

Kraków, 9 listopad 2022 r.

Analiza produkcji PV

na potrzeby projektu:
„Szkola przyszłości modułarny i mobilny system Zielonych Klas”

dr hab. inż. Tomasz Węgiel, prof. PK E-2

I. ZAŁOŻENIA

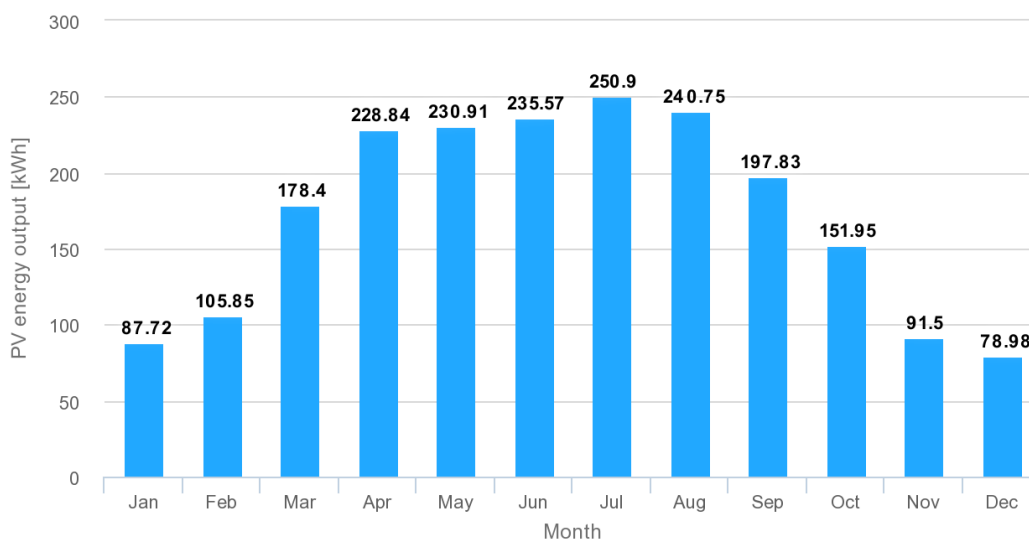
Przyjęto pojedynczy moduł jako jednostkę do analizy. Założono wykorzystanie 75% powierzchni dachu do pokrycia panelami PV. Powierzchnia dachu modułu to ok. 14.1 m², daje możliwość instalacji 2 kWp. Jako lokalizację przyjęto Kraków.

Analiza wykonana przy użyciu bazy PVGIS dała następujące wyniki:

Slope angle [°]:	39 (opt)
Azimuth angle [°]:	180 (opt)
Yearly PV energy production [kWh]:	2079.19
Yearly in-plane irradiation [kWh/m ²]:	1348.66
Year-to-year variability [kWh]:	104.34
Changes in output due to:	
Angle of incidence [%]:	-2.89
Spectral effects [%]:	1.74
Temperature and low irradiance [%]:	-9.28
Total loss [%]:	-22.92

Monthly energy output from fix-angle PV system

(C) PVGIS, 2022



Rys.1. Miesięczna produkcja dla optymalnego ułożenia paneli (azymut 180 i nachylenie 39°)

II. OPTIMALIZACJA UŁOŻENIA PANELI NA DACHU

Z uwagi na ograniczone możliwości nachylenia oraz ułożenia względem stron świata (azymutu) przeprowadzone zostały analizy optymalnego ustawienia paneli. Wstępna ocena produkcji energii w zależności od wpływu nachylenia i azymutu paneli może być dokonana w oparciu o tabelę 1.

