

AUDYT ENERGETYCZNY

zastosowania instalacji fotowoltaicznej



Adres budynku	ulica: Szkolna 2 kod: 42-714 powiat: lubliniecki województwo: miejsowość: Lisów śląskie
Wykonawca audytu	imię i nazwisko : Dawid Zielonka tytuł zawodowy: mgr inż.



ENVITERM

ENVITERM S.C. Dominika Ziąja, Dawid Zielonka, 42-612 Tarnowskie Góry, ul. Szwedzka 2
e-mail: dawid.zielonka@enviterm.pl tel. 531 877 335

1. STRONA TYTUŁOWA AUDYTU ENERGETYCZNEGO LOKALNEGO ŹRÓDŁA ENERGII ELEKTRYCZNEJ

1. DANE IDENTYFIKACYJNE			
1.1. Nazwa źródła energii elektrycznej	Instalacja fotowoltaiczna do przetwarzania energii promieniowania słonecznego w energię elektryczną.		
1.2. Właściciel lub zarządca (nazwa lub imię i nazwisko, adres)	GMINA HERBY, UL. LUBLINIECKA 33, 42-284 HERBY	1.3. Adres budynku	UL. SZKOLNA 2, 42-714 LISÓW
2. Nazwa nr Regon i adres firmy wykonującej audyt : ENVITERM Dominika Ziaja, Dawid Zielonka NIP: 645-255-19-31 Tarnowskie Góry, ul. Szwedzka 2			
3. Imię i nazwisko, nr PESEL oraz adres audytora koordynującego wykonanie audytu, posiadane kwalifikacje: mgr inż Dawid Zielonka, 84110214593, Zawadzkiego 4/4 Krupski Młyn, Uprawnienia do wykonywania świadectw charakterystyki energetycznej oraz audytów energetycznych			
4. Współautorzy audytu : imiona, nazwiska, zakresy prac, posiadane kwalifikacje :			
Lp.	Imię i nazwisko	Zakres udziału w opracowaniu audytu energetycznego	
1	Dominika Ziaja	inwentaryzacja	
5. Mieszcowość: Tarnowskie Góry data wykonania opracowania : SIERPIEŃ 2018 r.			
6. Spis treści :			
1.	Strony tytułowe	str.	2
2.	Karta audytu energetycznego	str.	3
3.	Analiza rynku energii	str.	4
4.	Zasada działania paneli fotowoltaicznych	str.	5
5.	Właściwości paneli fotowoltaicznych	str.	6
6.	Optymalizacja rozwiązań technologicznych	str.	7
7.	Bilans energii instalacji fotowoltaicznej	str.	8
8.	Określenie efektów energetycznych	str.	9
9.	Efekty ekonomiczne modernizacji	str.	10
10.	Ocena ekonomiczna modernizacji	str.	11
11.	Obliczenie planowanego efektu ekologicznego	str.	12

2. KARTA AUDYTU ENERGETYCZNEGO ODNAWIALNEGO ŹRÓDŁA ENERGII ELEKTRYCZNEJ

Data wykonania:		04.05.2018 r.		
Podstawowe informacje dotyczące przedsięwzięcia:				
Przedsięwzięcie służące poprawie efektywności energetycznej:		Wykonanie instalacji fotowoltaicznej		
Opis przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej:		Budowa kompletnej instalacji fotowoltaicznej o mocy 39,60 kW, składającej się z 132 szt. paneli fotowoltaicznych mocy 300Wp/szt.		
Dane podmiotu, u którego zostanie zrealizowane przedsięwzięcie służące poprawie efektywności energetycznej:		ul. Lubliniecka 33, 42-284 Herby		
Data rozpoczęcia przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej albo planowana data rozpoczęcia tego przedsięwzięcia*:	Planowana data zakończenia przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej*:	Data zakończenia przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej**:	Wyrażony w latach kalendarzowych okres uzyskiwania oszczędności energii:	
II kwartał 2019 r.	II kwartał 2019 r.	II kwartał 2019 r.	3,33	
Parametry przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej (na podstawie audytu efektywności energetycznej):				
Średnioroczna oszczędność energii finalnej:	32 246,28	[kWh/rok]	2,77	[toe/rok]
Średnioroczna oszczędność energii pierwotnej:	96 738,84	[kWh/rok]	8,32	[toe/rok]
Szacowana wielkość redukcji emisji CO ₂ ***:	26,60			[ton/rok]
Dane sporządzającego audyt				
Imię i nazwisko	Dawid Zielonka			
Nr uprawnień	10107			
Nr telefonu	531 877 35			
Podpis				

* W przypadku przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej jeszcze niezrealizowanego.

