

SYSTEMY ENERGETYKI ODNAWIALNEJ B.22

Wykład: ENERGETYKA SŁONECZNA - FOTOWOLTAIKA

Prowadzący:
dr inż. Marcin Michalski
kontakt:

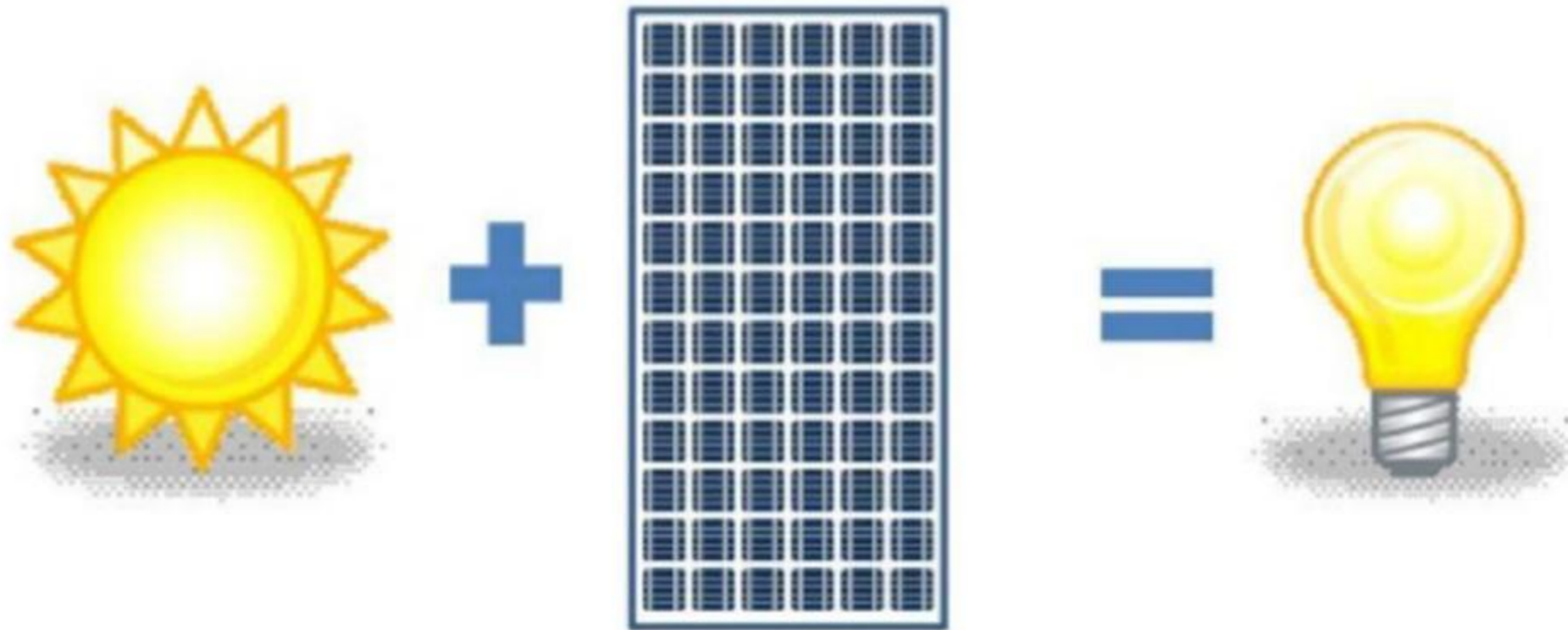
e-mail: energetyka.michalski@gmail.com



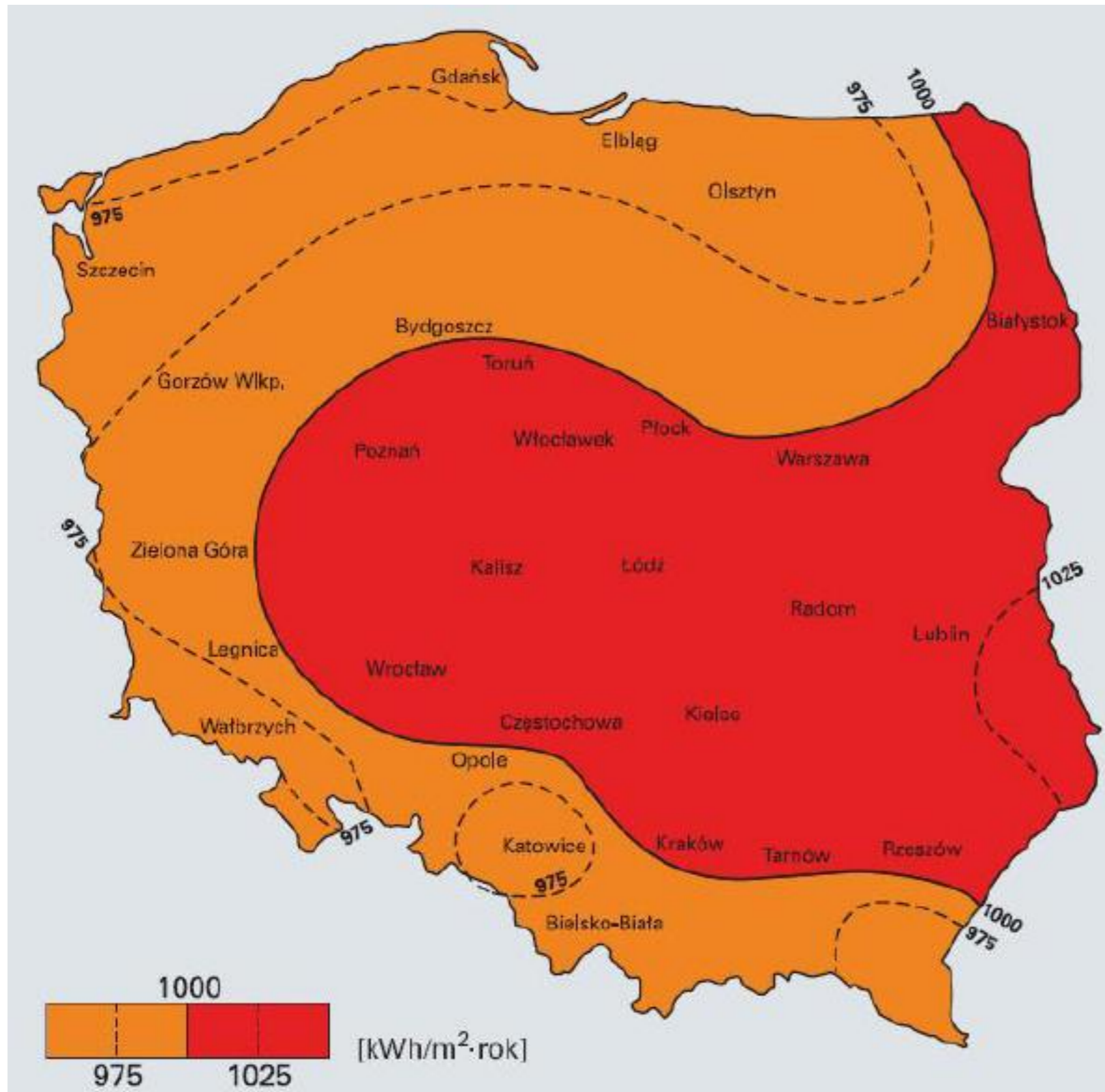
energetyka.michalski

Wprowadzenie do fotowoltaiki

BEZPOŚREDNIA KONWERSJA ENERGII PROMIENIOWANIA SŁONECZNEGO NA ENERGIĘ ELEKTRYCZNĄ



Wprowadzenie do fotowoltaiki

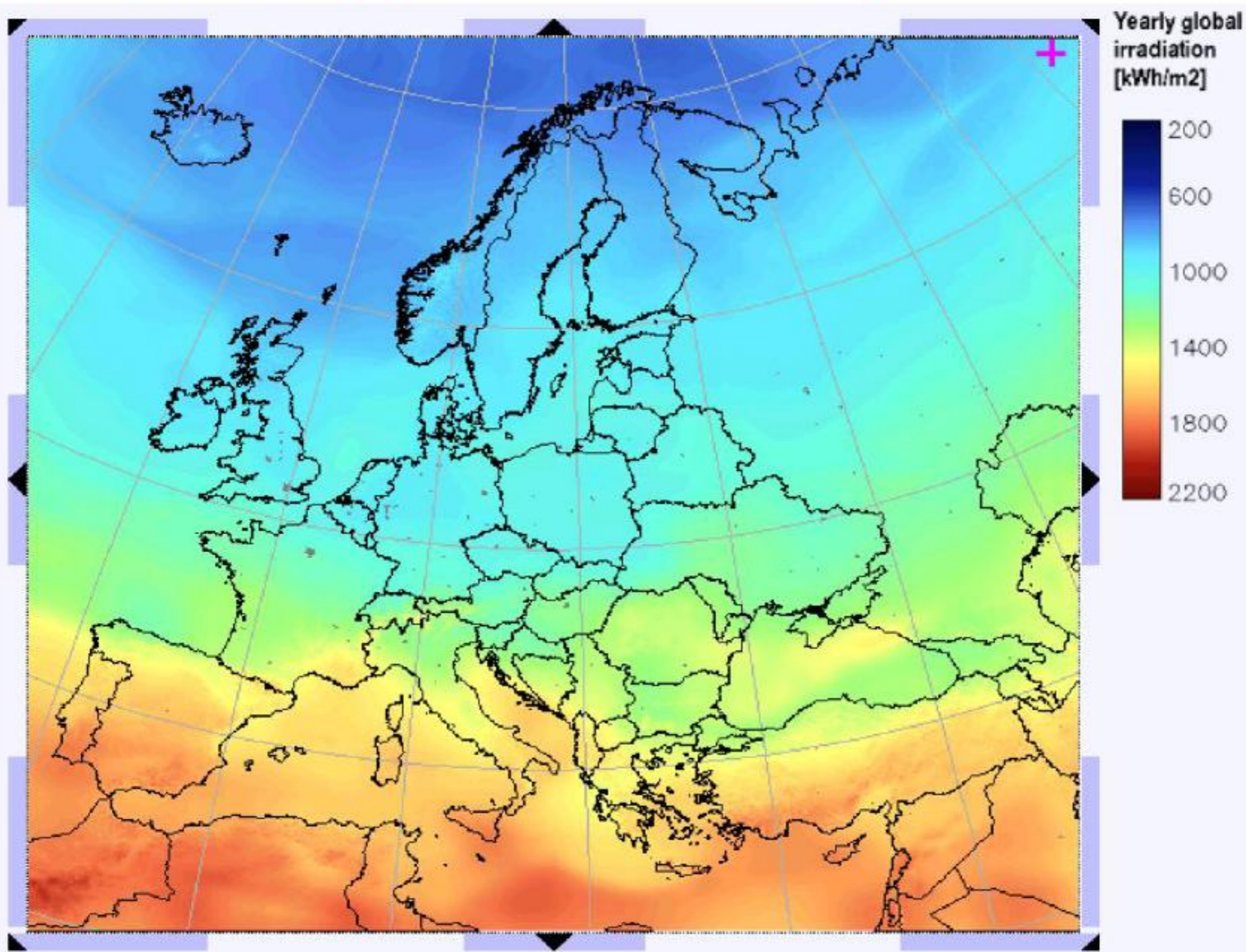


Rys. Promieniowanie słoneczne całkowite w Polsce:
od 950 – 1050 kWh/m²rok (średnia długoterminowa).

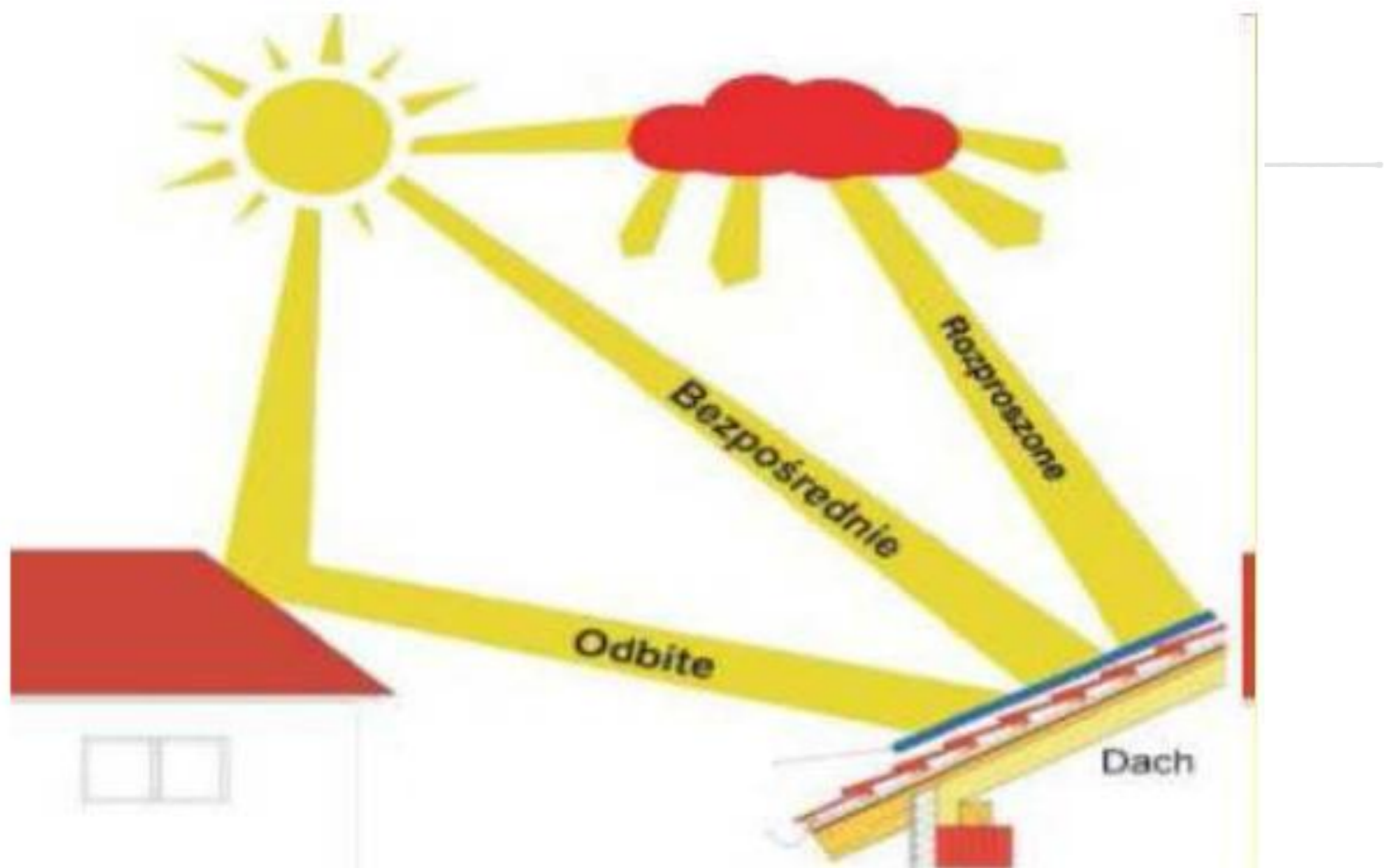
Poszczególne sumy roczne energii promieniowania całkowitego mogą odbiegać od średniej: **do 30%.**

Wprowadzenie do fotowoltaiki

Bilans wykorzystania energii promieniowania słonecznego

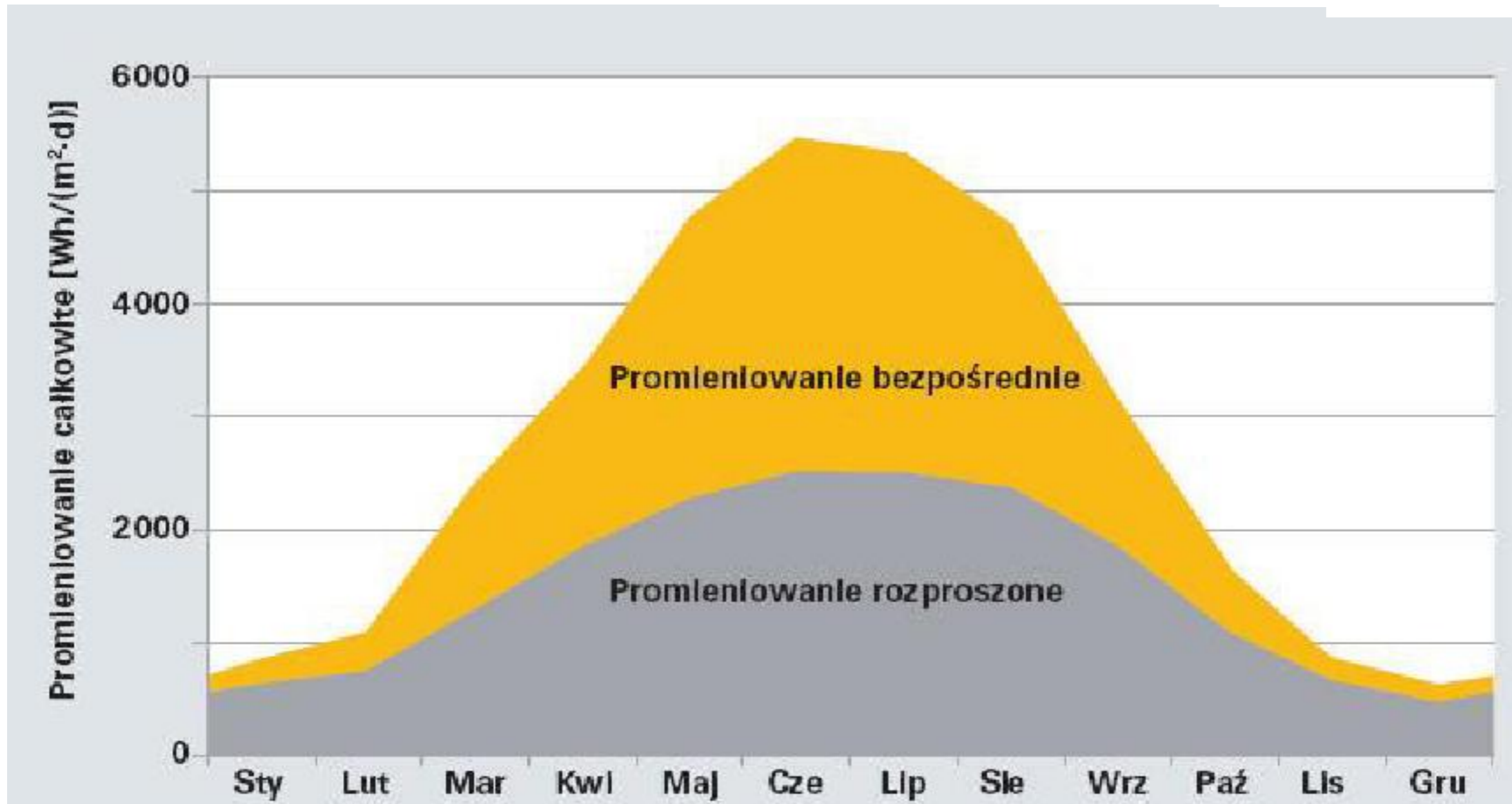


Wprowadzenie do fotowoltaiki



Rys. Promieniowanie słoneczne docierające do powierzchni Ziemi

Wprowadzenie do fotowoltaiki



Rys. Średnie dzienne sumy promieniowania całkowitego .