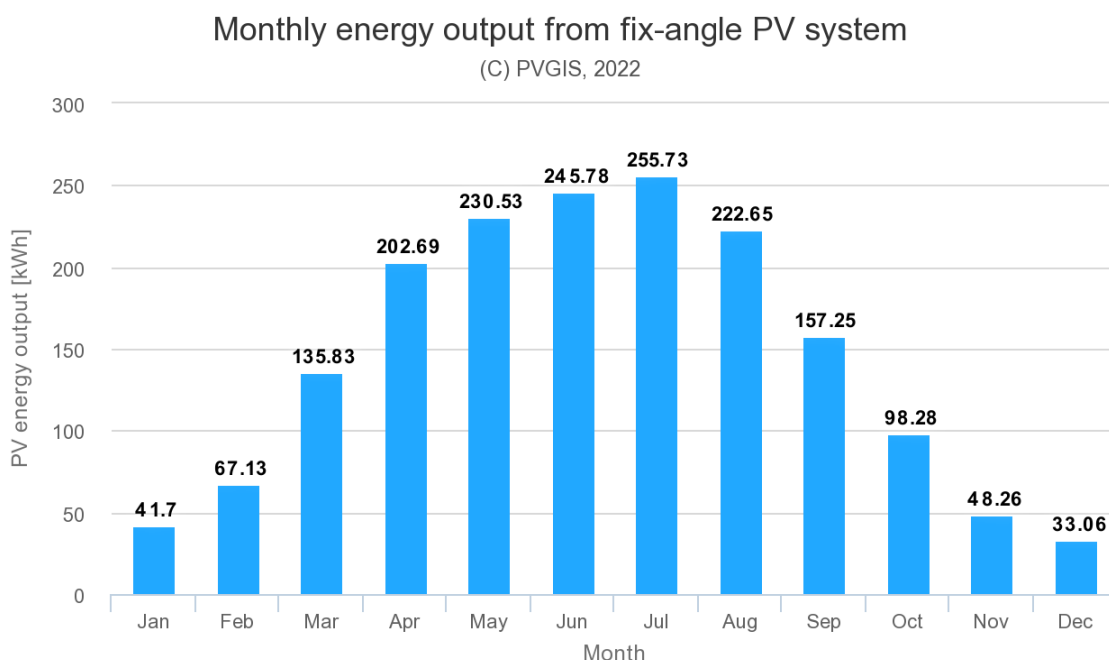
Tabela 1.

		Azymut						
		Zachód	Poł.-Zachód			Południe	Poł.-Wschód	
	Nachylenie	270	240	210	180	150	120	90
Pion	90	51%	62%	69%	72%	70%	63%	52%
	80	58%	71%	80%	82%	80%	71%	51%
	70	65%	78%	87%	90%	87%	79%	65%
	60	71%	84%	93%	96%	94%	85%	72%
	50	76%	89%	97%	99%	98%	89%	77%
	40	80%	92%	99%	100%	99%	92%	81%
	30	83%	93%	99%	100%	100%	93%	84%
	20	85%	93%	97%	99%	97%	93%	86%
	10	87%	90%	93%	95%	94%	92%	87%
Poziom	0	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%

Biorąc pod uwagę podane w tabeli współczynniki można dokonać wstępnej selekcji ułożenia paneli.

Ułożenie poziome

Rozwiązanie to jest najprostszym rozwiązaniem zakładającym poziomy dach segmentu i całkowitą niezależność produkcji od orientacji segmentu względem azymutu. Uzyskana wartość produkcji na poziomie 90% optymalnego ułożenia jest dobrym wynikiem. Wadą tego rozwiązania jest duże zróżnicowanie produkcji w zależności od miesiąca w roku. Z punktu widzenia równomiernej produkcji energii jest to niekorzystne, ponieważ w miesiącach zimowych będzie niedobór a w letnich nadprodukcja energii elektrycznej.

