

BUDOWA INSTALACJI FOTOWOLTAICZNYCH W BUDYNKACH: ZESPOŁU SZKÓŁ SPORTOWYCH, TECHNICZNYCH ZAKŁADACH NAUKOWYCH, ZESPOŁU SZKÓŁ NR 2, ZESPOŁU SZKÓŁ NR 4, GIMNAZJUM NR 4 W DĄBROWIE GÓRNICZEJ

Optymalne pod względem wielkości zużycia energii oraz stopnia obciążenia przyłącza, jest przyłącze nr 3, które służy do pokrywania potrzeb elektrycznych kompleksu sportowych segmentów szkoły, tj. krytej pływalni oraz sali gimnastycznej, wraz z zapleczem sanitarnym.

8.4 Dobór mocy systemu fotowoltaicznego

Na podstawie przeprowadzonej diagnozy, przewiduje się, jako optymalną, lokalizację paneli fotowoltaicznych na dwóch dachach trzykondygnacyjnych segmentów o kształcie kwadratów, usytuowanych od strony południowej budynku, wykonanych w technologii opisanej powyżej. Stropodachy segmentów są wykonane jako wentylowane ze spadkami na zewnątrz budynku bez dostępu do przestrzeni pomiędzy płytami. Ściany ażurowe ceglane grubości pół cegły, ścianki w rozstawie około 3,0 m. Płyty dachowe korytkowe prefabrykowane grubości 12 cm układane w poprzek budynku na ściankach ażurowych. Bezpośrednio na płytach wykonane pokrycie – dwa razy papa asfaltowa zgrzewana.

Przeprowadzono analizę techniczno-ekonomiczną dla zastosowania układu ogniw fotowoltaicznych (PV) w budynku w wariancie o mocy instalacji 28 kW, które pracują na pokrycie zapotrzebowania na energię elektryczną w części sportowej szkoły, a ewentualne nadwyżki energii nie będą sprzedawane do sieci elektroenergetycznej. Rzeczywisty pobór mocy w miesiącach 2016 r. na przyłączy zasilającym pływalnię oraz salę gimnastyczną, cechował się niewyrównanym poziomem w zakresie od 10 kW do 60 kW.

ZAŁOŻENIA DO OBLICZEŃ:

- dobór mocy układ PV na poziomie ok. 28 kW przeprowadzono w oparciu o dostępne dane o zużyciu energii elektrycznej w budynku, dostępną powierzchnię dachu oraz przy uwzględnieniu definicji mikroinstalacji OZE określonej w Ustawie Prawo energetyczne, co wskazało na możliwości zastosowania układu PV o łącznej mocy ok. 40 kWp (moc w pikie, czyli moc osiągnięta przez system w okresie największego natężenia promieniowania słonecznego) i powierzchni około 173 m²,
- uniknięty koszt jednostkowy energii elektrycznej (brutto) zużywanej w analizowanym przyłączy do którego włączona zostanie instalacja PV w stanie obecnym wynosi: 470,47 zł/MWh,
- ewentualne nadwyżki energii, które mogą pojawić się w momentach mniejszego zapotrzebowania na energię względem chwilowej produkcji, będą blokowane w związku z tym nie będą odsprzedawane będą do sieci.

POZOSTAŁE ZAŁOŻENIA:

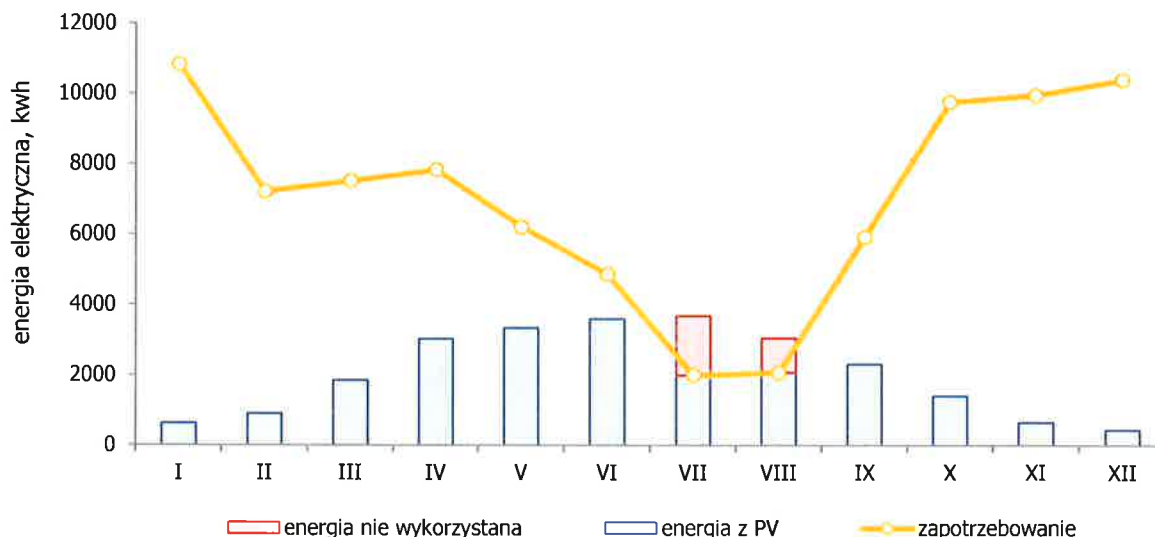
- przeprowadzono analizę dla ogniw fotowoltaicznych o sprawności nie niższej niż 16%;
- przeprowadzono analizę opłacalności w przypadku dofinansowania przedsięwzięcia ze środków RPO WSL 2014-2020, który zakłada wsparcie dla instalacji OZE produkujących energię elektryczną w postaci dotacji do 85% kosztów kwalifikowanych.

8.5 Obliczenia rocznej produkcji energii elektrycznej

Obliczenia dotyczące określenia wielkości produkcji energii elektrycznej przez system fotowoltaiczny przeprowadzono w oparciu o matematyczny model obliczeniowy firmy Valentin Software GmbH (algorytm PV*SOL). Uzysk rzeczywisty instalacji solarnej może być inny niż obliczeniowy, ze względu na wahania pogodowe, współczynniki sprawności modułów oraz falownika jak również inne czynniki. Oszacowana roczna produkcja energii elektrycznej z systemu PV kształtuje się na poziomie 24,85 MWh. Wielkość produkcji energii elektrycznej w odniesieniu do prognozowanego zapotrzebowania energii elektrycznej (przyjęte na podstawie faktycznych zużyć) w przyłączy basenu i sali gimnastycznej w poszczególnych miesiącach roku pokazano na poniższym rysunku.

BUDOWA INSTALACJI FOTOWOLTAICZNYCH W BUDYNKACH: ZESPOŁU SZKÓŁ SPORTOWYCH, TECHNICZNYCH ZAKŁADACH NAUKOWYCH, ZESPOŁU SZKÓŁ NR 2, ZESPOŁU SZKÓŁ NR 4, GIMNAZJUM NR 4 W DĄBROWIE GÓRNICZEJ

Zapotrzebowanie i produkcja energii z PV



Rysunek 8.5 Szacowana, miesięczna produkcja energii elektrycznej przez system fotowoltaiczny oraz zapotrzebowanie energii elektrycznej w części sportowej budynku

W kolejnej tabeli przedstawiono szczegółowe wielkości zapotrzebowania na energię elektryczną, wielkość produkcji wynikającą z przyjętej konfiguracji urządzeń, z uwzględnieniem sprawności systemu, strat, wielkości promieniowania słonecznego, a także ilość energii własnej możliwej do zagospodarowania na potrzeby własne obiektu.

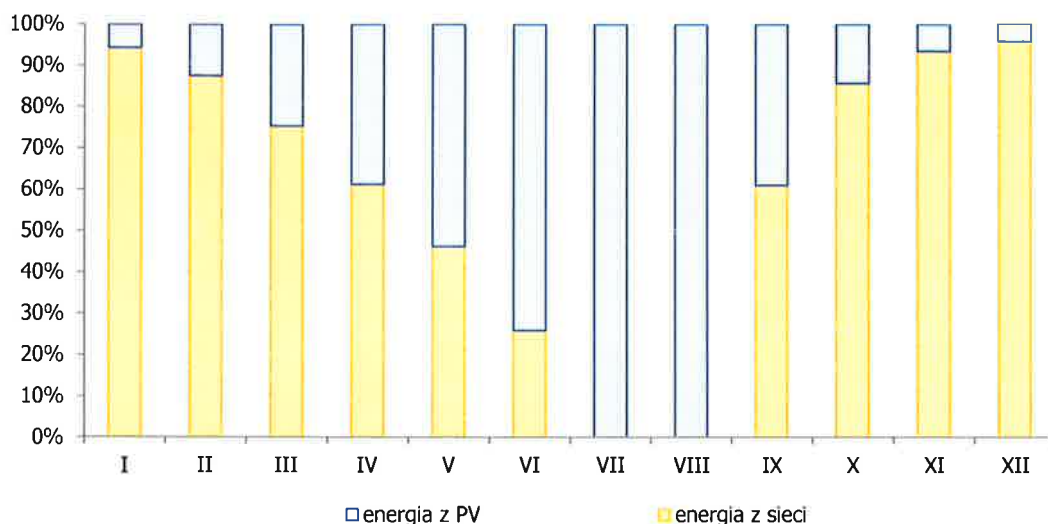
Tabela 8.4 Zapotrzebowanie i produkcja własna energii z PV na potrzeby części sportowej ZS-2

| | | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | RAZEM |
|--------------------------------|-----|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| Zapotrzebowanie na energię el. | MWh | 10,8 | 7,2 | 7,5 | 7,8 | 6,2 | 4,9 | 2,0 | 2,1 | 5,9 | 9,8 | 10,0 | 10,4 | 84,5 |
| Maksymalna produkcja z PV | MWh | 0,63 | 0,90 | 1,86 | 3,03 | 3,34 | 3,60 | 3,67 | 3,04 | 2,31 | 1,40 | 0,65 | 0,44 | 24,9 |
| Nadwyżka/ niedobór produkcji | MWh | -10,2 | -6,3 | -5,7 | -4,8 | -2,9 | -1,3 | 1,7 | 1,0 | -3,6 | -8,4 | -9,3 | -10,0 | -59,6 |
| Energia z PV wykorzystana | MWh | 0,6 | 0,9 | 1,9 | 3,0 | 3,3 | 3,6 | 2,0 | 2,1 | 2,3 | 1,4 | 0,7 | 0,4 | 22,2 |
| Energia z PV niewykorzystana | MWh | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,7 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,7 |

Własna energia, wytwarzaną w instalacji fotowoltaicznej jest w stanie pokryć ok. 26,3% zapotrzebowania na energię elektryczną wybranego przyłącza. Najmniejszy udział w pokryciu potrzeb występuję w grudniu, ok. 4,2%, a największy w lipcu i sierpniu - 100%. Więcej szczegółów przedstawia kolejny wykres.

AUDYT ENERGETYCZNY

BUDOWA INSTALACJI FOTOWOLTAICZNYCH W BUDYNKACH: ZESPOŁU SZKÓŁ SPORTOWYCH, TECHNICZNYCH ZAKŁADACH NAUKOWYCH, ZESPOŁU SZKÓŁ NR 2, ZESPOŁU SZKÓŁ NR 4, GIMNAZJUM NR 4 W DĄBROWIE GÓRNICZEJ



Rysunek 8.6 Udział w pokryciu zapotrzebowania na energię elektryczną przez instalację fotowoltaiczną w ZS-2

8.6 Bilans energetyczny / bilans korzyści

W dalszej części, wyznaczone dla rozpatrywanego przedsięwzięcia, oszczędności energii zestawiono z zapotrzebowaniem energii elektrycznej analizowanego przyłącza w budynku, przyjętym na podstawie dostępnych faktur danych o rzeczywistym zużyciu tego nośnika. Wyniki przedstawiono w tabeli 8.5.

W tabeli 8.6 pokazano natomiast szacunkowe zmiany w kosztach ponoszonych na energię elektryczną przy założeniu zrealizowania przedsięwzięcia modernizacyjnego.

Ponieważ produkcja energii elektrycznej z systemu PV, jest mniejsza niż zapotrzebowanie na energię elektryczną wybranego przyłącza budynku, w części okresów rozliczeniowych nie występują nadwyżki możliwej produkcji. W rzeczywistości z pewnością takie nadwyżki wystąpią, lecz ze względu na brak danych szczegółowych dotyczących np. 15 min. poborów mocy przez przyłącze, nie można określić chwilowych potrzeb jak i wielkości tych nadwyżek.

Tabela 8.5 Bilans zużycia i produkcji energii elektrycznej dla przedsięwzięcia związanego z montażem systemu fotowoltaicznego o mocy 28 kW

| Zużywany nośnik energii | Stan bazowy | Po modernizacji | |
|---|---------------------------|---|--|
| | Zużycie energii sieciowej | Pokrycie potrzeb energią wyprodukowaną przez PV | Zużycie energii sieciowej oraz własnej |
| | MWh/rok | MWh/rok | MWh/rok |
| energia elektryczna dostarczona z sieci | 84,500 | 0 | 62,31 |
| energia elektryczna z PV dostarczona do obiektu | - | 22,19 | 22,19 |
| energia elektryczna - łącznie | 84,500 | 22,195 | 84,50 |

Tabela 8.6 Bilans kosztów zmiennych (sprzedaż + dystrybucja) za użytkowanie energii elektrycznej w stanie przed i po modernizacji

| Zużywany nośnik energii | Stan bazowy | Po modernizacji | Uniknięte koszty zakupu energii brutto |
|---|--|---|--|
| | Koszt zakupu energii elektrycznej brutto | Koszty zakupu energii elektrycznej brutto | |
| | zł/rok | zł/rok | |
| energia elektryczna dostarczona z sieci | 40 500,85 | 29 862,89 | 10 637,96 |

BUDOWA INSTALACJI FOTOWOLTAICZNYCH W BUDYNKACH: ZESPOŁU SZKÓŁ SPORTOWYCH, TECHNICZNYCH ZAKŁADACH NAUKOWYCH, ZESPOŁU SZKÓŁ NR 2, ZESPOŁU SZKÓŁ NR 4, GIMNAZJUM NR 4 W DĄBROWIE GÓRNICZEJ

8.7 Uzasadnienie ekonomiczne proponowanego rozwiązania

W zakres zadania wchodzi zakup, dostawa i montaż systemu fotowoltaicznego o powierzchni paneli ok. 173 m² i mocy ok. 28 kWp. Koszt inwestycji przyjęto na poziomie 282 702,00 zł (brutto). Poniżej zestawiono podstawowe elementy kosztowe inwestycji.

