

Temat:

**Projekt mikroinstalacji fotowoltaicznej na
dachu wiat o mocy 49,80kW z doziemną linią
zasilającą na terenie oczyszczalni ścieków w
Stężycy**

Adres Inwestycji:

Oczyszczalnia ścieków w Stężycy
Dz. nr 112/8, obr. 14 Stężycy

Inwestor:

Gminne Przedsiębiorstwo Komunalne Sp. z o.o.
ul. Jana III Sobieskiego 31, 83-322 Stężycy

Branża:

Elektryczna
Instalacje fotowoltaiczne, magazyny energii

Zespół projektowy:

FUNKCJA	IMIĘ, NAZWISKO, NAZWA	PODPIS
Opracował:	Karol Citkowski	
	Grzegorz Twardowski	
Firma:	Sun Invest Sp. z o.o. ul. Towarowa 9D, 10-416 Olsztyn NIP: 7393887942	

Zawartość

1. OPIS TECHNICZNY	3
1.1. Podstawy opracowania	3
1.2. Przedmiot opracowania	3
1.3. Lokalizacja Inwestycji	3
1.4. Stan obecny instalacji	4
1.5. Dane techniczne instalacji fotowoltaicznej	4
1.6. Opis przedsięwzięcia	4
1.7. Dane klimatyczne	5
2. ELEMENTY SKŁADOWE SYSTEMU.....	6
2.1. Moduły fotowoltaiczne Bifacjalne podwójne szkło N-type	6
2.2. Inwertery fotowoltaiczne	7
2.3. Optymalizator mocy	8
2.4. Analiza produkcji energii elektrycznej	9
2.5. Wydajność w pierwszych 25 latach funkcjonowania.....	11
2.5.1. Charakterystyka instalacji elektrycznej	12
2.5.2. Okablowanie DC inwerterów	12
2.6. Instalacja uziemiająca.....	13
2.7. Ochrona przeciwporażeniowa.....	13
2.8. Ochrona przeciwprzepięciowa	13
2.9. System monitorowania instalacji fotowoltaicznej	14
2.1. Opis konstrukcji wsporczej.....	14
3. UWAGI KOŃCOWE	15
3.1. Pomiary	15
4. LITERATURA	16
4.1. Normy.....	16

1. OPIS TECHNICZNY

1.1. Podstawy opracowania

- zlecenie Inwestora
- wizja lokalna
- obowiązujące normy i przepisy

1.2. Przedmiot opracowania

Przedmiotem opracowania jest projekt koncepcyjny **mikroinstalacji fotowoltaicznej wraz z doziemną linią zasilającą.**

Dokumentacja swoim zakresem obejmuje:

- Dobór modułów fotowoltaicznych
- Dobór inwerterów
- Dobór konstrukcji wsporczej
- Dobór systemu zarządzania energią
- Dobór instalacji po stronie stałonapięciowej DC systemu fotowoltaicznego,
- Dobór okablowania strony AC systemu fotowoltaicznego z doprowadzeniem kabli do miejsca przyłączenia, do sieci elektroenergetycznej

1.3. Lokalizacja Inwestycji

Lokalizacja:

- Dz. nr 112/8, obr. 14 Stężycza



Rys. 1 Zdjęcie satelitarne położenia obiektu.



Rys. 2 Zdjęcie miejsca montażu instalacji

1.4. Stan obecny instalacji

- Obiekt nie posiada instalacji PV

1.5. Dane techniczne instalacji fotowoltaicznej

- napięcie przyłączeniowe 400V (3 fazy),
- napięcie znamionowe instalacji 400V (3 fazy),

