

**Badania w ramach projektu:** *„Utworzenie Branżowego Centrum Umiejętności przy Zespole Szkół Mechaniczno – Elektrycznych w Żywcu w dziedzinie energetyki odnawialnej (słonecznej),”*

*Bielsko-Biała 24.11.2025*

---

Dr hab. inż. Kazimierz Drabczyk prof. UBB

## Badania przeprowadzone w laboratorium fotowoltaiki i energetyki odnawialnej UBB:

- ☐ Badanie mikrouszkodzeń paneli fotowoltaicznych
- ☐ Badanie efektywności pracy paneli fotowoltaicznych
- ☐ Wykonanie badań spektrofotometrycznych źródeł światła sztucznego
- ☐ Wykonanie badań spektrofotometrycznych źródeł światła naturalnego

# Badanie mikrouszkodzeń modułów fotowoltaicznych

## ☐ Wpływ mikrouszkodzeń na moduły PV

- Degradacja parametrów elektrycznych
- Awaria całego systemu

## ☐ Identyfikacja mikrouszkodzeń:

- wykrywanie pęknięć ogniów
- wykrywanie obszarów nieaktywnych elektrycznie

**obrazowanie  
elektroluminescencyjne**

# Badanie mikrouszkodzeń modułów fotowoltaicznych – stanowisko do badań

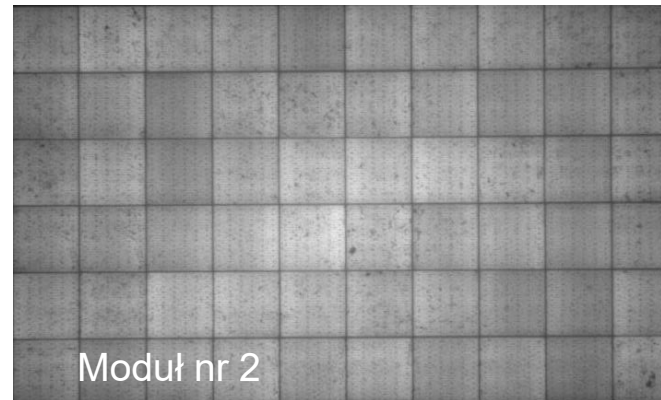
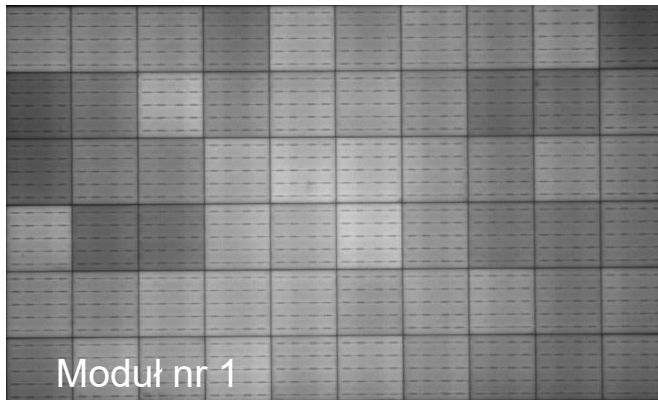
- ☐ ciemnia
- ☐ kamera CCD ZWO ASI 2600 MM Pro (monochromatyczna, CMOS, 26 MPix),
- ☐ statyw montażowy z optyką i filtrami,
- ☐ zasilacz laboratoryjny do polaryzacji modułów,
- ☐ komputer z oprogramowaniem do rejestracji obrazów.



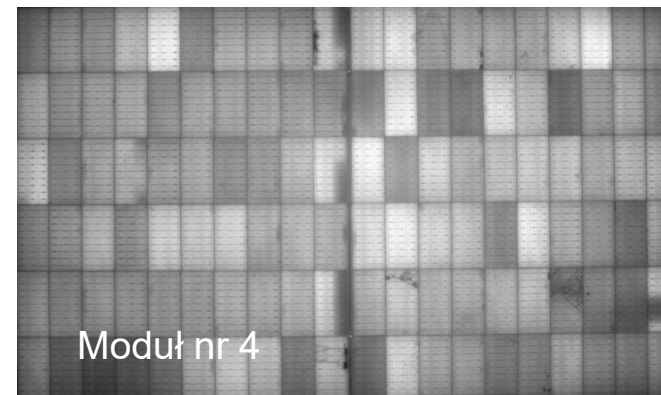
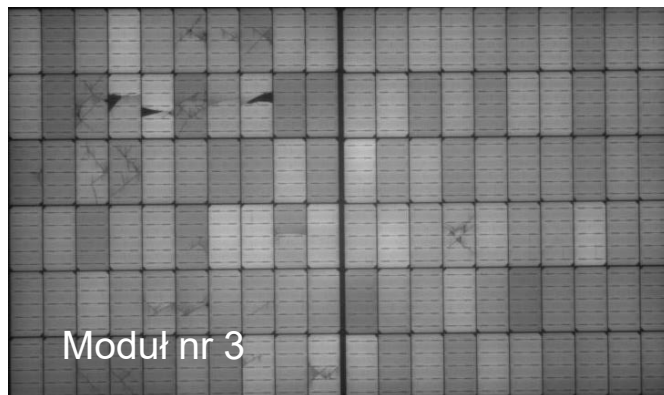
## Badanie mikrouszkodzeń modułów fotowoltaicznych – przebieg badania

