



Stanisław Sowiński

ul. Rycerska 2/34

20-552 Lublin

NIP:712-105-39-67

tel.(81) 743-48-83

PROJEKT TECHNICZNO-WYKONAWCZY

ADRES:	<i>Szkoła Podstawowa nr 1 w Radzynie Podlaskim Ul. Jana Pawła II 25 21-300 Radzyń Podlaski dz.nr 578/12</i>
BRANŻA:	<i>elektryczna</i>
TEMAT:	<i>Mikroinstalacja fotowoltaiczna on-grid o mocy 19,35 kWp, zlokalizowana na budynku Szkoły Podstawowej nr 1 w Radzynie Podlaskim – kuchnia</i>
INWESTOR:	<i>Miasto Radzyń Podlaski ul. Warszawska 32 21-300 Radzyń Podlaski</i>
KATEGORIA OBIEKTU BUDOWLANEGO:	IX

PROJEKTANT:	<i>mgr inż. Stanisław Sowiński upr.bud.:2721/Lb/94</i>
ASYSTENT:	<i>inż. Jakub Siedliski</i>

Lublin– listopad 2022r.

Spis zawartości

Spis zawartości	2
1. Podstawa opracowania projektu instalacji fotowoltaicznej	3
2. Cel projektu.....	3
3. Opis działania ogniwa fotowoltaicznego	3
4. Zasilanie i pomiar.....	3
5. Opis wykonania.....	4
6. Ochrona przeciwporażeniowa, ochrona odgromowa.....	10
7. Opis projektowanych zabezpieczeń po stronie DC i AC	10
8. Ochrona przeciwpożarowa.....	11
9. Inne zabezpieczenia	12
10. Oznakowanie instalacji PV	12
11. Inne zabezpieczenia	14
12. Przebieg prac montażowych	14
13. Obliczenia	14
13.2 Obliczenia mocy	15
13.3 Dobór zabezpieczeń DC.....	15
13.4 Obliczenia prądu AC.....	15
13.5 Dobór zabezpieczeń AC.....	15
13.6 Dobór przekroju przewodu DC.....	16
13.6 Dobór przewodu AC	16
14. Wykaz rysunków.....	17

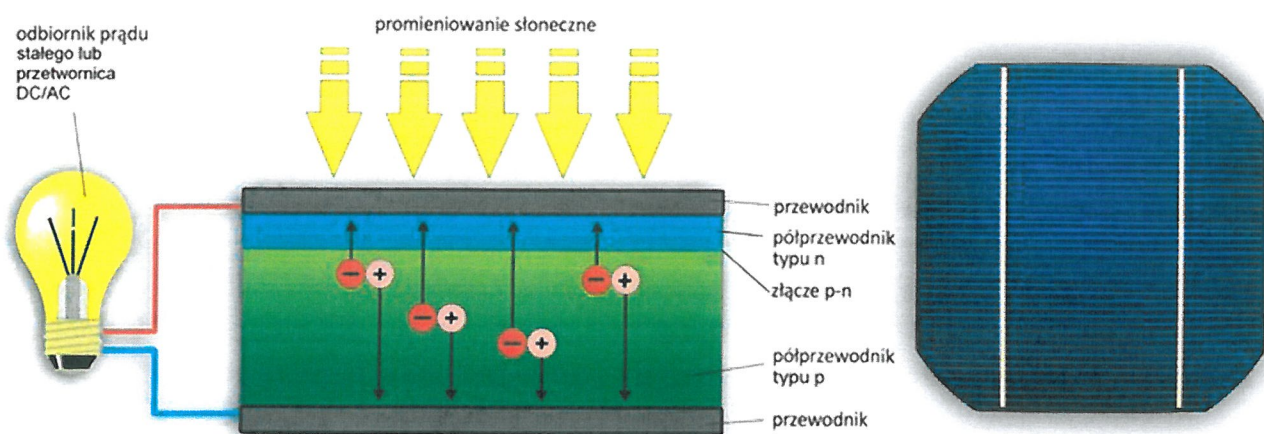
1. Podstawa opracowania projektu instalacji fotowoltaicznej

- Umowa z Inwestorem
- Uzgodnienia z Inwestorem
- Częściowa inwentaryzacja budynku
- Obowiązujące przepisy i normy

2. Cel projektu

Celem jest zaprojektowanie instalacji fotowoltaicznej służącej, zgodnie z art. 4. Dz. U. 2016 poz. 925, do wykorzystania energii elektrycznej na potrzeby własne.

3. Opis działania ogniwa fotowoltaicznego



Ryc. 1. Budowa ogniwa fotowoltaicznego

Ogniwa fotowoltaiczne (fotoogniwa, ogniwa słoneczne), to krzemowe płytki półprzewodnikowe o sprawność około 15-20%, w których znajdują się bariery potencjału (pola elektrycznego), pod postacią złącza p-n (positive-negative). Dzięki złączu p-n możliwe jest przekształcenie energii promieniowania słonecznego w energię elektryczną. Proces ten nazywa się konwersją fotowoltaiczną.

Padające na ogniwo promieniowanie słoneczne (fotony światła) wybija elektrony z ich miejsc w strukturze półprzewodnika, wtedy tworzą się pary nośników o przeciwnych ładunkach. Następnie zostają one rozdzielone przez istniejące na złączu p-n pole elektryczne, co w konsekwencji prowadzi do tego, iż w ogniwie pojawia się napięcie. Podłączone do ogniwa elektrody, powodują przepływ prądu elektrycznego.

4. Zasilanie i pomiar

Zasilanie

Obiekt zasilony jest przyłączem kablowym do złącza kablowo-pomiarowego zlokalizowanego przy zewn. ścianie budynku głównego szkoły i rozdzielnicę główną budynku RG-Kuchnia, do której przewidziano podłączenie instalacji fotowoltaicznej, poprzez rozdzielnicę przyłączeniową RAC i inwerter.

Skrzynkę (rozdzielnicę) RAC i inwerter zlokalizowano w piwnicy kuchni, bezpośrednio pod rozdzielnicą RG-Kuchnia.

Układ pomiarowy i zabezpieczenia główne

Układ pomiarowy i zabezpieczenie przedlicznikowe 3pC40A zlokalizowano w części pomiarowej złącza ZK+P.

Jako zabezpieczenie zalicznikowe instalacji fotowoltaicznej zaprojektowano wyłącznik nadmiarowo-prądowy 3p C40A, zainstalowany w RG-Kuchnia oraz 3p B40A, zainstalowany w RAC.

5. Opis wykonania

Projektowana instalacja fotowoltaiczna usytuowana będzie na dachu budynku głównego szkoły. W skład systemu fotowoltaicznego wchodzić będą moduły fotowoltaiczne o łącznej mocy 19,35 kWp, podłączone do inwertera. Falownik podłączony zostanie do istniejącej rozdzielnicy głównej RG-Kuchnia, w instalacji elektrycznej, w ww. budynku, a wyprodukowana energia wykorzystywana będzie na potrzeby własne budynku, z kolei jej nadmiar oddawany będzie do sieci elektroenergetycznej. W skład projektowanej instalacji fotowoltaicznej, oprócz modułów fotowoltaicznych i inwertera, wchodzi również zabezpieczenia strony DC i AC, które zapewnią odpowiednią ochronę przed przepięciami i przetężeniami wywołanymi czynnikami zewnętrznymi i wewnętrznymi instalacji. Moduły fotowoltaiczne będą zajmowały powierzchnię około 93 m². Ocena możliwości obciążenia konstrukcji dachu instalacją PV nie wchodzi w zakres niniejszego opracowania.

Przeciwpożarowy wyłącznik bezpieczeństwa PWB

Na dachu zaprojektowano przeciwpożarowy wyłącznik bezpieczeństwa PWB, który przeznaczony jest do bezpiecznego i nagłego odcięcia zasilania w instalacjach fotowoltaicznych w przypadku awarii i/lub pożaru. Wyłącznik przystosowany jest do montażu na dwóch stringach. Po wyłączeniu zasilania AC (np. na skutek zadziałania przyciski PWP) PWB wykryje awarię sieci, a po 5 sekundach automatycznie wyłączy przełącznik izolacji, przerywając połączenie prądu stałego między modułami, a falownikiem. PWB resetuje się automatycznie po przywróceniu zasilania AC - wyłącznik połączy obwód bez konieczności ingerencji użytkownika. PWB posiada też automatyczny wyłącznik przy temp. 70st.C.

Wyłączniki należy zamontować w pobliżu paneli fotowoltaicznych. PWB zasilić z RAC przewodem HDGs3x1,5mm² układanym w r.o.

Podstawowe wymagane parametry PWB:

Napięcie na stringach: 300~1500V

Maksymalny prąd przy 1000V: 40A

Maksymalny prąd przy 1200V: 30A

Maksymalny prąd przy 1500V: 20A

Ilość niezależnych stringów: 2 szt.