Tabela 8.7 Zestawienie kosztów podstawowych elementów budowy systemu fotowoltaicznego

| Lp. | Pozycja | jedn. | ilość | | koszt netto | koszt brutto |
|-----|--|-------|----------|-----------|-------------|--------------|
| 1 | Optymalizatory | szt. | 61 | 287,00 | 17 507,00 | 21 533,61 |
| 2 | Falowniki | kpl | 2 | 11 460,00 | 22 920,00 | 28 191,60 |
| 3 | System monitoringu SolarEdge | kpl | 1 | 10 600,00 | 10 600,00 | 13 038,00 |
| 4 | Przekładniki prądowe nN | szt. | 3 | 300,00 | 900,00 | 1 107,00 |
| 5 | Panele fotowoltaiczne | szt. | 119 | 565,00 | 67 235,00 | 82 699,05 |
| 6 | Rozdzielnice | szt. | 6 | 5 410,00 | 7 330,00 | 9 015,90 |
| 7 | Konstrukcja wsporcza | szt. | 119 | 116,69 | 13 886,11 | 17 079,92 |
| 8 | Kable | m | 374,4 | 85,93 | 8 623,58 | 10 607,00 |
| 9 | Materiały pomocnicze | - | | | 10 590,34 | 13 026,12 |
| 10 | Uruchomienie instalacji. | kpl | 1 | 2 000,00 | 2 000,00 | 2 460,00 |
| 11 | Zestawienie sprzętu | m-g | 8,27 | 41,88 | 346,22 | 425,86 |
| 12 | Koszty robocizny | r-g | 1 348,43 | 15,39 | 20 752,29 | 25 525,31 |
| 13 | Dodatkowe roboty budowlane (papa termozgrzewalna oraz obróbki blacharskie) | | | | 47 148,49 | 57 992,64 |
| 14 | RAZEM | | | | 229 839,03 | 282 702,00 |

Wskaźniki ekonomiczne wyznaczono przy założeniu stopy dyskonta na poziomie 4,0% oraz okresu analizy na poziomie 25 lat. W kosztach eksploatacyjnych uwzględniono konieczność wymiany falowników po 10 latach eksploatacji. Wyniki analizy ekonomicznej pokazano w poniższych zestawieniach, przy finansowaniu wyłącznie ze środków własnych gminy oraz z potencjalną dotacją 85% kosztów kwalifikowanych.

| Stan porównywany | | Nakłady brutto | Koszt energii elektrycznej | Oszczędności kosztów | SPBT | NPV (r=3,0%, 25 lat) | IRR |
|------------------------------------|-----------------|----------------|----------------------------|----------------------|-------|----------------------|------|
| | | zł | zł/rok | zł/rok | lata | zł | % |
| istniejący | - | - | 39 754,80 | - | - | - | - |
| docelowy - zakup energii z sieci | bez dotacji | 282 702,00 | 29 312,80 | 10 442,00 | 27,07 | -151 487,76 | - |
| docelowy - produkcja energii PV | | | 0,00 | | | | |
| docelowy - nadprodukcja energii PV | | | 0,00 | | | | |
| docelowy - zakup energii z sieci | z dotacją 54,9% | 127 415,05 | 29 312,80 | 10 442,00 | 12,20 | 3 715,64 | 4,29 |
| docelowy - produkcja energii PV | | | 0,00 | | | | |
| docelowy - nadprodukcja energii PV | | | 0,00 | | | | |

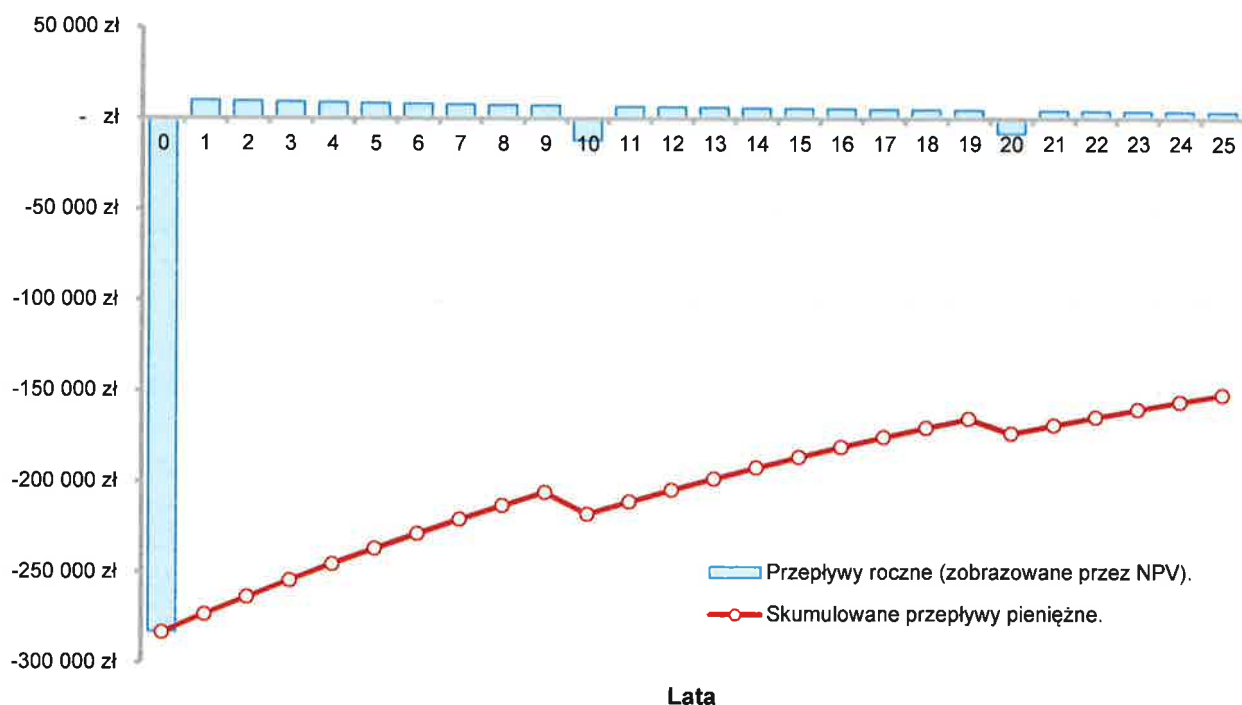
Dla przeprowadzonej analizy uzyskano prosty czas zwrotu inwestycji na poziomie 27,07 lat przy założeniu zaangażowania tylko środków własnych Gminy, co oznacza, że projekt należy uznać za nieopłacalny.

Przy pozyskaniu dotacji na przedmiotową inwestycję w wysokości 85% kosztów kwalifikowanych (tj. wartości netto kosztów kwalifikowanych inwestycji - jako koszt niekwalifikowany przyjęto dodatkowe prace budowlane związane z pokryciem dachowym), w ramach działań finansowanych z RPO WD dla Działania 4.1 Odnawialne źródła energii, przedsięwzięcie charakteryzuje się czasem zwrotu na poziomie 12,2 roku, co nadal czyni je mało opłacalnym. Niemniej odniesieniu do czasu życia instalacji, który dla układów bez

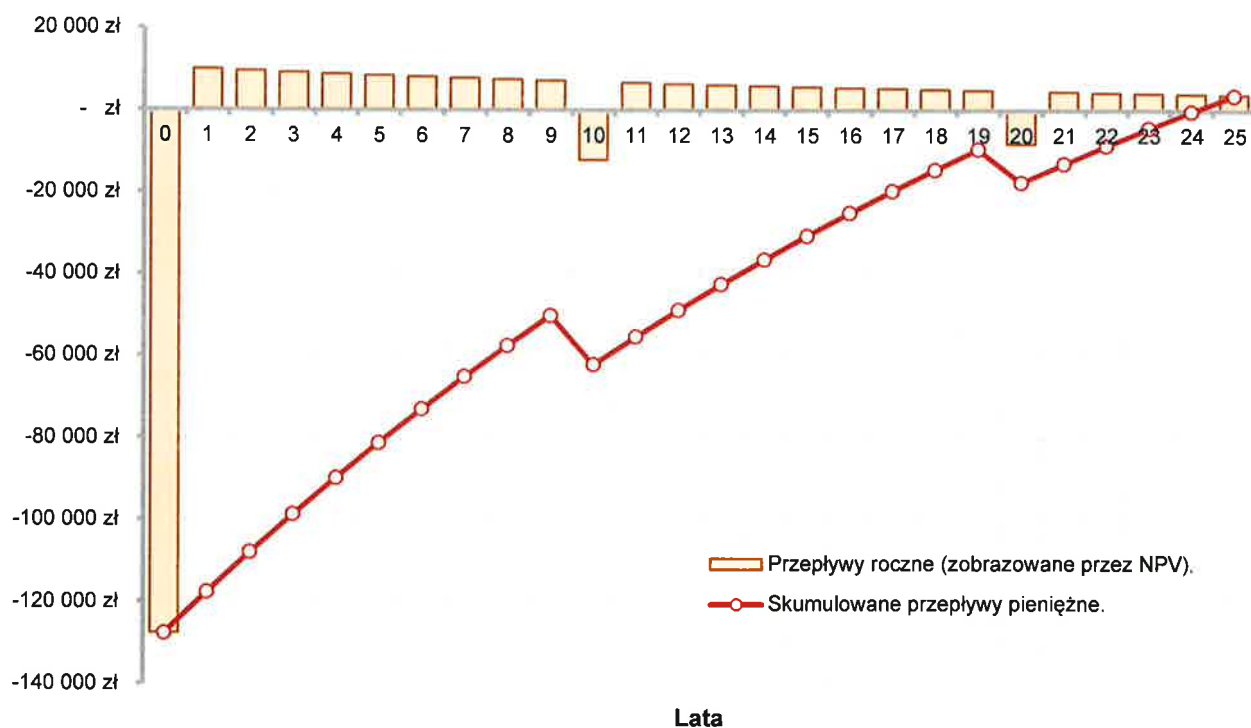
AUDYT ENERGETYCZNY

BUDOWA INSTALACJI FOTOWOLTAICZNYCH W BUDYNKACH: ZESPOŁU SZKÓŁ SPORTOWYCH, TECHNICZNYCH ZAKŁADACH NAUKOWYCH, ZESPOŁU SZKÓŁ NR 2, ZESPOŁU SZKÓŁ NR 4, GIMNAZJUM NR 4 W DĄBROWIE GÓRNICZEJ

urządzeń do magazynowania energii (akumulatorów) przyjmuje się na poziomie 25 lat, jest to zadowalający wskaźnik, a inwestycja tego typu może okazać się dla Inwestora interesująca.



Rysunek 8.7 Wykres skumulowanych przepływów pieniężnych oraz NPV - bez dotacji



Rysunek 8.8 Wykres skumulowanych przepływów pieniężnych oraz NPV - z dotacją

8.8 Przewidywane wyniki dla proponowanego rozwiązania

Poniżej omówiono wyniki związane z potencjalnym wdrożeniem w obiekcie rozpatrywanego przedsięwzięcia inwestycyjnego. Efekt ekologiczny określono dla obniżenia emisji gazów cieplarnianych poprzez redukcję emisji dwutlenku węgla (CO₂). Przyjęty do obliczeń emisji wskaźnik dla energii elektrycznej zgodnie z aktualnym opracowaniem Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami „Wskaźniki emisyjności CO₂, SO₂, NO_x, CO i TSP dla energii elektrycznej na podstawie informacji zawartych w Krajowej bazie o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji za 2015 rok” wynosi: **798 kg CO₂/MWh**.

| Rodzaj efektu | Opis |
|--------------------|---|
| Efekty rzeczowe | dostawa i montaż systemu fotowoltaicznego o powierzchni ogniw ok. 173 m ² i mocy ok. 28 kWp. Układ obejmuje kompletny system, w tym panele fotowoltaiczne wraz z systemem montażowym, okablowaniem wraz z konektorami, falownikami oraz systemem wizualizacji. |
| Efekt energetyczny | produkcja energii elektrycznej na potrzeby obiektu ze źródła odnawialnego w ilości: około 22,19 MWh/rok |
| Efekt ekologiczny | obniżenie emisji CO ₂ o: około 17,71 ton/rok. |
| Efekty dodatkowe | <ul style="list-style-type: none">• częściowe uniezależnienie się od dostaw energii elektrycznej z krajowego systemu elektroenergetycznego – wzrost bezpieczeństwa zasilania,• obniżenie kosztów funkcjonowania obiektu,• wzrost świadomości ekologicznej użytkowników szkoły na temat alternatywnych źródeł energii. |

9. Analiza techniczno-ekonomiczna wykorzystania ogniw fotowoltaicznych w budynku Zespołu Szkół nr 4

9.1 Lokalizacja obiektu

Budynek Zespołu Szkół nr 4 im. Królowej Jadwigi objęty analizą, znajduje się w Dąbrowie Górniczej przy ul. Łęknice 35. Lokalizację budynku pokazano na poniższym rysunku.



Rysunek 9.1 Lokalizacja budynku szkoły

9.2 Podstawowe dane o budynku

Budynek Zespołu Szkół nr 4 im. Królowej Jadwigi jest obiektem użyteczności publicznej o funkcji oświatowej, stanowiącym własność Gminy Dąbrowa Górnicza. Obiekt składa się z kilku segmentów edukacyjnych oraz dwóch segmentów sportowych, mieszczących salę gimnastyczną i basen. Segmenty połączone parterowymi łącznikami.

Segmenty edukacyjne wykonane są w technologii prefabrykowanej, stropy żelbetowe, stropodach wentylowany z płyt korytkowych, pokrycie z papy asfaltowej. Dachy płaskie ze spadkami skierowanymi do wewnątrz i obmurowane dookoła 30cm attyką.

Segmenty sportowe z dużymi jednospadowymi dachami o konstrukcji ze stalowych kratownic. Elementami nośnymi pokrycia dachowego są płatwie stalowe z kształtowników C-owych oparte na kratownicach. Na płatwiach stalowych ułożona jest blacha trapezowa, która przenosi obciążenia zewnętrzne oraz ciężar ocieplenia bezpośrednio na płatwie. Spadek dachów wynosi około 10°, pokrycie dachu wykonane z papy asfaltowej ułożonej na warstwie docieplenia z wełny mineralnej twardej o grubości 18 cm. Do konstrukcji dachu od dołu przymocowany ażurowy sufit podwieszany.

Przewiduje się lokalizację paneli fotowoltaicznych na dachu trzykondygnacyjnego segmentu edukacyjnego, wykonanego w technologii opisanej powyżej. Stropodach wentylowany ze spadkami do środka, na połaciach znajdują się poprzeczne rzędy kominów. Dach dookoła otoczony jest attykami.

W najbliższym czasie planowana jest termomodernizacja budynku.

9.3 Energia elektryczna zużywana w budynku

Energia elektryczna w budynku wykorzystywana jest do zasilania urządzeń technicznych krytej pływalni, w systemach oświetleniowych oraz do celów ogólnych tj. zasilania urządzeń IT, AGD i RTV. Potrzeby energetyczne budynku w zakresie energii elektrycznej pokrywane są poprzez 3 przyłącza niskiego napięcia. Rozliczanie kosztów z dostawcą energii realizowane jest na podstawie odczytów indywidualnych z liczników energii. W rozpatrywanym obiekcie usługi dystrybucji świadczone są w ramach umowy z firmą TAURON Dystrybucja S.A. w oparciu o taryfę jednostrefową C21, czyli dla odbiorców zasilanych z sieci elektroenergetycznej niskiego napięcia o mocy umownej większej od 40 kW.

Opis istniejących przyłączy energii elektrycznej:

| Opis przyłącza | Nr licznika | Grupa taryfowa | Moc umowna, kW | Odbiór energii |
|----------------------------|-------------|----------------|----------------|----------------|
| Przyłącze nr 1: 2041011829 | 94946402 | C21 | 115,0 | basen |
| Przyłącze nr 2: 2041011830 | 94946404 | C21 | 115,0 | szkoła |

W kolejnej tabeli zestawiono obecne i historyczne stawki opłat za zakup i dystrybucję energii elektrycznej w ramach stosowanej w placówce grupy taryfowej C21 (stawki wg taryfy TAURON Dystrybucja S.A. i stawki za sprzedaż energii).

