

# **System fotowoltaiczny**

MOC ZNAMIONOWA RÓWNA 27,36 kWp

## **Zlokalizowany w**

GRODZISK WIELKOPOLSKI  
OSIEDLE WOJSKA POLSKIEGO 24

## **Klient**

SM GRODZISK WIELKOPOLSKI

## **RAPORT TECHNICZNY**

## **Projektant**

CENTRUM ENERGETYKI ODNAWIALNEJ SP. Z O.O.  
UL. ARMII KRAJOWEJ 51A  
66-100 SULECHÓW

DATA:  
SULECHÓW, 2021-04-07

## **PRZEZNACZENIE TEGO DOKUMENTU**

Dokument zawiera raport techniczny systemu fotowoltaicznego. W dokumencie zostaną określone: całkowita instalacja, dane projektu, właściwości użytych materiałów (moduły fotowoltaiczne, falowniki), kryteria wyboru rozwiązań systemowych oraz kryteria projektowe głównych składników. Ponadto, będą one zgłaszane do wstępnych obliczeń potrzebnych do doboru wielkości, przedmiar robot oraz rysunki (schemat obwodów i układ systemu).

# 1 - RAPORT TECHNICZNY

System fotowoltaiczny o mocy znamionowej <sup>1</sup> 27,36 kW będzie zlokalizowany w Grodzisk Wielkopolski i będzie podłączony do sieci dystrybucji energii elektrycznej.

## 1.1 DANE PROJEKTU

Dane projektu są przedstawione poniżej i odnoszą się do klienta, miejsca instalacji, danych dotyczących dostaw energii elektrycznej i obecności lub nieobecności zacienienia obiektów.

Miejsce instalacji	
Lokalizacja	Grodzisk Wielkopolski
Adres	Osiedle Wojska Polskiego 24
Szerokość	53,12°
Długość geograficzna	18,98°
Wysokość	82 m
Temperatura maksymalna	23,64 °C
Temperatura minimalna	-4,20 °C
Globalne natężenie promieniowania słonecznego w płaszczyźnie poziomej	2,75 kWh/m <sup>2</sup>
Wartości natężenia promieniowania słonecznego	NASA-SSE
Albedo (współczynnik odbicia)	20%

## 1.2 OPIS SYSTEMU FOTOWOLTAICZNEGO

System fotowoltaiczny o mocy nominalnej 27,36 kW będzie połączony z siecią dystrybucji elektrycznej.

Cechy układu są przedstawione poniżej, w szczególności Figura 1 przedstawia schemat elektryczny układu jednoprzewodowego.

Wyróżnia się w nim:

Generator fotowoltaiczny składający się z:

- 2 łańcuchów po 14 modułów połączone szeregowo
- 2 łańcuchów po 13 modułów połączone szeregowo
- 2 łańcuchów po 11 modułów połączone szeregowo
- Grupa konwersji utworzona przez 3 falowniki trójfazowe
- Grupa interfejsu
- Systemy pomiaru energii

### 1.2.1 GENERATOR FOTOWOLTAICZNY

Będzie się ona składać z:

- Moduły fotowoltaiczne połączone szeregowo dla realizacji pasm

<sup>1</sup> Nominalna moc układu fotowoltaicznego jest pomyślana jako suma mocy znamionowej każdego modułu mierzonej w warunkach normalnych (STC).

- Kable elektryczne do połączenia między modułami oraz między nimi a panelami elektrycznymi

Poniżej znajduje się charakterystyka generatora fotowoltaicznego i jego głównych elementów, a mianowicie pasm i modułów.

