

**Wykonanie oceny technicznej i ekonomicznej możliwości montażu instalacji
fotowoltaicznych (PV) na wybranych budynkach użyteczności publicznej
w Piekarach Śląskich**

Obiekt:

**Powiatowy Urząd Pracy
Piekary Śląskie, ul. Popiełuszki 14**



Opracował:

Jacek Gretszel

Nadzór: branża elektryczna:

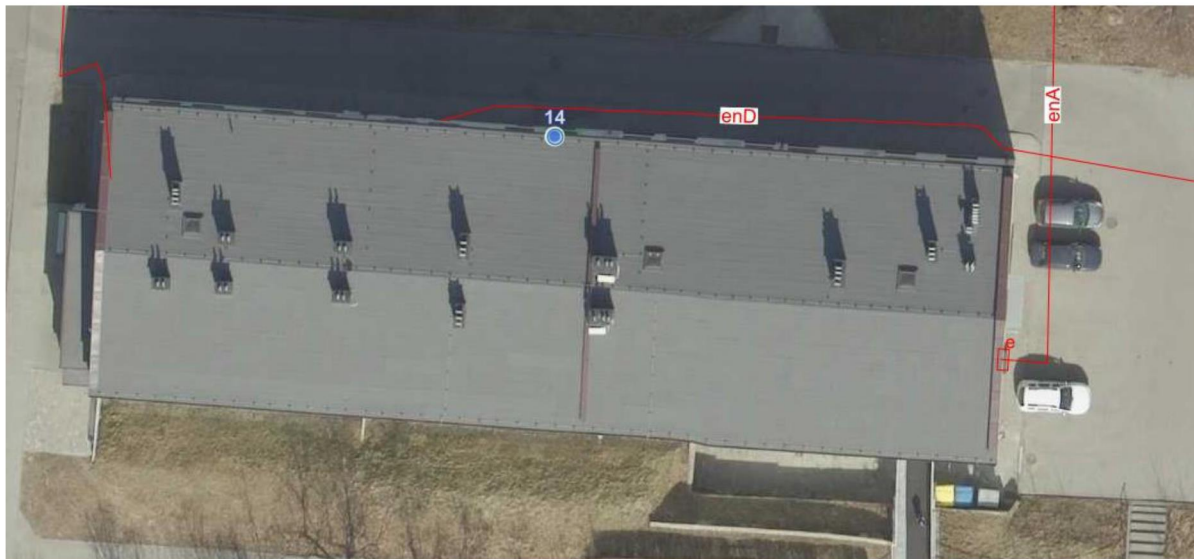
Nadzór: branża budowlana:

Spis treści

1. Opis budynku.....	3
2. Istniejąca instalacja elektryczna	6
3. Propozycje zmian w instalacji elektrycznej.....	10
4. Koncepcja wykonania instalacji fotowoltaicznej na potrzeby obiektu.	11
5. Dobór okablowania i zabezpieczeń	20
6. Opinia techniczna dotycząca możliwości zainstalowania modułów fotowoltaicznych	22
7. Akty prawne i normy stanowiące podstawę opracowania:	25
8. Wyceny szacunkowe	27

1. Opis budynku

Obiekt Powiatowego Urzędu Pracy zlokalizowany jest w Piekarach Śląskich, przy ulicy Popiełuszki 14 na działkach 2279/81



Jest to obiekt wolnostojący trójkondygnacyjny o wysokości ok 8 m

Dach nowy, dwuspadowy, drewniany o konstrukcji dźwigarowo – kratowej. Bez termoizolacji.

Wymiary połaci dachowej: 51,5 x 16,70 m. Nachylenie połaci dachu 12° w kierunkach południowym i północnym.

Na dachu szereg kominów.

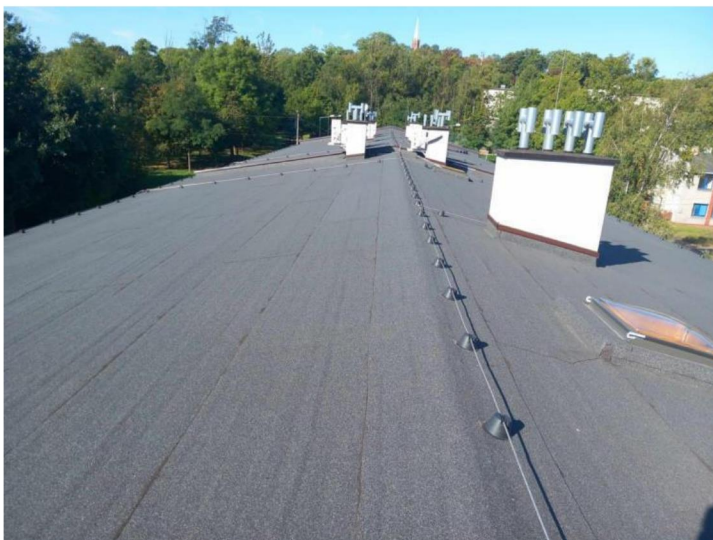
Dach posiada ogniomury od strony wschodniej i zachodniej, a także mniej więcej w połowie dachu.

Konstrukcja wsporcza – krokwie o wymiarach 6 x 23 cm, rozstaw zmienny – nawet co 136 cm.

Krokwie solidnie podparte kratownicami.

Budynek posiada instalację odgromową.

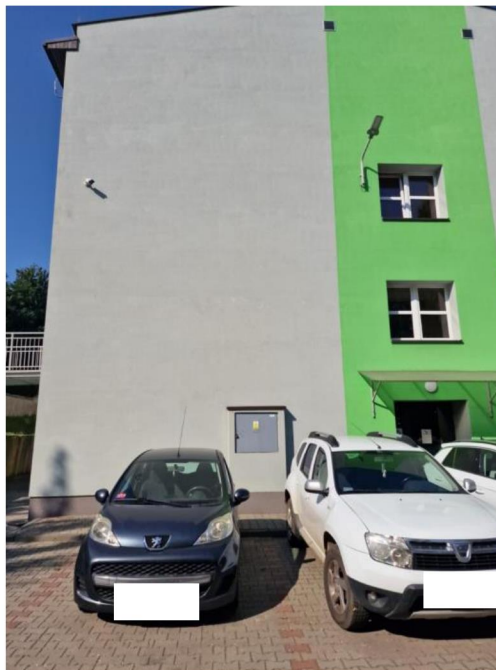






2. Istniejąca instalacja elektryczna

Budynek Powiatowego Urzędu Pracy posiada przyłącza energetyczne zlokalizowane na wschodniej ścianie obiektu od strony parkingu, po lewej stronie drzwi wejściowych.