Poszczególne sumy miesięczne energii promieniowania całkowitego mogą odbiegać od średniej: do 50%.

Słońce jako źródło energii:

- potencjał promieniowania słonecznego w Polsce: ok. 1 000 kWh/m²rok

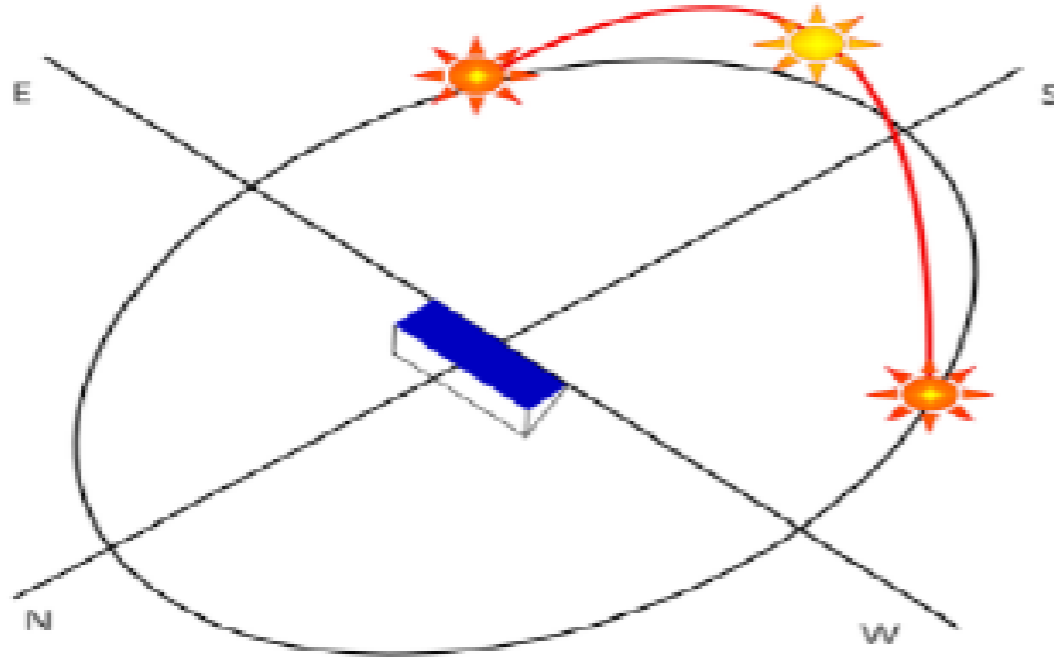
- ok. 70-80% tej energii przypada na miesiące ciepłe: od kwietnia do września (6 miesięcy w roku)
- wartość energii słonecznej w warunkach polskich zawiera się w granicach „0” – 5,5 kWh/m²dzień; w ciągu miesiąca osiąga wartość 11,6 – 160,1 kWh/m²
- ilość godzin w roku, możliwych do praktycznego wykorzystania energii słonecznej wynosi ok. 1 600 h (uśonecznienie)
- średnia moc promieniowania (wielkość przyjmowana do obliczeń): ok. **800 W/m²**

Wprowadzenie do fotowoltaiki

Optymalne nachylenie modułów PV

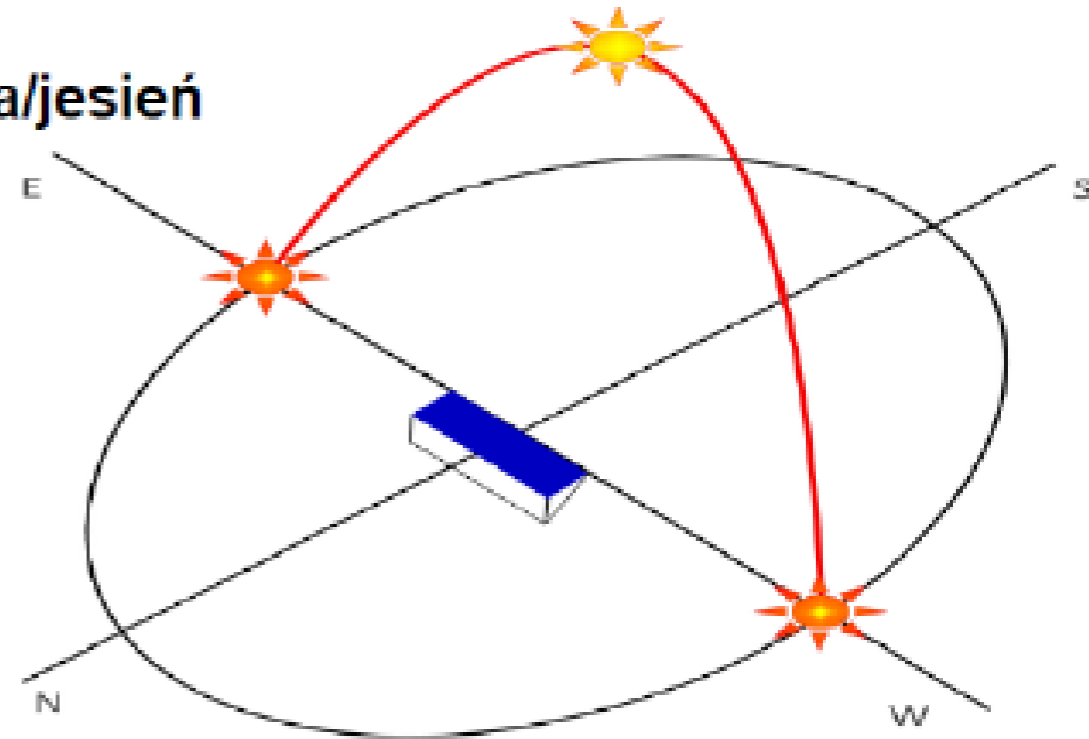
zima

60-90°



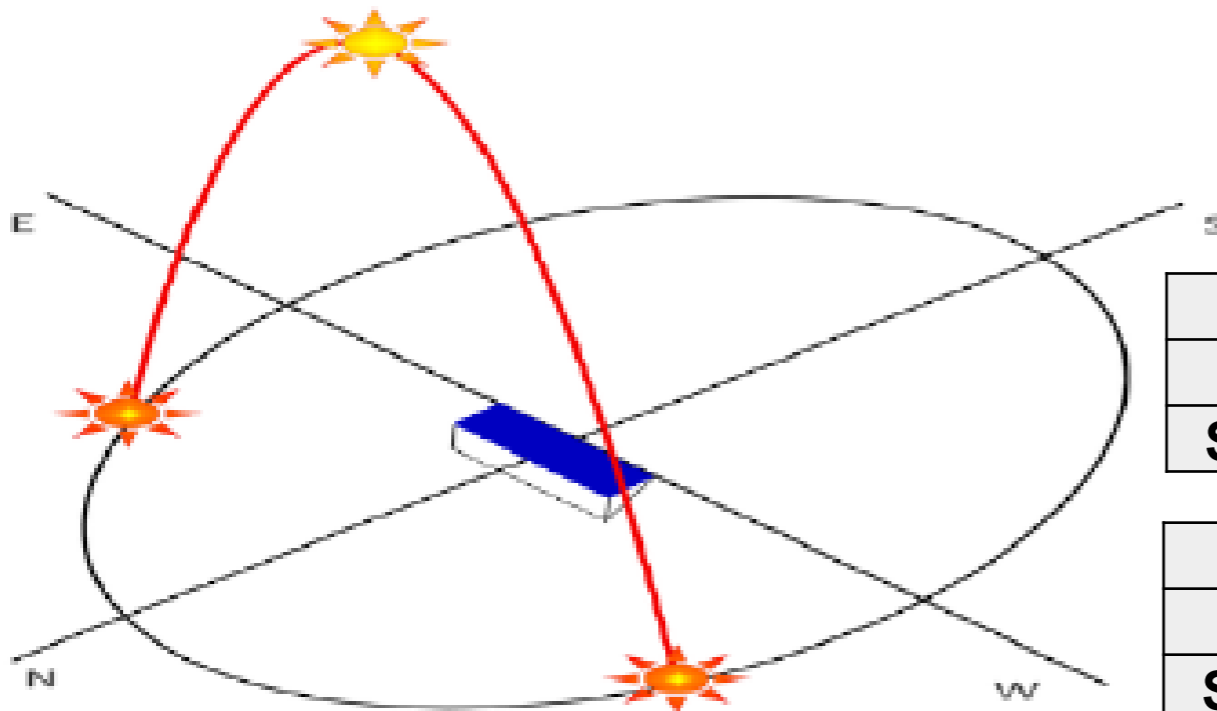
wiosna/jesień

45-60°



lato

5-20°



Optymalny kąt ustawienia paneli PV:

1. Instalacja on-grid 30-35°
2. Instalacja off-grid całoroczna 45-60°

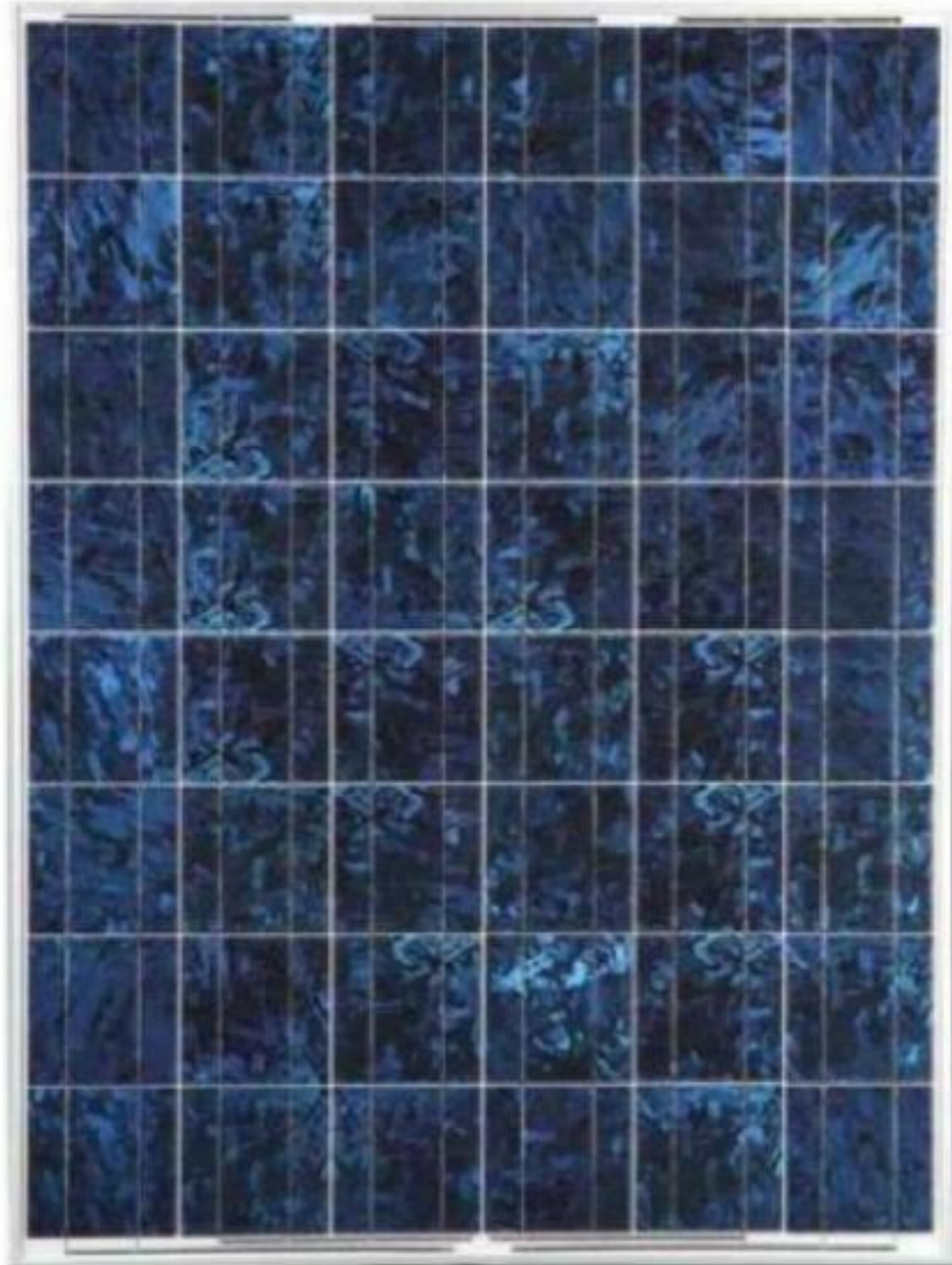
		CZERWIEC					
Kąt, °		35	40	45	50	55	60
Strata, %		1,83	1,87	2,86	3,24	3,75	4,53

		CAŁY ROK					
Kąt, °		35	40	45	50	55	60
Strata, %		-0,32	0,07	0,67	1,21	1,59	2,39

