



# Projekt Wykonawczy

**TEMAT:** **PROJEKT INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ**

**OBIEKT:** **INSTALACJA FOTOWOLTAICZNA NA DACHU BUDYNKU MIESZKALNEGO**

**ADRES INSTALACJI:** **RUDA LUBIENIECKA 2, 87-860 CHODECZ NR DZ. 247, OBREB: LUBIENIEC**

**INWESTOR:** **GMINA CHODECZ, UL. KALISKA 2, 87-860 CHODECZ**

<i>FUNKCJA</i>	<i>IMIĘ I NAZWISKO</i>	<i>PODPIS</i>
PROJEKTANT	<b>mgr inż. Piotr Grzegorz Marciniak</b> Certyfikat Urzędu Dozoru Technicznego (systemy fotowoltaiczne) <b>Nr upr. OZE-W/03/000006/18</b>	<b>SPECJALISTA DS. PROJEKTÓW PV</b> <i>mgr inż. Piotr Grzegorz Marciniak</i> <b>CERTYFIKAT UDT (OZE)</b> <b>OZE-W/03/000006/18 (PV)</b>

## Spis treści

1. Część ogólna.....	5
1.1. Przedmiot opracowania .....	5
1.2. Podstawa opracowania .....	5
1.3. Zakres opracowania .....	5
1.4. Podstawa prawna .....	5
2. Część techniczna.....	6
2.1. Charakterystyka instalacji fotowoltaicznej .....	6
2.2. Wymagania dotyczące modułów fotowoltaicznych:.....	6
2.3. Wymagania dotyczące falowników: .....	7
2.4. Montaż paneli PV .....	7
2.5. Montaż falownika (inwertera) .....	8
2.6. Część DC instalacji fotowoltaicznej .....	9
2.7. Część AC instalacji PV .....	10
2.8. Uziemienie i połączenie wyrównawcze instalacji fotowoltaicznej .....	10
2.9. Ochrona przeciwporażeniowa instalacji fotowoltaicznej .....	10
2.10. Ochrona przeciwprzepięciowa instalacji fotowoltaicznej.....	11
2.11. Zespół zabezpieczeń falownika.....	11
2.12. Ochrona zwarciova .....	11
2.13. Układ rozliczeniowy instalacji fotowoltaicznej .....	11
3. Obliczenia .....	12
3.1. Obciążenie znamionowe instalacji fotowoltaicznej.....	12
4. Zasady BHP .....	12
5. Konserwacja i przeglądy.....	14
6. Postanowienia końcowe.....	15
7. Załączniki.....	16

## Uprawnienia projektanta

<b>URZĄD DOZORU TECHNICZNEGO</b>	
<b>CERTYFIKAT INSTALATORA ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII</b>	
NR CERTYFIKATU: <b>OZE-W/03/000006/18</b>	
IMIE (MIONA): <b>PIOTR GRZEGORZ</b>	
NAZWISKO: <b>MARCINIAK</b>	
<b>WAŻNY Z DOKUMENTEM TOŻSAMOŚCI</b>	

<b>ORGAN WYDAJĄCY: PREZES URZĘDU DOZORU TECHNICZNEGO</b>	
<b>CERTYFIKAT NR: OZE-W/03/000006/18</b>	
NINIEJSZY CERTYFIKAT POTWIERDZA POSIADANIE KWALIFIKACJI DO INSTALOWANIA NASTĘPUJĄCYCH RODZAJÓW ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII: SYSTEMÓW FOTOWOLTAICZNYCH (PV).	
MIJSCOWOŚĆ: BYDGOSZCZ / PL	Niniejszy certyfikat został wydany na podstawie ustawy z dnia 29 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii (Dz. U. poz. 478, z późn. zm.).
DATA WYDANIA CERTYFIKATU: <b>18.10.2018</b>	<b>CERTYFIKAT JEST WAŻNY DO DNIA 17.10.2023</b>

*Za zgodność  
z oryginałem*

SPECJALISTA DS. PROJEKTÓW PV  
mgr inż. Piotr Grzegorz Marciniak  
CERTYFIKAT UDT (OZE)  
OZE-W/03/000006/18 (PV)

Lubraniec, dnia: 20.11.2019r.

## *O ś w i a d c z e n i e*

Ja, niżej podpisany, stwierdzam, że projekt wykonawczy instalacji elektrycznej w zakresie instalacji fotowoltaicznej na dachu budynku mieszkalnego zlokalizowanego:

**RUDA LUBIENIECKA 2, 87-860 CHODECZ  
NR DZ. 247, OBRĘB: LUBIENIEC**

opracowano zgodnie z obowiązującymi przepisami oraz zasadami wiedzy technicznej, wytycznymi do projektowania i wykonywania instalacji fotowoltaicznych. Zaprojektowane instalacje spełniają wymogi obowiązujących norm i przepisów, dobrane urządzenia i aparaty elektryczne spełniają wymogi bezpieczeństwa.

Zgodnie z art. 29 ust. 2 pkt 16 w zw. z art. 30 ust. 1 ustawy – Prawo Budowlane mikroinstalacje fotowoltaiczne (do 50 kW<sub>p</sub>) nie wymagają uzyskania pozwolenia na budowę czy zgłoszenia robót budowlanych.

Podstawa prawna oświadczenia: art. 20. ust.4 ustawa z dn. 07.07.1994 r. Prawo Budowlane (Dz.U. Nr 89 poz. 414 z późniejszymi zmianami).

Podpis



**mgr inż. Piotr Grzegorz Marciniak**  
Certyfikat Urzędu Dozoru Technicznego  
(systemy fotowoltaiczne)  
Nr upr. OZE-W/03/000006/18



## **1. Część ogólna**

### **1.1. Przedmiot opracowania**

Przedmiotem niniejszego opracowania jest projekt wykonawczy instalacji fotowoltaicznej do produkcji energii elektrycznej pochodzącej ze źródeł odnawialnych na potrzeby budynku mieszkalnego zlokalizowanego:

**RUDA LUBIENIECKA 2, 87-860 CHODECZ  
NR DZ. 247, OBRĘB: LUBIENIEC**

Inwestycja nie wpływa negatywnie na środowisko naturalne i zdrowie ludzi a strefa jej oddziaływania mieści się w całości na działce, na której została zaprojektowana.

### **1.2. Podstawa opracowania**

Podstawą niniejszego opracowania w części formalnej jest umowa zawarta pomiędzy Inwestorem: Gmina Chodecz, ul. Kaliska 2, 87-860 Chodecz a Prosument-Klaster Odnawialnych Źródeł Energii, ul. Brzeska 49, 87-890 Lubraniec.

### **1.3. Zakres opracowania**

W zakres opracowania wchodzi sporządzenie projektu wykonawczego mikroinstalacji fotowoltaicznej, obejmującego m.in. dobór modułów, falownika, połączeń kablowych, zabezpieczeń i pozostałych elementów wchodzących w skład kompletnej instalacji PV.

### **1.4. Podstawa prawna**

Projekt mikroinstalacji fotowoltaicznej został opracowany na podstawie regulacji prawnych:

- a) *Ustawa z dnia 20 lutego 2015r. o odnawialnych źródłach energii z późniejszymi zmianami (tekst jednolity Poz. 1296 z dnia 29.06.2018r.),*
- b) *Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997r. Prawo energetyczne z późniejszymi zmianami (tekst jednolity Dz. U. z 2018r. poz. 755, 650, 685, 771, 1000, 1356 i 1637),*
- c) *Ustawa z dnia 7 lipca 1994r. Prawo budowlane z późniejszymi zmianami (Dz.U. z 2018r. poz. 1202,1276),*
- d) Instrukcja Ruchu i Eksploatacji Sieci Dystrybucyjnej odpowiednia dla przypisanego względem lokalizacji (adresu montażu mikroinstalacji PV) Operatora Systemu Dystrybucyjnego.

## 2. Część techniczna

### 2.1. Charakterystyka instalacji fotowoltaicznej

Instalacja fotowoltaiczna o mocy docelowej 5,04 kWp zostanie wykonana na ~~gruncie/dachu~~ budynku mieszkalnego/~~dachu budynku gospodarczego/na dachu garażu/~~ ~~dachu budynku użyteczności publicznej~~. Jako źródło energii odnawialnej zastosowane zostaną moduły fotowoltaiczne monokrystaliczne/~~polikrystaliczne~~ o mocy 360 Wp/moduł.

Mikroinstalację fotowoltaiczną należy zamontować z wykorzystaniem ogólnodostępnej konstrukcji systemowej, dedykowanej dla:

- konkretnego pokrycia dachowego (blachodachówka) dla dachu ~~płaskiego/skośnego~~
- ~~instalacji naziemnej~~

System montażowy powinien być dobrany do warunków zewnętrznych, charakterystycznych dla konkretnej lokalizacji (wytrzymałość na obciążenia), nie powinien ingerować w poszycie dachu (w przypadku instalacji dachowej) i każdorazowo powinien być montowany zgodnie z zaleceniami producenta.

Konstrukcja pod panele słoneczne musi być wykonana z materiałów odpornych na szkodliwe działanie czynników zewnętrznych (atmosferycznych), m.in. na korozję.

Moduły PV należy połączyć ze sobą w odpowiednio dobrane łańcuchy (stringi). Zaprojektowano układ 1-stringowy (1x14), który będzie tworzył generator słoneczny i zostanie podłączony do falownika trójfazowego o mocy znamionowej około 5 kW. Część modułów wyposażona w optymalizatory mocy.

### 2.2. Wymagania dotyczące modułów fotowoltaicznych:

- Wymagania stawiane modułom fotowoltaicznym:

Parametr		Wartość
Moc nominalna modułu	$P_{max}$	Min.360 Wp
Typ modułu	-	Monokrystaliczny
Maksymalne napięcie pracy	$V_{DC}$	1000 $V_{DC}$
Szerokość modułu	-	1035 mm±22mm
Wysokość modułu	-	1740 mm±45mm
Waga	-	Maks. 20 kg
Odporność na obciążenia, nacisk	-	Min. 5400 Pa
Sprawność modułu	$\eta$	Min. 19,3 %
Współczynniki temperaturowe	$P_{max}$	Max. -0,37 %/°C
	$V_{oc}$	Max. -0,29 %/°C
	$I_{sc}$	Max. 0,057 %/°C
Liniowa gwarancja mocy	lata	25 lat
Zgodność z normami, z dyrektywami	-	PN-EN 61215 (moduły z krzemu krystalicznego) 2014/35/EU

- Ponadto do celów projektowych przyjęto parametry:

Parametr		Wartość
Napięcie nominalne modułu	$V_{mpp}$	33,7 V
Napięcie przy otwartym obwodzie	$V_{oc}$	40,9 V
Prąd nominalny modułu	$I_{mpp}$	10,69 A
Prąd zwarcia	$I_{sc}$	11,2 A

### 2.3. Wymagania dotyczące falowników:

- Moc wyjściowa falownika powinna być zbliżona do łącznej mocy znamionowej modułów fotowoltaicznych (odchylenie mocy falownika w stosunku do łącznej mocy zamontowanych modułów fotowoltaicznych należy przyjmować wg zaleceń producenta urządzenia),
- falowniki trójfazowe, beztransformatorowe,
- stopień ochrony: min. IP65,
- połączenie z Internetem przez Ethernet lub Wi-Fi,
- gwarancja min. 5 lat,
- zakres temperatur pracy:  $-25^{\circ}\text{C} \dots +60^{\circ}\text{C}$ ,
- zgodność z normą PN-EN 50438:2014 i dyrektywami: 2014/35/UE, 2014/30/UE

### 2.4. Montaż paneli PV

Podczas pracy na modułach fotowoltaicznych, na które pada promieniowanie słoneczne instalator pracuje na generujących napięcie urządzeniach. Gdy tylko światło pada na moduł fotowoltaiczny, na wtyczkach kabli modułu i/lub podłączonego obwodu zawierającego kilkanaście modułów można spodziewać się pełnego napięcia. Im więcej modułów jest połączonych szeregowo, tym wyższe napięcie występuje na wtyczkach obwodu. Suma napięć modułów połączonych w szeregu (patrz specyfikacja techniczna modułu) jest równa całkowitemu napięciu obwodu. Maksymalne dopuszczalne napięcie generatora fotowoltaicznego nie może przekraczać maksymalnego dopuszczalnego napięcia inwertera (do 1000V DC).