Nominalne napięcie AC: 230Vac

Zakres napięcia załączenia dla AC: 100Vac-270Vac

Stopień ochrony: IP66.

Instalacja nn AC

Instalacje; od skrzynki przyłączeniowej RAC do inwertera oraz od RAC do rozdzielnic głównej RG-Kuchnia wykonać przewodem YDY 5x10mm² w sztywnych rurach osłonowych. n.u. Należy stosować przewody, aparaty i urządzenia z atestami stosowalności w budownictwie, przewody muszą mieć izolację o napięciu znamionowym 750V.

Do zasilania PWB przewidziano HDGs3x1,5mm² układany w r.o.

Przebieg trasy przewodów pokazano na rys. nr 2-4.

Po ścianie budynku i wewnątrz budynku przewody układać w sztywnych winidurowych n.u.

Instalacja nn-DC

Zaprojektowano kabel solarny 6mm². Moduły fotowoltaiczne należy łączyć przeznaczonym do instalacji kablem solarnym oraz złączkami systemowymi kategorii MC4 lub równoważnymi.

Należy zastosować przewody odporne na UV, ozon, warunki atmosferyczne oraz hydrolizę dla napięcia stałego DC 1000V, w podwójnej izolacji krótkotrwale odporne na bardzo wysoką temp. Izolacja zewnętrzna powinna być odporna na przetarcia i uszkodzenia.

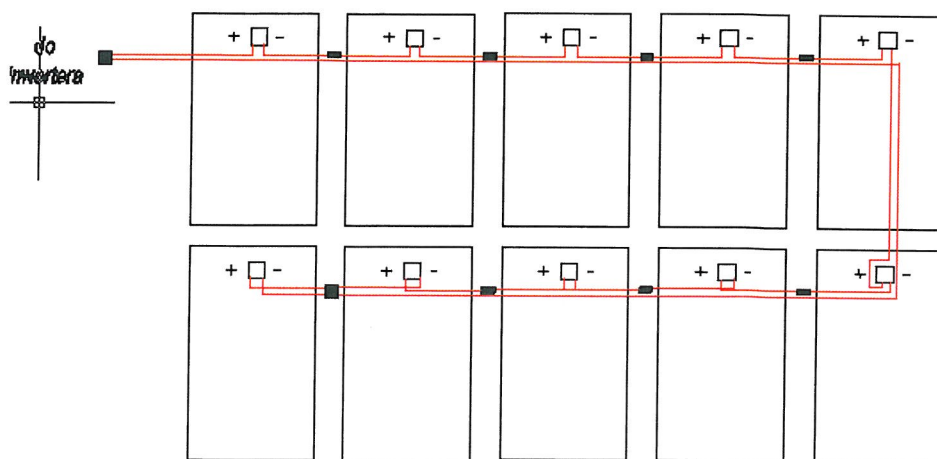
Całość okablowania powinna być prowadzona w elementach montażowych odpornych na działanie promieniowania UV. Luźne odcinki przewodów należy przymocować do konstrukcji wsporczej instalacji przy pomocy opasek kablowych odpornych na promieniowanie UV. Złączki MC4 powinny być zaciskane z odpowiednią siłą na końcówkach przewodów, zgodnie z wytycznymi producenta. Przewody „+” i „-” należy układać w taki sposób, aby nie tworzyły one pętli.

Poza konstrukcjami przewody układać w sztywnych rurach osłonowych lub zamkniętych korytkach kabl.

Korytka (rury) instalować na dachu w sposób bezinwazyjny, np. poprzez mocowanie do konstrukcji wsporczej paneli.

Wewnątrz budynku przewody układać n.u. po ścianie budynku w rurach winidurowych sztywnych.

W pionie (pomiędzy rozdzielnicami RDC1 i RDC2) przewody układać po zewnętrznej ścianie budynku, w rurze osłonowej sztywnej (o kolorze dobranym do elewacji) na uchwytych, zgodnie z zał. rysunkiem.



Rys.2. Przykład prawidłowego podłączenia modułów w łańcuch

Przebieg trasy przewodów pokazano na rys. nr 1 i 2.

Inwerter

Dla instalacji zaprojektowano 3-faz. inwerter, który zlokalizowano w piwnicy kuchni, na ścianie pod RG-Kuchnia.

Zadaniem inwertera jest zamiana prądu stałego, produkowanego przez moduły, na prąd zmienny, zsynchronizowany z siecią energetyczną 3-faz.400V.

W przypadku zaniku napięcia od strony zarządcy sieci automatyka falownika samoczynnie odłączy zasilanie. Przy powrocie napięcia następuje proces synchronizacji z siecią i wznowienie dostaw energii do sieci.

Podstawowe wymagane parametry inwertera:

- napięcie znamionowe AC: 3/N/PE; 230 V / 400 V ,
- min. znamionowa moc czynna AC($\cos\phi=1$) ≥ 25 kW,
- maksymalne napięcie wejściowe: ≥ 900 Vdc
- znam. częstotliwość napięcia :50Hz/230V,
- min. sprawność:98%
- ilość MPPT: ≥ 2 ,
- ilość wejść : ≥ 4 ,
- min. stopień szczelności:IP65
- min. temperaturowy zakres pracy: -40°C do $+60^{\circ}\text{C}$,
- maksymalny pobór mocy (nocą): ≤ 4 W,
- zabezpieczenie przed odwrotną polaryzacją,
- zabezpieczenie przed pracą wyspowa,
- obsługa interfejsów komunikacyjnych : RS485, Ethernet, Wi-Fi.
- gwarancja min. 5 lat.

Rozdzielnica (skrzynka) przyłączeniowa RDC1

Zaprojektowano skrzynkę przyłączeniową RDC1 jako 12 modułową, wykonaną z tworzywa termoutwardzalnego, z przezroczystymi drzwiczkami, II kl. ochr., stopień ochrony IP67, $I_n=63$ A, $U_i=1000$ V, $I_K=08$.

Obudowa skrzynki powinna posiadać właściwą wentylację, odporność na uderzenia mechaniczne oraz jest niepalna.

Skrzynkę przyłączeniową zainstalować na dachu, na kominie.

W skrzynce przyłączeniowej zlokalizowano:

- ochronniki przeciwprzepięciowe DC t.1+2, $I_n=20$ kA, $I_{max}=40$ kA, $U_{cpv}:1200$ Vdc.

Rozdzielnica (skrzynka) przyłączeniowa RDC2

Zaprojektowano skrzynkę przyłączeniową RDC2 wykonaną z tworzywa termoutwardzalnego o szczelności min. IP44. W RDC2 zlokalizowano ograniczniki przepięć DC t.2. oraz rozłącznik bezpiecznikowy z wymiennymi wkładkami topikowymi o charakterystyce gPV. Rozdzielnicę przyłączeniową RDC2 zainstalować na ścianie w pobliżu falownika.

Podstawowe wymagane parametry RDC:

- Obudowa min. 18 modułowa z przezroczystymi drzwiczkami, II kl. ochr., stopień ochrony IP44, $I_n=63$ A, $U_i=1000$ V, $I_K=08$,
- wyposażenie:
- rozłącznik bezp. z wymiennymi wkładkami topikowymi o charakterystyce gPV, montowane na obu biegunach łańcucha,
- ochronniki przeciwprzepięciowe t.2. Wyrównanie potencjałów w ochronie przeciwprzepięciowej

zgodnie z IEC 60364-4-44, zdolność odprowadzania prądu ($8/20\mu s$) na biegun: min.40kA, napięciowy poziom ochrony DC : $U_p \leq 4kV$.

Rozdzielnica (skrzynka) przyłączeniowa RAC

Zaprojektowano skrzynkę przyłączeniową RAC wykonaną z tworzywa termoutwardzalnego.

W rozdzielniczy przyłączeniowej RAC zlokalizowano wyłącznik nadprądowy modułowy typu 3p B40A, wyłącznik różnicowoprądowy 4p 40/0,1A, wyłącznik nadprądowy modułowy typu 1p B6a (do zasilenia PWB) i ograniczniki przepięciowe AC t.2. Rozdzielnicę przyłączeniową AC zainstalować na ścianie w pobliżu falownika . Zasilanie RAC od strony inwertera wykonać przewodem YDY $5 \times 10mm^2$, układanym w sztywnych rurach osłonowych. n.u. lub listwach naściennych.

Podstawowe wymagane parametry RAC:

-Obudowa 24 modułowa z przezroczystymi drzwiczkami, II kl. ochr., stopień ochrony min.

IP44, $I_n=63A$, $U_i=690V$, $I_K=08$, -min. temperaturowy zakres pracy: $-40^\circ C$ do $+80^\circ C$,

-wyposażenie:

- wyłącznik nadprądowy 1p.B6A, $I_{cn}=6kA$
- wyłącznik nadprądowy 3p.B40A, $I_{cn}=6kA$
- ochronniki przeciwprzep.t.1+2 ,
- wyłącznik różnicowoprądowy 4p 40/0,03A.