Tabela 9.1 Stawki dystrybucyjne i zakupu energii elektrycznej w okresie 2016 - 2017 (taryfa C21)

| Wyszczególnienie | Jednostka | Stawki 2016 (brutto) | Stawki 2017 (brutto) |
|-----------------------------------|-----------|----------------------|----------------------|
| składnik zmienny stawki sieciowej | zł/MWh | 186,84 | 186,59 |
| stawka opłaty przejściowej | zł/kW/m-c | 1,046 | 2,030 |
| składnik stały stawki sieciowej | zł/kW/m-c | 9,569 | 9,569 |
| opłata abonamentowa | zł/m-c | 12,3 | 12,3 |
| opłata handlowa | zł/m-c | 0 | 0 |
| cena - energia elektryczna | zł/MWh | 260,23 | 283,88 |

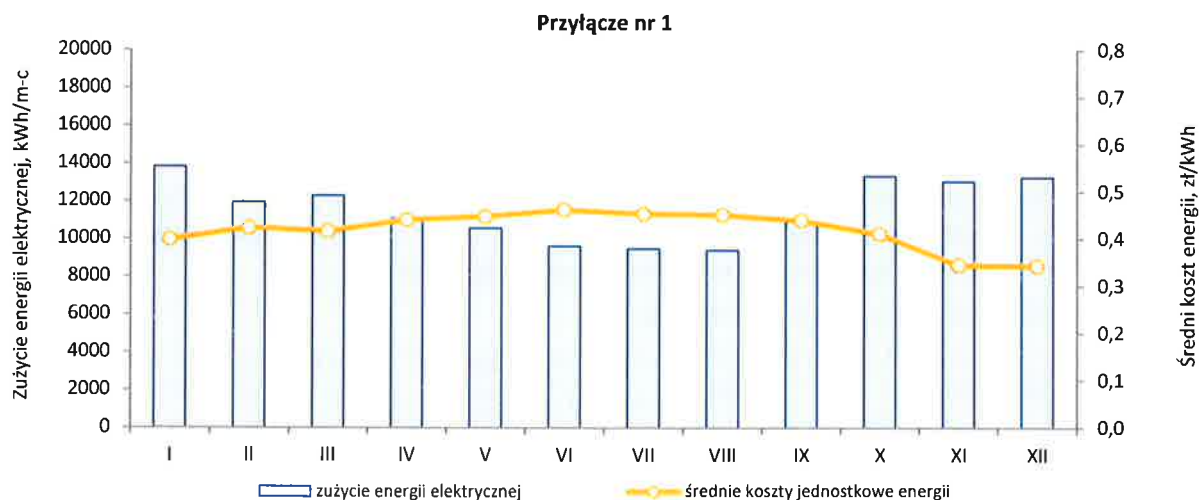
Według bieżących stawek taryfowych tj. na 2017 rok, stosowanych przy rozliczaniu kosztów energii elektrycznej, jej cena jednostkowa obejmująca cenę energii elektrycznej, składnik zmienny stawki sieciowej, stawkę jakościową kształtuje się na poziomie 470,47 zł za megawatogodzinę (brutto).

Koszty stałe, niezależne od zużycia energii, wynikają wprost z wielkości mocy zamówionej oraz stawek: składnik stały stawki sieciowej; stawka opłaty przejściowej. Wartość tych kosztów w ramach obowiązującej taryfy jest niezmienna i wynosi obecnie: 2 667,75 zł/mc. Koszty obsługi, czyli abonament, związany z posiadanym przyłączem wynosi 24,60 zł na miesiąc. Podsumowując, roczne koszty stałe, niezależne od zużycia energii wynoszą dla obu przyłączy: 32 160,56 zł (brutto).

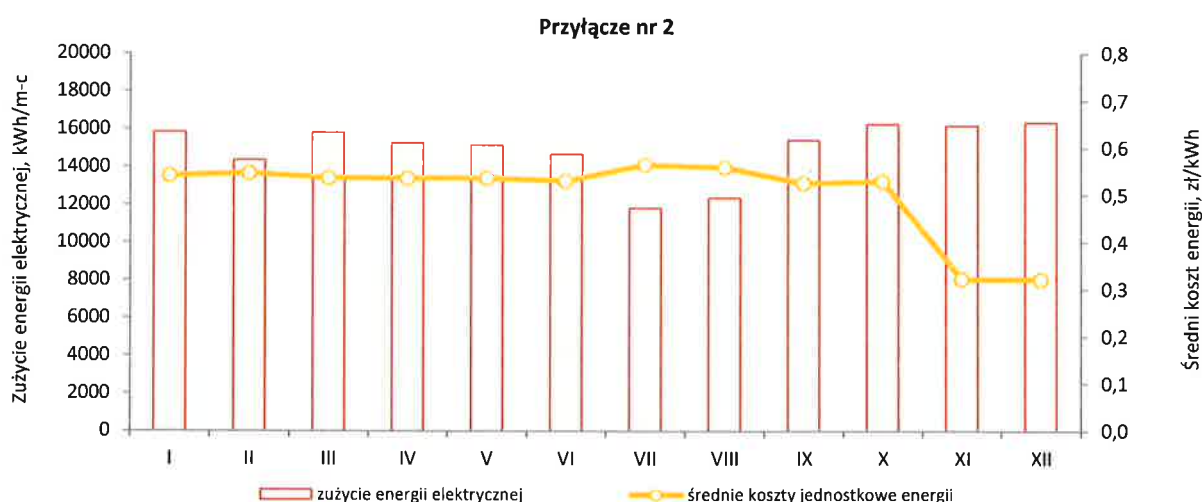
Rozliczanie zużycia energii elektrycznej odbywa się raz na miesiąc. Szczegółowe dane dotyczące miesięcznych okresów rozliczeniowych dla 2016 roku obejmujące zużycie energii elektrycznej wraz z kosztami jednostkowymi jej użytkowania (brutto) pokazano na kolejnych wykresach (rys. 9.2 do 9.3).

AUDYT ENERGETYCZNY

BUDOWA INSTALACJI FOTOWOLTAICZNYCH W BUDYNKACH: ZESPOŁU SZKÓŁ SPORTOWYCH, TECHNICZNYCH ZAKŁADACH NAUKOWYCH, ZESPOŁU SZKÓŁ NR 2, ZESPOŁU SZKÓŁ NR 4, GIMNAZJUM NR 4 W DĄBROWIE GÓRNICZEJ



Rysunek 9.2 Zużycie i koszty energii elektrycznej w 2016 roku dla przyłącza nr 1



Rysunek 9.3 Zużycie i koszty energii elektrycznej w 2016 roku dla przyłącza nr 2

Oba przyłącza elektryczne są symetryczne pod względem parametrów przyłączeniowych, jak bardzo podobnie obciążone. Należy rozważyć obniżenie mocy zamówionej obu przyłączy, bowiem na przestrzeni trzech lat najwyższa pobrana moc dla przyłącza nr 1 wynosiła 52 kW, przy zamówionej 115 kW, a dla przyłącza nr 2 wynosiła 79 kW również przy 115 kW mocy umownej. **Obniżenie mocy umownej na obu przyłączach łącznie o 90kW, pozwoli na redukcję rocznych kosztów stałych związanych z dystrybucją o 12 526 zł (!!!).** W związku z tym, że oba przyłącza cechują się podobnym i równomiernym zużyciem energii, jako optymalne przyjęto przyłącze nr 1, które służy do pokrywania potrzeb elektrycznych kompleksu sportowych segmentów szkoły, tj. krytej pływalni oraz sali gimnastycznej, wraz z zapleczem sanitarnym.

9.4 Dobór mocy systemu fotowoltaicznego

Na podstawie przeprowadzonej diagnozy, przewiduje się, jako optymalną, lokalizację paneli fotowoltaicznych na dachu trzykondygnacyjnego segmentu edukacyjnego. Stropodach segmentu wentylowany ze spadkami do środka, na połaciach znajdują się poprzeczne rzędy kominów. Dach dookoła otoczony jest attykami.

Przeprowadzono analizę techniczno-ekonomiczną dla zastosowania układu ogniw fotowoltaicznych (PV) w budynku w wariantcie o mocy instalacji ok. 34 kW, które pracują na pokrycie zapotrzebowania na energię elektryczną w części sportowej szkoły, a ewentualne nadwyżki energii nie będą sprzedawane do sieci elektroenergetycznej. Rzeczywisty pobór mocy w miesiącach 2016 r. na analizowanym przyłączy zasilającym pływalnię oraz salę gimnastyczną, cechował się wyrównanym poziomem w zakresie od 21 kW do 52 kW.

ZAŁOŻENIA DO OBLICZEŃ:

- dobór mocy układ PV na poziomie ok. 34 kW przeprowadzono w oparciu o dostępne dane o zużyciu energii elektrycznej w budynku, dostępną powierzchnię dachu oraz przy uwzględnieniu definicji mikroinstalacji OZE określonej w Ustawie Prawo energetyczne, co wskazało na możliwości zastosowania układu PV o łącznej mocy ok. 40 kWp (moc w pik, czyli moc osiągnięta przez system w okresie największego natężenia promieniowania słonecznego) i powierzchni około 214 m²,
- uniknięty koszt jednostkowy energii elektrycznej (brutto) zużywanej w analizowanym przyłączy do którego włączona zostanie instalacja PV w stanie obecnym wynosi: 470,47 zł/MWh,
- ewentualne nadwyżki energii, które mogą pojawić się w momentach mniejszego zapotrzebowania na energię względem chwilowej produkcji, będą blokowane w związku z tym nie będą odsprzedawane będą do sieci.

Pozostałe założenia:

- przeprowadzono analizę dla ogniw fotowoltaicznych o sprawności nie niższej niż 16%;
- przeprowadzono analizę opłacalności w przypadku dofinansowania przedsięwzięcia ze środków RPO WSL 2014-2020, który zakłada wsparcie dla instalacji OZE produkujących energię elektryczną w postaci dotacji do 85% kosztów kwalifikowanych.

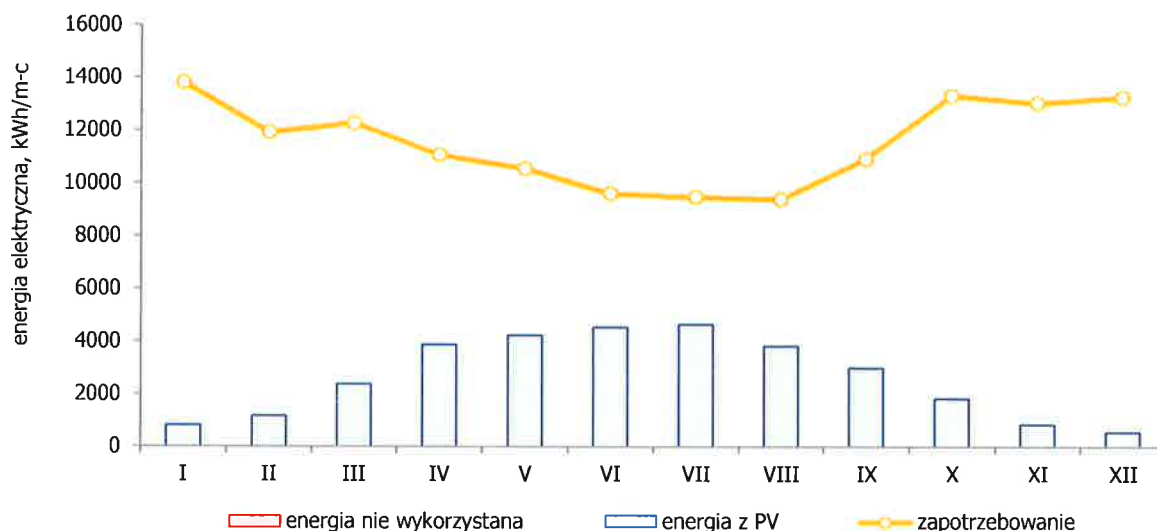
9.5 Obliczenia rocznej produkcji energii elektrycznej

Obliczenia dotyczące określenia wielkości produkcji energii elektrycznej przez system fotowoltaiczny przeprowadzono w oparciu o matematyczny model obliczeniowy firmy Valentin Software GmbH (algorytm PV*SOL). Uzysk rzeczywisty instalacji solarnej może być inny niż obliczeniowy, ze względu na wahania pogodowe, współczynniki sprawności modułów oraz falownika jak również inne czynniki. Oszacowana roczna produkcja energii elektrycznej z systemu PV kształtuje się na poziomie 31,77 MWh. Wielkość produkcji energii elektrycznej w odniesieniu do prognozowanego zapotrzebowania energii elektrycznej (przyjęte na podstawie faktycznych zużyć) w przyłączy basenu i sali gimnastycznej w poszczególnych miesiącach roku pokazano na poniższym rysunku.

AUDYT ENERGETYCZNY

BUDOWA INSTALACJI FOTOWOLTAICZNYCH W BUDYNKACH: ZESPOŁU SZKÓŁ SPORTOWYCH, TECHNICZNYCH ZAKŁADACH NAUKOWYCH, ZESPOŁU SZKÓŁ NR 2, ZESPOŁU SZKÓŁ NR 4, GIMNAZJUM NR 4 W DĄBROWIE GÓRNICZEJ

Zapotrzebowanie i produkcja energii z PV



Rysunek 9.4 Szacowana, miesięczna produkcja energii elektrycznej przez system fotowoltaiczny oraz zapotrzebowanie energii elektrycznej w części sportowej budynku

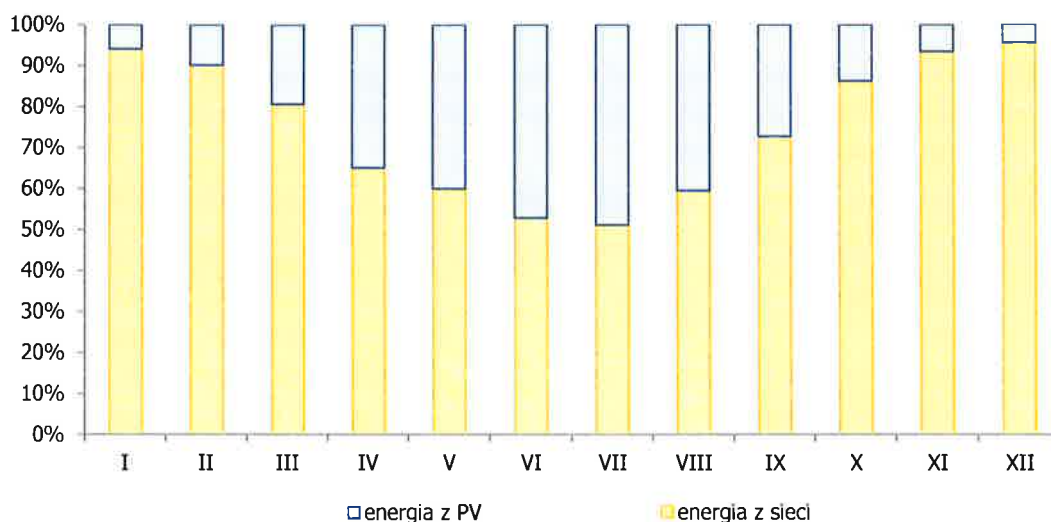
W kolejnej tabeli przedstawiono szczegółowe wielkości zapotrzebowania na energię elektryczną, wielkość produkcji wynikającą z przyjętej konfiguracji urządzeń, z uwzględnieniem sprawności systemu, strat, wielkości promieniowania słonecznego, a także ilość energii własnej możliwej do zagospodarowania na potrzeby własne obiektu.

Tabela 9.2 Zapotrzebowanie i produkcja własna energii z PV na potrzeby części sportowej ZS-4

| | | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | RAZEM |
|--------------------------------|-----|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|--------|
| Zapotrzebowanie na energię el. | MWh | 13,8 | 12,0 | 12,3 | 11,1 | 10,6 | 9,6 | 9,5 | 9,4 | 11,0 | 13,4 | 13,1 | 13,3 | 139,0 |
| Maksymalna produkcja z PV | MWh | 0,82 | 1,18 | 2,39 | 3,88 | 4,24 | 4,54 | 4,65 | 3,82 | 2,99 | 1,84 | 0,86 | 0,56 | 31,8 |
| Nadwyżka/ niedobór produkcji | MWh | -13,0 | -10,8 | -9,9 | -7,2 | -6,3 | -5,1 | -4,8 | -5,6 | -8,0 | -11,5 | -12,2 | -12,7 | -107,2 |
| Energia z PV wykorzystana | MWh | 0,8 | 1,2 | 2,4 | 3,9 | 4,2 | 4,5 | 4,6 | 3,8 | 3,0 | 1,8 | 0,9 | 0,6 | 31,8 |
| Energia z PV niewykorzystana | MWh | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

Własna energia, wytwarzaną w instalacji fotowoltaicznej jest w stanie pokryć ok. 22,8% zapotrzebowania na energię elektryczną wybranego przyłącza. Najmniejszy udział w pokryciu potrzeb występuję w grudniu, ok. 4,2%, a największy w lipcu - 49%. Więcej szczegółów przedstawia kolejny wykres.