- Metoda polega na spolaryzowaniu ogniw PV w kierunku przewodzenia za pomocą zasilacza DC i rejestracji emisji promieniowania podczerwonego przy pomocy kamery CCD.
- Obecność mikropęknięć, defektów oraz obszarów nieaktywnych uwidacznia się na obrazach EL jako ciemne linie lub obszary.

# Badanie mikrouszkodzeń modułów fotowoltaicznych – wyniki badania



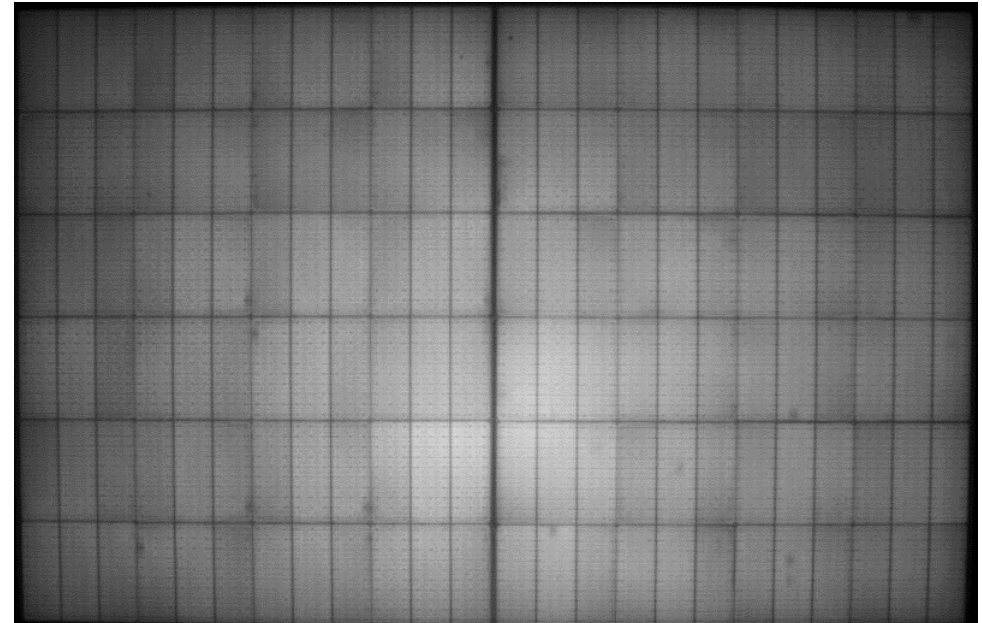
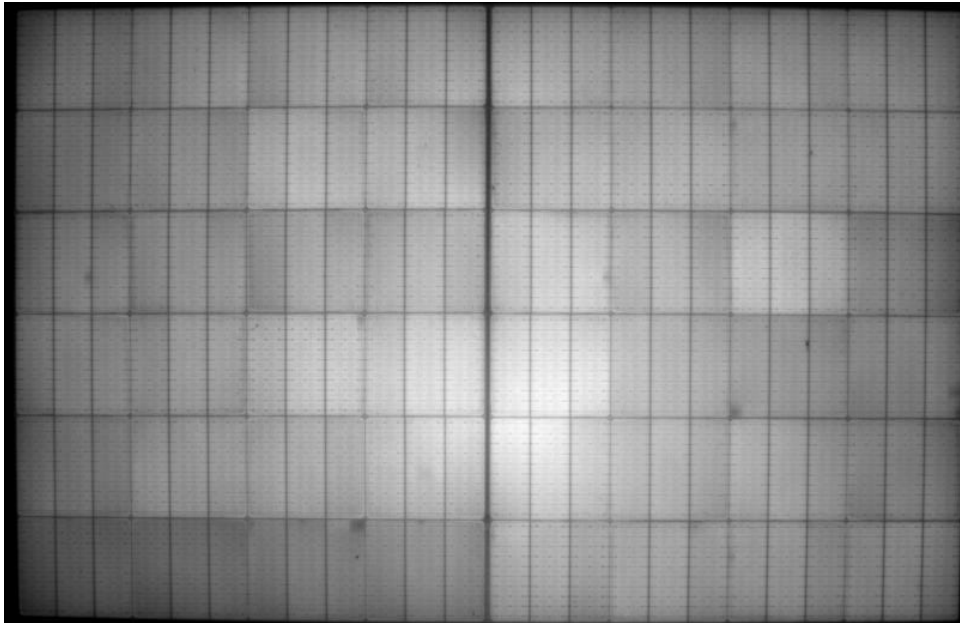
Moduł 1 i 2 –  
brak mikrouszkodzeń,  
w module 2 niejednorodności ogniw  
charakterystyczne dla krzemu  
polikrystalicznego



Moduł 3 i 4 – mikrouszkodzenia  
w postaci pęknięć ogniw oraz  
obszarów nieaktywnych  
elektrycznie.  
**Niejednorodność** pomiędzy  
ogniwami wynika z  
niedostatecznego sortowania  
ogniw na etapie produkcji.

