



Nazwa inwestycji: Modernizacja Wojewódzkiego Szpitala Specjalistycznego  
Im. Błogosławionego Księdza Jerzego Popiełuszki  
we Włocławku.

Inwestor: Kujawsko – Pomorskie Inwestycje Medyczne Sp. z o.o.  
Plac Teatralny 2, 87-100 Toruń

Adres realizacji: ul. Wieniecka 49, 87-800 Włocławek

Zadanie inwestycyjne:

## **Wstępna ocena możliwości zastosowania technologii Odnawialnych Źródeł Energii (OZE) w Wojewódzkim Szpitalu Specjalistycznym we Włocławku**

Wykonawca: Projprzem Eko Sp. z o.o.  
Zamość k. Bydgoszczy ul. Osiedlowa 1, 89-200 Szubin

Opracował: mgr inż. Wojciech Wójcik

Zamość k/Bydgoszcz, 14 Października 2016

### **PROJPRZEM EKO Sp. z o.o.**

ul. Osiedlowa 1

89-203 Zamość k/Bydgoszczy

Sąd Rejonowy w Bydgoszczy, XIII Wydział gospodarczy Krajowego Rejestru Sądowego

Konto: Bank BPH SA, Oddział Białe Blota, nr: 02 1060 0076 0000 4047 2000 0586

tel. +48 52 384 00 25

Tel.-fax +48 52 384 00 26

E-mail [peko@projprzemeko.pl](mailto:peko@projprzemeko.pl)

NIP: 554-023-41-12

REGON: P-090399265

KRS: 0000098877

Kapitały: 2.720,70 tys. zł

[www.projprzemeko.pl](http://www.projprzemeko.pl)



Certyfikat nr 20107055

*Nasze doświadczenie jest do Państwa dyspozycji*

## Spis treści

1.	Podstawa wykonania opracowania	1
2.	Przedmiot i zakres opracowania	1
3.	Etapy modernizacji Szpitala a urządzenia OZE	1
4.	Kryteria stosowania rozważanych urządzeń	2
5.	Hierarchia zastosowania technologii OZE	3
6.	Kogeneracja	4
7.	Analiza dostępnych powierzchni dachów dla fototermii lub fotowoltaiki	5
8.	Fototermia	5
9.	Fotowoltaika	6
10.	Trigeneracja	6
11.	Szacunkowe koszty inwestycyjne	6
12.	Podsumowanie	7

### **1. Podstawa wykonania opracowania**

- Zlecenie Inwestora;
- Uzgodnienia z Inwestorem;

### **2. Przedmiot i zakres opracowania**

Przedmiotem opracowania jest wstępna ocena możliwości zastosowania urządzeń z zakresu techniki odnawialnych źródeł energii (OZE) oraz techniki kogeneracyjnego wytwarzania prądu i ciepła do wspomagania pokrycia zapotrzebowania energii elektrycznej i cieplnej w zespole obiektów Wojewódzkiego Szpitala Specjalistycznego we Włocławku. Ocena powstała w odpowiedzi na zapotrzebowanie Inwestora dla ułatwienia decyzji inwestycyjnych w etapowo modernizowanym obiekcie.

Zakres opracowania obejmuje:

- Ocenę możliwości zastosowania urządzeń z zakresu fototermii (OZE);
- Ocenę możliwości zastosowania urządzeń z zakresu fotowoltaiki (OZE);
- Ocenę możliwości zastosowania urządzeń z zakresu mikrokogeneracji MCHP wytwarzania ciepła i energii elektrycznej w skojarzeniu, ewentualnie trigeneracji w uzupełnieniu z wytwarzaniem chłodu.

### **3. Etapy modernizacji Szpitala a urządzenia OZE**

Ponieważ Szpital podlega modernizacji rozłożonej na kilka etapów, to możliwe jest, że z uwagi na krótki czas przygotowania dokumentacji, w najbliższym ograniczonym etapie modernizacji nie będą uwzględnione urządzenia z zakresu techniki OZE. Jednak sposób oddania energii z urządzeń OZE jakie powstaną w następnym lub następnych etapach

powinien być wykonany tak, aby skorzystały z tej energii także obiekty wcześniej zmodernizowane.