BUDOWA INSTALACJI FOTOWOLTAICZNYCH W BUDYNKACH: ZESPOŁU SZKÓŁ SPORTOWYCH, TECHNICZNYCH ZAKŁADACH NAUKOWYCH, ZESPOŁU SZKÓŁ NR 2, ZESPOŁU SZKÓŁ NR 4, GIMNAZJUM NR 4 W DĄBROWIE GÓRNICZEJ



Rysunek 9.5 Udział w pokryciu zapotrzebowania na energię elektryczną przez instalację fotowoltaiczną w ZS-4

9.6 Bilans energetyczny / bilans korzyści

W dalszej części, wyznaczone dla rozpatrywanego przedsięwzięcia, oszczędności energii zestawiono z zapotrzebowaniem energii elektrycznej analizowanego przyłącza w budynku, przyjętym na podstawie dostępnych faktur danych o rzeczywistym zużyciu tego nośnika. Wyniki przedstawiono w tabeli 9.3.

W tabeli 9.4 pokazano natomiast szacunkowe zmiany w kosztach ponoszonych na energię elektryczną przy założeniu zrealizowania przedsięwzięcia modernizacyjnego.

Ponieważ produkcja energii elektrycznej z systemu PV, jest mniejsza niż zapotrzebowanie na energię elektryczną wybranego przyłącza budynku, przyjęto, że w żadnym miesiącu nie występują nadwyżki możliwej produkcji. W rzeczywistości z pewnością takie nadwyżki wystąpią, lecz ze względu na brak danych szczegółowych dotyczących np. 15 min. poborów mocy przez przyłącze, nie można określić chwilowych potrzeb jak i wielkości tych nadwyżek.

Tabela 9.3 Bilans zużycia i produkcji energii elektrycznej dla przedsięwzięcia związanego z montażem systemu fotowoltaicznego o mocy ok. 34 kW

| Zużywany nośnik energii | Stan bazowy | Po modernizacji | |
|---|---------------------------|---|--|
| | Zużycie energii sieciowej | Pokrycie potrzeb energią wyprodukowaną przez PV | Zużycie energii sieciowej oraz własnej |
| | MWh/rok | MWh/rok | MWh/rok |
| energia elektryczna dostarczona z sieci | 139,00 | 0 | 107,24 |
| energia elektryczna z PV dostarczona do obiektu | - | 31,76 | 31,76 |
| energia elektryczna - łącznie | 139,00 | 31,759 | 139,00 |

Tabela 9.4 Bilans kosztów zmiennych (sprzedaż + dystrybucja) za użytkowanie energii elektrycznej w stanie przed i po modernizacji

| Zużywany nośnik energii | Stan bazowy | Po modernizacji | Uniknięte koszty zakupu energii brutto |
|---|--|---|--|
| | Koszt zakupu energii elektrycznej brutto | Koszty zakupu energii elektrycznej brutto | |
| | zł/rok | zł/rok | |
| energia elektryczna dostarczona z sieci | 66 622,70 | 51 400,44 | 15 222,26 |

AUDYT ENERGETYCZNY

BUDOWA INSTALACJI FOTOWOLTAICZNYCH W BUDYNKACH: ZESPOŁU SZKÓŁ SPORTOWYCH, TECHNICZNYCH ZAKŁADACH NAUKOWYCH, ZESPOŁU SZKÓŁ NR 2, ZESPOŁU SZKÓŁ NR 4, GIMNAZJUM NR 4 W DĄBROWIE GÓRNICZEJ

9.7 Uzasadnienie ekonomiczne proponowanego rozwiązania

W zakres zadania wchodzi zakup, dostawa i montaż systemu fotowoltaicznego o powierzchni paneli ok. 214 m² i mocy ok. 34 kWp. Koszt inwestycji przyjęto na poziomie 248 560,26 zł (brutto). Poniżej zestawiono podstawowe elementy kosztowe inwestycji.

Tabela 9.5 Zestawienie kosztów podstawowych elementów budowy systemu fotowoltaicznego

| Lp. | Pozycja | jedn. | ilość | | koszt netto | koszt brutto |
|-----|------------------------------|-------|----------|-----------|-------------|--------------|
| 1 | Optymalizatory | szt. | 67 | 287,00 | 19 229,00 | 23 651,67 |
| 2 | Falowniki | kpl | 2 | 11 745,00 | 23 490,00 | 28 892,70 |
| 3 | System monitoringu SolarEdge | kpl | 1 | 10 600,00 | 10 600,00 | 13 038,00 |
| 4 | Przekładniki prądowe nN | szt. | 3 | 300,00 | 900,00 | 1 107,00 |
| 5 | Panele fotowoltaiczne | szt. | 134 | 565,00 | 75 710,00 | 93 123,30 |
| 6 | Rozdzielnice | szt. | 8 | 6 255,00 | 8 380,00 | 10 307,40 |
| 7 | Konstrukcja wsporcza | szt. | 136 | 132,65 | 18 040,40 | 22 189,69 |
| 8 | Kable | m | 312,0 | 61,91 | 3 991,52 | 4 909,57 |
| 9 | Materiały pomocnicze | - | | | 15 040,96 | 18 500,38 |
| 10 | Uruchomienie instalacji. | kpl | 1 | 2 000,00 | 2 000,00 | 2 460,00 |
| 11 | Zestawienie sprzętu | m-g | 7,06 | 41,13 | 290,37 | 357,15 |
| 12 | Koszty robocizny | r-g | 1 586,05 | 15,39 | 24 409,26 | 30 023,39 |
| 13 | RAZEM | | | | 202 081,51 | 248 560,26 |

Wskaźniki ekonomiczne wyznaczono przy założeniu stopy dyskonta na poziomie 4,0% oraz okresu analizy na poziomie 25 lat. W kosztach eksploatacyjnych uwzględniono konieczność wymiany falowników po 10 latach eksploatacji. Wyniki analizy ekonomicznej pokazano w poniższych zestawieniach, przy finansowaniu wyłącznie ze środków własnych gminy oraz z potencjalną dotacją 85% kosztów kwalifikowanych.

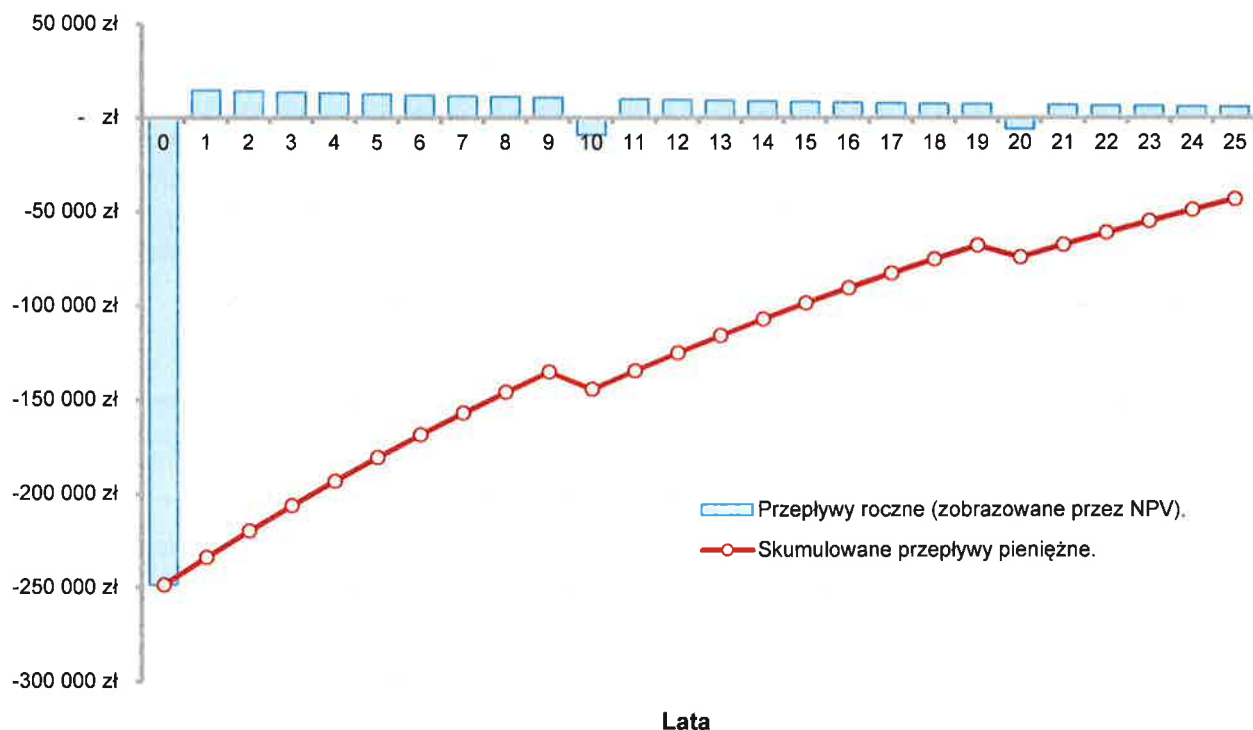
| Stan porównywany | | Nakłady brutto | Koszt energii elektrycznej | Oszczędności kosztów | SPBT | NPV (r=3,0%, 25 lat) | IRR |
|------------------------------------|-----------------|----------------|----------------------------|----------------------|-------|----------------------|-------|
| | | zł | zł/rok | zł/rok | lata | zł | % |
| istniejący | - | - | 66 622,70 | - | - | - | - |
| docelowy - zakup energii z sieci | bez dotacji | 248 560,26 | 51 400,44 | 15 222,26 | 16,33 | -43 462,02 | 2,19 |
| docelowy - produkcja energii PV | | | 0,00 | | | | |
| docelowy - nadprodukcja energii PV | | | 0,00 | | | | |
| docelowy - zakup energii z sieci | z dotacją 69,1% | 76 790,97 | 51 400,44 | 15 222,26 | 5,04 | 128 293,12 | 17,96 |
| docelowy - produkcja energii PV | | | 0,00 | | | | |
| docelowy - nadprodukcja energii PV | | | 0,00 | | | | |

Dla przeprowadzonej analizy uzyskano prosty czas zwrotu inwestycji na poziomie 16,3 lat przy założeniu zaangażowania tylko środków własnych Gminy, co oznacza, że projekt należy uznać za nieopłacalny.

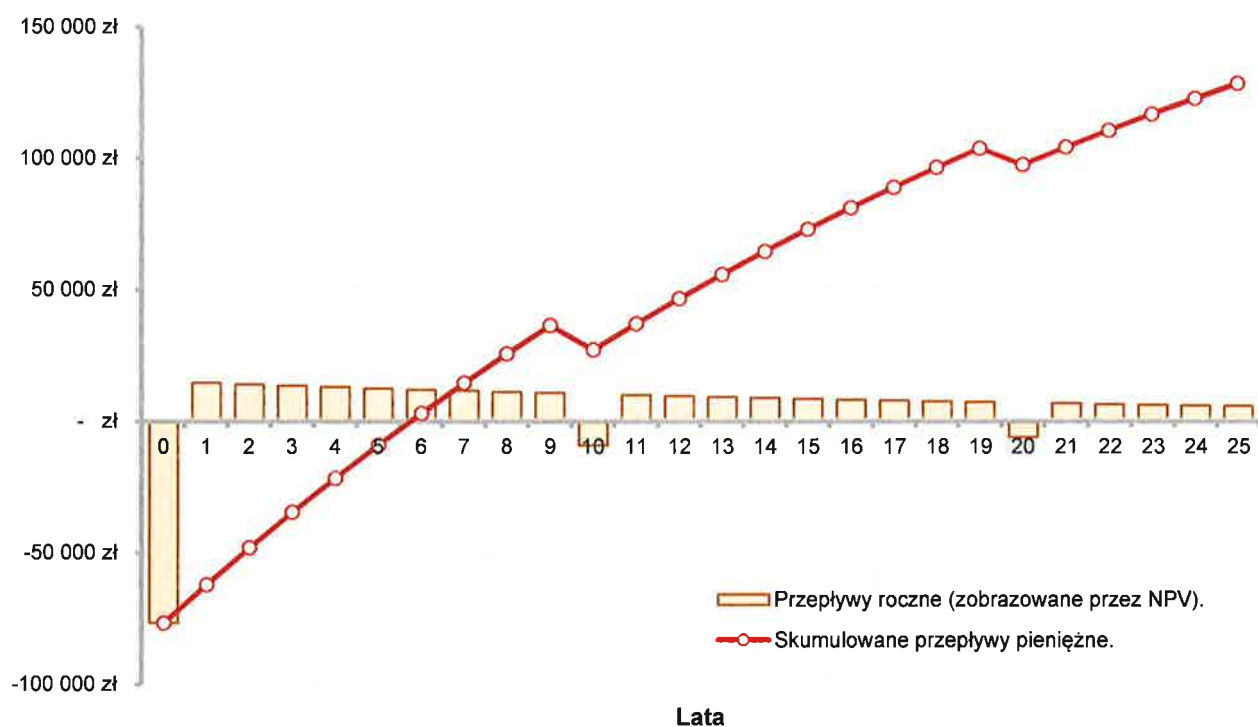
Przy pozyskaniu dotacji na przedmiotową inwestycję w wysokości 85% kosztów kwalifikowanych (tj. wartości netto kosztów kwalifikowanych inwestycji), w ramach działań finansowanych z RPO WD dla Działania 4.1 Odnawialne źródła energii, przedsięwzięcie charakteryzuje się czasem zwrotu na poziomie 5,04 roku, czyni je opłacalnym. W odniesieniu do czasu życia instalacji, który dla układów bez urządzeń do magazynowania energii (akumulatorów) przyjmuje się na poziomie 25 lat, jest to zadowalający wskaźnik, a inwestycja tego typu może okazać się dla Inwestora interesująca.