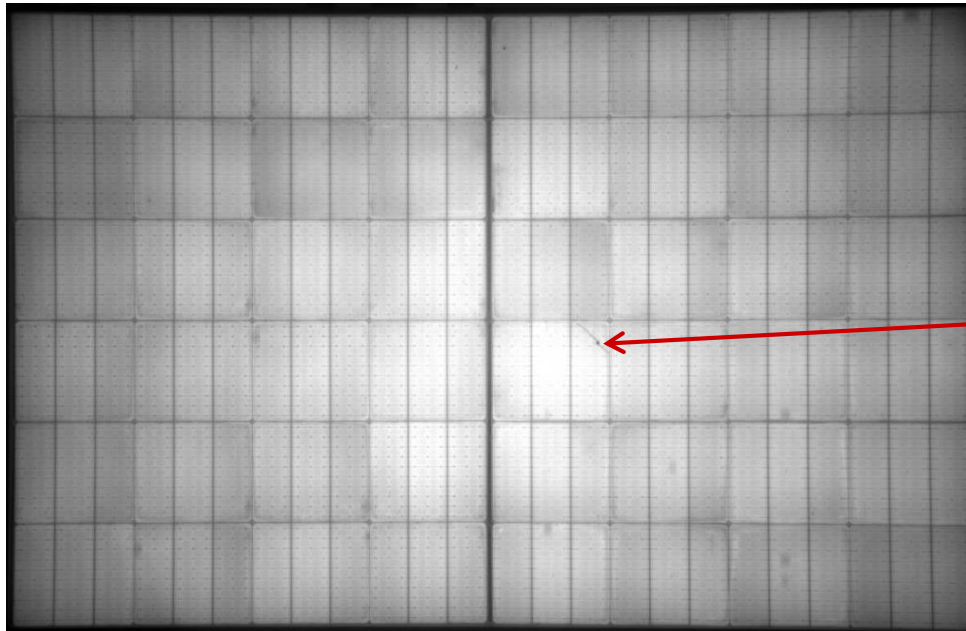


# Badanie mikrouszkodzeń modułów fotowoltaicznych – wyniki badania



- ☐ Moduły w układzie szkło-plastik z ogniw na krzemie monokrystalicznym
- ☐ Nie wykazano mikrouszkodzeń
- ☐ Niejednorodność na niskim poziomie

# Badanie mikrouszkodzeń modułów fotowoltaicznych – wyniki badania



W przypadku jednego z badanych modułów uwidoczniło się jedno mikropęknięcie, które nie wpływa jednak na wydajność ogniwa – brak nieaktywnego obszaru

