

Projekt Wykonawczy

TEMAT: **PROJEKT INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ**

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

**ADRES
INSTALACJI:** **OSNOWO 15, GMINA CHELMNO
NR DZ. 73/1**

INWESTOR: **GMINA CHELMNO,
UL. DWORCOWA 1, 86-200 CHELMNO**

<i>FUNKCJA</i>	<i>IMIĘ I NAZWISKO</i>	<i>PODPIS</i>
PROJEKTANT	mgr inż. Piotr Grzegorz Marciniak Certyfikat Urzędu Dozoru Technicznego (systemy fotowoltaiczne) Nr upr. OZE-W/03/000006/18	SPECJALISTA DS. PROJEKTÓW PV <i>Piotr Grzegorz Marciniak</i> CERTYFIKAT UDT (OZE) OZE-W/03/000006/18 (PV)
PROJEKTANT	Jarosław Kaniewski Upewnienia SEP na stanowisku: - Eksploatacji nr E/358/103/15 - Dozoru nr D/144/358/17	<i>Jarosław Kaniewski</i> UPRAWNIENIA SEP Nr D/144/358/17 Nr E/358/103/15

Spis treści

1. Część ogólna.....	6
1.1. Przedmiot opracowania	6
1.2. Podstawa opracowania.....	6
1.3. Zakres opracowania	6
1.4. Podstawa prawna	6
2. Część techniczna.....	7
2.1. Charakterystyka instalacji fotowoltaicznej	7
2.2. Wymagania dotyczące modułów fotowoltaicznych:.....	7
2.3. Wymagania dotyczące falowników:	8
2.4. Montaż paneli PV	8
2.5. Montaż falownika (inwertera)	9
2.6. Część DC instalacji fotowoltaicznej.....	10
2.7. Część AC instalacji PV	11
2.8. Uziemienie i połączenie wyrównawcze instalacji fotowoltaicznej	11
2.9. Ochrona przeciwporażeniowa instalacji fotowoltaicznej	11
2.10. Ochrona przeciwprzepięciowa instalacji fotowoltaicznej.....	12
2.11. Zespół zabezpieczeń falownika.....	12
2.12. Ochrona zwarciova	12
2.13. Układ rozliczeniowy instalacji fotowoltaicznej.....	12
3. Obliczenia	13
3.1. Obciążenie znamionowe instalacji fotowoltaicznej.....	13
4. Zasady BHP	14
5. Konserwacja i przeglądy.....	15
6. Postanowienia końcowe.....	17
7. Załączniki.....	17

Lubraniec, dnia: 17.10.2018r.

O ś w i a d c z e n i e

My, niżej podpisani, stwierdzamy, że projekt wykonawczy instalacji elektrycznej w zakresie instalacji fotowoltaicznej na dachu budynku gospodarczego zlokalizowanego: Osnowo 15, Gmina Chełmża (nr dz. 73/1), 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_p) 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

Podpis



Jarosław Kaniewski
Uprawnienia SEP na stanowisku:
- Eksploatacji nr E/358/103/15
- Dozoru nr D/144/358/17

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: Osnowo 15, Gmina Chełmża (nr dz. 73/1). 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 Chełmno, ul. Dworcowa 1, 86-200 Chełmno, 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 8,55 kWp zostanie wykonana na ~~gruncie/dachu budynku mieszkalnego/dachu budynku gospodarczego/na dachu garażu/na dachu budynku użyteczności publicznej~~. Jako źródło energii odnawialnej zastosowane zostaną moduły fotowoltaiczne ~~monokrystaliczne~~/polikrystaliczne o mocy 285 Wp/moduł.

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

- konkretnego pokrycia dachowego (blacha trapezowa) 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 2-stringowy (1x15 oraz 1x15), który będzie tworzył generator słoneczny i zostanie podłączony do falownika trójfazowego o mocy znamionowej około 7,0 kW.

2.2. Wymagania dotyczące modułów fotowoltaicznych:

- Wymagania stawiane modułom fotowoltaicznym:

Parametr		Wartość
Moc nominalna modułu	P_{max}	Min.285 Wp
Typ modułu	-	Polikrystaliczny
Maksymalne napięcie pracy	V_{DC}	1000 V_{DC}
Szerokość modułu	-	995 mm (+/-5 mm)
Wysokość modułu	-	1655 mm (+/-20 mm)
Waga	-	Maks. 19 kg
Odporność na obciążenia, nacisk	-	Min. 5400 Pa
Sprawność modułu	η	Min. 17,1 %
Współczynniki temperaturowe	P_{max}	Max. -0,40 %/°C
	V_{oc}	Max. -0,30 %/°C
	I_{sc}	Max. 0,066 %/°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 założono parametry:

Parametr		Wartość
Napięcie nominalne modułu	V_{mpp}	33,8 V
Napięcie przy otwartym obwodzie	V_{oc}	38,9 V
Prąd nominalny modułu	I_{mpp}	8,49 A
Prąd zwarcia	I_{sc}	9,1 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: $-25^{\circ}\text{C} \dots +60^{\circ}\text{C}$,
- zakres wilgotności powietrza: 0 - 100%,
- wyposażony w ekran graficzny,
- 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 uchwyty w nim zastosowanymi:

- wszystkie profile konstrukcji powinny być ze sobą metaliczne połączone, za pomocą łączników/płaskowników lub przewodem LgY min.16mm²,
- 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 mm². 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 16A oraz zabezpieczenie różnicowo-prądowe typu P304 25A 100mA typ A. W rozdzielnicy głównej budynku zamontować wyłącznik nadprądowy S303 B 20A. Połączenie pomiędzy falownikiem a rozdzielnicą główną wykonać za pomocą przewodu odpowiednio YDYżo lub YKYżo 5x10mm². W przypadku, gdy budynek, na którym projektowana jest instalacja fotowoltaiczna nie posiada rozdzielnicy, należy taką zabudować i wyposażać 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 mm² 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 odstępów izolacyjnych (min. 50 cm) między instalacją 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 typu 1+2. Jeżeli budynek ma instalację odgromową, rozdzielnica główna budynku powinna być wyposażona w ogranicznik przepięć typu 1+2.

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 przeciwprzepięciowa instalacji fotowoltaicznej

Ochronę przed wyindukowanymi przepięciami spowodowanymi wyładowaniami atmosferycznymi zaprojektowano stosując ochronniki przepięć klasy 1+2. Są to ograniczniki przepięć dedykowane do instalacji fotowoltaicznych. Ochronnik przepięć 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 przepięć typu 1+2 przy modułach oraz drugi ogranicznik przepięć tego samego typu w pobliżu falownika. Do uziemienia ograniczników przepięć należy stosować przewód miedziany o przekroju min. 16mm².

Należy pamiętać, aby stronę AC również zabezpieczyć ogranicznikiem przepięć, 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 wyspą dla instalacji fotowoltaicznej. Jeżeli falownik nie posiada rozłącznika po stronie DC, należy go zamontować.