Systemy fotowoltaiczne

Systemy fotowoltaiczne

MODUŁ MULTIKRYSTALICZNY
SPRAWNOŚĆ: 15% - 18%



MODUŁ I
SPRAWNOŚĆ: 20% - 23%



ogniwa PV I generacji

Systemy fotowoltaiczne



MODUŁ CdTe
SPRAWNOŚĆ: 12% - 14%



MODUŁ CIGS
SPRAWNOŚĆ: 13% - 16%



MODUŁ A-Si (KRZEM AMORFICZNY)
SPRAWNOŚĆ: 6% - 8%

ogniwa PV II generacji

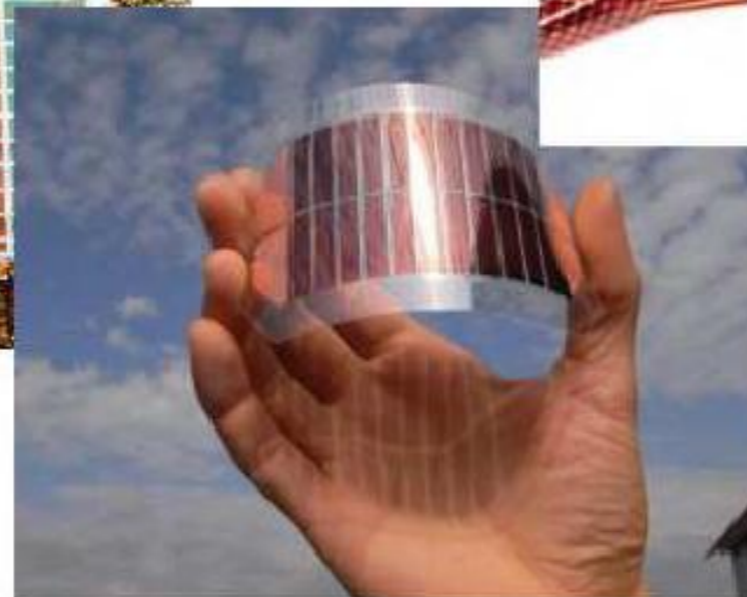
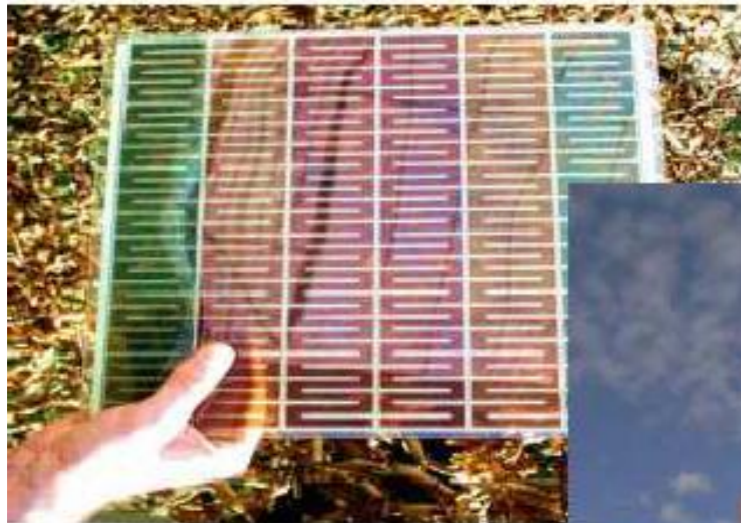
Ogniwa fotowoltaiczne trzeciej generacji

Barwnikowe

Organiczne

Polimerowe

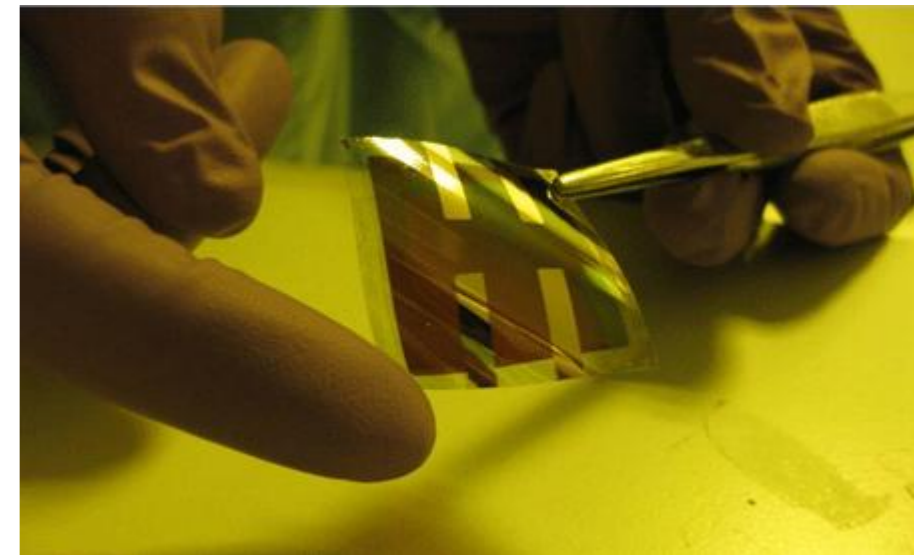
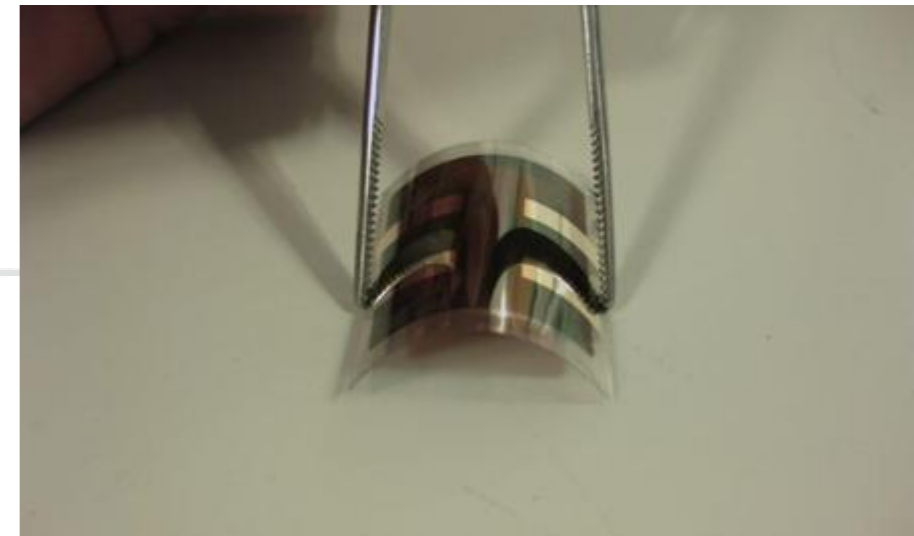
Termoelektryczne



ogniwa PV III generacji

Perowskity – nowa technologia w fotowoltaice

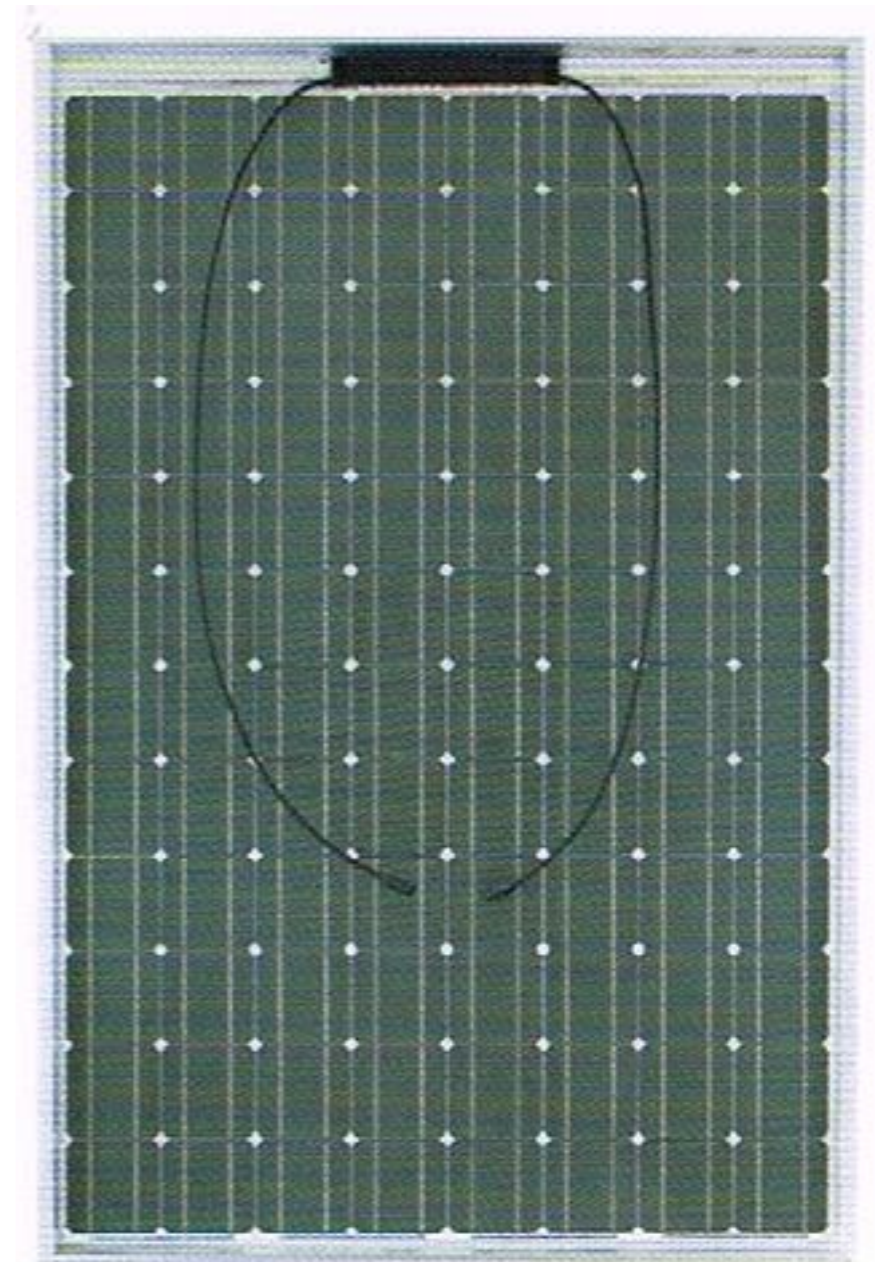
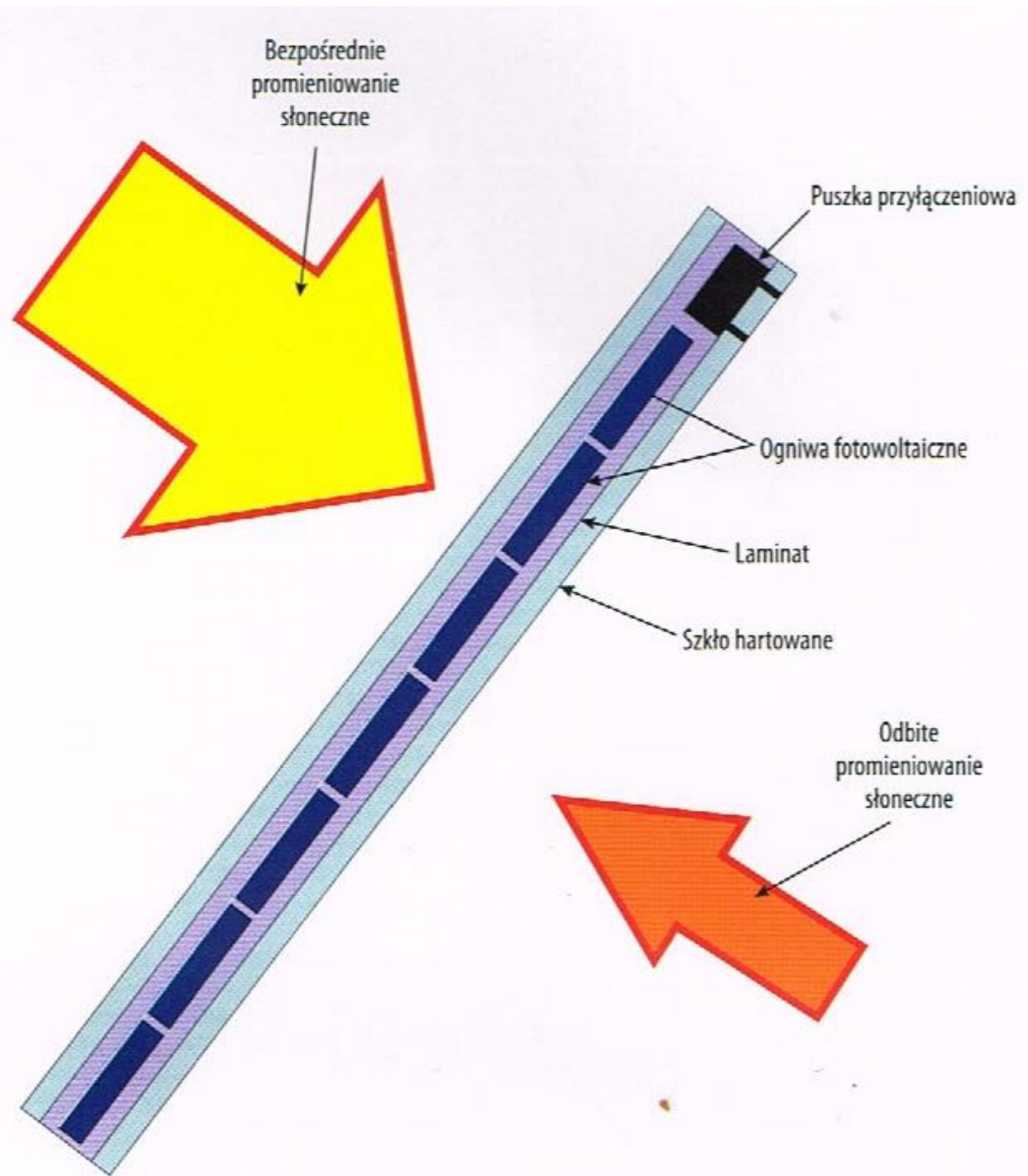
Perowskity to grupa nieorganicznych związków chemicznych. Nowa technologia zaproponowana przez Olę Malinkiewicz charakteryzuje się szybkim czasem produkcji oraz nie wymaga zastosowania skomplikowanych urządzeń. Przeprowadzana jest w warunkach próżniowych niskotemperaturowych. Polega na naniesieniu sprayem cienkiej warstwy perowskitów na dowolny materiał np. folię. Aktualnie sprawność dochodzi do 20%, zaś w przyszłości może osiągnąć nawet 30%.



Ogniwo perowskitowe.
Foto: Olga Malinkiewicz.