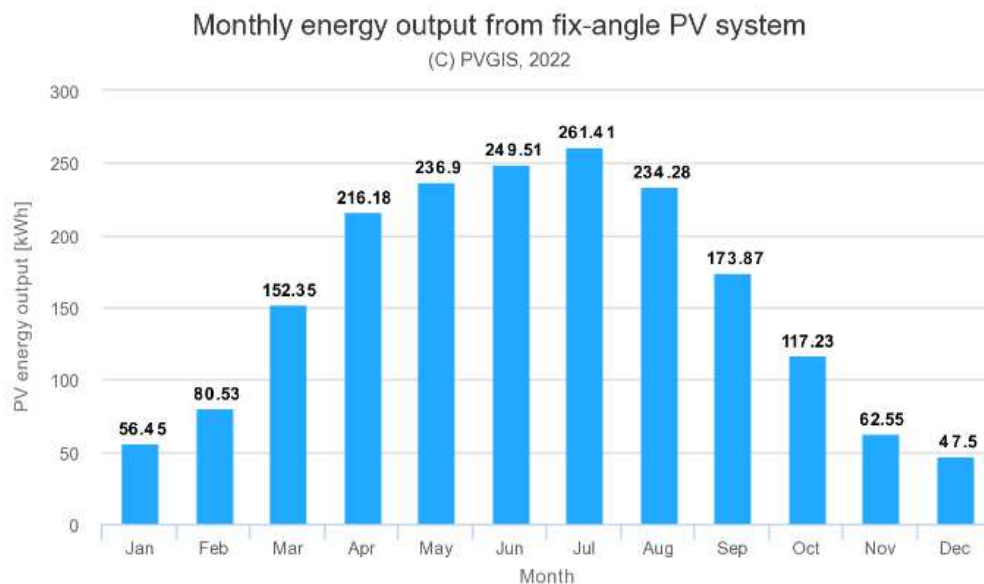


Rys.2. Miesięczna produkcja dla nachylenia 0°.

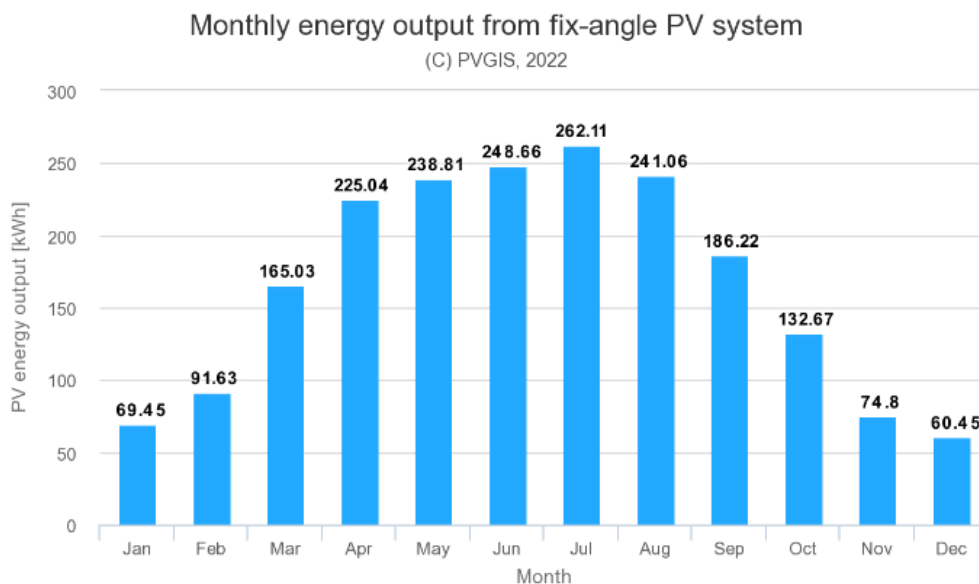
Nachylenie całej powierzchni dachu

Przy nachyleniu panel istotne jest ułożenie ich względem azymutu. Najlepsze efekty uzyskiwane są dla azymutu 180°. Można zauważyć, że nawet niewielkie nachylenie rzędu 10 czy 20° daje wyniki zbliżone do optymalnych. Zmienność produkcji jest mniejsza niż w ułożeniu poziomym jednak w dalszym ciągu znacząca.

a)



b)



Rys.3. Miesięczna produkcja dla azymutu 180 i nachylenia: a.) 10°, b) 20°.