2.12. Ochrona zwarciorowa

Ochronę zwarciorową po stronie DC zaprojektowano dedykowanym rozłącznikiem bezpiecznikowym z wkładkami bezpiecznikowymi cylindrycznymi 10x38 mm zainstalowanych na obydwu biegunach każdego ze stringów. Dobierając bezpieczniki do instalacji fotowoltaicznej po stronie DC należy zwrócić uwagę, aby posiadały one charakterystykę gPV. Parametry wkładek bezpiecznikowych należy dostosować do parametrów układu modułów fotowoltaicznych. Po stronie AC ochronę zwarciorową zaprojektowano poprzez wyłącznik nadprądowy S303 B 16A, który należy zainstalować na przyłączach do zacisków AC.

W pomieszczeniach kable zostaną rozprorowadzone za pomocą korytek kablowych. Falownik należy połączyć z rozdzielnicą główną budynku za pomocą kabla YKYżo lub YDYżo 5x10mm². Strona zmiennoprądowa (AC) falownika zostanie w rozdzielnicy głównej budynku zabezpieczona wyłącznikiem nadprądowym S303 B 20A.

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 $= 10,1 \text{ A}$

Zabezpieczenie kabla odpływowego z falownika stanowić będzie wyłącznik nadprądowy typu S303 B 16A.

Obciążalność prądowa długotrwała kabla typu YKYżo/YDYżo $5 \times 10 \text{ mm}^2$ wynosi 46A. Wprowadzono współczynnik korekcyjny dla kabli wielożyłowych $= 0,79$; czyli obciążalność powyższego kabla wyniesie $0,79 \times 46 \text{ A} = 36,34 \text{ A}$.

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.

$$I_B = 10,1 \text{ A}$$

$$I_N = 16 \text{ A}$$

$$I_Z = 36,34 \text{ A}$$

$$I_2 = 1,45 \times 16 \text{ A} = 23,2 \text{ A}$$

$$I_B = 10,1 \text{ A} \leq I_N = 16 \text{ A} \leq I_Z = 36,34 \text{ A} \text{ – warunek [1] spełniony}$$

$$I_2 = 23,2 \text{ A} \leq 1,45 \times 36,34 \text{ A} = 52,7 \text{ A} \text{ – warunek [2] spełniony}$$

4. Zasady BHP

Pojedynczy panel może generować napięcie prądu stałego powyżej 30 V przy wystawieniu na światło, niezależnie od jego nasilenia. Kontakt z napięciem prądu stałego wynoszącym 30 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 wolt, 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 błąda, 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 zamarzniętej 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.

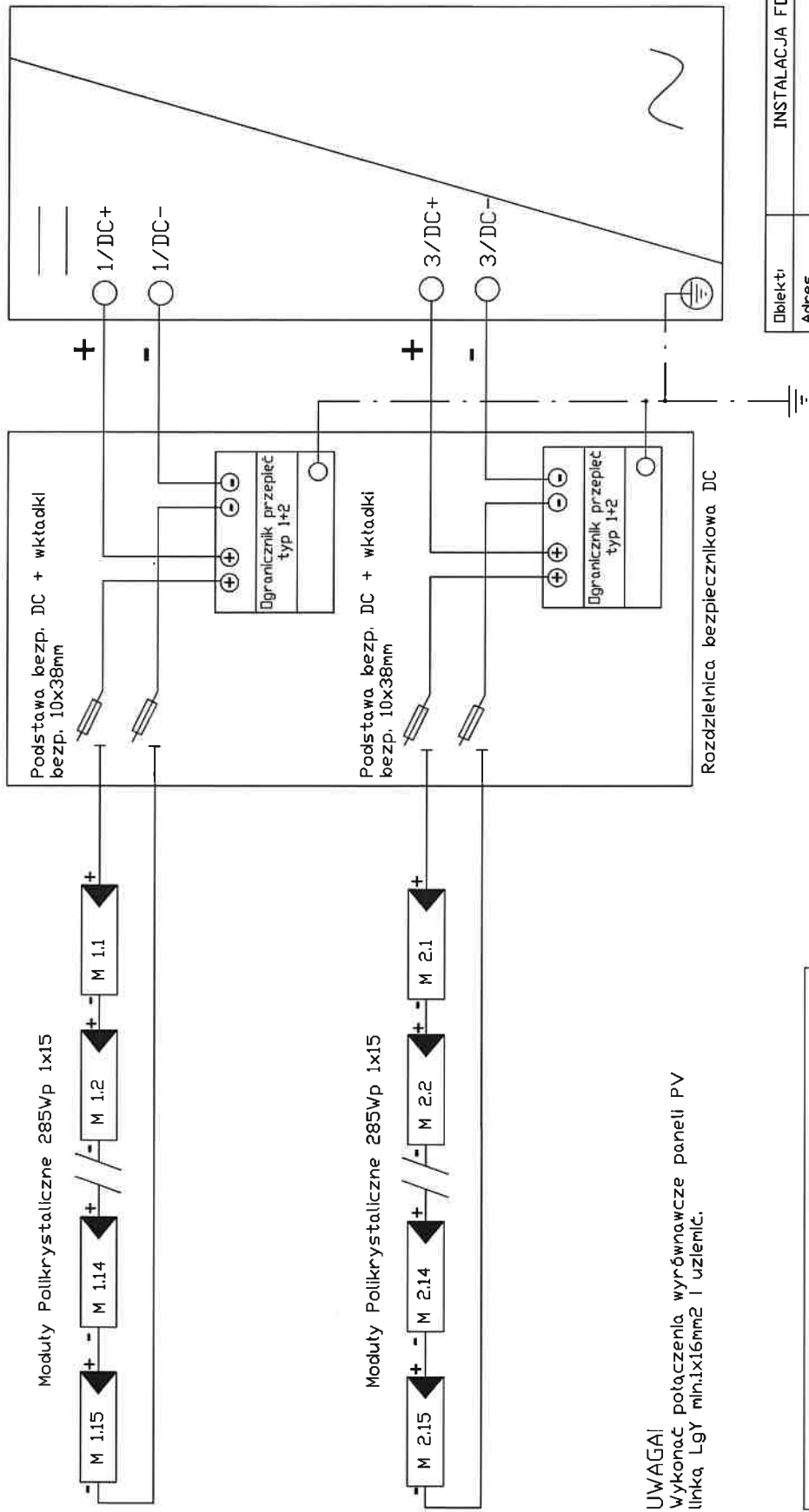
OPRACOWAŁ:



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

7. Załączniki

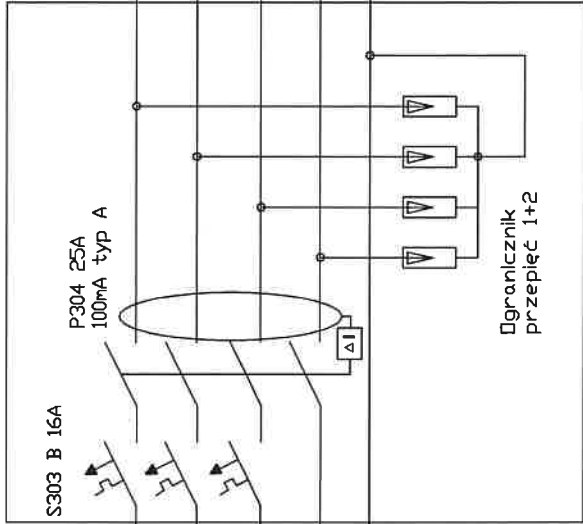
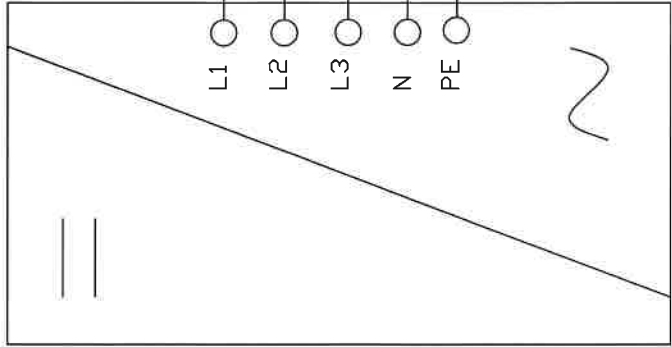
- Schemat jednokreskowy instalacji fotowoltaicznej (E.01)
- Schemat jednokreskowy strony DC (E.02)
- Schemat jednokreskowy strony AC (E.03)
- Projekt symulacji instalacji fotowoltaicznej



UWAGA!
Wykonać połączenia wyrównawcze paneli PV
linką LgY min.1x16mm² i uzleźnić.

DANE INSTALACJI FOTOWOLTAEICZNEJ	
Typ modułów	Polikrystaliczne o mocy 285Wp
Całkowita ilość modułów	30
Liczba pętli DC	2
Ilość modułów w pętli DC	1x15 oraz 1x15
Typ kabla DC	PV1-F 1x4mm ²
Przekrój kabla DC [mm ²]	4
Zabezpieczenie strony DC	Podstawa bezp. DC +wkładki bezp. 10x38mm
Ogranicznik przepięć DC	Ogranicznik 1+2

Dblekt:	INSTALACJA FOTOWOLTAEICZNA		
Adres Instalacji	Dsnowa 15, Gmina Chełmno		
Rysunek:	Schemat jednokreskowy instalacji PV		
Inwestor:	Gmina Chełmno, ul. Dworcowa 1, 86-200 Chełmno		
Projektował:	mgr Inż. Piotr Grzegorz Marchniak Certyfikat UDT (PV) DZE-W/03/000006/18		
	Jarostaw Karlewski Uprawnienia SEP E/358/103/15 D/144/358/17		
Data, skala, nr rys.:	Pozdziejnik 2018r.	-	E02



Rozdzielnica modułowa AC

S303 B 16A

P304 25A
100mA typ A

L1
L2
L3
N
PE

Ogranicznik
przepięć 1+2

Ochrona przepięciowa
w rozdzielni głównej

S303 B 20A

L1
L2
L3
N
PE

DANE INSTALACJI AC	
Typ falownika	Trójfazowy, beztransformatowy
Moc falownika	7,0 kW
Typ kabla AC	YDYzo / YKYzo
Przekrój kabla AC	5x10mm ²
Zabezpieczenie zwarcia AC	S303 B 16A
Zabezpieczenie różnicowoprądowe AC	P304 25A 100mA typ A
Zabezpieczenie zwarciowe AC (w rozdzielni głównej budynku)	S303 B 20A

Objekt:	INSTALACJA FOTOWOLTAYCZNA		
Adres Instalacji	Osnowo 15, Gmina Chetmno		
Rysunek:	Schemat jednokreskowy instalacji PV		
Inwestor:	Gmina Chetmno, ul. Dworcowa 1, 86-200 Chetmno		
Projektował:	mgr inż. Piotr Grzegorz Marchniak Certyfikat UDT (PV) DZE-W/03/000006/18		
	Jarostaw Karlewski Uprawnienia SEP E/358/103/15 D/144/358/17		
Data, skala, nr rys.	Październik 2018r.	-	E03