** W przypadku przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej już zrealizowanego.

*** Na podstawie wskaźników emisji CO₂ zawartych w tabeli nr 2 w załączniku nr 1 do rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 12 września 2008 r. w sprawie sposobu monitorowania wielkości emisji substancji objętych wspólnym systemem handlu uprawnieniami do emisji (Dz. U. Nr 183, poz. 1142) oraz publikowanych przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami do raportowania w ramach Wspólnotowego Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji za dany rok.

3. ANALIZA RYNKU ENERGII.

Zapotrzebowanie na moc elektroenergetyczną obiektu, wg umowy z dostawcą energii elektrycznej wynosi 40 kW.

Planowana do wybudowania instalacja fotowoltaiczna stanowi zespół prądotwórczy, klasyfikowany jako mikroźródło, wykorzystujące energię odnawialną. Instalacja wytwarzać będzie energię elektryczną na potrzeby własne budynku. Realizacja zadania wymaga wystąpienia Inwestora do operatora systemu o wydanie warunków technicznych przyłączenia do sieci elektroenergetycznej. Wg wstępnych ustaleń, istnieje możliwość przyłączenia do sieci elektroenergetycznej planowanej do wybudowania instalacji PV wg następujących założeń:

- moc przyłączeniowa 40 kW,
- przyłączenie do sieci nastąpi w istniejącym złączu kablowo-pomiarowym, w którym zainstalowany zostanie licznik energii elektrycznej dedykowany instalacji fotowoltaicznej,
- złącze oznakowane będzie według wymagań szczegółowych operatora i zabezpieczone zgodnie z IRIESD i procedurą określoną w trybie postępowania przy przyłączenia mikroźródeł do sieci nn.
- jednostki wytwórcze wyposażone będą w zabezpieczenie od pracy wyspowej w oparciu o kryterium df/dt .

Inwestor zobowiązany jest do opracowania i uzgodnienia z operatorem Instrukcji współpracy paneli fotowoltaicznych z siecią elektroenergetyczną.

Podstawowe zalety instalacji fotowoltaicznych:

- zmniejszenie zapotrzebowania na energię elektryczną z sieci elektroenergetycznej,
- zmniejszenie zanieczyszczenia środowiska,
- ograniczenie kosztów zakupu energii elektrycznej,
- łatwa zabudowa na konstrukcji wsporczej,
- automatyczne, nie wymagające obsługi sterowanie pracą systemu.

4. ZASADA DZIAŁANIA PANELI FOTOWOLTAICZNYCH.

Podstawą działania ogniw fotowoltaicznych jest zjawisko przetwarzania promieniowania optycznego (słonecznego) w energię elektryczną. Promieniowanie optyczne to strumień fotonów rozchodzący się z pewną częstotliwością, z których każdy niesie energię. Podstawowym materiałem z którego wykonuje się półprzewodniki jest krzem. Atomy krzemu składają się z jądra zbudowanego z protonów (posiadających ładunek dodatni) i neutronów oraz elektronów (posiadających ładunek ujemny), które krążą wokół jądra po różnych orbitach. Fotony zderzając się z elektronami przekazują im całą niesioną przez siebie energię i jeżeli jest ona wystarczająco duża, dochodzi do fotoemisji, czyli wybicia elektronów walencyjnych – położonych na orbicie najdalej usytuowanej od jądra (posiadających najwyższy poziom energii). Atom półprzewodnika pozbawiony elektronu zyskuje ładunek dodatni, a miejsce w którym brakuje elektronu nazywa się dziurą. Atom krzemu posiada 14 elektronów, wśród których 4 to elektrony walencyjne. Wiąże się to z możliwością oddania lub przejęcia 4 elektronów. W sieci krystalicznej elektrony sąsiadnych atomów tworzą wiązania. Pierwiastki czwartej grupy, takie jak krzem są półprzewodnikami samoistnymi, a przewodność jaką osiągają jest niewystarczająca do praktycznego ich wykorzystania. W celu poprawienia ich właściwości wprowadza się do struktury krystalicznej domieszki odpowiednich atomów. W zależności od wprowadzonego pierwiastka uzyskuje się półprzewodniki zawierające nadmiar lub niedobór elektronów w strukturze krystalicznej:

- półprzewodniki typu n uzyskuje się przez dodanie w procesie wzrostu kryształu domieszek pięciowartościowych, posiadających 1 elektron walencyjny więcej od krzemu (np. fosfor, arsen, antymon). Ten piąty elektron będzie słabo związany z jądrem i niewielka ilość energii będzie potrzebna aby zerwać to wiązanie,
- półprzewodniki typu p uzyskuje się analogicznie poprzez dodanie do kryształu pierwiastków trójwartościowych (np. bor, glin, ind), co spowoduje zdekompaktowanie jednego z wiązań i powstanie dziur elektronowych.

Po zetknięciu ze sobą obu półprzewodników, w pobliżu płaszczyzny złącza istnieją gradienty koncentracji dziur i elektronów, co powoduje ich dyfuzję. Elektrony z obszaru n przemieszczają się do obszaru p, przez co nowe dziury powstają w obszarze n. Wymusza to ciągły przepływ elektronów, a przemieszczanie elektronów powoduje pojawienie się różnicy potencjałów, czyli napięcia elektrycznego i przepływ prądu.

5. WŁAŚCIWOŚCI PANELI FOTOWOLTAICZNYCH.

Pojedyncze ogniwo fotowoltaiczne składa się z płytki krzemowej. Na górnej powierzchni płytki umieszczona jest elektroda w postaci siatki zbierająca elektrony, a na dolnej nanoszona jest elektroda dolna w postaci warstwy metalicznej. Moc pojedynczego ogniwa przy napięciu 0,5-0,6 V i prądzie 2,5 A kształtuje się w granicach 1-2 W. Pojedyncze ogniwa łączy się w większe struktury nazywane panelami fotowoltaicznymi. Przy połączeniu równoległym całkowity prąd wygenerowany z modułu, będzie iloczynem natężenia pojedynczego ogniwa i ilości ogniw. Połączenie szeregowo daje możliwość zwiększenia napięcia i napięcie końcowe będzie iloczynem napięcia pojedynczego ogniwa i ilości ogniw. Na pracę ogniwa wpływ mają zmiany temperatury pracy ogniwa. Wraz ze wzrostem temperatury:

- maleje napięcie układu,
- wzrasta prąd zwarcia,
- maleje moc i sprawność ogniwa.

Ogniwa fotowoltaiczne pracują przez cały dzień, od wschodu do zachodu słońca, przy czym natężenie promieniowania w ciągu dnia jest nieustannie zmienne, co wpływa w istotny sposób na charakterystykę modułów. W charakterystyce modułów wyróżnia się trzy punkty:

- punkt optymalnego działania, który odpowiada mocy maksymalnej - punkt ten określa wartości napięcia i natężenia,
- punkt, w którym napięcie jest równe zero i wartość produkcji prądu jest maksymalna,
- punkt, który odpowiada zerowej wartości prądu i maksymalnej wartości napięcia.

Sprawność paneli krystalicznych na dzień dzisiejszy dochodzi do 20% i zależy głównie od materiału z jakich są wykonane oraz od temperatury, przy czym zależność temperaturowa jest również zdeterminowana przez materiał. W skład systemu fotowoltaicznego wchodzi następujące elementy:

1. panele fotowoltaiczne,
2. odbiornik generowanej energii,
3. urządzenia pomocnicze (regulator ładowania, inwerter, przetwornik, aparatura pomiarowa, sterowanie, software).

Panele fotowoltaiczne dostarczają prąd stały o niewielkim napięciu, którego praktyczne wykorzystanie wymaga zastosowania inwertera, przekształcającego prąd stały na prąd zmienny, o charakterystyce zgodnej ze standardem sieci elektroenergetycznej.