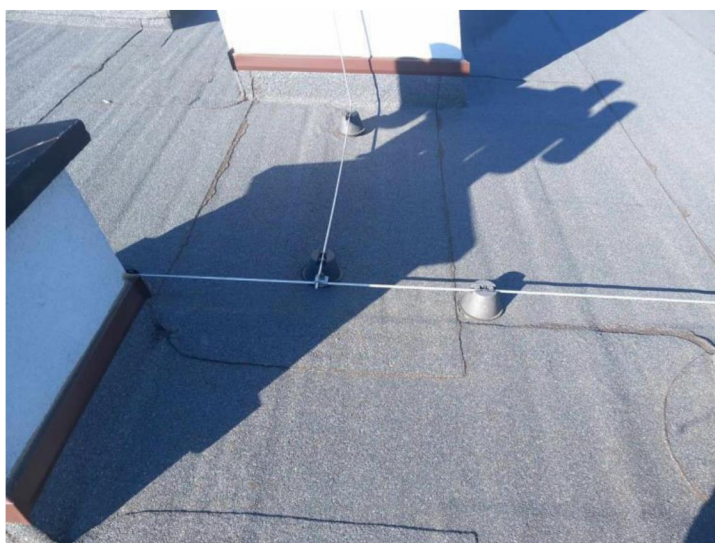


Rozdzielnia główna znajduje się w środku budynku, w korytarzu od razu za drzwiami ewakuacyjnymi od strony wschodniej, a więc bezpośrednio za przyłączem energetycznym.





Instalacja odgromowa nowa, nie wymagająca prac naprawczych.



3. Propozycje zmian w instalacji elektrycznej

1. Obiekt znajduje się w strefie konserwatorskiej, w celu rozpoczęcia prac konieczne jest uzyskanie zgody Konserwatora Zabytków.
2. Na podstawie opracowanego projektu rozbudować instalację odgromową uwzględniając zabudowę instalacji fotowoltaicznej.
3. Wykonanie głównego wyłącznika p.poż obiektu:

Zgodnie z bieżącym stanem prawnym wiąże się to z wykonaniem odcięcia zasilania poza obiektem lub w wydzielonym pożarowo pomieszczeniu – tym samym główny wyłącznik (urządzenie wykonawcze) powinien być zlokalizowany na zewnątrz budynku w okolicy głównego przyłącza obiektu; konieczne będzie wyniesienie liczników (licznika) na zewnątrz oraz głównych zabezpieczeń przed i za licznikowych.

Konieczne wystąpienie do Tauronu z wnioskiem o wyniesienie licznika na zewnątrz i uzyskanie warunków.

W przypadku realizacji tego zadania proponuje się wykonanie nowej rozdzielni głównej obiektu.

Zestaw przeciwpożarowego wyłącznika prądu, jak i również jego elementy składowe (urządzenia uruchamiające, urządzenia sygnalizujące, urządzenia wykonawcze) musi posiadać:

- Krajowy certyfikat stałości właściwości użytkowych
- Krajową Ocenę Techniczną
- Krajową Deklarację Właściwości Użytkowych wydaną przez Producenta

Odlączenie zasilania przy pomocy przycisku przeciwpożarowego nie może spowodować załączenia kolejnego źródła zasilania (np. agregatu prądotwórczego) jak również odcięcia zasilania do urządzeń przeciwpożarowych (np. oddymianie, SSP itd.)

Projekt przed realizacją zadania musi być uzgodniony z rzeczoznawcą ds. przeciwpożarowych.

4. Koncepcja wykonania instalacji fotowoltaicznej na potrzeby obiektu.

1. Biorąc pod uwagę zużycie roczne wykazane w zestawieniu, proponuje się wykonanie instalacji fotowoltaicznej przyłączonej do instalacji elektrycznej dla punktu poboru nr PPE:
o wielkości do 32,8 kWp.

Instalacja będzie pracować w sieci 3-fazowej w układzie „on-grid”.

2. Zakłada się instalację modułów fotowoltaicznych o mocy co najmniej 450 Wp. Ze względu na charakter budynku zaleca się instalację modułów o klasie A ochrony przeciwpożarowej – zgodnie z normą IEC 61730-2 – preferowane byłoby użycie modułów wykonanych w technologii szkło – szkło. lub równoważne

Wszystkie instalacje elektryczne niosą ze sobą pewien stopień zagrożenia pożarowego, a pożary z modułów słonecznych nie są niemożliwe, mimo że są one bardzo rzadkie. W ostatnich latach kraje zaostrzyły wymagania dotyczące odporności ogniowej elektrowni fotowoltaicznych, zwłaszcza modułów słonecznych.

Wydajność ogniowa modułów słonecznych stała się ważnym czynnikiem w budynku elektrowni fotowoltaicznej, zwłaszcza w przypadku instalacji dachowych. Wysokiej jakości moduł słoneczny, który jest prawidłowo zainstalowany i konserwowany, nie powinien stwarzać większego zagrożenia pożarowego niż jakiegokolwiek inne elektryczne urządzenie domowe.

Aby uzyskać klasyfikację ognioodporności, moduły muszą przejść test rozprzestrzeniania się płomienia i test palności marki, podczas których ocenia się rozprzestrzenianie się płomienia i palność produktów.

