



COREMATIC ENGINEERING SP. Z O.O.  
ul. Lipowa 14  
44-100 Gliwice  
tel./fax 0 (prefix) 32-7505268  
e-mail: [biuro@corematic.net](mailto:biuro@corematic.net)  
[www.corematic.net](http://www.corematic.net)

## METRYKA PROJEKTU

|   |   |
|---|---|
| <b>INWESTYCJA:</b>  | TERMOMODERNIZACJA Z OZE SZKOŁY<br>PODSTAWOWEJ W MĄCHOCICACH KAPITULNYCH<br>ORAZ URZĘDU GMINY MASŁÓW ZE ŚRODKÓW RPO<br>WOJEWÓDZTWA ŚWIĘTOKRZYSKIEGO NA LATA<br>2014-2020 |
| <b>INWESTOR:</b>  | GMINA MASŁÓW<br>UL. SPOKOJNA 2<br>26-001 MASŁÓW   |
| <b>TEMAT OPRACOWANIA:</b>                                       | <b><u>INSTALACJA FOTOWOLTAICZNA</u></b><br><b><u>O MOCY 43,86 kWp</u></b>   |
| <b>OBIEKT:</b>  | SZKOŁA PODSTAWOWA W MĄCHOCICACH<br>KAPITULNYCH<br>UL. SZKOLNA 27<br>26-001 MASŁÓW   |
| <b>KATEGORIA OBIEKTU:</b>                                       | IX  |
| <b>NR DZIAŁKI I OBREB:</b>                                      | 910, OBREB: MĄCHOCICE KAPITULNE   |
| <b>JEDNOSTKA<br/>PROJEKTOWA:</b>                                | COREMATIC ENGINEERING SP. Z O.O.<br>UL. LIPOWA 14<br>44-100 GLIWICE   |
| <b>STADIUM:</b>   | <b>PROJEKT WYKONAWCZY</b>   |
| <b>PROJEKTOWAŁ:</b><br>mgr inż. Jan Traczyk<br>upr. nr 20/93/Op |   |
| <b>OPRACOWAŁ:</b><br>mgr inż. Jarosław Pierzchawka              |   |

Gliwice, maj 2021 r.

Gliwice, 14.05.2021 r.

### Oświadczenie projektanta

Zgodnie z art.20 ust.4 Ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo Budowlane (tj. Dz.U. Nr 207 z 2003 r. Poz. 2016 z późn. zm.) niniejszym oświadczam, że projekt wykonawczy pn.:

- **TERMOMODERNIZACJA Z OZE SZKOŁY PODSTAWOWEJ W MĄCHOCICACH KAPITULNYCH ORAZ URZĘDU GMINY MASŁÓW ZE ŚRODKÓW RPO WOJEWÓDZTWA ŚWIĘTOKRZYSKIEGO NA LATA 2014-2020:**
  - **INSTALACJA FOTOWOLTAICZNA O MOCY 43,86 kWp**

obiekt: SZKOŁA PODSTAWOWA  
W MĄCHOCICACH KAPITULNYCH  
UL. SZKOLNA 27  
26-001 MASŁÓW

sporządzony w: maj, 2021 r.

dla: GMINA MASŁÓW  
UL. SPOKOJNA 2  
26-001 MASŁÓW

został wykonany zgodnie z obowiązującymi przepisami oraz zasadami wiedzy technicznej.

| <i>Imię Nazwisko</i> | <i>uprawnienia</i> | <i>nr członkowski izby</i> |
|----------------------|--------------------|----------------------------|
| Projektował:         |                    |                            |
| mgr inż. Jan Traczyk | 20/93/Op           | OPL/IE/0137/03             |



### Zaświadczenie

o numerze weryfikacyjnym:

OPL-35Z-YS6-LGM \*

Pan JAN TRACZYK o numerze ewidencyjnym OPL/IE/0137/03  
adres zamieszkania ul. PIASTOWSKA nr 7 m. 4, 47-200 KĘDZIERZYN - KOŹŁE  
jest członkiem Opolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada wymagane  
ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.  
Niniejsze zaświadczenie jest ważne do dnia 2022-02-28.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym  
weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2021-02-18 roku przez:

Adam Rak, Przewodniczący Rady Opolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

(Zgodnie art. 5 ust 2 ustawy z dnia 18 września 2001 r. o podpisie elektronicznym (Dz. U. 2001 Nr 130 poz. 1450) dane w postaci elektronicznej opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu są równoważne pod względem skutków prawnych dokumentom opatrzonym podpisami własnoręcznymi.)

\* Weryfikację poprawności danych w niniejszym zaświadczeniu można sprawdzić za pomocą numeru weryfikacyjnego zaświadczenia na stronie Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa [www.piib.org.pl](http://www.piib.org.pl) lub kontaktując się z biurem właściwej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.