6. OPTIMALIZACJA ROZWIĄZAŃ TECHNOLOGICZNYCH.

Dobór wielkości i typu instalacji fotowoltaicznej jest wynikiem optymalizacji uwzględniającej następujące uwarunkowania:

- miejsce usytuowania instalacji,
- charakterystykę odbiornika energii elektrycznej,
- ilość dostępnego miejsca,
- typ systemu fotowoltaicznego,
- lokalne warunki meteorologiczne,
- ograniczenie ilości energii oddawanej do sieci do max. 30% całkowitej produkcji energii w instalacji PV,
- nie przewiduje się magazynowania energii w akumulatorach

Maksymalny chwilowy pobór energii przez wszystkie urządzenia i odbiorniki energii elektrycznej w budynku wynosi 40 kW.

Wielkość planowanej do realizacji instalacji fotowoltaicznej wynosi 307,51 m² i uwarunkowana jest ilością dostępnego miejsca na dachu budynku.

Biorąc pod uwagę wymagane odległości montażowe pomiędzy kolejnymi rzędami paneli, przy kącie nachylenia 0° (ze względu na możliwość zacielenia sąsiadujących pól) optymalną wielkością instalacji jest instalacja o powierzchni 307,51 m² składająca się z 132 szt. paneli, ustawionych na konstrukcji wsporczej, skierowanej w kierunku południowym. Instalacja zostanie rozdzielona na 2 inwertery o łącznej mocy co najmniej 40,00 kW.

7. BILANS ENERGII INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ ORAZ KOSZT.

Obliczenie produkcji energii elektrycznej z analizowanej instalacji fotowoltaicznej przeprowadzono za pomocą symulacji komputerowej. Program uwzględnia następujące czynniki, mające wpływ na efektywność instalacji fotowoltaicznej:

- szerokość geograficzną i natężenie promieniowania słonecznego,
- kąt nachylenia paneli fotowoltaicznych,
- ścieżkę słońca w okresie dzień/rok,
- horyzont i elementy zacinające instalację,
- typ paneli i ich sprawność,
- zmniejszenie promieniowania na powierzchnię paneli, spowodowane zabrudzeniami i ich starzeniem się.

Zużycie energii elektrycznej w budynku określono na podstawie analizy faktur miesięcznych zakupu energii elektrycznej w 2017 r.

Za okres 12 miesięcy zużycie w budynku wynosi: **46 477,00** kWh/rok.

Tabela 1

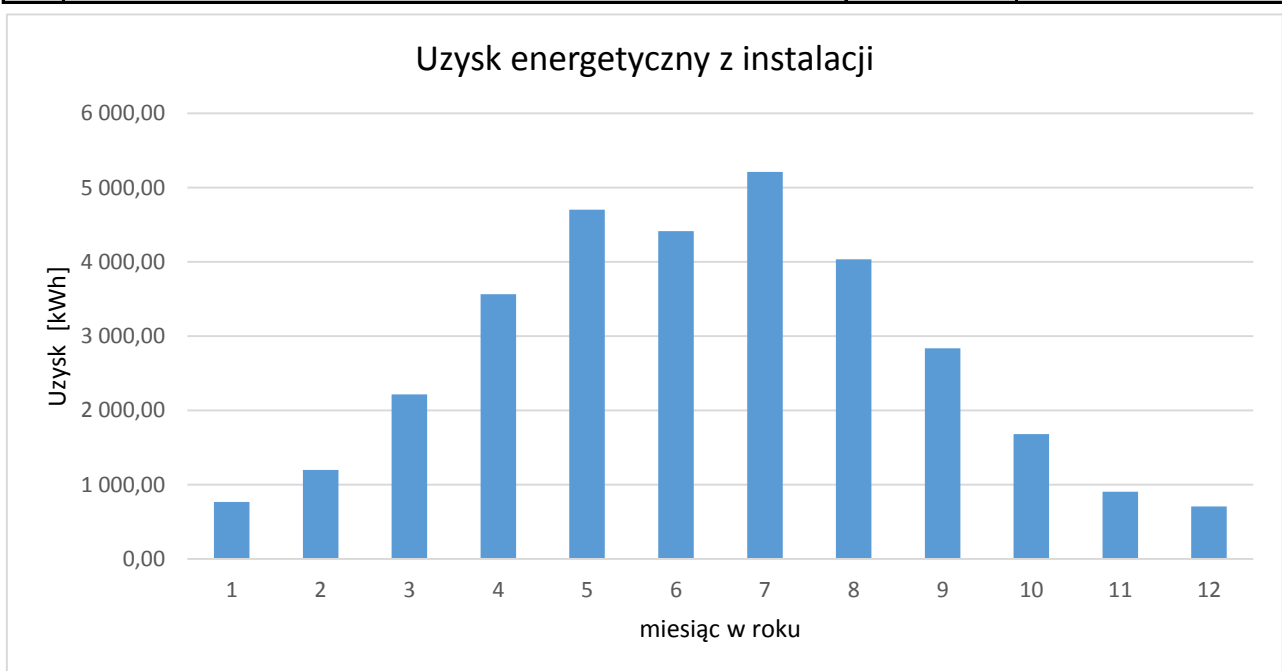
Miesiąc	Suma całkowitego natężenia promieniowania słonecznego	Liczba godzin słonecznych na dobę	Liczba godzin słonecznych w miesiącu	Średnie natężenie promieniowania w miesiącu			Uzysk energetyczny z instalacji
	Wh/m ²	h		W/m ²	przedział	kWh/m ²	kWh
1	22 830	2,7	58,4	390,92	okres zimowy	22,83	768,46
2	35 661	4,1	48,4	736,80		35,66	1 200,35
3	65 786	6,1	101	651,35		65,79	2 214,36
4	105 948	6,1	156,6	676,55	okres letni	105,95	3 566,21
5	139 759	8,5	214	653,08		139,76	4 704,29
6	131 133	9,7	254	516,27		131,13	4 413,94
7	154 901	9,2	211,7	731,70		154,90	5 213,97
8	119 920	7,1	240,7	498,21		119,92	4 036,51
9	84 267	5,8	224,1	376,02	84,27	2 836,43	
10	49 900	5,3	68,8	725,29	okres zimowy	49,90	1 679,63
11	26 903	4,1	60,7	443,21		26,90	905,55
12	20 992	3,8	55,1	380,98		20,99	706,59
Σ	958 000					958,00	32 246,28