Klasyfikacja ogniowa odnosi się do systemu oceny odporności ogniowej materiałów pokrycia dachowego na podstawie ich odporności na działanie ognia. Norma ta obejmuje trzy klasy poziomów ochrony przeciwpożarowej, w zależności od narażenia źródła ognia:

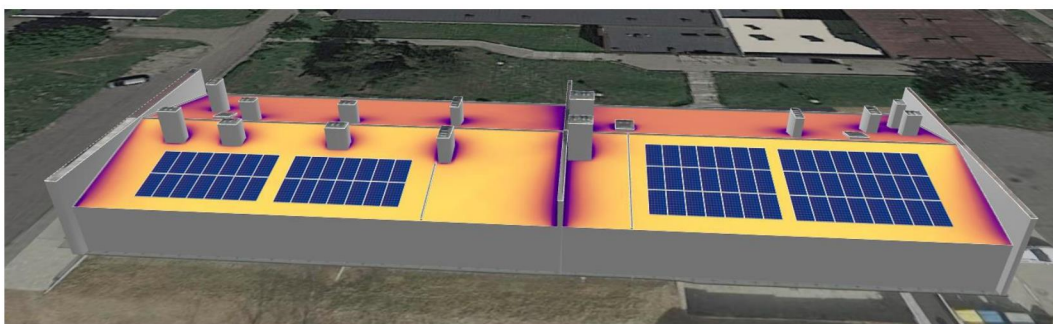
- pokrycia dachowe klasy A, które są skuteczne w przypadku narażenia na działanie silnego ognia.

3. Na potrzeby niniejszego opracowania przyjęto wymiar moduły fotowoltaicznego 2094 x 1038 mm i wadze 28 kg. Ten rozmiar modułu gwarantuje, że modele o tych gabarytach będą jeszcze dostępne przez dłuższy czas na rynku w odróżnieniu od modeli o wymiarach 1700 x 1100 mm, które sukcesywnie są z niego wypierane.

Przyjęty model moduły fotowoltaicznego daje średni nacisk 12,88 kg/m² (średni nacisk z konstrukcją do 15 kg/m²)

4. Posadowienie generatora fotowoltaicznego zakłada się na dachu budynku.
Biorąc pod uwagę optymalizację autokonsumpcji i kąty nachylenia połaci dachowych założono układ modułów zgodny z poniższym rysunkiem:





Zakłada się montaż modułów na połaci południowej, o kącie nachylenia ok 12°, na konstrukcji opartej na dwugwintach wkręcanych do krokwi dachowych. Montaż modułów na płasko, równoległe do powierzchni dachu.

Poniżej przedstawiono wynik symulacji rocznej produkcji energii elektrycznej z instalacji fotowoltaicznej.

Założono profil konsumpcji obiektu z obniżonym poborem w weekendy i godzinami szczytu poboru od 7:00 do 15:30 – zgodnie z danymi otrzymanymi od osób zarządzających.

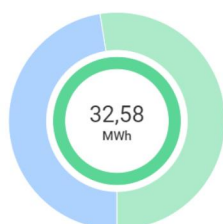
PODSUMOWANIE SYMULACJI



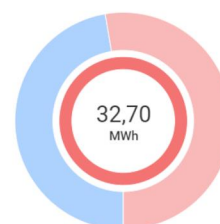
SZACOWANA ENERGIA MIESIĘCZNE



PODSUMOWANIE SYSTEMU



POBÓR



Przedstawione w projekcie uzyski energii elektrycznej są wartościami szacunkowymi. Zostały one obliczone za pomocą wzorów matematycznych w specjalistycznym oprogramowaniu. Autor opracowania nie gwarantuje osiągnięcia w rzeczywistości uzysków energii elektrycznej równych podanej w tym miejscu wartości. Przyczyną tych rozbieżności są różne czynniki zewnętrzne, takie jak m.in. zacienianie, zabrudzenie lub wahania sprawności modułów fotowoltaicznych oraz zastosowanej technologii.

- Projektowana instalacja fotowoltaiczna nie wpływa negatywnie na środowisko. Nie generuje hałasu ani wibracji.

6. Celem spełnienia warunków dofinansowania, a tym samym możliwości jedynie 20% oddania energii z produkcji systemu fotowoltaicznego zaleca się zamontowanie regulatora wypływu energii do sieci / blokeru wypływu energii do sieci dla falownika 3F – regulator pozwala na dopasowanie wyprodukowanego prądu z instalacji fotowoltaicznej do lokalnego obciążenia w sieci użytkownika. Bloker blokuje wypływ nadmiaru energii do sieci zewnętrznej. Urządzenie działa poprzez regulację prądu wyjściowego falowników. Kontroler prądu wstecznego w razie potrzeby może całkowicie odłączyć połączenie między falownikiem, a siecią energetyczną poprzez odłączenie wyłącznika lub wyłączyć falownik.
7. Do prowadzenia tras kablowych strony DC powinno się stosować kable w podwójnej izolacji, przy czym zewnętrzna izolacja powinna być odporna na promieniowanie UV. Przewód powinien być zgodny z normą wyrobu dla przewodów. Żyłka kabla powinna być w postaci wielodrutowej. Kabel zastosowany do wykonania obwodów strony DC powinien spełniać wymogi normy EN 50618. Izolacja kabla powinna być nie niższa niż $V_{DC} U_0 / U: 900/1500 V$.
lub równoważne
8. Okablowanie strony DC pod modułami zaleca się prowadzić bez dodatkowych osłon przy jednoczesnym jego mocowaniu do ramki modułu lub elementów konstrukcji wsporczej. Do mocowania przewodów zaleca się wykorzystanie opasek kablowych wykonanych ze stali nierdzewnej lub tworzywa sztucznego, przy czym przy zastosowaniu opasek kablowych z tworzywa sztucznego powinny być one wykonane z materiału odpornego na UV. W przypadku opasek kablowych z tworzywa sztucznego zaleca się stosowanie dwóch opasek na jedno mocowanie. Kable prowadzone w pionie i poziomie powinny zostać odciążone zgodnie z wymaganiami producenta. W przypadku ich braku należy stosować maksymalne odległości mocowania zgodne z niemiecką normą VDE 0100-520 lub równoważne
9. Okablowanie prowadzone na powierzchni dachu powinno zostać spięte pod powierzchnią paneli w taki sposób, aby przewody nie dotykały pokrycia dachowego. Tory kablowe nie mogą posiadać załamań, być luźno ułożone i w wystarczającym stopniu uwolnione od naprężeń. Trasy kablowe na dachach płaskich powinny być układane w metalowych korytach kablowych trwale przymocowanych do dachu lub konstrukcji wsporczej. Przy prowadzeniu tras kablowych w metalowych korytach należy zabezpieczyć ostre krawędzie koryt jak również miejsca wejścia i wyjścia przewodów z koryt. Do dodatkowego zabezpieczenia przewodów w metalowych korytach kablowych szczególnie w miejscach przejść można wykorzystać karbowaną rurę osłonową.
10. Okablowanie DC prowadzić w taki sposób, aby unikać powstania pętli indukcyjnej. Przewody prowadzić równolegle jak najbliżej siebie.
11. Układ generatora fotowoltaicznego podzielić na stringi zgodnie z zasadami określonymi przez producenta zastosowanego inwertera, z zachowaniem wysokości napięcia i prądu określonymi w karcie katalogowej.
12. Zgodnie z wytycznymi p.poż dotyczącymi instalacji o mocy generatora powyżej 6,5 kWp zamontować na dachu urządzenia gwarantujące zanik lub obniżenie napięcia wchodzącego do wnętrza budynku do poziomu bezpiecznego po zaniku zasilania po stronie AC. Projekt uzgodnić z rzeczoznawcą ds. przeciwpożarowych.