Rozdzielnica główna RG-Kuchnia

W rozdzielniczy głównej zaprojektowano wyłącznik nadprądowy 3p C40A, z którego należy zasilić RAC.

Moduły fotowoltaiczne

Moduły fotowoltaiczne zaproponowane w instalacji, to moduły wykonane w technologii monokrystalicznej, o mocy min. 450 Wp i sprawności min. 20%. Moduł powinien być pokryty szkłem hartowanym. Komponenty modułu powinny być zamknięte w aluminiowej ramie.

Podstawowe parametry modułu (dla warunków STC):

-moc. min.450Wp (standardowe warunki testu: napromieniowanie $1000 W/m^2$, temperatura ogniw $25^\circ C$ i współczynnik masy powietrza AM 1,5),

-maks. ilość modułów:43szt.,

-sprawność modułu min.20% ,

-wyłącznie dodatnia tolerancja mocy,

-powierzchnia antyrefleksyjna,

-gwarancja mechaniczna– min. 12 lat;

-min. gwarancja wydajności mocy producenta 25 lat: min. 80% mocy znamionowej, gwarancja na moc musi mieć liniową krzywą degradacji mocy w czasie,

-obciążenie statyczne (na obciążenie śniegiem) min.5400Pa,

-odporność na podmuchy wiatrem min.2400Pa,

-napięcie obwodu otwartego $V_{oc} = 41V-50V$

-napięcie optymalne $V_{mp} = 33V-42V$

-maks. prąd obwodu zamkniętego $I_{sc} = 11A-14A$

-waga maks.24,5 kg,

-puszka przyłączeniowa modułu szczelna IP68 .

-temp. pracy: $-40+85st.C$.

Optymalizatory mocy

Zaprojektowano optymalizatory mocy, montowane przy każdym module PV. Działanie optymalizatora mocy polega na szukaniu punktu mocy maksymalnej na poziomie pojedynczego modułu PV. Optymalizator mocy ma za zadanie obciążyć moduł w sposób optymalny, czyli taki, w który w danych warunkach oświetlenia zapewni na wyjściu największą możliwą moc niezależnie do tego, jaki prąd i napięcie generują pozostałe moduły w szeregu.

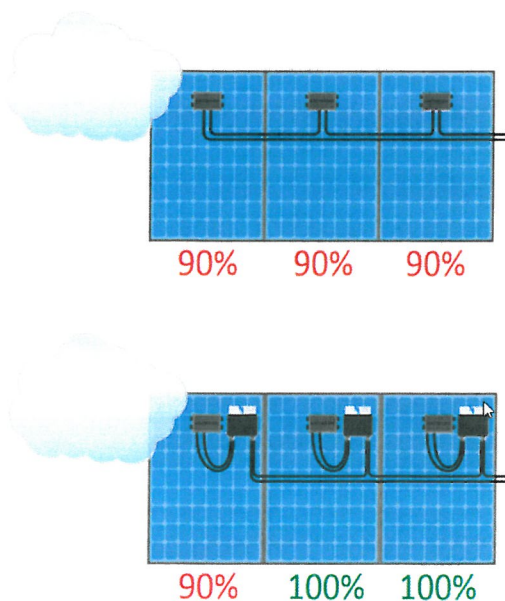
Jeżeli na module PV pojawi się cień zmniejszy się prąd, jaki będzie mógł dany moduł generować. Jeżeli moduł ten jest połączony w szeregu z innymi modułami spadek prądu na zacienionym module może przełożyć się na spadek prądu na całym szeregu modułów lub zostanie on "odcięty" przez diody obojętne.

Ponadto, zastosowane w instalacji optymalizatory (optymizery) mocy umożliwiają automatyczne obniżenie napięcia DC modułów do wartości 1V, za każdym razem, gdy odłączone jest zasilanie AC lub odłączony jest falownik lub gdy nastąpi awaria instalacji, zapewniając bezpieczeństwo podczas konserwacji lub w przypadku pożaru. W takim wypadku napięcie każdego modułu zostaje ograniczone do napięcia bezpiecznego, nie zagrażającemu instalatorom, serwisantom czy ratownikom straży pożarnej.

Podstawowe wymagane parametry optyimizera:

- moc wejściowa min. 450W,
- napięcie systemu: 1000V,
- min. sprawność: 98,5%
- maksymalne napięcie wyjściowe $\geq 80V_{dc}$
- prąd wyjściowy (min.) 15Adc
- prąd zwarcia (min.) 12Adc
- min. temperaturowy zakres pracy: $-40^{\circ}C$ do $+85^{\circ}C$,
- IP68.

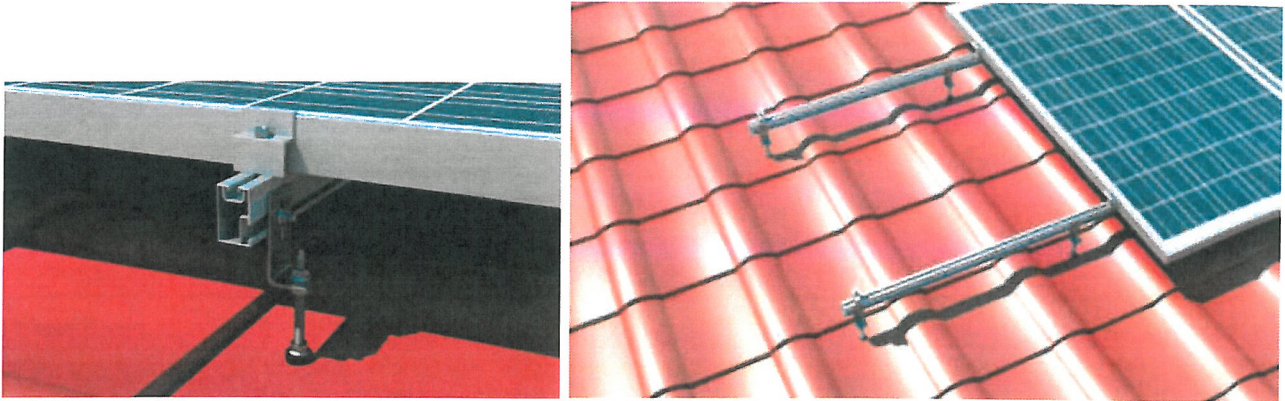
Korzyści wynikające z zastosowania optymalizatora mocy przedstawia poniższy rysunek



*Rys. 3. Przykład działania optymalizatora mocy
Konstrukcja montażowa na dach kryty blachodachówką*

Konstrukcja montażowa na dach kryty blachodachówką składa się z aluminiowo-stalowych uchwytów przykręcanych za pomocą śrub dwugwintowych do krokwi dachu. Do tych uchwytów przykręcane są profile montażowe, do których mocowane są panele.

Pozostałe elementy konstrukcji, takie jak klemy końcowe, śruby i nakrętki, służą do przymocowania modułów fotowoltaicznych do wyżej opisanych profili. Elementy te wykonane są ze stali nierdzewnej. Konstrukcja montażowa powinna być odporna na czynniki atmosferyczne, tj. deszcz, słońce czy śnieg.



Rys 4. Wizualizacja konstrukcji montażowej umiejscowionej na dachu pokrytym blachodachówką

Podłączenie do internetu

Połączenie z internetem przewidziano za pomocą Ethernetu, Wi-Fi lub modułu komunikacyjnego w standardzie RS485.

Moduł komunikacyjny jest urządzeniem przeznaczonym do monitoringu i kierowania pracą systemu PV produkującego energię. Urządzenie to zawiera wszystkie niezbędne wejścia, przetwarza protokoły, zbiera dane i je układa oraz centralnie monitoruje i informuje na temat systemu fotowoltaicznego.

Do połączenia inwertera z serwerem monitoringu (szafa RACK) zaprojektowano kabel UTPw4x2x0,5 kat.6. Lokalizację podłączenia do internetu należy ustalić na etapie wykonawstwa

Instalacja przeciwpzepięciowa i połączeń wyrównawczych

Aby uchronić projektowaną instalację fotowoltaiczną przed przepięciami łączeniowymi oraz pochodzącymi, od wyładowań atmosferycznych bezpośrednich i pośrednich, należy zainstalować ochronniki przepięć typu 1 (lub typu 1+2) w skrzynce przyłączeniowej DC oraz typu 2 w skrzynce przyłączeniowej AC.

Po stronie DC należy zastosować tylko ochronniki przepięć dedykowane do elektrowni fotowoltaicznych.

Na ścianie, w pobliżu inwertera należy zamontować główną szynę uziemiającą GSU.

do szyny przyłączyć:

- szynę PE rozdzielniczy RDC,
- szynę PE rozdzielniczy RAC,
- inwerter,
- konstrukcje paneli fotowoltaicznych,

Do połączenia z GSU zaprojektowano przewody uziemiające : LgY16mm².