Badanie modułu po 9 miesiącach eksploatacji



# Badanie efektywności pracy paneli fotowoltaicznych – stanowisko do badań

**A+A+A+**

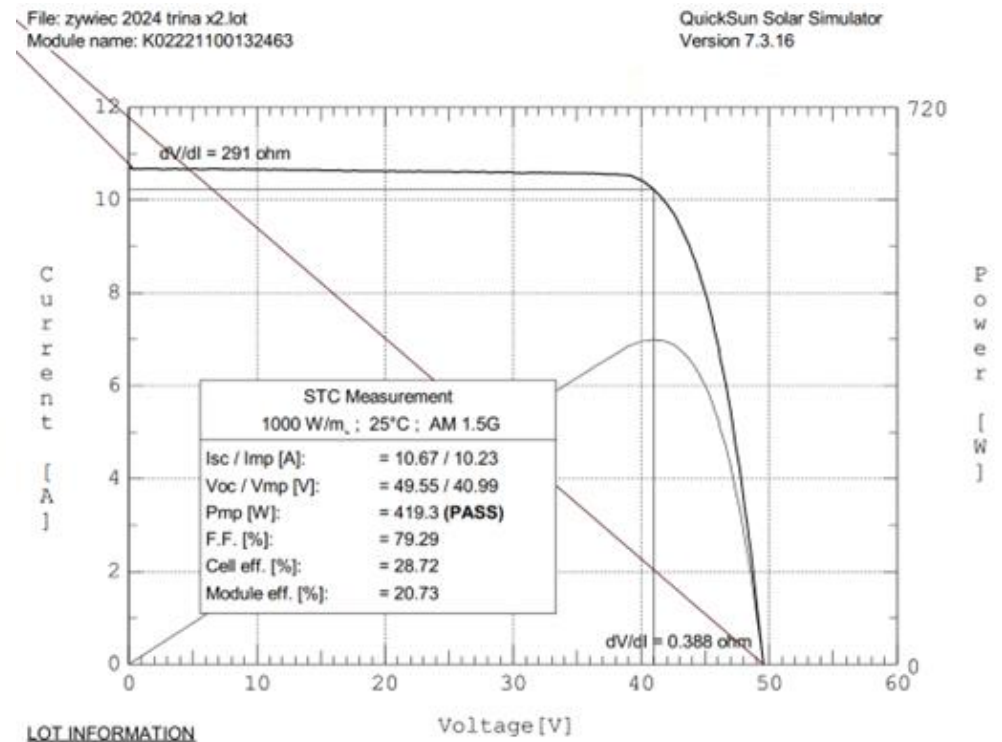
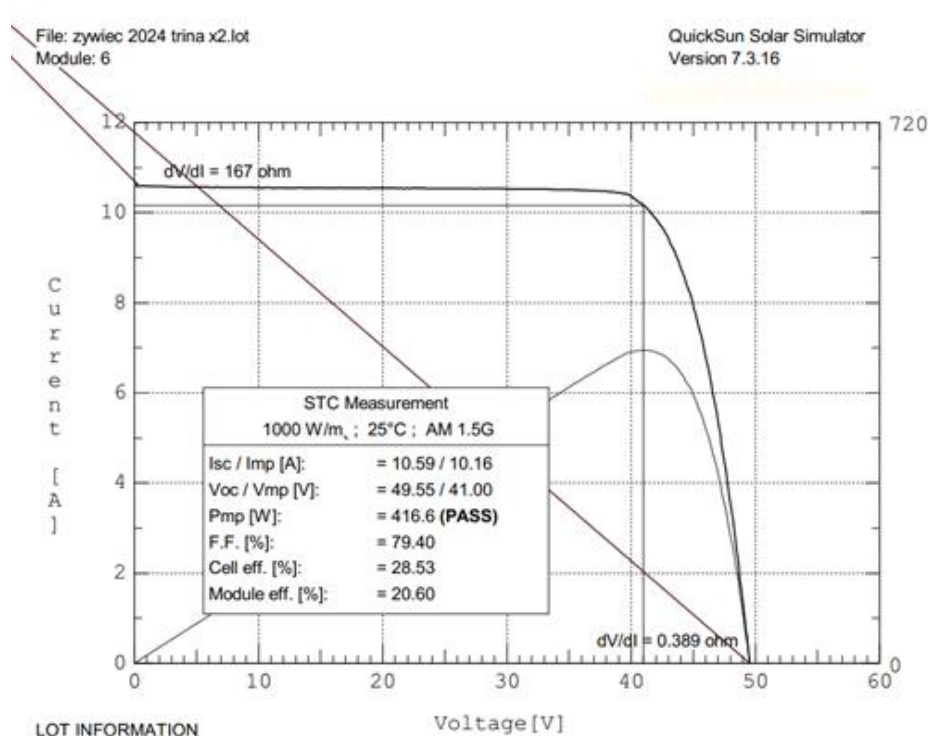
Stanowisko:

- ☐ Symulator światła słonecznego  
ENDEAS 650 LAB  
z systemem pomiarowym
- ☐ Możliwość badania pełnowymiarowych modułów PV – **warunki STC**
- ☐ **(25°C, 1000 W/m<sup>2</sup>, AM1.5)**



# Badanie efektywności pracy paneli PV w warunkach laboratoryjnych – warunki STC

- ❑ Moduły w układzie szkło-plastik z ogniw na krzemie monokrystalicznym – Trina Solar TSM 425DE09R.08 po nieco ponad 6 miesiącach pracy w warunkach rzeczywistych
- ❑ Badanie w symulatorze światła słonecznego ENDEAS 820 klasy AAA



Wyniki pomiarów potwierdzają poprawne działanie modułów, odnotowano spadek mocy maksymalnej ~3.5%

