

# Fotowoltaika w praktyce

## Od SIWZ do protokołu odbioru

mgr inż. Marek Łajkowski

# Agenda

1. Jak przygotować SIWZ do budowy instalacji fotowoltaicznej?
2. Budowa instalacji fotowoltaicznej – klucze do sukcesu, niedoceniane aspekty.
3. Case study: Instalacja fotowoltaiczna na dachu Słupskiego Inkubatora Technologicznego.
4. Pytania.

# Budowa instalacji PV

## – SIWZ z perspektywy wykonawcy

1. Czy instalacja jest wykonalna w założonym czasie?
2. Jakie są kryteria oceny ofert?
3. Czy znany jest budżet?
4. Czy Zamawiający posiada:
  - projekt wykonawczy,
  - wymagane pozwolenia,
  - ważne Warunki Przyłączenia od Operatora Sieci Dystrybucyjnej (OSD)?
5. Czy są szczególne wymagania lub ograniczenia technologiczne?
6. Czy Wykonawca może na tym zarobić?

# Przed ogłoszeniem przetargu...

1. Zdefiniować cele budowy instalacji fotowoltaicznej.
2. Określić miary sukcesu, które zostaną wpisane do SIWZ.
3. Wykorzystać doświadczenia z zakończonych wdrożeń.
4. Sprawdzić aktualne warunki rynkowe.
5. Przygotować odpowiednią dokumentację dla wybranej formuły wykonania zadania.

# Wybór formuły wykonania zadania

Formuła „wybuduj”	Formuła „zaprojektuj i wybuduj”
<p>Zalety:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Umożliwienie oceny ofert pod względem funkcjonalnym, technicznym i ekonomicznym.</li><li>• Zamawiający wymaga wykonania zadania zgodnie z przygotowaną dokumentacją, co ułatwia osiągnięcie założonych celów.</li></ul> <p>Wady:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Zamawiający musi dysponować dokumentacją projektową, decyzjami, pozwoleniami, uzgodnieniami i opiniami wymaganymi odrębnymi przepisami.</li><li>• Konieczność prowadzenia dwóch osobnych postępowań przetargowych.</li><li>• Zamawiający ponosi podczas realizacji odpowiedzialność za błędy w dokumentacjach.</li></ul>	<p>Zalety:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Przerzucenie odpowiedzialności za projekt i inne niezbędne dokumenty na Wykonawcę.</li></ul> <p>Wady:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• PFU zawiera zwykle uproszczony opis zamówienia, co przy ryczałtowym wynagrodzeniu i dominującym kryterium najniższej ceny zachęca wykonawcę do szukania oszczędności.</li><li>• Ryzyko braku uzgodnień między stronami na etapie projektowania.</li><li>• Trudno wyegzekwować wymagania jakościowe.</li></ul>
Zalecana do dużych instalacji.	Zwykle stosowana do prostszych i małych instalacji.