8. OKREŚLENIE EFEKTÓW ENERGETYCZNYCH.

Oszczędność energii elektrycznej pochodzącej z sieci elektroenergetycznej, wynikająca z zastosowanie odnawialnej energii słonecznej przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2

BILANS CIEPLNY INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ			
Lp	WYSZCZEGÓLNIENIE		WARTOŚĆ
1	Średnioroczna oszczędność energii finalnej	kWh/ rok	32 246,28
2	Współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej (energia elektryczna pochodząca w sieci elektroenergetycznej)	-	3,00
3	Średnioroczna oszczędność energii pierwotnej	kWh/ rok	96 738,84



9. EFEKTY EKONOMICZNE MODERNIZACJI.

W wyniku budowy instalacji fotowoltaicznej, w związku ze zmniejszeniem zużycia energii pobieranej z sieci elektroenergetycznej na rzecz energii odnawialnej, nastąpi zmniejszenie kosztów eksploatacyjnych budynku.

Założenia:

- średnioroczna oszczędność energii finalnej 32 246,28 kWh/rok
- średnia cena netto 1 kWh energii elektrycznej na podstawie faktur:
 - o uśredniona wartość energii elektrycznej 0,70 zł/kWh
- koszt budowy instalacji fotowoltaicznej 198 000,00 zł
- roczne zmniejszenie kosztów zakupu energii elektrycznej 22 572,40 zł

10. OCENA EKONOMICZNA MODERNIZACJI.

Dla projektowanej modernizacji zestawiono wielkości nakładów inwestycyjnych, przewidywane oszczędności w kosztach zakupu energii elektrycznej oraz prosty czas zwrotu nakładów inwestycyjnych.

Uwaga: koszt robót na podstawie kalkulacji uproszczonej wykonania robót. Poziom cen II kw. 2018 r.

Tabela 3

Lp.	Wariant	Nakłady inwestycyjne z dotacją 85%:	Roczne oszczędności energii	Przewidywany czas zwrotu SPBT
		zł	zł/rok	lata
1	Budowa instalacji fotowoltaicznej	75 240,00	22 572,40	3,33

Zastosowanie instalacji fotowoltaicznej jest inwestycją charakteryzującą się czasem zwrotu nakładów inwestycyjnych, wyrażonych współczynnikiem SPBT= 3,33 lata.

Poprawa wskaźnika czasu zwrotu nakładów inwestycyjnych nastąpić może w przypadku np. realizacji inwestycji przy udziale dotacji przeznaczonych na odnawialne źródła energii.