Systemu Dystrybucyjnego. W szczególności należy wykonać pomiary i testy określone w normie PN EN 62446: 2016 t.j.

Testy i pomiary:

- kontrola systemu DC

- kontrola ochrony przeciwprzepięciowej i porażeniem elektrycznym
- kontrola strony AC
- kontrola oznakowania i identyfikacji
- testy ciągłości uziemienia ochronnego lub ekwipotencjalnych przewodów kompensacyjnych
- test polaryzacji
- pomiar napięcia obwodu otwartego
- pomiar prądu
- testy funkcjonalności
- testy rezystancji izolacji
- ochrona przeciwporażeniowa

Oraz dodatkowo pomiarów zalecanych przez normę t.j

- badanie kamerą termowizyjną
- pomiar krzywych prądowo-napięciowych łańcuchów modułów.

Wszystkie prace oraz pomiary muszą zostać wykonane przez osoby posiadające odpowiednie przeszkolenie potwierdzone stosownymi uprawnieniami - SEP E, SEP D.

6. UWAGI KOŃCOWE

Całość prac należy wykonać zgodnie z obowiązującymi przepisami i normami.

Wykonawca jest zobowiązany do zapoznania się z DTR każdego urządzenia, przed jego zamontowaniem i uruchomieniem.

Wszystkie zmiany na etapie realizacji w stosunku do zapisów w projekcie powinny zostać zawarte w dokumentacji powykonawczej w formie potwierdzonych podpisem uzgodnień.

Wszelkie zmiany materiałowe, zmiany tras prowadzenia kabli i warunków wykonania instalacji powinny zostać skonsultowane z projektantem, ew. inspektorem nadzoru, a końcowe ustalenia zmian powinny zostać zawarte w postaci potwierdzonej pisemnie notatki i załączone do dokumentacji powykonawczej.

inż. Ryszard Rogoziński
 Upr. bud. do projektowania i nadzoru bez ograniczeń
 w specjalności instalacyjnej w zakresie sieci, instalacji
 i urządzeń elektrycznych i elektroenergetycznych
 Nr E-173/80, PDK/IE/1490/01