Przedsiębiorstwo

Prosument Klaster Odnawialnych Źródeł Energii



Brzeska 49
87-890 Lubraniec
Polska

Osoba kontaktowa:
Maciej Wypych

E-mail: wypych.m@prosumentklasteroze.pl

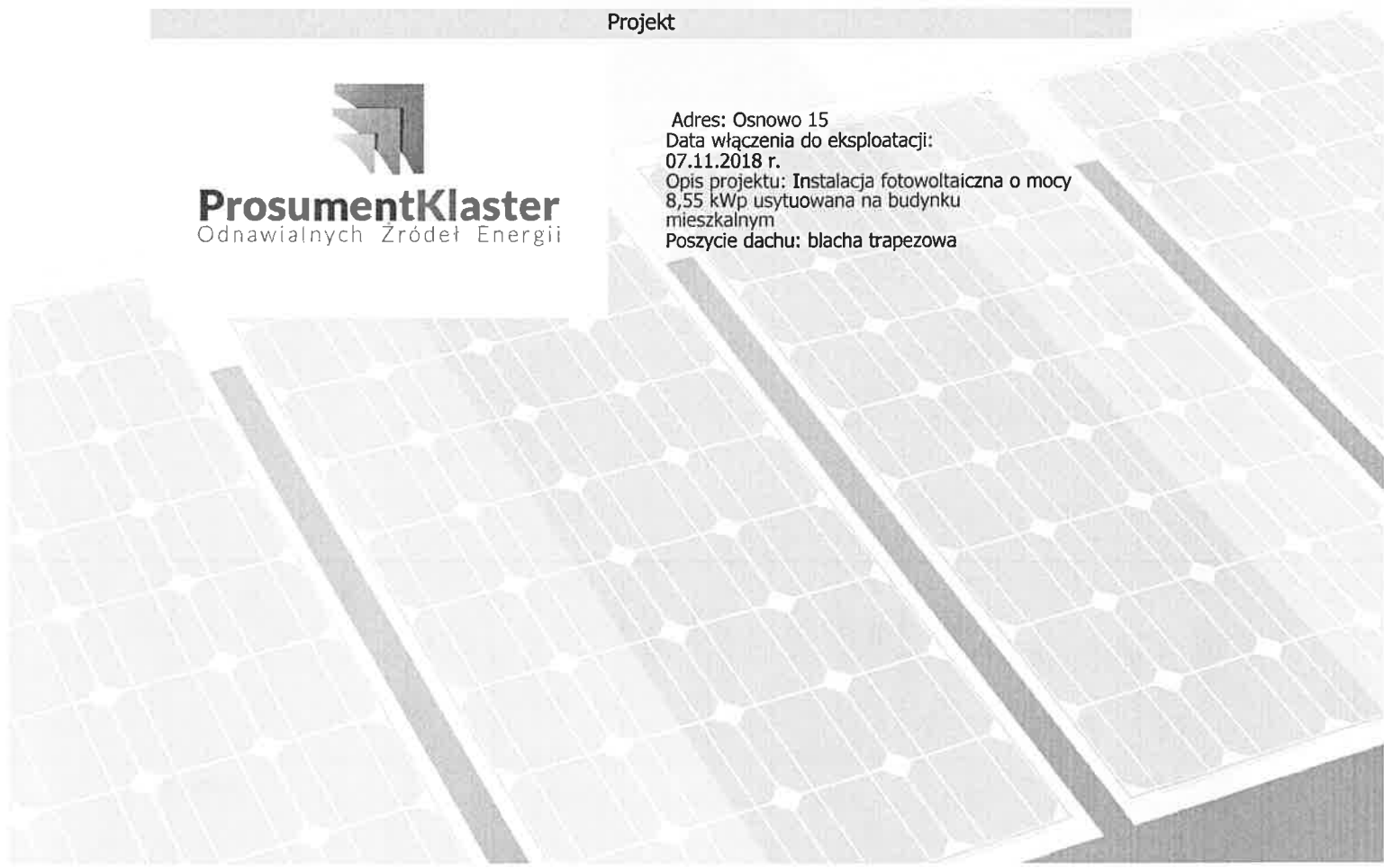
Klient

Osnowo 15

Projekt

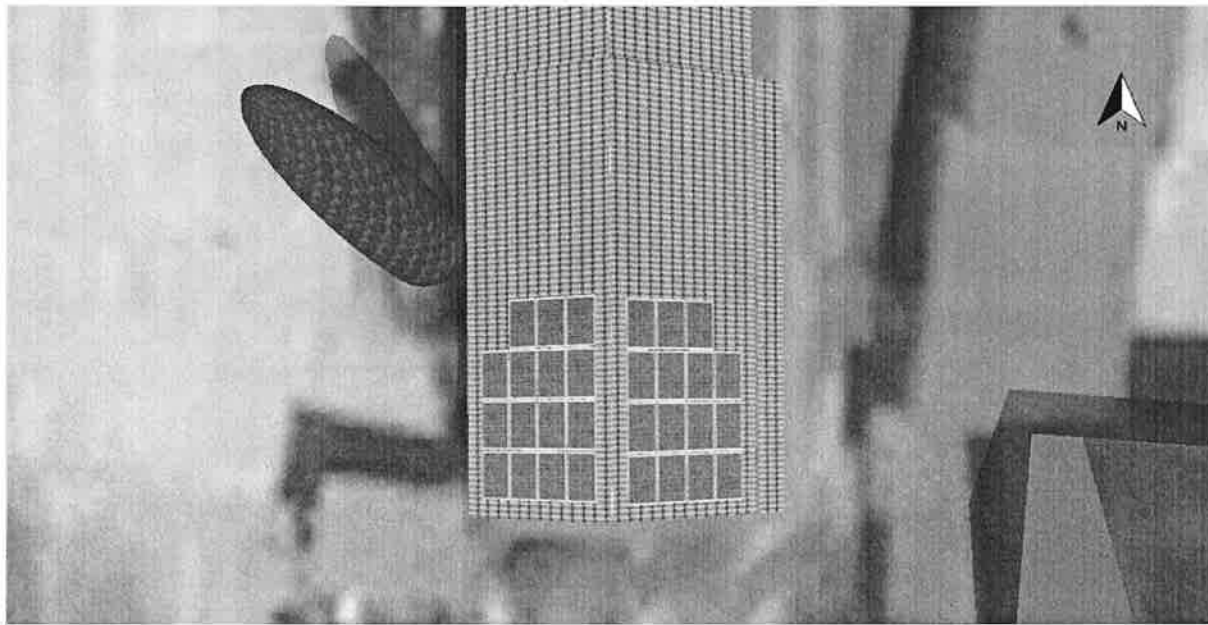


Adres: Osnowo 15
Data włączenia do eksploatacji:
07.11.2018 r.
Opis projektu: Instalacja fotowoltaiczna o mocy
8,55 kWp usytuowana na budynku
mieszkalnym
Poszycie dachu: blacha trapezowa



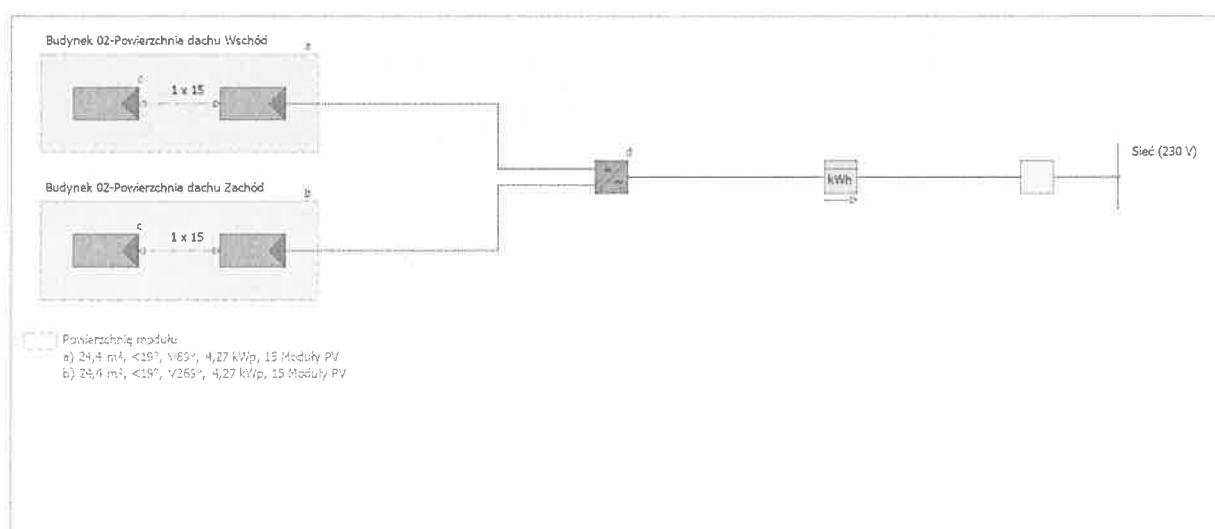
Data oferty: 07.11.2018

Odpowiedzialny (-a): Maciej Wypych
Przedsiębiorstwo: Prosument Klaster Odnawialnych Źródeł Energii