Urząd Wojewódzki w Opolu  
Wydział Gospodarki Przestrzennej  
45-082 Opole, ul. Piastowska 14  
skrytka pocztowa 8  
Nr ewid. 20/93/DP

Opole, 11.02.93

STWIERDZENIE PRZYGOTOWANIA ZAWODOWEGO  
DO PEKNIENIA SAMODZIELNYCH FUNKCJI TECHNICZNYCH W BUDOWNICTWIE

Na podstawie § 4 ust.2, § 7, § 13 ust.1 pkt.4 lit.d  
rozporządzenia Ministra Gospodarki Terenowej i Ochrony Środowiska z dnia  
20 lutego 1975r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie  
(Dz.U.Nr 8, poz.46) stwierdza się, że:

Obywatel/ka: TRACZYK Jan

mgr inż. transportu

urodzony/a/ dnia: 28 stycznia 1955r.

posiada przygotowanie zawodowe upoważniające do wykonywania samodzielnej

funkcji projektanta

w specjalności instalacyjno-inżynierskiej

w zakresie instalacje elektryczne

Obywatel/ka: TRACZYK Jan jest upoważniony/a/ do:

- 1/ sporządzania projektów instalacji elektrycznych,
- 2/ w budownictwie jednorodzinnym, zagrodowym oraz innych budynków o kubaturze  
do 1000 m<sup>3</sup> - do kierowania, nadzorowania i kontrolowania budowy, kierowania  
i kontrolowania wytwarzania konstrukcyjnych elementów instalacji oraz  
kontrolowania stanu technicznego instalacji elektrycznych.-



Z up. Wojewody Opolskiego  
Główny Architekt Wojewódzki

*Maciej Mazurek*  
mgr inż. arch. Maciej Mazurek

## ***SPIS TREŚCI***

|   |    |
|---|----|
| 1. WSTĘP .....  | 6  |
| 1.1. Przedmiot opracowania .....  | 6  |
| 1.2. Podstawa opracowania .....   | 6  |
| 1.3. Wstępne założenia .....  | 8  |
| 2. INSTALACJA FOTOWOLTAICZNA.....   | 8  |
| 2.1. Rozmieszczenie instalacji fotowoltaicznej.....   | 8  |
| 2.2. Moduły fotowoltaiczne .....  | 8  |
| 2.3. Inwerter (przetwornica).....   | 10 |
| 3. DOBÓR ELEMENTÓW INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ.....  | 11 |
| 4. OKABLOWANIE .....  | 11 |
| 4.1. Strona stałoprądowa DC.....  | 12 |
| 4.2. Strona zmiennoprądowa AC .....   | 12 |
| 5. ZABEZPIECZENIA .....   | 14 |
| 5.1. Zabezpieczenie strona stałoprądowa DC .....  | 14 |
| 5.2. Strona zmiennoprądowa AC .....   | 15 |
| 5.3. Ochrona przepięciowa instalacji .....  | 16 |
| 5.4 Ochrona przeciwporażeniowa .....  | 17 |
| 5.5 Ochrona przeciwpożarowa .....   | 17 |
| 5.6. Ochrona LPS (odgromowa) .....  | 18 |
| 6. Prace końcowe i odbiorowe .....  | 18 |
| 7. UWAGI .....  | 19 |
| 8. ZESTAWIENIE MATERIAŁÓW PODSTAWOWYCH .....  | 20 |
| ZAŁĄCZNIK NR 1. SYMULACJA WIELKOŚCI PRODUKCJI ENERGII<br>ELEKTRYCZNEJ Z INSTALACJI PV ..... | 21 |
| 9. SPIS RYSUNKÓW.....   | 22 |

## **1. WSTĘP**

### **1.1. Przedmiot opracowania**

Przedmiotem opracowania jest projekt wykonawczy instalacji fotowoltaicznej o mocy 43,86 kWp, która zlokalizowana będzie na terenie Szkoły Podstawowej w Mącholicach Kapitulnych. Inwestycja polegać będzie na zabudowie na dachach budynków szkolnych 129 szt. paneli fotowoltaicznych zorientowanych w kierunku południowym. W szczególności zakres robót obejmuje:

- montaż stalowo-aluminiowych konstrukcji wsporczych balastowych dla dachów krytych styropapą, kąt nachylenia paneli 35 st.,
- montaż ogniw fotowoltaicznych w ilości 129 szt.,
- montaż inwertera (2 kpl.),
- podłączenie przewodów elektrycznych do aparatów,
- montaż instalacji elektrycznej,
- rozbudowa instalacji odgromowej.

### **1.2. Podstawa opracowania**

- Wizja lokalna,
- Ustalenia i umowa zawarta z Inwestorem,
- Wytyczne producentów urządzeń,
- Obowiązujące przepisy i normy, w tym m.in.:
  - Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej (Dz.U. z 2002 r. Nr 147 poz. 1229 z późniejszymi zmianami),
  - Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo Budowlane (t.j. Dz.U. z 2013 r. poz. 1410 z późniejszymi zmianami),
  - Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2002 r. Nr 75 poz. 690 z późniejszymi zmianami),
  - Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. z 2010 r. Nr 109 poz. 719),

- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 20 czerwca 2006 r. w sprawie wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, a także zasad wydawania dopuszczeni tych wyrobów do użytkowania (Dz.U. z 2006 r. Nr 143 poz. 1002),
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 11 sierpnia 2004 r. w sprawie sposobów deklarowania zgodności wyrobów budowlanych oraz sposobu znakowania ich znakiem budowlanym (Dz.U. z 2004 r. Nr 198 poz. 2041),
- PN-IEC 60364-1:2000 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych - Zakres, przedmiot i wymagania podstawowe.
- PN-IEC 60364-5-51:2000 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych - Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego - Postanowienia ogólne.
- HD 384/HD 60364 PN-IEC 60364:1999 (norma wieloczęściowa) Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych.
- Zespół norm PN-IEC 62104. Ochrona odgromowa obiektów budowlanych,
- PN-EN ISO 9488:2002 Energia słoneczna - Terminologia.
- PN-EN 61173:2002 Ochrona przepięciowa fotowoltaicznych (PV) systemów wytwarzania mocy elektrycznej - Przewodnik.
- PN-EN 61194:2002 Parametry charakterystyczne autonomicznych systemów fotowoltaicznych (PV).
- PN-EN 61215:2005 Moduły fotowoltaiczne (PV) z krzemu krystalicznego do zastosowań naziemnych - Kwalifikacja konstrukcji i aprobaty typu. (j.ang.)
- PN-EN 61730-1:2007 Ocena bezpieczeństwa modułu fotowoltaicznego (PV) - Część 1: Wymagania dotyczące konstrukcji. (j.ang.)
- PN-EN 61730-2:2007 Ocena bezpieczeństwa modułu fotowoltaicznego (PV) - Część 2: Wymagania dotyczące badań. (j.ang.)
- PN-EN 62093:2005 Elementy uzupełniające w systemach fotowoltaicznych – Założenia kwalifikacyjne dla środowiska naturalnego. (j.ang.)
- PN-EN 62108:2008 Moduły fotowoltaiczne oraz systemy z koncentratorami światła (CPV) - Kwalifikacja konstrukcji i zatwierdzenie typu. (j.ang.)
- PN-EN 62124:2005 Systemy fotowoltaiczne (PV) wolnostojące - Weryfikacja projektu. (j.ang.)