AUDYT ENERGETYCZNY

BUDOWA INSTALACJI FOTOWOLTAICZNYCH W BUDYNKACH: ZESPOŁU SZKÓŁ SPORTOWYCH, TECHNICZNYCH ZAKŁADACH NAUKOWYCH, ZESPOŁU SZKÓŁ NR 2, ZESPOŁU SZKÓŁ NR 4, GIMNAZJUM NR 4 W DĄBROWIE GÓRNICZEJ



Rysunek 9.6 Wykres skumulowanych przepływów pieniężnych oraz NPV - bez dotacji



Rysunek 9.7 Wykres skumulowanych przepływów pieniężnych oraz NPV - z dotacją

9.8 Przewidywane wyniki dla proponowanego rozwiązania

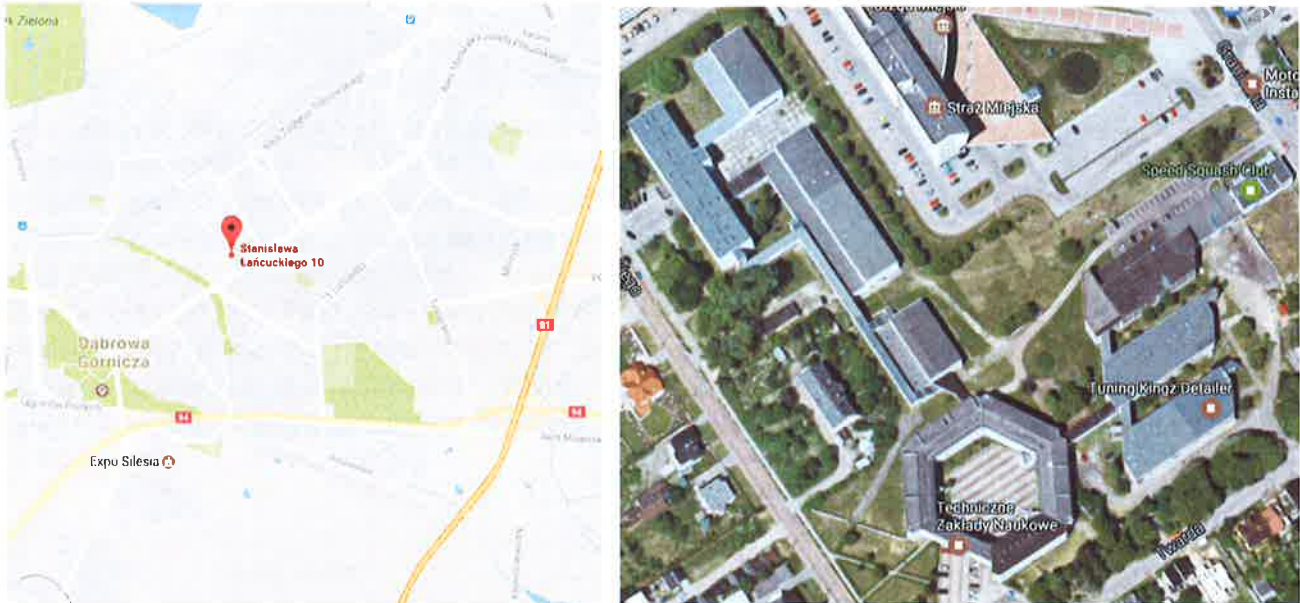
Poniżej omówiono wyniki związane z potencjalnym wdrożeniem w obiekcie rozpatrywanego przedsięwzięcia inwestycyjnego. Efekt ekologiczny określono dla obniżenia emisji gazów cieplarnianych poprzez redukcję emisji dwutlenku węgla (CO₂). Przyjęty do obliczeń emisji wskaźnik dla energii elektrycznej zgodnie z aktualnym opracowaniem Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami „Wskaźniki emisyjności CO₂, SO₂, NO_x, CO i TSP dla energii elektrycznej na podstawie informacji zawartych w Krajowej bazie o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji za 2015 rok” wynosi: **798 kg CO₂/MWh**.

| Rodzaj efektu | Opis |
|--------------------|---|
| Efekty rzeczowe | dostawa i montaż systemu fotowoltaicznego o powierzchni ogniów ok. 214 m ² i mocy ok. 34 kWp. Układ obejmuje kompletny system, w tym panele fotowoltaiczne wraz z systemem montażowym, okablowaniem wraz z konektorami, falownikami oraz systemem wizualizacji. |
| Efekt energetyczny | produkcja energii elektrycznej na potrzeby obiektu ze źródła odnawialnego w ilości: około 31,8 MWh/rok |
| Efekt ekologiczny | obniżenie emisji CO ₂ o: około 25,34 ton/rok. |
| Efekty dodatkowe | <ul style="list-style-type: none">• częściowe uniezależnienie się od dostaw energii elektrycznej z krajowego systemu elektroenergetycznego – wzrost bezpieczeństwa zasilania,• obniżenie kosztów funkcjonowania obiektu,• wzrost świadomości ekologicznej użytkowników szkoły na temat alternatywnych źródeł energii. |

10. Analiza techniczno-ekonomiczna wykorzystania ogniw fotowoltaicznych w budynku Technicznych Zakładów Naukowych

10.1 Lokalizacja obiektu

Budynek Technicznych Zakładów Naukowych objęty analizą, znajduje się w Dąbrowie Górniczej przy ul. Łańcuckiego 10. Lokalizację budynku pokazano na poniższym rysunku.



Rysunek 10.1 Lokalizacja budynku szkoły

10.2 Podstawowe dane o budynku

Budynek Technicznych Zakładów Naukowych jest obiektem użyteczności publicznej o funkcji oświatowej, stanowiącym własność Gminy Dąbrowa Górnicza.

Obiekt składa się z dwóch pawilonów – A, B oraz z trzech hal warsztatowych, połączonych łącznikami. Pawilon A i B składa się z kilku segmentów. Pawilon A składa się z sześciu niepodpiwniczonych trzykondygnacyjnych segmentów. Segmenty te, zostały wzniesione na planie sześciokąta foremnego zamkniętego, z jednym przejazdem do części wewnętrznej (dziejnińca) za pomocą przejazdu w poziomie parteru segmentu nr 1. Poszczególne segmenty są wzajemnie oddylatowane, usytuowane na samodzielnych fundamentach (z zabezpieczeniem na wpływy eksploatacji górniczej). Wymiary boków od strony zewnętrznej ~35,80 m, od strony dziedzińca ~24,20 m. Wysokość maksymalna 11,35 m. Segmenty pawilonu A wybudowane zostały z elementów systemu szkolnego uprzemysłowionego SFN.

Ściany zewnętrzne i wewnętrzne zbudowane są z elementów prefabrykowanych betonowych, z wewnętrznym podfakturowym ociepleniem pierwotnym. Ściany okienne zbudowano z elementów podokiennych tralkowych i ram okiennych. Ściany pełne z pełnych elementów prefabrykowanych. Ściany zewnętrzne narożnych fragmentów segmentów, zbudowane z kanałowych ścian wewnętrznych jednowarstwowych docieplono dobudowaną ścianką z cegły silikatowej grubości 12cm, z pustką powietrzną 4 cm.

Stropy systemowe kanałowe oparte są na ramie okiennej, zamkniętej następnym elementem podokiennym tralkowym lub na górnej specjalnie wykształconej krawędzi elementów pełnych. Nad stropami

**BUDOWA INSTALACJI FOTOWOLTAICZNYCH W BUDYNKACH: ZESPOŁU SZKÓŁ
SPORTOWYCH, TECHNICZNYCH ZAKŁADACH NAUKOWYCH, ZESPOŁU SZKÓŁ NR 2,
ZESPOŁU SZKÓŁ NR 4, GIMNAZJUM NR 4 W DĄBROWIE GÓRNICZEJ**

ostatnich kondygnacji wykształcono niewentylowane lub wentylowane, półprzeźłowe stropodachy, z ociepleniem pierwotnym wełną mineralną 4cm.

Dachy wykonane są z pianobetonowych płyt grubości 12 cm, opartych na ścianach zewnętrznych i pośrednich ściankach z bloczków gazobetonowych. Dachy kryte papami termozgrzewalnymi (nowe krycie) oraz tradycyjnymi systemami papowymi. Dachy wykształcono jako jedno lub dwuspadowe o pochyleniu połaci ~5 do 7%, zawsze z odwodnieniem zewnętrznym układem rynien i rur spustowych.

W trakcie termomodernizacji dachy pawilonu A zostały docieplone na dwa sposoby w zależności od ich budowy - częściowo granulatem z wełny mineralnej układanej w przestrzeni stropodachów, a częściowo powierzchniowo warstwą styropapy grubości 12 cm.

10.3 Energia elektryczna zużywana w budynku

Energia elektryczna w budynku wykorzystywana jest do zasilania urządzeń technicznych, w systemach oświetleniowych oraz do celów ogólnych tj. zasilania urządzeń IT, AGD i RTV. Potrzeby energetyczne budynku w zakresie energii elektrycznej pokrywane są poprzez 1 przyłączy niskiego napięcia oraz 1 przyłączy średniego napięcia. Przyłączy SN w całości wykorzystywane jest do zasilania hal warsztatowych zajmowanych przez zewnętrzne podmioty prowadzące tam swoją działalność gospodarczą. W związku z tym przyłączy to, zostało w całości wyłączone z analizy. Rozliczanie kosztów z dostawcą energii realizowane jest na podstawie odczytów indywidualnych z liczników energii. W rozpatrywanym obiekcie szkolnym usługi dystrybucji świadczone są w ramach umowy z firmą TAURON Dystrybucja S.A. w oparciu o taryfę jednostrefową C21, czyli dla odbiorców zasilanych z sieci elektroenergetycznej niskiego napięcia o mocy umownej większej od 40 kW.

Opis istniejących przyłączy energii elektrycznej:

| Opis przyłącza | Nr licznika | Grupa taryfowa | Moc umowna, kW | Odbiór energii |
|------------------------------|-------------|----------------|----------------|--|
| Przyłączy nr 1: 2041011688 | 94687665 | C21 | 66,0 | szkoła |
| Przyłączy nr 2: 274000004903 | 85226992 | B21 | 150,0 | Hale warsztatowe - wyłączone z analizy |

W kolejnej tabeli zestawiono obecne i historyczne stawki opłat za zakup i dystrybucję energii elektrycznej w ramach stosowanej w placówce grupy taryfowej C21 (stawki wg taryfy TAURON Dystrybucja S.A. i stawki za sprzedaż energii).

Tabela 10.1 Stawki dystrybucyjne i zakupu energii elektrycznej w okresie 2016 - 2017 (taryfa C21)

| Wyszczególnienie | Jednostka | Stawki 2016 (brutto) | Stawki 2017 (brutto) |
|-----------------------------------|-----------|----------------------|----------------------|
| składnik zmienny stawki sieciowej | zł/MWh | 186,84 | 186,59 |
| stawka opłaty przejściowej | zł/kW/m-c | 1,046 | 2,030 |
| składnik stały stawki sieciowej | zł/kW/m-c | 9,569 | 9,569 |
| opłata abonamentowa | zł/m-c | 12,3 | 12,3 |
| opłata handlowa | zł/m-c | 0 | 0 |
| cena - energia elektryczna | zł/MWh | 260,23 | 283,88 |

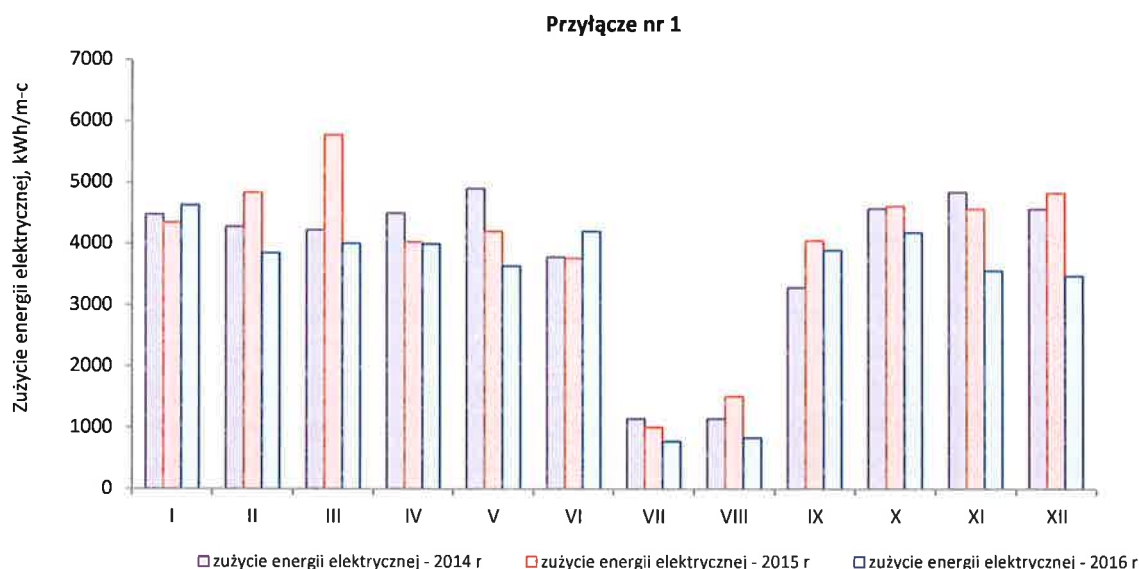
Według bieżących stawek taryfowych tj. na 2017 rok, stosowanych przy rozliczaniu kosztów energii elektrycznej, jej cena jednostkowa obejmująca cenę energii elektrycznej, składnik zmienny stawki sieciowej, stawkę jakościową kształtuje się na poziomie 470,47 zł za megawatogodzinę (brutto).

Koszty stałe, niezależne od zużycia energii, wynikają wprost z wielkości mocy zamówionej oraz stawek: składnik stały stawki sieciowej; stawka opłaty przejściowej. Wartość tych kosztów w ramach obowiązującej taryfy jest niezmienna i wynosi obecnie: 765,53 zł/mc. Koszty obsługi, czyli abonament, związany

BUDOWA INSTALACJI FOTOWOLTAICZNYCH W BUDYNKACH: ZESPOŁU SZKÓŁ SPORTOWYCH, TECHNICZNYCH ZAKŁADACH NAUKOWYCH, ZESPOŁU SZKÓŁ NR 2, ZESPOŁU SZKÓŁ NR 4, GIMNAZJUM NR 4 W DĄBROWIE GÓRNICZEJ

z posiadanym przyłączem wynosi 12,30 zł na miesiąc. Podsumowując, roczne koszty stałe, niezależne od zużycia energii wynoszą dla przyłącza nr 1: 9 333,93 zł (brutto).

Rozliczanie zużycia energii elektrycznej odbywa się raz na miesiąc. Szczegółowe dane dotyczące miesięcznych okresów rozliczeniowych latach 2014 - 2016 obejmujące zużycie energii elektrycznej pokazano na kolejnym wykresie (rys. 10.1).



Rysunek 10.2 Zużycie i koszty energii elektrycznej w latach 2014 - 2016 dla przyłącza nr 1

10.4 Dobór mocy systemu fotowoltaicznego

Na podstawie przeprowadzonej diagnozy, przewiduje się, jako optymalną, lokalizację paneli fotowoltaicznych na dachu pawilonu A, na częściach dachów ocieplonych granulatami z wełny mineralnej układanej w przestrzeni międzystropowej. Dachy wykonane są z pianobetonowych płyt grubości 12 cm, opartych na ścianach zewnętrznych i pośrednich ściankach z bloczków gazobetonowych. Dachy wykształcono jako jedno lub dwuspadowe o pochyleniu połaci ~5 do 7%, zawsze z odwodnieniem zewnętrznym układem rynien i rur spustowych. W trakcie termomodernizacji dachy pawilonu A zostały docieplone na dwa sposoby w zależności od ich budowy - częściowo granulatami z wełny mineralnej układanej w przestrzeni stropodachów, a częściowo powierzchniowo warstwą styropapy grubości 12 cm. Wykonano również nowe pokrycia z papy termozgrzewalnej.

Przeprowadzono analizę techniczno-ekonomiczną dla zastosowania układu ogniw fotowoltaicznych (PV) w budynku w wariantcie o mocy instalacji ok. 40 kW, które pracują na pokrycie zapotrzebowania na energię elektryczną w części sportowej szkoły, a ewentualne nadwyżki energii nie będą sprzedawane do sieci elektroenergetycznej.