Montaż i obsługa modułów fotowoltaicznych powinny być wykonywane przez osoby posiadające:

–Aktualne świadectwo kwalifikacyjne, uprawniające do zajmowania się eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci elektroenergetycznych na stanowisku dozoru i eksploatacji, wydawane na podstawie Rozporządzenia Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 28 kwietnia 2003 r. w sprawie szczegółowych zasad stwierdzania posiadania kwalifikacji przez osoby zajmujące się eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci (Dz. U. 2003 r. Nr 89, poz. 828 z późniejszymi zmianami) lub,

- Certyfikat Instalatora Mikroinstalacji i Małych Instalacji wydany przez Prezesa Urzędu Dozoru Technicznego zgodnie z ustawą z dnia 26 lipca 2013r. o zmianie ustawy-Prawo energetyczne oraz niektórych innych ustaw (Dz. U. 2013 poz. 984)

- oraz osoby z doświadczeniem i wiedzą techniczną w zakresie montażu, obsługi i eksploatacji systemów fotowoltaicznych.

Osoba dokonująca montażu i obsługi przejmuje na siebie ryzyko doznania uszczerbku na zdrowiu lub zniszczenia własności, które może zaistnieć podczas tych czynności.

Moduły fotowoltaiczne powinny zostać zamontowane na systemie montażowym, zachowującym równoległości, oraz prostopadłości pomiędzy profilami i uchwytyami w nim zastosowanymi:

- wszystkie profile konstrukcji powinny być ze sobą metaliczne połączone, za pomocą łączników/płaskowników lub przewodem LgY min.16mm<sup>2</sup>,
- należy uwzględnić możliwość wydłużenia się profili metalowych przy wysokich temperaturach, w tym celu należy pozostawić odstęp między dwoma profilami, odpowiedni dla rozszerzalności cieplnej materiału, z jakiego został wykonany,
- w przypadku montażu na dachu, należy zachować odpowiednią przestrzeń między poszyciem dachu a modułami, aby zapewnić prawidłową cyrkulację powietrza (min. 10cm),
- odstępy między modułami wyznaczają zaciski mocujące (klemy); dodatkowo z każdej strony rzędu modułów profil, do którego są one mocowane, powinien być dłuższy o min. 2,5cm od posadowienia klemy końcowej,
- profile nośne konstrukcji montażowej należy umieścić w odległości między 1/4 a 1/8 długości dłuższego boku modułu,
- zaciski mocujące (klemy) należy montować na dłuższej krawędzi modułu,
- zaciski mocujące (klemy) oraz poszczególne elementy konstrukcji należy dokręcać z siłą, nie powodującą widocznych uszkodzeń, kluczem dynamometrycznym z siłą zgodną ze specyfikacją producenta,
- połączenie szeregowo lub równoległe paneli odpowiednio zwiększa napięcie lub natężenie.

Wykonawca przed montażem elementów instalacji fotowoltaicznej ma obowiązek zweryfikować nośność konstrukcji dachu, na którym będą usytuowane moduły fotowoltaiczne, w celu zapewnienia bezpieczeństwa użytkowania obiektu.

**Moduły PV wytwarzają prąd stały. Bezpośredni kontakt z częściami czynnymi modułu, takimi jak np. złącza konektorów na zakończeniach przewodów, może spowodować porażenie!**

**Ryzyko porażenia występuje zawsze, niezależnie od ilości modułów ze sobą połączonych.**

## 2.5. Montaż falownika (inwertera)

Falownik (1 szt.) został zaprojektowany do pracy systemu fotowoltaicznego z siecią zewnętrzną (on-grid) i nie jest przystosowany do pracy samodzielnej (wyspowej), bez sieci zewnętrznej operatora. Falownik monitoruje sieć zewnętrzną i w przypadku wykrycia zakłócenia (wyłączenie itp.) wyłączy się automatycznie odcinając dopływ prądu do sieci. Falownik jest w pełni automatycznym urządzeniem, załącza się samoczynnie w momencie rozpoczęcia pracy przez panele PV, a wyłącza w momencie

wykrycia niedostatecznych parametrów zasilania z modułów fotowoltaicznych. Po uruchomieniu próbnym mikroinstalacji należy wykonać połączenie inwertera z siecią internetową oraz zarejestrować go na portalu służącym do monitorowania pracy mikroinstalacji. Doprowadzenie sieci internetowej leży po stronie Użytkownika mikroinstalacji PV.

Falownik zabudować w budynku, w miejscu dogodnym dla Użytkownika instalacji, pamiętając o zachowaniu maksymalnego 1% spadku napięcia na przewodach DC i AC. Możliwe jest zamontowanie falownika na zewnątrz budynku.

#### **Zalecenia dla montażu:**

- Pomieszczenie:
  - możliwie suche, dobrze klimatyzowane, ciepło odpadowe musi być odprowadzane z falownika,
  - niezakłócona cyrkulacja powietrza,
  - podczas montażu w szafie rozdzielczej zapewnić wystarczające odprowadzenie ciepła przez wentylację wymuszoną,
  - jeżeli falownik jest narażony na działanie agresywnych gazów, należy go montować w sposób zapewniający stałą widoczność,
  - dobry dostęp od przodu i z boków bez dodatkowych pomocy,
  - w przypadku eksploatacji na zewnątrz pomieszczeń zapewnić ochronę przed negatywnymi skutkami warunków atmosferycznych takimi jak słońce, deszcze, śnieg.
  
- Ściana lub konstrukcja montażowa:
  - dostatecznej nośności,
  - dostępna do prac montażowych i konserwacyjnych,
  - z materiału trudno palnego,
  - należy przestrzegać minimalnych odstępów montażowych.

#### **2.6. Część DC instalacji fotowoltaicznej**

Połączenia poszczególnych grup modułów do falownika zostaną zrealizowane za pomocą kabli dedykowanych dla instalacji stałoprądowych fotowoltaicznych typu PV1-F o przekroju żył roboczych 4 mm<sup>2</sup>. Kable łączące poszczególne moduły fotowoltaiczne będą mocowane do konstrukcji wsporczej samych modułów fotowoltaicznych. Kable pomiędzy łączeniami modułów PV a falownikiem 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 warunkach zewnętrznych i być odporne na promieniowanie UV. Ewentualne przejścia kabli przez dach oraz elewację budynku zostaną odpowiednio zabezpieczone przed możliwością przeniknięcia wody.

Aby uniknąć pętli, przewody (+ i -) należy układać razem. Jeśli to możliwe, dach powinien zostać przewiercony tylko w jednym miejscu. Przekroje przewodów należy dobierać tak, aby ograniczyć spadek napięcia poniżej 1%.



## 2.7. Część AC instalacji PV

Za falownikiem w rozdzielnicy zamontować wyłącznik nadprądowy S303 B 10A oraz zabezpieczenie różnicowo-prądowe typu P304 25A 100mA typ A. W rozdzielnicy głównej budynku zamontować wyłącznik nadprądowy S303 B 16A. Połączenie pomiędzy falownikiem a rozdzielnicą główną wykonać za pomocą przewodu odpowiednio YDYżo lub YKYżo 5x4mm<sup>2</sup>. W przypadku, gdy budynek, na którym projektowana jest instalacja fotowoltaiczna nie posiada rozdzielnicy, należy taką zabudować i wyposażyć w odpowiednie zabezpieczenia. Przekroje przewodów należy dobierać tak, aby ograniczyć spadek napięcia poniżej 1%.

## 2.8. Uziemienie i połączenie wyrównawcze instalacji fotowoltaicznej

W celu wyrównania potencjałów ram i konstrukcji mikroinstalacji PV należy wykonać połączenia wyrównawcze, których odprowadzenie należy poprowadzić do uziemienia mikroinstalacji fotowoltaicznej za pomocą przewodu LgY min.16 mm<sup>2</sup> Cu wykonaną na zewnątrz budynku. Przewody te należy prowadzić równolegle i jak najbliżej przewodów instalacji AC i DC. Wartość rezystancji uziemienia nie powinna być większa niż 10Ω.

W przypadku, gdy budynek jest wyposażony w instalację odgromową i niezachowane zostaną wystarczające odstępki izolacyjne (min. 50 cm) między mikroinstalacją PV a elementami instalacji odgromowej, aby zabezpieczyć generator fotowoltaiczny przed przeskokami ładunków elektrycznych z instalacji odgromowej, należy wykonać połączenie wyrównawcze pomiędzy układem modułów a najbliższym układem zwodów. Dodatkowo należy wykonać połączenie wyrównawcze pomiędzy ramą modułów a GSW budynku. W przypadku, gdy dach budynku pokryty jest blachą należy wykonać dwa zwody pionowe na elewacji budynku podłączone do pokrycia dachowego wykorzystując w ten sposób zwód naturalny w postaci dachu.

Dodatkowym zabezpieczeniem przed prądem piorunowym będzie ogranicznik przepięć klasy T1+T2. Jeżeli budynek ma instalację odgromową, rozdzielnica główna budynku powinna być wyposażona w ogranicznik przepięć klasy T1+T2.

## 2.9. Ochrona przeciwporażeniowa instalacji fotowoltaicznej

Urządzenia PV strony DC należy traktować, jako urządzenia pod napięciem nawet, jeśli układ jest odłączony od strony AC.

Projektowany falownik uniemożliwia przepływ prądu zwarcia DC do instalacji elektrycznej, dlatego też dodatkowy wyłącznik różnicowoprądowy typu B po stronie instalacji AC w tym przypadku nie jest wymagany niemniej, aby wyeliminować prądy upływu projektuje się zabezpieczenie różnicowo-prądowe typu A. Wyłącznik różnicowo-prądowy należy dostosować do wymagań producenta falownika.

Po stronie AC ochrona przeciwporażeniowa realizowana jest poprzez samoczynne szybkie wyłączenie zasilania.

## 2.10. Ochrona przeciwprzebieciowa instalacji fotowoltaicznej

Ochronę przed wyindukowanymi przebieciami spowodowanymi wyładowaniami atmosferycznymi zaprojektowano stosując ograniczniki przebieć klasy T1+T2. Są to ograniczniki przebieć dedykowane do instalacji fotowoltaicznych. Ochronnik przebieć instalacji PV zostanie zabudowany w skrzynce przyłączeniowej przed falownikiem. W przypadku, gdy długość przewodu pomiędzy modułami fotowoltaicznymi a falownikiem DC/AC przekracza 10m, należy zainstalować ogranicznik przebieć klasy T1+T2 przy modułach oraz drugi ogranicznik przebieć tego samego typu w pobliżu falownika. Do uziemienia ograniczników przebieć należy stosować przewód miedziany o przekroju min. 16mm<sup>2</sup>.

Należy pamiętać, aby stronę AC również zabezpieczyć ogranicznikiem przebieć, przeznaczonym dla montażu po stronie AC.

## 2.11. Zespół zabezpieczeń falownika

Falownik powinien posiadać zabudowany w sobie zespół zabezpieczeń, które można odpowiednio nastawić w zależności od wymagań operatora sieci. Falownik powinien również posiadać zabudowane w sobie zabezpieczenia przed pracą wyspową dla instalacji fotowoltaicznej. Jeżeli falownik nie posiada rozłącznika po stronie DC, należy go zamontować.

