

## **PROJEKT WYKONAWCZY**

<b>INWESTYCJA:</b>	<b>TERMOMODERNIZACJA BUDYNKU SZKOŁY PODSTAWOWEJ W ZAJĄCZKOWIE</b>
<b>ADRES INWESTYCJI:</b>	Zajączków 86, 26-065 Piekoszków
<b>INWESTOR:</b>	SZKOŁA PODSTAWOWA IM. BOHATERÓW POWSTANIA STYCZNIOWEGO W ZAJĄCZKOWIE Zajączków 86 26-065 Piekoszków, woj. świętokrzyskie
<b>JEDNOSTKA PROJEKTOWA:</b>	DRAWKO Dawid Marcinkiewicz Brynica 97G 26-065 Piekoszków, woj. świętokrzyskie Tel. +48-603-456-267

Opracowanie
<b>PROJEKT INSTALACJI ELEKTRYCZNYCH</b>

FUNKCJA	IMIĘ I NAZWISKO	NR UPR.	BRANŻA	DATA	PODPIS
Projektant:	Mgr inż. Tomasz Warzycki	SWK/0124/ POOE/13	INST. ELEKTRYCZNE	08-2020	

## SPIS TREŚCI

1.	WSTĘP .....	3
1.1.	Przedmiot i zakres opracowania .....	3
1.2.	Podstawa opracowania .....	3
2.	OPIS TECHNICZNY INSTALACJA FOTOWOLTAICZNA.....	4
2.1.	Opis ogólny instalacji .....	4
2.2.	Tabela bilansu mocy .....	4
2.3.	Mocowanie i umiejscowienie modułów .....	4
2.4.	Dobór i połączenie modułów fotowoltaicznych .....	6
2.5.	Dobór inwertera fotowoltaicznego .....	7
2.6.	Połączenia instalacji po stronie AC .....	7
2.7.	Dedykowane rozdzielnice DC .....	8
2.8.	Uziemienia.....	8
2.9.	Instalacja odgromowa .....	8
2.10.	Ochrona przeciwporażeniowa .....	8
2.11.	Ochrona przeciwprzepięciowa .....	9
2.12.	Monitorowanie pracy instalacji fotowoltaicznej .....	9
2.13.	Prowadzenie kabli .....	9
2.14.	Połączenie do sieci elektroenergetycznej .....	9
2.15.	Awaryjne wyłączenie instalacji fotowoltaicznej .....	10
2.16.	Wyłącznik pożarowy.....	10
3.	WYMIANA OŚWIETLENIA.....	10
3.1.	Wymiana opraw oświetleniowych .....	10
3.2.	Przebudowa instalacji zasilającej oprawy .....	10
3.3.	Wymiana łączników oświetleniowych .....	10
4.	OBLICZENIA TECHNICZNE DOBORU KABLI .....	11
4.1.	Dobór zabezpieczenia i kabla .....	11
4.2.	Sprawdzenie doboru zabezpieczenia: .....	11
4.3.	Sprawdzenie doboru kabla:.....	11
4.4.	Sprawdzenie spadku napięcia dla WLZ .....	11
4.5.	Sprawdzenie spadku napięcia dla kabli DC .....	12
5.	CZĘŚĆ RYSUNKOWA.....	12

## **1. WSTĘP**

### **1.1. Przedmiot i zakres opracowania**

Przedmiotem niniejszego opracowania jest projekt wykonawczy wymiany oświetlenia oraz instalacji fotowoltaicznej na budynku szkoły w miejscowości Zajaczków. Zakres opracowania obejmuje:

- dobór instalacji fotowoltaicznej
- posadowienie modułów fotowoltaicznych
- inwerter fotowoltaiczny
- instalację stałoprądową DC
- instalację zmiennoprądową AC i połączenie do instalacji szkoły
- instalację odgromową
- wymianę opraw oświetleniowych

### **1.2. Podstawa opracowania**

Podstawa opracowania niniejszego projektu:

- zlecenie
- podkłady architektoniczne uzyskane z inwentaryzacji
- mapa orientacyjna
- wytyczne uzyskane z audytu energetycznego

Przy wykonaniu opracowania uwzględniono następujące przepisy oraz normy:

- Ustawa, Prawo budowlane (Dz.U. poz.1409 z 2013r. z późniejszymi zmianami),
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2002 w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. poz. 926 z 2013 690 z późniejszymi zmianami),
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 25 kwietnia 2012r w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz. U. z 2012 r. Nr 81, poz. 462)
- Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997r.Prawo energetyczne z późniejszymi zmianami
- Ustawa z dnia 20 lutego 2015r. O odnawialnych źródłach energii wraz z późniejszymi zmianami
- Norma N SEP – E – 004 Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe. Projektowanie i budowa.
- Normy z zakresu PN-IEC-60364 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa
- Norma PN-IEC 60364-5-523 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Obciążalność długotrwała przewodów.
- PN-EN 60439-1:2003+A1:2006 „Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe. Część 1: Zestawy badane w pełnym i niepełnym zakresie badań typu.”;
- PN-EN 62305-1:2008 Ochrona odgromowa – Część 1: Zasady ogólne

- PN-EN 62305-2:2008 Ochrona odgromowa – Część 2: Zarządzanie ryzykiem
- PN-EN 62305-3:2009 Ochrona odgromowa – Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia
- PN-EN 62305-4:2009 Ochrona odgromowa – Część 4: Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach
- Przepisy Budowy Urządzeń Elektrycznych wyd. II. z 1988 r. z późniejszymi zmianami.
- Karty katalogowe i instrukcje zastosowanych urządzeń
- Inne normy i akty prawne

## 2. OPIS TECHNICZNY INSTALACJA FOTOWOLTAICZNA

### 2.1. Opis ogólny instalacji

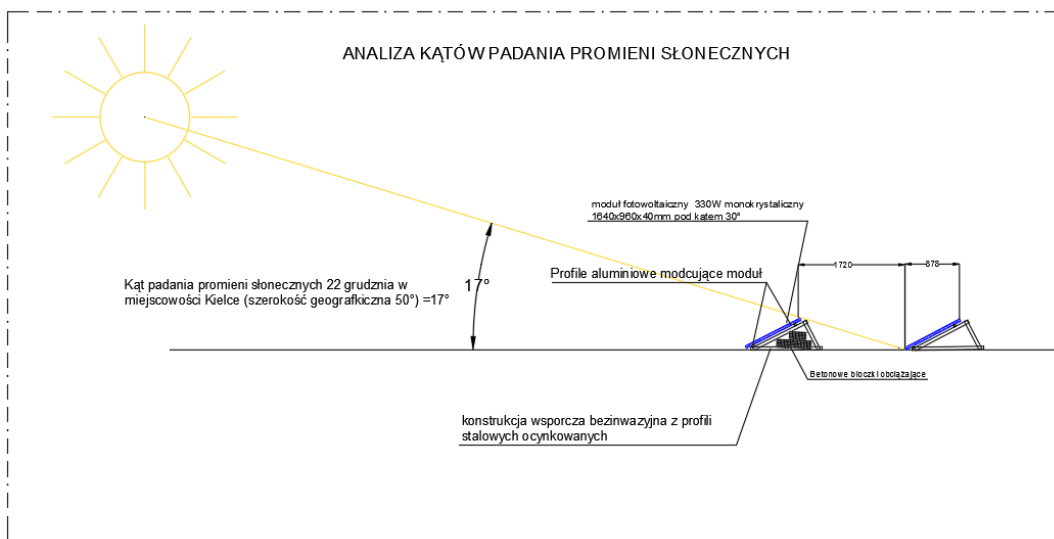
Instalacja fotowoltaiczna będzie się składała z modułów fotowoltaicznych o mocy 330Wp w ilości 46szt. Moduły będą zlokalizowane na dachu szkoły na konstrukcjach systemowych skierowane na stronę południową pod kątem 30st. do pow. dachu. Moduły będą przekształcać energię promieniowania słonecznego na energię elektryczną o prądzie stałym. Energię będzie przekazywana do inwertera fotowoltaicznego i tam przekształcana na energię prądu przemiennego. Wyjście zmiennopądowe inwertera będzie podłączone do instalacji elektrycznej szkoły. Energia wytwarzana w instalacji fotowoltaicznej będzie wykorzystywana na potrzeby szkoły a jej nadmiar będzie przekazywany do sieci elektroenergetycznej. Nadmiar energii przekazany do sieci będzie możliwy do odzyskania w terminie późniejszym w stosunku 1kWh oddana do 0,7kWh pobrane.