Systemy fotowoltaiczne

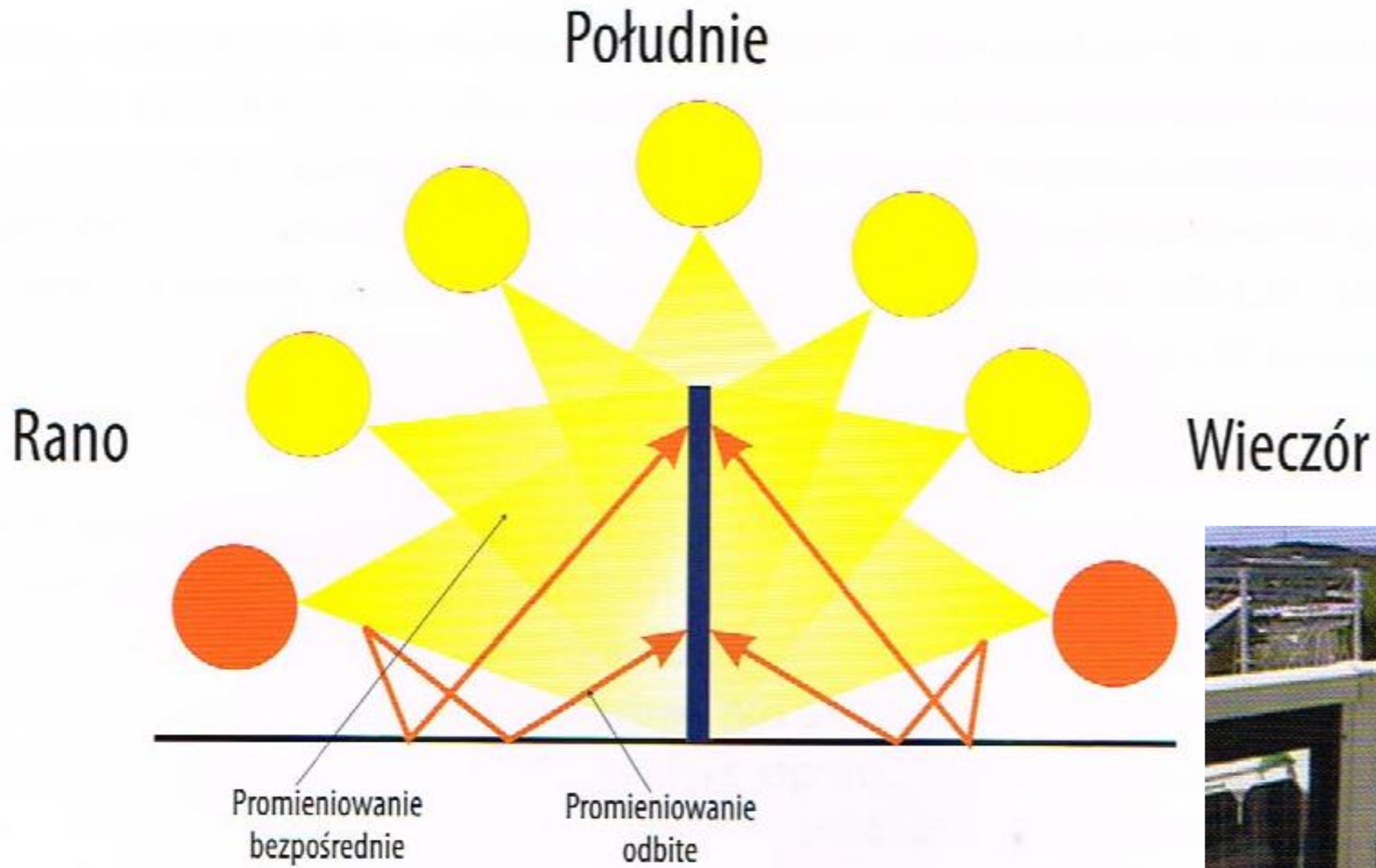
Moduły dwustronne



Zdjęcie tyłu modułu

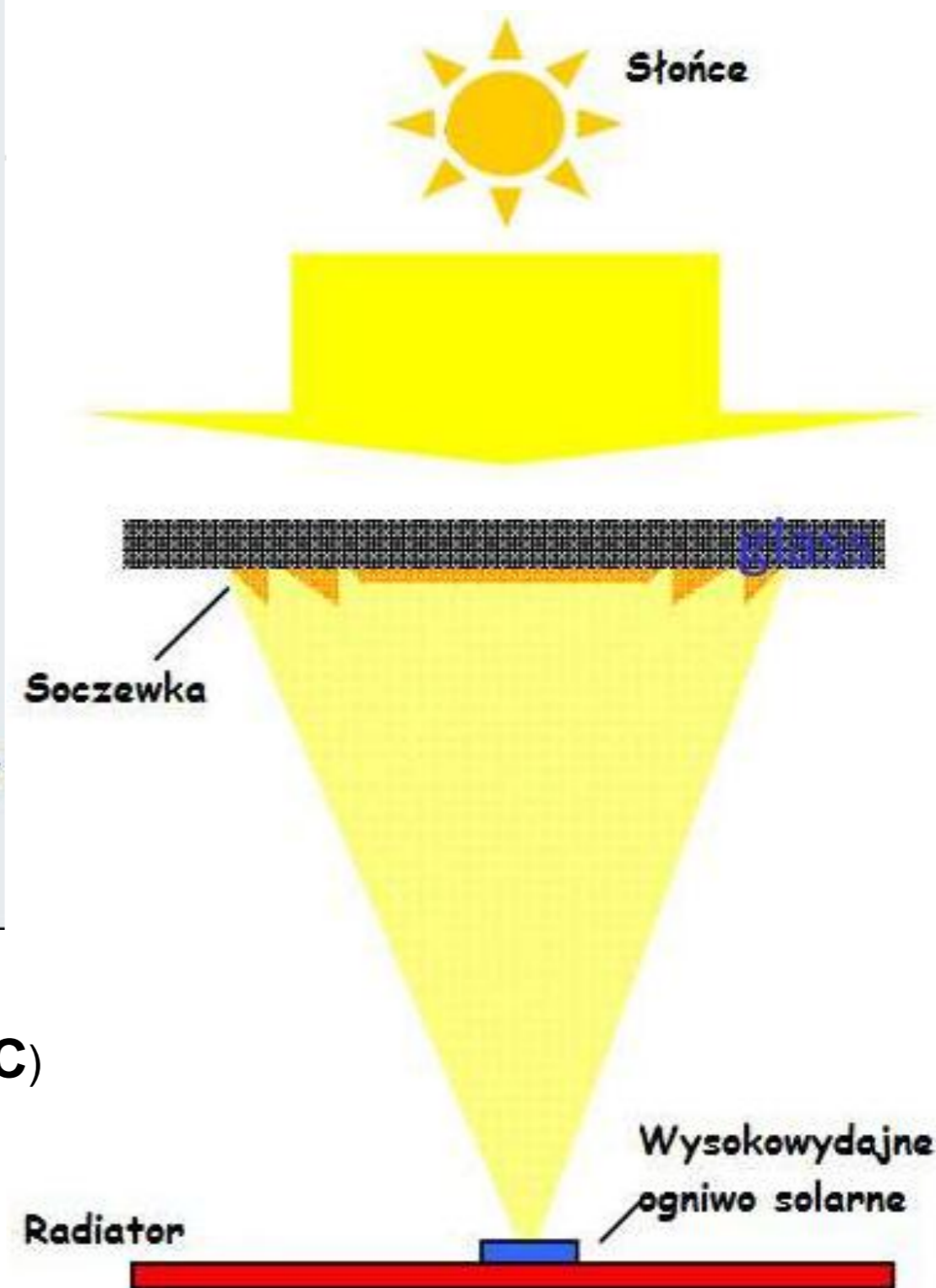
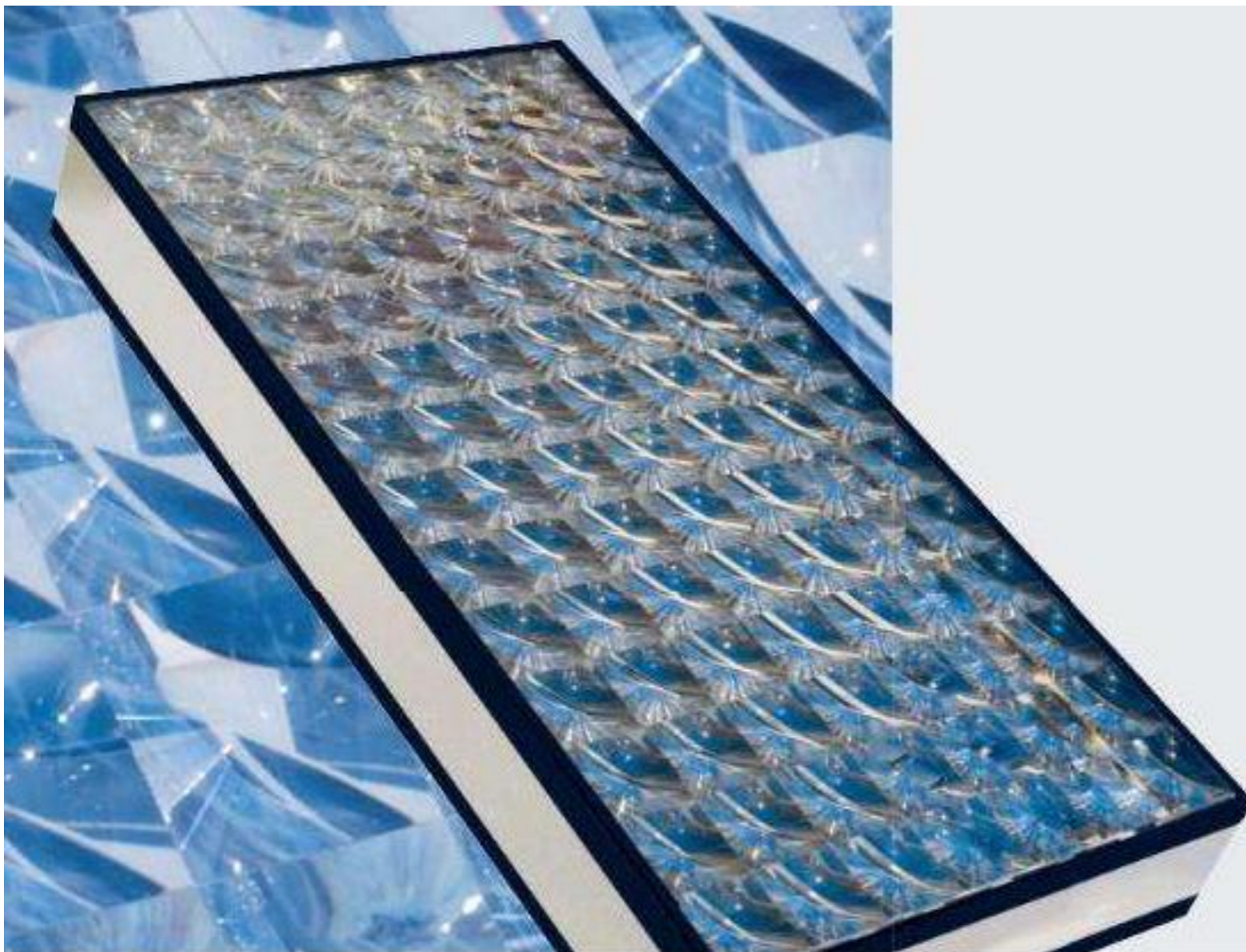
Systemy fotowoltaiczne

Moduły dwustronne



Systemy fotowoltaiczne

Moduły soczewkowe CPV



- Moc 75Wp (nasłonecznienie 850W/m² i temp. 20°C)
- Temperaturowy spadek wydajności -0,15%/K
- Wymiary 830mm wysokości na 430mm szerokości
- wysokość profilu 84mm
- Masa do 9,5kg

Dobór, montaż, regulacja systemów fotowoltaicznych

Gdzie montować?



Nie akceptowalny - za mała powierzchnia na od południa za dużo zaciemień

1 kW = ok. 6-10 m²



Trudny - liczne okna będą utrudniać łączenie paneli w łańcuchy. Zagrożenie wystąpienia zaciemień

1 kW = 800 – 1050 kWh/rok

Minimalna wielkość instalacji
1,5 kW = 10m²

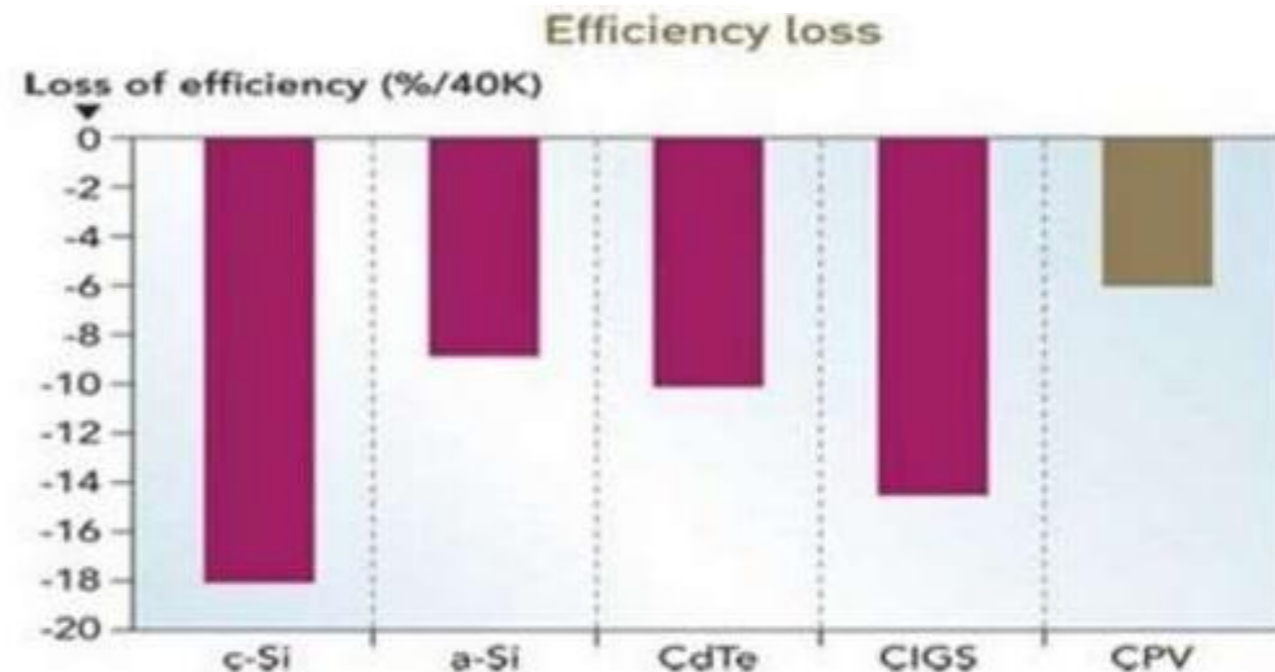
Optymalna wielkość instalacji pow.
3 kW = pow.20m²



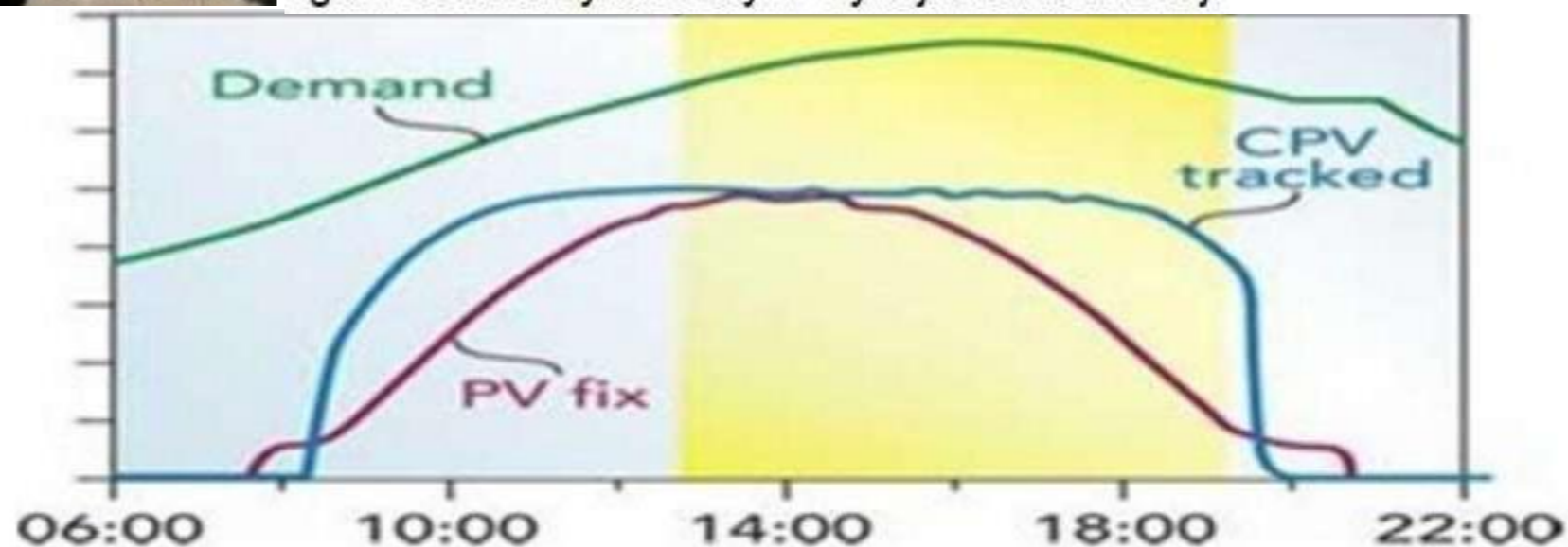
Optymalny – duża powierzchnia od południa bez zaciemień i ograniczeń w wykorzystaniu

Systemy fotowoltaiczne

Moduły soczewkowe CPV



Rysunek Wzrost temperatury 40 ° C dla różnych technologii ogniw słonecznych straty w wydajności konwersji



Rysunek Dystrybucja mocy i zapotrzebowania na moc nieruchoma oś typu śledzenia bateria słoneczna i profilu urządzenia bateria słoneczna (dane z Kalifornii)

FOTOWOLTAIKA A PRAWO W POLSCE

Zagadnienia ogólne – USTAWA O OZE

Miało być.....

Systemem taryf gwarantowanych (FiT) zostaną objęte inwestycje w mikroinstalacje fotowoltaiczne o mocy do 10 kW. W grupie instalacji do 3 kW inwestorzy, którzy uruchomią produkcję energii w początkowym okresie, otrzymają gwarancję sprzedaży energii do sieci po cenie 0,75 zł/kWh – do zainstalowanej łącznie mocy 300 MW, a w grupie instalacji od 3 kW do 10 kW stawka (taryfa gwarantowana) wyniesie 0,65 zł/kWh - dla łącznej zainstalowanej mocy 500 MW (w ustawie przewidziano też taryfy gwarantowane dla pozostałych typów mikroinstalacji – mikrobiogazowni, mikroelektrowni wiatrowych czy wodnych).

Zgodnie z przyjętą przez parlament ustawą o OZE minister gospodarki będzie mógł obniżyć taryfy gwarantowane dla nowych instalacji.

W ustawie podawana jest moc inwertera, kwoty są kwotami brutto₂₀

Zagadnienia ogólne – USTAWA O OZE

Dla większych mikroinstalacji OZE o mocy od 10 do 40 kW będzie obowiązywać system częściowego net-meteringu, zgodnie z którym inwestor otrzyma prawo do sprzedaży nieskonsumowanych nadwyżek energii po średniej cenie energii z rynku hurtowego (w 2014 r. brano pod uwagę uśrednioną cenę energii z roku 2013, która wynosiła około 18 gr./kWh). Ustawa o OZE zakłada, że Urząd Regulacji Energetyki będzie publikować średnią cenę energii z rynku hurtowego co kwartał, a nie co roku jak obecnie.

Oznacza to bilansowanie energii wytworzonej z energią zużytą po 6 miesięcznym okresie rozliczeniowym.

W praktyce jeżeli nasza instalacja wytworzy 2000 kWh, a nasz dom zużyje 3000 kWh to po tym okresie będziemy zobowiązani zapłacić tylko za 1000 kWh.

Zagadnienia ogólne – USTAWA O OZE

Działający na danym terenie zakład energetyczny będzie musiał odkupić każdą ilość zaoferowanej mu energii z mikroinstalacji objętej systemem FiT, a koszty wynikające z taryf gwarantowanych - wyższych niż rynkowe ceny energii - zakłady energetyczne będą uwzględniać w tzw. opłacie OZE doliczanej do rachunków za energię odbiorców końcowych.