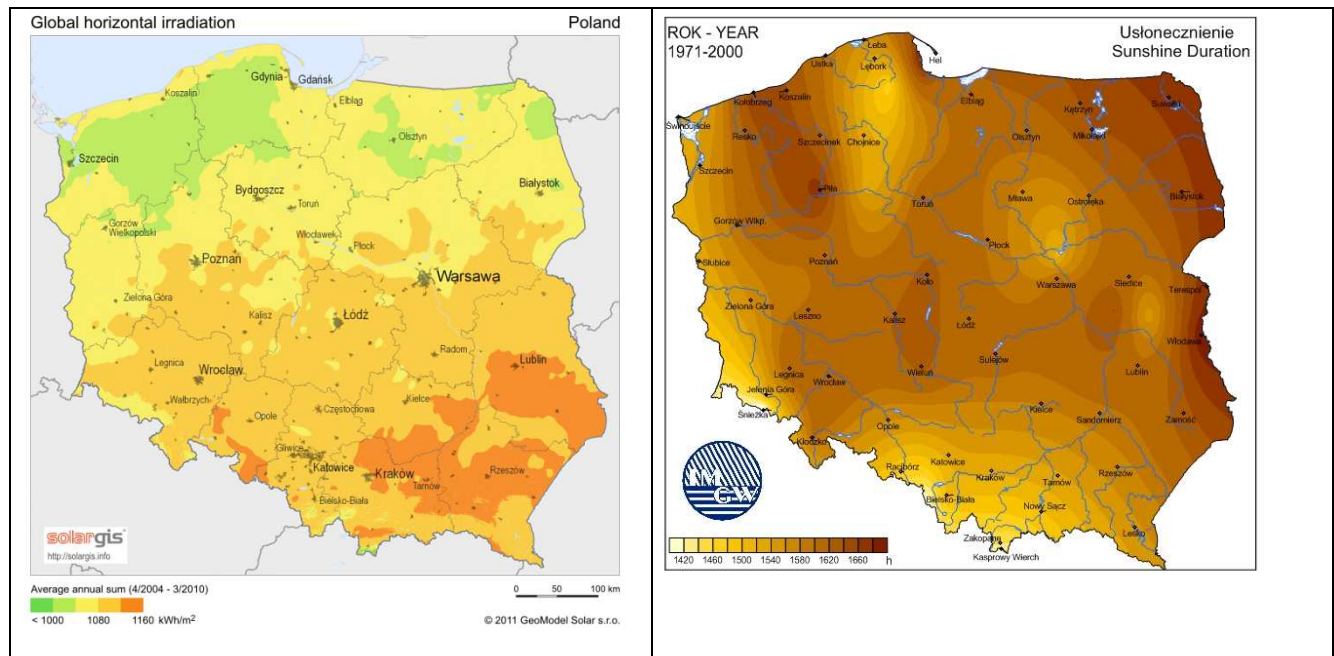
1.6. Opis przedsięwzięcia

W wyniku wdrożenia projektu Inwestor posiadać będzie instalację i urządzenia produkujące energię elektryczną wykorzystujące energię promieniowania słonecznego. Instalacja fotowoltaiczna została zintegrowana z siecią energetyczną zasilającą obiekt i zgłoszona do OSD, produkowana energia będzie wykorzystywana priorytetowo do zasilania budynków poprzez system Zarządzania Energią. Jej nadmiar będzie wysyłany do operatora, co pozwala rozliczyć nadmiarową energię w formie systemu net-billing. Instalacja została zbudowana na systemowej konstrukcji wsporczej.

Energia prądu stałego pozyskana z paneli fotowoltaicznych dostarczona będzie kablami solarnymi DC do inwertera DC/AC, w którym przetworzona jest na prąd przemienny 0,4kV. Stąd energia dostarczona zostanie do rozdzielnic RAC, a następnie włączona do złącza kablowego. W rozdzielnic RAC oraz w inwerterze znajdują się zabezpieczenia nadprądowe, przeciwprzepięciowe oraz różnicowoprądowe.