- ICE 60364-7-712:2007 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych - Część 7-712: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji - Fotowoltaiczne (PV) układy zasilania.

### 1.3. Wstępne założenia

Projektuje się zabudowę paneli na dachach budynków szkolnych. Projektowane panele fotowoltaiczne dostarczą moc:

- 129 szt. x 340 W = 43860 Wp

Szacunkowa roczna produkcja energii elektrycznej przez instalację fotowoltaiczną wyniesie około 43253 kWh. Porównanie wielkości zapotrzebowania na energię z możliwościami produkcyjnymi instalacji fotowoltaicznej pozwala stwierdzić, że wytworzona energia elektryczna w całości zostanie zużyta na potrzeby własne obiektu, w tym dla potrzeb projektowanego źródła ciepła (pompy ciepła). Nie projektuje się magazynowania nadwyżki wyprodukowanej energii elektrycznej. Projektuje się włączenie instalacji fotowoltaicznej do rozdzielni niskiego napięcia znajdującej się w budynku. Projektowane moduły fotowoltaiczne połączone zostaną systemem mieszanym (szeregowo-równoległe) w łańcuchy (stringi). Do połączenia elektrycznego modułów zastosowane będą kable solarne odporne na promieniowanie UV. Łańcuchy wytwarzać będą napięcie prądu stałego DC.

## 2. INSTALACJA FOTOWOLTAICZNA

### 2.1. Rozmieszczenie instalacji fotowoltaicznej

Projektowana instalacja fotowoltaiczna zabudowana będzie na dachach budynków szkolnych z południową orientacją paneli. Instalacja zbudowana zostanie ze 129 paneli o łącznej mocy 43,86 kWp. Projektuje się montaż paneli fotowoltaicznych z zastosowaniem konstrukcji wsporczych stalowo-aluminiowych dla dachów płaskich krytych styropapą. Kąt nachylenia paneli 15 st. Obciążenie połaci dachu:

- obciążenie od konstrukcji wsporczej: 17,9 kg dla 1kW mocy paneli (ok. 6 kg/m<sup>2</sup>),
- obciążenie balastem - min. 62,5 kg/moduł (ok. 38,49 kg/m<sup>2</sup>),
- obciążenie od panela PV - 11,04 kg/m<sup>2</sup>.

Ogółem obciążenie połaci dachu: 55,53 kg/m<sup>2</sup>.



Wykonawca instalacji zobligowany jest do przedstawienia przed wykonaniem montażu paneli opinii technicznej dotyczącej możliwości posadowienia wybranych do montażu paneli fotowoltaicznych, wraz z konstrukcjami wsporczymi.

## 2.2. Moduły fotowoltaiczne

Projektowane moduły fotowoltaiczne połączone zostaną systemem mieszanym (szeregowo-równoległe) w łańcuchy (stringi). Do połączenia elektrycznego modułów należy zastosować kable solarne odporne na promieniowanie UV o przekroju min. 6 mm<sup>2</sup>. Łańcuchy wytwarzać będą napięcie prądu stałego DC. Zastosowanie do produkcji modułu komponentów wysokiej jakości pozwala na uzyskiwanie większej ilości energii i gwarantuje długą żywotność urządzenia. Moduł projektowany do wykorzystania pokryty będzie szkłem hartowanym, o niskiej zawartości żelaza, z powłoką antyrefleksyjną. Jako źródło energii odnawialnej w projektowanej instalacji fotowoltaicznej zastosowanych zostanie 129 modułów fotowoltaicznych o mocy 340 Wp każdy. Moduły zostaną podzielone na sekcje zgodnie z wielkością opisanego w dalszej części falownika sieciowego, do którego zostaną podłączone panele PV. Podstawowym elementem instalacji są moduły fotowoltaiczne o mocy 340 Wp, których parametry techniczne spełniają wszystkie normy jakościowe obowiązujące w krajach UE. Obudowa modułu wykonana jest z anodowanego aluminium. Wyposażony jest w kable ze spolaryzowanymi złączami odpornymi na warunki atmosferyczne. Wymiary przyjętego do projektu modułu 1700x996x35 mm; waga: ok. 18,7 kg. Panel posiada zabezpieczenie w postaci diod bocznikująco-blokujących mających na celu ochronę przed przepływem prądu wstecznego co w przypadku zacinienia części ogniw nie odcina całego łańcucha paneli (string). Podstawowe parametry modułu monokrystalicznego 340 Wp:

|  |             |
|--|-------------|
| - Moc maksymalna (Pmpp) W                  | 340         |
| - Napięcie obwodu otwartego (Voc) V        | 41,67       |
| - Prąd obwodu zamkniętego (Isc) A          | 10,47       |
| - Napięcie w punkcie maks. mocy (Vmpp) V   | 34,55       |
| - Natężenie prądu w p. maks. mocy (Impp) A | 9,84        |
| - Wydajność modułu %                       | 20,08       |
| - Temperatura pracy °C                     | - 40 ~ + 85 |
| - Maksymalne napięcie systemu V            | 1500        |
| - Maks. zabezpieczenie przetężeniowe A     | 20          |
| - Tolerancja mocy W                        | 0 ~ + 5     |

|  |                            |
|--|----------------------------|
| - Obciążenie przednia strona modułu Pa           | 5400 Pa, testowane 8000 Pa |
| - Obciążenie tylna strona modułu Pa              | 2400 Pa                    |
| - Klasa ochrony                                  | II                         |
| - Współczynniki temperaturowe $P_{max}$ % / °C   | - 0,35                     |
| - Współczynniki temperaturowe $V_{oc}$ % / °C    | -0,28                      |
| - Współczynniki temperaturowe $I_{sc}$ % / °C    | 0,05                       |
| - Nominalna temperatura robocza ogniwa (NOCT) °C | $45 \pm 2$                 |

### 2.3. Inwerter (przetwornica)

Inwertery umożliwiają zamianę wytwarzanego przez panele prądu o stałym napięciu na prąd o napięciu zmiennym. Na wyjściu inwertera w kierunku instalacji założono napięcie prądu zmiennego AC o wartości 400/230 V. W przedmiotowej instalacji projektuje się zastosowanie dwóch inwerterów beztransformatorowych o mocy wyjściowej 20 kW każdy:

- **Inwerter o mocy: 20 kW**

#### - DANE WEJŚCIOWE

|  |               |
|--|---------------|
| Liczba trackerów MPP   | 2,0           |
| Maks. prąd wejściowy ( $I_{dc\ max}$ ) ( $I_{dc\ max}$ ) ( $I_{dc\ max\ 1}$ / $I_{dc\ max\ 2}$ ) | 33,0 / 27,0 A |
| Maks. prąd zwarciový pola modułów  | 49,5 / 40,5 A |
| Zakres napięć wejściowych DC ( $U_{dc\ min}$ – $U_{dc\ max}$ )                                   | 200 - 1000 V  |
| Napięcie rozpoczęcia pracy ( $U_{dc\ start}$ )   | 200,0 V       |
| Znamionowe napięcie wejściowe ( $U_{dc,r}$ )   | 600,0 V       |
| Zakres napięć MPP ( $U_{mpp\ min}$ – $U_{mpp\ max}$ )  | 420 - 800 V   |
| Użyteczny zakres napięcia MPP  | 200 - 800 V   |
| Liczba przyłączy DC  | 3 + 3         |

#### - DANE WYJŚCIOWE

|  |                                  |
|--|----------------------------------|
| Moc znamionowa AC ( $P_{ac,r}$ )             | 20,0 kW                          |
| Maks. moc wyjściowa ( $P_{ac\ max}$ )        | 20,0 kVA                         |
| Prąd wyjściowy AC ( $I_{ac\ nom}$ )          | 28,9 A                           |
| Przyłącze sieciowe ( $U_{ac,r}$ )            | 3~ NPE 400/230, 3~ NPE 380/220 V |
| Zakres napięcia AC ( $U_{min}$ - $U_{max}$ ) | 150 - 280 V                      |

|   |                 |
|---|-----------------|
| Częstotliwość ( $f_r$ )                         | 50 / 60 Hz      |
| Zakres częstotliwości ( $f_{\min} - f_{\max}$ ) | 45 - 65 Hz      |
| Współczynnik zniekształceń nieliniowych         | 1,3 %           |
| Współczynnik mocy ( $\cos \varphi_{ac,r}$ )     | 0 - 1 ind./cap. |

Zakres temperatur otoczenia -40°C - +60°C

Dopuszczalna wilgotność powietrza 0 - 100 %

Maks. współczynnik sprawności (instalacja fotowoltaiczna – sieć zasilająca) 98,1 %

Europejski współczynnik sprawności ( $\eta_{EU}$ ) 97,9 %

#### Deklaracje zgodności:

ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G83/2, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0-16, CEI 0-21, NRS 097

### **3. DOBÓR ELEMENTÓW INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ**

Doboru inwerterów i podziału modułów na stringi dokonano przy pomocy oprogramowania.

Główne założenia przedstawiono poniżej:

- 129 szt paneli o łącznej mocy 43,86 kWp

#### Dobre inwertery:

1) Inwerter nr 1 o mocy nominalnej 20,0 kW ->

70 szt. paneli w konfiguracji:

- 2x19 szt. paneli,
- 2x16 szt. paneli;

2) Inwerter nr 2 o mocy nominalnej 20,0 kW ->

64 szt. paneli w konfiguracji:

- 3x14 szt. paneli,
- 1x17 szt. paneli.