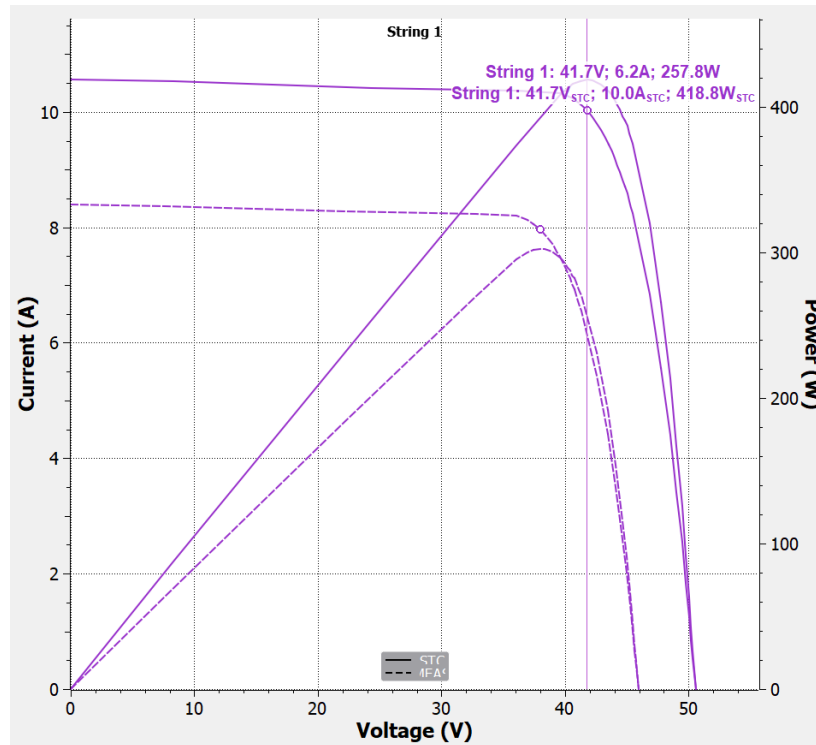
# Badanie efektywności pracy paneli PV w warunkach rzeczywistych – stanowisko do badań

- ☐ Przenośny system pomiarowy Benning PV 2
- ☐ Miernik promieniowania słonecznego i temperatury Benning Solar SUN 2



# Badanie efektywności pracy paneli PV w warunkach rzeczywistych – wyniki badań

Moduł w układzie szkło-plastik z ogniw na krzemie monokrystalicznym – Trina Solar TSM 425DE09R.08  
Moc maksymalna dla warunków **STC 425 Wp**  $\pm$  % do daje oczekiwaną moc **od 412,25 do 437,74 Wp**;  
zmierzona moc: **418,8 Wp**



Parametry elektryczne wyznaczone podczas pomiaru w warunkach rzeczywistych

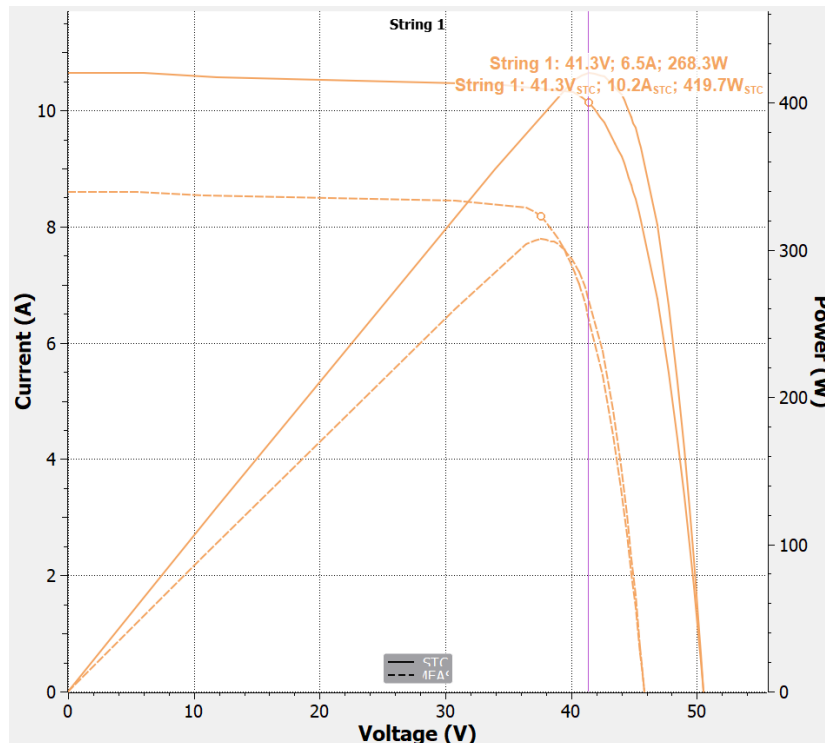
|                                 |       |                                           |
|---------------------------------|-------|-------------------------------------------|
| Irradiance: (W/m <sup>2</sup> ) | 789.1 | Natężenie promieniowania                  |
| Cell Temperature: (°C)          | 44.04 | Temperatura ogniwa                        |
| Ambient Temperature: (°C)       | 29.44 | Temperatura otoczenia                     |
| Open Circuit Voltage (V):       | 46    | Napięcie obwodu otwartego                 |
| Short Circuit Current (A):      | 8.391 | Napięcie zwarciove                        |
| Voltage at mpp (V):             | 37.97 | Napięcie w obwodzie przy maksymalnej mocy |
| Current at mpp (A):             | 8     | Prąd w obwodzie przy maksymalnej mocy     |
| Fill Factor:                    | 78.42 | Współczynnik wypełnienia                  |