## 2.12. Ochrona zwarciowa

Po stronie AC ochronę zwarciową zaprojektowano poprzez wyłącznik nadprądowy S303 B 10A, który należy zainstalować na przyłączach do zacisków AC.

W pomieszczeniach kable zostaną rozprowadzone za pomocą korytek kablowych. Falownik należy połączyć z rozdzielnicą główną budynku za pomocą kabla YKYżo lub YDYżo 5x4mm<sup>2</sup>. Strona zmiennoprądowa (AC) falownika zostanie w rozdzielnicy głównej budynku zabezpieczona wyłącznikiem nadprądowym S303 B 16A.

## 2.13. Układ rozliczeniowy instalacji fotowoltaicznej

Dla projektowanej instalacji fotowoltaicznej pomiar wyprodukowanej energii elektrycznej zostanie wykonany poprzez urządzenia wewnętrzne zabudowane bezpośrednio w falowniku. Rozliczenie z Operatorem odbywać się będzie za pomocą licznika czterokwadrantowego. Wymiana licznika leży po stronie OSD.

### 3. Obliczenia

#### 3.1. Obciążenie znamionowe instalacji fotowoltaicznej

Typ instalacji: 3-fazowa

Napięcie zasilania:  $U = 0,4 \text{ kV} = 400 \text{ V}$

Prąd obciążenia:  $I_B =$  maksymalny prąd wyjściowy po stronie AC falownika  $= 7,6 \text{ A}$

Zabezpieczenie kabla odpływowego z falownika stanowić będzie wyłącznik nadprądowy typu S303 B 10A.

Obciążalność prądowa długotrwała kabla typu YKYžo/YDYžo  $5 \times 4 \text{ mm}^2$  wynosi  $27 \text{ A}$ . Wprowadzono współczynnik korekcyjny dla kabli wielożyłowych  $= 0,79$ ; czyli obciążalność powyższego kabla wyniesie  $0,79 \times 27 \text{ A} = 21,3 \text{ A}$ .

Sprawdzenie doboru kabla i zabezpieczeń:

$$[1] I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$[2] I_2 \leq 1,45 \times I_Z$$

gdzie:

- $I_B$  – maksymalny prąd wyjściowy po stronie AC falownika
- $I_N$  – prąd znamionowy urządzenia zabezpieczającego przed przeciążeniem
- $I_Z$  – obciążalność prądowa długotrwała przewodu
- $I_2$  – prąd zadziałania urządzenia zabezpieczającego przed przeciążeniem.  $I_2$  jest równe odpowiednio  $1,6$  dla wkładek bezpiecznikowych i  $1,45$  dla wyłączników nadprądowych o charakterystyce B, C, D.

$$I_B = 7,6 \text{ A}$$

$$I_N = 10 \text{ A}$$

$$I_Z = 21,3 \text{ A}$$

$$I_2 = 1,45 \times 10 \text{ A} = 14,5 \text{ A}$$

$$I_B = 7,6 \text{ A} \leq I_N = 10 \text{ A} \leq I_Z = 21,3 \text{ A} \text{ – warunek [1] spełniony}$$

$$I_2 = 14,5 \text{ A} \leq 1,45 \times 21,3 \text{ A} = 30,9 \text{ A} \text{ – warunek [2] spełniony}$$

### 4. Zasady BHP

Pojedynczy panel może generować napięcie prądu stałego powyżej  $30 \text{ V}$  przy wystawieniu na światło, niezależnie od jego nasilenia. Kontakt z napięciem prądu stałego wynoszącym  $30 \text{ V}$  lub więcej może być niebezpieczny. Zagrożenia przy pracy

z napięciem DC:

Łuk elektryczny – prąd stały DC jest w stanie wytworzyć dużo dłuższy łuk elektryczny niż prąd zmienny (o długości np. ponad 1cm przy około 200V DC). Łuk pojawia się przy rozłączaniu pracującego obwodu. Do odłączania paneli od inwertera służą dedykowane do instalacji PV rozłączniki DC. Fotowoltaiczne złączki – nie wolno ich rozłączać pod obciążeniem, bo pojawiający się łuk wypali styki, albo przypalone i nie wymienione będą się grzać co też może doprowadzić aż do pożaru. Złącza muszą być suche i czyste.

Porażenie prądem stałym DC – przy pracy z nim należy zachować szczególną ostrożność, zwłaszcza przy napięciach rzędu kilkuset volt, jakie występują po stronie DC instalacji fotowoltaicznej. Porażenie prądem stałym jest bardziej niebezpieczne od porażenia prądem zmiennym, w którym intensywność uszkodzeń zależy od wysokości napięcia elektrycznego prądu oraz oporu elektrycznego. Odczuwalne objawy zależne są od wartości natężenia prądu stałego. Przy przepływie prądu stałego o natężeniu do 2mA nie są odczuwalne żadne objawy oraz brak jest zmian w układzie nerwowym. Jednak długotrwałe działanie takiego prądu może doprowadzić do zatrucia organizmu, spowodowanego rozkładem płynów ustrojowych na drodze elektrolizy. Przy wartości 30mA (u kobiet 20mA) jest jeszcze możliwość samouwolnienia od elektrod, mimo pojawiających się już bolesnych skurczów mięśni rąk. Wraz ze wzrostem natężenia prądu pojawiają się zaburzenia rytmu serca. Gdy natężenie prądu wynosi ponad 30mA, a czas przepływu prądu jest dłuższy niż 2 minuty, może pojawić się fibrylacja komór serca, utrata przytomności oraz oparzenie skóry. Intensywność oparzenia skóry zależna jest od czasu działania prądu na organizm oraz gęstości prądu. Mogą pojawić się pęcherze na skórze w miejscu działania prądu, ale także zwęglenie skóry, martwica skóry, martwica mięśni i nerwów oraz naczyń krwionośnych. W groźniejszych przypadkach może dojść do uszkodzenia narządów wewnętrznych, zatrzymania krążenia i oddechu. Po porażeniu prądem, nawet już po odłączeniu źródła prądu, mogą pojawić się objawy wstrząsu pourazowego, jak blada, zimna skóra, zlewne poty, dreszcze, przyspieszone tętno oraz lęk.

- Aby uniknąć wyładowań łukowych, nie należy rozłączać paneli pod obciążeniem.
- Nie należy wkładać elementów przewodzących prąd do gniazd i wtyczek.
- Nie należy montować paneli słonecznych oraz okablowania używając mokrych gniazd i wtyczek.
- Panele fotowoltaiczne można wyłączyć jedynie poprzez trzymanie ich w całkowitej ciemności lub przykrycie ciemnym, nieprzepuszczającym światła materiałem. Przy pracy z nieprzykrytymi panelami należy stosować przepisy bezpieczeństwa dotyczące sprzętu elektrycznego pod napięciem.

**UWAGA!**

**Wyłączenie inwertera i zatrzymanie poboru prądu z systemu fotowoltaicznego nie likwiduje napięcia na instalacji!**



- Aby uniknąć porażenia elektrycznego, podczas montażu lub naprawy systemów fotowoltaicznych nie należy nosić metalowych pierścionków, pasków do zegarków, kolczyków w uszach, nosie lub ustach lub innych urządzeń metalowych.
- Należy używać wyłącznie zaizolowanych narzędzi, które posiadają niezbędne atesty do użytkowania przy instalacjach elektrycznych do 1000V. Należy przestrzegać przepisów bezpieczeństwa dotyczących wszelkich komponentów wykorzystanych w systemie fotowoltaicznym, a w szczególności instalacji elektrycznych, kabli, złącz, regulatorów ładowania, falowników, akumulatorów i baterii.
- Należy używać wyłącznie sprzętu, złącz, okablowania i stelaży przeznaczonych do elektrycznych systemów słonecznych. W ramach jednego systemu fotowoltaicznego należy zawsze używać paneli tego samego typu.
- Nie należy samodzielnie próbować naprawiać jakiegokolwiek części panelu fotowoltaicznego.
- W przypadku gaszenia obiektów z instalacją fotowoltaiczną należy podjąć środki zapobiegawcze jak w przypadku gaszenia pomieszczeń / obiektów, w którym znajdują się urządzenia pod napięciem (np. akumulatorowni), przede wszystkim odłączyć instalację PV od zewnętrznej sieci elektrycznej oraz odłączyć moduły od falownika.
- Należy przestrzegać odpowiednie przepisy BHP dotyczące bezpieczeństwa pracy na dachach. W razie potrzeby obszar inwestycji należy zabezpieczyć barierkami, aby uniknąć uszkodzeń przez spadające elementy. Podczas pracy na dachach muszą być przestrzegane odpowiednie środki bezpieczeństwa zgodnie z odpowiednimi przepisami (wykorzystanie szelek bezpieczeństwa, rusztowań, itp.).
- Podczas instalacji i konserwacji modułów fotowoltaicznych, należy postępować zgodnie z obowiązującymi przepisami budowlanymi i ogólnymi zasadami technicznymi. Należy stosować się do ogólnych przepisów BHP określających: prace na rusztowaniach, uszczelnianie dachów i prace na dachach.

## 5. Konserwacja i przeglądy

### Przeglądy:

Zaleca się, aby instalacja fotowoltaiczna była monitorowana pod kątem uzysków energetycznych przez cały okres eksploatacji. Zaleca się przeglądy pracującej instalacji fotowoltaicznej, w następujących okresach:

- miesięczny - oględziny wizualne – ocena pod względem zanieczyszczeń lub widocznych, mechanicznych uszkodzeń np. szyby, ramy, konstrukcji montażowej;
- półroczny – przegląd urządzeń pod względem, występowania w nich wody, insektów, sprawdzenie bezpieczników, przewodów;



- pięcioletni – wykonanie pełnych okresowych pomiarów elektrycznych wg obowiązujących norm.

Dodatkowo po wystąpieniu anomalii pogodowych (gradobicia, wichury, burze) każdorazowo należy dokonać oględzin wizualnych.

W celu prawidłowej eksploatacji zabezpieczeń elektrycznych zaleca się wymuszenie zadziałania wyłącznika różnicowo-prądowego przez wciśnięcie przycisku test raz na pół roku.

W przypadku wykrycia jakichkolwiek nieprawidłowości należy przerwać pracę systemu i usunąć nieprawidłowości/ uszkodzenia. Naprawy mogą być wykonywane jedynie przez osoby posiadające odpowiednią wiedzę, doświadczenie i kwalifikacje potwierdzone stosownymi uprawnieniami (patrz pkt. 2.4).

W trakcie opadów śniegu należy zadbać o regularne odśnieżanie dachu, aby nie dopuścić do przekroczenia dopuszczalnych obciążeń.

#### Mycie modułów:

- zabronione jest stosowanie myjek ciśnieniowych,
- nie należy używać szorstkich gąbek lub narzędzi, które mogłyby zarysować powierzchnię modułu,
- należy stosować wyłącznie miękką wodę, o niskim stężeniu minerałów, bez dodatków detergentów. Mycie modułów twardą wodą będzie powodować powstawanie smug, które ograniczą światło przepuszczalność,
- powinno się unikać mycia modułów podczas słonecznych dni. Dodatkowo mycie najlepiej wykonywać rano, gdy moduły PV są chłodne,
- zaleca się mycie z częstotliwością 2 razy w roku, głównie po okresach pylenia drzew i nawożenia roślin,
- Nie należy chodzić po modułach, gdyż może to stać się przyczyną powstania niewidocznych gołym okiem mikropęknięć w ogniwach fotowoltaicznych,
- nie należy usuwać zamrożonej warstwy śniegu lub lodu z powierzchni modułu, gdyż może to skutkować zarysowaniami. Można jedynie usunąć lekki śnieg za pomocą miękkiej szczotki, aby zwiększyć wydajność,
- nie należy dotykać części przewodzących prąd elektryczny,
- nie należy czyścić paneli z uszkodzoną, pękniętą powierzchnią lub przewodów ze zdartą warstwą ochronną. Może to spowodować uszkodzenia elektryczne albo skutkować porażeniem.