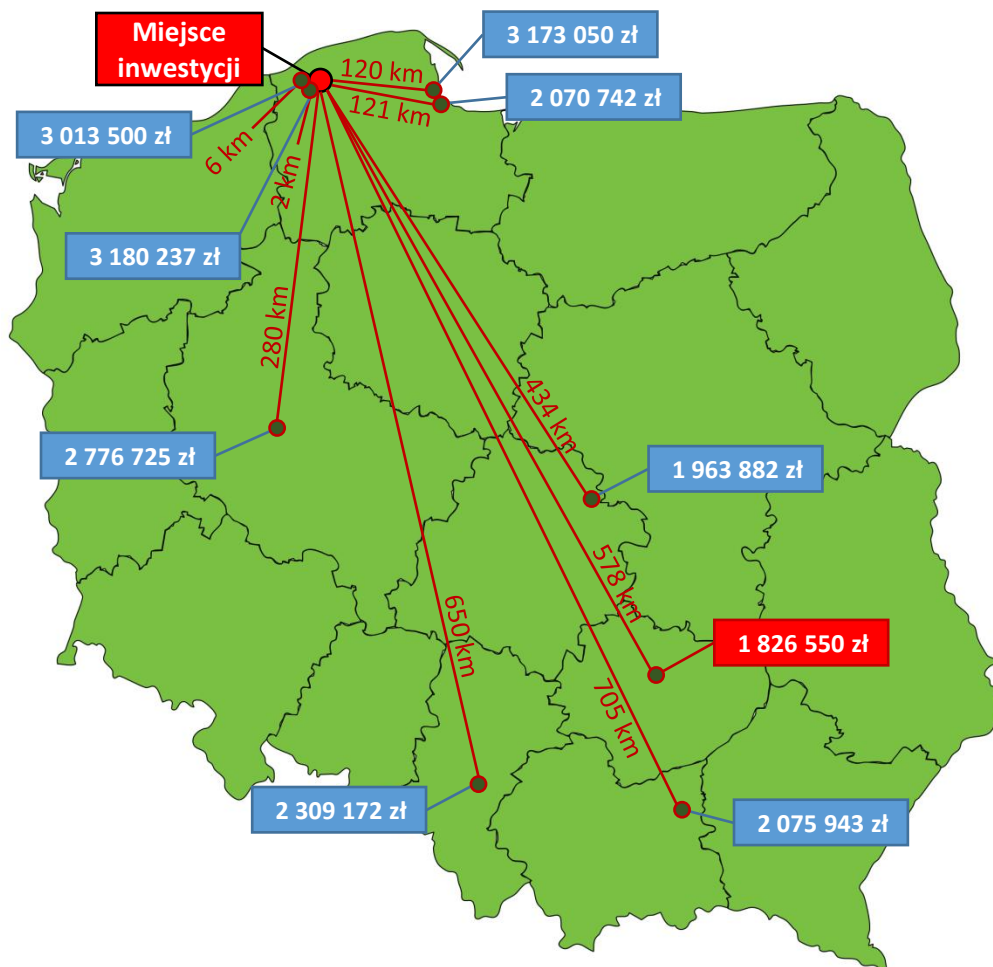
# Przygotowanie SIWZ

- Potwierdzona wykonalność zadania:
  - na podstawie studium wykonalności,
  - ważne warunki przyłączenia instalacji do sieci energetycznej,
  - występujące ograniczenia (np. gwarancja na szczelność dachu, możliwość rozbudowy rozdzielni lub przyłącza, zacielenia, utrudniony dostęp, odporność na wiatr, sól, amoniak).
- Zdefiniowanie wymagań w sposób umożliwiający obiektywne porównanie ofert:
  - Tabela równoważności dla najważniejszych elementów systemu,
  - Określenie wymagań wydajnościowych z odpowiednimi zapisami w umowie,
  - Wymaganie minimalnej dostępności systemu w okresie gwarancji.
- Zalecana wizja lokalna dla oferentów.