ZAŁOŻENIA DO OBLICZEŃ:

- dobór mocy układ PV na poziomie ok. 40 kW przeprowadzono w oparciu o dostępne dane o zużyciu energii elektrycznej w budynku, dostępną powierzchnię dachu oraz przy uwzględnieniu definicji mikroinstalacji OZE określonej w Ustawie Prawo energetyczne, co wskazało na możliwości zastosowania układu PV o łącznej mocy ok. 40 kWp (moc w pik, czyli moc osiągnięta przez system w okresie największego natężenia promieniowania słonecznego) i powierzchni około 250 m²,
- uniknięty koszt jednostkowy energii elektrycznej (brutto) zużywanej w analizowanym przyłączy do którego włączona zostanie instalacja PV w stanie obecnym wynosi: 470,47 zł/MWh,

BUDOWA INSTALACJI FOTOWOLTAICZNYCH W BUDYNKACH: ZESPOŁU SZKÓŁ SPORTOWYCH, TECHNICZNYCH ZAKŁADACH NAUKOWYCH, ZESPOŁU SZKÓŁ NR 2, ZESPOŁU SZKÓŁ NR 4, GIMNAZJUM NR 4 W DĄBROWIE GÓRNICZEJ

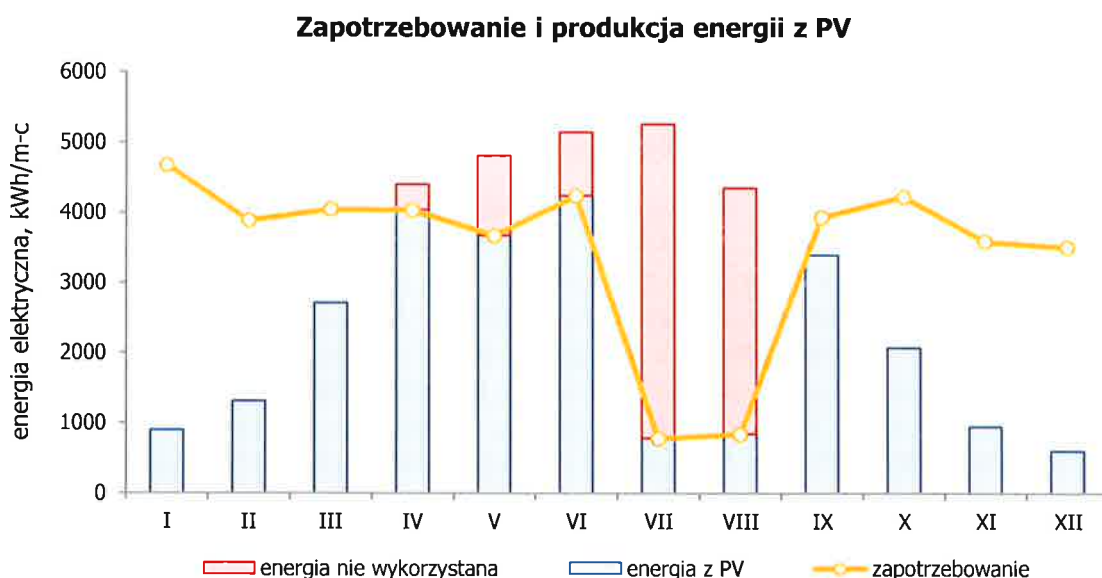
- ewentualne nadwyżki energii, które mogą pojawić się w momentach mniejszego zapotrzebowania na energię względem chwilowej produkcji, będą blokowane w związku z tym nie będą odsprzedawane będą do sieci.

POZOSTAŁE ZAŁOŻENIA:

- przeprowadzono analizę dla ogniw fotowoltaicznych o sprawności nie niższej niż 16%;
- przeprowadzono analizę opłacalności w przypadku dofinansowania przedsięwzięcia ze środków RPO WSL 2014-2020, który zakłada wsparcie dla instalacji OZE produkujących energię elektryczną w postaci dotacji do 85% kosztów kwalifikowanych.

10.5 Obliczenia rocznej produkcji energii elektrycznej

Obliczenia dotyczące określenia wielkości produkcji energii elektrycznej przez system fotowoltaiczny przeprowadzono w oparciu o matematyczny model obliczeniowy firmy Valentin Software GmbH (algorytm PV*SOL). Uzysk rzeczywisty instalacji solarnej może być inny niż obliczeniowy, ze względu na wahania pogodowe, współczynniki sprawności modułów oraz falownika jak również inne czynniki. Oszacowana roczna produkcja energii elektrycznej z systemu PV kształtuje się na poziomie 35,9 MWh. Wielkość produkcji energii elektrycznej w odniesieniu do prognozowanego zapotrzebowania energii elektrycznej (przyjęte na podstawie faktycznych zużyć) w przyłączy szkolnym w poszczególnych miesiącach roku pokazano na poniższym rysunku.



Rysunek 10.3 Szacowana, miesięczna produkcja energii elektrycznej przez system fotowoltaiczny oraz zapotrzebowanie energii elektrycznej w części sportowej budynku

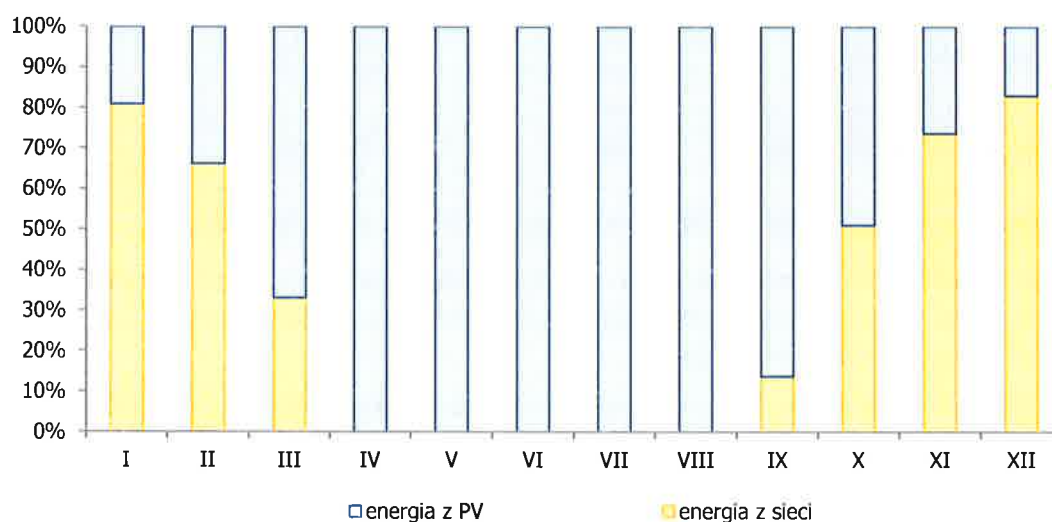
W kolejnej tabeli przedstawiono szczegółowe wielkości zapotrzebowania na energię elektryczną, wielkość produkcji wynikającą z przyjętej konfiguracji urządzeń, z uwzględnieniem sprawności systemu, strat, wielkości promieniowania słonecznego, a także ilość energii własnej możliwej do zagospodarowania na potrzeby własne obiektu.

BUDOWA INSTALACJI FOTOWOLTAICZNYCH W BUDYNKACH: ZESPOŁU SZKÓŁ SPORTOWYCH, TECHNICZNYCH ZAKŁADACH NAUKOWYCH, ZESPOŁU SZKÓŁ NR 2, ZESPOŁU SZKÓŁ NR 4, GIMNAZJUM NR 4 W DĄBROWIE GÓRNICZEJ

Tabela 10.2 Zapotrzebowanie i produkcja własna energii z PV na potrzeby części sportowej TZN

| | | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | RAZEM |
|--------------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Zapotrzebowanie na energię el. | MWh | 4,7 | 3,9 | 4,1 | 4,0 | 3,7 | 4,2 | 0,8 | 0,8 | 3,9 | 4,2 | 3,6 | 3,5 | 41,5 |
| Maksymalna produkcja z PV | MWh | 0,90 | 1,32 | 2,71 | 4,41 | 4,81 | 5,15 | 5,27 | 4,35 | 3,40 | 2,07 | 0,95 | 0,60 | 35,9 |
| Nadwyżka/ niedobór produkcji | MWh | -3,8 | -2,6 | -1,3 | 0,4 | 1,1 | 0,9 | 4,5 | 3,5 | -0,5 | -2,2 | -2,6 | -2,9 | -5,6 |
| Energia z PV wykorzystana | MWh | 0,9 | 1,3 | 2,7 | 4,0 | 3,7 | 4,2 | 0,8 | 0,8 | 3,4 | 2,1 | 0,9 | 0,6 | 25,5 |
| Energia z PV niewykorzystana | MWh | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,4 | 1,1 | 0,9 | 4,5 | 3,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 10,4 |

Własna energia, wytwarzaną w instalacji fotowoltaicznej jest w stanie pokryć ok. 61,6% zapotrzebowania na energię elektryczną wybranego przyłącza. Najmniejszy udział w pokryciu potrzeb występuje w grudniu, ok. 17,1%, a największy w okresie od kwietnia do sierpnia - 100%. Więcej szczegółów przedstawia kolejny wykres.



Rysunek 10.4 Udział w pokryciu zapotrzebowania na energię elektryczną przez instalację fotowoltaiczną w TZN

10.6 Bilans energetyczny / bilans korzyści

W dalszej części, wyznaczone dla rozpatrywanego przedsięwzięcia, oszczędności energii zestawiono z zapotrzebowaniem energii elektrycznej analizowanego przyłącza w budynku, przyjętym na podstawie dostępnych faktur danych o rzeczywistym zużyciu tego nośnika. Wyniki przedstawiono w tabeli 10.3.

W tabeli 10.4 pokazano natomiast szacunkowe zmiany w kosztach ponoszonych na energię elektryczną przy założeniu zrealizowania przedsięwzięcia modernizacyjnego.

Ponieważ produkcja energii elektrycznej z systemu PV, jest mniejsza niż zapotrzebowanie na energię elektryczną wybranego przyłącza budynku, w części okresów rozliczeniowych nie występują nadwyżki możliwej produkcji. W rzeczywistości z pewnością takie nadwyżki wystąpią, lecz ze względu na brak danych szczegółowych dotyczących np. 15 min. poborów mocy przez przyłącze, nie można określić chwilowych potrzeb jak i wielkości tych nadwyżek.

AUDYT ENERGETYCZNY**BUDOWA INSTALACJI FOTOWOLTAICZNYCH W BUDYNKACH: ZESPOŁU SZKÓŁ SPORTOWYCH, TECHNICZNYCH ZAKŁADACH NAUKOWYCH, ZESPOŁU SZKÓŁ NR 2, ZESPOŁU SZKÓŁ NR 4, GIMNAZJUM NR 4 W DĄBROWIE GÓRNICZEJ****Tabela 10.3 Bilans zużycia i produkcji energii elektrycznej dla przedsięwzięcia związanego z montażem systemu fotowoltaicznego o mocy 40 kW**

| Zużywany nośnik energii | Stan bazowy | Po modernizacji | |
|---|---------------------------|---|--|
| | Zużycie energii sieciowej | Pokrycie potrzeb energią wyprodukowaną przez PV | Zużycie energii sieciowej oraz własnej |
| | MWh/rok | MWh/rok | MWh/rok |
| energia elektryczna dostarczona z sieci | 41,50 | 0 | 15,95 |
| energia elektryczna z PV dostarczona do obiektu | - | 25,55 | 25,55 |
| energia elektryczna - łącznie | 41,50 | 25,547 | 41,50 |

Tabela 10.4 Bilans kosztów zmiennych (sprzedaż + dystrybucja) za użytkowanie energii elektrycznej w stanie przed i po modernizacji

| Zużywany nośnik energii | Stan bazowy | Po modernizacji | Uniknięte koszty zakupu energii brutto |
|---|--|---|--|
| | Koszt zakupu energii elektrycznej brutto | Koszty zakupu energii elektrycznej brutto | |
| | zł/rok | zł/rok | |
| energia elektryczna dostarczona z sieci | 19 890,95 | 7 646,27 | 12 244,68 |

10.7 Uzasadnienie ekonomiczne proponowanego rozwiązania

W zakres zadania wchodzi zakup, dostawa i montaż systemu fotowoltaicznego o powierzchni paneli ok. 250 m² i mocy ok. 40 kWp. Koszt inwestycji przyjęto na poziomie 282 702,00 zł (brutto). Poniżej zestawiono podstawowe elementy kosztowe inwestycji.

Tabela 10.5 Zestawienie kosztów podstawowych elementów budowy systemu fotowoltaicznego

| Lp. | Pozycja | jedn. | ilość | | koszt netto | koszt brutto |
|-----|------------------------------|-------|----------|-----------|-------------|--------------|
| 1 | Optymalizatory | szt. | 75 | 287,00 | 21 525,00 | 26 475,75 |
| 2 | Falowniki | kpl | 5 | 29 064,00 | 48 038,00 | 59 086,74 |
| 3 | System monitoringu SolarEdge | kpl | 1 | 10 600,00 | 10 600,00 | 13 038,00 |
| 4 | Przekładniki prądowe nN | szt. | 3 | 300,00 | 900,00 | 1 107,00 |
| 5 | Panele fotowoltaiczne | szt. | 150 | 565,00 | 84 750,00 | 104 242,50 |
| 6 | Rozdzielnice | szt. | 12 | 6 255,00 | 10 080,00 | 12 398,40 |
| 7 | Konstrukcja wsporcza | szt. | 150 | 167,40 | 25 110,00 | 30 885,30 |
| 8 | Kable | m | 832,0 | 181,44 | 35 944,48 | 44 211,71 |
| 9 | Materiały pomocnicze | - | | | 17 549,75 | 21 586,19 |
| 10 | Uruchomienie instalacji. | kpl | 1 | 2 000,00 | 2 000,00 | 2 460,00 |
| 11 | Zestawienie sprzętu | m-g | 17,18 | 44,26 | 760,37 | 935,25 |
| 12 | Koszty robocizny | r-g | 2 047,52 | 15,39 | 31 511,33 | 38 758,94 |
| 13 | RAZEM | | | | 288 768,93 | 355 185,78 |

Wskaźniki ekonomiczne wyznaczono przy założeniu stopy dyskonta na poziomie 4,0% oraz okresu analizy na poziomie 25 lat. W kosztach eksploatacyjnych uwzględniono konieczność wymiany falowników po 10 latach eksploatacji. Wyniki analizy ekonomicznej pokazano w poniższych zestawieniach, przy finansowaniu wyłącznie ze środków własnych gminy oraz z potencjalną dotacją 85% kosztów kwalifikowanych.

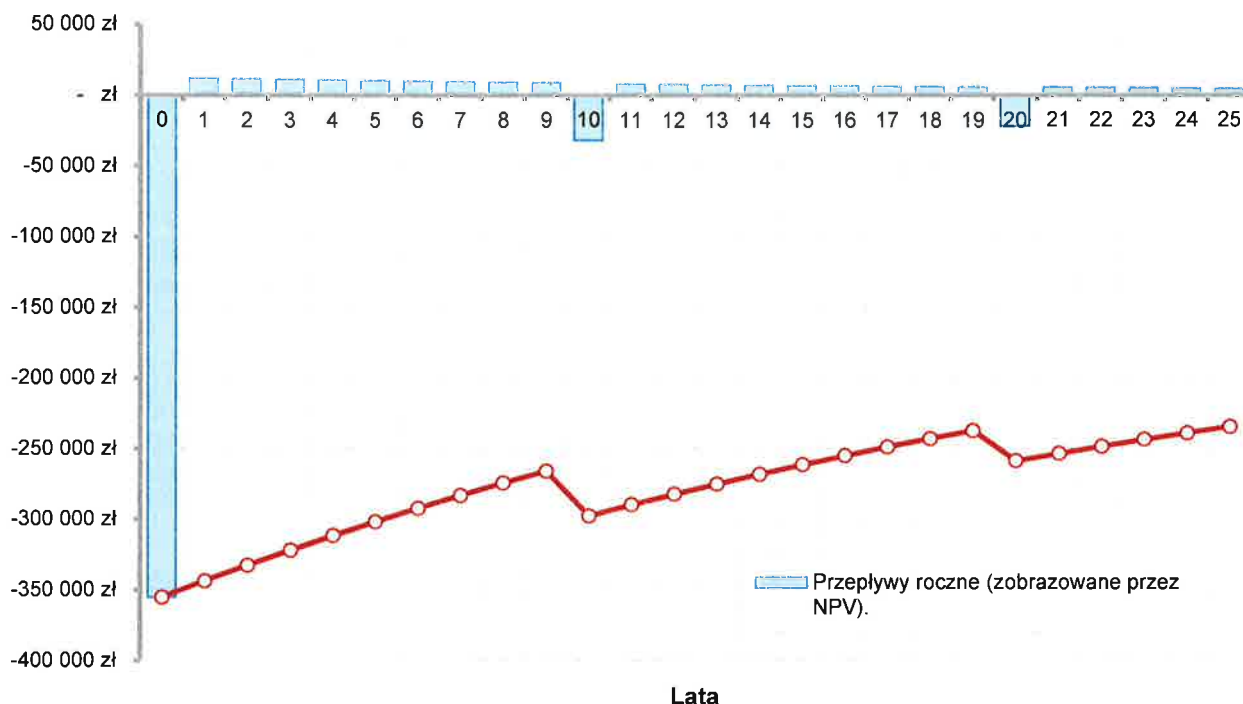
AUDYT ENERGETYCZNY

BUDOWA INSTALACJI FOTOWOLTAICZNYCH W BUDYNKACH: ZESPOŁU SZKÓŁ SPORTOWYCH, TECHNICZNYCH ZAKŁADACH NAUKOWYCH, ZESPOŁU SZKÓŁ NR 2, ZESPOŁU SZKÓŁ NR 4, GIMNAZJUM NR 4 W DĄBROWIE GÓRNICZEJ

| Stan porównywany | | Nakłady brutto | Koszt energii elektrycznej | Oszczędności kosztów | SPBT | NPV (r=3,0%, 25 lat) | IRR |
|------------------------------------|-----------------|----------------|----------------------------|----------------------|-------|----------------------|------|
| | | zł | zł/rok | zł/rok | lata | zł | % |
| istniejący | - | - | 19 524,55 | - | - | - | - |
| docelowy - zakup energii z sieci | bez dotacji | 355 185,78 | 7 505,42 | 12 019,13 | 29,55 | -234 305 | - |
| docelowy - produkcja energii PV | | | 0,00 | | | | |
| docelowy - nadprodukcja energii PV | | | 0,00 | | | | |
| docelowy - zakup energii z sieci | z dotacją 69,1% | 109 732,19 | 7 505,42 | 12 019,13 | 9,13 | 11 128 | 5,12 |
| docelowy - produkcja energii PV | | | 0,00 | | | | |
| docelowy - nadprodukcja energii PV | | | 0,00 | | | | |

Dla przeprowadzonej analizy uzyskano prosty czas zwrotu inwestycji na poziomie 29,6 lat przy założeniu zaangażowania tylko środków własnych Gminy, co oznacza, że projekt należy uznać za nieopłacalny.