Parametry elektryczne generatora fotowoltaicznego	
Moc znamionowa	27,36 kWp
Numer modułów fotowoltaicznych	76
Powierzchnia przechwytyjąca	136,04 m <sup>2</sup>
Numer pasm	6
Napięcie maksymalne @STC (Voc)	576,66 V
Napięcie przy mocy maksymalnej @STC (Vmpp)	487,9 V
Prąd zwarciaowy @STC (Isc)	21,68 A
Prąd przy maksymalnej mocy @STC (Impp)	20,66 A

W przypadku omawianej instalacji, generator fotowoltaiczny ma jedną ekspozycję (kąt nachylenia i kąt azymutu są równe dla pól fotowoltaicznych), a mianowicie:

Ekspozycja generatora PV:

Azymut: 41,2 °

Nachylenie: 20°

Generator fotowoltaiczny o mocy znamionowej 27,36 kW korzysta z konfiguracji szeregowo-równoległej i będzie podzielony na 6 pasm modułów połączonych szeregowo. Poniżej znajduje się omówienie kompozycji pasm systemu.

W systemie są pasma o różnych charakterystykach:

Parametry elektryczne pasm #1	
Liczba modułów fotowoltaicznych w serii	14
Producent	Q-Cells SE
Model	Q.PEAK DUO-G8-360
Moc znamionowa	5,04 kW
Napięcie jałowe (Voc)	576,66 V
Prąd zwarciaowy (Isc)	10,84 A
Prąd przy maksymalnej mocy (Impp)	10,33 A

Parametry elektryczne pasm #2	
Liczba modułów fotowoltaicznych w serii	13
Producent	Q-Cells SE
Model	Q.PEAK DUO-G8-360
Moc znamionowa	4,68 kW
Napięcie jałowe (Voc)	535,47 V

Prąd zwarciový (Isc)	10,84 A
Prąd przy maksymalnej mocy (Impp)	10,33 A

Parametry elektryczne pasm #3	
Liczba modułów fotowoltaicznych w serii	11
Producent	Q-Cells SE
Model	Q.PEAK DUO-G8-360
Moc znamionowa	3,96 kW
Napięcie jałowe (Voc)	453,09 V
Prąd zwarciový (Isc)	10,84 A
Prąd przy maksymalnej mocy (Impp)	10,33 A

Dane konstrukcyjne modułów:

Dane konstrukcyjne modułów	
Producent	Q-Cells SE
Model	Q.PEAK DUO-G8-360
Technologia	Si-Mono
Moc znamionowa	360,00 W
Tolerancja	3,00%
Napięcie jałowe (Voc)	41,19 V
Napięcie przy maksymalnej mocy (Vmpp)	34,85 V
Prąd zwarciový (Isc)	10,84 A
Prąd przy maksymalnej mocy (Impp)	10,33 A
Płaskczyzna	1,79 m <sup>2</sup>
Wydajność	20,1%

### 1.2.2 GROUP OF CONVERSION DC/AC

Grupa przeliczeniowa system fotowoltaicznego składa się z 3 falownika Trójfazowy o łącznej mocy około 27,36 kW.

Główne cechy techniczne falownika podsumowano poniżej.

Szczegóły konstrukcyjne falownika	
Producent	Huawei Technologies CO., LTD
Model	SUN2000-10KTL-M0
Moc znamionowa	10,00 kW
Moc maksymalna	14,88 kW
Maksimum wydajności	98,60%

Europejska wydajność	98,10%
Maksymalne napięcie z PV	1 100,00 V
Minimalne napięcie MPPT	140,00 V
Maksymalne napięcie MPPT	980,00 V
Maksymalny prąd wejściowy	22,00 A
Numer MPPT	2
AC napięcie przemienne wyjściowe	400,00 V
Wyjście	Trójfazowy
Transformator separacyjny	Brak
Częstotliwość	50/60 Hz

Szczegóły konstrukcyjne falownika	
Producent	Huawei Technologies CO., LTD
Model	SUN2000-8KTL-M0
Moc znamionowa	8,00 kW
Moc maksymalna	8,80 kW
Maksimum wydajności	98,60%
Europejska wydajność	98,10%
Maksymalne napięcie z PV	1 100,00 V
Minimalne napięcie MPPT	140,00 V
Maksymalne napięcie MPPT	980,00 V
Maksymalny prąd wejściowy	30,00 A
Numer MPPT	2
AC napięcie przemienne wyjściowe	400,00 V
Wyjście	Trójfazowy
Transformator separacyjny	Brak
Częstotliwość	50/60 Hz