Zagadnienia ogólne – USTAWA O OZE

A jest...

<https://www.youtube.com/watch?v=ZSX7uhTRtTo>

<https://www.youtube.com/watch?v=29WLxRqzmcU>

<https://www.youtube.com/watch?v=yQtZYNMQ0yc>

Typy systemów fotowoltaicznych

Typy instalacji



Instalacja podłączona do sieci (on grid)

energia elektryczna z paneli fotowoltaicznych w postaci prądu stałego jest zamieniana przez inwerter na prąd zmienny o odpowiednich parametrach i następnie wykorzystywana na potrzeby pracy urządzeń domowych. Nadwyżki energii sprzedawane są do sieci energetycznej.

Dobór wielkości instalacji zależy od

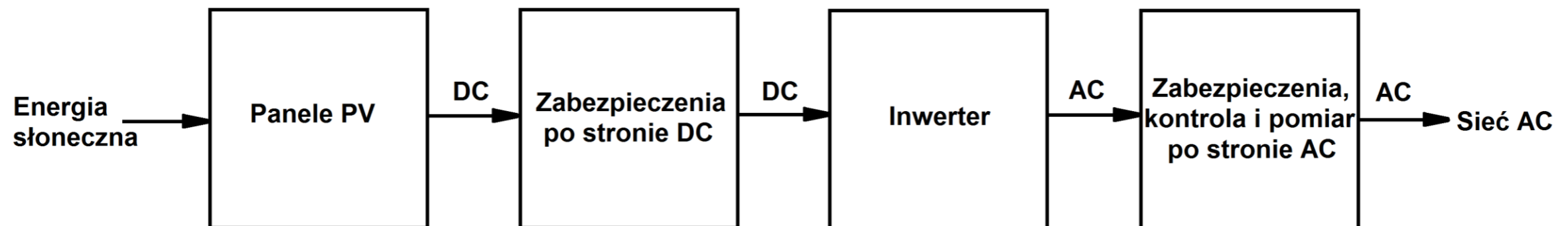
- Powierzchni pod instalację
- Wybranej technologii baterii słonecznych
- Możliwości finansowych inwestora

Potencjał promieniowania słonecznego w Polsce: ok. 1 000 kWh/m²rok
Instalacja fotowoltaiczna - 1kWp (7m²) =>1000kWh/rok
z 1m² PV ok 150 kWh/rok
Sprawność PV ok 15%

Elektrownia klasyczna 1kW – 8760 kWh/rok
Prawie 9 razy więcej!!!

Eksploatacja i konserwacja systemów fotowoltaicznych

CZĘŚĆ ELEKTRYCZNA W SYSTEMIE FOTOWOLTAIICZNYM



Mycie instalacji fotowoltaicznej

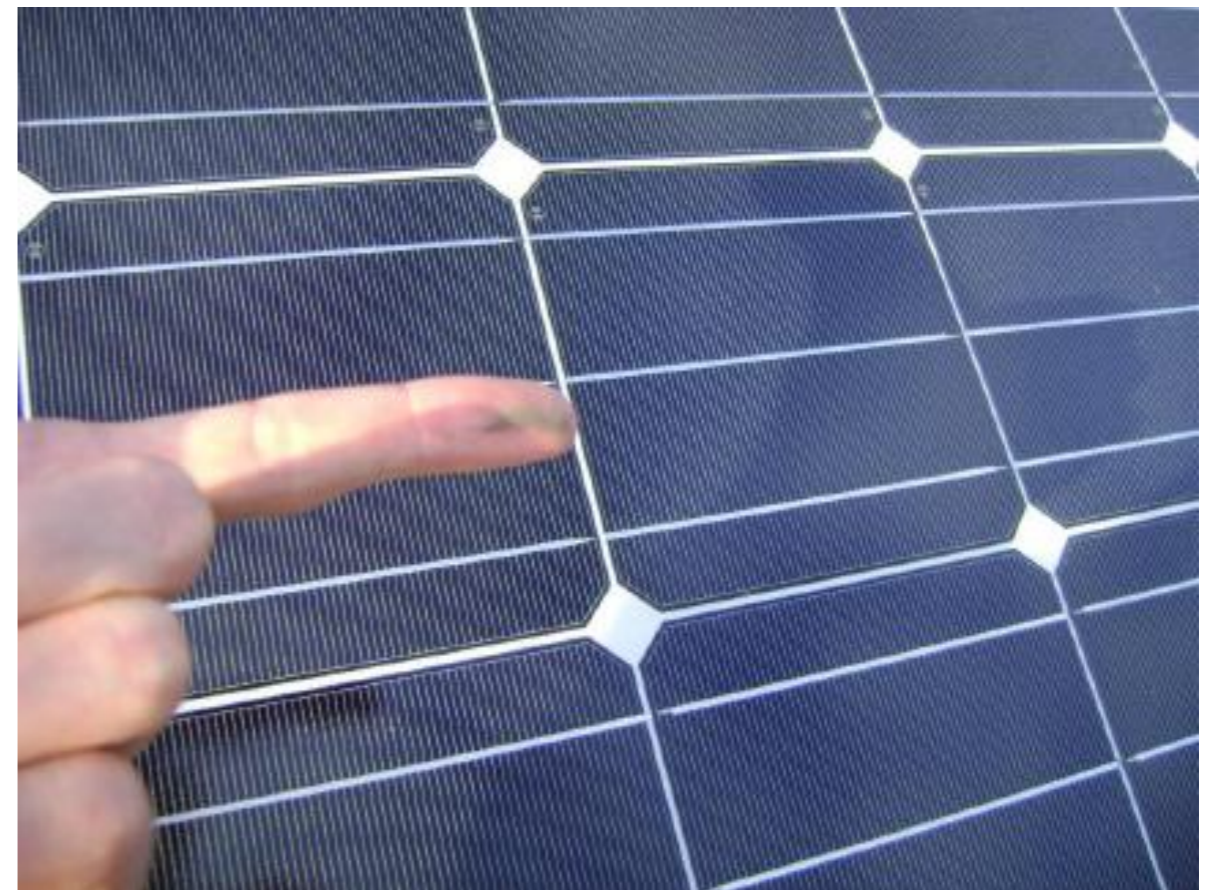
Mycie zaleca się wykonać wiosną.

W czasie mycia należy przestrzegać zasad BHP, zdając sobie sprawę z tego, że instalacja fotowoltaiczna jest pod napięciem.

Mycie należy wykonać wtedy, gdy temperatura fotoogniw jest zbliżona do temperatury otoczenia.

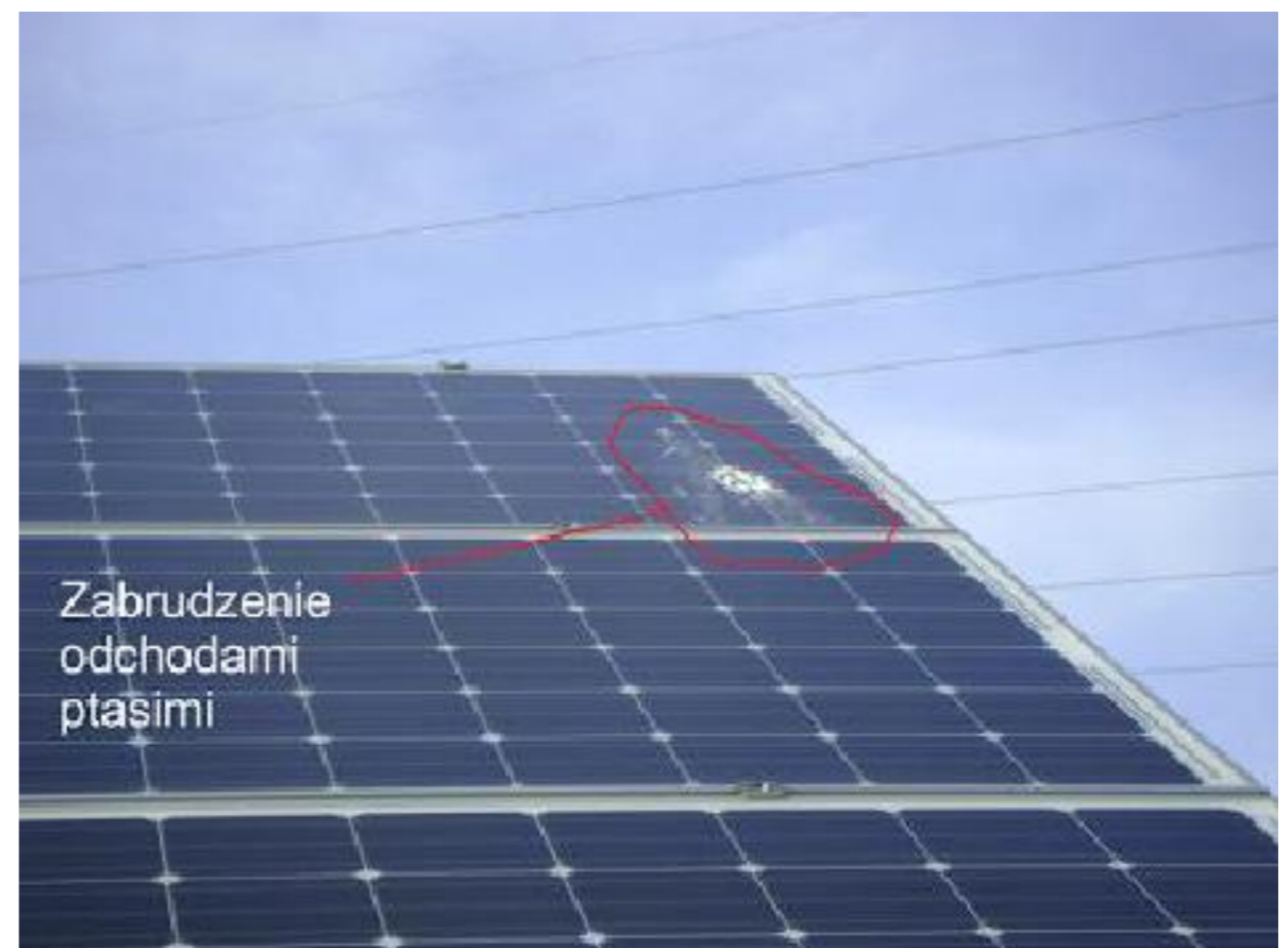
Zabronione jest mycie paneli urządzeniami wysokociśnieniowymi.

Nie wolno również chodzić po panelach.



Mycie instalacji fotowoltaicznej

Brak cyklicznego, minimum 1-2 razy w roku, czyszczenia całej instalacji może mieć istotny wpływ na zmniejszenie się produkcji energii.



Mycie instalacji fotowoltaicznej



Mycie instalacji fotowoltaicznej



Usuwanie śniegu

2-centymetrowa warstwa śniegu ogranicza natężenie promieniowania do około 20%, podczas gdy przez warstwę 10-centymetrową przechodzi już jedynie 3-4% fotonów.



Usuwanie śniegu z powierzchni modułów PV (photo: www.tec-institut.de)

Utylizacja paneli fotowoltaicznych

Zużyte panele fotowoltaiczne, jeśli nie są odpowiednio zagospodarowane, mogą powodować zanieczyszczenie środowiska metalami ciężkimi, jak kadm czy ołów.

Żywotność paneli fotowoltaicznych to, w zależności od producenta, okres około 25 lat, choć według niektórych zapowiedzi może być on wydłużony do 40 lat.



Teoretycznie, wszyscy producenci urządzeń fotowoltaicznych są zobowiązani do ich odbioru po okresie pracy.

Utylizacja paneli fotowoltaicznych



BADANIA TERMOWIZYJNE

Kamera termowizyjna, kamera termalna, termowizor:

urządzenie do rejestracji i wizualizacji rozkładu temperatury na powierzchniach obiektów (odwzorowania obrazu termalnego obiektów);

Kamera przetwarza promieniowanie podczerwone, emitowane lub odbite na sygnał elektryczny, a następnie na obraz oglądany na ekranie, tzw. termogram. Składa się z układu optycznego, detektora promieniowania podczerwonego (zwykle półprzewodnikowego, głównie z krzemu Si, tellurku kadmu i rtęci CdHgTe lub antymonku indu InSb) wraz z układem chłodzenia, elektronicznego toru wzmacniania, przetwarzania i wizualizacji (w kolorach lub w odcieniach szarości).