### 2.2. Tabela bilansu mocy

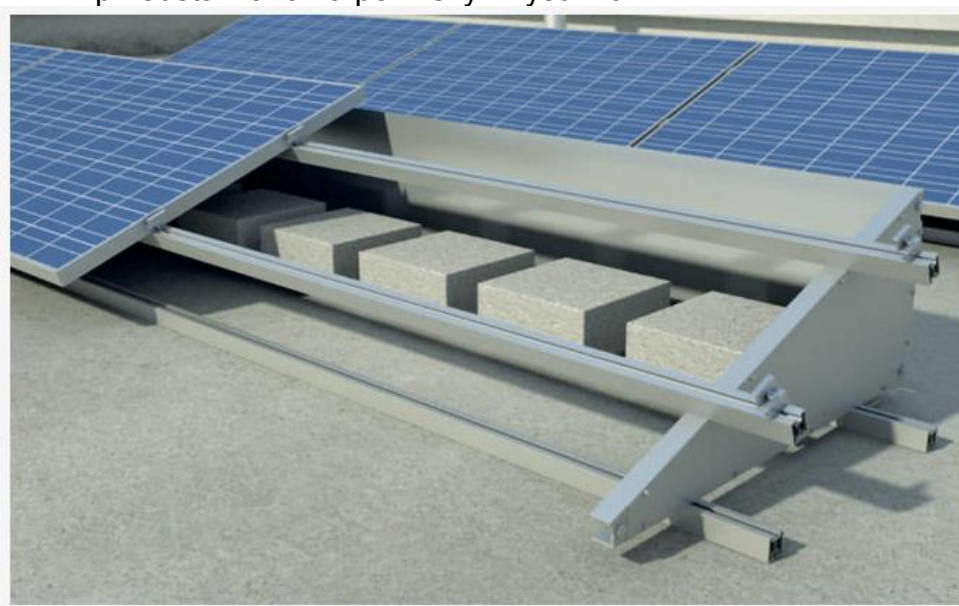
Nr strigu	Liczba paneli w stringu	Moc modułów PV [Wp]	Moc wejściowa DC [kWp]	Stopień wykorzystania inwertera [%]	Moc wyjściowa AC [kW]
1	14	330	4,62	15,4	4,55
2	16	330	5,28	17,6	5,20
3	16	330	5,28	17,6	5,20
Inwerter 1	46		15,18	50,6	14,88
Pwej DC=			15,18	kWp	
Pwyj AC=			14,88	kW	
Liczba modułów=			46	szt	

### 2.3. Mocowanie i umiejscowienie modułów

Moduły fotowoltaiczne należy umieścić na dachu szkoły na konstrukcjach metalowych systemowych mocowanych do dachu. Moduły będą rozmieszczone w rzędach w odległościach 1,75m od siebie dla zminimalizowania efektu zacieniania. Kąt nachylenia dobrano dla optymalnej wysokości słońca na tej szerokości geograficznej. Kąt nachylenia modułów wynosi 30st. od płaszczyzny dachu. Odległości między modułami dobrano dla najgorszego przypadku wysokości słońca tj. dla dnia 22 grudnia kiedy to słońce znajduje się pod kątem 17st o godzinie 12 w południe. Odległość ta wynosi 1,45m i zapewnia maksymalne ograniczenie zacieniania modułów w ciągu całego roku.