## **6. Postanowienia końcowe**

Elementy ujęte w opisie, nieujęte na rysunkach lub ujęte na rysunkach, nieujęte w opisie należy traktować w taki sposób, jakby były ujęte w obu częściach (rysunkowej i opisowej). Wykonawca może wprowadzić alternatywne rozwiązania pod warunkiem ich wcześniejszego przedłożenia Inwestorowi oraz uzyskania od Inwestora i Projektanta ich pozytywnej akceptacji (w tej sytuacji w przypadku wskazań w niniejszym

opracowaniu nazw własnych, materiałów, urządzeń i przyjętych technologii należy je rozumieć, jako określenie minimalnych wymagań, parametrów technicznych lub jakościowych). W przypadku błędu, pomyłki lub wątpliwości interpretacyjnych niniejszej dokumentacji, Wykonawca przed złożeniem oferty zobowiązany jest je wyjaśnić z Inwestorem, który jako jedyny jest upoważniony do wprowadzania zmian, rozstrzygając na swoją korzyść wszystkie kwestie sporne.

Wszystkie instalacje powinny być wykonane zgodnie z zasadami dobrego wykonawstwa oraz spełniać obowiązujące przepisy i normy. Urządzenia należy montować zgodnie z zaleceniami producentów. Użytkowanie wszelkich urządzeń elektrycznych dopuszczalne jest po wykonaniu badań i prób z wynikiem pozytywnym. Instalacje w budynku i po za nim powinny być poddane szczegółowym oględzinom i próbom, obejmującym niezbędny zakres pomiarów w celu sprawdzenia, czy spełniają wymagania dotyczące ochrony ludzi, zwierząt i mienia przed zagrożeniami, których mogą stać się przyczyną. Osoby wykonujące pomiary powinny posiadać odpowiednie kwalifikacje, potwierdzone uprawnieniami do wykonywania badań. W czasie wykonywania prób należy zachować szczególną ostrożność, celem zapewnienia bezpieczeństwa ludzi i uniknięcia uszkodzeń obiektu lub zainstalowanego wyposażenia.

W przypadku wejścia w życie nowych wymagań oraz zmian w Instrukcjach Ruchu i Eksploatacji Sieci Dystrybucyjnej projektowane urządzenia muszą spełniać nowe warunki, od chwili wprowadzenia ich w życie.

OPRACOWAŁ:



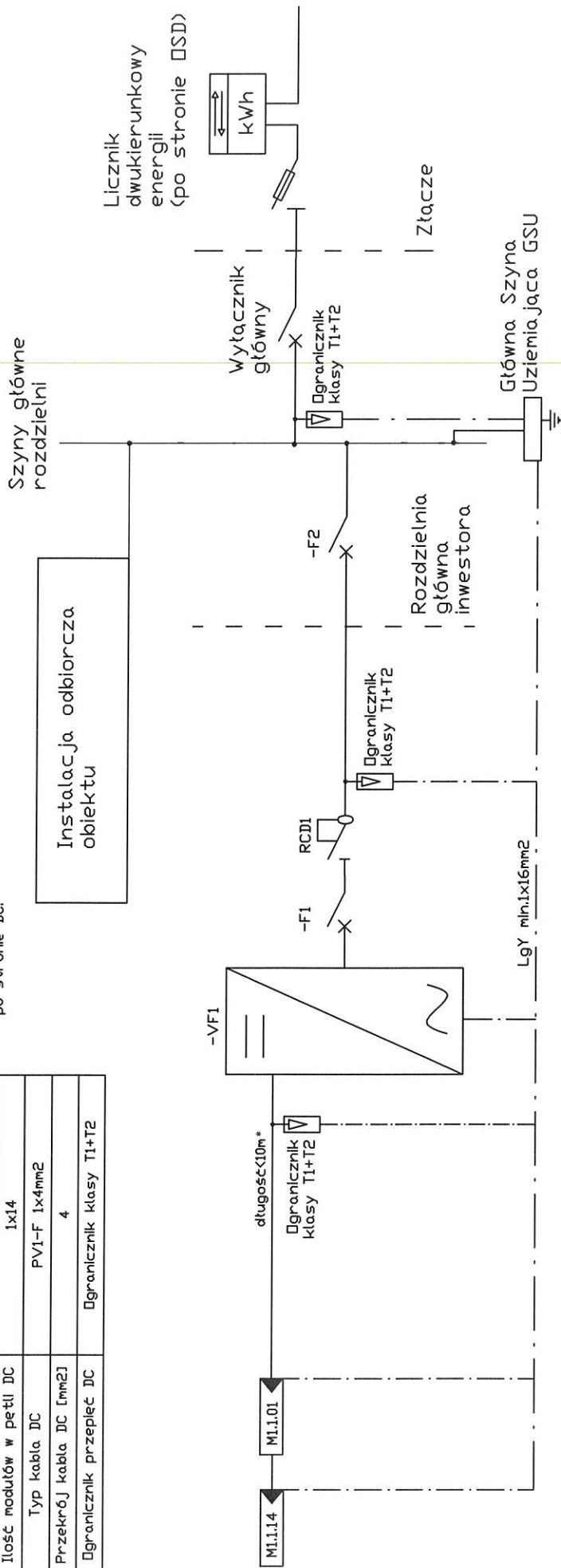
**mgr inż. Piotr Grzegorz Marciniak**  
Certyfikat Urzędu Dozoru Technicznego  
(systemy fotowoltaiczne)  
**Nr upr. OZE-W/03/000006/18**

## **7. Załączniki**

- Schemat jednokreskowy instalacji fotowoltaicznej (E.01)
- Schemat jednokreskowy strony DC (E.02)
- Schemat jednokreskowy strony AC (E.03)
- Projekt symulacji instalacji fotowoltaicznej

DANE INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ	
Typ modułów	Monokrystaliczne o mocy 360Wp
Całkowita ilość modułów	14 (5 wyposażonych w optymalizatory mocy)
Liczba pętli DC	1
Ilość modułów w pętli DC	1x14
Typ kabla DC	PV1-F 1x4mm <sup>2</sup>
Przekrój kabla DC [mm <sup>2</sup> ]	4
Ogranicznik przepięć DC	Ogranicznik klasy T1+T2

**UWAGA!**  
 \*W przypadku, gdy długość przewodu między modułami PV a falownikiem DC/AC przekracza 10m to ogranicznik przepięć klasy T1+T2 należy zamontować przy modułach fotowoltaicznych natomiast drugi tego samego typu obok falownika po stronie DC.



DANE INSTALACJI AC	
Typ falownika	Trójfazowy, beztransformatowy
Moc falownika	5.0 kW
Typ kabla AC	YDYzo / YKYzo
Przekrój kabla AC	5x4mm <sup>2</sup>
Zabezpieczenie zwarciowe AC	S303 B 10A
Zabezpieczenie różnicowoprądowe AC	P304 25A 100mA typ A
Zabezpieczenie zwarciowe AC (w rozdzielni głównej budynku)	S303 B 16A

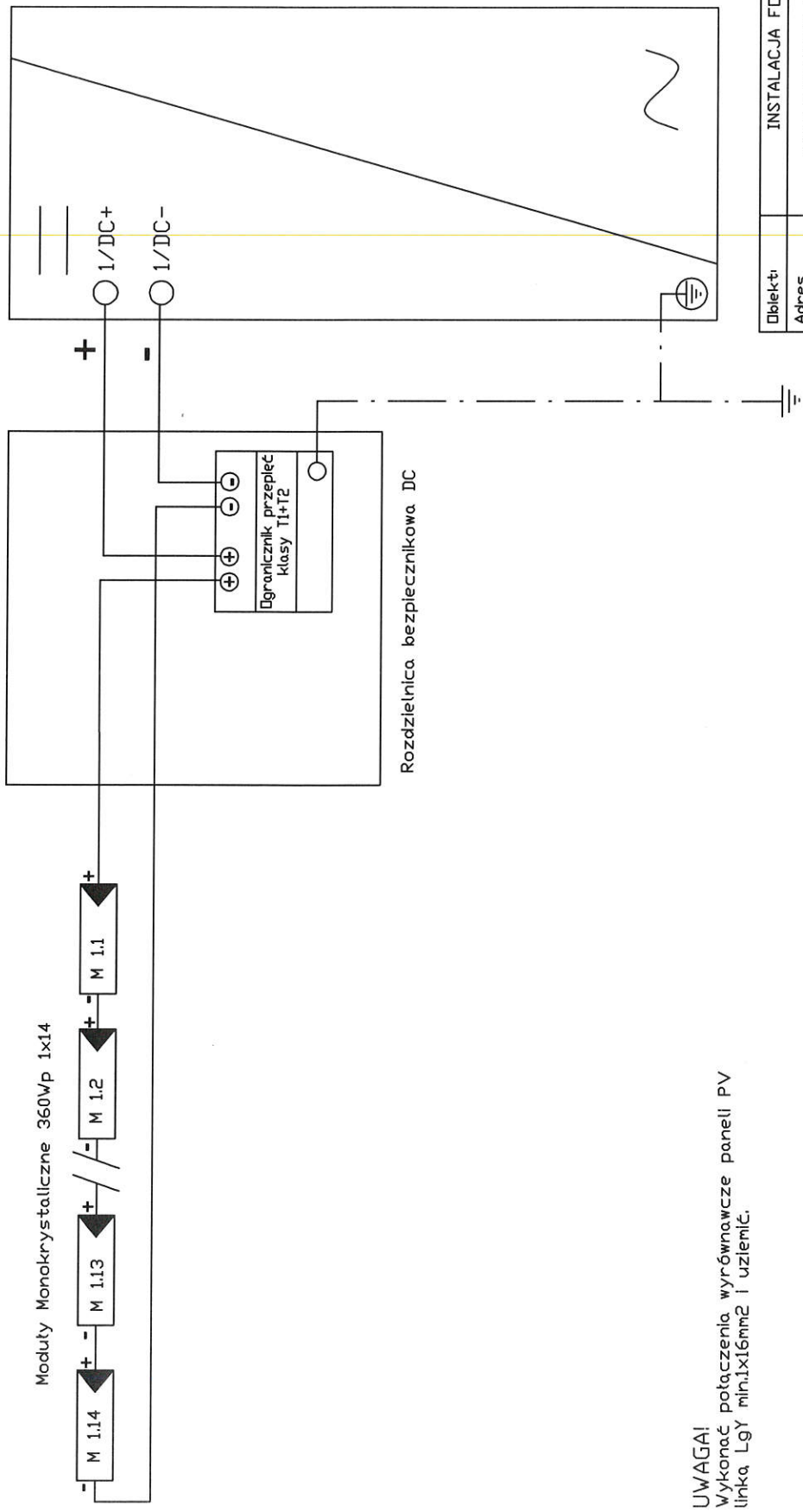
**LEGENDA:**

- M1.1.01 - Panel PV
- Ogranicznik przepięć DC
- Wyłącznik instalacyjny
- Wyłącznik różnicowoprądowy

Objekt	INSTALACJA FOTOWOLTAICZNA
Adres instalacji	Ruda Lumieńska 2, 87-860 Chodecz
Rysunek	Schemat jednokreskowy instalacji PV
Inwestor	Gmina Chodecz, ul. Kaliska 2, 87-860 Chodecz
Projektant	mgr inż. Piotr Grzegorz Marciniak Certyfikat UDT (PV) DZE-W/03/000006/18
Data, skala, nr rys.	Listopad 2019r. - E01







Moduły Monokrystaliczne 360Wp 1x14

Rozdzielnica bezpiecznikowa DC

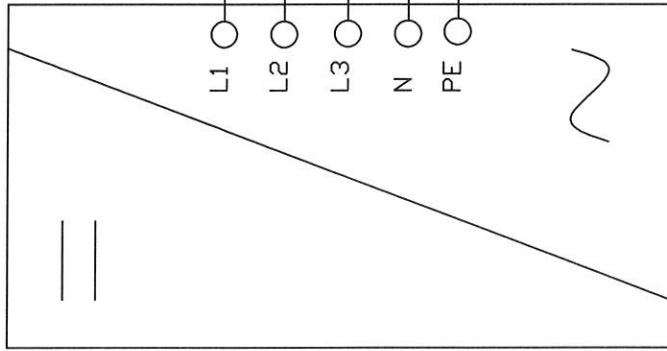
**UWAGA!**  
Wykonać połączenia wyrównawcze paneli PV linką LgY min.1x16mm<sup>2</sup> i uziemić.