## 4. OKABLOWANIE

### 4.1. Strona stałoprądowa DC

| Inwerter            | Łańcuch      | Długość odcinka przewodu [m] | Projektowany przekrój przewodów [mm <sup>2</sup> ] | Straty w przewodach [%] |
|---------------------|--------------|------------------------------|--|-------------------------|
| Inwerter<br>20.0 kW | A1 (19 szt.) | 35                           | 6  | 0,130                   |
|                     | A2 (19szt.)  | 30                           | 6  | 0,150                   |
|                     | B1 (16 szt.) | 28                           | 6  | 0,180                   |
|                     | B2 (16 szt.) | 24                           | 6  | 0,200                   |
| Inwerter<br>20.0 kW | A1 (14 szt.) | 18                           | 6  | 0,230                   |
|                     | A2 (14 szt.) | 19                           | 6  | 0,280                   |
|                     | B1 (14 szt.) | 21                           | 6  | 0,310                   |
|                     | B2 (17 szt.) | 22                           | 6  | 0,360                   |

Straty dla najdłuższego odcinka przewodów <1% = warunek spełniony

### 4.2. Strona zmiennoprądowa AC

Obciążalność prądowa kabla dla obwodu trójfazowego:

$$I_B = \frac{P}{\sqrt{3} * \cos \varphi * U_n}$$

Gdzie:

$I_B$  - obliczeniowy prąd obciążenia kabla [A]

$P$  - moc czynna obciążenia przewodu lub kabla [W]

$\cos \varphi$  - współczynnik mocy

$U_n$  - napięcie międzyfazowe [V]

Warunek spadku napięcia:

$$\Delta U = \frac{P \cdot L}{\gamma \cdot s \cdot U_{n1}^2}$$

Gdzie:

$P$  – Moc czynna obciążenia przewodu lub kabla [kW]

$L$  – Długość przewodu [m]

$s$  – przekrój przewodu [ $\text{mm}^2$ ]

$\gamma$  – konduktywność przewodu

(dla miedzi  $56 [\text{m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)]$ ; dla aluminium  $34 [\text{m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)]$ )

$U_{n1}^2$  – napięcie międzyfazowe.

Prąd obciążenia przewodu (dla obwodu trójfazowego):

$$I_B = \frac{P}{\sqrt{3} * \cos\varphi * U_n}$$

Gdzie:

$I_B$  - Obliczeniowy prąd obciążenia przewodu/kabla [A]

P- Moc czynna obciążenia przewodu lub kabla [W]

$\cos\varphi$ - współczynnik mocy [-]

$U_n$ - napięcie międzyfazowe [V]

### Obliczenia dla inwertera (20,0 kW)

- Prąd obciążenia przewodu:

$$I_B = \frac{20\,000}{\sqrt{3} * 0,9 * 400} = \frac{20\,000}{623,538} = 32,07 [\text{A}]$$

- Warunek spadku napięcia:

$$\Delta U = 0,51 \%$$

Obliczenia wykonano dla przewodu OnPD o przekroju żył roboczych  $16 \text{ mm}^2$  i odległości do 2 m.

### Obliczenia dla połączenia RAC1 do RGF

- Prąd obciążenia przewodu:

$$I_B = \frac{20\,000}{\sqrt{3} * 0,9 * 400} = \frac{20\,000}{623,538} = 32,07 [\text{A}]$$

- Warunek spadku napięcia:

$$\Delta U = 0,48 \%$$

Obliczenia wykonano dla przewodu OnPD o przekroju żył roboczych  $25 \text{ mm}^2$  i odległości do 3 m.

### Obliczenia dla połączenia RAC2 do RGF

- Prąd obciążenia przewodu:

$$I_B = \frac{20\,000}{\sqrt{3} * 0,9 * 400} = \frac{20\,000}{623,538} = 32,07 [A]$$

- Warunek spadku napięcia:

$$\Delta U = 0,48 \%$$

Obliczenia wykonano dla przewodu OnPD o przekroju żył roboczych 25 mm<sup>2</sup> i odległości do 3 m.

### Obliczenia dla połączenia RGF -1 do RGB

- Prąd obciążenia przewodu:

$$I_B = \frac{40\,000}{\sqrt{3} * 0,9 * 400} = \frac{40\,000}{623,538} = 64,15 [A]$$

- Warunek spadku napięcia:

$$\Delta U = 0,69 \%$$

Obliczenia wykonano dla przewodu OnPD o przekroju żył roboczych 35 mm<sup>2</sup> i odległości do 3 m.

Ze względu na prąd obciążenia i warunek spadku napięcia dobrano minimalne przekroje przewodów:

- Połączenia kablowe od inwertera (20,0 kW) do rozdzielnicy RAC-1 kablem OnPD o przekroju żył roboczych 16 mm<sup>2</sup> dla odległości do 2 m.
- Połączenia kablowe od inwertera (20,0 kW) do rozdzielnicy RAC-2 kablem OnPD o przekroju żył roboczych 16 mm<sup>2</sup> dla odległości do 2 m.

**Straty dla odcinka przewodów <1% = warunek spełniony**

## 5. ZABEZPIECZENIA

### 5.1. Zabezpieczenie strona stałoprądowa DC

Zabezpieczenie przed prądami wstecznymi, zwarciove bezpieczniki o charakterystyce gPV:

$$I_n \geq \frac{I_{sc}}{k} * 1,4$$

Gdzie:

$I_n$  – prąd znamionowy bezpiecznika,

$I_{sc}$  – prąd zwarcia łańcucha modułów,

$k$  – współczynnik korygujący w zależności od temperatury (dla 20°C  $k=1$ , dla 40°C  $k=0,92$ )

przy  $I_{sc} = 9,71$  A dla wejścia  $I_n \geq 14,77$  A,

Bezpieczniki po stronie DC muszą mieć napięcie znamionowe spełniające warunek:

$$U_n \geq U_{sc} \cdot 1,2$$

Gdzie:

$U_n$  – napięcie znamionowe bezpiecznika,

$U_{sc}$  – napięcie obwodu otwartego łańcucha modułów,

- dla obwodu 19 modułów:

$$U_{sc} = 19 \times 41,67 = 750,06 \text{ V}$$

$$U_n \geq 900,07 \text{ V}$$

- dla obwodu 16 modułów:

$$U_{sc} = 16 \times 41,67 = 666,72 \text{ V}$$

$$U_n \geq 800,06 \text{ V}$$

- dla obwodu 17 modułów:

$$U_{sc} = 17 \times 41,67 = 708,39 \text{ V}$$

$$U_n \geq 850,07 \text{ V}$$

- dla obwodu 14 modułów:

$$U_{sc} = 14 \times 41,67 = 583,38 \text{ V}$$

$$U_n \geq 700,06 \text{ V}$$

Przyjmuje się po stronie DC zabezpieczenie 15A o napięciu znamionowym co najmniej 1000 V.