3D, Podłączona do sieci instalacja fotowoltaiczna (PV)

Dane klimatyczne	Chelmno, POL (1991 - 2010)
Moc generatora PV	8,55 kWp
Powierzchnia generatora PV	48,8 m ²
Liczba modułów PV	30
Liczba falowników	1



Data oferty: 07.11.2018

Odpowiedzialny (-a): Maciej Wypych
Przedsiębiorstwo: Prosument Klaster Odnawialnych Źródeł Energii**Zysk**

Energia wyprodukowana przez system PV (sieć AC)	7 669 kWh
Spec. uzysk roczny	896,94 kWh/kWp
Stosunek wydajności (PR)	88,5 %
Obliczenie strat przez zacinienie	2,7 %/rok
Emisja CO ₂ , której dało się uniknąć:	4 601 kg / rok

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

Data oferty: 07.11.2018

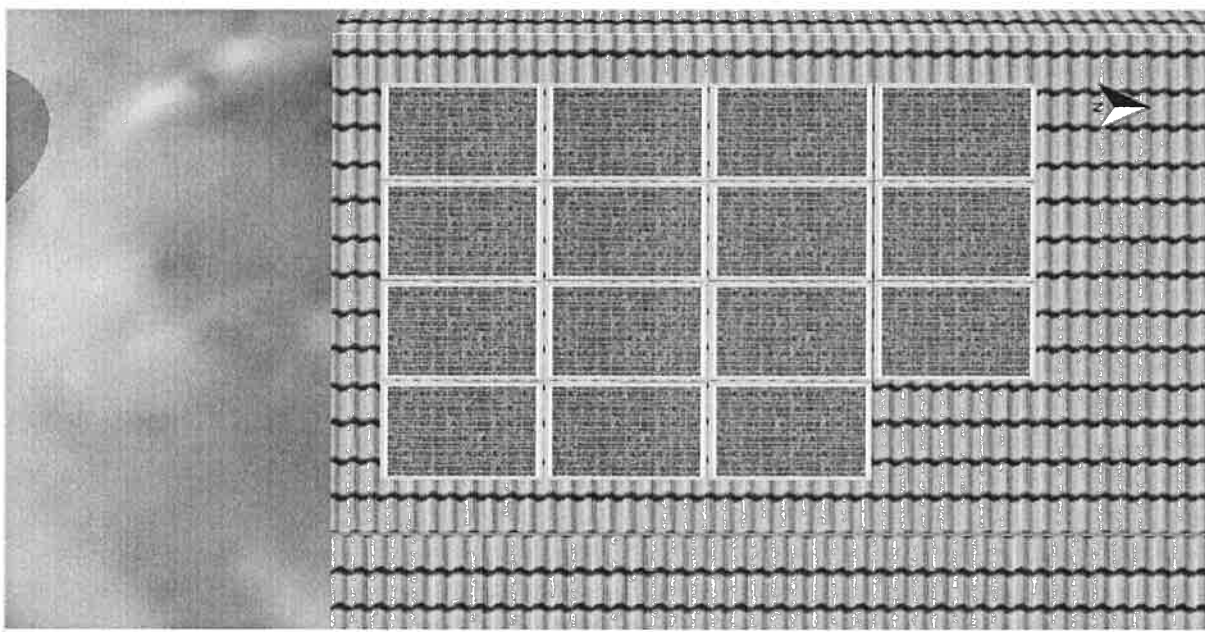
Odpowiedzialny (-a): Maciej Wypych
Przedsiębiorstwo: Prosument Klafter Odnawialnych Źródeł Energii

Struktura instalacji

Dane klimatyczne	Chelmno, POL (1991 - 2010)
Rozdzielczość danych	1 h
Rodzaj instalacji	3D, Podłączona do sieci instalacja fotowoltaiczna (PV)
Zastosowane modele symulacji	
Promieniowanie rozproszone na powierzchni poziomej	Hofmann
Nasłonecznienie powierzchni nachylonej	Hay & Davies

Generator PV 1. Powierzchnię modułu

Nazwa	Budynek 02-Powierzchnia dachu Wschód
Moduły PV*	15 x 285 W
Producent	-
Nachylenie	19 °
Orientacja	Wschód 89 °
Rodzaj montażu	Równoległe z dachem
Powierzchnia generatora PV	24,4 m²



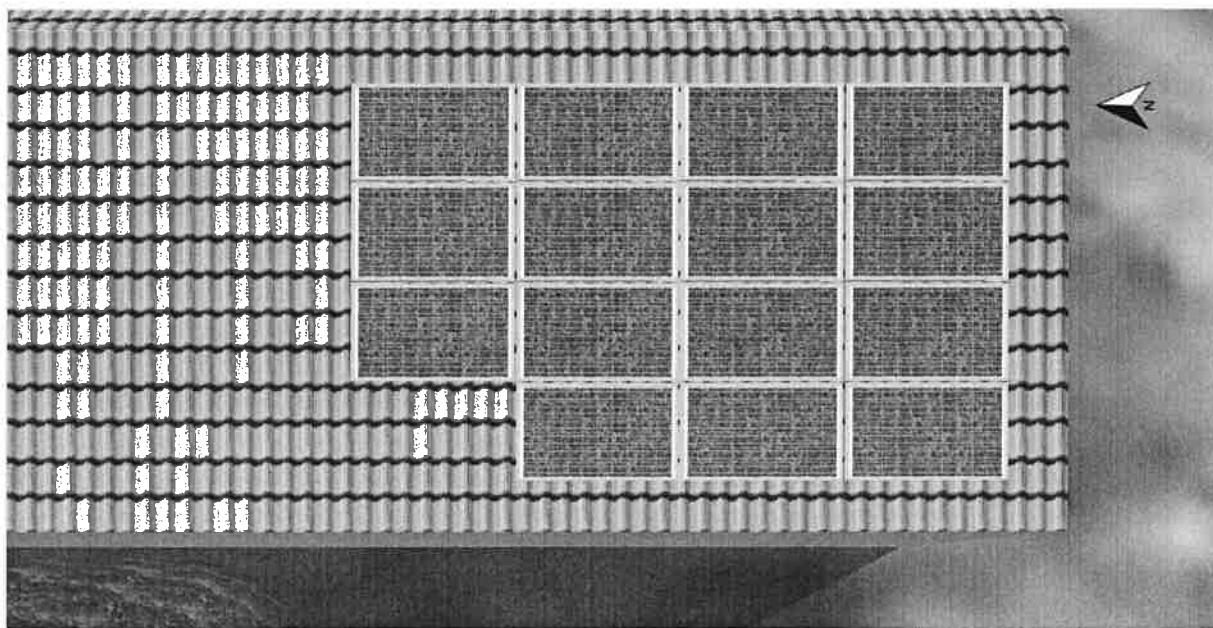
Rysunek: Projektowanie 3D do Budynek 02-Powierzchnia dachu Wschód