Przewody uziemiające należy wyprowadzić do wewnątrz budynku .

GSU uziemić tak, aby rezystancja uziemienia wynosiła $R_u \leq 10 \Omega$.

6. Ochrona przeciwporażeniowa, ochrona odgromowa

Ochrona przeciwporażeniowa

Instalacja AC

Jako system ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym zastosowano „samoczynne wyłączenie zasilania”.

Ochronę przeciwporażeniową w sieci elektrycznej zapewnić w oparciu o wymagania normy PN-HD-60364-4-41 dla istniejącego układu sieciowego (układ sieci – TN-S). Ochrona przeciwporażeniowa przed dotykiem bezpośrednim realizowana jest poprzez zadziałanie wyłącznika różnicowo-prądowego. Ochrona przy uszkodzeniu zapewniona będzie przez samoczynne wyłączenie zasilania, zastosowanie urządzeń w II klasie ochronności oraz uziemione połączenia wyrównawcze. Umieszczenie systemu fotowoltaicznego na dachu na wysokości większej niż 2,5m zapewnia ograniczenie dostępu do części czynnych systemu. W przypadku gdy dostęp na dach budynku mają osoby nieupoważnione, należy wykonać dodatkowe osłony wokół systemu, lub ograniczyć dostęp na dach.

W skrzynce przyłączeniowej dokonać uziemienia punktu PE, tak aby $R_u \leq 10 \Omega$.

Wszystkie skrzynki połączeniowej elektrowni fotowoltaicznej powinny mieć tabliczkę ostrzegawczą informacją, że części czynne wewnątrz skrzynek mogą być wciąż pod napięciem, mimo odłączenia od falowników PV.

Instalacja nn DC

Jako system ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym zastosowano uziemienie ochronne. Wymagana wartość rezystancji uziemienia wynosi: $R_u \leq 10 \Omega$.

7. Opis projektowanych zabezpieczeń po stronie DC i AC

Ograniczniki przepięć

Ograniczniki przepięć przeznaczone są do ochrony instalacji fotowoltaicznych przed przejściowymi przepięciami wywołanymi np. uderzeniem pioruna w linię elektroenergetyczną, bądź w jej obrębie, powodując indukcyjną napięcia w tej linii lub przepięciami powstającymi podczas załączania czy wyłączania nieobciążonej linii elektroenergetycznej. Zjawisko przejściowego przepięcia może spowodować uszkodzenie elementów instalacji elektrycznej w budynku lub instalacji fotowoltaicznej.

Podstawowym zadaniem ograniczników przepięć jest obniżenie przejściowego, nadmiernego napięcia, pojawiającego się w przewodach, w momencie przepięcia. Ograniczniki przepięć dzieli się (zgodnie z PN -61643-11) na na odpowiednie typy: 1(kl. B),2(kl. C) i 3(kl. D).

Typ 1 i 2 (klasa B i C) służy do ochrony instalacji elektrycznej domowej. Ograniczniki te są w stanie obniżyć poziom napięcia kolejno do 2,5 kV i 1,5 kV.

Typ 3(klasa D) służy bezpośrednio do ochrony konkretnych urządzeń, które są czułe na przepięcia. Obniżają napięcie do poziomu 800 V.

Zważając na poziom napięcia, do jakiego poszczególne ograniczniki przepięć są w stanie je obniżyć, urządzenia te powinno stosować się kaskadowo, aby stopniowo obniżały napięcie w przewodach instalacji elektrycznej.

W instalacji fotowoltaicznych stosuje się przede wszystkim ograniczniki przepięć typu 1 i 2 o odpowiednim napięciu znamionowym dla strony AC i DC.

Ogranicznik przepięć składa się z podstawy montowanej do szyny DIN oraz wkładki, która posiada podstawowe elementy budowy ogranicznika przepięć: w przypadku typu 1 - iskiernik, natomiast typu 2 warystor.

Iskiernik zbudowany jest z dwóch elektrod przedzielonych izolatorem w postaci gazu lub cieczy. Urządzenia te posiadają bardzo dużą rezystancję przy znamionowych warunkach pracy i w momencie pojawienia się bardzo dużego potencjału elektrycznego, wywołanego np. przez bezpośrednie uderzenie pioruna, rezystancja iskiernika zmaleje do bardzo niskiego poziomu, powstanie łuk elektryczny pomiędzy elektrodami iskiernika (przewodem fazowym, a przewodem ochronnym) i prąd popłynie do ziemi, zamiast do dalszej części instalacji elektrycznej. Po ustąpieniu zjawiska przepięcia, ponownie pojawi się przerwa pomiędzy elektrodami iskiernika i prąd popłynie swoją prawidłową drogą.

Warystor jest półprzewodnikowym rezystorem o charakterystyce oporności zależnej od napięcia elektrycznego. Podobnie jak iskiernik posiada bardzo duży opór elektryczny w znamionowych warunkach pracy, natomiast w momencie pojawienia się nagłego skoku napięcia jego rezystancja gwałtownie spada i w takiej sytuacji jego działanie jest podobne do iskiernika.

Bardzo istotne jest, aby ograniczniki przepięć podłączone były do instalacji uziemiającej posiadającej bardzo mały opór elektryczny. Pozwoli to prądowi popłynąć do ziemi - zbyt duży opór mógłby spowodować, że prąd popłynie przez instalację elektryczną.

W instalacji fotowoltaicznej zastosowano ograniczniki przepięć typu 2 przeznaczone dla tego typu systemów. Ogranicznik ten przeznaczony jest do pracy z maksymalnym napięciem 1000 VDC. Umieszczone zostaną one w skrzynce przyłączeniowej modułów fotowoltaicznych. W chwili uszkodzenia wkładki ochronnej następuje jej bezpieczne elektryczne oddzielenie. Dzięki zastosowaniu odpowiedniego bezpiecznika, specjalnie przeznaczonego do instalacji PV, w układzie zawierającym wkładki jest możliwa jej wymiana bez przerywania obwodu prądowego i bez powstawania łuku elektrycznego. Konstrukcja łączy ze sobą ochronę przepięciową, ochronę pożarową i ochronę osób.

Wyłącznik nadmiarowo-prądowy po stronie AC

Wyłącznik nadmiarowo-prądowy (nadprądowy) służy do ochrony przed przeciążeniami elektrycznymi. Sytuacja taka następuje w momencie, gdy przez dany element elektryczny przepływa prąd większy niż znamionowy, np. w wyniku podłączenia zbyt dużej liczby odbiorników lub podłączenia odbiornika o zbyt dużej mocy. Zjawisko to powoduje wydzielanie się ciepła, jeśli jest długotrwałe, przez co może być niebezpieczne – może dojść do zwarcia i w konsekwencji pożaru. Wartość wydzielanego ciepła jest proporcjonalna do kwadratu prądu i kwadratu czasu występowania przeciążenia. Ponadto wyłączniki pozwalają na rozłączenie całej instalacji fotowoltaicznej, w analogiczny sposób, jak inne odbiorniki w domu.

W instalacji konieczne jest zastosowanie wyłącznika nadprądowego po stronie AC – za inwerterem, a przed rozdzielnicą w budynku. Znajdować będzie się on w skrzynce przyłączeniowej modułów wraz z ogranicznikami przepięć. Wyłącznik nadprądowy powinien być dopasowany do maksymalnego wyjściowego natężenia prądu falownika przy napięciu skutecznym.

8. Ochrona przeciwpożarowa

Podjęcie działań przez strażaków w płonącym budynku, w pierwszej kolejności wiąże się z wyłączeniem zasilania obiektu. Krok ten ma na celu umożliwienie przeprowadzenia akcji ratowniczej bez ryzyka porażenia prądem strażaków, bądź ofiar pożaru. W przypadku obiektów wyposażonych w instalację fotowoltaiczną, należy wykonać jej przyłączenie w punkcie, którego

zasilanie zostanie odcięte w chwili użycia głównego wyłącznika zasilania budynku. System fotowoltaiczny zareaguje całkowitym wyłączeniem się, w przypadku odcięcia zasilania budynku i tym samym umożliwi przeprowadzenie bezpiecznego gaszenia oraz ewakuowania obiektu.

Ochrona przeciwpożarowa realizowana będzie dwustopniowo:

-po stronie prądu stałego – optymalizatory mocy, umożliwiające automatyczne obniżenie (do bezpiecznego) napięcia DC modułów za każdym razem, gdy odłączone jest zasilanie AC lub odłączony jest falownik, dodatkowo: po stronie prądu stałego zastosowano przeciwpożarowy wyłącznik bezpieczeństwa PWB, odcinający dopływ prądu DC pomiędzy panelami a falownikiem w przypadku zaniku napięcia zasilającego -po stronie prądu przemiennego – główny wyłącznik prądu w budynku z chwilą zadziałania wyłącza również inwerter fotowoltaiczny, wykluczając tym samym możliwość spowodowania zwarcia instalacji elektrycznej czy porażenia osób.