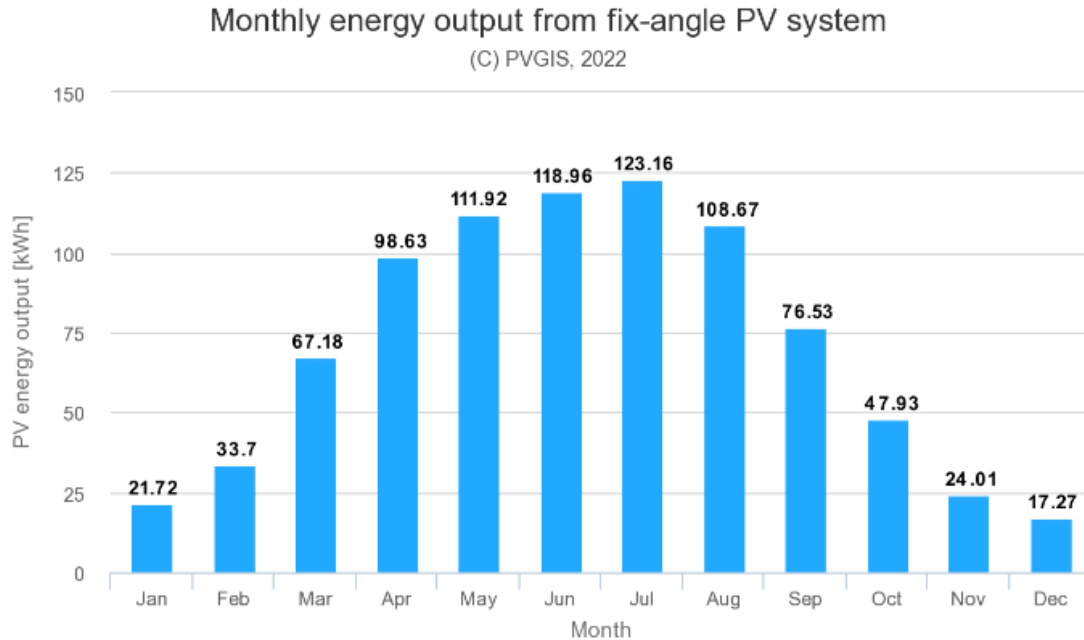
Nachylenie dzielone

Innym rozwiązaniem jest wykorzystanie dachu dwuspadowego. Poniższe wyniki przedstawiają przypadek symetrycznego dachu ze spadami o nachyleniu 20° zorientowanymi na wschód

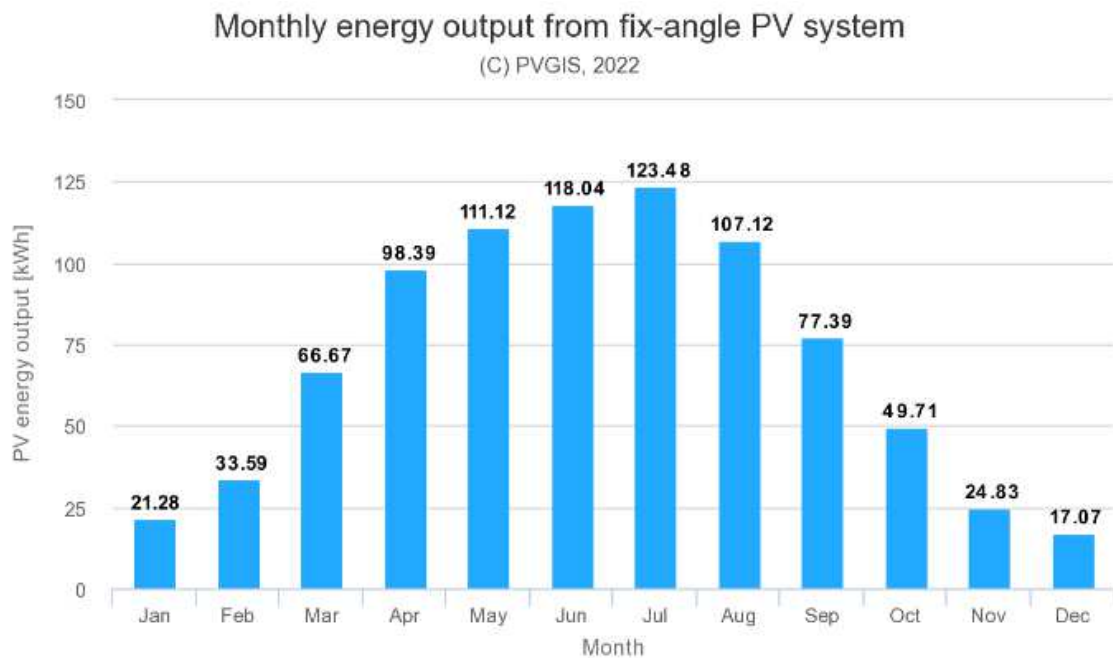
3

i zachód. Uzyskane wyniki są porównywalne z przypadkiem nachylenia całej powierzchni dachu pod kątem 10°.