Generator PV 2. Powierzchnię modułu

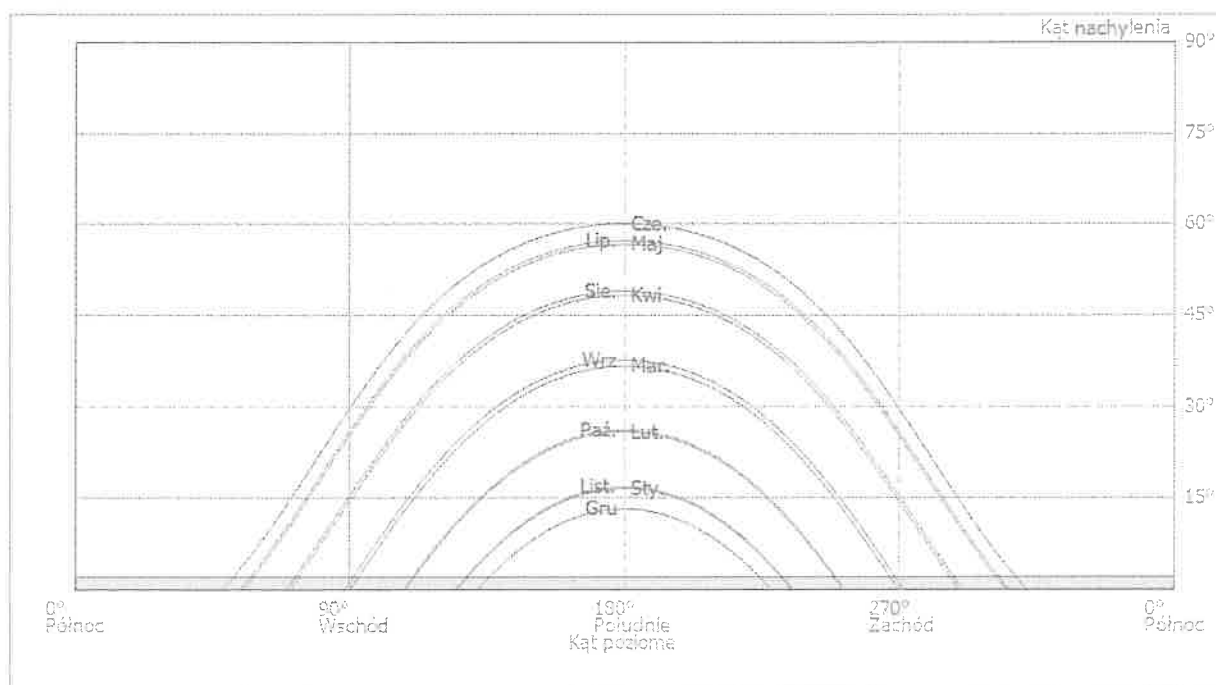
Nazwa	Budynek 02-Powierzchnia dachu Zachód
Moduły PV*	15 x 285 W
Producent	-
Nachylenie	19 °
Orientacja	Zachód 269 °
Rodzaj montażu	Równoległe z dachem
Powierzchnia generatora PV	24,4 m²

Data oferty: 07.11.2018

Odpowiedzialny (-a): Maciej Wypych
 Przedsiębiorstwo: Prosument Klaster Odnawialnych Źródeł Energii



Rysunek: Projektowanie 3D do Budynek 02-Powierzchnia dachu Zachód



Ilustracja: Horyzont od Budynek 02-Powierzchnia dachu Wschód

Data oferty: 07.11.2018

Odpowiedzialny (-a): Maciej Wypych
Przedsiębiorstwo: Prosument Klaster Odnawialnych Źródeł Energii

Falownik

1. Powierzchnie modułów

Budynek 02-Powierzchnia dachu Wschód + Budynek 02-Powierzchnia dachu Zachód

Falownik 1*	1 x 7.0 kW
Producent	-
Konfiguracja	MPP 1: 1 x 15 MPP 2: 1 x 15

Sieć AC

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

* Obowiązują warunki gwarancyjne poszczególnych producentów

Data oferty: 07.11.2018

Odpowiedzialny (-a): Maciej Wypych
Przedsiębiorstwo: Prosument Klaster Odnawialnych Źródeł Energii

Wyniki symulacji

Instalacja PV

Moc generatora PV	8,5 kWp
Spec. uzysk roczny	896,94 kWh/kWp
Stosunek wydajności (PR)	88,5 %
Zmniejszenie uzysku na skutek zacinienia	2,7 %/rok
Energia oddana do sieci	7 669 kWh/rok
Energia oddana do sieci w pierwszym roku (łącznie z degradacją modułu)	7 669 kWh/rok
Pobór w trybie czuwania (Falownik)	13 kWh/rok
Emisja CO ₂ , której dało się uniknąć:	4 601 kg / rok