Współczynnik wypełnienia wskazuje, w jakim stopniu charakterystyka prądowo-napięciowa ogniwa PV jest zbliżona do idealnej

# Badanie efektywności pracy paneli PV w warunkach rzeczywistych – wyniki badań

Moduł w układzie szkło-plastik z ogniwo na krzemie monokrystalicznym – Trina Solar TSM 425DE09R.08  
Moc maksymalna dla warunków STC **425 Wp** ± % do daje oczekiwaną moc **od 412,25 do 437,74 Wp**;  
zmierzona moc: **419,7 Wp**

Parametry elektryczne wyznaczone podczas  
pomiaru w warunkach rzeczywistych



Irradiance: (W/m<sup>2</sup>)

798.1

Natężenie promieniowania

Cell Temperature: (°C)

44.75

Temperatura ogniwa

Ambient Temperature: (°C)

29.2

Temperatura otoczenia

Open Circuit Voltage (V):

45.8

Napięcie obwodu otwartego

Short Circuit Current (A):

8.593

Napięcie zwarciove

Voltage at mpp (V):

37.59

Napięcie w obwodzie przy maksymalnej mo

Current at mpp (A):

8.2

Prąd w obwodzie przy maksymalnej mocy

Fill Factor:

78.08

Współczynnik wypełnienia

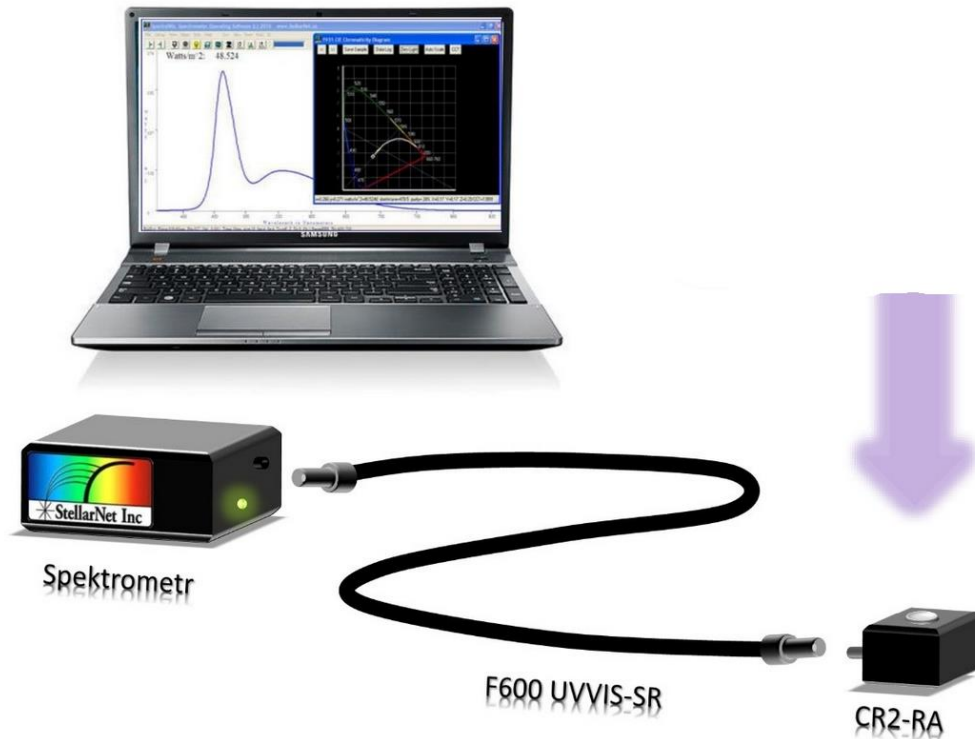
Charakterystyka prądowo-napięciowa dla modułu nr 2



# Wykonanie badań spektrofotometrycznych źródeł światła– stanowisko do badań

Stanowisko:

- ☐ spektrometr  
BLACK-Comet-CXR-SR (220-1100nm),
- ☐ kabel światłowodowy F600-VIS-NIR,
- ☐ receptor kosinusoidalny CR2 oraz
- ☐ statyw pozycjonujący CR2

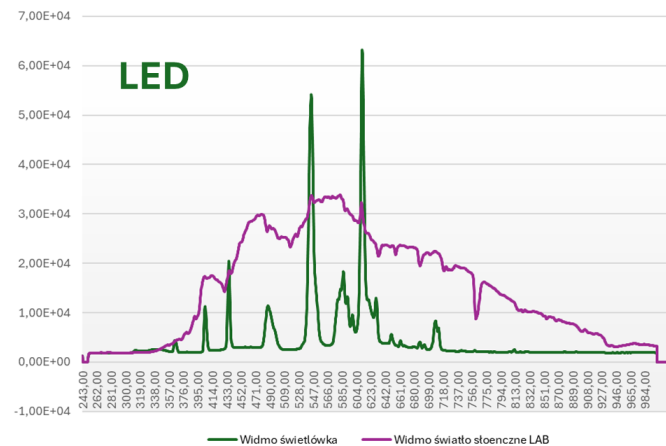


System posiada kalibrację IRRADCAL-UVN NIST oraz certyfikat IRRAD-CAL.