Ochrona przeciwpożarowa została dobrana zgodnie z przepisami ustawy z dnia 24 sierpnia 1991 roku o ochronie przeciwpożarowej. W systemach fotowoltaicznych znajduje się ochrona przeciwpożarowa w zakresie zgodnym z wymaganiami dotyczącymi ochrony przeciwpożarowej dla instalacji elektrycznych.

9. Inne zabezpieczenia

Inwerter zastosowany w instalacji fotowoltaicznej wyposażony jest w urządzenia monitorujące parametry energii elektrycznej. W przypadku odchylenia monitorowanych parametrów częstotliwości i napięcia od parametrów granicznych normy PN-EN 50438, fotowoltaiczne źródło wytwórcze jest natychmiast odłączone od sieci elektroenergetycznej. System fotowoltaiczny pozostaje odłączony do momentu powrotu parametrów do ustawionych limitów.

Wykonanie wszystkich rozwiązań zabezpieczających instalację jest zgodne z obowiązującym prawem i odpowiednimi normami, w tym z polską normą PN-HD 60364 „Instalacje elektryczne niskiego napięcia”.

10. Oznakowanie instalacji PV

Oznakowanie instalacji PV w budynku wykonać zgodnie z normą PN-EN 60364-7-712:

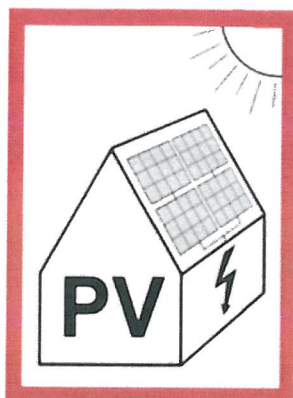
-naklejka z wizerunkiem modułów PV na dachu budynku powinna być umieszczona w miejscu przyłączenia instalacji PV,

-przy liczniku, przy głównym wyłączniku zasilania (przeciwpożarowym wyłączniku prądu).

-wszystkie skrzynki połączeniowej elektrowni fotowoltaicznej powinny mieć tabliczkę ostrzegawczą informacją, że części czynne wewnątrz skrzynek mogą być wciąż pod napięciem, mimo odłączenia od falowników PV.

Opis zastosowanych oznaczeń:

Uwaga instalacja fotowoltaiczna – Naklejka umieszczona przy głównym wyłączniku prądu budynku.



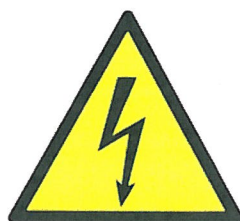
Naklejka umieszczona na obudowie rozdzielnic RAC.

**GŁÓWNY
WYŁĄCZNIK AC
INSTALACJI
FOTOWOLTAICZNEJ**

Naklejka umieszczona na obudowie falownika w widocznym miejscu obok wyłącznika izolacyjnego DC wbudowanego w falownik.

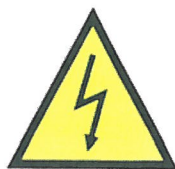
**GŁÓWNY
WYŁĄCZNIK DC
INSTALACJI
FOTOWOLTAICZNEJ**

Naklejka umieszczona na obudowie falownika.



NIE DOTYKAĆ !
URZĄDZENIE ELEKTRYCZNE

Naklejka umieszczona na obudowie rozdzielnic RDC.



UWAGA!

URZĄDZENIE MOŻE BYĆ
POD NAPIĘCIEM NAWET
PO ROZŁĄCZENIU

11. Inne zabezpieczenia

Inwerter zastosowany w instalacji fotowoltaicznej wyposażony jest w urządzenia monitorujące parametry energii elektrycznej. W przypadku odchylenia monitorowanych parametrów częstotliwości i napięcia od parametrów granicznych normy PN-EN 50438, fotowoltaiczne źródło wytórcze jest natychmiast odłączone od sieci elektroenergetycznej. System fotowoltaiczny pozostaje odłączony do momentu powrotu parametrów do ustawionych limitów. **Wykonanie wszystkich rozwiązań zabezpieczających instalację jest zgodne z obowiązującym prawem i odpowiednimi normami, w tym z polską normą PN-HD 60364 „Instalacje elektryczne niskiego napięcia”.**

12. Przebieg prac montażowych

- Montaż konstrukcji nośnej na dachu
- Montaż paneli fotowoltaicznych na dachu
- Uziemienie zestawu modułów fotowoltaicznych ($R < 10 \Omega$)
- Montaż inwertera i zabezpieczeń strony AC oraz DC
- Połączenie modułów z inwerterem
- Ułożenie przewodów DC
- Podłączenie instalacji do rozdzielnic RG-Kuchnia
- Sprawdzenie pracy układu

13. Obliczenia

13.1 Szacowany uzysk energii elektrycznej z instalacji fotowoltaicznej

Uzysk energii elektrycznej wyprodukowanej w instalacji obliczono w następujący sposób:

$$U = \frac{(N_{as} \cdot K) \cdot P_{PV} \cdot WW}{N_{at}}$$

gdzie:

U – uzysk energetyczny z instalacji PV, kWh/rok

N_{as} – nasłonecznienie w pobliżu miejsca występowania instalacji PV, kWh/(m²*rok)

K – współczynnik korygujący wartość nasłonecznienia w zależności od jej ustawienia,

PPV – moc instalacji fotowoltaicznej, kWp

WW – współczynnik wydajności systemu fotowoltaicznego, -

N_{at} – natężenie promieniowania słonecznego, kW/m²

Uwzględniając:

-nasłonecznienie N_{as} wynoszące 900 kWh/(m²*rok)

-współczynnik korygujący K (spadek lub wzrost nasłonecznienia w stosunku do nasłonecznienia na powierzchni horyzontalnej), dla modułów fotowoltaicznych odchylonych o 0 stopni od południa i ich nachylenie równe 30 stopni,

wynoszący 97%

-moc instalacji równą 19,95 kWp.

-współczynnik wydajności (sprawność instalacji) równy 87%, obliczony zgodnie z równaniem:

$$S_{PV} = 1 - (\sum S_P + S_F + S_T + S_{NPS} + S_Z + S_{NPM} + S_D) \cdot 100\%$$

gdzie:

SPV – sprawność instalacji fotowoltaicznej, %

SP – straty na przewodach – ok. 1%

SF – straty falownika – ok. 1,5%

ST – straty temperaturowe – 4-8%

SNPS – straty związane z niskim natężeniem promieniowania słonecznego – 1-3%

SZ – straty związane z zacienieniem, zabrudzeniem, itp. 1-5%

SNP – straty wynikające z niedopasowania prądowego modułów – ok. 1%

SD – straty na diodach bocznikujących – ok. 0,5%

Natężenie promieniowania słonecznego N_{at} w warunkach STC równe 1 kW/m²

uzysk energii elektrycznej wynosi:

$$U = \frac{900 \cdot 0,97 \cdot 19,35 \cdot 0,87}{1} = \text{ok. } 15100 \frac{kWh}{rok}$$

13.2 Obliczenia mocy

Ilość paneli: $L_M=43$

Moc modułu fotowolt.: 450Wp

Moc zainstalowana DC: $43 \times 450Wp = 19,35kWp$

Moc szcz. (AC): $19,35 \times 0,983 = 19,02kW$

13.3 Dobór zabezpieczeń DC

Prąd znamionowy zabezpieczenia powinien spełniać poniższą zależność

$$1,4 \cdot I_{sc} \leq I_n \leq 0,9 \cdot I_{rew} \approx 2,4 \cdot I_{sc}$$

Uwzględniając powyższe:

$$1,4 \cdot 13,85 = 19,4 \leq I_n = 20 \leq 0,9 \cdot 2,4 \cdot 13,85 = 29,9$$

gdzie:

- I_{sc} – znamionowy prąd zwarcia panelu fotowoltaicznego w warunkach STC,

- I_{rew} – maksymalny dopuszczalny prąd wsteczny (rewersyjny) panelu fotowoltaicznego,

- I_n – prąd znamionowy bezpiecznika.

- L_M – liczba paneli fotowoltaicznych w łańcuchu.

Dobrano zabezpieczenie DC : wkładkę bezpiecznikową cylindryczną o prądzie znamionowym 20A, napięciu znamionowym 1000V i charakterystyce gPV

13.4 Obliczenia prądu AC

Wartość prądu obciążenia:

$$I_B = \frac{P_s}{\sqrt{3} \cdot U_N \cdot \cos \varphi} = \frac{19350 \cdot 0,983}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 1} = 27,45A$$

13.5 Dobór zabezpieczeń AC

Dobrano zabezpieczenie : wyłącznik nadprądowy 3p B40A.