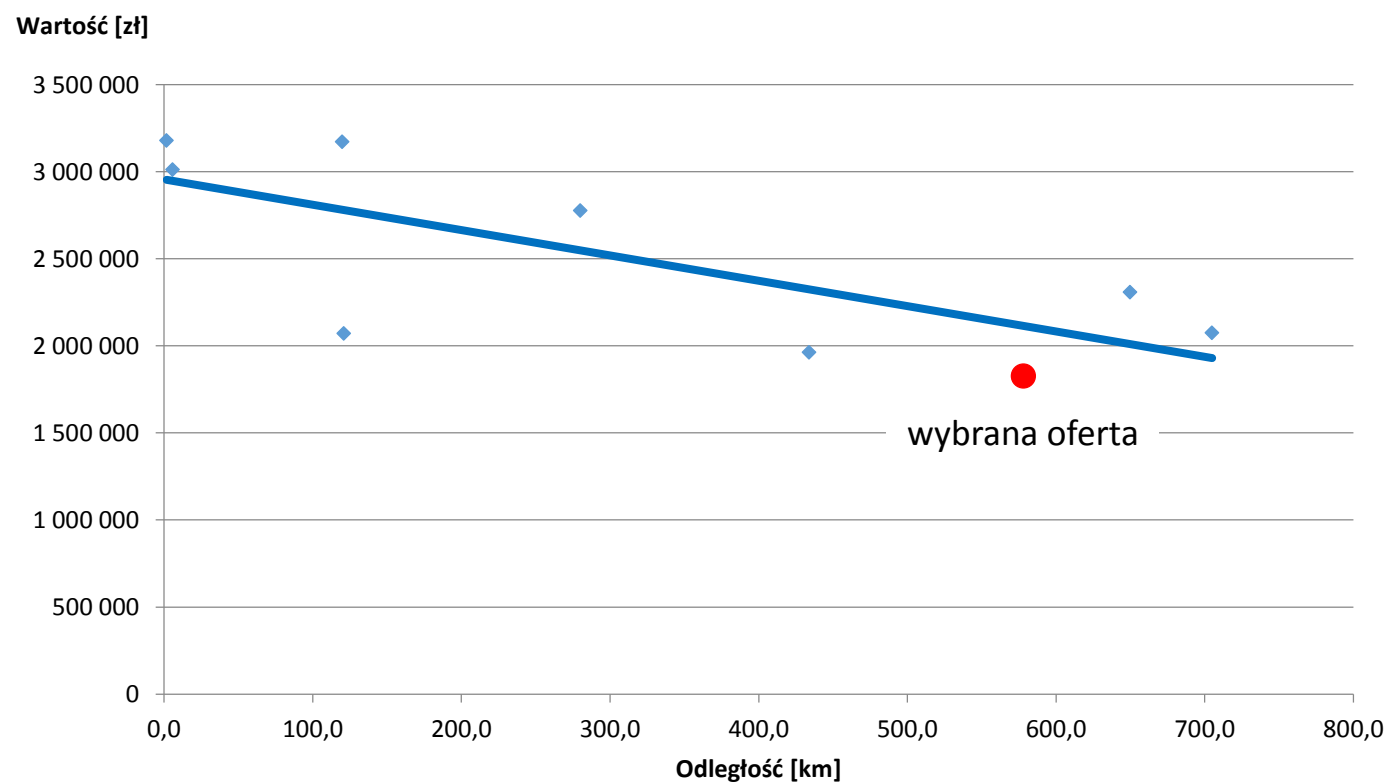
# Obserwacje z przetargów

- Niskie ceny ofert, które rodzą obawy o jakość wykonania.
- Nierealne terminy realizacji zadania.
- Brak wadium nawet dla dużych inwestycji.
- Zaniżony budżet inwestycji.
- Błędy w projektach.
- Brak systemów do nadzoru pracy dużych instalacji.
- Łączenie instalacji fotowoltaicznych z innymi robotami budowlanymi.
- Przerzucanie na Wykonawcę odpowiedzialności za pozyskanie Warunków Przyłączenia, decyzji i pozwoleń.
- Warunkowanie podpisania umowy z Wykonawcą od pozyskania dofinansowania przez Zamawiającego.