Encyklopedia PWN

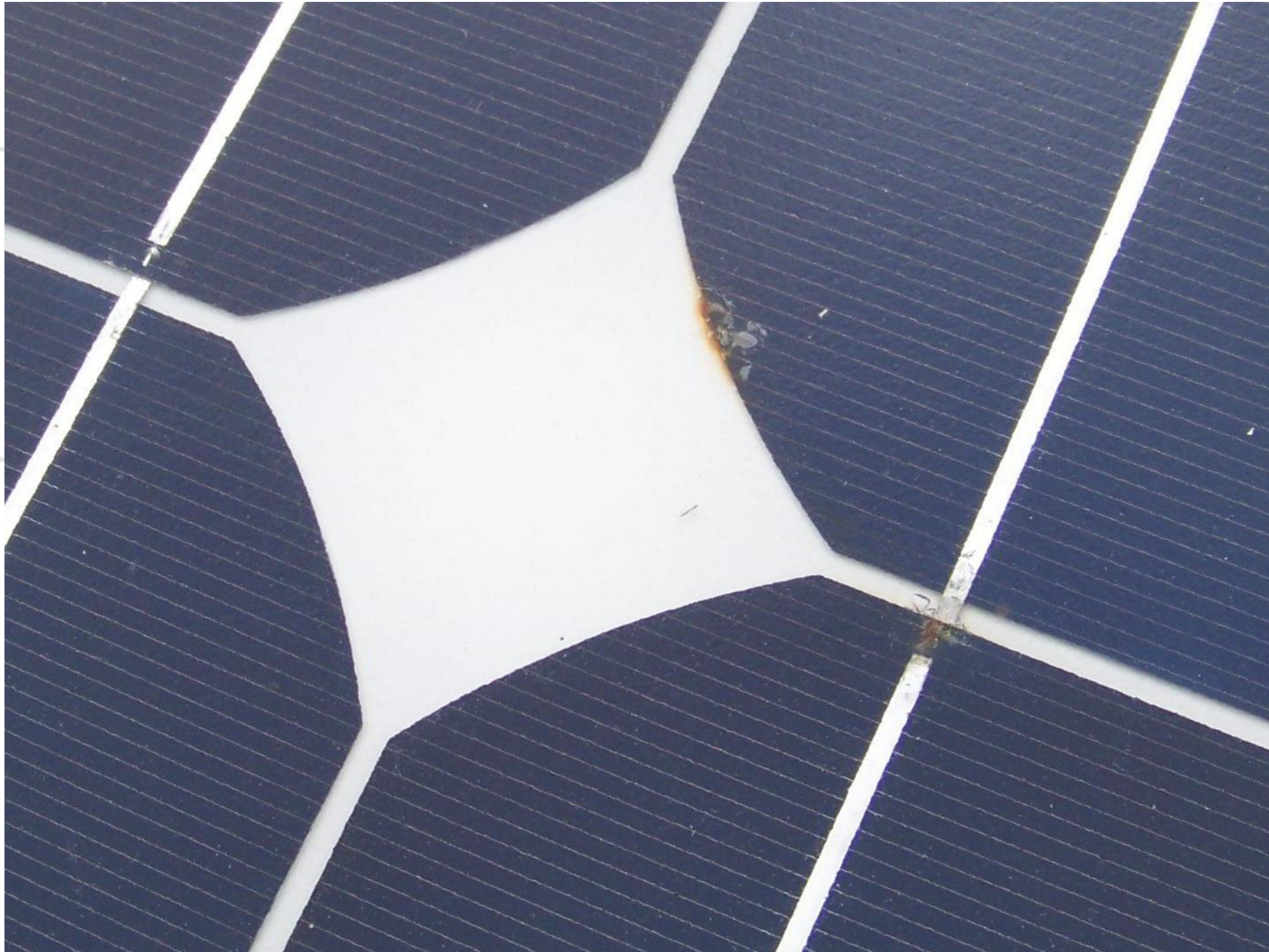


Wymagania przy wykonywaniu pomiarów termowizyjnych instalacji PV

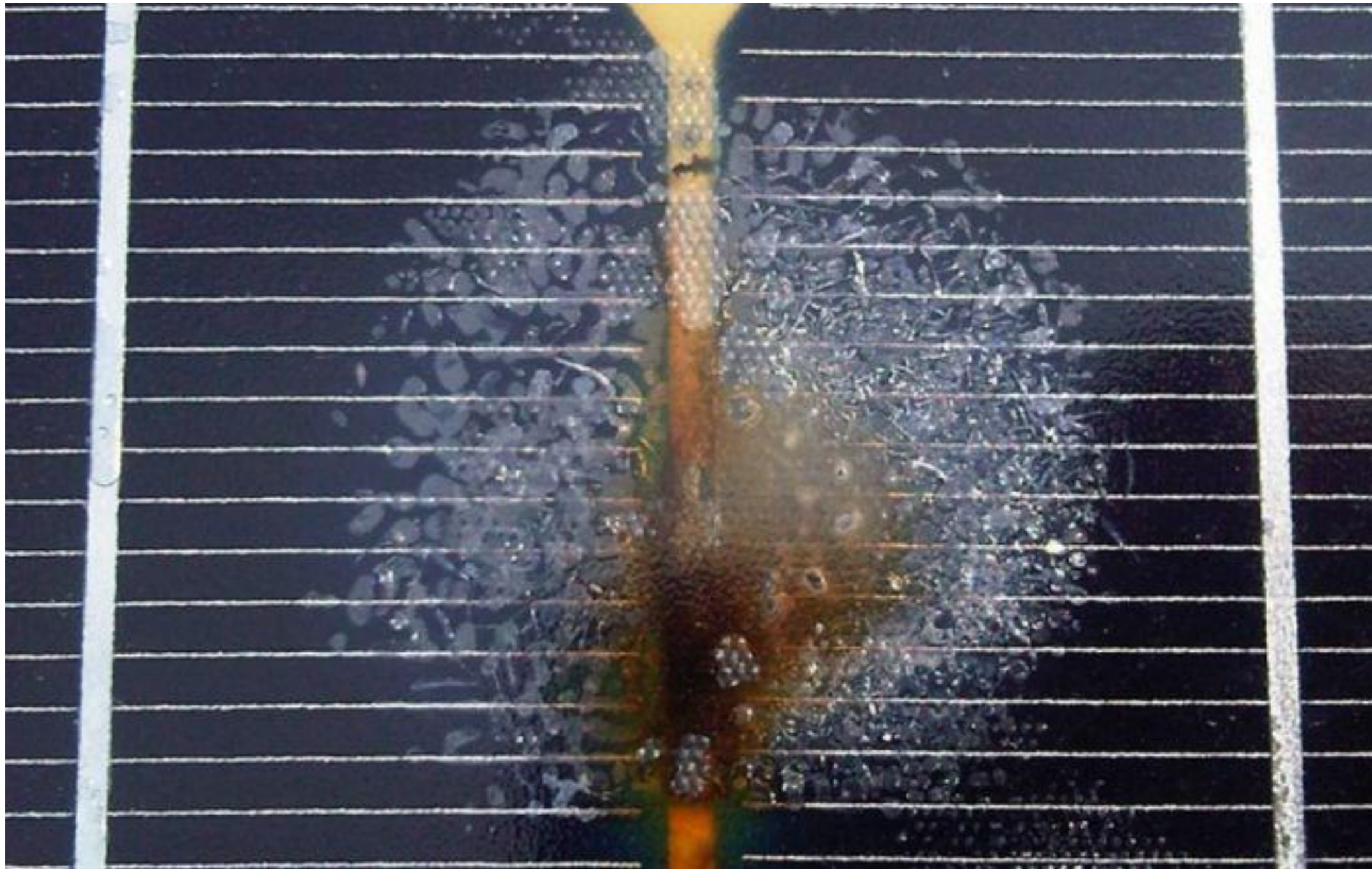
- Instalacja fotowoltaiczna musi być w normalnym trybie pracy (moduły PV obciążone)
 - Moduł fotowoltaiczny powinien być ustawiony prostopadle do padania promieni słonecznych

Kamera termowizyjna powinna być trzymana w odległości ok. 2-3 m od ogniwa oraz pod kątem ok. 90.

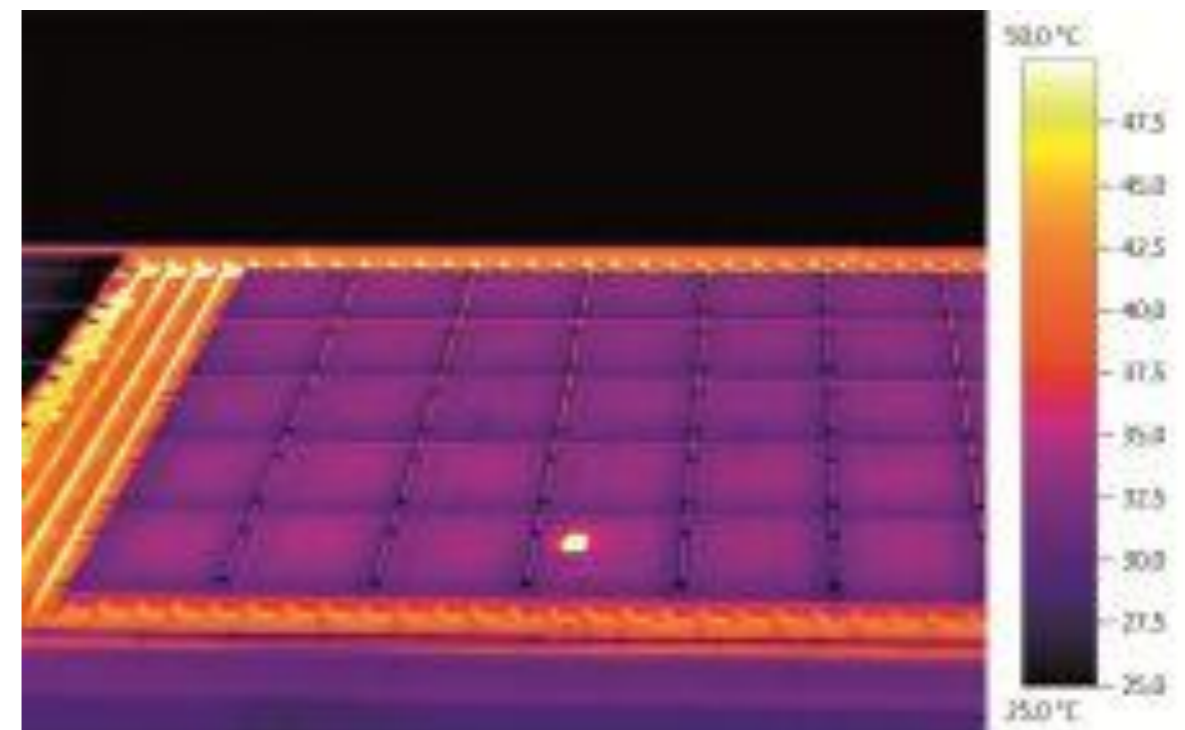
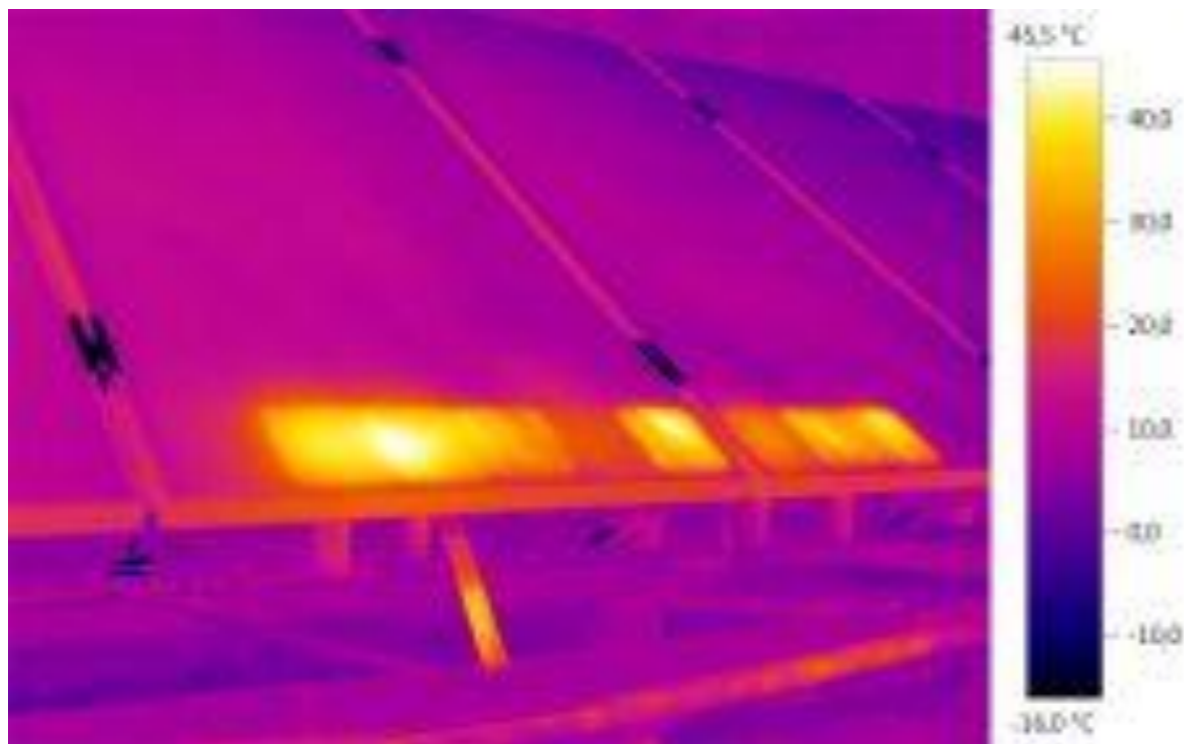
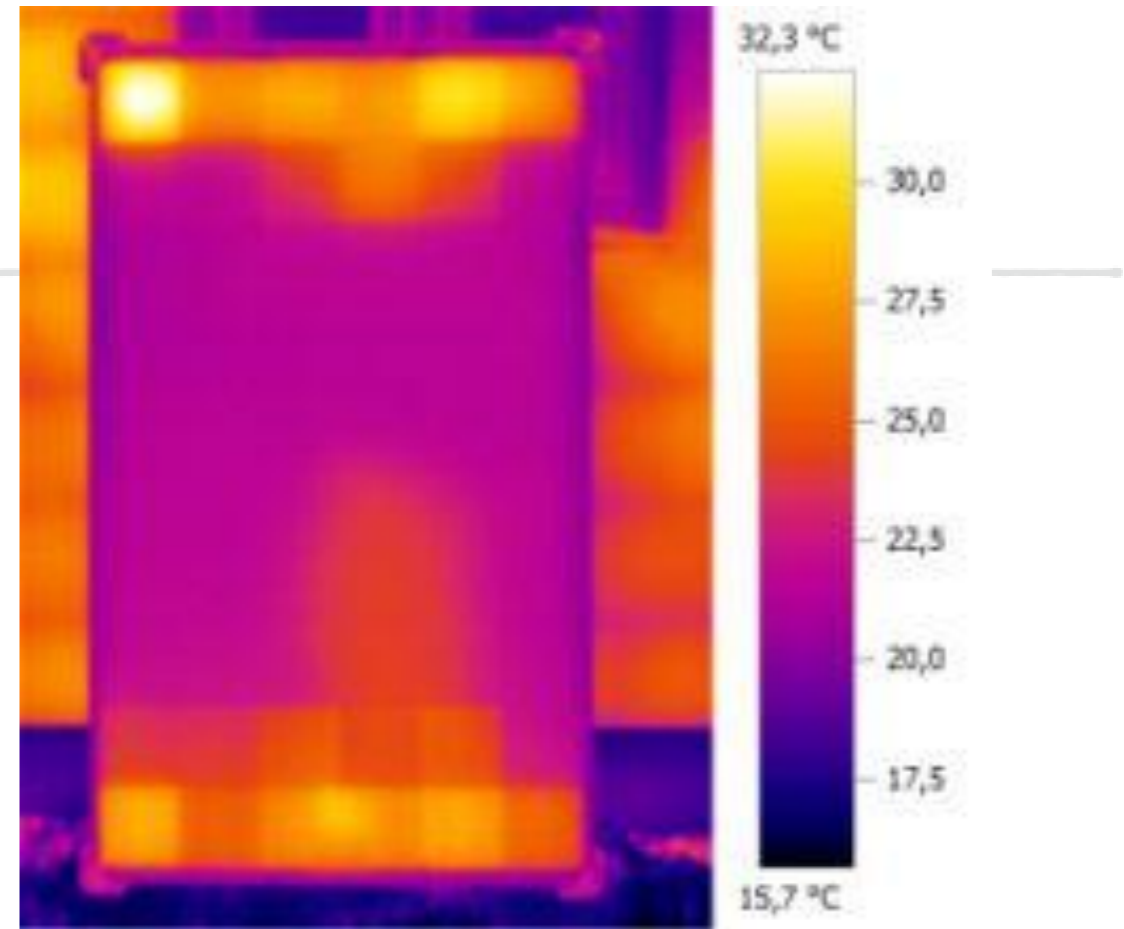
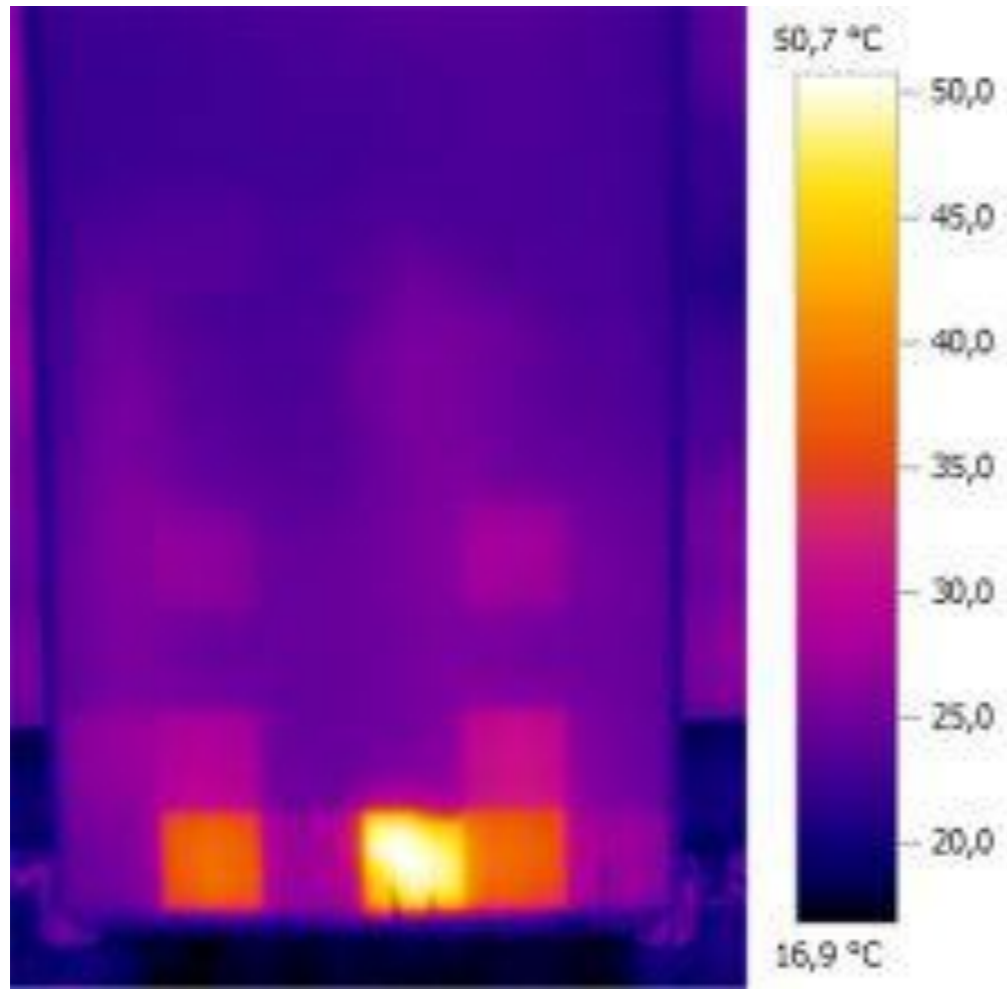
- Natężenie promieniowania słonecznego na powierzchnię modułów nie mniejsze niż 400 W/m² zalecane wyższe niż 600 W/m²
- Warunki pogodowe w tym natężenie promieniowania słonecznego powinny być stabilne (pogoda sucha, bezchmurna, niskie temperatury otoczenia)
 - Z zależności od typu modułu oraz systemu mocowania badanie można wykonać z przodu lub tyłu modułu (a także obu) w zależności, z której strony otrzymamy lepszy obraz
- Oprócz badania samej powierzchni modułu powinno wykonać się badanie połączeń kabli, puszek połączeniowych, diod blokujących, inwertera, skrzynek elektrycznych
 - Wykonując badanie z przodu modułu należy zachować szczególną uwagę na rzucany przez operatora cień. Należy tak się ustawić, aby nie zaciemnić badanego modułu.
- Badając moduł z przodu należy zwrócić uwagę na odbite promieniowanie od powierzchni modułu i w zależności od pozycji słońca przyjąć taki kąt i pozycję badania, aby zminimalizować wpływ odbitego od szyby promieniowania na wyniki badania.