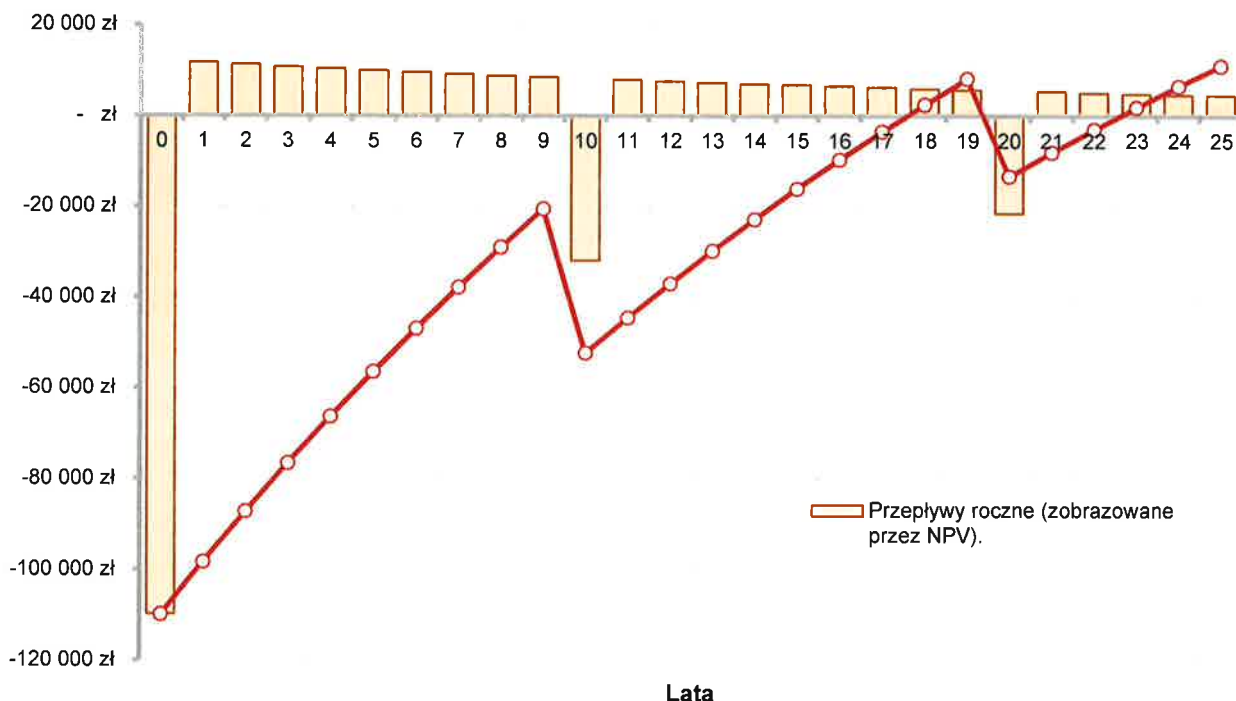
Przy pozyskaniu dotacji na przedmiotową inwestycję w wysokości 85% kosztów kwalifikowanych (tj. wartości netto kosztów kwalifikowanych inwestycji - jako koszt niekwalifikowany przyjęto dodatkowe prace budowlane związane z pokryciem dachowym), w ramach działań finansowanych z RPO WD dla Działania 4.1 Odnawialne źródła energii, przedsięwzięcie charakteryzuje się czasem zwrotu na poziomie 9,13 roku, co nadal czyni je mało opłacalnym. Niemniej odniesieniu do czasu życia instalacji, który dla układów bez urządzeń do magazynowania energii (akumulatorów) przyjmuje się na poziomie 25 lat, jest to zadowalający wskaźnik, a inwestycja tego typu może okazać się dla Inwestora interesująca.



Rysunek 10.5 Wykres skumulowanych przepływów pieniężnych oraz NPV - bez dotacji

AUDYT ENERGETYCZNY

BUDOWA INSTALACJI FOTOWOLTAICZNYCH W BUDYNKACH: ZESPOŁU SZKÓŁ SPORTOWYCH, TECHNICZNYCH ZAKŁADACH NAUKOWYCH, ZESPOŁU SZKÓŁ NR 2, ZESPOŁU SZKÓŁ NR 4, GIMNAZJUM NR 4 W DĄBROWIE GÓRNICZEJ



Rysunek 10.6 Wykres skumulowanych przepływów pieniężnych oraz NPV - z dotacją

10.8 Przewidywane wyniki dla proponowanego rozwiązania

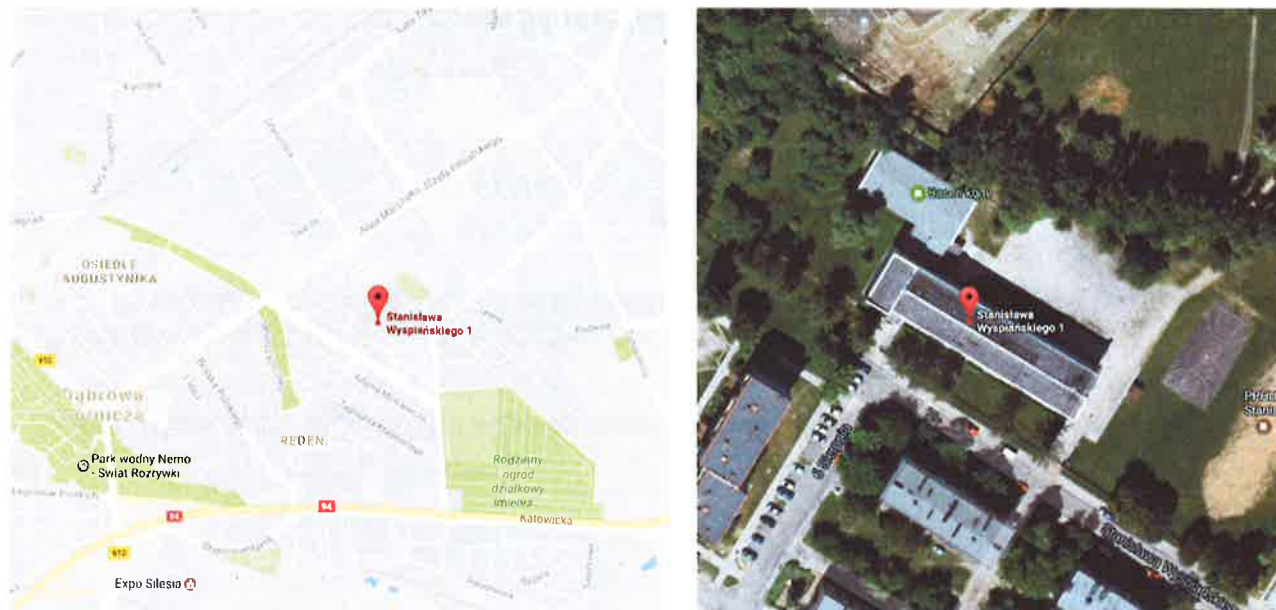
Poniżej omówiono wyniki związane z potencjalnym wdrożeniem w obiekcie rozpatrywanego przedsięwzięcia inwestycyjnego. Efekt ekologiczny określono dla obniżenia emisji gazów cieplarnianych poprzez redukcję emisji dwutlenku węgla (CO_2). Przyjęty do obliczeń emisji wskaźnik dla energii elektrycznej zgodnie z aktualnym opracowaniem Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami „Wskaźniki emisyjności CO_2 , SO_2 , NO_x , CO i TSP dla energii elektrycznej na podstawie informacji zawartych w Krajowej bazie o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji za 2015 rok” wynosi: **798 kg CO_2 /MWh**.

| Rodzaj efektu | Opis |
|--------------------|---|
| Efekty rzeczowe | dostawa i montaż systemu fotowoltaicznego o powierzchni ogniw ok. 250 m ² i mocy ok. 40 kWp. Układ obejmuje kompletny system, w tym panele fotowoltaiczne wraz z systemem montażowym, okablowaniem wraz z konektorami, falownikami oraz systemem wizualizacji. |
| Efekt energetyczny | produkcja energii elektrycznej na potrzeby obiektu ze źródła odnawialnego w ilości: około 25,55 MWh/rok |
| Efekt ekologiczny | obniżenie emisji CO_2 o: około 20,39 ton/rok. |
| Efekty dodatkowe | <ul style="list-style-type: none"> częściowe uniezależnienie się od dostaw energii elektrycznej z krajowego systemu elektroenergetycznego – wzrost bezpieczeństwa zasilania, obniżenie kosztów funkcjonowania obiektu, wzrost świadomości ekologicznej użytkowników szkoły na temat alternatywnych źródeł energii. |

11. Analiza techniczno-ekonomiczna wykorzystania ogniw fotowoltaicznych w budynku Gimnazjum nr 4

11.1 Lokalizacja obiektu

Budynek Gimnazjum nr 4 objęty analizą, znajduje się w Dąbrowie Górniczej przy ul. Stanisława Wyspiańskiego 1. Lokalizację budynku pokazano na poniższym rysunku.



Rysunek 11.1 Lokalizacja budynku szkoły

11.2 Podstawowe dane o budynku

Budynek Gimnazjum nr 4 jest obiektem użyteczności publicznej o funkcji oświatowej, stanowiącym własność Gminy Dąbrowa Górnicza. Obiekt składa się z trzech segmentów. W pierwszym trzykondygnacyjnym segmencie usytuowana jest część edukacyjna, w drugim niższym usytuowana jest sala gimnastyczna oraz basen. Oba te segmenty połączone są trzecim segmentem w formie dwukondygnacyjnej przewiązki.

Budynek wzniesiony na podstawie zaadaptowanego projektu typowego w technologii uprzemysłowionej, prefabrykowanej, wieloblokowej SFN. Konstrukcja budynku z elementów prefabrykowanych typ SFN, układ ścian podłużny.

Przekrycie dachowe stanowią płyty pianobetonowe prefabrykowane, oparte na ścianach zewnętrznych oraz na belkach żelbetowych, mocowanych w ścianach zewnętrznych. Dach kryty papą termozgrzewalną (nowe krycie). Stropodach wentylowany ze spadkami połaci dachowych skierowanymi na zewnątrz odwodnieniem zewnętrznym układem rynien i rur spustowych. Na krótszych bokach attyka.

Budynek w ostatnich latach został poddany termomodernizacji – warstwa wełny mineralnej granulowanej gr. 16 cm ułożona została w przestrzeni stropodachu wentylowanego.

**BUDOWA INSTALACJI FOTOWOLTAICZNYCH W BUDYNKACH: ZESPOŁU SZKÓŁ
SPORTOWYCH, TECHNICZNYCH ZAKŁADACH NAUKOWYCH, ZESPOŁU SZKÓŁ NR 2,
ZESPOŁU SZKÓŁ NR 4, GIMNAZJUM NR 4 W DĄBROWIE GÓRNICZEJ**

11.3 Energia elektryczna zużywana w budynku

Energia elektryczna w budynku wykorzystywana jest do zasilania urządzeń technicznych krytej pływalni, w systemach oświetleniowych oraz do celów ogólnych tj. zasilania urządzeń IT, AGD i RTV. Potrzeby energetyczne budynku w zakresie energii elektrycznej pokrywane są poprzez 1 przyłączy niskiego napięcia. Rozliczanie kosztów z dostawcą energii realizowane jest na podstawie odczytów indywidualnych z liczników energii. W rozpatrywanym obiekcie usługi dystrybucji świadczone są w ramach umowy z firmą TAURON Dystrybucja S.A. w oparciu o taryfę jednostrefową C21, czyli dla odbiorców zasilanych z sieci elektroenergetycznej niskiego napięcia o mocy umownej większej od 40 kW.

Opis istniejących przyłączy energii elektrycznej:

| Opis przyłącza | Nr licznika | Grupa taryfowa | Moc umowna, kW | Odbiór energii |
|---------------------------|-------------|----------------|----------------|----------------|
| Przyłącze nr 1: 204001496 | 96487869 | C21 | 65 | szkoła |

W kolejnej tabeli zestawiono obecne i historyczne stawki opłat za zakup i dystrybucję energii elektrycznej w ramach stosowanej w placówce grupy taryfowej C21 (stawki wg taryfy TAURON Dystrybucja S.A. i stawki za sprzedaż energii).