# Im większa odległość od inwestycji, tym... niższa cena



Zależność wartości ofert od odległości do miejsca inwestycji

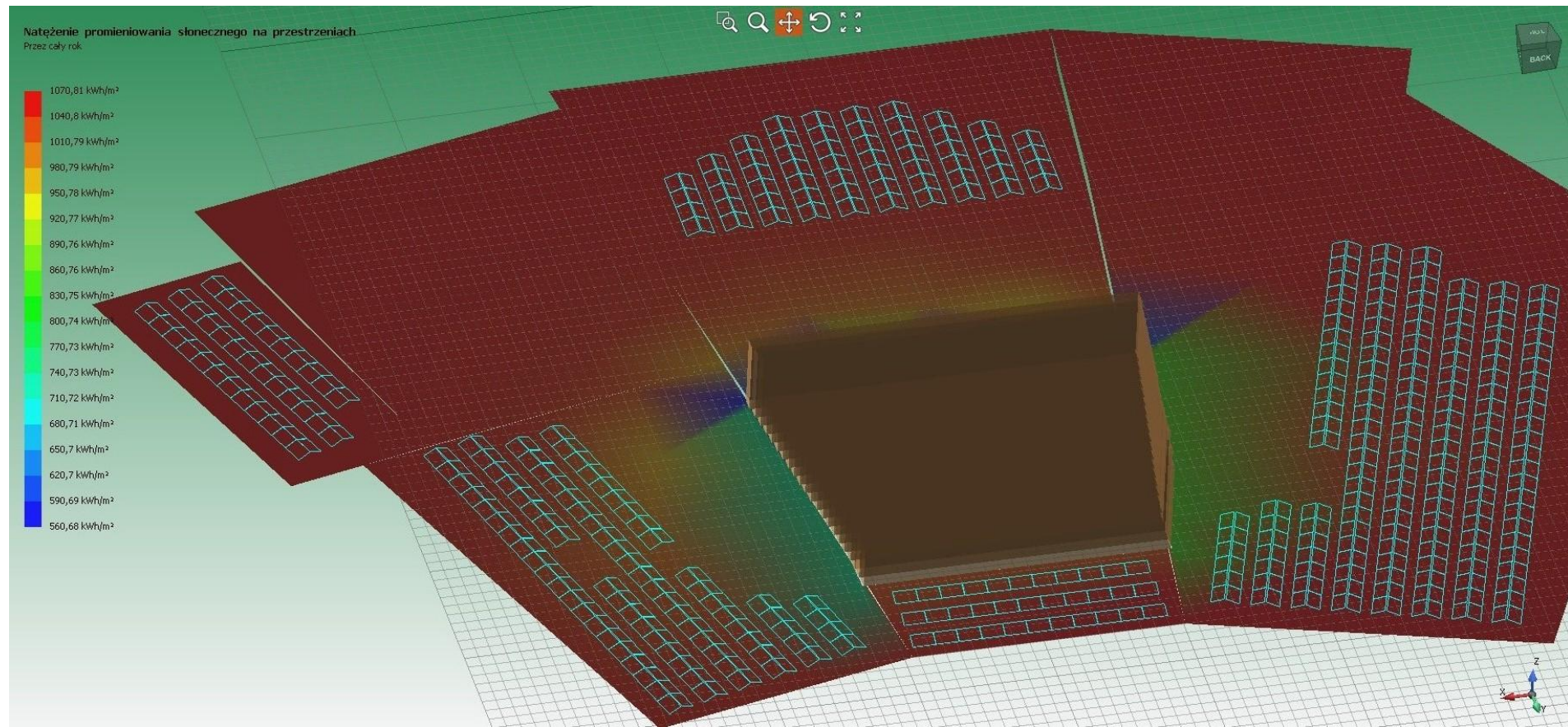


# Budowa instalacji fotowoltaicznej – klucze do sukcesu

1. Najważniejsze jest należyte przygotowanie inwestycji:
  - Określić cele inwestycji oraz zdefiniować mierzalne miary sukcesu.
  - Potwierdzić wykonalność inwestycji:
    - Przygotować studium wykonalności;
    - Zweryfikować możliwość przyłączenia instalacji do sieci;
    - Sprawdzić parametry ekonomiczne przedsięwzięcia, możliwości pozyskania dofinansowania.
2. Przygotować dokumentację projektową oraz niezbędne decyzje i pozwolenia.
3. Zadbać o sprawne przeprowadzenie inwestycji (procedura przetargowa, nadzór).
4. Zapewnić utrzymanie w okresie trwałości lub w czasie życia inwestycji.
  - Przeglądy okresowe (stan zabezpieczeń, pomiary);
  - Czyszczenie, odśnieżanie.

# Niedoceniane aspekty: projekt rozmieszczenia paneli i symulacja pracy

Rzadkością jest wymaganie od Wykonawcy sporządzenia projektu rozmieszczenia paneli wraz z symulacją pracy instalacji fotowoltaicznej.



# Niedoceniane aspekty: projekt rozmieszczenia paneli i symulacja pracy

Większość profesjonalnych programów jest w stanie oszacować ilość wyprodukowanej energii elektrycznej dla statystycznych danych meteo.

Parametry elektryczne generatora fotowoltaicznego	
Łączna moc znamionowa	179,025 kWp
Ilość modułów fotowoltaicznych	651
Łączna powierzchnia czynna modułów	1061,13 m <sup>2</sup>
Ilość łańcuchów	35
Napięcie maksymalne* ( $V_{oc}$ )	770 V
Napięcie przy mocy maksymalnej* ( $V_{mpp}$ )	622 V
Prąd zwarciaowy* ( $I_{sc}$ )	56,04 A
Prąd przy mocy maksymalnej* ( $I_{mpp}$ )	53,1 A

Przewidywany roczny uzysk energetyczny z instalacji wynosi: **166 887,29 kWh**.