DANE INSTALACJI FOTOWOLTAEICZNEJ	
Typ modułów	Monokrystaliczne o mocy 360Wp
Całkowita ilość modułów	14 (5 wyposażonych w optymalizatory mocy)
Liczba pętli DC	1
Ilość modułów w pętli DC	1x14
Typ kabla DC	PV1-F 1x4mm <sup>2</sup>
Przekrój kabla DC [mm <sup>2</sup> ]	4
Dgраницznik przepięć DC	Dgраницznik klasy TI+T2

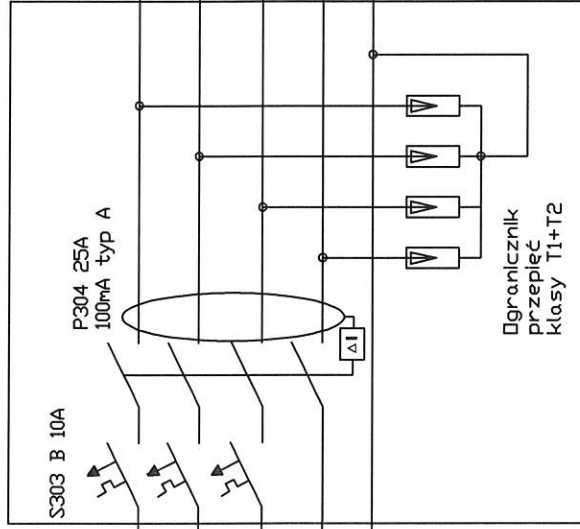
Dblekt:	INSTALACJA FOTOWOLTAEICZNA
Adres Instalacji	Ruda Lumiełeczka 2, 87-860 Chodecz
Rysunek:	Schemat Jednokreskowy Instalacji PV - strona DC
Inwestor:	Gmina Chodecz, ul. Kalliska 2, 87-860 Chodecz
Projektował:	mgr Inż. Piotr Grzegorz Marciniał Certyfikat UDT (PV) DZE-W/03/000006/18
Data, skala, nr rys.:	Listopad 2019r. - E02







Rozdzielnica modułowa AC



Ochrona przepięciowa w rozdzielni głównej

DANE INSTALACJI AC	
Typ falownika	Trójfazowy, beztransformatory
Moc falownika	50 kW
Typ kabla AC	YDYzo / YKYzo
Przekrój kabla AC	5x4mm <sup>2</sup>
Zabezpieczenie zwarciowe AC	S303 B 10A
Zabezpieczenie różnicoprądowe AC	P304 25A 100mA typ A
Zabezpieczenie zwarciowe AC (w rozdzielni głównej budynku)	S303 B 16A

Objekt:	INSTALACJA FOTOWOLTAIICZNA
Adres Instalacji:	Ruda Luniecka 2, 87-860 Chodecz
Rysunek:	Schemat Jednokreskowy Instalacji PV - strona AC
Inwestor:	Gmina Chodecz, ul. Kaliska 2, 87-860 Chodecz
Projektant:	mgr inż. Piotr Grzegorz Marciniak Certyfikat UDT (PV) DZE-V/03/000006/18
Data, skala, nr rysu:	Listopad 2019r. - E03



**Prosument Klaster OZE**  
Brzeska 49  
87-890 Lubraniec  
Polska

25.11.2019

## Twój system fotowoltaiczny Prosument Klaster OZE

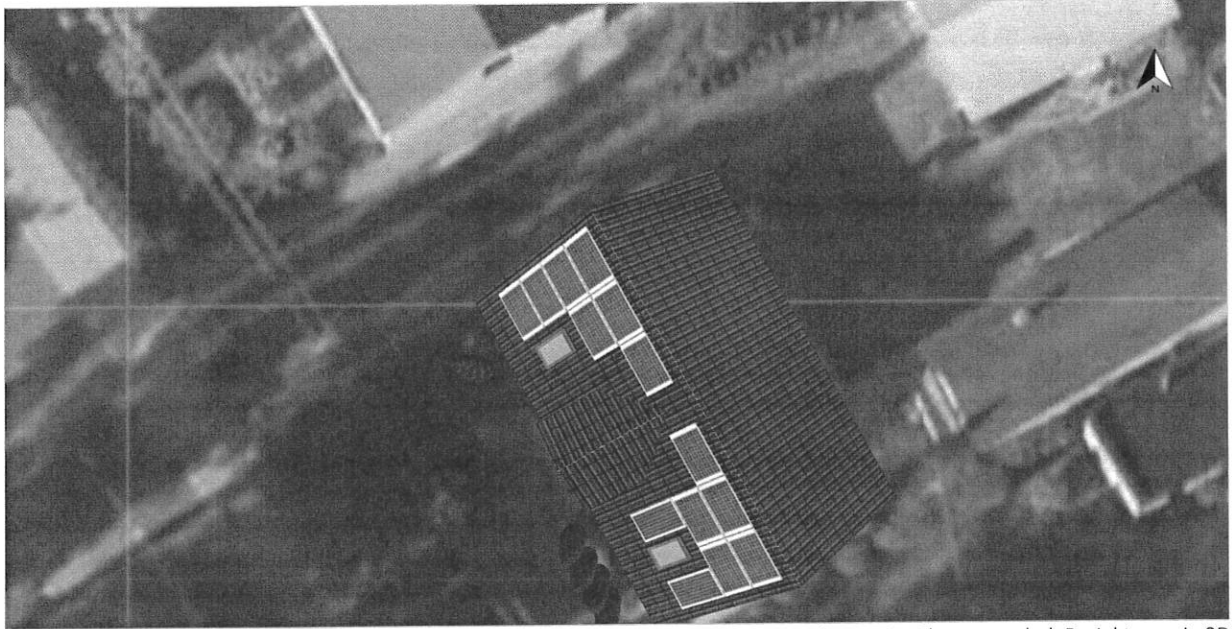
### Adres instalacji

---

Ruda Lubieniecka 2



## Przegląd projektu



Ilustracja: Obraz przegląd, Projektowanie 3D

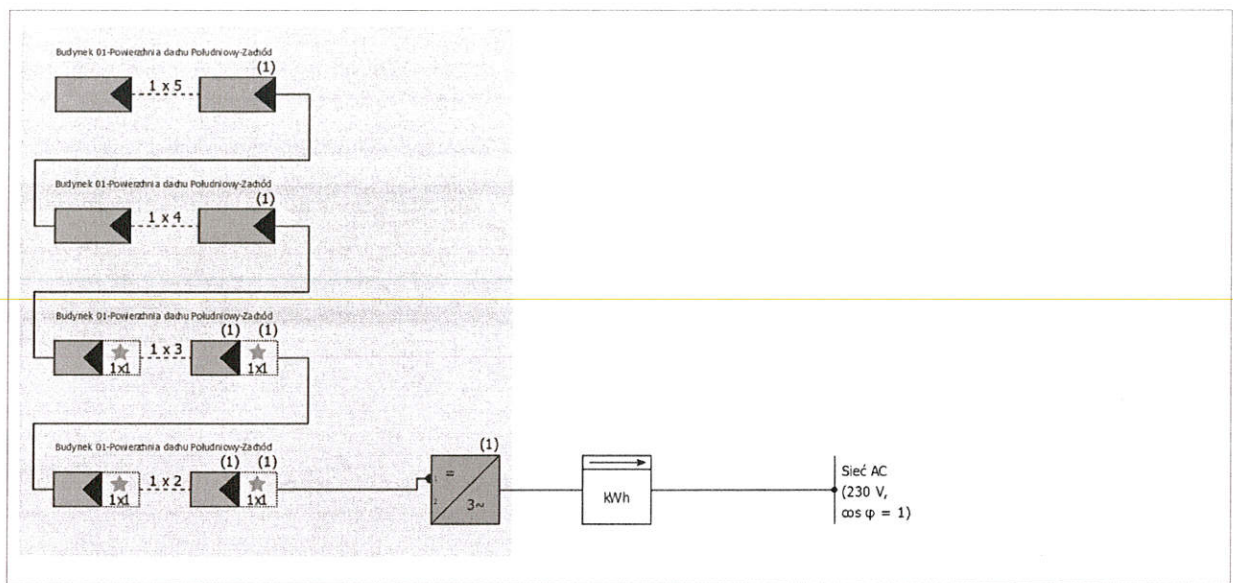
## Instalacja PV

### 3D, Podłączona do sieci instalacja fotowoltaiczna (PV)

Dane klimatyczne	Chodecz, POL (1991 - 2010)
Moc generatora PV	5,04 kWp
Powierzchnia generatora PV	26,2 m <sup>2</sup>
Liczba modułów PV	14
Liczba falowników	1



Prosument Klaster OZE



Ilustracja: Schemat instalacji

Wyniki zostały ustalone w oparciu o matematyczny model obliczeniowy firmy Valentin Software GmbH (algorytm PV\*SOL). Uzyskany rzeczywisty instalacji solarnej może być inny ze względu na wahania pogodowe, współczynniki sprawności modułów oraz falownika jak również inne czynniki.