13.6 Dobór przekroju przewodu DC

$$S \geq \frac{P_s \cdot l}{U^2 \cdot \gamma \cdot 0,01}$$

$$S \geq \frac{21 \cdot 450 \cdot 2 \cdot 85}{(21 \cdot 41,18)^2 \cdot 54 \cdot 0,01} \geq 3,97 \text{mm}^2$$

Dobrano przewód solarny DC 6mm^2 .

13.7 Dobór przewodu AC

13.7.1 Dobór przekroju przewodu AC

$$S \geq \frac{P_s \cdot l}{U^2 \cdot \gamma \cdot 0,01}$$

$$S \geq \frac{19350 \cdot 0,983 \cdot 6}{400^2 \cdot 54 \cdot 0,01} \geq 1,32 \text{mm}^2$$

Dobrano przewód AC YDY $5 \times 10 \text{mm}^2$.

13.7.2 Sprawdzenie doboru przewodu AC na warunki obciążalności prądowej (wg PN-HD 60364-4-43)

$$\begin{cases} I_B \leq I_n \leq I_Z \\ I_Z \geq \frac{k_2 \cdot I_n}{1,45} \end{cases}$$

$$I_n = 1,25 \cdot I_B = 1,25 \cdot 27,45 = 34,31 \text{A} \rightarrow I_n = 40 \text{A}$$

$$I_Z \geq \frac{1,45 \cdot I_n}{1,45} = \frac{1,45 \cdot 40}{1,45} = 40 \text{A}$$

Dla sposobu ułożenia B2 (przewód wielożyłowy ułożony w rurze na ścianie z materiału izolującego cieplnie) $I_Z = 50 \text{A}$ dla przewodu 10mm^2 .

$$34,31 \text{A} < 40 \text{A} < 50 \text{A}$$

Warunek został spełniony.

14. Wykaz rysunków

Rys.1 Plan sytuacyjny

Rys.2 Rzut dachu budynku szkoły –plan instalacji fotowoltaicznej

Rys.3 Rzut parteru budynku szkoły –plan instalacji fotowoltaicznej

Rys.4 Rzut piwnicy kuchni w budynku szkoły –plan instalacji fotowoltaicznej

Rys.5 Schemat zasilania

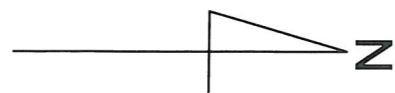
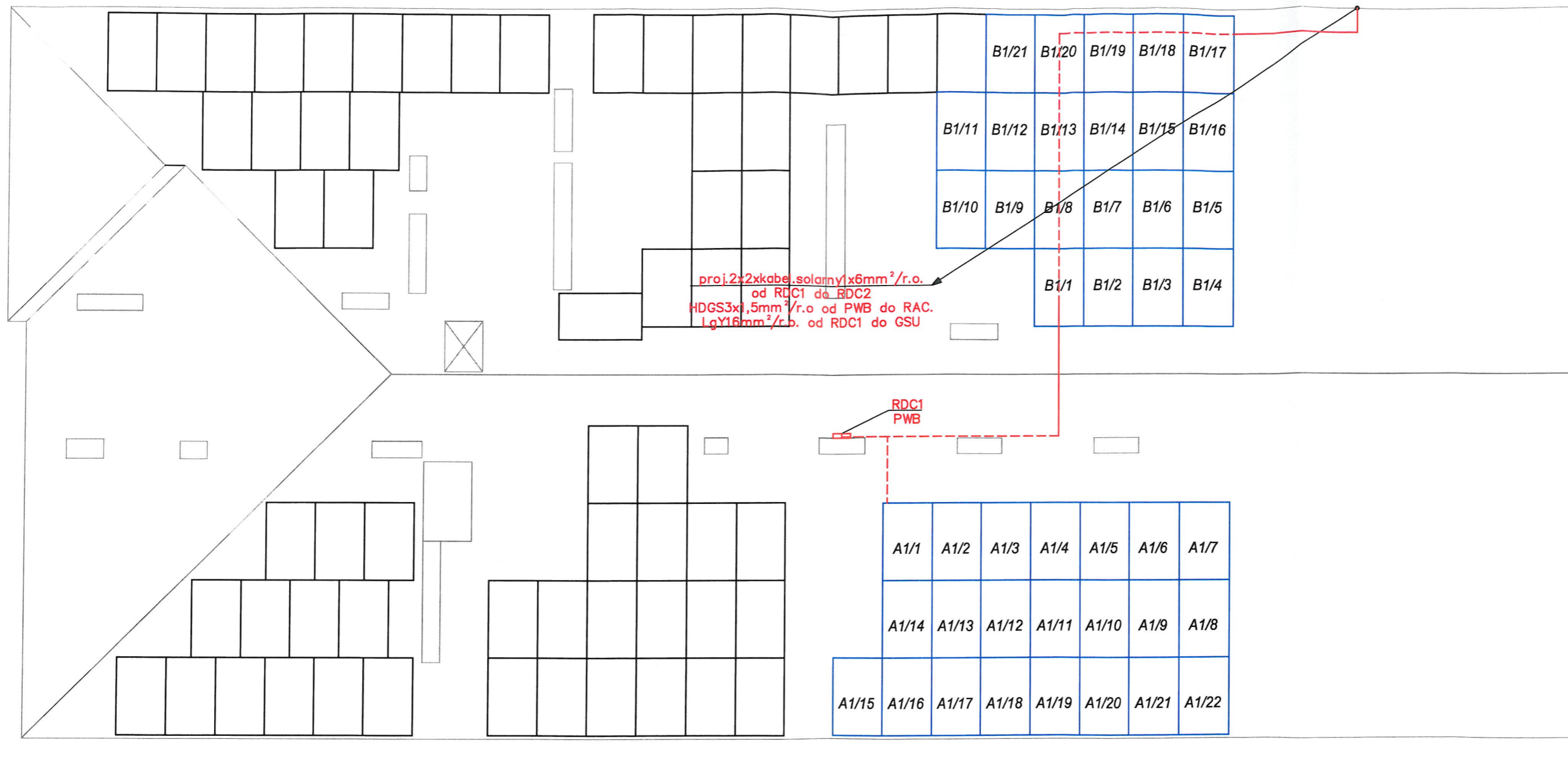


PV 450W-43szt
na dachu 2-spad. bud. szkoły
-pokrycie blachodachówka

proj.2x2xkabel.solarny1x6mm³/r.o. od RDC1 do RDC2
HDGS3x1,5mm³/r.o. od PWB do RAC
+1xLgY16mm³/r.o. od RDC1 do GSU

istn. ZK2RL2+2L00+4P nr 55/10/2

Obiekt: Instalacja PV na dachu Szkoły Podstawowej nr 1 w m. Radzyn Podlaski na dz. nr 578/12	Inwestor: Miasto Radzyn Podlaski ul. Warszawska 32 21-300 Radzyn Podlaski	Skala: -
Tytuł: Plan sytuacyjny	Projektant: mgr inż. Stanisław Sowiński upr. bud. 2721/Lb/94 Asystent: inż. Jakub Siedliski	Data: 1.1.2022 Nr rys.: 1



LEGENDA SYMBOLI I OZNACZEŃ:

--- - proj. trasa głównych ciągów kablowych DC
A1/1 - nr panelu w stringu

- proj. panel fotowoltaiczny + optymalizator

PWB - przeciwpożarowy wyłącznik bezpieczeństwa
 RDC1 - rozdzielnica DC na dachu

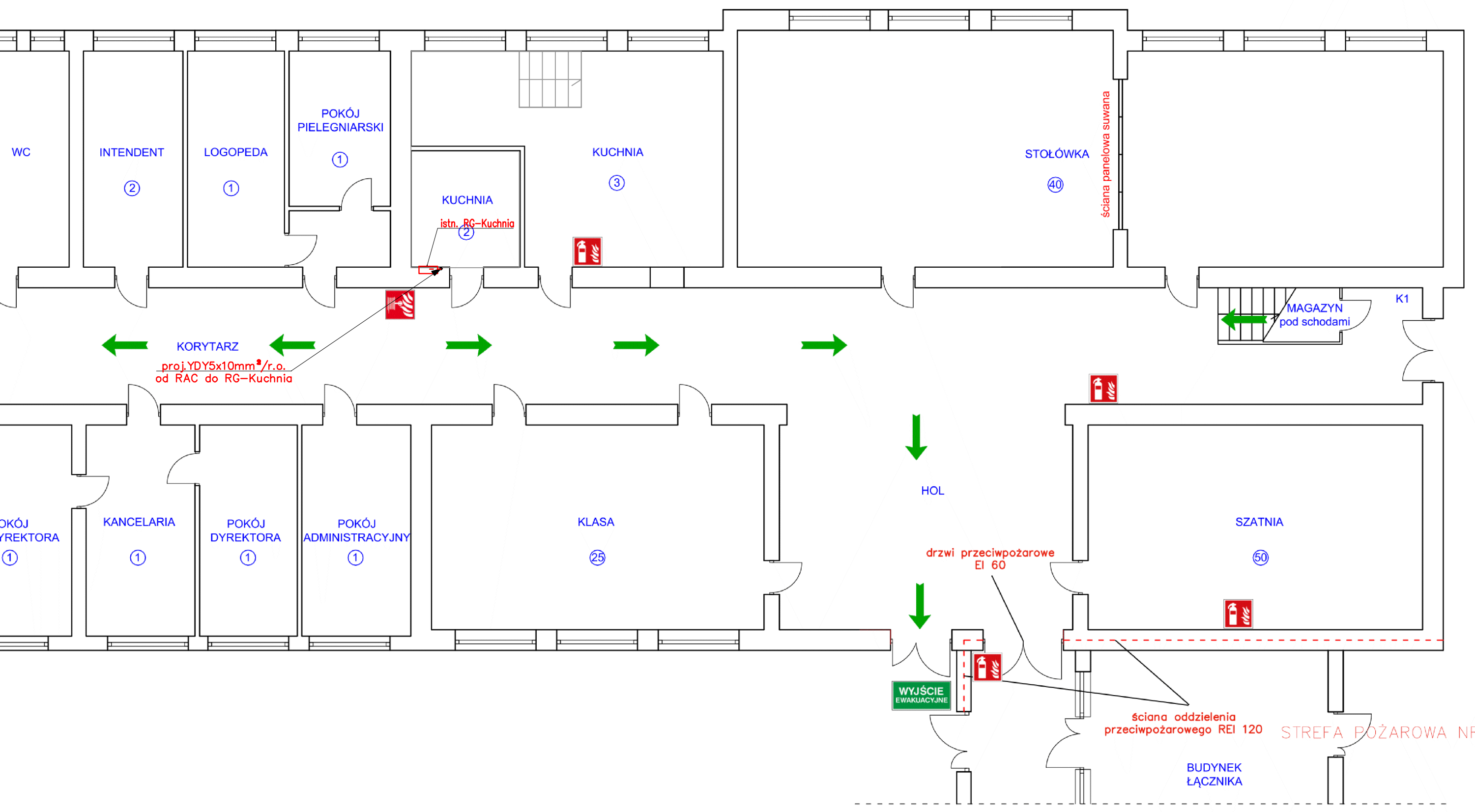
- panel fotowoltaiczny wg odrębnego opracowania

RZECZOZNAWCA d/s ZABEZPIECZEŃ PRZECIWOŻAROWYCH

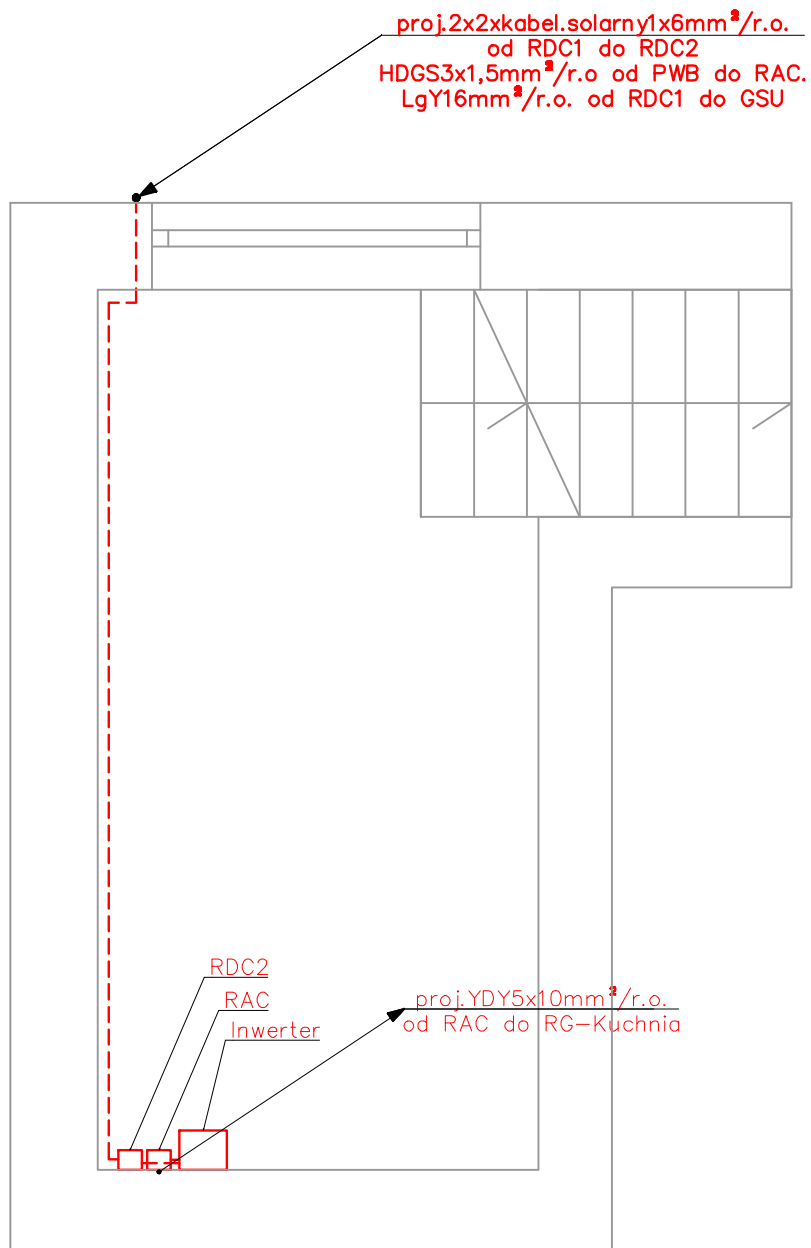
mgr inż. Piotr Jabłoński nr upr. 599/2014
 Łódź dnia 06.12.2022

Zgodność projektu z wymaganiami ochrony przeciwpożarowej stwierdzam bez uwag z uwagami:

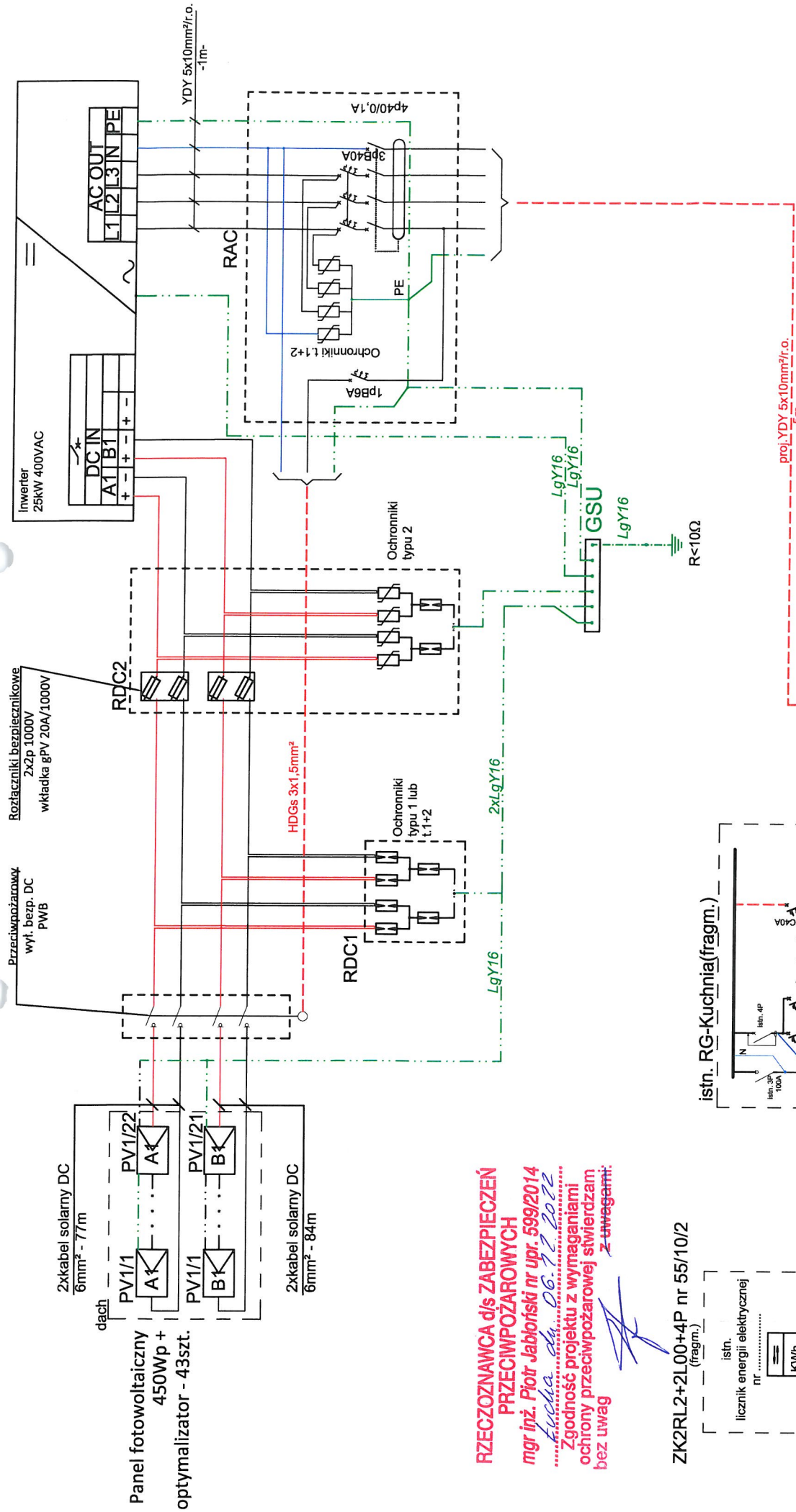
Obiekt: Instalacja PV na dachu Szkoły Podstawowej nr 1 w m. Radzyn Podlaski na dz. nr 578/12	Inwestor: Miasto Radzyn Podlaski ul. Warszawska 32 21-300 Radzyn Podlaski	Skala: 1:100
Tytuł: Rzut dachu (fragm.) -plan instalacji fotowoltaicznej	Projektant: mgr inż. Stanisław Sowiński upr. bud. 2721/Lb/94	Data: 11.2022 Nr rys.: 2
Asystent: inż. Jakub Siedliski		