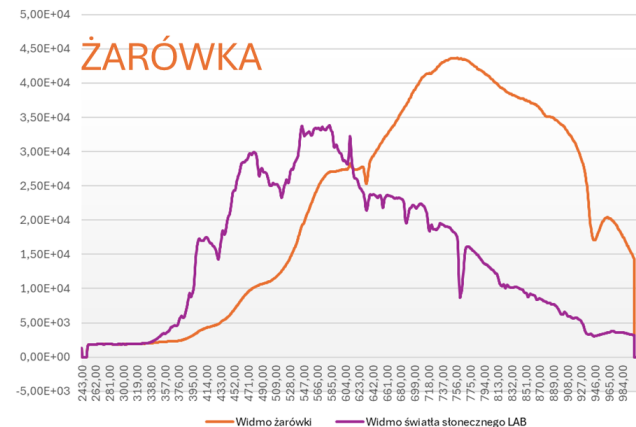
# Wykonanie badań spektrofotometrycznych źródeł światła sztucznego – wyniki badań

Moc promieniowania **światła słonecznego: 1124.4 W/m<sup>2</sup>**



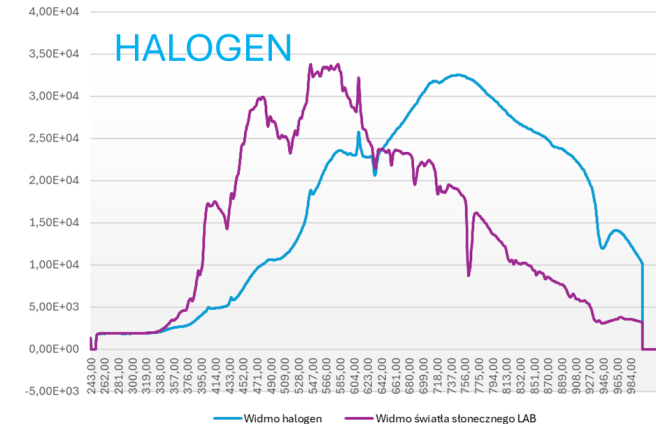
Moc promieniowania: 318,8 W/m<sup>2</sup>

Dopasowanie widma do widma światła słonecznego jest bardzo słabe. Widoczny brak fotonów w prawie każdym zakresie fal oraz dwa wyraźne piki dla fal o długości 545 nm i 612 nm.



Moc promieniowania: 1630 W/m<sup>2</sup>

Dopasowanie widma do widma światła słonecznego słabe. Widoczny brak fotonów w zakresie do 600 nm oraz nadmiar w zakresie podczerwieni.