Miesiąc	Rozproszone dzienne [kWh/m <sup>2</sup> ]	Bezpośrednie dzienne [kWh/m <sup>2</sup> ]	Globalne dzienne [kWh/m <sup>2</sup> ]
Styczeń	0,43	0,18	0,61
Luty	0,78	0,46	1,24
Marzec	1,47	1,11	2,58
Kwiecień	2,06	2,01	4,07
Maj	2,56	2,82	5,38
Czerwiec	2,74	2,75	5,49
Lipiec	2,68	2,68	5,36
Sierpień	2,23	2,32	4,55
Wrzesień	1,58	1,39	2,97
Październik	0,95	0,65	1,60
Listopad	0,51	0,22	0,73
Grudzień	0,36	0,15	0,51
Rocznie	1,53	1,39	2,92

# Niedoceniane aspekty: układ paneli na dachu płaskim

Na dachach płaskich rozważyć montaż paneli w układzie wschód-zachód.

Układ „do południa”	Układ „wschód-zachód”
<p>Zalety:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Większe uzyski średnioroczne ok. 1000-1100 kWh/kWp.</li><li>• Przy mikroinstalacjach zwykle potrzebne jedno wejście MPP w inwerterze.</li></ul> <p>Wady:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Większa powierzchnia instalacji, aby uniknąć przestępień.</li><li>• Mocniejsza i cięższa konstrukcja mocująca, wymagająca albo mocowania do podłoża, albo dużego balastu w celu zapewnienia odpowiedniej odporności na wiatr.</li><li>• „Wysmukły” profil dobowy powodujący zwykle konieczność oddawania większej ilości energii do sieci.</li></ul>	<p>Zalety:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Lżejsza konstrukcja wsporcza, zwykle balastowa bez mocowania do podłoża, wymagająca mniejszej powierzchni, o dużej odporności na wiatr.</li><li>• Wypłaszczony profil dobowy umożliwiający lepsze wykorzystanie energii słonecznej na własne potrzeby.</li></ul> <p>Wady:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Niższe uzyski średnioroczne, niż w ustawieniu „do południa” o około 25%.</li><li>• Konieczność stosowania inwerterów z dwoma wejściami MPP.</li></ul>

# Niedoceniane aspekty: układ paneli na dachu płaskim - przykłady



# Niedoceniane aspekty: odporność paneli na sól lub amoniak

- W przypadku montażu instalacji fotowoltaicznej blisko morza wymagać certyfikatu z badań odporności paneli na mgłę z zawartością soli IEC 61701 (Salt Mist Corrosion Test).
- Panele montowane na obiektach gospodarczych powinny być odporne na pary amoniaku potwierdzone badaniem (Ammonia Corrosion Resistance Test).



# Niedoceniane aspekty: wymagania OSD dla instalacji o mocy > 40kWp

1. Przed rozpoczęciem inwestycji o mocy >40kWp pozyskać Warunki Przyłączenia instalacji fotowoltaicznej ze strony OSD. Oprócz własnego licznika energii mogą być inne wymagania lub ograniczenia.
2. W przypadku instalacji o mocy >100kWp większość OSD wymaga ponadto:
  - dodatkowych zabezpieczeń podnapięciowych, nadnapięciowych, uchybu częstotliwości, pracą wyspową, itd.
  - zapewnienia komunikacji z dedykowanym sterownikiem zgodnie ze standardami OSD,
  - możliwości zdalnego rozłączania instalacji,
  - sporządzenia Instrukcji Ruchu i Eksploatacji.