Moduły fotowoltaiczne będą umieszczone na konstrukcjach metalowych mocowanych do dachu w sposób bezinwazyjny. Należy zastosować fabryczny system mocujący z dobranym przez dostawcę rodzajem obciążenia (błoczki, piasek, kruszywo). System powinien uwzględniać lokalne warunki klimatyczne oraz konstrukcję dachu do której będzie przytwierdzony. Elementy konstrukcji powinny być ocynkowane ogniowo. Przykładowy system mocowania przedstawiono na poniższym rysunku.



## 2.4. Dobór i połączenie modułów fotowoltaicznych

Dobrano 46szt. modułów fotowoltaicznych monokrystalicznych o następujących parametrach:

Parametry znamionowe modułu 330W		
Parametr	Oznaczenie	Wartość
Technologia	-	Monokrystaliczny
Moc nominalna modułu	Pmpp	330W
Napięcie modułu w punkcie mocy maksymalnej	Vmpp	33,91V
Prąd modułu w punkcie mocy maksymalnej	I <sub>mp</sub>	9,74A
Napięcie obwodu otwartego	Voc	40,84V
Prąd zwarcia	Isc	10,29A
Maksymalne napięcie pracy	U <sub>max</sub>	1000V
Szerokość modułu	S	991mm
Wysokość modułu	H	1678 mm
Waga modułu	m	21,5 kg

Przykładowy wygląd modułu:



Moduły fotowoltaiczne będą połączone szeregowo po 14 szt. i 16 szt. w tzw. łańcuchy.

Połączenia między modułami wykonać za pomocą kabli solarnych 6mm<sup>2</sup> stosując specjalne złączki dostarczone przez producenta paneli. Kable stałoprądowe na dachu prowadzić w korytkach kablowych pełnych z osłoną. Korytka mocować do dachu za pomocą podstaw betonowych przyklejanych.

## 2.5. Dobór inwertera fotowoltaicznego

Poszczególne łańcuchy będą podłączone do inwertera przetwarzającego prąd stały na prąd przemienny o napięciu trójfazowym 3x400V. Dobrano inwerter o mocy 15kW. Inwerter należy zainstalować na ścianie w pomieszczeniu wejściowym do budynku szkoły. Dobrany inwerter może również pracować w środowisku zewnętrznym. Projektowany inwerter wyposażono w wewnętrzne zabezpieczenie nadprądowe i ogranicznik przepięć strony AC oraz rozłącznik oraz ogranicznik przepięć strony DC. Parametry dobranych inwerterów przedstawiono w poniższej tabeli:

<b>Parametry znamionowe inwertera 15kW</b>		
<b>Parametr</b>	<b>Oznaczenie</b>	<b>Wartość</b>
Maksymalna moc wejściowa (DC)	PINmax	16500 W
Minimalne napięcie wejściowe	Vmin	620V
Zakres napięcia MPPT	VMPPT	300-800 V
Maksymalny prąd wejściowy	IINmax	2x19A
Maksymalne napięcie wejściowe	VINmax	1000 V
Moc wyjściowa dla $\cos(\phi) = 1$ (AC)	PAC	15000W
Nominalne napięcie wyjściowe	VAC	3x230/400 V+N+PE
Maksymalny prąd wyjściowy	IOUTmax	27A
Sprawność maksymalna		98,25%
Wymiary falownika (W/H/D)		680/345/170 mm
Waga falownika		22 kg
Stopień ochrony		IP65

## 2.6. Połączenia instalacji po stronie AC

Inwerter będzie podłączony do istniejącej rozdzielniczy głównej niskiego napięcia znajdującej się wewnątrz budynku. Projektuje się połączenie kablem typu YKYżo 5x10mm<sup>2</sup>. W istniejącej rozdzielniczy należy zainstalować wyłącznik nadmiarowoprądowy. Instalacja będzie podłączona równolegle do sieci elektroenergetycznej.