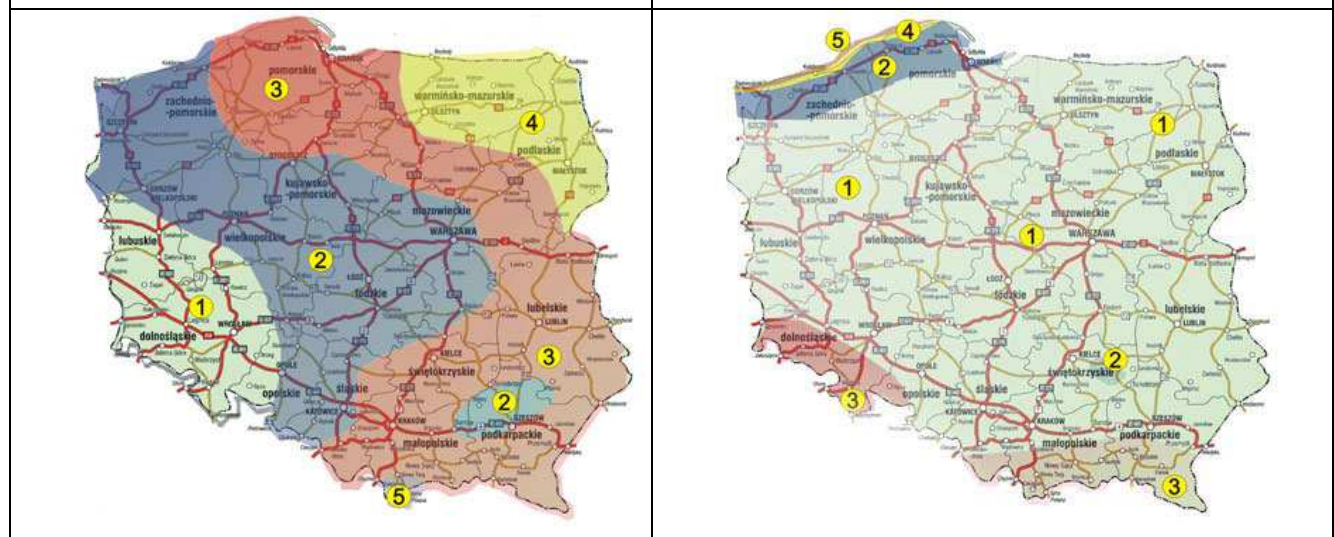
1.7. Dane klimatyczne

- Globalne nasłonecznienie horyzontalne szacuje się na poziomie 1041kWh/m²
- Usłonecznienie szacuje się na poziomie 1560 h. (Usłonecznienie: Ilość godzin słonecznych w roku)



Rozkład globalnego nasłonecznienia horyzontalnego w Polsce.

Rozkład usłonecznienia (czasu operowania słońca) w skali roku w Polsce



Strefy śniegowe Wg EN 1991-1-3:2003

Strefy wiatrowe Wg PN-77/B-02011

Strefa	Obciążenie śniegiem (sk, kN/m ²)	Strefa	Obciążenie wiatrem (Ciśnienie prędkości wiatru Qp)
3	1,2	1	250 Pa

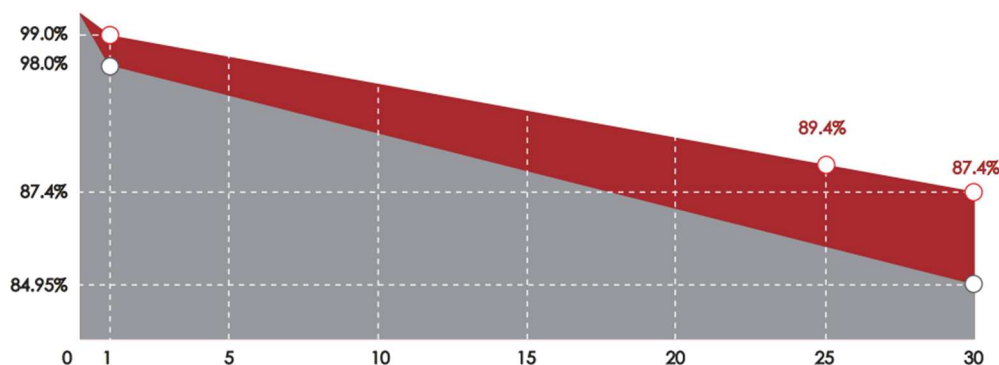
2. ELEMENTY SKŁADOWE SYSTEMU

2.1. Moduły fotowoltaiczne Bifacjalne podwójne szkło N-type

Panele fotowoltaiczne są urządzeniami dokonującymi konwersji promieniowania słonecznego na energię elektryczną. Projektuje się zestaw 83 modułów o mocy 600Wp wykonanych w technologii monokrystalicznej bifacjalne podwójne szkło N-type. Proces wytwarzania energii jest przyjazny środowisku, gdyż wykorzystuje się w nim zjawisko fotoelektryczne, które nie ma żadnych produktów ubocznych. Nie generuje hałasu, nieprzyjemnego zapachu, nie wymaga dodatkowych materiałów eksploatacyjnych, nie stwarza zagrożenia dla ludzi i zwierząt. Panele fotowoltaiczne montowane zostały na dedykowanych konstrukcjach wsporczych umożliwiających mocowanie paneli na dachu.

Żywotność paneli to 30 lat. Po 30 latach zachowują minimum 87,4% początkowej mocy. Dzięki wykorzystaniu systemów PV, będą one wytwarzały prąd przez cały długi okres eksploatacji w sposób wysoce efektywny, czysty i przyjazny dla środowiska naturalnego.

Technologia bifacial umożliwia dodatkowe pozyskiwanie energii z tylnej strony modułu.