13. Na dachu w pobliżu generatora fotowoltaicznego zamontować rozdzielnicę z ogranicznikami przepięć DC. Ilość ograniczników powinna odpowiadać ilości stringów występujących w generatorze.
14. Do połączeń kablowych stosować szybkozłączki jednego producenta, kompatybilne z konektorami przy modułach fotowoltaicznych. Ograniczać do minimum ilość połączeń. Konektory nie powinny być wystawione na oddziaływanie czynników zewnętrznych, w szczególności na promieniowanie słoneczne.
15. Zejście okablowania z dachu założono poprzez przewód nieczynnego komina zlokalizowanego w północno wschodnim narożniku dachu.
Konieczne będzie uzyskanie opinii kominiarskiej – przekształcenie kanału na szacht techniczny do prowadzenia okablowania.

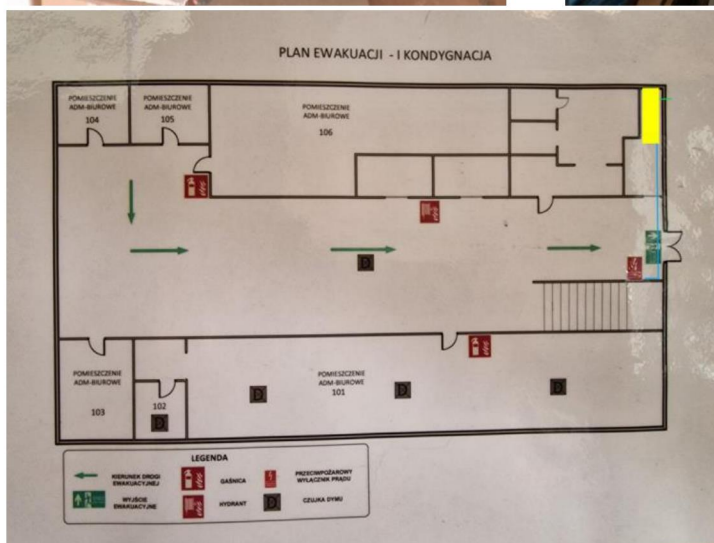


- Przewody winny być prowadzone w rurze. Przewody fotowoltaiczne wprowadzone zostaną do pomieszczenia na parterze (w korytarzu, po drugiej stronie naprzeciw rozdzielni głównej obiektu). To pomieszczenie zostało wytypowane na potrzeby montażu inwertera i ewentualnego magazynu.
16. Jeśli po instalacji generatora fotowoltaicznego okaże się, że odległości pomiędzy konstrukcją od zwodami poziomymi są mniejsze niż 50 cm konieczne będzie połączenie konstrukcji z zwodami za pomocą drutu odgromowego o średnicy 8 mm² i łącz krzyżowych.
 17. Przewód uziemienia będzie sprowadzony z dachu razem z przewodami fotowoltaicznymi. W północno wschodnim narożniku budynku zakłada się wykonanie wbicia szpil uziomowych i wykonania złącza pomiarowego do uziomu niezależnego od odgromu i uziemienia budynku. Wyjście przewodu uziemiającego przez przepust na zewnątrz budynku na poziomie gruntu.
 18. Na potrzeby montażu urządzeń instalacji fotowoltaicznej wytypowano pomieszczenie na poziomie parteru, znajdujące się przy wyjściu ewakuacyjnym, naprzeciw rozdzielni głównej obiektu. Pomieszczenie nie jest dostosowane do wymogów instalacji magazynów energii. Konieczne byłoby dostosowanie.
W tym celu należy wykonać przegrodę ogniową wyposażoną w drzwi o odporności ogniowej minimum EI 30. Pomieszczenie powinno być wentylowane (jest możliwość wykonania wentylacji na ścianie zachodniej budynku). W pomieszczeniu należy zainstalować oświetlenie

o natężeniu 100 lx i oświetlenie awaryjne oraz czujnik dymu – na podstawie opracowanego i uzgodnionego pod względem przeciwpożarowym projektu.

Pomieszczenie jest suche i nie występują w nim zalania / podtopienia.

Przy montażu magazynu powinna zostać zachowana norma NFPA 855, zakładająca minimalną odległość od zamontowanego magazynu do przeciwległej ^{lub równoważnej} ściany równą 0,9 m.



19. Ze względu na godziny pracy Powiatowego Urzędu Pracy (7:30 – 15:30) montaż magazynu energii wydaje się bezzasadny. Magazyn naładuje się w 100% w ciągu dnia, ale ze względu na niskie pobory w godzinach wieczornych i nocnych nie będzie w stanie się rozładować (w obiekcie nie ma i nie planuje się instalacji urządzeń o dużych poborach jak pompa ciepła bądź bufor ciepłej wody). Zasady dofinansowania nie uwzględniają wysyłki energii do sieci, więc nie będzie możliwe sztuczne rozładowywanie baterii.
20. Montaż inwertera przeprowadzić zgodnie z zachowaniem odległości od ścian, stropu i innych przeszkód zgodnie z zaleceniem producenta.