## 5.2. Strona zmiennoprądowa AC

Z uwagi na wytyczne odnośnie montażu mikro-instalacji projektowane zostają dwa urządzenia łączeniowe w postaci wyłącznika nadprądowego oraz stycznika. Na podstawie wartości obciążenia wyjściowego inwertera o mocy 20,0 kW,  $I_{sc} = 18,0$ A dobrano zabezpieczenie nadprądowe:

$$1,13 \cdot I_{sc} \leq I_N \leq 1,45 \cdot I_{sc}$$

$$1,13 \cdot 18,0 \leq I_N \leq 1,45 \cdot 18,0$$

$$20,34 \leq I_N \leq 26,1$$

$$I_N = 25 \text{ [A]}$$

Instalacja zostanie podłączona do głównej rozdzielnicy zasilającej obiekt.

### 5.3. Ochrona przepięciowa instalacji

Do ochrony przepięciowej projektuje się ochronnik przepięciowy po stronie DC typu T1+T2 (kombinowany) montowany w szafie rozdzielczej instalacji fotowoltaicznej przy inwerterze ochronnik również typu T1+T2 (kombinowany).

Ochrona przeciwprzepięciowa - ograniczniki przepięć SPD typ T1+T2 dla 19 paneli w rzędzie:

$$U_c \geq 1,2 \cdot U_{oc} \cdot stc$$

$$U_c \geq 1,2 \cdot 41,67 \cdot 19$$

$$U_n \geq 950,07 \text{ V}$$

Ochrona przeciwprzepięciowa - ograniczniki przepięć SPD typ T1+T2 dla 17 paneli w rzędzie:

$$U_c \geq 1,2 \cdot U_{oc} \cdot stc$$

$$U_c \geq 1,2 \cdot 41,67 \cdot 17$$

$$U_n \geq 850,07 \text{ V}$$

Ochrona przeciwprzepięciowa - ograniczniki przepięć SPD typ T1+T2 dla 16 paneli w rzędzie:

$$U_c \geq 1,2 \cdot U_{oc} \cdot stc$$

$$U_c \geq 1,2 \cdot 41,67 \cdot 16$$

$$U_n \geq 800,06 \text{ V}$$

Ochrona przeciwprzepięciowa - ograniczniki przepięć SPD typ T1+T2 dla 14 paneli w rzędzie:

$$U_c \geq 1,2 \cdot U_{oc} \cdot stc$$

$$U_c \geq 1,2 \cdot 41,67 \cdot 14$$

$$U_n \geq 700,05 \text{ V}$$

**W razie konieczności przed przystąpieniem do montażu instalacji fotowoltaicznej użytkownik zapewni możliwość przyłączenia, poprzez budowę lub przebudowę rozdzielnicy głównej, aby zapewnić miejsce na zabezpieczenie przewodów i przyłączenie instalacji oraz wykona zabezpieczenie przeciwprzepięciowe.**



## 5.4. Ochrona przeciwporażeniowa

Zgodnie z normą PN-HD 60364 należy zastosować następujące środki ochrony:

- ochrona podstawowa – izolacje przewodów, obudowy ochronne urządzeń i aparatów elektrycznych chroniące przed dotykiem bezpośrednim.
- ochrona podstawowa – obudowy w II klasie ochrony dla rozdzielnic DC
- ochrona dodatkowa – szybkie wyłączenie w sieci TN-S za pomocą wyłączników nadprądowych po stronie AC
- ochrona przed dotykiem bezpośrednim

## 5.5. Ochrona przeciwpożarowa

Ochrona przeciwpożarowa będzie realizowana przez funkcje zabezpieczające falownika, czyli kontrola izolacji DC i prądu upływu. Zaprojektowany falownik posiada wbudowane urządzenie różnicowoprądowe, które monitoruje prądy różnicowe AC i DC w sposób ciągły.

Urządzenie posiada dwa progi: nagły prąd różnicowy  $\geq 30\text{mA}$  oraz wolno rosnący prąd różnicowy  $\geq 300\text{mA}$ , które powodują odłączenie falownika od sieci. Wyzwolenie układu różnicowoprądowego powoduje wyłączenie falownika.

W instalacji zaprojektowano zastosowanie samoczynnego rozłącznika DC DFS-14-W dedykowanego do instalacji fotowoltaicznych o napięciu do 1000 V.

Urządzenie DFS (rozłącznik) automatycznie wyłącza i izoluje przewody DC biegnące pomiędzy modułami PV a falownikiem. Urządzenie odłączy napięcie DC w przypadku gdy zasilanie AC zostanie wyłączone, lub gdy temperatura w module DFS osiągnie 100 °C.