# Case study: Słupski Inkubator Technologiczny (SIT)



# SIT: podstawowe informacje

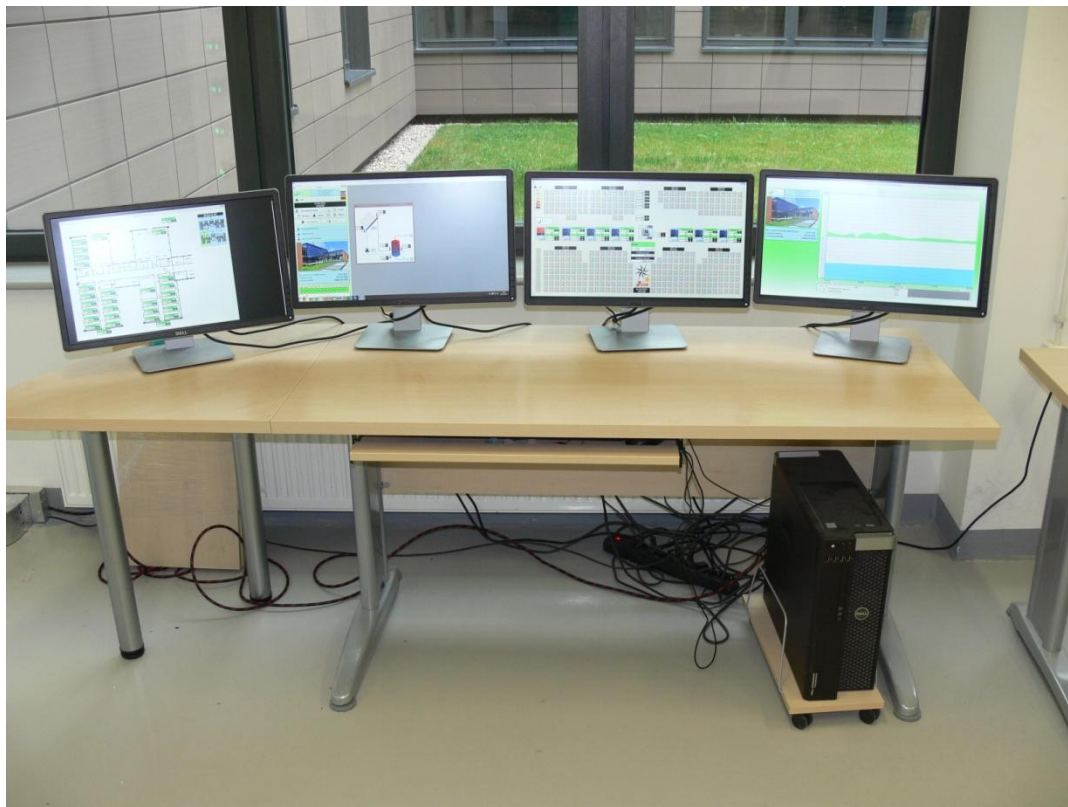
- Instalacja została zbudowana na dachu Słupskiego Inkubatora Przedsiębiorczości. Oddana do użytku 1-08-2015r.
- Moc instalacji: 184,04kWp (668 paneli 270Wp + 16 paneli 230Wp).
- Monitorowana za pomocą dedykowanego systemu SCADA.
- Wyposażona w stację pogodową.
- Produkuje prąd głównie na potrzeby własne budynku Inkubatora.
- Jest częścią Pracowni Odnawialnych Źródeł Energii i służy również do celów badawczych i szkoleniowych.

# SIT: ustawienie paneli

Ustawienie paneli w układzie wschód-zachód pod nachyleniem 20°.



# SIT: stanowisko do nadzoru pracy instalacji w Pracowni OZE





# SIT: wskaźniki określone przez Zamawiającego w SIWZ

Zdefiniowano wskaźniki obliczane w skali roku:

1. **Wskaźnik jakości PR** (osobny dla części wschodniej i zachodniej):

—

gdzie:

- $P_A$  – aktualna moc produkowana przez instalację fotowoltaiczną lub jej część np. wschodnią lub zachodnią
- $P_O$  – moc obliczeniowa, którą instalacja powinna produkować przy aktualnych warunkach pracy

2. **Wskaźnik dyspozycyjności D:**

—

gdzie:

- $t_p$  – czas pracy (oddawania energii elektrycznej do sieci – tzw. feeding time) instalacji fotowoltaicznej lub jej części np. wschodniej lub zachodniej
- $t_o$  – czas, kiedy instalacja była podłączona do sieci oraz natężenie promieniowania wynosiło co najmniej 50 W/m<sup>2</sup>

# SIT: podsumowanie 2-letniej eksploatacji

Celem było wyprodukowanie energii elektrycznej w ilości **140 000 kWh** rocznie.