Rys. 3 Charakterystyka degradacji mocy modułów

Tabela 1 Parametry modułów użyte do symulacji w PVSOL

Parametr	Symbol	Wartość
Moc znamionowa	Pmax	600 Wp
Napięcie obwodu otwartego	Voc	52,05 V
Prąd zwarciaowy	Isc	14,66 A
Napięcie znamionowe	Vmp	43,25 V
Natężenie prądu MPP	Imp	13,89 A
Sprawność	ηm	min. 22,2%
Temperaturowy współczynnik mocy nie mniejszy niż -0,29%/°C		
Temperaturowy współczynnik napięcia nie mniejszy niż -0,25%/°C		
Tolerancja mocy: 0/+3%.		
Obciążenie prądem wstecznym: 30A		

2.2. Inwertery fotowoltaiczne

Energia elektryczna wytwarzana w modułach fotowoltaicznych ma formę prądu stałego i jest wykorzystywana do zasilania urządzeń elektrycznych poprzez konwersję prądu stałego na prąd przemienny w inwerterze. Projektuje się inwerter fotowoltaiczny o mocy 50kW zapewniający bezpieczeństwo zautomatyzowanej pracy w czasie procesu przetwarzania energii oraz monitoring tego procesu i działania urządzeń. Inwerter musi mieć możliwość współpracy i monitorowania optymalizatorów mocy.

Tabela 2 Parametry inwertera

STRONA DC	
Ilość	1
Moc maksymalna DC	87,5kW
Maksymalne napięcie DC	1000V
Użyteczny zakres napięć MPP	600-1000V
Stopień ochrony	IP65
Ilość wejść DC	8
STRONA AC	
Moc znamionowa (25°C / 50°C)	50 kVA
Częstotliwość znamionowa	50Hz/60Hz
Sprawność max/sprawność euro	98,3/98%

Charakterystyka inwertera:

- Inwerter powinien być wyposażony w zabezpieczenia przed pracą wyspą realizowane przez monitorowanie napięcia i częstotliwości, i mechanizm synchronizujący z siecią energetyczną operatora.
- Inwerter powinien spełniać wymagania jakościowe produkowanej energii zgodnie z wymaganiami operatora sieci, dlatego powinien być wyposażony w monitoring jakości nie dopuszczający do pracy inwertera, gdy zawartość harmoniczných THD przekroczy próg 3%.
- Inwerter wyposażony jest w następujące zabezpieczenia:
 - Rozłącznik DC.
 - Zabezpieczenie przeciwprzepięciowe SPD zabudowane pod obudową inwertera.

Inwerter powinien być zgodny z normą PN-EN 50438, określającą wymagania dla instalacji przeznaczonych do równoległego przyłączania do sieci dystrybucyjnych niskiego napięcia.

2.3. Optymalizator mocy

Dobrano do instalacji dodatkowo **44** optymalizatory mocy. Obsługa modułów PV bi-facjalnych i modułów o dużej mocy oraz wysokiego natężenia łańcucha w celu zapewnienia większej ilości energii na łańcuch. Optymalizator musi mieć funkcję automatycznego obniżenia wysokiego napięcia prądu stałego do poziomów bezpiecznych dla dotyku po wyłączeniu sieci/falownika.

Tabela 3 Parametry optymalizatorów mocy

Parametry podstawowe	
Ilość	44
Maksymalna moc wejściowa DC	1200Wp
Maks. napięcie wejściowe	125V
Zakres napięcia roboczego	12,5 – 105V
Maksymalny prąd zwarciaowy	15A
Maksymalna wydajność	99,5%
Parametry dodatkowe	
Stopień ochrony	IP68
Długość przewodu wyjściowego	5,3m
Zakres temperatur pracy	od -40 do +85

Charakterystyka magazynu energii:

- Optymalizatory mocy powinny spełniać FCC część 15, IEC 61000-6-2 i IEC 61000-6-3 – klasa B, EN 5501, IEC62109-1