Falownik zostanie zamontowany na ścianie murowanej.

Kable DC i AC z falownika do przyłącza do wewnętrznej sieci elektrycznej nie powinny się krzyżować z istniejącą instalacją.

Zakłada się, że odległość falownika od magazynu nie powinna przekraczać 5 m (najczęściej 1,5 m).

W przypadku montowania falownika fotowoltaicznego wewnątrz budynku należy lokalizować go w pomieszczeniu zdolnym do odprowadzenia energii cieplnej wydzielanej przez falownik, przy założeniu, że 5% mocy nominalnej falownika może być wyemitowane w postaci energii cieplnej. Temperatura pomieszczenia w którym jest falownik nie powinna przekraczać 35 °C, chyba że producent falownika dopuszcza pracę w wyższej temperaturze. Falownik fotowoltaiczny musi mieć zapewnioną przestrzeń wentylacyjną zgodnie z wymogami danego producenta. Falownika fotowoltaicznego nie należy zabudowywać bez zapewnienia wymaganej wentylacji będącej w stanie odprowadzić wydzielaną energię cieplną. Falownik fotowoltaiczny powinien być montowany na podłożu niepalnym o klasie reakcji na ogień nie gorszej niż A2.

21. Biorąc pod uwagę montaż w budynku użyteczności publicznej zaleca się zastosowanie falownika fotowoltaicznego posiadającego zintegrowaną funkcję bezpieczeństwa DC. Falownik powinien posiadać także zabezpieczenie przed łukiem elektrycznym
22. Zamontować osobne rozdzielnice AC i DC obok falownika.
Rozdzielnica DC powinna zawierać zabezpieczenia przepięciowe w ilości odpowiadającej ilości stringów schodzących z dachu.
Rozdzielnica AC powinna zawierać zabezpieczenia dobrane do mocy zabudowanego inwertera:
 - wyłącznik różnicowo – prądowy
 - wyłącznik nadprądowy
 - zabezpieczenie przepięciowe AC.
23. W przypadku montażu magazynu zainstalować dwukierunkowy licznik typu dobrany do modelu falownika.
24. Podłączenie falownika do rozdzielni głównej obiektu. Tor kablowy prowadzić z wydzielonego pomieszczenia ścianą wschodnią pomieszczenia, a następnie sufitem korytarza bezpośrednio nad rozdzielnię główną, tu wykonać zejście do rozdzielni.
Przejścia przez stropy, ściany uszczelnić do odporności ogniowej przegrody.
25. Okablowanie AC przeprowadzić przewodem bezhalogenowym N2HX-J o przekroju 5x25 mm², nierozprzestrzeniającego płomienia zgodnie z normą EN 60332-1-2 ^{lub równoważne} oraz N-SEP-E-007:2017-09 ^{lub równoważne}
Instalacje energetyczne i teletechniczne w obiektach – Dobór kabli i innych przewodów ze względu na ich reakcję na ogień.
Kabel prowadzić w korycie bądź w rurze instalacyjnej.
26. Należy wykonać główną szynę uziemiającą obok falownika oraz uziemienie instalacji fotowoltaicznej. Oporność uziemienia powinna być mniejsza niż 10 Ω.
27. Po dokonanych montażu należy wykonać pomiary elektryczne instalacji. Wszelkie pomiary winny być wykonane przyrządami pomiarowymi posiadającymi aktualną homologację.

Należy wykonać pomiary:

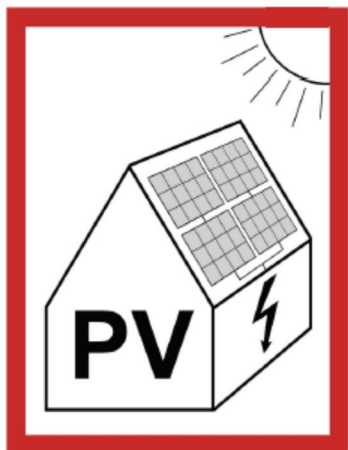
- stanu izolacji kabli zasilających,
- rezystancji uziemienia punktu PE inwertera – max 10 Ω ,
- rezystancji uziemienia instalacji odgromowej – max 10 Ω ,
- inne wymagane przepisami badania i pomiary.

Z przeprowadzonych badań i pomiarów należy sporządzić odpowiednie protokoły stanowiące podstawę do uruchomienia i oddania do eksploatacji objętej opracowaniem instalacji PV.

28. Po dokonanych montażu należy wysłać zgłoszenie przyłączenia mikroinstalacji do operatora sieci dystrybucyjnej.
29. Celem stałego monitorowania instalacji wykonać podłączenie falownika do wewnętrznej sieci internetowej obiektu, a za jej pomocą do Internetu. Utworzyć konto użytkownika na platformie monitoringu i udostępnić je wyznaczonym osobom.
30. Przeprowadzić uruchomienie instalacji, oddanie jej do użytkowania oraz przeprowadzenie szkolenia dla osób ją eksploatujących. Przekazać pełną wymaganą dokumentację techniczną.
31. Zaleca się po zakończeniu prac montażowo-rozruchowych, wykonanie i przedstawienie pomiaru P (moc czynna), Q (moc bierna), $\text{tg } \phi$ energii elektrycznej dla zasilania głównego obiektu w okresie 24 godz. dla min. 3 dni podczas normalnej pracy z uśrednieniem 15 min. W przypadku braku spełnienia wymagań współczynnika $\text{tg } \phi \leq 0,4$ zaleca się wykonanie kompensacji mocy biernej poprzez zabudowę odpowiednich urządzeń kompensujących. Po wykonanej kompensacji zaleca się ponowny pomiar celem potwierdzenia zastosowania właściwych urządzeń kompensujących.
32. W celu zapewnienia odpowiedniego bezpieczeństwa dla ekip ratowniczo gaśniczych należy odpowiednio oznakować obiekt wyposażony w PV wg normy PN-EN 60364-7-712 ^{lub równoważne} Piktogram z wizerunkiem modułów PV na dachu budynku powinien być umieszczony
 - w miejscu przyłączenia instalacji PV,
 - przy liczniku oraz przy głównym wyłączniku zasilania
 - przy bramie wjazdowejCałość instalacji powinna być oznakowana zgodnie z katalogiem dobrych praktyk.