Obiekt: Instalacja PV na dachu Szkoły Podstawowej nr 1 w m. Radzyn Podlaski na dz. nr 578/12	Inwestor: Miasto Radzyn Podlaski ul. Warszawska 32 21-300 Radzyn Podlaski	Skala: 1:100
Tytuł: Rzut parteru budynku SP1 -plan instalacji fotowoltaicznej	Projektant: mgr inż. Stanisław Sowiński upr. bud. 2721/Lb/94	Data: 11.2022
	Asystent: inż. Jakub Siedliski	Nr rys.: 3



Obiekt: Instalacja PV na dachu Szkoły Podstawowej nr 1 w m. Radzyń Podlaski na dz. nr 578/12	Inwestor: Miasto Radzyń Podlaski ul. Warszawska 32 21-300 Radzyń Podlaski	Skala: 1:50
Tytuł: Rzut piwnicy kuchni w budynku SP1 -plan instalacji fotowoltaicznej	Projektant: mgr inż. Stanisław Sowiński upr. bud. 2721/Lb/94	Data: 11.2022
	Asystent: inż. Jakub Siedliski	Nr rys.: 4



2xkabel solarny DC
6mm² - 77m

Panel fotowoltaiczny
450Wp +
optimalizator - 43szt.

2xkabel solarny DC
6mm² - 84m

Przeciwpowozarowy
wył. bezp. DC
PWB

Rozlaczniki bezpiecznikowe
2x2p 1000V
wkładka gPV 20A/1000V

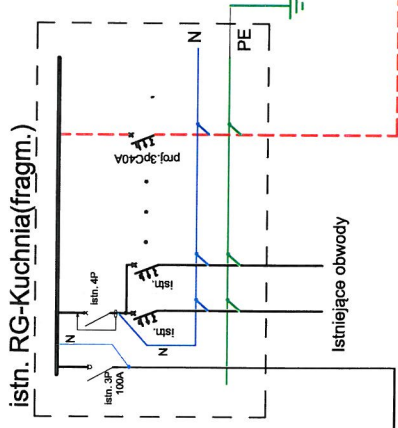
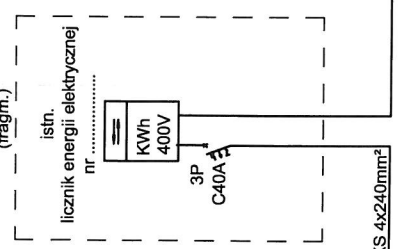
**RZECZOZNAWCA d/s ZABEZPIECZEŃ
PRZECIWPWOZAROWYCH**

mgr inż. Piotr Jabłoński nr upr. 599/2014

Fucha dn. 06.11.2022
Zgodność projektu z wymaganiami
ochrony przeciwpowozarowej stwierdzam
bez uwag

[Signature]

ZK2RL2+2L00+4P nr 55/10/2



Obiekt: Instalacja PV na dachu Szkoły Podstawowej nr 1 w m. Radzyn Podlaski na dz. nr 578/12	Inwestor: Miasto Radzyn Podlaski ul. Warszawska 32 21-300 Radzyn Podlaski	Skala: -
Tytuł: Schemat zasilania	Projektant: mgr inż. Stanisław Sowiński upr. bud. 2721/Lb/94	Data: 11.2022
	Asystent: inż. Jakub Siedliski	Nr rys.: 5

15. Zestawienie podstawowych materiałów SP1 - kuchnia
15.1 Instalacja nn-AC

Lp.	Wyszczególnienie 2	Oznaczenie, typ 3	Nr katalogu norm	im	ilość	uwagi 7
1	Przewód	YDY5x10mm2	4	5	6	
2	Przewód	LgY16mm2		m	7	
3	Przewód	HDGs3x1,5mm2		m	52	zielono-żółty, wg potrzeb
4	Inwerter DC/AC 3-faz.400V	25kW		m	37	wg potrzeb
5	Moduł komunikacyjny			szt	1	
6	Rozdzielnica ścienna	24mod.63A, 690V,IP44		szt	1	do połączenia instalacji z internetem
7	Ochronnik przeciwprzep.	AC t.1+2	RAC	kpl	1	wg opisu i schematu
8	Wyłącznik nadprądowy	3pB40A		kpl	1	
9	Wyłącznik nadprądowy	3pC40A		szt	1	
10	Wyłącznik nadprądowy	1pB6A		szt	1	
11	Wyłącznik różnicowoprądowy	4p40/0,1A		szt	1	
12	Szyna ekwipotencjalna		GSU	szt	1	
13	Bednarka	FeZn25x4		m	4	wg potrzeb
14	Pręt stalowy oc.	18mm/6m		szt	4	wg potrzeb
15	Śruba oc.+N+PO+PS	M10x25		szt	8	
16	Rura elektroinst. sztywna	Ø37		m	7	k. biały
17	Kolanko rury (sztywne)	do Ø37		szt		wg potrzeb
18	Uchwyt rury	do Ø37		szt	14	wg potrzeb
19	Rura elektroinst. sztywna	Ø16		m	24	k. biały, odporna na UV
20	Kolanko rury (sztywne)	do Ø16		szt		wg potrzeb
21	Uchwyt rury	do Ø16		szt	50	wg potrzeb
22	Końcówka kablowa	Cu16mm2		szt	86	wg potrzeb
23	Śruba oc.	M8x20		szt.	86	wg potrzeb

15.2 Instalacja fotowoltaiczna-DC i teleinform.

24	Przewód solarny	1000V 6 mm2		m	165	wg potrzeb
25	Panel fotowoltaiczny	monokryst. min.450W		szt	43	
26	Optymalizator mocy	450W		szt	43	
27	Rozdzielnica naścienna	12mod., 1000V, IP67	RDC1	kpl	1	wg opisu i schematu
28	Rozdzielnica naścienna	18mod., 1000V, IP44	RDC2	kpl	1	wg opisu i schematu
29	Podstawa rozłączalna do wkładek cylindrycznych	10x38 2p(podwójna),		kpl	2	wg opisu i schematu
30	Wkładka bezpiecznikowa	20A gPV,1000V 10x38mm		szt	4	
31	Ochronnik przeciwprzep.	DC t.1+2		kpl	2	
32	Ochronnik przeciwprzep.	DC t.2		kpl	2	
33	Złączka	MC4		kpl	40	wg potrzeb
34	Przeciwpożarowy wyłącznik bezpieczeństwa	1000V,40A, IP67		kpl	1	
35	Rura elektroinst.sztywna k. biały	Ø47		m	25	k. biały, odporna na UV
36	Kolanko rury	do Ø47		szt	25	wg potrzeb
37	Uchwyt rury	do Ø47		szt	50	wg potrzeb
38	Korytka kablowe perforowane z pokrywą	50x30mm		m	20	wg potrzeb
39	Przegroda do koryta kablowego	30mm		m	12	wg potrzeb
40	Uchwyt dachowy do koryta kabl.			szt	40	wg potrzeb
41	Konstrukcja pod panele na blachodachówkę	dla 43 mod.		kpl	43	
42	Elementy montażowe			kpl	1	
43	Skrętka	UTP 4x2x0,5		m	50	wg potrzeb