## 2. Rysunki

### 2.1 – DIAGRAM OBWODU JEDNOLINIOWEGO

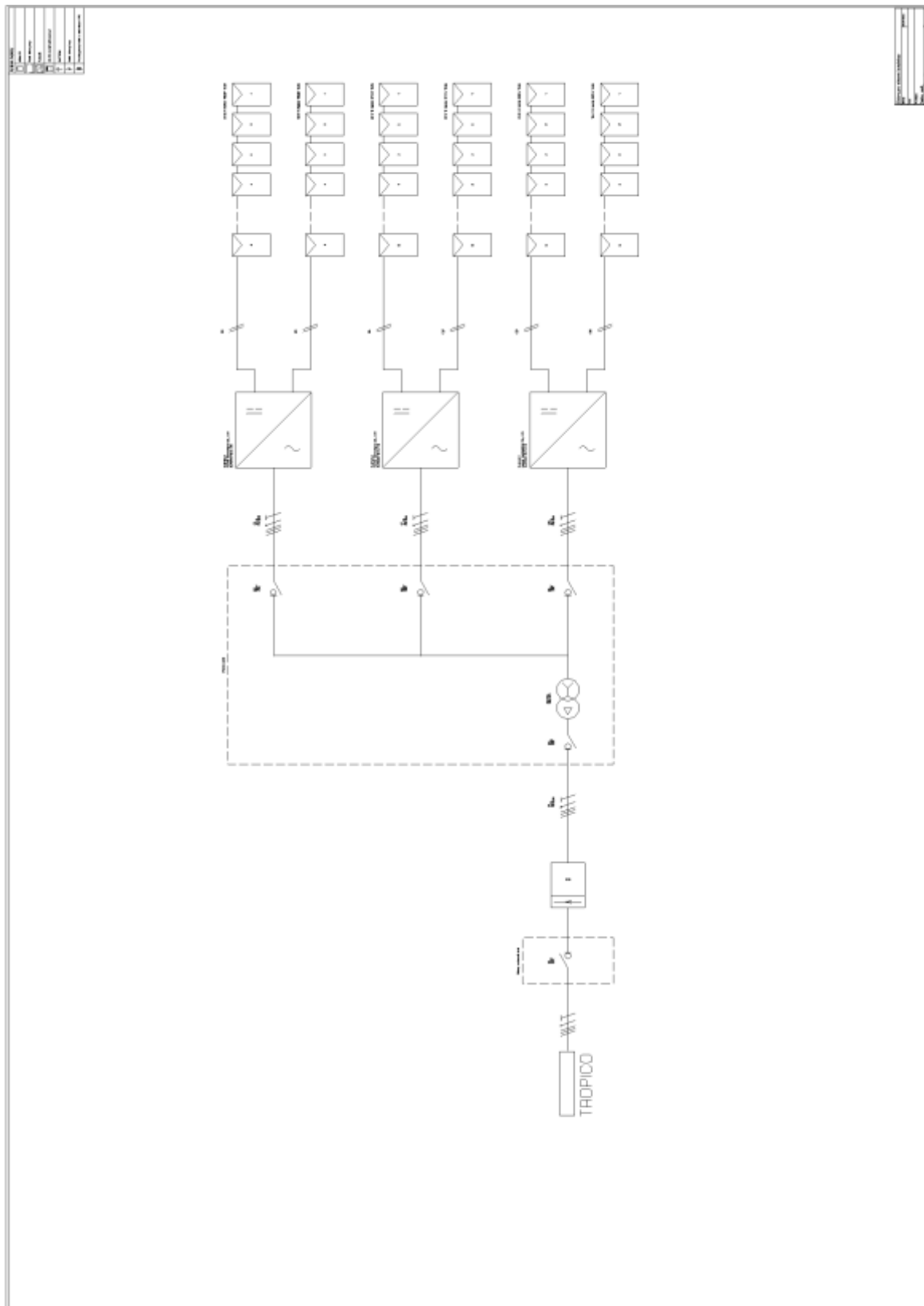


Figura 1: diagram obwodu jednoliniowego

## 2.2 - OGÓLNY UKŁAD SYSTEMU

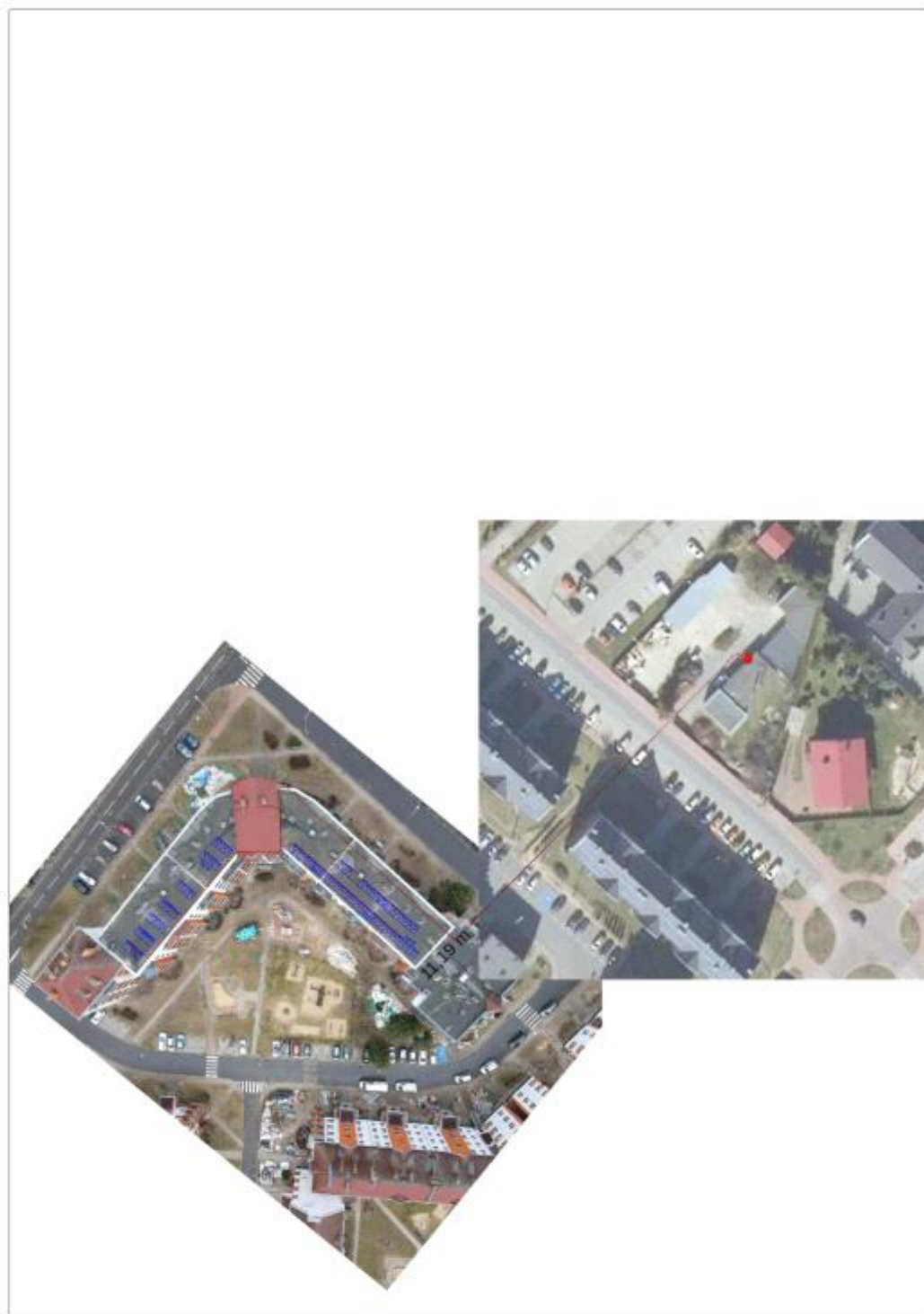


Figura 2: Umieszczenie generatora fotowoltaicznego i grupy konwersji



### 3. Wstępne kalkulacje

#### 3.1 - ROCZNA TECHNOLOGICZNOŚĆ (WYDAJNOŚĆ)

##### Instalacja

Układ zostanie zainstalowany w lokalizacji Grodzisk Wielkopolski.