# Struktura instalacji

## Przegląd

### Dane instalacji

Rodzaj instalacji	3D, Podłączona do sieci instalacja fotowoltaiczna (PV)
Włączenie do eksploatacji	25.11.2019

### Dane klimatyczne

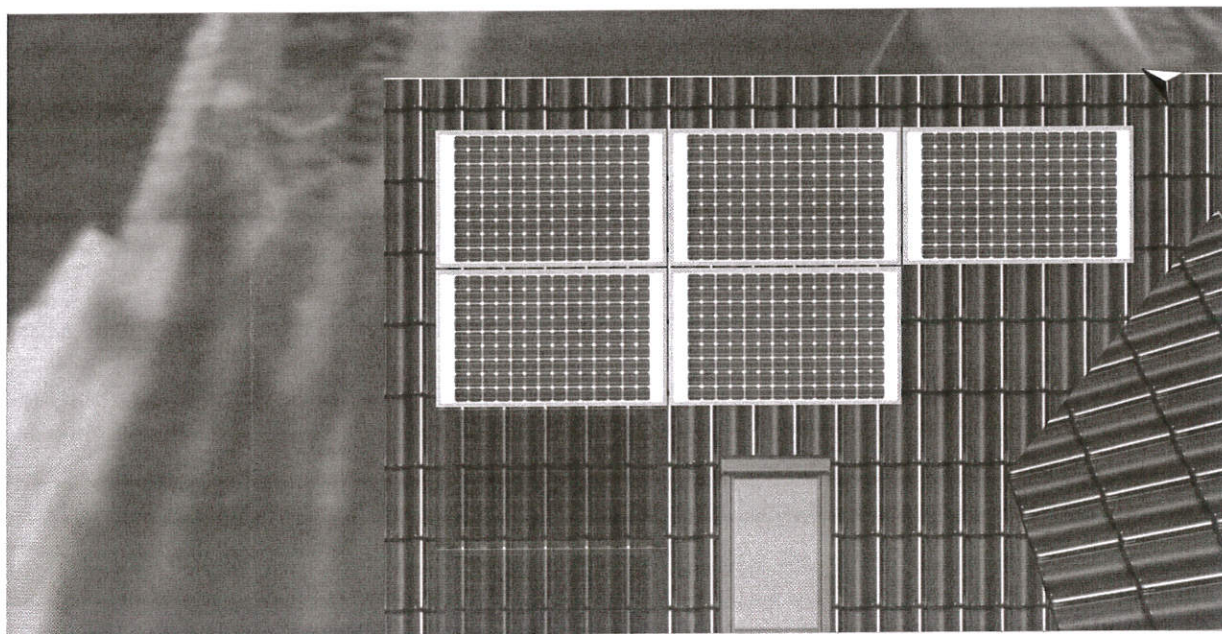
Lokalizacja	Chodecz, POL (1991 - 2010)
Rozdzielczość danych	1 h
Zastosowane modele symulacji:	
- Promieniowanie rozproszone na powierzchni poziomej	Hofmann
- Nasłonecznienie powierzchni nachylonej	Hay & Davies

## Powierzchnie modułów

### 1. Powierzchnię modułu - Budynek 01-Powierzchnia dachu Południowy-Zachód

#### Generator PV, 1. Powierzchnię modułu - Budynek 01-Powierzchnia dachu Południowy-Zachód

Nazwa	Budynek 01-Powierzchnia dachu Południowy-Zachód
Moduły PV	5 x 360 Wp
Producent	-
Nachylenie	36 °
Orientacja	Południowy-zachód 241 °
Rodzaj montażu	Równoległe z dachem
Powierzchnia generatora PV	9,3 m <sup>2</sup>



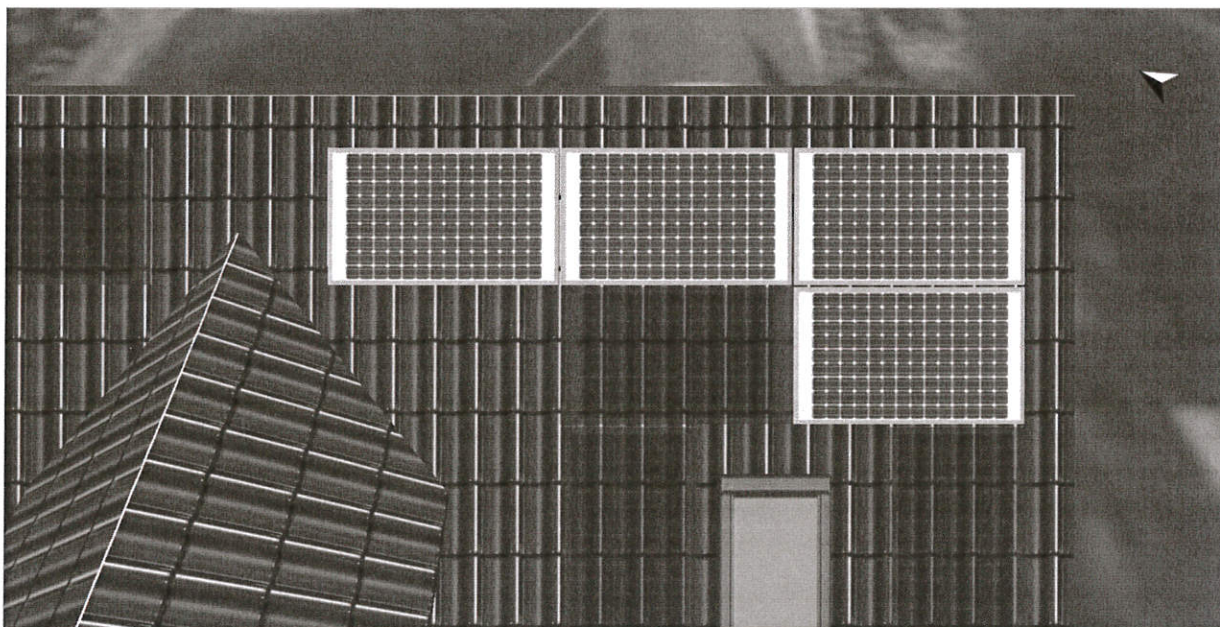
Ilustracja: 1. Powierzchnię modułu - Budynek 01-Powierzchnia dachu Południowy-Zachód



## 2. Powierzchnię modułu - Budynek 01-Powierzchnia dachu Południowy-Zachód

### Generator PV, 2. Powierzchnię modułu - Budynek 01-Powierzchnia dachu Południowy-Zachód

Nazwa	Budynek 01-Powierzchnia dachu Południowy-Zachód
Moduły PV	4 x 360 Wp
Producent	-
Nachylenie	36 °
Orientacja	Południowy-zachód 241 °
Rodzaj montażu	Równoległe z dachem
Powierzchnia generatora PV	7,5 m <sup>2</sup>

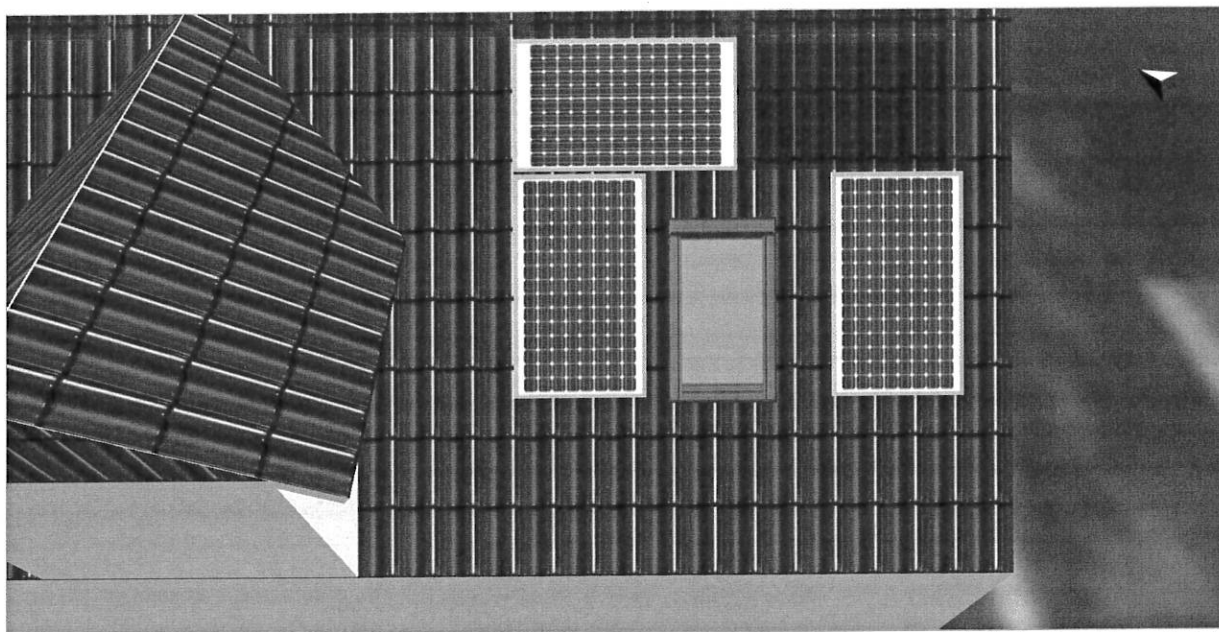


Ilustracja: 2. Powierzchnię modułu - Budynek 01-Powierzchnia dachu Południowy-Zachód

### 3. Powierzchnię modułu - Budynek 01-Powierzchnia dachu Południowy-Zachód

#### Generator PV, 3. Powierzchnię modułu - Budynek 01-Powierzchnia dachu Południowy-Zachód

Nazwa	Budynek 01-Powierzchnia dachu Południowy-Zachód
Moduły PV	3 x 360Wp
Producent	-
Nachylenie	36 °
Orientacja	Południowy-zachód 241 °
Rodzaj montażu	Równoległe z dachem
Powierzchnia generatora PV	5,6 m <sup>2</sup>

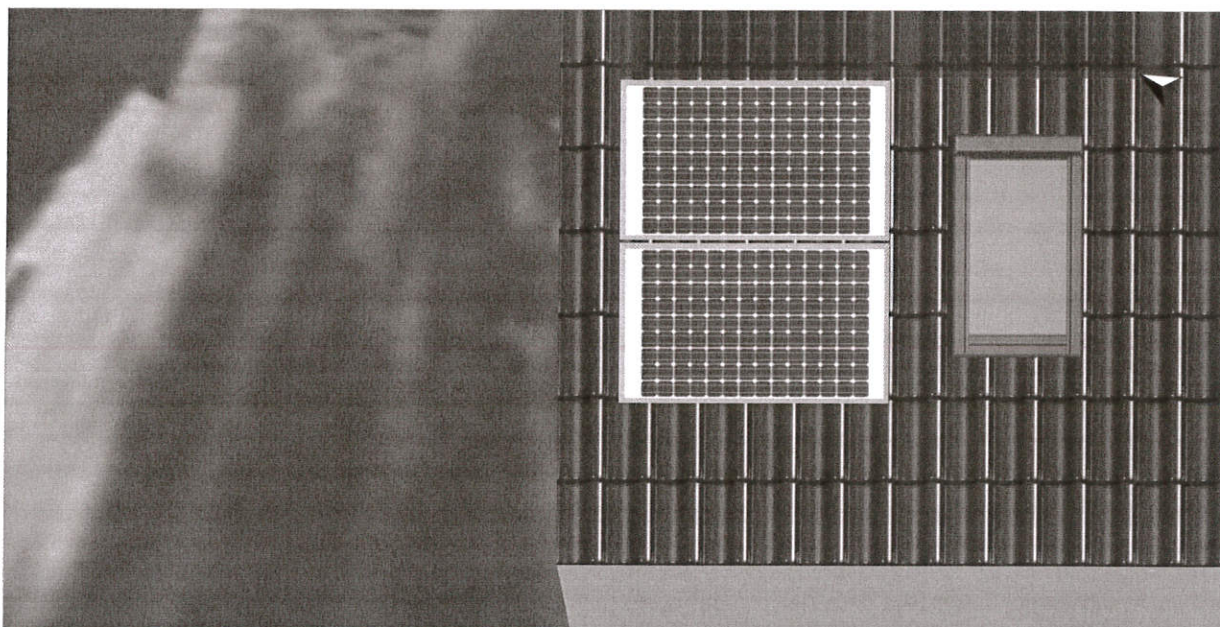


Ilustracja: 3. Powierzchnię modułu - Budynek 01-Powierzchnia dachu Południowy-Zachód