Rozłącznik zapewnia auto restart po powrocie zasilania AC. Wyłączenie zasilania może nastąpić w każdej chwili i z wielu powodów. Urządzenie DFS posiada funkcję automatycznego resetowania. Napięcie DC zostaje automatycznie odizolowane, gdy zasilanie AC zaniknie na dłużej niż 5 sekund i włącza się ponownie po powrocie zasilania AC. Przy każdym wyłączeniu zasilania nie jest konieczny ręczny reset ze względu na wbudowany zasilacz UPS. W przypadku gdy zasilacz UPS będzie rozładowany lub niesprawny, wyłącznik (urządzenie DFS) również automatycznie wyłącza i izoluje przewody DC (odcina zasilanie prądu stałego z paneli PV do falownika).

## **5.6. Ochrona LPS (odgromowa)**

Zakłada się, że wszystkie części instalacji fotowoltaicznej posiadać będą ochronę odgromową. Realizowana ona będzie przez zastosowanie układu zwodów pionowych (iglice kominowe oraz maszty odgromowe aluminiowe z podstawą betonową), obejmującym swoim obszarem ochronnym pole instalacji na dachu budynku. Projektowane zwody poziome niskie należy podłączyć do istniejących zwodów na dachach budynków szkolnych. Dodatkowo inwerter będzie posiadać ochronniki przepięciowe. Do elementów wymagających ochrony, prac antykorozyjne należy wykonać zgodnie z wymaganiami normy PN -71/E-97053, 79/H-97070, 93/E - 04500 oraz N SEP - E - 001. Konstrukcje winny być zabezpieczone antykorozyjnie przez cynkowanie na gorąco.

## **6. Prace końcowe i odbiorowe**

Wykonawca zobowiązany jest do przeprowadzenia pomiarów i testów zgodnie z normami PN-EN 62446:2016 oraz PN-HD 60364-6:2016-07 dla:

- a) instalacji elektrycznej wewnątrz budynku w zakresie odnoszących się do zamontowanej instalacji fotowoltaicznej,
- b) instalacji fotowoltaicznej.

Pomiary i testy muszą być potwierdzone raportami podpisanymi przez uprawnioną osobę posiadającą odpowiednie kwalifikacje.

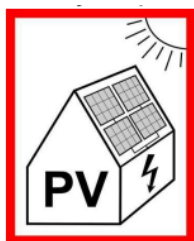
Dla instalacji elektrycznej wymaga się przeprowadzenia badań w zakresie:

- a) ochrony przeciwporażeniowej,
- b) rezystancji izolacji,

Dla instalacji fotowoltaicznej wymaga się wyników pomiaru:

- a) napięcia otwarcia [Voc],
- b) pierwszy odczyt produkcji energii
- c) pomiar rezystancji uziemienia.
- d) rezystancji izolacji kabli DC.

Budynek należy oznakować tablicą informującą o wyposażeniu w instalację fotowoltaiczną wg wzoru j.n. Znak umieszczony będzie w okolicy falownika i wyłącznika DC i przede wszystkim przy przeciwpożarowym wyłączniku prądu budynku. Dodatkowo w każdym punkcie dostępu do części czynnych po stronie DC należy umieścić znak informujący, że urządzenie może być pod napięciem nawet po rozłączeniu.



Znak jak na rysunku powyżej, powinien być umieszczony: w złączu instalacji elektrycznej, w miejscu pomiaru, jeśli jest oddalony od złącza, w jednostce lub tablicy rozdzielczej, do której podłączone jest zasilanie z falownika. Instalację fotowoltaiczną oznakować zgodnie z normą PN-HD-60364-7-712\_2016. O zakończeniu inwestycji Inwestor powiadomi pisemnie Komendanta Powiatowego Państwowej Straży Pożarnej wg obowiązującej w KPPSP procedury.

## **7. UWAGI**

Całość prac powinna być wykonana przez osoby mające uprawnienia w zakresie prowadzenia prac przy instalacjach elektrycznych dla instalacji niskiego napięcia. Prace należy prowadzić zgodnie z obowiązującymi normami i przepisami oraz wytycznymi producentów instalowanych urządzeń. Wszystkie urządzenia i materiały użyte do realizacji projektowanych instalacji muszą być zgodne z obowiązującymi w Polsce normami i przepisami oraz posiadać odpowiednie certyfikaty, atesty i dopuszczenia. Wszelkie odstępstwa od wytycznych zawartych w projekcie należy pisemnie zgłosić Inżynierowi Kontraktu do akceptacji.

## 8. ZESTAWIENIE MATERIAŁÓW PODSTAWOWYCH

| L.p. | Wyszczególnienie   | ilość               |
|------|--|---------------------|
| 1    | Ogniwa monokrystaliczne 340 Wp zgodne ze specyfikacją opisu technicznego | 129 szt.            |
| 2    | Konstrukcja wsporcza do dachów krytych blachą                            | dla 129 szt. paneli |
| 3    | Inwerter 20,0 kW (parametry zgodne ze specyfikacją opisu technicznego)   | 2 kpl.              |
| 4    | Rozdzielnica RPV-1   | 1 kpl.              |
| 5    | Rozdzielnica RPV-2   | 1 kpl.              |
| 6    | Rozdzielnica RAC-1   | 1 kpl.              |
| 7    | Rozdzielnica RAC-2   | 1 kpl.              |
| 8    | Rozdzielnica RGF-1   | 1 kpl.              |