## **2.7. Dedykowane rozdzielnice DC**

Na dachu oraz obok inwertera projektuje się rozdzielnice dedykowane DC. W rozdzielnicach przewidziano rozłączniki i zabezpieczenia obwodów DC, ochronniki na obwodach DC, ochronnik przeciwprzepięciowy w obwodzie AC oraz rozłącznik główny AC. Osprzęt należy zainstalować w dobranych tablicach naściennych. Na dachu stosować tablice o stopniu ochrony IP65.

## **2.8. Uziemienia**

Metalowe konstrukcje modułów fotowoltaicznych należy uziemić. W tym celu na dach należy wyprowadzić przewód uziemiający LgY 1x16mm<sup>2</sup> podłączony do wypustu uziemienia wewnątrz budynku. Uziemieniu podlega również obudowa inwertera oraz punkt PE rozdzielnicy DC. Zaleca się aby nie wykorzystywać do uziemienia piątej żyły ochronnej kabla zasilającego, a uziemienie dodatkowym przewodem z najbliższego punktu uziemienia w budynku. Wartość rezystancji uziemienia zarówno dla instalacji odgromowej jak i ochronnej nie może być większa niż  $R_u < 10\Omega$ . Do uziemienia wymienionych elementów należy wykorzystać istniejący uziom szkoły. Jeśli istniejący uziom nie spełnia wartości zakładanej należy wykonać dodatkowy uziom pionowy. Wartość rezystancji uziemiania należy potwierdzić pomiarem.

## **2.9. Instalacja odgromowa**

Dla ochrony instalacji fotowoltaicznej na dachu projektuje się instalację odgromową w postaci masztów odgromowych o wysokości 2m każdy. Wszystkie moduły znajdują się w strefie ochronnej pochodzącej od masztów. Strefy ochronne wyznaczono za pomocą metody toczonej się kuli przyjmując VI klasę ochrony odgromowej dla której promień kuli wynosi 60m. Maszty będą ustawione na podporach betonowych prefabrykowanych w odległości zapewniającej bezpieczny odstęp izolacyjny  $\text{maszt-konstrukcja} \geq 0,8\text{m}$ . Maszty należy podłączyć do istniejącej siatki zwodów poziomych niskich.

## **2.10. Ochrona przeciwporażeniowa**

Instalacja linii zasilającej do inwertera będzie wykonana w systemie pracy sieci TN-S – sieć 5-przewodowa. Dodatkowo zacisk PE przy inwerterze należy podłączyć bezpośrednio z wypustem uziemienia wykonanym przy każdym punkcie połączeń. Dodatkowa ochrona przeciwporażeniowa zrealizowana jest poprzez szybkie wyłączenie zasilania. Po stronie DC instalacja pracuje z izolowanym punktem potencjału – żaden punkt instalacji nie jest uziemiony. Należy stosować tą samą zasadę ochrony przeciwporażeniowej jak w układzie IT sieci zmiennoprądowej. Układ IT jest bezpiecznym układem zasilania i nie powoduje porażenia w przypadku dotknięcia jednego potencjału. Porażenie może spowodować jedynie dotknięcie dwóch przewodów DC jednocześnie. Po stronie DC dla zapewnienia ochrony przeciwporażeniowej zastosowano izolację ochronną oraz uziemienie konstrukcji.



### **2.11. Ochrona przeciwprzepięciowa**

Ochrona przeciwprzepięciowa będzie zrealizowana za pomocą ochronników przeciwprzepięciowych zainstalowanych na obwodach inwerterów po stronie DC i AC. Ochronniki obwodów DC należy zainstalować w wydzielonych szafkach DC. Ponieważ długość kabli DC pomiędzy modułami fotowoltaicznymi jest większa niż 10m należy zastosować po dwa ochronniki na jednym łańcuchu modułów PV.