2.4. Analiza produkcji energii elektrycznej

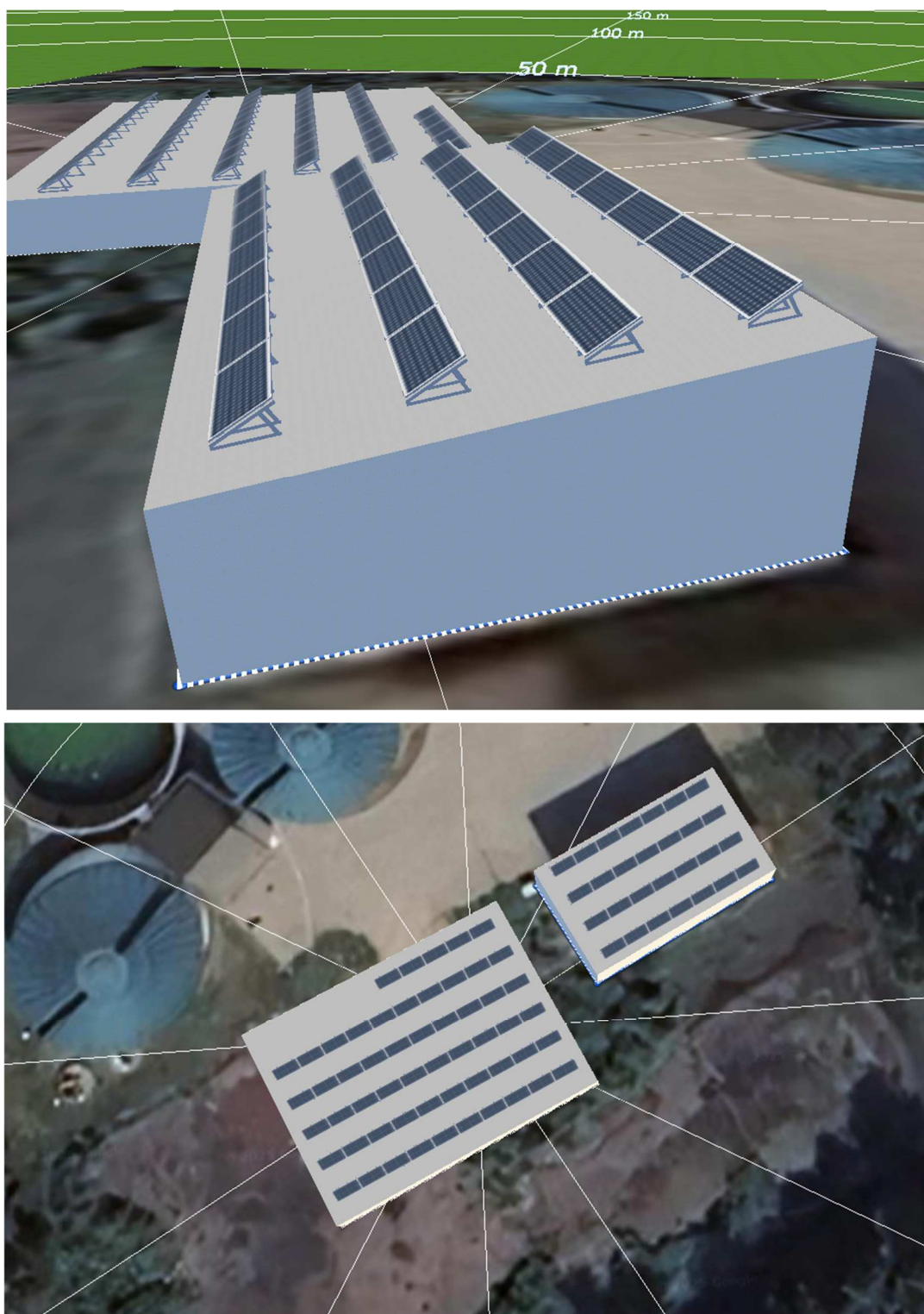
Podstawą opracowania są symulacje komputerowe wariantów instalacyjnych w programie PV*SOL Valentin software. Program uwzględnia warunki meteorologiczne we wskazanej lokalizacji. Nie uwzględniono zanieczyszczeń modułów oraz czasu zalegania śniegu na modułach w miesiącach zimowych.

W analizowanej lokalizacji wysokość słońca w zenicie zależna jest od pory roku. W najkrótszym dniu roku ma ono wartość około $13,5^\circ$, a w najdłuższym 62° .

Tabela 4 Wyniki symulacji komputerowych

Lokalizacja:	Stężycza
Dane klimatyczne:	Stężycza
Moc systemu AC:	50 kW
Moc systemu DC:	49,8 kWp
Roczna produkcja energii:	56 226 kWh/rok
Uzysk względny:	1 128 kWh/kWp
Konsumpcja własna energii solarnej	45 635 kWh/rok