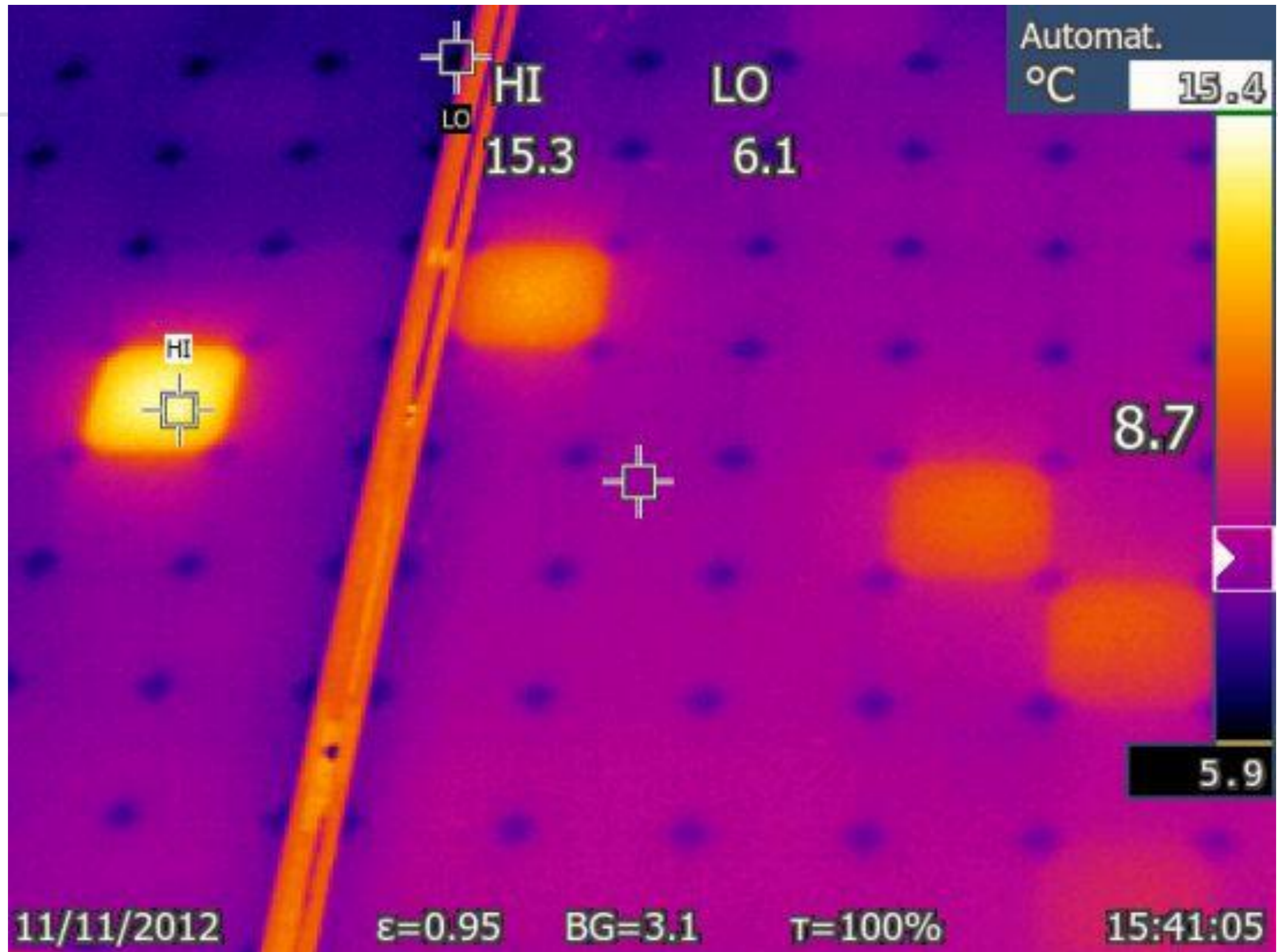


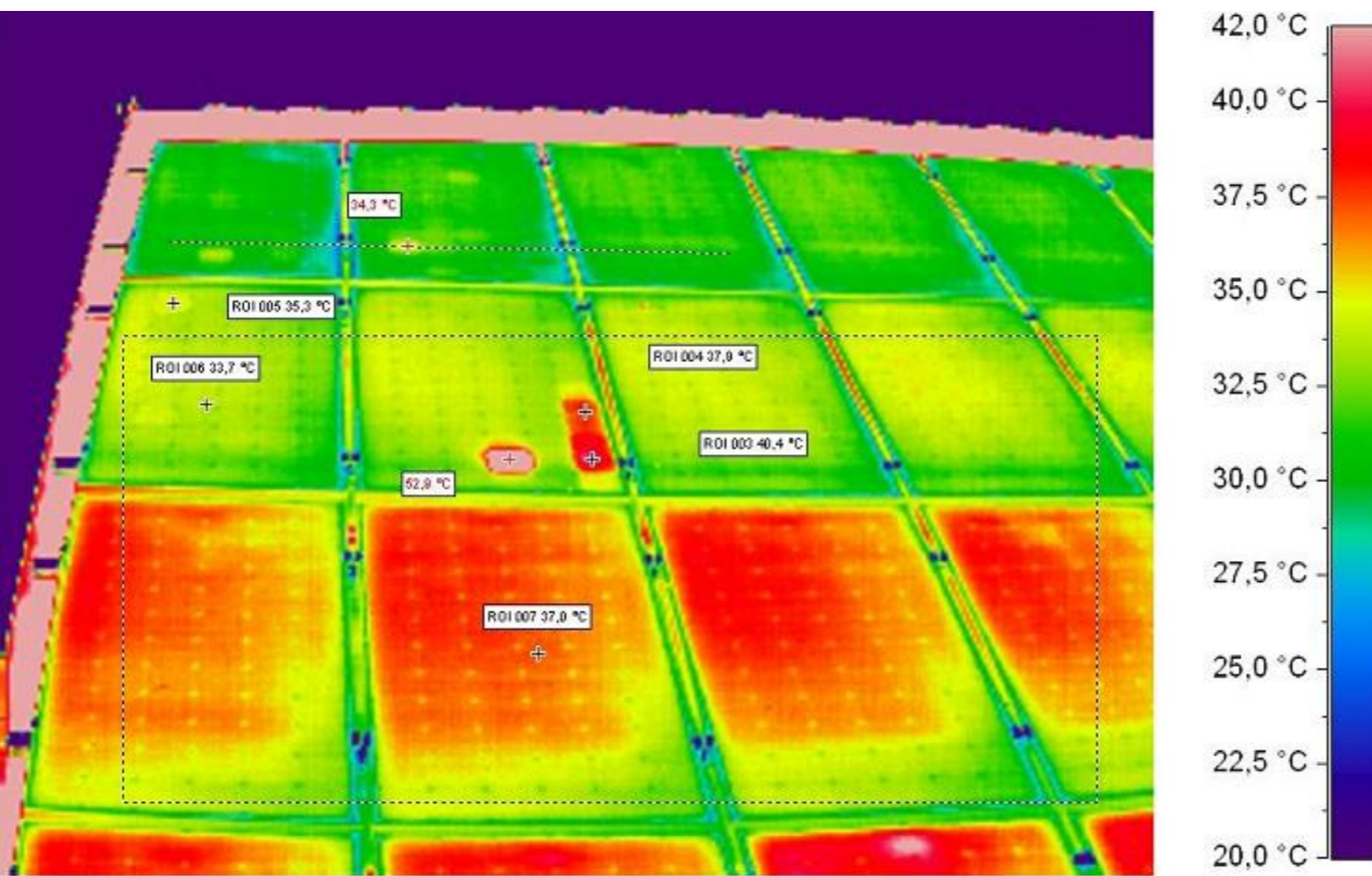
Hotspoty na fotoogniwach



Skutek długotrwałego hotspotu

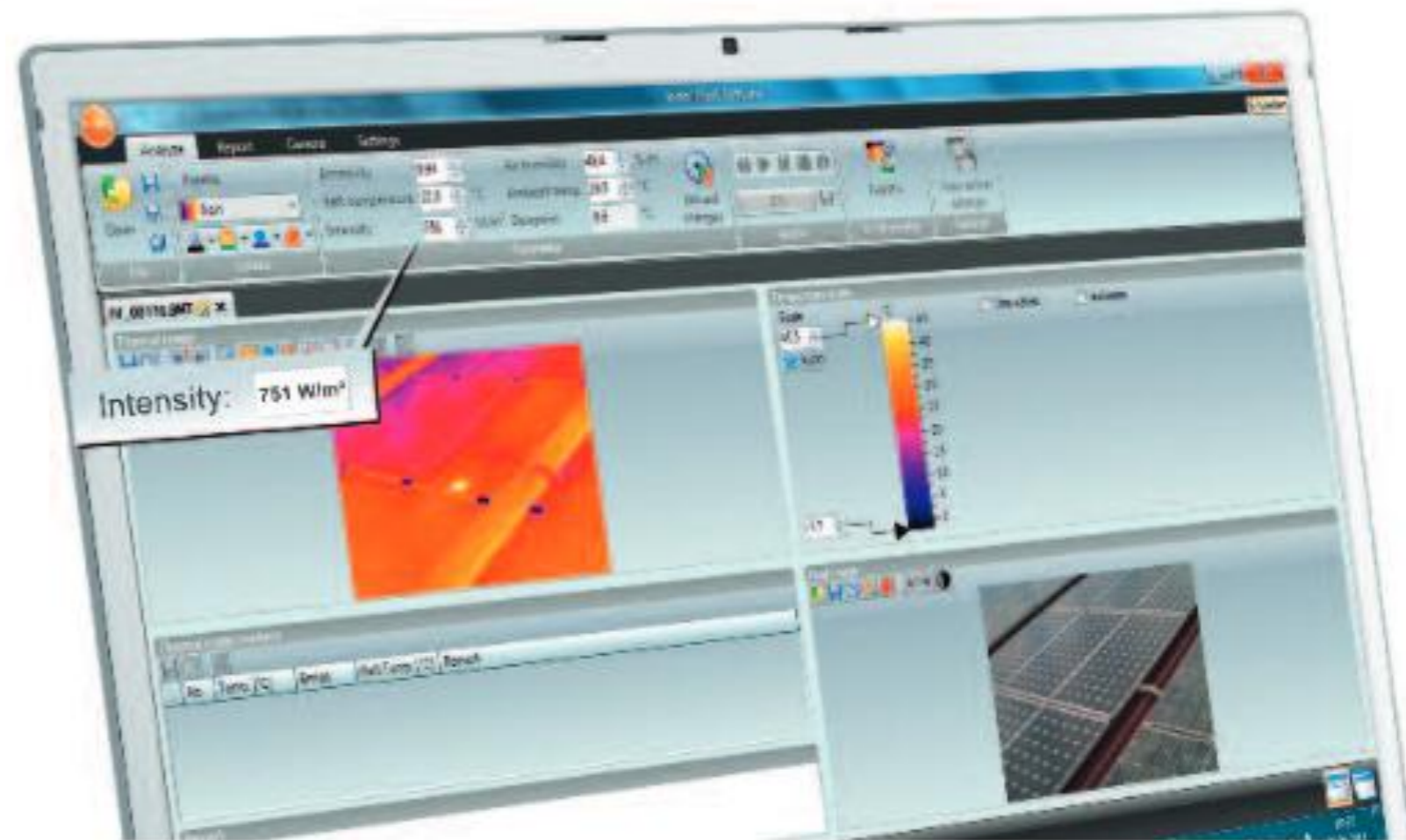






Wadliwe panele fotowoltaiczne (źródło: de.academic.ru).

Programy do obsługi zdjęć termowizyjnych

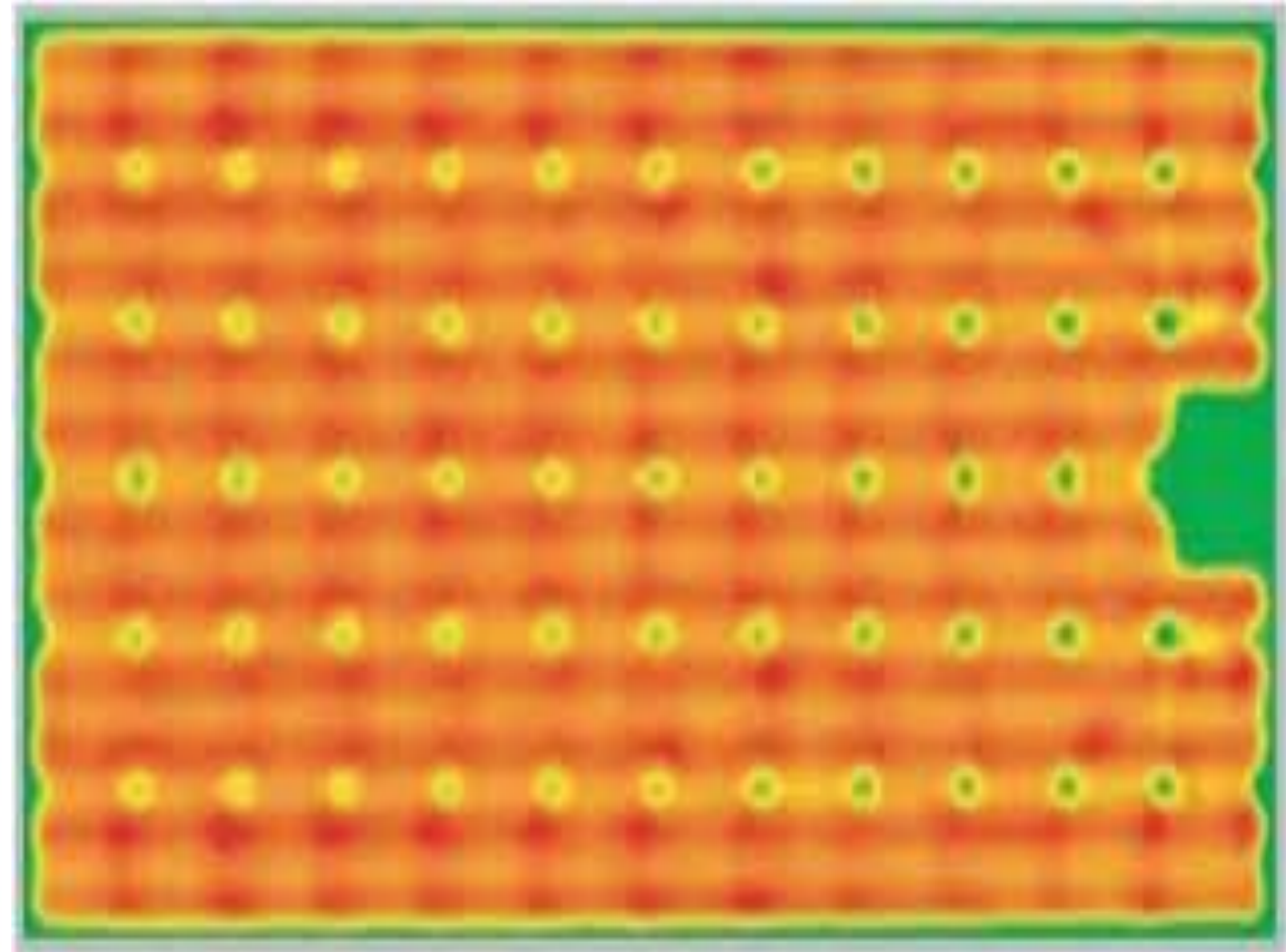
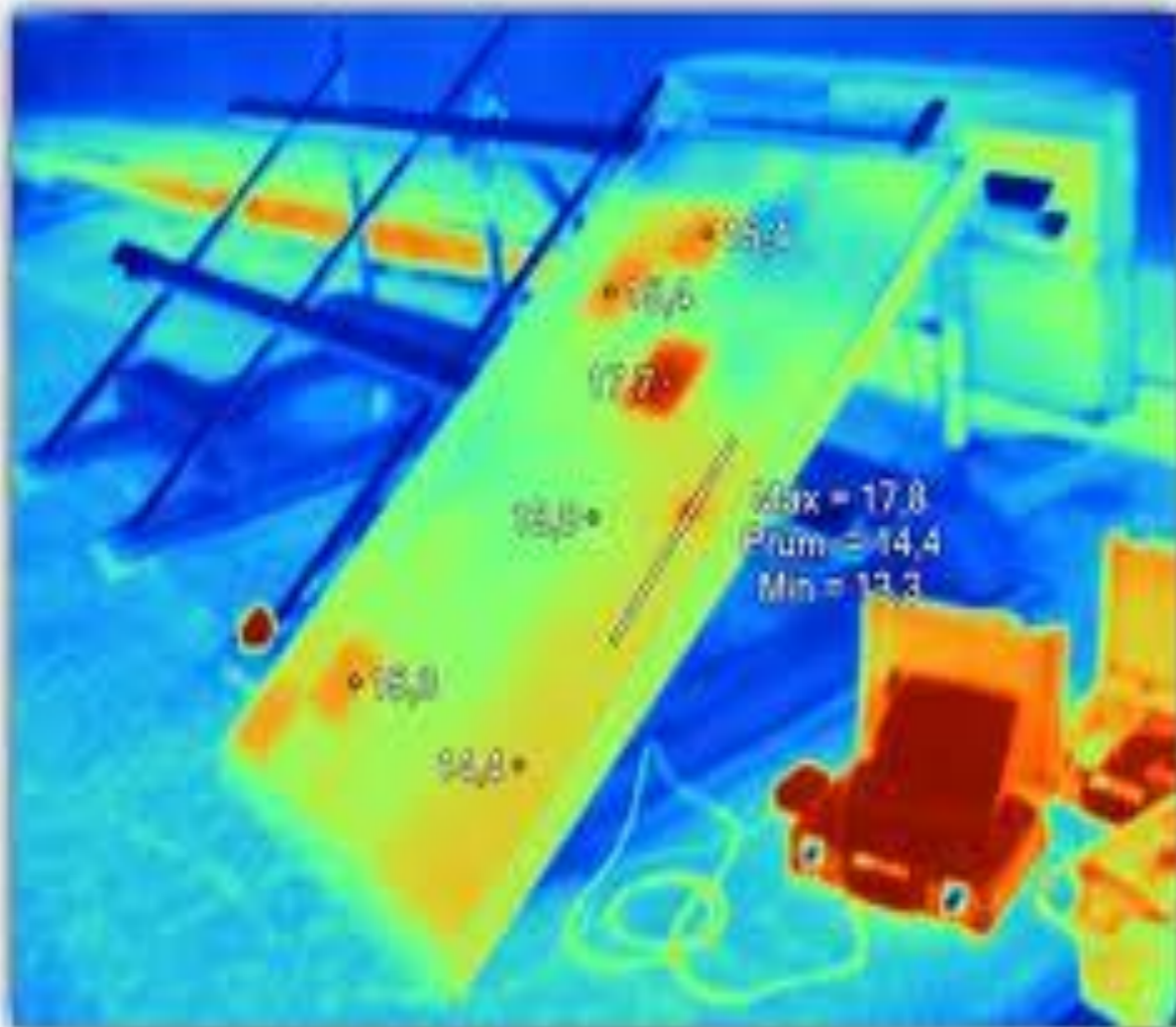