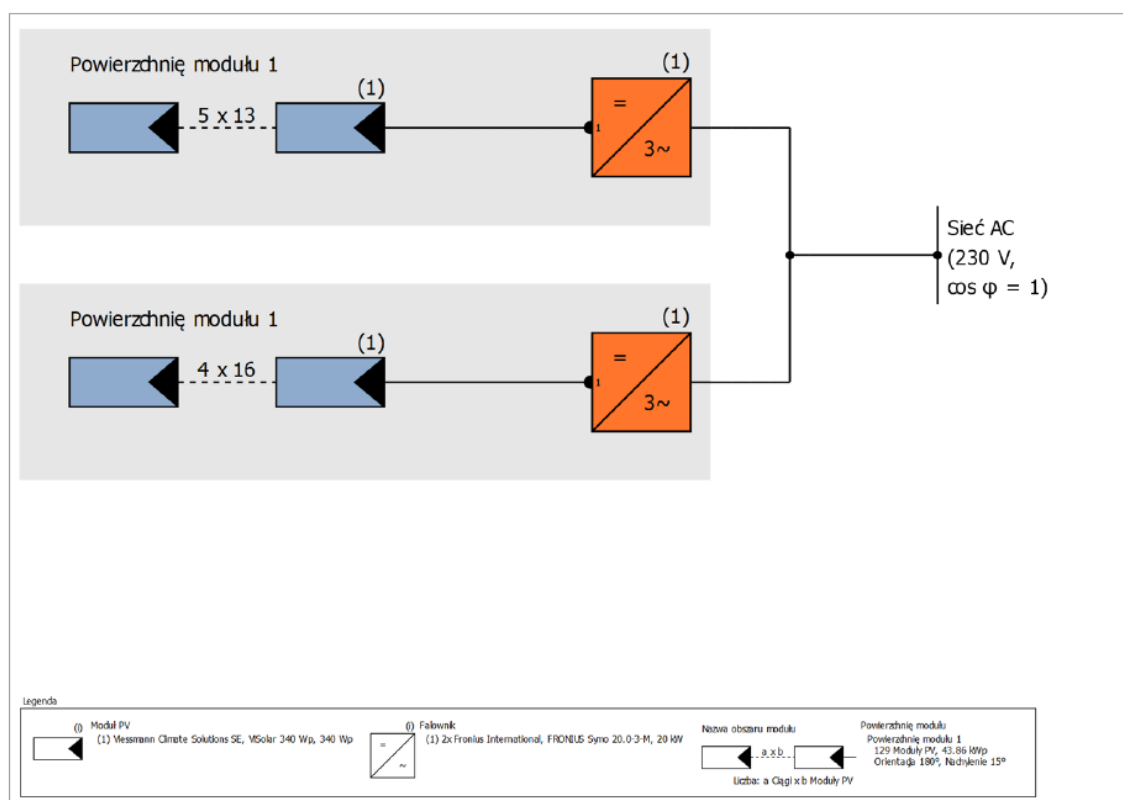
| Nazwa                                       | Długość [m] | Ilość  | --   |
|---|-------------|--------|------|
| Podkładka z tworzywa pod podstawę betonową  |             | 5      | szt. |
| Maszt odgromowy z podstawą metalową 3m      |             | 7      | szt. |
| Złącze uniwersalne 2-elementowe             |             | 12     | szt. |
| Iglica kominowa 2m                          |             | 2      | szt. |
| AL Maszt odgromowy 2,5-metrowy 4P CZ kompl. |             | 5      | szt. |
| Skrzynka kontrolna do elewacji              |             | 8      | szt. |
| Złącze trójkątowe                           |             | 14     | szt. |
| Iglica kominowa 3m                          |             | 1      | szt. |
| Drut odgromowy 10 OG                        | 235,12      | 144,04 | kg   |
| Uchwyt betonowy w tworzywie                 |             | 231    | szt. |

## ZAŁĄCZNIK NR 1. SYMULACJA WIELKOŚCI PRODUKCJI ENERGII ELEKTRYCZNEJ Z INSTALACJI PV

### Instalacja PV

Podłączona do sieci instalacja fotowoltaiczna (PV)

|                            |                           |
|----------------------------|---------------------------|
| Dane klimatyczne           | KIELCE, POL (1991 - 2010) |
| Moc generatora PV          | 43.86 kWp                 |
| Powierzchnia generatora PV | 218.4 m <sup>2</sup>      |
| Liczba modułów PV          | 129                       |
| Liczba falowników          | 2                         |



Ilustracja: Schemat instalacji

### Zysk

|  |                 |
|--|-----------------|
| Energia wyprodukowana przez system PV (sieć AC)      | 43,253 kWh      |
| Energia oddana do sieci                              | 43,253 kWh      |
| Regulacja w punkcie zasilania                        | 0 kWh           |
| Udział konsumpcja własna energii                     | 0.0 %           |
| Udział energii słonecznej w pokryciu zapotrzebowania | 0.0 %           |
| Spec. uzysk roczny                                   | 985.65 kWh/kWp  |
| Stosunek wydajności (PR)                             | 84.6 %          |
| Emisja CO <sub>2</sub> , której dało się uniknąć:    | 20,318 kg / rok |

## **9. SPIS RYSUNKÓW**

Rys. nr E-01. Mapa sytuacyjna – lokalizacja instalacji fotowoltaicznej

Rys. nr E-02. Schemat elektryczny DC inwerter 1 - 20,0 kW

Rys. nr E-03. Schemat elektryczny DC inwerter 2 - 20,0 kW

Rys. nr E-04. Schemat elektryczny RGF-1 - 40,0 kW

Rys. nr E-05. Schemat elektryczny automatyki – 40,0 kW

Rys. nr E-06. Rozmieszczenie instalacji fotowoltaicznej i instalacja odgromowa

Rys. nr E-07. Plan tras kablowych z TG do PV