#### **4. Kryteria stosowania rozważanych urządzeń**

Przyjęto następujące kryteria doboru urządzeń:

- Moc i wydajności urządzeń nie mogą być przewymiarowane w stosunku do rzeczywistych potrzeb występujących w obiekcie. Potrzeby te określa nie najwyższe występujące zapotrzebowanie na energię, ale najniższe trwale występujące. Nie przewymiarowana instalacja amortyzuje znacznie szybciej zainwestowany kapitał w stosunku do przewymiarowanej. Nadto nie generuje potencjalnych problemów z nadwyżkami wyprodukowanej energii. Koszt rozpraszania nadwyżki energii w pewnych sytuacjach może być niewiele tańszy od jej wytworzenia.
- Zastosowanie poszczególnych technologii OZE związane jest przede wszystkim ze średnioroczną sprawnością procesu pozyskania energii i trwałością jej odbioru w zakresie potrzeb własnych obiektu. Przyjęto założenie, że dobór wielkości mocy nominalnych urządzeń będzie wynikał ze 100% zużycia energii w bieżącym zapotrzebowaniu bez konieczności jej magazynowania i to zarówno w zakresie energii cieplnej jak i elektrycznej, a także bez oddawania jej do zewnętrznych sieci.
- Zakłada się zastosowanie technologii kogeneracyjnego wytwarzania energii cieplnej i elektrycznej w agregatach zasilanych gazem ziemnym. Z formalnego punktu widzenia jest to technologia oparta na spalaniu paliwa kopalnego, a więc nie w kategorii OZE. Jednak współ-wytwarzanie dwóch rodzajów energii w jednym procesie technologicznym stwarza warunki do istotnej oszczędności w zakresie zaopatrzenia obiektu w media zewnętrzne: prąd i gaz. Istotnym warunkiem, dla uzyskania najwyższych wskaźników zwrotu nakładów inwestycyjnych jest zastosowanie tej technologii w stałym, rocznym i 24-godzinny cykl wytwarzania. Z uwagi na powyższe należy rozważyć dobór mocy urządzenia odpowiadający najniższemu stałemu zapotrzebowaniu jednocześnie na energię elektryczną i ciepłą występującemu w obiekcie w porze nocnej. Na potrzeby niniejszej krótkiej analizy przyjęto, że graniczną moc ciepłą agregatów kogeneracyjnych określać będzie ilość ciepła niezbędna do pokrycia stałych strat generowanych przez rozbudowaną w obiekcie sieć cyrkulacji ciepłej wody użytkowej. Jednak ostatecznego doboru wielkości agregatów będzie można dokonać po wiarygodnym określeniu wielkości stałego, nocnego zapotrzebowania mocy elektrycznej w obiektach szpitala.
- W zakresie fototermii i fotowoltaiki odrzucono, jako kryterium wyboru technologii pozyskania energii z promieniowania widzialnego, wskaźnik mocy szczytowej (lub moc nominalną) wyrażoną poprzez sprawność optyczną dla fototermii lub sprawność w warunkach STC dla fotowoltaiki. Wskaźnik ten, wyznaczany jest w ściśle określonych warunkach ekspozycji opisanych odpowiednimi normami, korzystnych bez wyjątku dla wszystkich urządzeń. Warunki te są zaledwie wąskim fragmentem rzeczywistych warunków pracy i nie oddają w pełni średniorocznych, rzeczywistych uzysków energii. W poniższej tabeli zestawiono charakteryzujące poszczególne technologie parametry. W zakresie fototermii widoczna jest zależność: im wyższa sprawność optyczna (= moc znamionowa) wyznaczana zgodnie z normą, tym niższa sprawność średnioroczna. Wielkości mocy znamionowej lub sprawności optycznej często wykorzystywane są w nieszczerzej strategii handlowej. Do analizy ekonomicznej przyjęto wartości jak dla kolektorów w technologii próżniowej opartej na rurkach ciepła z walcowym absorberem tzw. rur próżniowych typu Sydney.

Średnia jednostkowa ilość energii promieniowania widzialnego dostępnego w Polsce ok. 1.200,0 kWh/m <sup>2</sup> ·a <sup>(1)</sup>					
FOTOTERMIA			FOTOWOLTAIKA		
Kolektory słoneczne cieczowe, - produkujące ciepło			Panele fotowoltaiczne (ogniwa) – produkujące prąd elektryczny		
<b>Próżniowe</b> - różne technologie	<b>Płaskie</b> z osłoną absorbera - różne technologie	<b>Płaskie bez osłony</b> absorbera tworzywo sztuczne	<b>Mono-krystaliczne</b> krzemowe	<b>Poli-krystaliczne</b> krzemowe	<b>Cienko-warstwowe</b>
Sprawność optyczna $\eta_0$ <sup>(2)</sup> wg EN 12975 lub EN ISO 9806			Sprawność w warunkach STC <sup>(3)</sup> wg IEC 61853		
65 – 80%	78 – 84%	95 – 96%	16 - 18%	14 - 16%	13 - 14%
Sprawność średnioroczna z uwzględnieniem magazynu ciepła <sup>(4)</sup>			Sprawność średnioroczna bez uwzględnienia magazynu energii <sup>(5)</sup>		
55 – 65%	30 – 45%	ok. 15%	ok. 11%	ok. 10%	ok. 10%
Średni jednostkowy uzysk energii w roku z 1 m <sup>2</sup> pow. czynnej [kWh/m <sup>2</sup> ·a] <sup>(6)</sup>					
<b>ok. 720</b>	ok. 480	ok. 180	<b>ok. 130</b>	ok. 120	ok. 120