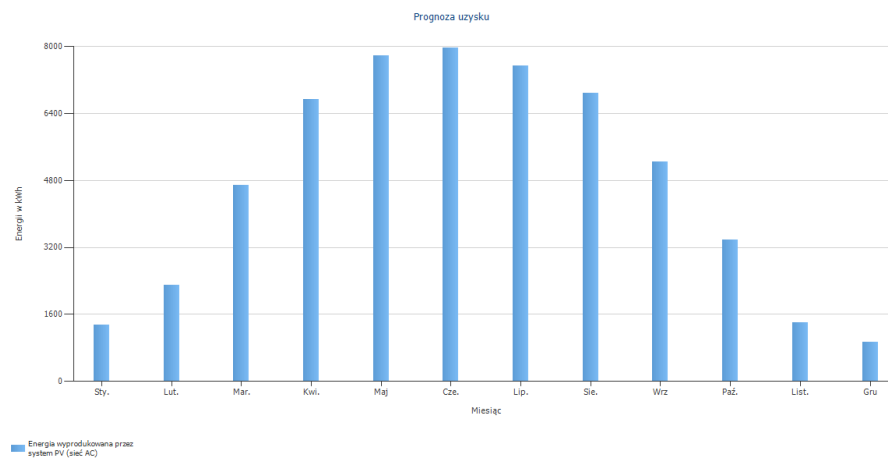
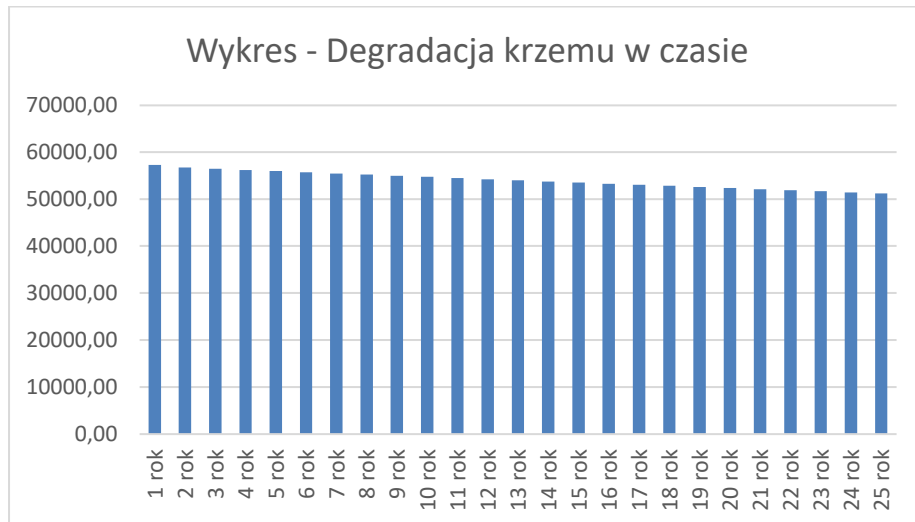


Rys. 4 Wizualizacja przeprowadzonej symulacji

2.5. Wydajność w pierwszych 25 latach funkcjonowania

Moduły PV charakteryzują się liniowym spadkiem wydajności. Zakłada się, że moduły, których moc spadnie w pierwszym roku użytkowania o 1%, po 30 latach moduły utrzymają 87,4% mocy początkowej. Co odpowiada 89,4% po 25 latach.

Rok	Energia kWh
1 rok	56226,00
2 rok	55936,56
3 rok	55786,83
4 rok	55638,21
5 rok	55590,68
6 rok	55344,26
7 rok	55198,92
8 rok	54954,67
9 rok	54711,49
10 rok	54469,40
11 rok	54228,37
12 rok	53988,42
13 rok	53749,52
14 rok	53511,68
15 rok	53274,89
16 rok	53039,16
17 rok	52804,46
18 rok	52570,80
19 rok	52338,18
20 rok	52106,59
21 rok	51876,02
22 rok	51646,47
23 rok	51417,94
24 rok	51190,41
25 rok	50963,90
26 rok	50738,39
27 rok	50513,87
28 rok	50290,35
29 rok	50067,82
30 rok	49974,23