W zakresie oznaczania instalacji PV i jej elementów zaleca się stosowanie poniższych oznaczeń:

NAKLEJKA



MIEJSCE UMIESZCZENIA

Naklejka ta powinna być umieszczona w punkcie przyłączenia instalacji PV, przy liczniku, w złączu kablowym, a jeżeli budynek posiada główny wyłącznik prądu - to także w tym miejscu

GŁÓWNY WYŁĄCZNIK AC

Naklejka powinna być umieszczona wewnątrz rozdzielnicy RAC pod wyłącznikiem nadprądowym

**GŁÓWNY
WYŁĄCZNIK AC
INSTALACJI
FOTOWOLTAICZNEJ**

Naklejka powinna być umieszczona wewnątrz rozdzielnicy RAC pod wyłącznikiem nadprądowym

Rozdzielnica PV - AC

Naklejka powinna znajdować się na obudowie rozdzielnicy RAC zaraz nad drzwiczkami

Rozdzielnica PV - DC

Naklejka powinna znajdować się na obudowie rozdzielnicy RDC zaraz nad drzwiczkami

**GŁÓWNY
WYŁĄCZNIK DC
INSTALACJI
FOTOWOLTAICZNEJ**

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



UWAGA!
**URZĄDZENIE ELEKTRYCZNE
POD NAPIĘCIEM!**

Naklejki powinny być umieszczone na bocznej bądź frontowej obudowie falownika w górnej części



UWAGA!
**URZĄDZENIE MOŻE BYĆ
POD NAPIĘCIEM NAWET
PO ROZŁĄCZENIU!**

Naklejka powinna znaleźć się na obudowie rozdzielnic RDC



**PRZEWODY INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ
UWAGA! WYSOKIE NAPIĘCIE DC W CIĄGU DNIA**

Naklejka powinna być umieszczona w pobliżu trasy kablowej DC przy falowniku

Rozdzielnica PV - AC

Naklejka powinna znajdować się na obudowie rozdzielnic RAC zaraz nad drzwiczkami

Rozdzielnica PV - DC

Naklejka powinna znajdować się na obudowie rozdzielnic RDC zaraz nad drzwiczkami

5. Dobór okablowania i zabezpieczeń

1. Okablowanie DC

Straty mocy na okablowaniu DC powinny być mniejsze niż 1%. Część strat generowanych jest na trasie kablowej łączącej łańcuch fotowoltaiczny z falownikiem.

Oszacowano, że długość okablowania DC pojedynczego stringu na obiekcie wynosi ok 60 m.

Dobór przekroju kabla zależy od:

- prądu nominalnego łańcucha I_n
- długości kabla DC do punktu kontrolnego l
- nominalu napięcia łańcucha U_n
- przewodność właściwa dla miedzi $k=50 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$

Przekrój kabla wyliczamy ze wzoru:

$$A_k = \frac{I * l}{U * k * strata}$$

Biorąc pod uwagę parametry współczesnych modułów fotowoltaicznych, dla analizowanego przypadku zastosowanie kabla solarnego 6 mm^2 spełnia założenia spadku napięcia poniżej 1%.

2. Okablowanie AC

Minimalny przekrój kabla oblicza się wg wzoru:

$$A_k = \frac{P * l}{U_n^2 * k * strata}$$

Długość trasy AC od falownika do rozdzielni głównej w obiekcie oszacowano na ok 12 m.

W celu zapewnienia straty po stronie AC na poziomie poniżej 3% proponuje się kabel miedziany N2HX-J 5x25 mm^2 .

3. Spadki napięć

Dla przewodów AC i DC powinny być policzone spadki napięć na podstawie dobranych powyżej przekrojów przewodów.

Spadki te liczymy ze wzoru:

Dla przewodu DC

$$\Delta U = \frac{2 * I_n * L * 100}{\delta * A * U_n} [\%]$$

gdzie:

I_n – prąd znamionowy [A]

l – długość linii [m]

δ – konduktywność, dla miedzi 58 [Sm / mm^2]

U_n – napięcie znamionowe [V]

A – przekrój kabla zasilającego [mm^2]

Dla przewodu AC

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} * I_n * L * \cos\phi 100}{\delta * A * U_n} [\%]$$

gdzie:

I_n – prąd znamionowy [A]

L – długość linii [m]

δ – konduktywność, dla miedzi 58 [Sm / mm²]

U_n – napięcie znamionowe [V]

A – przekrój kabla zasilającego [mm²]

4. Zabezpieczenia DC

Moduły PV i inwertery powinny zostać zabezpieczone po stronie prądu stałego za pomocą rozłączników DC oraz ochronników przepięciowych. Wszystkie urządzenia zabezpieczające winny zostać umieszczone w skrzynce połączeniowo – ochronnej – rozdzielnicy prądu stałego (RDC).

Ogranicznik przepięć:

$$U_{CPV} = 1,2 \cdot n \cdot U_{DCSTC}$$

N – liczba modułów w łańcuchu

U_{DCSTC} – napięcie obwodu otwartego w warunkach STC

W analizowanym obiekcie zaleca się zastosowanie ograniczników przepięć T1T2 (B+C).

5. Zabezpieczenia AC

W celu odbioru energii elektrycznej z projektowanej instalacji fotowoltaicznej oraz wprowadzenia jej do instalacji elektrycznej obiektu zakłada się montaż nowej rozdzielnicy RGPV.

Dobór zabezpieczeń nadprądowych uzależniony jest od mocy wyjściowej zastosowanego inwertera. Dodatkowo w rozdzielnicy ACPV powinien zostać zamontowany ogranicznik przepięć AC zgodny co do typu z wcześniej opisanymi ogranicznikami DC – w tym wypadku zaleca się montaż ochronnika T1T1 (B+C).