(1) – wg. Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS), Institute for Energy and Transport (IET), Joint Research Center, European Commission (EC)

(2) – wg. PN-EN 12975-1:2006+A1:2010 oraz PN-EN ISO 9806:2014-02

(3) – wg. PN-EN 61853-1:2011

(4) – wartości wg symulacji wykonanych programami ScenoCalc (European Solar Thermal Industry Federation - ESTIF – SolarKeymark) oraz GetSolar

(5) – wartości wg symulacji wykonanych programem obliczeniowym Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS), Institute for Energy and Transport (IET), Joint Research Center, European Commission (EC).  
**Uwaga** – sprawności dla systemów typu “on grid” bez bloków akumulacji prądu. Przy zastosowaniu akumulacji prądu sprawność wynikowa spada o ok. 2%

(6) – iloczyn sprawności średniorocznej i dostępnej w Polsce średniej jednostkowej ilości energii promieniowania widzialnego

## 5. Hierarchia zastosowania technologii OZE

Rozważa się w pierwszej kolejności zastosowanie mikro kogeneracji MCHP opartej na zasilaniu gazem ziemnym a następnie, w oparciu o dane zawarte w powyższym zestawieniu, kolektorów słonecznych cieplnych w technologii próżniowej z rurkami ciepła i rurą próżniową typu Sydney, dopiero w trzeciej kolejności technologii fotowoltaicznej typu monokryształów krzemu.

## 6. Kogeneracja

W warunkach stałego zapotrzebowania na energię ciepłą i elektryczną w szpitalach celowe jest zastosowanie technologii mikro kogeneracji (MCHP – Micro Combined Heat and Power). Dzięki stałemu jednoczesnemu zapotrzebowaniu na prąd i ciepło uzyskuje się najwyższe możliwe wskaźniki ekonomiczne w zakresie tej technologii i jednocześnie oszczędności rzędu 30% w odniesieniu do kosztów zakupu energii z sieci zewnętrznej i wytworzenia ciepła we własnej kotłowni gazowej. Kogeneracja MCHP spełnia kryteria najwyższej klasy efektywności energetycznej A+++.

Dzięki temu możliwe jest uzyskanie znacznych oszczędności eksploatacyjnych przy jednoczesnym przyczynieniu się do ochrony środowiska i zasobów naturalnych paliw.

Szpital z uwagi na charakter prowadzonej działalności ma wysokie zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową (cwu). Podgrzana centralnie w kotłowni woda użytkowa rozprowadzana jest do budynków obiektu za pomocą 7 pętli cyrkulacyjnych przy użyciu 1 pompy i rozdzielaczy zasilającym i powrotnym. Woda dogrzewana jest w stabilizatorze cwu w kotłowni.

L.P.	Nazwa pętli cyrkulacyjnej	Średnica nominalna
1	Administracja	DN40
2	Pralnia	DN50
3	Kuchnia	DN50
4	Bloki mieszkalne	DN50
5	Oddział zakaźny	DN50
6	Pawilon chorób zawodowych	DN50
7	Szpital główny	DN80

Szacowane straty ciepła w pętlach cyrkulacji cwu przy założeniu przepływu 10 – 12 m<sup>3</sup>/h (pompa Wilo VeroLine IPL40/115-0.55/2) i różnicy temp. zasilania i powrotu  $\Delta T = 10K$  wynoszą ok. 116 – 140kWt

Na potrzeby Wojewódzkiego Szpitala Specjalistycznego we Włocławku proponuje się zastosowanie kaskady kogeneratorów o łącznej mocy cieplnej ok. 120kWt tj. mocy niezbędnej do pokrycia stałych strat cieplnych cyrkulacji ciepłej wody użytkowej jakie występują przy obecnym systemie zaopatrzenia w cwu.