Schemat przepływu energii

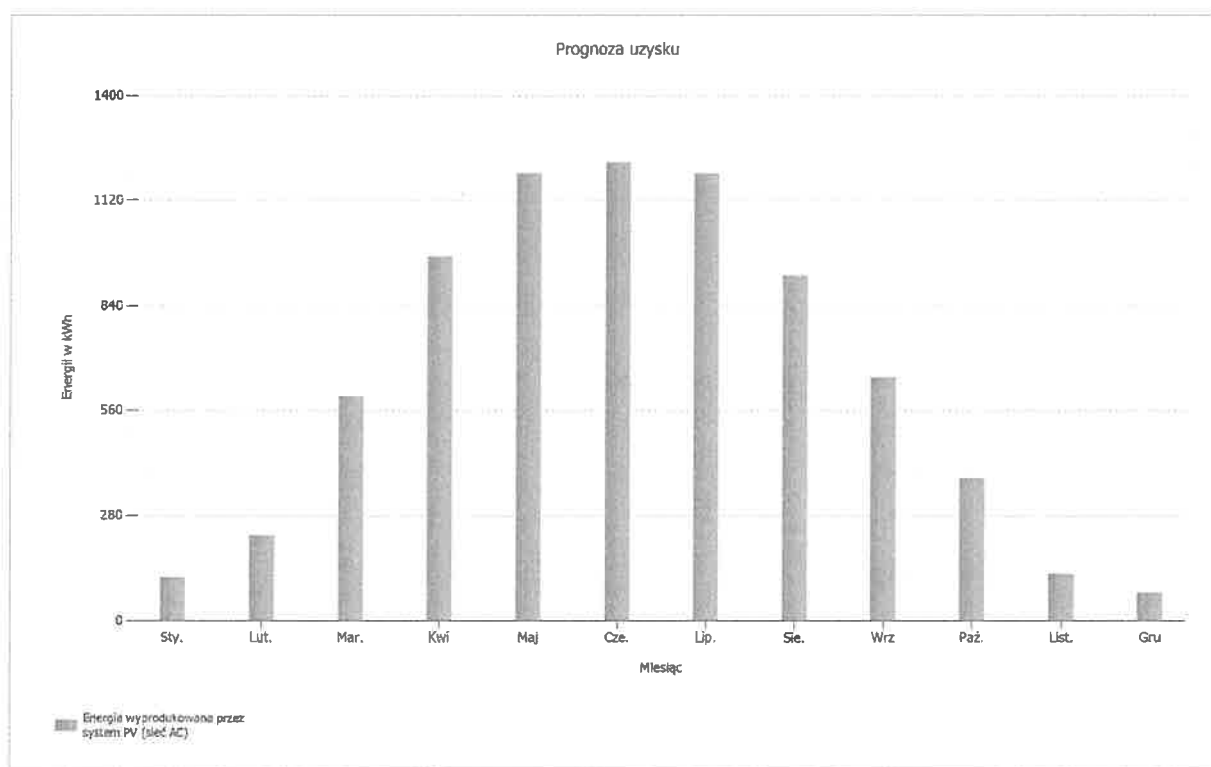
Projekt: Stefański Jan



Wszystkie wartości w kWh
Liczba dni w roku: 365

Data oferty: 07.11.2018

Odpowiedzialny (-a): Maciej Wypych
Przedsiębiorstwo: ProsumenKlaster Odnawialnych Źródeł Energii



Ilustracja: Prognoza uzysku

Data oferty: 07.11.2018

Odpowiedzialny (-a): Maciej Wypych
Przedsiębiorstwo: Prosument Klaster Odnawialnych Źródeł Energii

Wyniki na powierzchnię modułu

Budynek 02-Powierzchnia dachu Wschód

Moc generatora PV	4,27 kWp
Powierzchnia generatora PV	24,4 m ²
Globalne nasłonecznienie na moduł	963,3 kWh/m ²
Energia wyprodukowana przez system PV (sieć AC)	3700,2 kWh/rok
Spec. uzysk roczny	865,6 kWh/kWp
Stosunek wydajności (PR)	89,2 %

Budynek 02-Powierzchnia dachu Zachód

Moc generatora PV	4,27 kWp
Powierzchnia generatora PV	24,4 m ²
Globalne nasłonecznienie na moduł	1047,9 kWh/m ²
Energia wyprodukowana przez system PV (sieć AC)	3968,6 kWh/rok
Spec. uzysk roczny	928,3 kWh/kWp
Stosunek wydajności (PR)	87,9 %

Data oferty: 07.11.2018

Odpowiedzialny (-a): Maciej Wypych
Przedsiębiorstwo: Prosument Klaster Odnawialnych Źródeł Energii

Bilans energetyczny instalacji PV

Promieniowanie globalne, poziomo	1 048,9 kWh/m²	
Odchylenie od standardowego widma	-10,49 kWh/m ²	-1,00 %
Odbicie od gruntu (albedo)	5,66 kWh/m ²	0,55 %
Orientacja i nachylenie modułów fotowoltaicznych	-34,27 kWh/m ²	-3,28 %
Zacienienie niezależne od modułu	-4,21 kWh/m ²	-0,42 %
Odbicia na powierzchni modułu	-26,33 kWh/m ²	-2,62 %
Globalne nasłonecznienie na moduł	979,3 kWh/m²	

$$\begin{aligned}
 & 979,3 \text{ kWh/m}^2 \\
 & \times 48,76 \text{ m}^2 \\
 & = 47\,748,5 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

Globalne nasłonecznienie PV	47 748,5 kWh	
Zanieczyszczenie	0,00 kWh	0,00 %
Konwersja STC (współczynnik sprawności znamionowej modułu 17,67 %)	-39 313,70 kWh	-82,33 %

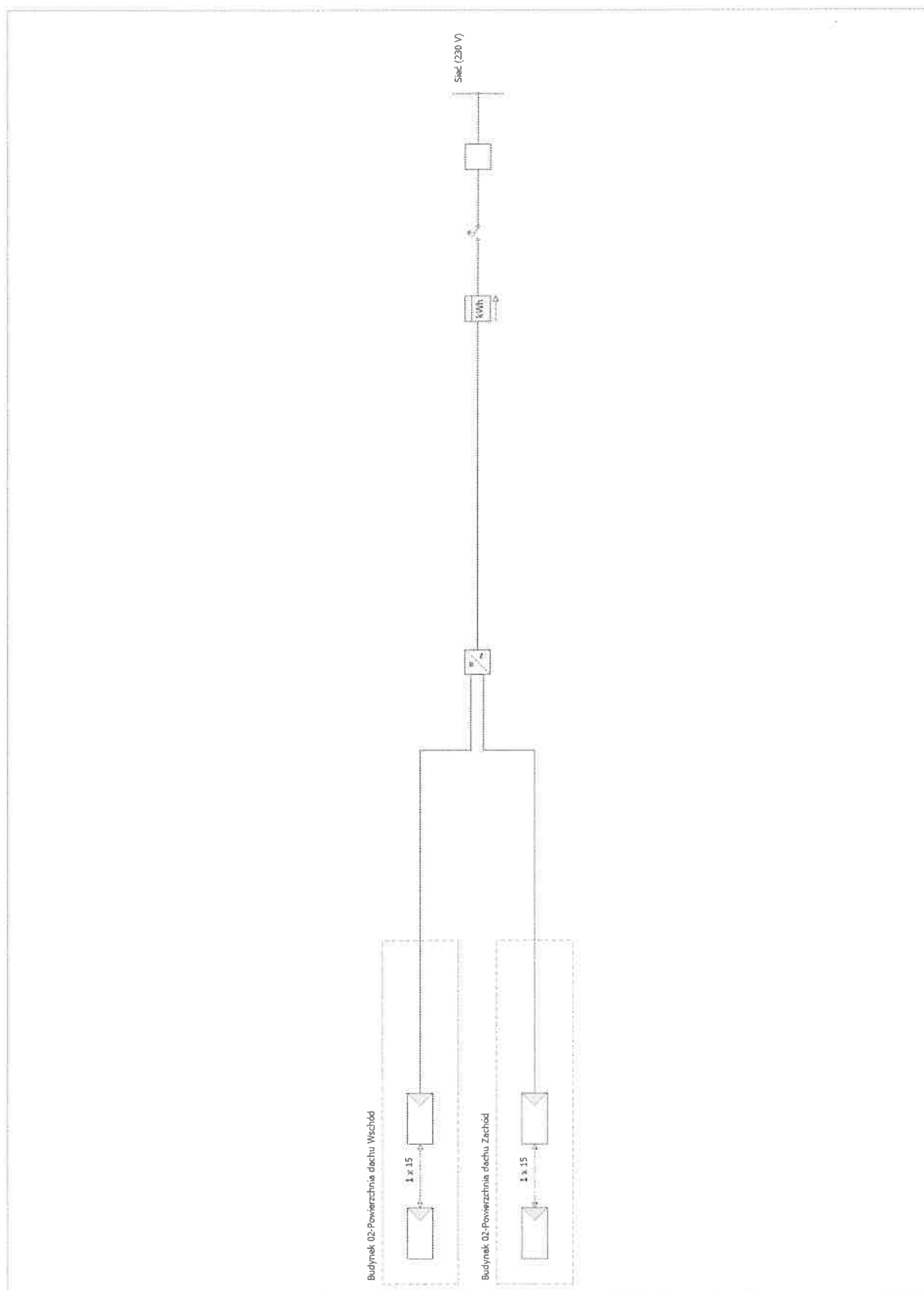
Znamionowa energia PV	8 434,8 kWh	
Zacienienie częściowe specyficzne dla modułu	-160,12 kWh	-1,90 %
Zachowanie w warunkach słabego oświetlenia	-14,96 kWh	-0,18 %
Odchylenie od znamionowej temperatury modułu	-119,65 kWh	-1,45 %
Diody	-3,69 kWh	-0,05 %
Niedopasowanie (dane producenta)	-162,73 kWh	-2,00 %
Niedopasowanie (konfiguracja/zacienienie)	-12,26 kWh	-0,15 %