2.5.1. Charakterystyka instalacji elektrycznej

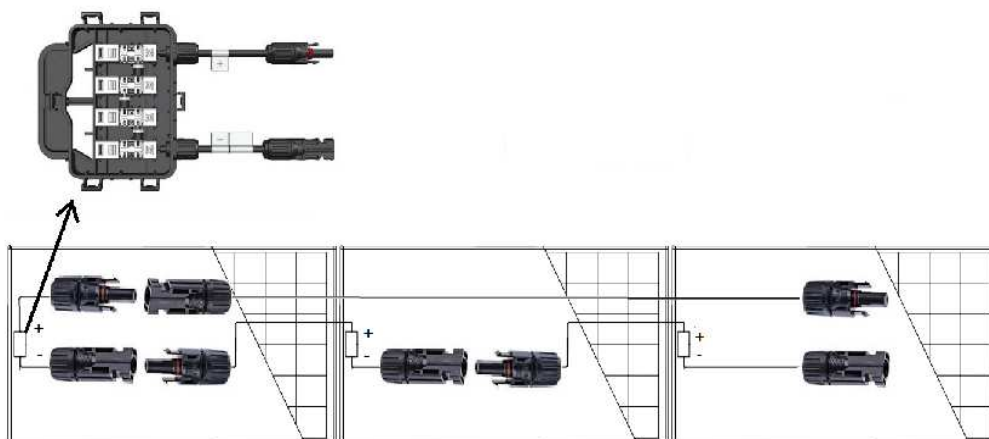
Instalacja elektryczna, zawierająca okablowanie i osprzęt elektryczny zapewniający bezpieczeństwo obsługi elektrowni zostanie podzielona na dwie główne sekcje. Sekcja prądu stałego i sekcja prądu przemiennego, odgraniczone falownikiem. Sekcja prądu stałego będzie zbudowana w oparciu o kable dedykowane do instalacji solarnych SOLAR 6mm², odporne na działanie warunków atmosferycznych i promieniowania UV oraz rozdzielnice z zabezpieczeniami, ogranicznikami przepięć prądu stałego.

Sekcja prądu przemiennego zostanie natomiast zbudowana zgodnie z obowiązującymi przepisami i zasadami wiedzy technicznej. W skład sekcji wchodzić będą kable energetyczne YAKXS, YLY układane w korytach i kanałach elektroinstalacyjnych, na zewnątrz w rowach kablowych oraz rozdzielnice z zabezpieczeniami nadmiarowo prądowymi, ogranicznikami przepięć prądu przemiennego (AC).

2.5.2. Okablowanie DC inwerterów

Okablowanie pomiędzy modułami fotowoltaicznymi a inwerterem zostanie wykonane przewodem solarnym o przekroju 6mm². Okablowanie DC będzie podwieszone na konstrukcji wsporczej modułów fotowoltaicznych, biegnącej wzdłuż każdego rzędu modułów. Okablowanie DC inwertera podzielone zostanie na pasma zgodnie z zaleceniami producenta inwerterów. Przykład połączeń przedstawia **Rys. 4**.

Instalacja DC wyposażona będzie w ograniczniki przepięć Typu 1+2, schemat połączenia ograniczników przedstawiony został na rysunku PV-1, dołączonym do dokumentacji.



Rys. 4 Schemat połączeń modułów w pasma

2.6. Instalacja uziemiająca

Uziemieniu ochronnemu podlegają metalowe części, normalnie nieprzewodzące prądu, lecz mogące stanowić niebezpieczeństwo porażenia w razie pojawienia się na tych elementach napięcia.

W szczególności uziemiono:

- konstrukcję rozdzielnic, konstrukcję wsporcze modułów,
- ramy modułów fotowoltaicznych poprzez konstrukcje wsporcze,
- obudowę inwertera.
- obudowa magazynu energii

Główna szyna uziemiająca zostanie podłączona do instalacji uziemiającej. Kabel ochronny PE inwertera i ramy modułów zostały podłączone do tego samego punktu uziemienia.

2.7. Ochrona przeciwporażeniowa

Ochrona przeciwporażeniowa nn realizowana jest na podstawie wymagania normy N SEP-E-001 – „Sieci elektroenergetyczne niskiego napięcia. Ochrona przeciwporażeniowa”.

Ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym została zapewniona przez:

- Zachowanie odległości izolacyjnych,
- Izolację roboczą (izolowanie części czynnych),
- Uziemienie ochronne (wykonanie wspólnego uziomu dla urządzeń oraz części przewodzących dostępnych (0,4 kV),
- Szybkie samoczynne wyłączenie w układzie sieciowym TN-S (według normy PN-HD 60364-4-41).
- Stosowanie ochrony uzupełniającej.

2.8. Ochrona przeciwprzepięciowa

Zostanie zastosowana skoordynowana ochrona przeciwprzepięciowa poprzez instalację w rozdzielnicach RAC ograniczników typu II dedykowanych do instalacji PV, na napięcie do 1000VDC. Dodatkową ochronę inwerterów stanowić będą warystory montowane fabrycznie w inwerterze.

2.9. System monitorowania instalacji fotowoltaicznej

W celu zdalnego monitorowania pracy inwerter został wyposażony w dodatkową kartę WLAN lub Wi-Fi. Dzięki temu możliwa jest kontrola nad pracą instalacji fotowoltaicznej, pozwala to na transmisję danych w celu ich gromadzenia i analizy. Jednocześnie możliwe jest zawiadamianie poprzez zdefiniowane wcześniej adresy mailowe o awariach lub nieprawidłowym funkcjonowaniu inwertera. Ułatwia to zorganizowanie serwisu i przyspiesza reakcje na błędy w systemie. Urządzenie posiada wejście interfejsu RS485, RJ45.