Na obecnym etapie i dla potrzeb niniejszej analizy przyjęto, że zastosowana będzie kaskada 3 kogeneratorów współpracujących z kotłownią gazową i, w przyszłości, z węzłem ciepła. Przyjęto wstępnie urządzenia typu XRGI-20 produkcji Toyota o łącznej mocy cieplnej ok. 120kWt i jednoczesnej mocy elektrycznej ok. 60kWe. Na etapie dalszych analiz należy dokonać inwentaryzacji zapotrzebowania na moc elektryczną w porze nocnej w Szpitalu i odpowiednio skorygować wielkość mocy kogeneratorów.

Wstępnie przyjmuje się, że urządzenia zostaną zlokalizowane w obrębie istniejącej kotłowni gazowej na terenie Szpitala.

Sposób włączenia urządzeń i zabezpieczenia sieci elektrycznej należy uzgodnić z gestorem zewnętrznej sieci elektroenergetycznej.

## 7. Analiza dostępnych powierzchni dachów dla fototermii lub fotowoltaiki

Z uwagi na ograniczony czas przygotowania dokumentacji projektowej dla pierwszego etapu modernizacji Szpitala w niniejszej ocenie rozważa się wyłącznie powierzchnie dachów budynków przewidzianych do modernizacji w drugim etapie. W poniższym zestawieniu brana jest pod uwagę potencjalna do wykorzystania powierzchnia dachów wyniesionych, bez weryfikacji uwarunkowań konstrukcyjnych zadania.

Nr budynku	Nazwa budynku	Wymiary Powierzchnia dostępna	Wskazanie alternatywne - Moc potencjalna		uwagi
			PT – fototermia	PV - fotowoltaika	
Budynki pierwszego etapu modernizacji – nie przewidziane do zabudowy urządzeń OZE					
28z	Budynek nr 12	15m x 35m ok. 525 m²	----	----	Budynek niski – duże zacienienia
19i	Kotłownia	14m x 10m ok. 140 m²	ok. 18,0 kWt	Ok. 12,0 kWe	
26z3	Budynek nr 7	30m x 15m ok. 450 m²		ok. 17,0 kWe	
Budynki kolejnego / kolejnych etapów modernizacji – przewidziane do zabudowy urządzeń OZE					
12z	Budynek nr 11	30m x 18m ok. 540 m²	ok. 75,0 kWt		częściowe zacienianie dachu
13z	Stacja Dializ	47m x 9m ok. 420 m²	ok. 60,0 kWt	ok. 22,0 kWe	
11z3	Budynek nr 4	57m x 13m ok. 740 m²	ok. 60,0 kWt	ok. 24,0 kWe	
10z6	Budynek nr 6	14m x 23m ok. 320 m²	ok. 36,0 kWt	ok. 15,0 kWe	
44z4	Budynek nr 13	26m x 26m ok. 670 m²	ok. 70,0 kWt	ok. 30,0 kWe	
5z3	Budynek nr 3	43m x 15m ok. 645 m²		ok. 12,0 kWe	częściowe zacienianie dachu
6z5	Budynek nr 1 - główny	90m x 4m ok. 1260 m²		ok. 48,0 kWe	
8z3	Budynek nr 5	13m x 46m ok. 600 m²	ok. 52,0 kWt	ok. 18,0 kWe	
Łączna potencjalna moc normatywna możliwa do zainstalowania (albo PT, albo PV) *			ok. 353,0 kWt	ok. 169 kWe	Alternatywnie !

\* - **ZASTRZEŻENIE**– sugeruje się, aby na dachach montować albo fototermikę albo fotowoltaikę. Możliwe jest, ale nie zaleca się, mieszać na jednym dachu obu technologii. Wtedy łączna moc zainstalowana w obu technologiach jest odpowiednio niższa. Wielkość pola instalacji określona jest bez technicznej oceny konstrukcji dachu – może być zawyżona.

## 8. Fototermia

Realizacja instalacji hydraulicznej (instalacja solarna) w obiekcie z rozproszonymi dostępnymi powierzchniami pod zabudowę (dachy budynków) w oddaleniu od kotłowni i węzła ciepła rodzi istotny problem połączenia układu i oddania ciepła. Optymalnym rozwiązaniem z punktu widzenia sprawności technologii byłoby skupienie mocy instalacji w rejonie kotłowni.

Niestety dach kotłowni ma ograniczoną powierzchnię oraz jednocześnie nie jest przewidziany w pierwszym etapie modernizacji do zabudowy OZE.

Z uwagi na powyższe proponuje się wybudowanie kilku pól kolektorów na dachach budynków z możliwością oddania ciepła z kolektorów próżniowych na powrotach pętli cyrkulacyjnych. Taki sposób oddania ciepła, przy istniejącym rozdziale cwu w kotłowni zapewni oddanie ciepła do sieci dystrybucji cwu w całym obiekcie. Dobowe zapotrzebowanie ciepła do podgrzania wody w mierzone dobowym zużyciem cwu wynosi dla Szpitala: ok. 700 łózek \* ok. 100dm<sup>3</sup>/24h = ok. 70,0 m<sup>3</sup>/24h.