Poniższa tabela przedstawia podstawowe dane geograficzne miejsca instalacji.

Dane geograficzne miejsca	
Lokalizacja	Grodzisk Wielkopolski
Szerokość	53,12°
Długość geograficzna	18,98°
Wysokość	82 metry
Temperatura maksymalna	23,64 °C
Temperatura minimalna	-4,20 °C
Wartości natężenia promieniowania słonecznego	NASA-SSE

W tej lokalizacji mamy pozyskane następujące dzienne natężenie promieniowania słonecznego na poziomej powierzchni, według źródła NASA-SSE.

Miesiąc	Rozproszone dzienne [kWh/m.]	Bezpośrednie dzienne [kWh/m.]	Globalne dzienne [kWh/m.]
Styczeń	0,52	0,26	0,78
Luty	0,88	0,60	1,48
Marzec	1,48	1,12	2,60
Kwiecień	2,07	1,61	3,68
Maj	2,55	2,34	4,89
Czerwiec	2,77	2,10	4,87
Lipiec	2,64	2,11	4,75
Sierpień	2,24	2,00	4,24
Wrzesień	1,56	1,23	2,79
Październik	0,94	0,63	1,57
Listopad	0,54	0,25	0,79
Grudzień	0,41	0,20	0,61
<b>Rocznie</b>	<b>1,55</b>	<b>1,20</b>	<b>2,75</b>

Biorąc pod uwagę miesięczne średnie dzienne natężenie promieniowania słonecznego oraz liczbę dni, które składają się na dwanaście miesięcy w roku, można określić wartość rocznego

globalnej natężenia promieniowania słonecznego na poziomej powierzchni dla lokalizacji (). Ta wartość jest równa 2,75 [kWh/m<sup>2</sup>].

#### *Zacienienie odległe*

W systemie fotowoltaicznym zazwyczaj należy unikać zacienienia, ponieważ powoduje to straty energii, a tym samym energii produkowanej. Jednak w szczególnych przypadkach jest to dozwolone, jeżeli sytuacja jest właściwie oceniona.

W przypadku omawianej instalacji nie występuje zacienienie.

#### *Obliczanie technologiczności*

Technologiczności 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 (27,36 kW), kąt nachylenia oraz azymut ( 20° , 41,2° ) generator PV, straty na generatorze PV (straty rezystancyjne, straty z powodu różnicy temperatury modułów, refleksji bądź niedopasowania pomiędzy pasmami), 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:

$$E_{p,y} = P_{nom} * Irr * (1 - Losses) = 26\,076,71 \text{ kWh}$$

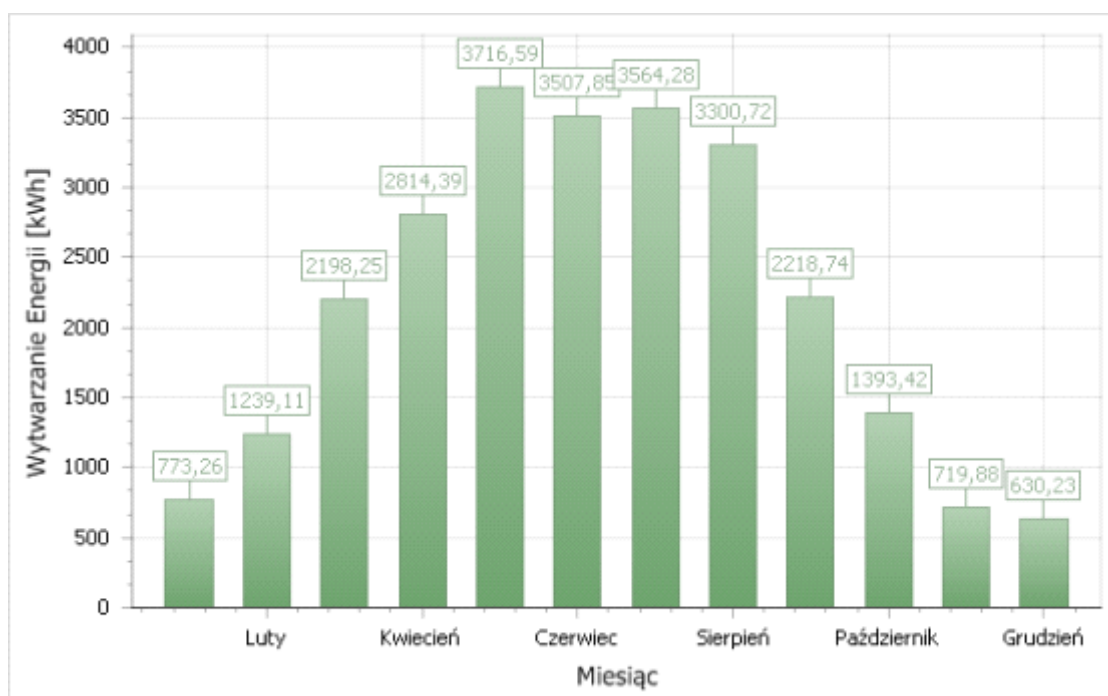
Gdzie:

- $P_{nom}$  = Moc znamionowa systemu: 27,36 kW
- $Irr$  = Roczne natężenie promieniowania słonecznego na powierzchni modułów: 1086,36 kWh/m<sup>2</sup>
- $Losses$  = Straty mocy: 12,27 %

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

Straty	
Straty ciepła	3,00 %
Straty z niedopasowania	2,00 %
Straty rezystancyjne	4,00 %
Straty spowodowane konwersją DC/AC	1,90 %
Inne straty	2,00 %
Straty z zacienienia	0,00 %
<b>Straty całkowite</b>	<b>12,27 %</b>

Poniższy wykres przedstawia trend miesięcznej produkcji energii przewidywany w danym roku.



### 3.2 - WERYFIKACJA PRAWIDŁOWEGO POŁĄCZENIA ELEKTRYCZNEGO POMIĘDZY GENERATOREM FOTOWOLTAICZNYM I GRUPĄ KONWERSJI DC AC.

W celu doboru falownika jest zazwyczaj konieczne, aby zweryfikować zgodność używanych falowników z polami 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 zestaw napięć dostarczanych przez pole fotowoltaiczne jest zgodny z zakresem wahań napięcia wejściowego falownika.

Innymi słowy, niezbędne jest, aby wyliczyć minimalny i maksymalny poziom napięcia pola 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 pola PV @ STC jest mniejszy niż maksymalna dopuszczalna prądu wejściowego falownika.

#### *Weryfikacja mocy*

Weryfikacji mocy jest wykonywana w celu sprawdzenia czy moc znamionowa grupy konwersji DC / AC (suma mocy znamionowej falownika) jest większa niż 80,00% i mniejsza niż 120,00% mocy znamionowej systemu fotowoltaicznego (suma mocy znamionowej modułów fotowoltaicznych).

Poniższe tabele przedstawiają wynik tych weryfikacji.