Energia PV (DC) bez regulacji falownika	7 961,4 kWh	
Spadek mocy poniżej mocy początkowej DC	-7,30 kWh	-0,09 %
Regulacja zakresu napięcia MPP	-0,29 kWh	0,00 %
Regulacja maks. prądu DC	0,00 kWh	0,00 %
Regulacja maks. mocy prądu DC	0,00 kWh	0,00 %
Regulacja maks. mocy prądu AC/cos phi	0,00 kWh	0,00 %
Adaptacja MPP	-0,94 kWh	-0,01 %
Energia PV (DC)	7 952,9 kWh	

Energia na wejściu falownika	7 952,9 kWh	
Odchylenie napięcia wejściowego od znamionowego	-53,09 kWh	-0,67 %
Konwersja z prądu DC na AC	-230,98 kWh	-2,92 %
Pobór w trybie czuwania (Falownik)	-12,71 kWh	-0,17 %
Straty całkowite w kablu	0,00 kWh	0,00 %
Energia PV (AC) odjąć zużycie podczas czuwania	7 656,1 kWh	
Energia oddana do sieci	7 668,8 kWh	

Data oferty: 07.11.2018

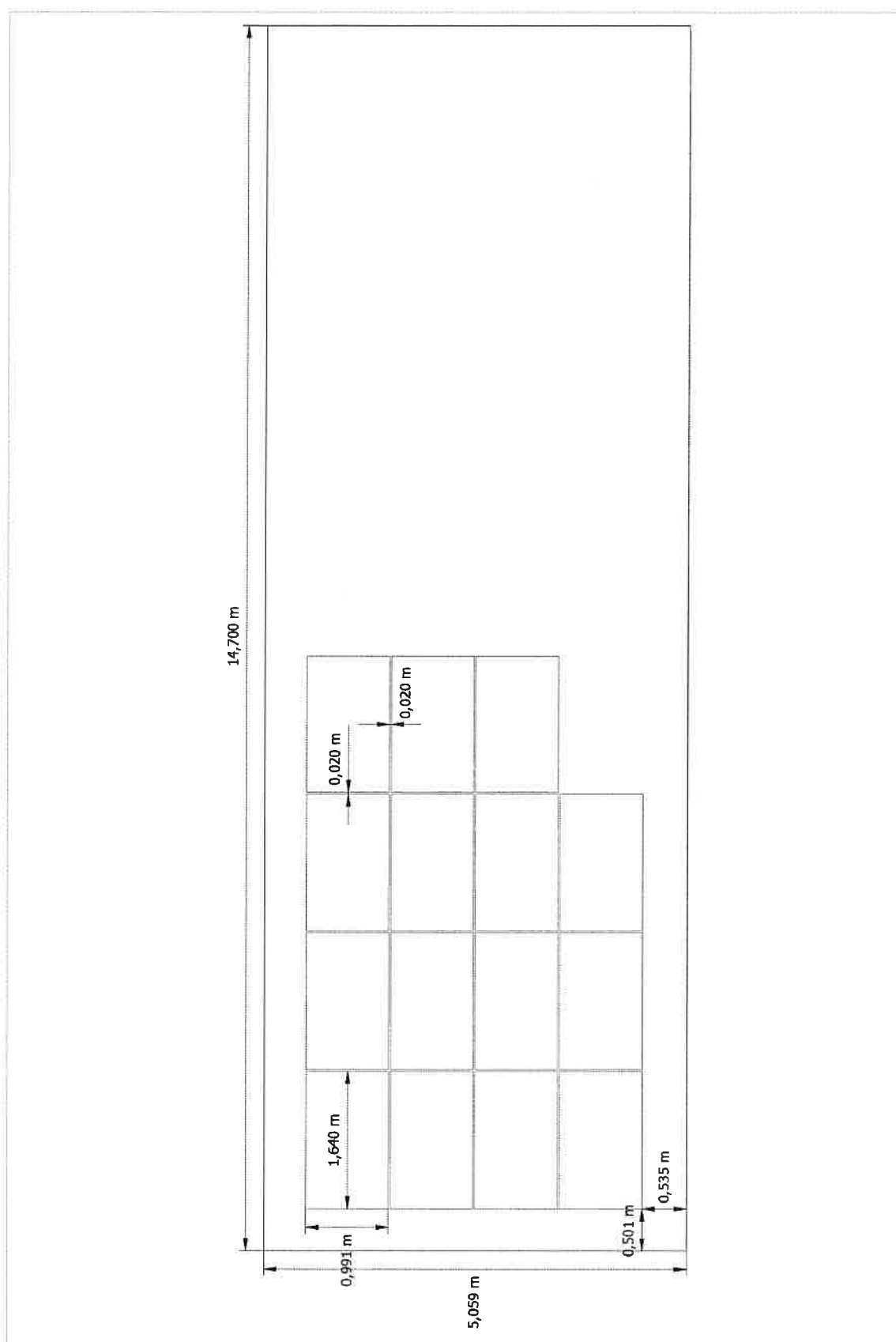
Odpowiedzialny (-a): Maciej Wypych
 Przedsiębiorstwo: Prosument Klaster Odnawialnych Źródeł Energii



Data oferty: 07.11.2018

Odpowiedzialny (-a): Maciej Wypych
 Przedsiębiorstwo: Prosument Klaster Odnawialnych Źródeł Energii

Budynek 02-Powierzchnia dachu Wschód



Data oferty: 07.11.2018

Odpowiedzialny (-a): Maciej Wypych
Przedsiębiorstwo: Prosument Klafter Odnawialnych Źródeł Energii

Budynek 02-Powierzchnia dachu Zachód