Zaleca się również montaż wyłącznika różnicowo-prądowego o znamionowym prądzie różnicowym $I_{\Delta n}$ nie mniejszym niż 100 mA.

Ze względu na moc instalacji ok 32,8 kW zaleca się zastosowanie w rozdzielnicy ACPV rozłącznika modułowego i wyzwalacza wzrostowego oraz wyłącznika p.poż (ROP) zlokalizowanego w miejscu ogólnodostępnym. Trasa kablowa z rozdzielnicy ACPV do przycisku winna być prowadzona za pomocą przewodu czerwonego HDGS 2x1,5 mm².

6. Opinia techniczna dotycząca możliwości zainstalowania modułów fotowoltaicznych

Adres budynku: POWIATOWY URZĄD PRACY w Piekarach Śląskich ul. Popiełuszki 14

Dach betonowy o spadku do środka budynku pokryty papa. Nachylenie dachu 5° Wiązary dachowe oparte są na murach budynku. Izolacja z wełny mineralnej ułożone jest na stropie poddasza.

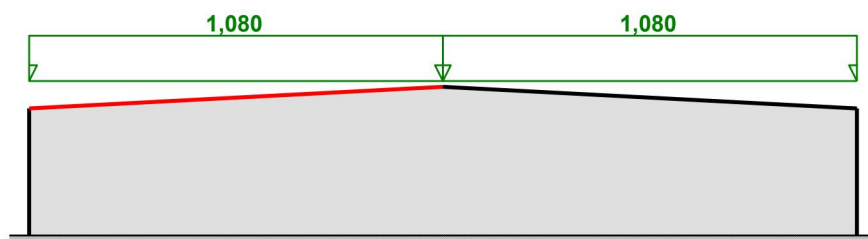
ciężar pokrycia dachu.

l.p	rodzaj obciążenia	obc. charakterystyczne	γ_f	obc. obliczeniowe
1.	2xpapa na deskowaniu:	$0,35\text{kN/m}^2$	1,2	$0,42\text{ kN/m}^2$
2.	wiązary drewniane oparte na murach	$0,35\text{kN/m}^2$		$0,42\text{ kN/m}^2$

Obciążenie śniegiem wg PN-80/B-02010/Az1 / Z1-1

lub równoważne

 **S** [kN/m²]



Połąć bardziej obciążona:

- Dach dwuspadowy
- Obciążenie charakterystyczne śniegiem gruntu:
 - strefa obciążenia śniegiem 2 $\rightarrow Q_k = 0,9\text{ kN/m}^2$
- Współczynnik kształtu dachu:
 - nachylenie połaci $\alpha = 3,0^{\circ}$
 - $C_2 = 0,8$

Obciążenie charakterystyczne dachu:

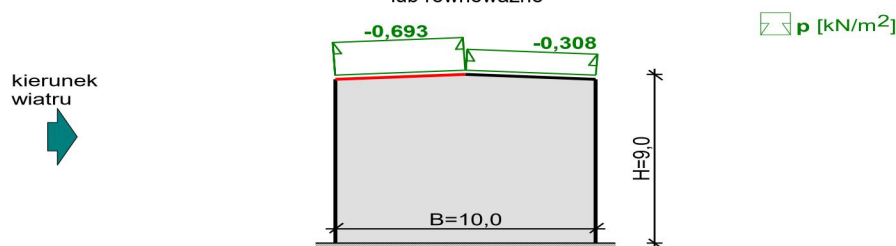
$$S_k = Q_k \cdot C = 0,900 \cdot 0,800 = \mathbf{0,720\text{ kN/m}^2}$$

Obciążenie obliczeniowe:

$$S = S_k \cdot \gamma_f = 0,720 \cdot 1,5 = \mathbf{1,080\text{ kN/m}^2}$$

Obciążenie wiatrem wg PN-B-02011:1977/Az1 / Z1-3

lub równoważne



Połąć nawietrzna:

- Budynek o wymiarach: $B = 10,0 \text{ m}$, $L = 15,0 \text{ m}$, $H = 9,0 \text{ m}$
- Dach dwuspadowy, kąt nachylenia połaci $\alpha = 3,0^\circ$
- Charakterystyczne ciśnienie prędkości wiatru:
 - strefa obciążenia wiatrem I; $H = 300 \text{ m n.p.m.} \rightarrow q_k = 300 \text{ Pa}$
 $q_k = 0,300 \text{ kN/m}^2$
- Współczynnik ekspozycji:
 - rodzaj terenu: A; $z = H = 9,0 \text{ m} \rightarrow C_e(z) = 0,5 + 0,05 \cdot 9,0 = 0,95$
- Współczynnik działania porywów wiatru:
 - $\beta = 1,80$
- Współczynnik ciśnienia wewnętrznego:
 - budynek zamknięty $\rightarrow C_w = 0$
- Współczynnik ciśnienia zewnętrznego:
 - $C_z = -0,9$
- Współczynnik aerodynamiczny C:
 - $C = C_z - C_w = -0,9 - 0 = -0,9$

Obciążenie charakterystyczne:

$$p_k = q_k \cdot C_e \cdot C \cdot \beta = 0,300 \cdot 0,95 \cdot (-0,9) \cdot 1,80 = \mathbf{-0,462 \text{ kN/m}^2}$$

Obciążenie obliczeniowe:

$$p = p_k \cdot \gamma_f = (-0,462) \cdot 1,5 = \mathbf{-0,693 \text{ kN/m}^2}$$
 obciążenie wiatrem odciąża połąć dachową

Całkowite normowe obciążenie dachu wynosi $p = 0,35 + 0,72 = 1,07 \text{ kN/m}^2$ a obciążenie obliczeniowe $p^0 = 0,42 + 1,08 = 1,50 \text{ kN/m}^2$

Wzrost obciążenia dachu od ustawienia modułów fotowoltaicznych wynosi $g = 13,3 + 3/(2,1 \times 1) = 13,3 + 1,45 = 14,75 \text{ kg/m}^2$, obc. obliczeniowe $g^0 = 14,75 \times 1,1 = 16,2 \text{ kg/m}^2 = \underline{\underline{0,162 \text{ kN/m}^2}}$

ciężar modułów powoduje wzrost obciążenia dachu w miejscu ułożenia paneli o

$$k = 0,162 : 1,50 = 0,108 = 10,8\%$$

Moduły fotowoltaiczne należy oprzeć na konstrukcji wsporczej mocowanej do wiązarów dachowych. Nie należy ustawiać modułów bezpośrednio na pokryciu dachu.