#### **Inverter:1**

Limity napięcia	Mppt1 - Minimalne napięcie w temperaturze modułu z 61,14°C (431,63 V) > Minimalne napięcie MPPT (140 V)
Limity napięcia	Mppt2 - Minimalne napięcie w temperaturze modułu z 61,14°C (431,63 V) > Minimalne napięcie MPPT (140 V)
Limity napięcia	Mppt1 - Maksymalne napięcie w temperaturze modułu z -4,2°C (533,36 V) < Maksymalne napięcie MPPT (980 V)
Limity napięcia	Mppt2 - Maksymalne napięcie w temperaturze modułu z -4,2°C (533,36 V) < Maksymalne napięcie MPPT (980 V)
Limity napięcia	Mppt1 - Napięcie jałowe w temperaturze modułu z -4,2°C (622,12 V) < Maksymalne napięcie falownika (1100 V)
Limity napięcia	Mppt2 - Napięcie jałowe w temperaturze modułu z -4,2°C (622,12 V) < Maksymalne napięcie falownika (1100 V)
Limity prądu	Mppt1 - Prąd zwarciový (10,84 A) < Maksymalny prąd falownika (11 A)
Limity prądu	Mppt2 - Prąd zwarciový (10,84 A) < Maksymalny prąd falownika (11 A)
Limity mocy	Współczynnik wielkości mocy (80 %) < (101%) < (120 %)

Inverter:2	
Limity napięcia	Mppt1 - Minimalne napięcie w temperaturze modułu z 61,14°C (400,8 V) > Minimalne napięcie MPPT (140 V)
Limity napięcia	Mppt2 - Minimalne napięcie w temperaturze modułu z 61,14°C (400,8 V) > Minimalne napięcie MPPT (140 V)
Limity napięcia	Mppt1 - Maksymalne napięcie w temperaturze modułu z -4,2°C (495,27 V) < Maksymalne napięcie MPPT (980 V)
Limity napięcia	Mppt2 - Maksymalne napięcie w temperaturze modułu z -4,2°C (495,27 V) < Maksymalne napięcie MPPT (980 V)
Limity napięcia	Mppt1 - Napięcie jałowe w temperaturze modułu z -4,2°C (577,69 V) < Maksymalne napięcie falownika (1100 V)
Limity napięcia	Mppt2 - Napięcie jałowe w temperaturze modułu z -4,2°C (577,69 V) < Maksymalne napięcie falownika (1100 V)
Limity prądu	Mppt1 - Prąd zwarciový (10,84 A) < Maksymalny prąd falownika (11 A)
Limity prądu	Mppt2 - Prąd zwarciový (10,84 A) < Maksymalny prąd falownika (11 A)
Limity mocy	Współczynnik wielkości mocy (80 %) < (94%) < (120 %)

Inverter:3	
Limity napięcia	Mppt1 - Minimalne napięcie w temperaturze modułu z 61,14°C (339,14 V) > Minimalne napięcie MPPT (140 V)
Limity napięcia	Mppt2 - Minimalne napięcie w temperaturze modułu z 61,14°C (339,14 V) > Minimalne napięcie MPPT (140 V)
Limity napięcia	Mppt1 - Maksymalne napięcie w temperaturze modułu z -4,2°C (419,07 V) < Maksymalne napięcie MPPT (980 V)
Limity napięcia	Mppt2 - Maksymalne napięcie w temperaturze modułu z -4,2°C (419,07 V) < Maksymalne napięcie MPPT (980 V)
Limity napięcia	Mppt1 - Napięcie jałowe w temperaturze modułu z -4,2°C (488,81 V) < Maksymalne napięcie falownika (1100 V)
Limity napięcia	Mppt2 - Napięcie jałowe w temperaturze modułu z -4,2°C (488,81 V) < Maksymalne napięcie falownika (1100 V)
Limity prądu	Mppt1 - Prąd zwarciový (10,84 A) < Maksymalny prąd falownika (15 A)
Limity prądu	Mppt2 - Prąd zwarciový (10,84 A) < Maksymalny prąd falownika (15 A)
Limity mocy	Współczynnik wielkości mocy (80 %) < (99%) < (120 %)

### 3.3 – PRZEWODY ELEKTRYCZNE

Zwymiarowanie przewodów elektrycznych obejmuje następujące obliczenia:

- Obliczanie spadku napięcia

### Obliczanie spadku napięcia

Znając długość przewodu, typ kabla i maksymalny prąd na nim, obliczenie procenta spadku napięcia dla kabla na prąd stały jest uzyskane ze stosunku:

$$\Delta V_{\%} = 2 \cdot \frac{R}{V_{nom}} \cdot I_{nom} \cdot \frac{L}{1000}$$

gdzie:

$L$  to długość przewodu w metrach

$I_{nom}$  jest to prąd w kablu @STC

$V_{nom}$  jest to napięcie na kablu @STC

$R$  jest to rezystancja kabla na km długości, w temperaturze 80 °C

Należy zwrócić uwagę na długość kabla, typ kabla i prąd maksymalny, obliczanie procentowego spadku napięcia na kablu dla prądu przemiennego uzyskuje się z relacji:

Uwaga: długość przewodu, rodzaj kabla i maksymalny prąd, który płynie, obliczenie procenta spadku napięcia dla przewodu, jest uzyskane z relacji:

Dla linii jednofazowej:

$$\Delta V_{\%} = 2 \cdot \frac{\sqrt{R^2 + X^2}}{V_{AC}} \cdot I_{nom} \cdot \frac{L}{1000}$$

Dla linii trójfazowej:

$$\Delta V_{\%} = 1,73 \cdot \frac{\sqrt{R^2 + X^2}}{V_{AC}} \cdot I_{nom} \cdot \frac{L}{1000}$$

gdzie:

$L$  to długość przewodu w metrach

$I_{nom}$  jest to prąd w kablu @STC

$V_{AC}$  jest to napięcie sieci

$R, X$  są to rezystancja i reaktancja linii na km długości, w temperaturze 80 °C

Poniższe tabele przedstawiają wykaz kabli używanych w systemie.

Aby uzyskać więcej informacji, zapoznaj się z dokumentem "Zestaw kabli"

Tabela kabli					
Etykieta	Kod	Opis	Formacja	Spadek napięcia	Długość
C1	PRYG7P4X070	Z: Główny panel Do: Sieć elektryczna	4x70	0,03%	3,66 m
C2	PRYG7P4X070	Z: Inverter:3 Do: Główny panel	4x70	0,25%	125,72 m
C3		Z: Str:6 Do: Inverter:3		1,41%	46,82 m
C4	PRYPSUN004	Przewód łączący moduły: Str:6	1x4	0,34%	11,33 m
C5		Z: Str:5 Do: Inverter:3		1,36%	45,35 m
C6	PRYPSUN004	Przewód łączący moduły: Str:5	1x4	0,34%	11,33 m
C7	PRYG7P4X070	Z: Inverter:2 Do: Główny panel	4x70	0,32%	126,2 m
C8		Z: Str:4 Do: Inverter:2		0,80%	31,42 m
C9	PRYPSUN004	Przewód łączący moduły: Str:4	1x4	0,34%	13,39 m
C10		Z: Str:3 Do: Inverter:2		0,46%	18,02 m
C11	PRYPSUN004	Przewód łączący moduły: Str:3	1x4	0,34%	13,39 m

C12	PRYG7P4X070	Z: Inverter:1 Do: Główny panel	4x70	0,32%	126,7 m
C13		Z: Str:2 Do: Inverter:1		1,04%	43,91 m
C14	PRYPSUN004	Przewód łączący moduły: Str:2	1x4	0,34%	14,42 m
C15		Z: Str:1 Do: Inverter:1		1,31%	55,69 m
C16	PRYPSUN004	Przewód łączący moduły: Str:1	1x4	0,34%	14,42 m

Zestawienie kabli stosowanych w systemie					
Kod	Producent	Opis	Formacja	Przekrój	Długość
PRYG7P4X070	Prysmian	FG7(O)R G-SETTE+ 0.6/1 kV 4x70	4x70	70,00 mm <sup>2</sup>	382,28 m
PRYPSUN006	Prysmian	FG21M21 P-Sun 1.2 kV 1x6	1x6	6,00 mm <sup>2</sup>	482,42 m
PRYPSUN004	Prysmian	FG21M21 P-Sun 1.2 kV 1x4	1x4	4,00 mm <sup>2</sup>	78,28 m