### **2.12. Monitorowanie pracy instalacji fotowoltaicznej**

Inwertery należy objąć monitoringiem internetowym. Standardowo należy do tego wykorzystać istniejącą sieć WiFi. Jeżeli inwerter nie będzie znajdować się w zasięgu sieci WiFi należy poprawić zasięg poprzez zabudowanie dodatkowego punktu dostępowego lub połączenie poszczególnych inwerterów przez sieć kablową miedzianą LAN. Połączenie inwertera z siecią internetową umożliwi obsługę aplikacji która powinna zapewniać monitorowanie następujących parametrów instalacji fotowoltaicznej:

- aktualna chwilowa moc wytwarzana przez instalację [kW]
- całkowita energia wytworzona w instalacji [kWh]
- przedstawienie na wykresie wytworzonej energii z podziałem na: wartość chwilową, godziny, dni, miesiące, lata.

### **2.13. Prowadzenie kabli**

Kable DC na dachu prowadzić korytku kablowym pełnym z pokrywą. Korytko będzie posadowione na podstawach betonowych co 2m. Poza korytkiem kable DC na dachu prowadzić w rurkach ochronnych karbowanych odpornych na UV. Wewnątrz budynku kable prowadzić w rurkach natynkowych PCV lub w listwach natynkowych PCV. Przejścia między kondygnacjami przez stropy betonowe należy uszczelnić pożarowo.

### **2.14. Połączenie do sieci elektroenergetycznej**

Przewiduje się przyłączenie mikroinstalacji fotowoltaicznej do sieci dystrybucyjnej w oparciu o procedurę przyłączenia mikroinstalacji. W celu pomiaru energii elektrycznej wprowadzonej do sieci energetycznej Zakład Energetyczny po pisemnym zgłoszeniu instalacji dostarczy i zamontuje nowy lub przeprogramuje na obiekcie licznik na dwukierunkowy. Instalacja fotowoltaiczna zostanie automatycznie rozłączona gdy wykryje zanik sieci elektrycznej. Energia wytwarzana w instalacji fotowoltaicznej będzie wykorzystywana na potrzeby szkoły a jej nadmiar będzie przekazywany do sieci elektroenergetycznej. Nadmiar energii przekazany do sieci będzie możliwy do odzyskania w terminie późniejszym w stosunku 1kWh oddana do 0,7kWh pobrane.

## **2.15. Awaryjne wyłączenie instalacji fotowoltaicznej**

Inwerter fotowoltaiczny będzie posiadał funkcję automatycznego wyłączenia się w przypadku zaniku napięcia sieciowego. Dodatkowo instalację fotowoltaiczną będzie można wyłączyć za pomocą aparatów rozłączających zaprojektowanych w rozdzielnicy głównej, rozdzielnicy DC oraz w samym inwerterze. Instalację DC będzie można odłączyć za pomocą rozłączników zainstalowanych w rozdzielnicy DC.

## **2.16. Wyłącznik pożarowy**

Dla obiektu projektuje się wyłącznik pożarowy PWP. W tym celu przewidziano wymianę rozłącznika głównego szkoły w rozdzielnicy głównej budynku. Jako wyłącznik główny dobrano aparat rozłącznik modułowy 63A z cewką wybijakową nadnapięciową. Cewkę należy zasilić z przełącznika fazowego połączonego przez przycisk głównego PWP. Przycisk PWP projektuje się na zewnątrz budynku przed wejściem głównym. Połączenia między aparatem rozłącznika a przyciskiem PWP projektuje się kablem HDGS 3x1,5mm<sup>2</sup>.

## **3. WYMIANA OŚWIETLENIA**

### **3.1. Wymiana opraw oświetleniowych**

Dla całego obiektu szkoły projektuje się wymianę opraw oświetleniowych na energooszczędne typu LED. W większości przypadków dobrano oprawy zastępujące istniejące źródła w stosunku 1 do 1 jednak dopuszczalna jest zmiana ilości punktów świetlnych ze względu na konieczność spełnienia wymogów normy oświetleniowej. Oprawy dobrano dla poszczególnych pomieszczeń z uwzględnieniem wymagań natężenia światła oraz wymogów eksploatacyjnych.