a)



b)



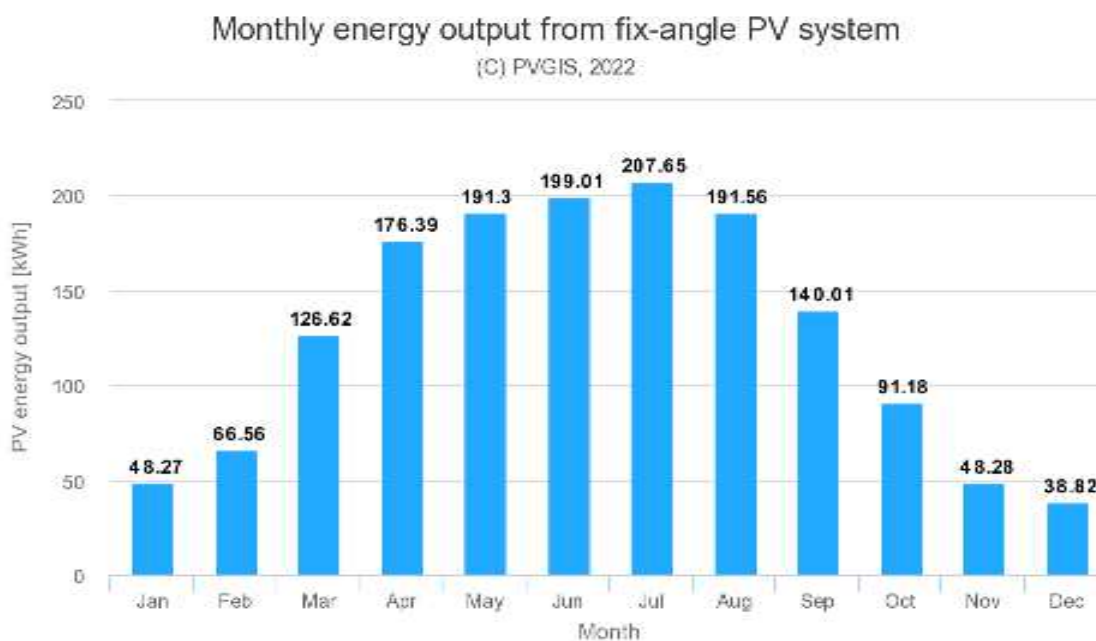
Rys.4. Miesięczna produkcja dla nachylenia 20° i azymutu spad: a.) zachód, b.) wschód.

III. Optymalizacja ułożenia paneli na ścianie

Optymalizacja ułożenia paneli na dachu przedstawiona w poprzednim rozdziale wykazała duże zróżnicowanie produkcji energii w zależności od pory roku. Pewnym rozwiązaniem jest wykorzystanie powierzchni ściany do ułożenia paneli PV.

Zakładając wykorzystanie ściany o wymiarach 7.5 x 3 m z pokryciem 70% mamy możliwość zainstalowania 3 kWp. Wyniki analizy produkcji paneli zamontowanych na ścianie w zależności od azymutu zostały przedstawione na poniższym Rys.