Tabela 11.1 Stawki dystrybucyjne i zakupu energii elektrycznej w okresie 2016 - 2017 (taryfa C21)

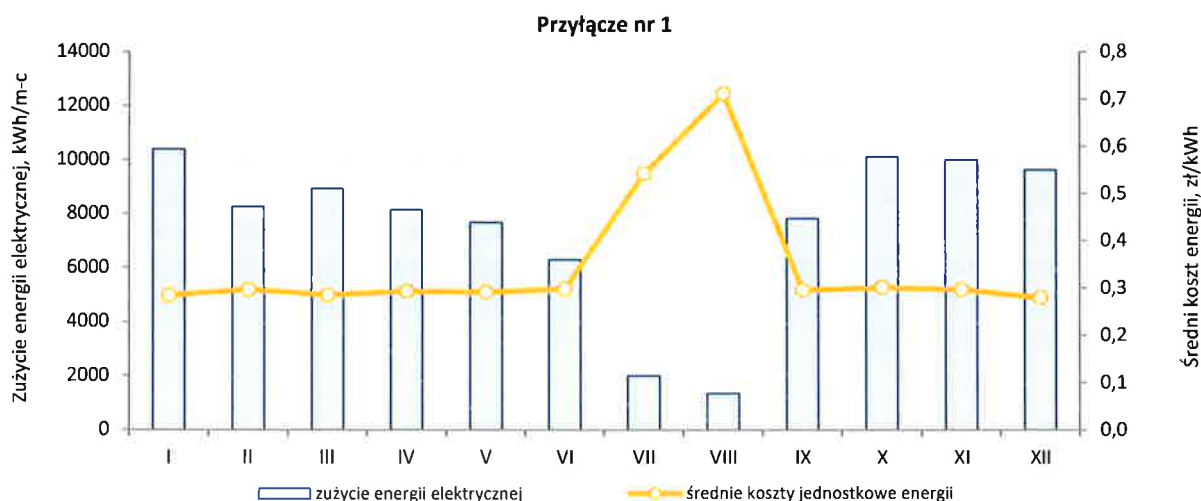
| Wyszczególnienie | Jednostka | Stawki 2016 (brutto) | Stawki 2017 (brutto) |
|-----------------------------------|-----------|-------------------------|-------------------------|
| składnik zmienny stawki sieciowej | zł/MWh | 186,84 | 186,59 |
| stawka opłaty przejściowej | zł/kW/m-c | 1,046 | 2,030 |
| składnik stały stawki sieciowej | zł/kW/m-c | 9,569 | 9,569 |
| opłata abonamentowa | zł/m-c | 12,3 | 12,3 |
| opłata handlowa | zł/m-c | 0 | 0 |
| cena - energia elektryczna | zł/MWh | 260,23 | 283,88 |

Według bieżących stawek taryfowych tj. na 2017 rok, stosowanych przy rozliczaniu kosztów energii elektrycznej, jej cena jednostkowa obejmująca cenę energii elektrycznej, składnik zmienny stawki sieciowej, stawkę jakościową kształtuje się na poziomie 470,47 zł za megawatogodzinę (brutto).

Koszty stałe, niezależne od zużycia energii, wynikają wprost z wielkości mocy zamówionej oraz stawek: składnik stały stawki sieciowej; stawka opłaty przejściowej. Wartość tych kosztów w ramach obowiązującej taryfy jest niezmienna i wynosi obecnie: 753,93 zł/mc. Koszty obsługi, czyli abonament, związany z posiadanym przyłączem wynosi 12,30 zł na miesiąc. Podsumowując, roczne koszty stałe, niezależne od zużycia energii wynoszą dla przyłącza 9 194,74 zł (brutto).

Rozliczanie zużycia energii elektrycznej odbywa się raz na miesiąc. Szczegółowe dane dotyczące miesięcznych okresów rozliczeniowych dla 2016 roku obejmujące zużycie energii elektrycznej wraz z kosztami jednostkowymi jej użytkowania (brutto) pokazano na kolejnym wykresie (rys. 11.2).

BUDOWA INSTALACJI FOTOWOLTAICZNYCH W BUDYNKACH: ZESPOŁU SZKÓŁ SPORTOWYCH, TECHNICZNYCH ZAKŁADACH NAUKOWYCH, ZESPOŁU SZKÓŁ NR 2, ZESPOŁU SZKÓŁ NR 4, GIMNAZJUM NR 4 W DĄBROWIE GÓRNICZEJ



Rysunek 11.2 Zużycie i koszty energii elektrycznej w 2016 roku

11.4 Dobór mocy systemu fotowoltaicznego

Na podstawie przeprowadzonej diagnozy, przewiduje się, jako optymalną, lokalizację paneli fotowoltaicznych na dachu trzykondygnacyjnego segmentu edukacyjnego. Dachy stanowią płyty pianobetonowe prefabrykowane, oparte na ścianach zewnętrznych oraz na belkach żelbetonowych, mocowanych w ścianach zewnętrznych. Dach kryty papą termozgrzewalną. Stropodach wentylowany ze spadkami połąci dachowych skierowanymi na zewnątrz odwodnieniem zewnętrznym układem rynien i rur spustowych. Na krótszych bokach attyka.

Przeprowadzono analizę techniczno-ekonomiczną dla zastosowania układu ogniw fotowoltaicznych (PV) w budynku w wariancie o mocy instalacji 27 kW, które pracują na pokrycie zapotrzebowania na energię elektryczną w części sportowej szkoły, a ewentualne nadwyżki energii nie będą sprzedawane do sieci elektroenergetycznej. Rzeczywisty pobór mocy w miesiącach 2016 r. na przyłączy zasilającym pływalnię oraz salę gimnastyczną, cechował się niewyrównanym poziomem w zakresie od 10 kW do 48 kW.

ZAŁOŻENIA DO OBLICZEŃ:

- dobór mocy układ PV na poziomie ok. 27 kW przeprowadzono w oparciu o dostępne dane o zużyciu energii elektrycznej w budynku, dostępną powierzchnię dachu oraz przy uwzględnieniu definicji mikroinstalacji OZE określonej w Ustawie Prawo energetyczne, co wskazało na możliwości zastosowania układu PV o łącznej mocy ok. 40 kWp (moc w pik, czyli moc osiągnięta przez system w okresie największego natężenia promieniowania słonecznego) i powierzchni około 170 m²,
- uniknięty koszt jednostkowy energii elektrycznej (brutto) zużywanej w analizowanym przyłączy do którego włączona zostanie instalacja PV w stanie obecnym wynosi: 470,47 zł/MWh,
- ewentualne nadwyżki energii, które mogą pojawić się w momentach mniejszego zapotrzebowania na energię względem chwilowej produkcji, będą blokowane w związku z tym nie będą odsprzedawane będą do sieci.

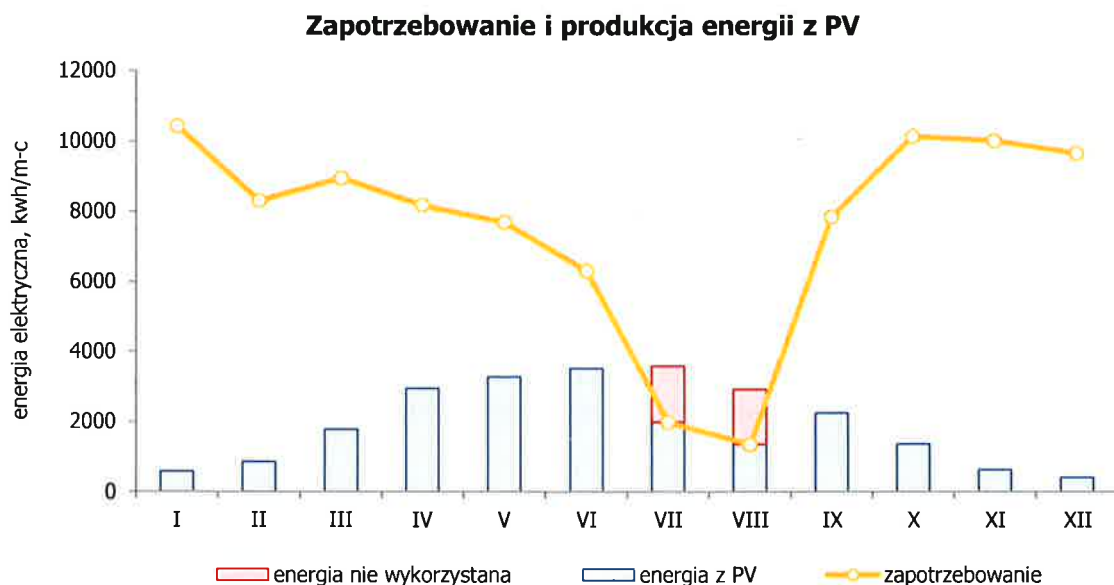
POZOSTAŁE ZAŁOŻENIA:

- przeprowadzono analizę dla ogniw fotowoltaicznych o sprawności nie niższej niż 16%;
- przeprowadzono analizę opłacalności w przypadku dofinansowania przedsięwzięcia ze środków RPO WSL 2014-2020, który zakłada wsparcie dla instalacji OZE produkujących energię elektryczną w postaci dotacji do 85% kosztów kwalifikowanych.

BUDOWA INSTALACJI FOTOWOLTAICZNYCH W BUDYNKACH: ZESPOŁU SZKÓŁ SPORTOWYCH, TECHNICZNYCH ZAKŁADACH NAUKOWYCH, ZESPOŁU SZKÓŁ NR 2, ZESPOŁU SZKÓŁ NR 4, GIMNAZJUM NR 4 W DĄBROWIE GÓRNICZEJ

11.5 Obliczenia rocznej produkcji energii elektrycznej

Obliczenia dotyczące określenia wielkości produkcji energii elektrycznej przez system fotowoltaiczny przeprowadzono w oparciu o matematyczny model obliczeniowy firmy Valentin Software GmbH (algorytm PV*SOL). Uzysk rzeczywisty instalacji solarnej może być inny niż obliczeniowy, ze względu na wahania pogodowe, współczynniki sprawności modułów oraz falownika jak również inne czynniki. Oszacowana roczna produkcja energii elektrycznej z systemu PV kształtuje się na poziomie 24,2 MWh. Wielkość produkcji energii elektrycznej w odniesieniu do prognozowanego zapotrzebowania energii elektrycznej (przyjęte na podstawie faktycznych zużyć) w przyłączy basenu i sali gimnastycznej w poszczególnych miesiącach roku pokazano na poniższym rysunku.



Rysunek 11.3 Szacowana, miesięczna produkcja energii elektrycznej przez system fotowoltaiczny oraz zapotrzebowanie energii elektrycznej w części sportowej budynku

W kolejnej tabeli przedstawiono szczegółowe wielkości zapotrzebowania na energię elektryczną, wielkość produkcji wynikającą z przyjętej konfiguracji urządzeń, z uwzględnieniem sprawności systemu, strat, wielkości promieniowania słonecznego, a także ilość energii własnej możliwej do zagospodarowania na potrzeby własne obiektu.

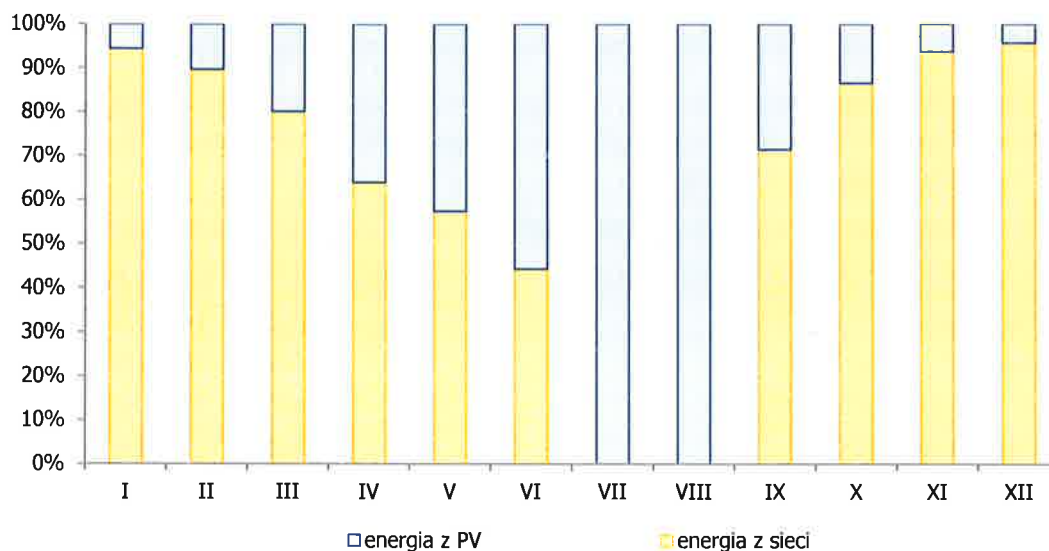
Tabela 11.2 Zapotrzebowanie i produkcja własna energii z PV na potrzeby części sportowej G-1

| | | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | RAZEM |
|--------------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Zapotrzebowanie na energię el. | MWh | 10,4 | 8,3 | 9,0 | 8,2 | 7,7 | 6,3 | 2,0 | 1,4 | 7,9 | 10,1 | 10,0 | 9,7 | 91,0 |
| Maksymalna produkcja z PV | MWh | 0,58 | 0,86 | 1,79 | 2,95 | 3,29 | 3,52 | 3,60 | 2,93 | 2,25 | 1,37 | 0,63 | 0,41 | 24,2 |
| Nadwyżka/ niedobór produkcji | MWh | -9,9 | -7,5 | -7,2 | -5,2 | -4,4 | -2,8 | 1,6 | 1,6 | -5,6 | -8,8 | -9,4 | -9,3 | -66,8 |
| Energia z PV wykorzystana | MWh | 0,6 | 0,9 | 1,8 | 3,0 | 3,3 | 3,5 | 2,0 | 1,4 | 2,3 | 1,4 | 0,6 | 0,4 | 21,0 |
| Energia z PV niewykorzystana | MWh | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,6 | 1,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,2 |

Własna energia, wytwarzaną w instalacji fotowoltaicznej jest w stanie pokryć ok. 23,1% zapotrzebowania na energię elektryczną obiektu. Najmniejszy udział w pokryciu potrzeb występuje w grudniu, ok. 4,3%, a największy w lipcu i sierpniu - 100%. Więcej szczegółów przedstawia kolejny wykres.

AUDYT ENERGETYCZNY

BUDOWA INSTALACJI FOTOWOLTAICZNYCH W BUDYNKACH: ZESPOŁU SZKÓŁ SPORTOWYCH, TECHNICZNYCH ZAKŁADACH NAUKOWYCH, ZESPOŁU SZKÓŁ NR 2, ZESPOŁU SZKÓŁ NR 4, GIMNAZJUM NR 4 W DĄBROWIE GÓRNICZEJ



Rysunek 11.4 Udział w pokryciu zapotrzebowania na energię elektryczną przez instalację fotowoltaiczną w G-1

11.6 Bilans energetyczny / bilans korzyści

W dalszej części, wyznaczone dla rozpatrywanego przedsięwzięcia, oszczędności energii zestawiono z zapotrzebowaniem energii elektrycznej analizowanego przyłącza w budynku, przyjętym na podstawie dostępnych faktur danych o rzeczywistym zużyciu tego nośnika. Wyniki przedstawiono w tabeli 11.3.

W tabeli 11.4 pokazano natomiast szacunkowe zmiany w kosztach ponoszonych na energię elektryczną przy założeniu zrealizowania przedsięwzięcia modernizacyjnego.

Ponieważ produkcja energii elektrycznej z systemu PV, jest mniejsza niż zapotrzebowanie na energię elektryczną wybranego przyłącza budynku, w części okresów rozliczeniowych nie występują nadwyżki możliwej produkcji. W rzeczywistości z pewnością takie nadwyżki wystąpią, lecz ze względu na brak danych szczegółowych dotyczących np. 15 min. poborów mocy przez przyłącze, nie można określić chwilowych potrzeb jak i wielkości tych nadwyżek.

Tabela 11.3 Bilans zużycia i produkcji energii elektrycznej dla przedsięwzięcia związanego z montażem systemu fotowoltaicznego o mocy 27 kW

| Zużywany nośnik energii | Stan bazowy | Po modernizacji | |
|---|---------------------------|---|--|
| | Zużycie energii sieciowej | Pokrycie potrzeb energią wyprodukowaną przez PV | Zużycie energii sieciowej oraz własnej |
| | MWh/rok | MWh/rok | MWh/rok |
| energia elektryczna dostarczona z sieci | 91,00 | 0 | 69,99 |
| energia elektryczna z PV dostarczona do obiektu | - | 21,01 | 21,01 |
| energia elektryczna - łącznie | 91,00 | 21,01 | 91,00 |

Tabela 11.4 Bilans kosztów zmiennych (sprzedaż + dystrybucja) za użytkowanie energii elektrycznej w stanie przed i po modernizacji

| Zużywany nośnik energii | Stan bazowy | Po modernizacji | Uniknięte koszty zakupu energii brutto |
|---|--|---|--|
| | Koszt zakupu energii elektrycznej brutto | Koszty zakupu energii elektrycznej brutto | |
| | zł/rok | zł/rok | |
| energia elektryczna dostarczona z sieci | 42 812,86 | 32 926,43 | 9 886,43 |