### **3.2. Przebudowa instalacji zasilającej oprawy**

W przypadku zmiany lokalizacji opraw projektuje się przeniesienie lub skrócenie istniejących obwodów oświetleniowych. W tym celu należy wykonać bruzdy i położyć nowe przewody typu YDY 3x1,5mm<sup>2</sup> lub YDY 4x1,5mm<sup>2</sup>. Po położeniu przewodów bruzdy należy zarobić, a ścianę doprowadzić do poprzedniego wyglądu.

### **3.3. Wymiana łączników oświetleniowych**

Dla całego obiektu projektuje się wymianę łączników oświetleniowych. Przewidziano łączniki podtynkowe pojedyncze, podwójne (świecznikowe) oraz schodowe. Dobrano łączniki o parametrach 250V 10A, IP20. Należy stosować osprzęt o podwyższonym standardzie przeznaczony do montażu ramkowego.

#### 4. OBLICZENIA TECHNICZNE DOBORU KABLI

##### 4.1. Dobór zabezpieczenia i kabla

Jako wewnętrzną linię zasilającą od inwertera do rozdzielnic głównej dobrano kabel YKY 5x10mm<sup>2</sup> i zabezpieczenie Ib=50A B50A. Moc obciążenia 15,18kW. Obciążalność kabla prowadzonego na ścianie (sposób ułożenia E wg normy PN-IEC 60364-5-523) I<sub>dd</sub>=60A  
Współczynnik mocy cos=0,9  
Prąd obliczeniowy:

$$I_{obl} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot \cos\varphi \cdot U_n} = \frac{15,18W}{1,73 \cdot 0,9 \cdot 0,4kV} = 24,37A$$

##### 4.2. Sprawdzenie doboru zabezpieczenia:

$$I_b \geq I_{obl}$$

$$50A \geq 24,37A$$

Warunek spełniony.

##### 4.3. Sprawdzenie doboru kabla:

$$1,45 \cdot I_b \leq 1,45 \cdot I_{dd}$$

$$1,45 \cdot 50 \leq 1,45 \cdot 60$$

$$72,5 \leq 87$$

Warunek spełniony.

##### 4.4. Sprawdzenie spadku napięcia dla WLZ

Moc obciążenia: P=15,18kW

Długość kabla L=10m

Maksymalny spadek napięcia na WLZ 3%

$$\Delta U_{\%} = 100 \cdot \frac{P \cdot L}{\gamma \cdot S \cdot U^2} = 100 \cdot \frac{15,18 \cdot 10}{54 \cdot 10 \cdot 400 \cdot 400} = 0,17\%$$

$$0,17\% \leq 3\%$$

Warunek spełniony

#### 4.5. Sprawdzenie spadku napięcia dla kabli DC

Moc obciążenia największego łańcucha:  $P=5,28\text{kW}$

Długość najdłuższego łańcucha  $L=120\text{m}$

Napięcie DC przy prądzie maksymalnym:  $UDC_{\text{max}}=34\text{V}\cdot 16=544\text{V}$

Maksymalny spadek napięcia na kablach DC: 1%

$$\Delta U_{\%} = 100 \cdot \frac{P \cdot L}{\gamma \cdot S \cdot U^2} = 100 \cdot \frac{5280 \cdot 120}{54 \cdot 6 \cdot 544 \cdot 544} = 0,66\%$$

$$0,66\% \leq 1\%$$

Warunek spełniony dla wszystkich łańcuchów.

### 5. CZĘŚĆ RYSUNKOWA

#### Spis rysunków:

E-01 Rzut dachu – instalacja fotowoltaiczna

E-02 Schemat instalacji fotowoltaicznej

E-03 Rzut piwnicy – wymiana oświetlenia

E-04 Rzut parteru – wymiana oświetlenia

E-05 Rzut I piętra – wymiana oświetlenia

Projektował:

Mgr inż. Tomasz Warzycki

Upr. Nr SWK/0124/POOE/13