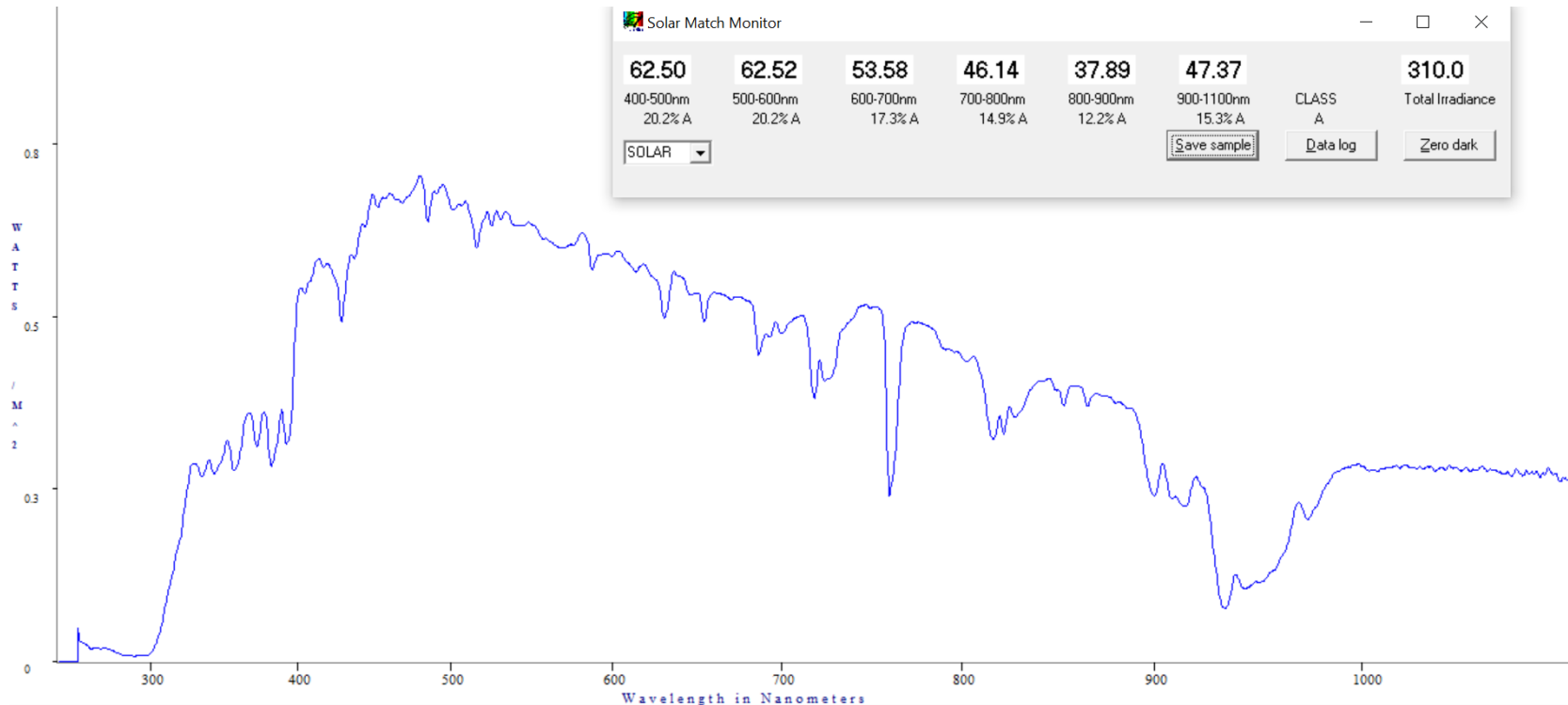


Moc promieniowania: 1271 W/m<sup>2</sup>

Dopasowanie widma do widma światła słonecznego słabe. Widoczny brak fotonów w zakresie do 600 nm oraz nadmiar w zakresie podczerwieni.

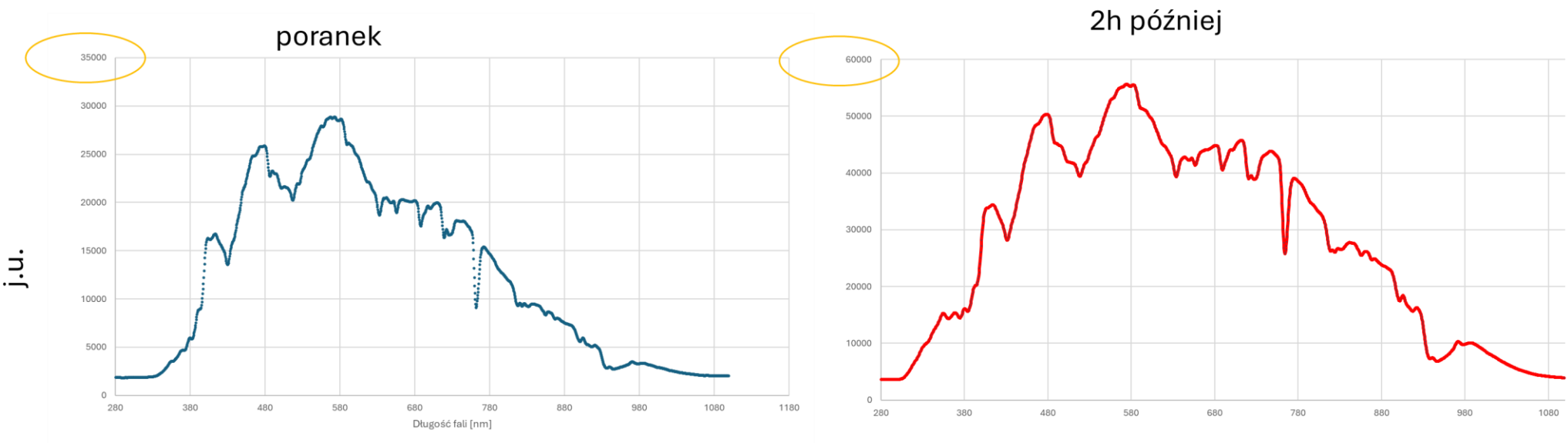
**WNIOSEK:** Źródła te nie nadają się do zastosowania podczas badań parametrów elektrycznych ogniw PV

# Wykonanie badań spektrofotometrycznych źródeł światła naturalnego – wyniki badań



Widmo promieniowania słonecznego w zakresie do 300 do 1100 nm wraz z wyliczoną mocą promieniowania ( $310 \text{ W/m}^2$ ) oraz z podziałem na poszczególne zakresy

# Wykonanie badań spektrofotometrycznych źródeł światła naturalnego – wyniki badań



Pomiar widma światła słonecznego wykonano w słoneczny dzień na terenie UBB. Widmo wykonane o pranku i dwie godziny później charakteryzuje się zmianą mocy promieniowania a co za tym idzie ilości energii docierającej do powierzchni płaskiej