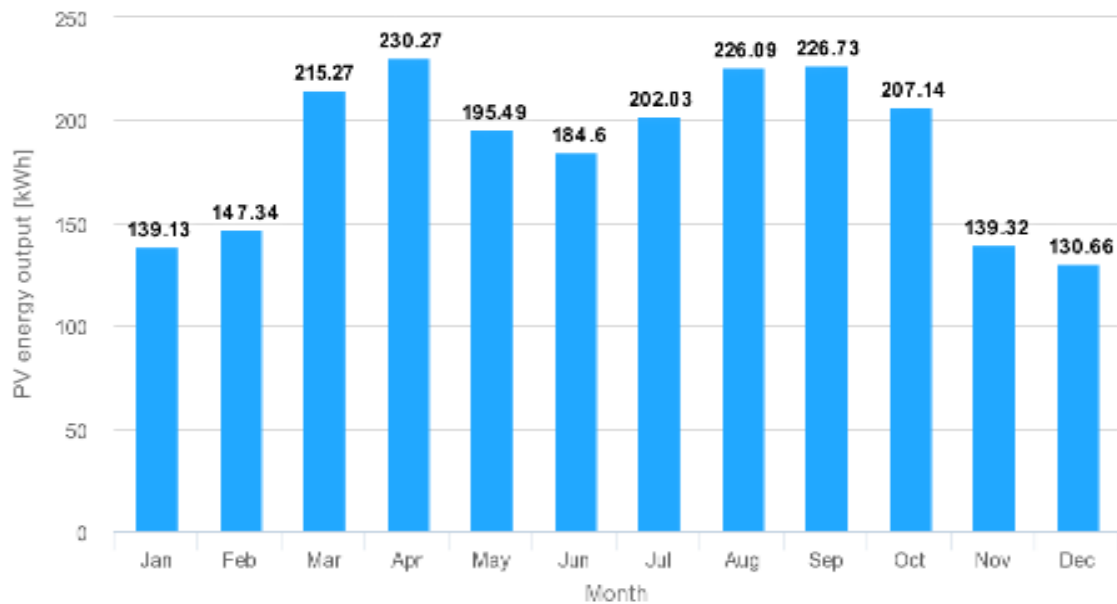
a)



b)

Monthly energy output from fix-angle PV system

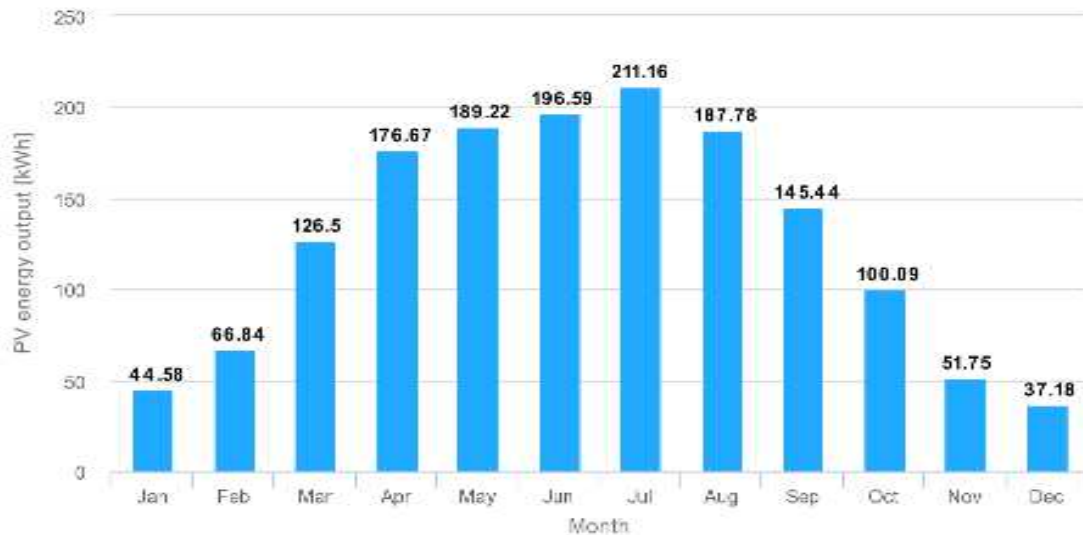
(C) PVGIS, 2022



c)

Monthly energy output from fix-angle PV system

(C) PVGIS, 2022



Rys.5. Miesięczna produkcja dla nachylenia 90° i azymutu spad: a.) zachód, b.) południe, c.) wschód.

Najlepszym rozwiązaniem jest wykorzystanie ściany skierowanej na południe zarówno pod względem ilości wyprodukowanej energii jak i niewielkiej zmienności produkcji w zależności od pory roku.

IV. Podsumowanie

Biorąc pod uwagę dużą zmienność produkcji energii w zależności od pory roku, która będzie negatywnie wpływać na bilans energii należy wykorzystać ścianę segmentu skierowaną na południe. Należy się wtedy liczyć z mniejszą produkcją średnioroczną na poziomie 70% produkcji dla ułożenia optymalnego.