#### 4. Powierzchnię modułu - Budynek 01-Powierzchnia dachu Południowy-Zachód

##### Generator PV, 4. Powierzchnię modułu - Budynek 01-Powierzchnia dachu Południowy-Zachód

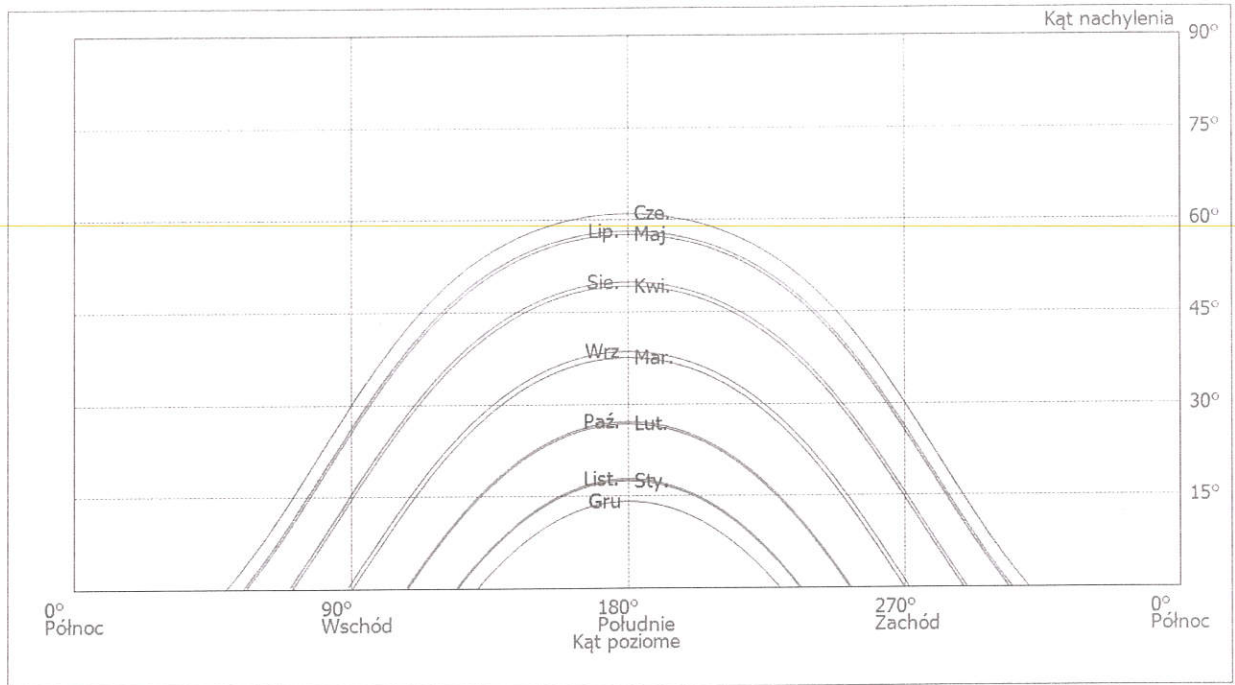
Nazwa	Budynek 01-Powierzchnia dachu Południowy-Zachód
Moduły PV	2 x 360 Wp
Producent	-
Nachylenie	36 °
Orientacja	Południowy-zachód 241 °
Rodzaj montażu	Równoległe z dachem
Powierzchnia generatora PV	3,7 m <sup>2</sup>



Ilustracja: 4. Powierzchnię modułu - Budynek 01-Powierzchnia dachu Południowy-Zachód



## Linia poziome, Projektowanie 3D



Ilustracja: Horyzont (Projektowanie 3D)

## Konfigurację falownika

### Konfiguracja 1

Powierzchnie modułów	Budynek 01-Powierzchnia dachu Południowy-Zachód + Budynek 01-Powierzchnia dachu Południowy-Zachód + Budynek 01-Powierzchnia dachu Południowy-Zachód + Budynek 01-Powierzchnia dachu Południowy-Zachód
Falownik 1	-
Producent	-
Model	5 kW
Liczba	1
Współczynnik wymiarowania	100,8 %
Konfiguracja	MPP 1: 1 x 5 + 1 x 4 + 1 x 3 ☆ [1 x 1] + 1 x 2 ☆ [1 x 1] MPP 2: nieobłożony
Optymalizator mocy 1	-
Producent	-
Model	-
Liczba	5

## Sieć AC

### Sieć AC

Liczba faz	3
Napięcie sieciowe (jednofazowe)	230 V
Współczynnik mocy (cos phi)	+/- 1

# Wyniki symulacji

## Wyniki Cała instalacja

### Instalacja PV

Moc generatora PV	5 kWp
Spec. uzysk roczny	957,12 kWh/kWp
Stosunek wydajności (PR)	85,3 %
Zmniejszenie uzysku na skutek zacinienia	5,4 %/rok
Energia oddana do sieci	4 824 kWh/rok
Energia oddana do sieci w pierwszym roku (łącznie z degradacją modułu)	4 824 kWh/rok
Pobór w trybie czuwania (Falownik)	17 kWh/rok
Emisja CO <sub>2</sub> , której dało się uniknąć:	3 917 kg / rok

### Schemat przepływu energii

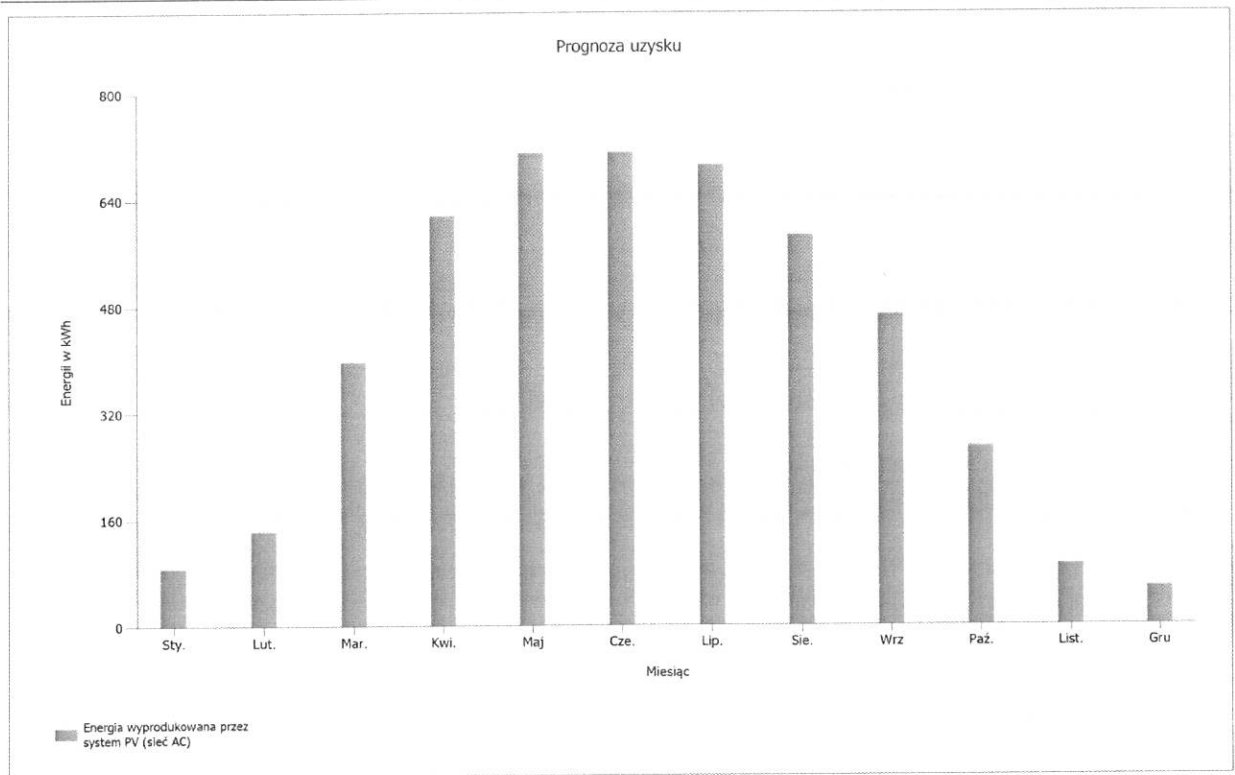
Projekt: Mačkowiak Jacek



Wszystkie wartości w kWh  
Zmniejszenie emisji CO<sub>2</sub> w kg/rok jest szacunkowe i zależy od wielu czynników