W okresie od 5-08-2015 do 5-08-2016 wyprodukowano 154 453 kWh.

W okresie od 6-08-2016 do 5-08-2017 wyprodukowano 138 538 kWh.

Roczny średni wskaźnik sprawności instalacji: **796 kWh/kWp**

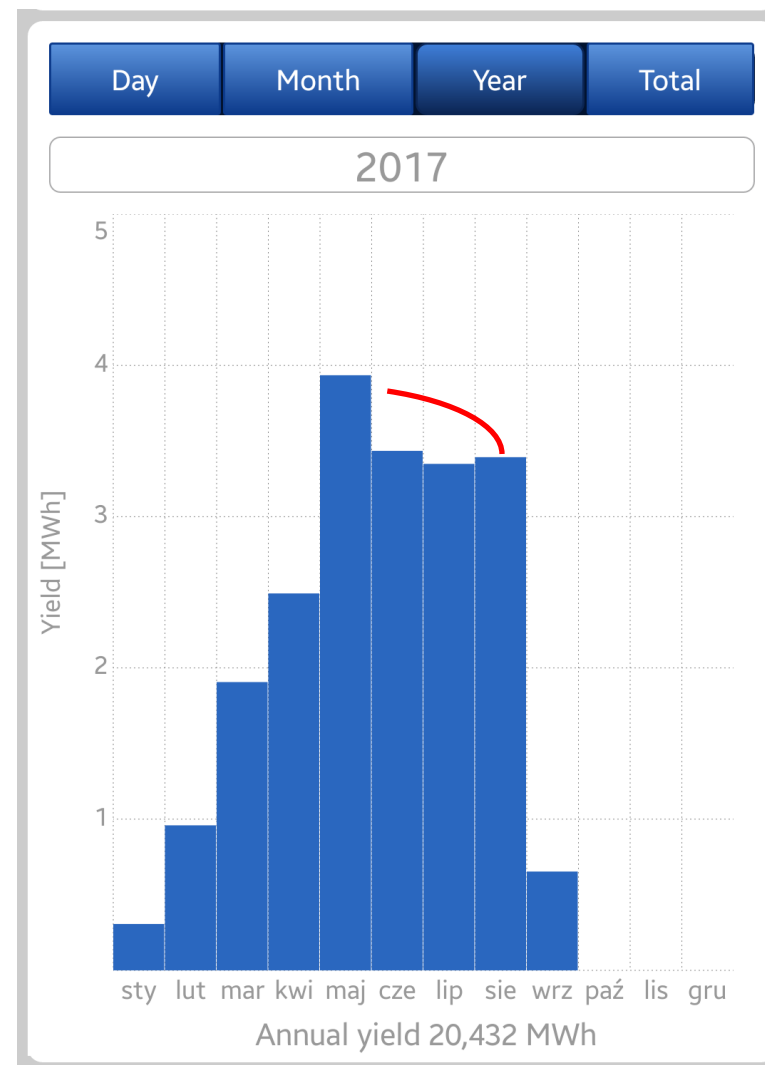
Moc szczytowa instalacji: 150 kW

# SIT: pokonane wyzwania

1. Konieczne było wykonanie projektu zamiennego:
  - Zmiana typu konstrukcji wsporczej na balastową.
  - Zmiana trasy głównych kabli zasilających.
  - Dodatkowe zabezpieczenia w rozdzielni ŚN wymagane ze strony OSD.
2. Konieczne było pozyskanie opinii PINB dotyczące trybu wykonywania robót.
3. Trudne warunki atmosferyczne (upały).

# Tegoroczne uzyski

Zdarzają się deszczowe lata, jak mijające  
(dane na dzień 12-09-2017):



# Pytania



# Zaproszenie

Zapraszamy na Dzień Otwarty Pomorskich Dni Energii:

Miejsce: siedziba Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Gdańsku, przy ul. Rybaki Górne 8.

Termin: piątek, 15-09-2017



Unia Europejska  
Fundusz Spójności