2.1. Opis konstrukcji wsporczej

Zostanie zastosowana systemowa konstrukcja nośna dla modułów PV w układzie południowym. Konstrukcja jest przystosowana do montażu paneli na dachu płaskim lub skośnym pokrytym blachą trapezową, papą, membraną itp.. Moduły fotowoltaiczne zamontowano za pomocą klem do profili nośnych, które mocowane są do uchwytów. Montaż konstrukcji inwazyjny.

Wszystkie elementy konstrukcji są wykonane ze stali ocynkowanej, nierdzewnej lub aluminium.



Rys. 4 Przykładowy widok konstrukcji na trójkątach

Dane techniczne:

mocowanie do podłoża:	inwazyjny
mocowanie paneli:	wertykalne
wymiary modułów:	bez ograniczeń
kąt nachylenia modułów	25°
ilość rzędów modułów	dowolnie
wytrzymałość konstrukcji:	obliczana wg lokalizacji Inwestycji
specyfikacja materiałów:	magnelis, stal nierdzewna, aluminium
śruby/nakrętki:	stal nierdzewna A2

3. UWAGI KOŃCOWE

- a) Całość robót instalacyjno - montażowych wykonano zgodnie z Polskimi Normami i Przepisami.
- b) Całość prac wykonano ze szczególnym uwzględnieniem wymagań BHP.
- c) Stosowano materiały dopuszczone do stosowania w budownictwie,
- d) Zmiany uzgodniono z Inwestorem.
- e) Prace w pobliżu i na częściach czynnych urządzeń elektroenergetycznych wykonywano po wyłączeniu zasilania, uziemieniu i dopuszczeniu do pracy pod nadzorem upoważnionych pracowników Inwestora.

3.1. Pomiary

Po wykonaniu prac montażowych przed uruchomieniem urządzeń należy wykonać pomiary testerem zgodnym z normą VDE0126-23(EN 62446):

- stanu izolacji kabli zasilających DC (1500V),
- pomiar napięcia jałowego U_{oc} do 1100 VDC,
- stanu izolacji kabli zasilających AC (według normy PN-HD 60364-6:2008),
- rezystancji uziemienia (według normy PN-EN 62305-3),
- pomiar impedancji pętli zwarcia,
- sprawdzenie wyłączników różnicowo-prądowych.

4. LITERATURA

4.1. Normy

- PN-EN 62446-1:2016-08 Systemy fotowoltaiczne (PV) - Wymagania dotyczące badań, dokumentacji i utrzymania - Część 1: Systemy podłączone do sieci -- Dokumentacja, odbiory i nadzór
- 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 60529:2003 Stopnie ochrony zapewnianej przez obudowy (Kod IP).
- PN-EN 60445:2010 Zasady podstawowe i bezpieczeństwa przy współdziałaniu człowieka z maszyną, znakowanie i identyfikacja. Identyfikacja zacisków urządzeń i zakończeń przewodów.
- PN-EN 60446:2010 Zasady podstawowe i bezpieczeństwa przy współdziałaniu człowieka z maszyną, znakowanie i identyfikacja. Identyfikacja przewodów kolorami albo znakami alfanumerycznymi.
- PN-EN 60439-1:2003 Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe. Część 1: Zestawy badane w pełnym i niepełnym zakresie badań typu.
- PN-EN 60439-4:2008 Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe. Część 4: Wymagania dotyczące zestawów przeznaczonych do instalowania na terenach budów (ACS)
- PN-EN 50274:2004 Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe. Ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym. Ochrona przed niezamierzonym dotykiem bezpośrednim części niebezpiecznych czynnych
- PN-EN 62208:2011 Puste obudowy rozdzielnic i sterownic niskonapięciowych. Wymagania ogólne.
- PN-E-05163:2002 Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe osłonięte. Wytyczne badania w warunkach wyładowania łukowego, powstałego w wyniku zwarcia wewnętrznego.
- PN-E-04700:1998/Az1:2000 Urządzenia i układy elektryczne w obiektach elektroenergetycznych. Wytyczne przeprowadzania po montażowych badań odbiorczych.
- PN-HD 60364-6:2008 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 6: Sprawdzanie.
- PN-HD 60364-4-41:2009 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 4-41: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed porażeniem elektrycznym.
- PN-HD 60364-5-54:2011 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 5-54: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Układy uziemiające i przewody ochronne.
- PN-HD 62305-1 do 4:2011 Ochrona odgromowa.