Trzy, cztery pola próżniowych kolektorów słonecznych o łącznej normatywnej mocy rzędu 260kW, przy uwzględnieniu spadku mocy z uwagi na wysoką temperaturę oddania ciepła (powrót cwu ok. 55°C), powinno istotnie pokryć bieżące zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową w ciągu dnia. Wielkość ta stanowi ok. 70% potencjalnie możliwej do zamontowania na dachach budynków szpitala. Niedobory ciepła w zakresie bieżących potrzeb na dogrzanie wody pochodzić będą z istniejącej kotłowni gazowej lub projektowanego węzła ciepła z miejskiej sieci ciepłowniczej.

## **9. Fotowoltaika**

Realizacja projektów instalacji fotowoltaicznych powinna być bezwzględnie poprzedzona uzgodnieniami z gestorem sieci elektroenergetycznej co do sposobu włączenia zasilania do sieci. Uzgodnienie to jest istotne z uwagi na istniejące aktualnie jednostronne zasilanie szpitala.

Moc pól fotowoltaicznych montowana na dachach powinna być dopasowana i wynikać z rzeczywistego występującego w Szpitalu zapotrzebowania na moc elektryczną w okresie dziennym oraz pozostałych po fototerminii dostępnych powierzchniach dachów. Przewymiarowanie pól ponad rzeczywiste stałe zapotrzebowanie mocy jest nieekonomiczne.

Na tym etapie analizy przyjęto wielkość mocy pola fotowoltaiki wynikającą z wielkości powierzchni dachów niewykorzystanych przez fototerminii próżniową. Przyjęto zatem  $0,3 * 169,0 = \text{ok. } 50,0\text{kWe}$ .

Przewiduję się zastosowanie fotowoltaiki w technologii monokryształów krzemu.

## **10. Trigeneracja**

Uwzględnienie technologii wytwarzania chłodu w skojarzeniu z wytwarzaniem ciepła i prądu należy rozważać indywidualnie i lokalnie tam, gdzie w obiekcie występuje zapotrzebowanie na chłód i istnieją techniczne możliwości jego dystrybucji.

Z uwagi na krótki termin realizacji niniejszego opracowania brak jest dostatecznych informacji do analizy w tym zakresie.

## **11. Szacunkowe koszty inwestycyjne**

Na obecnym etapie możliwe jest wyłącznie posługiwanie się wartościami wskaźnikowymi dla jednostki mocy normatywnej zainstalowanej. W ocenie tej należy także uwzględnić, że

stawianie instalacji na dachach budynków zbudowanych przed rokiem 2006, po zmianie norm nośności dachów, często wiąże się z budową wzmocnionych konstrukcji wsporczych.

Szacunkowy koszt budowy jednostki mocy normatywnej, przy aktualnym poziomie cen należy się założyć na poziomie:

- Kogeneracja (ciepło) - ok. 8,5 tys. PLN netto / 1 kWt  
(prąd elektryczny) - ok. 16.0 tys PLN netto / 1 kWe
- Fototermia próżniowa (ciepło) - ok. 8,0 tys. PLN netto / 1kWt  
(wzmocnione konstrukcje wsporcze dla dachów płaskich starszych budynków)
- Fotowoltaika mono kryształ Si (prąd) - ok. 9,0 tys. PLN netto / 1kWe

Przyjmując zakładane w analizie moce możliwe do zainstalowania w obiekcie łączne koszty inwestycyjne należy szacować na poziomie:

- Kogeneracja MCHP  
(ok. 120 kWt / 60 kWe) - netto ok. 1.020,0 tys. PLN
- Fototermia próżniowa  
(70% dostępnych dachów ok. 260 kWt) - netto ok. 2.080,0 tys. PLN
- Fotowoltaika mono kryształ Si  
(30% dostępnych dachów ok. 50 kWe) - netto ok. 450,0 tys. PLN

## **12. Podsumowanie**

Ostateczne wielkości mocy zainstalowanych poszczególnych technologii muszą wynikać z pogłębionej analizy rzeczywistego zapotrzebowania mocy na prąd i ciepło w poszczególnych porach doby i dniach tygodnia.

Na obecnym etapie można przyjąć hierarchię zastosowania urządzeń w kolejności jak wyżej.

Opracował:  
Mgr inż. Wojciech Wójcik