7. Akty prawne i normy stanowiące podstawę opracowania:

- 1) Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 roku o ochronie przeciwpożarowej (Dz. U. z 2016 r., poz. 191 tekst jednolity) z późniejszymi zmianami
- 2) Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. z 2017 r. poz. 2285). z późniejszymi zmianami
- 3) Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 2 grudnia 2015 roku w sprawie uzgadniania projektu budowlanego pod względem ochrony przeciwpożarowej (Dz. U. z 2015r., poz. 2117). z późniejszymi zmianami
- 4) Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 roku w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. z 2010 r. nr 109, poz. 719) z późniejszymi zmianami
- 5) Ustawa Prawo Budowlane z dnia 7 lipca 1994 r. (Dz. U. 2019 poz. 1186 z późn. zm.) z późniejszymi zmianami
- 6) PN-HD 60364-7-712:2016 Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 7 –712: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji – Fotowoltaiczne (PV) układy zasilania;
lub równoważne
- 7) PN-EN IEC 61730-1:2018-06 Ocena bezpieczeństwa modułu fotowoltaicznego (PV) – Część 1: Wymagania dotyczące konstrukcji;
lub równoważne
- 8) PN-EN IEC 61730-2:2018-06 Ocena bezpieczeństwa modułu fotowoltaicznego (PV) – Część 2: Wymagania dotyczące badań.
lub równoważne
- 9) PN-EN 62446-1:2016-08 oraz PN-EN 62446-1:2016-08/A1:2019-01 Systemy fotowoltaiczne (PV) – Wymagania dotyczące badań, dokumentacji i utrzymania – Część 1: Systemy podłączone do sieci – Dokumentacja, odbiory i nadzór;
lub równoważne
- 10) Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 20 czerwca 2007 r. w sprawie wykazu wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, a także zasad wydawania dopuszczenia tych wyrobów do użytkowania z późniejszymi zmianami
- 11) N SEP-E-001 Sieci elektroenergetyczne niskiego napięcia. Ochrona przeciwporażeniowa
lub równoważne
- 12) PN-EN 62305-1:2011 Ochrona odgromowa. Część 1. Zasady ogólne
lub równoważne
- 13) PN-EN 62305-2:2012 Ochrona odgromowa. Część 2. Zarządzanie ryzykiem
lub równoważne
- 14) PN-EN 62305-3:2011 Ochrona odgromowa. Część 3. Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia
lub równoważne
- 15) PN-EN 62305-4:2011 Ochrona odgromowa. Część 4. Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach
lub równoważne
- 16) PN-EN 12464-1 Światło i oświetlenie. Oświetlenie miejsc pracy. Część 1: Miejsca pracy we wnętrzach lub równoważne
lub równoważnej
- 17) PN-EN 1838 Zastosowanie oświetlenia. Oświetlenie awaryjne lub równoważne
lub równoważne
- 18) PN-EN 50172 Systemy awaryjnego oświetlenia ewakuacyjnego lub równoważne
lub równoważne
- 19) Ochrona przed przepięciami wg PN-EN 12464-1
lub równoważne

- 20) Ochrona przeciwporażeniowa wg PN-EIC 60364-4-41:2000
lub równoważne
- 21) Ochrona przeciwporażeniowa wg PN-EIC 60364-4-443:1999
lub równoważne
- 22) Uziemienia i przewody ochronne wg PN-EIC 60364-5-54:1999
lub równoważne
- 23) N SEP-E -007:2017-09 Instalacje elektroenergetyczne i teletechniczne w budynkach – Dobór
kabl i innych przewodów za względu na ich reakcję na ogień
lub równoważne

8. Wyceny szacunkowe

Instalacja fotowoltaiczna:

lp.	nazwa elementu	ilość
1	moduły fotowoltaiczne dual glass 450 Wp	73
3	inwerter	1
4	optymalizatory	73
5	konstrukcja	73
6	montaż	33
7	zabezpieczenia	1
8	okablowanie	1
9	uzgodnienie p.poż	1
10	licznik	1
12	bloker	1

Wykonanie głównego wyłącznika p.poż i wymiana RG

lp.	nazwa elementu	ilość
1	projekt	1
2	Szafka elektryczna	3
3	wkładki	3
4	Ogranicznik mocy	1
5	Szafa wyłącznika p.poż	1
6	ROP + okablowanie	1
7	Tauron	1
8	RG wewnątrz	1
9	wymiana kabla z RG do przyłącza na 5x35	1
10	montaż rozdzielni	3
10	montaż rozdzielni obwody awaryjne + p.poż	1
11	montaż RG	1

Kalkulator dla rozliczenia net-billing nie uwzględnia opłat stałych oraz podwyżek cen energii.

Taryfa C12A	Stawka czynna (sprzedaż)	510,00 zł
	Stawka dystrybucyjna	120,00 zł
	Zużycie (MWh)	32,7
	Autokonsumpcja	48%
	Stawka odkupu (TGE)	640,00 zł

Obecne koszty (rok)	20 601,00 zł
Autokonsumpcja (MWh)	15,696
Do zakupienia MWh	17,004
Depozyt	2 176,51 zł
Zakupiona energia z depozytu (MWh)	4

Zakupienie dodatkowej energii czynnej (MWh)	13
Koszt zakupionej energii czynnej	6 495,53 zł
Koszt zakupionej dystrybucji	2 040,48 zł
Łączne koszty	8 536,01 zł

Zysk rok 12 064,99 zł

Zwrot z inwestycji	Koszt	105 770 zł
	Zwrot w latach	5
	Oszczędności (25 lat)	301 624,80 zł