Ilustracja: Schemat przepływu energii

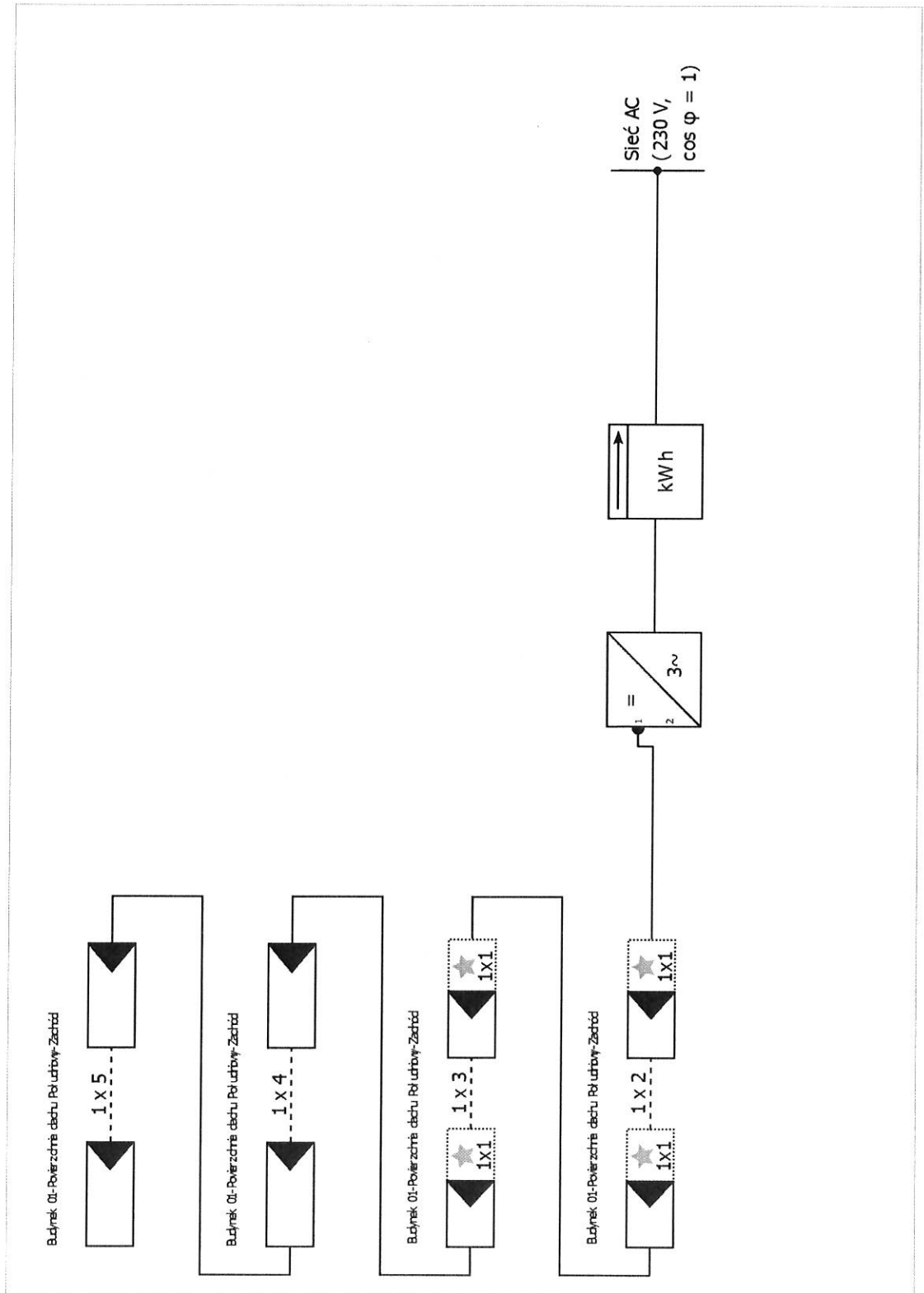
Prosument Klaster OZE



Ilustracja: Prognoza uzysku

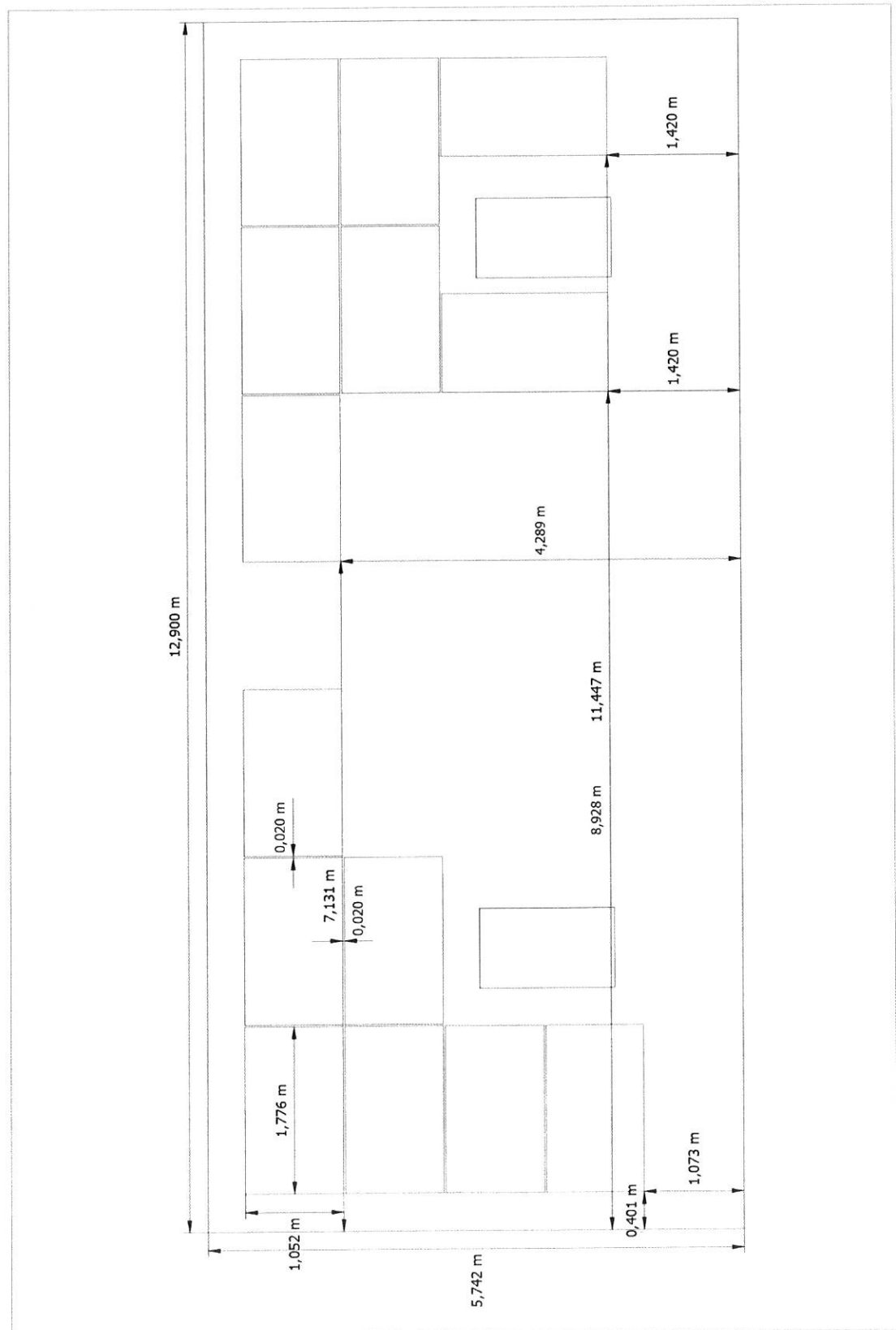
# Plany

## Schemat połączeń



Ilustracja: Schemat połączeń

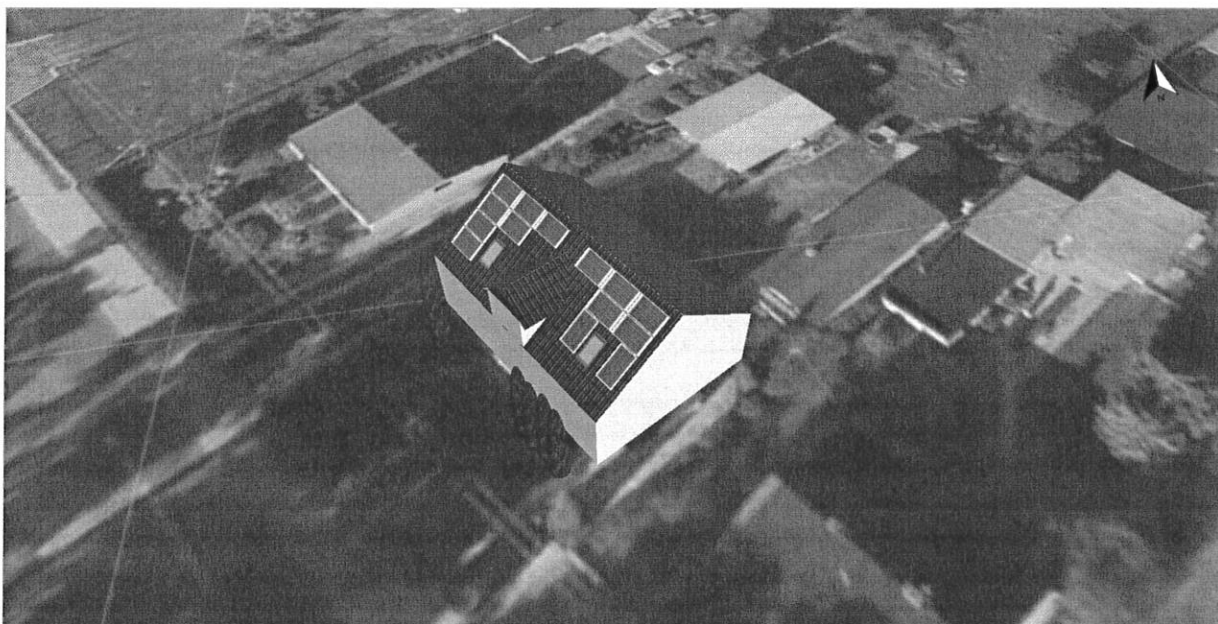
# Plan wymiarowy



Ilustracja: Budynek 01-Powierzchnia dachu Południowy-Zachód

## Zrzuty ekranu, Projektowanie 3D

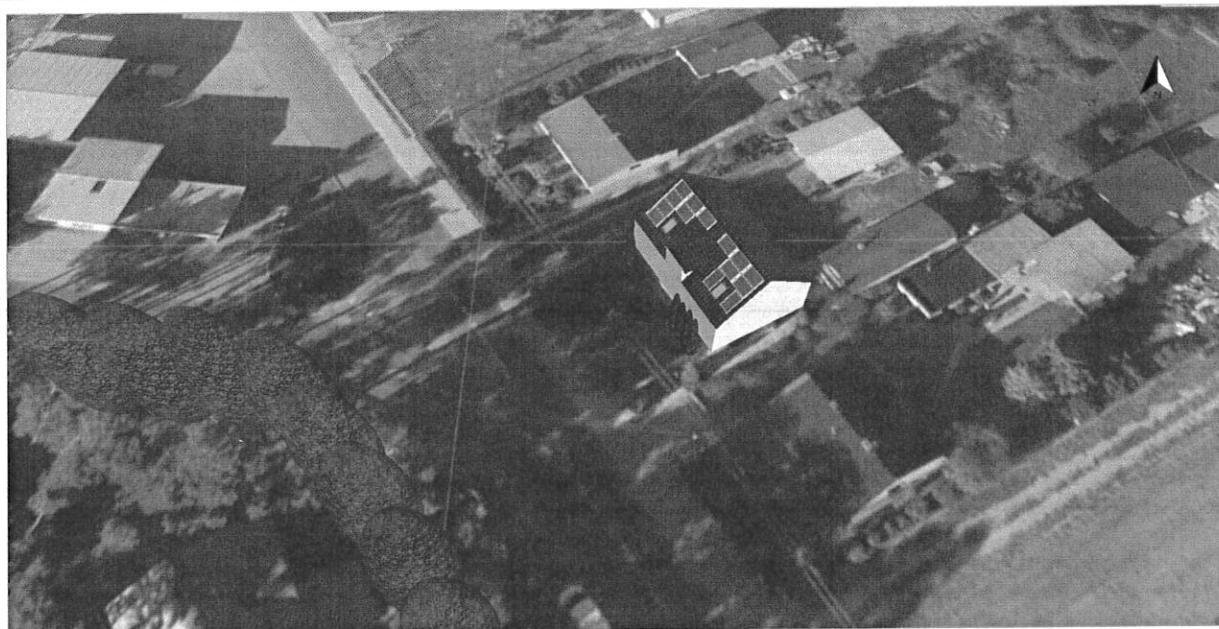
### Powierzchnie modułów



Ilustracja: Zrzut ekranu05

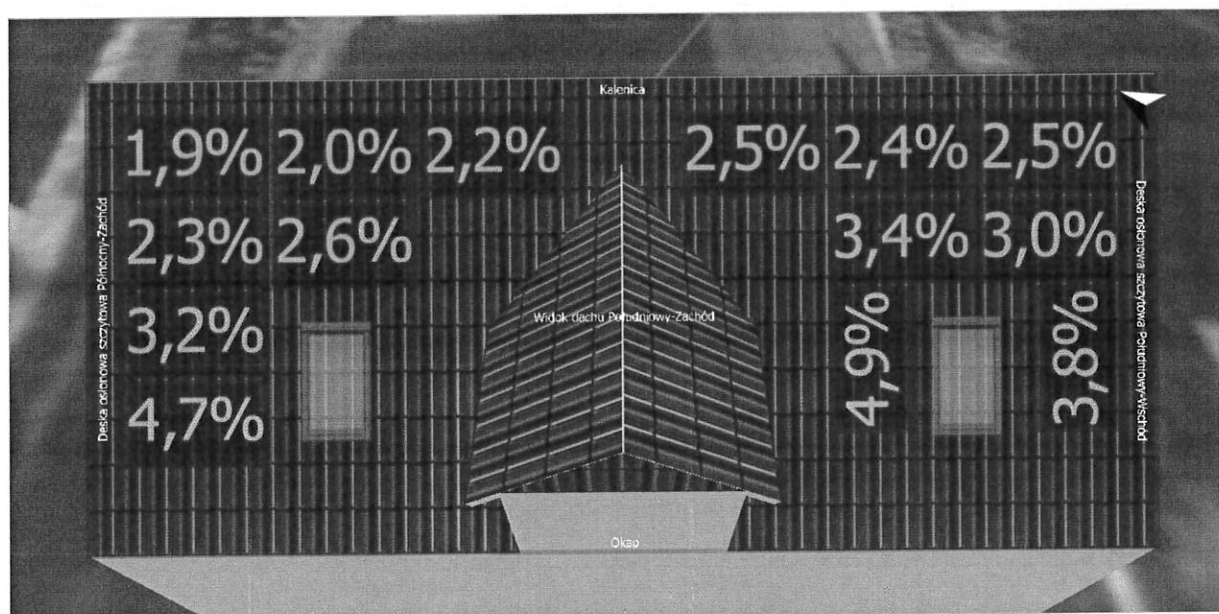


Ilustracja: Zrzut ekranu06



Ilustracja: Zrzut ekranu07

## Zacienienie



Ilustracja: Zrzut ekranu01