Badania na farmach fotowoltaicznych - drony

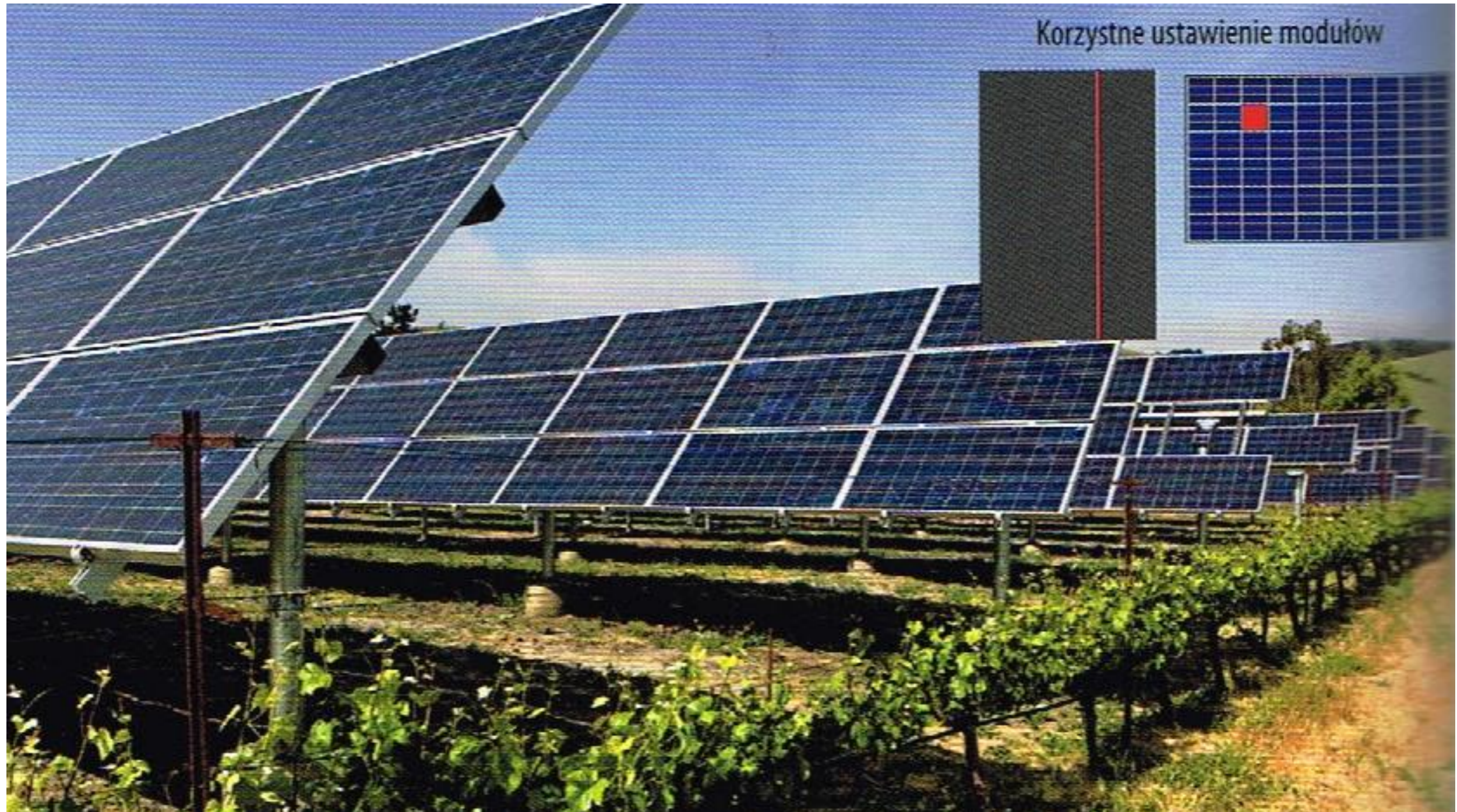


https://www.youtube.com/watch?v=6CkjSWEQ_9w

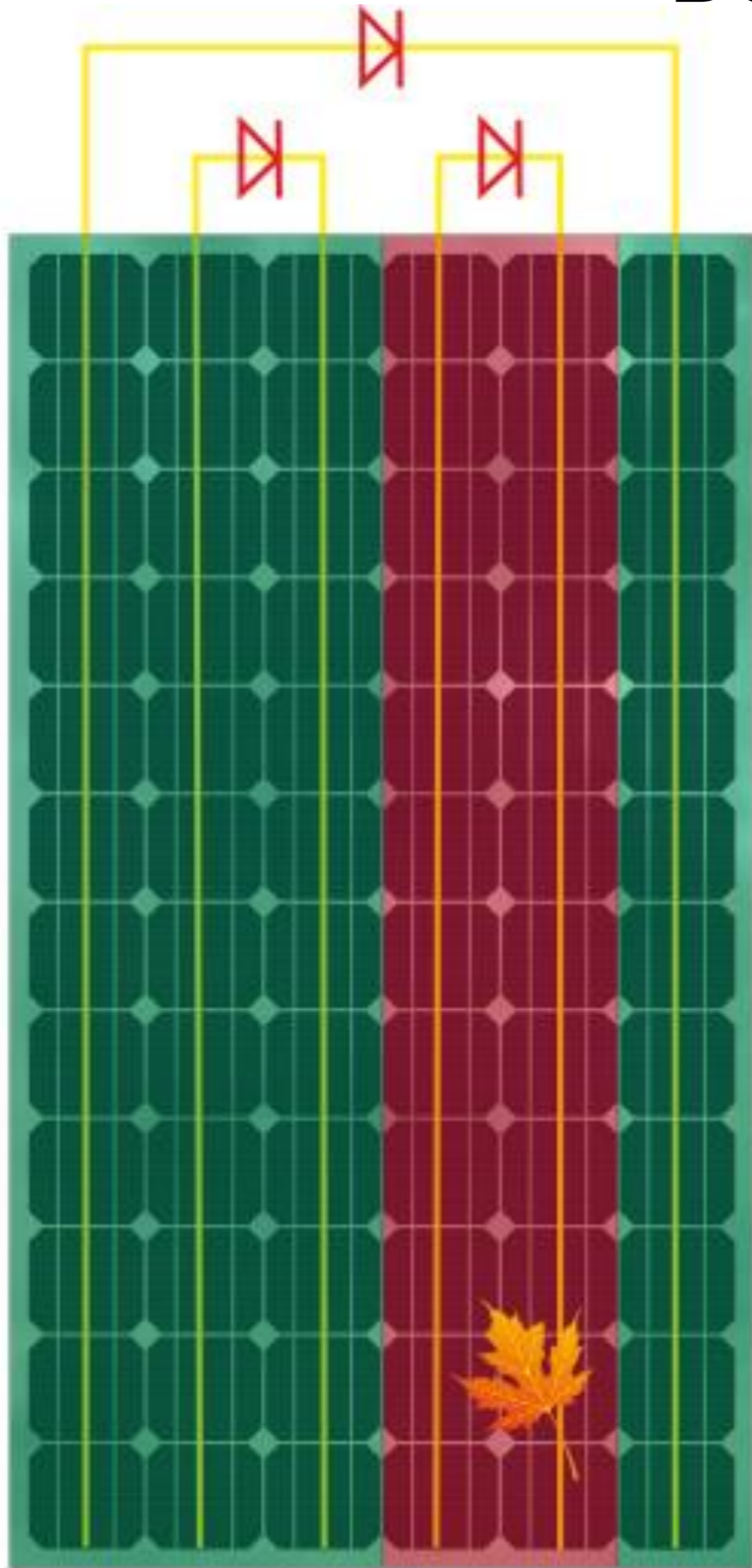
Błędy pomiarowe



Dobór, montaż, regulacja systemów fotowoltaicznych

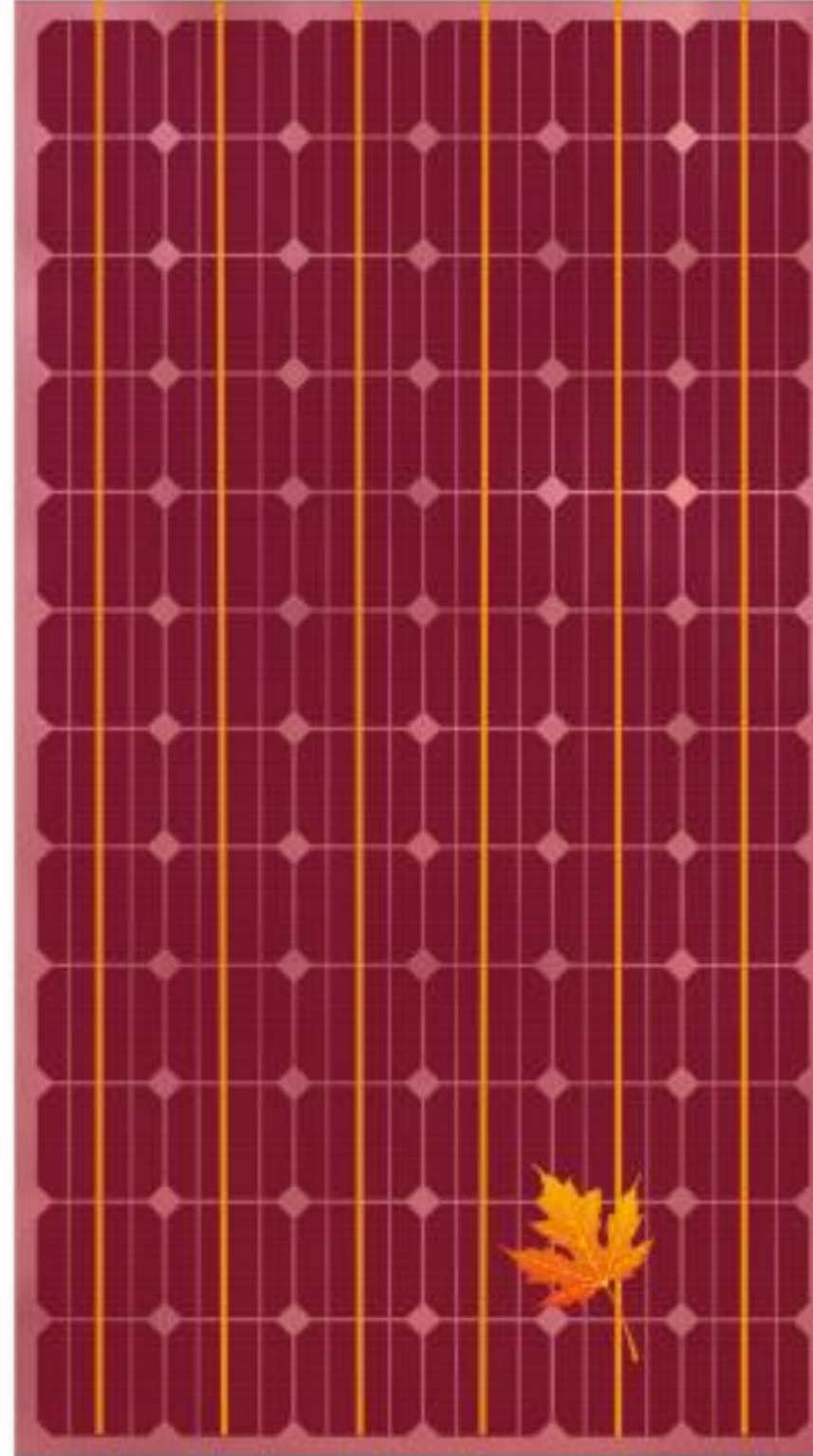


Dobór, montaż, regulacja systemów fotowoltaicznych



33% spadek mocy

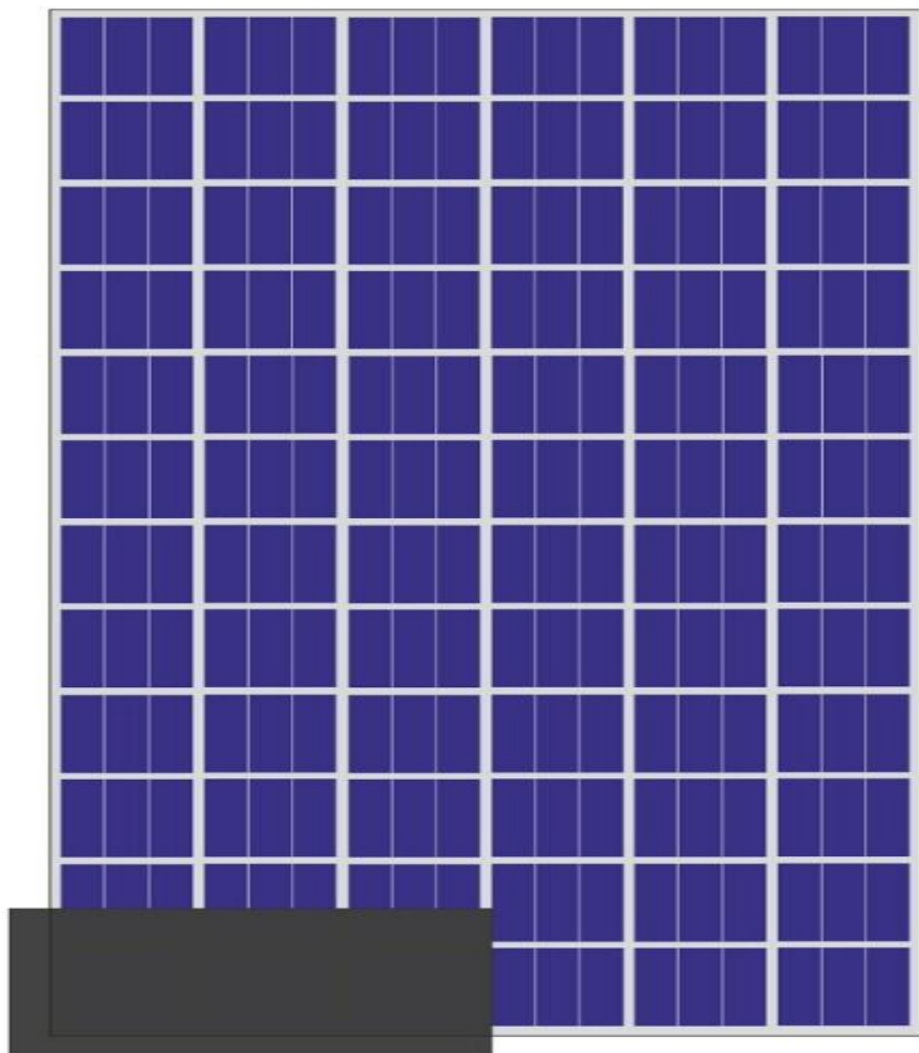
100% spadek mocy



100% spadek mocy

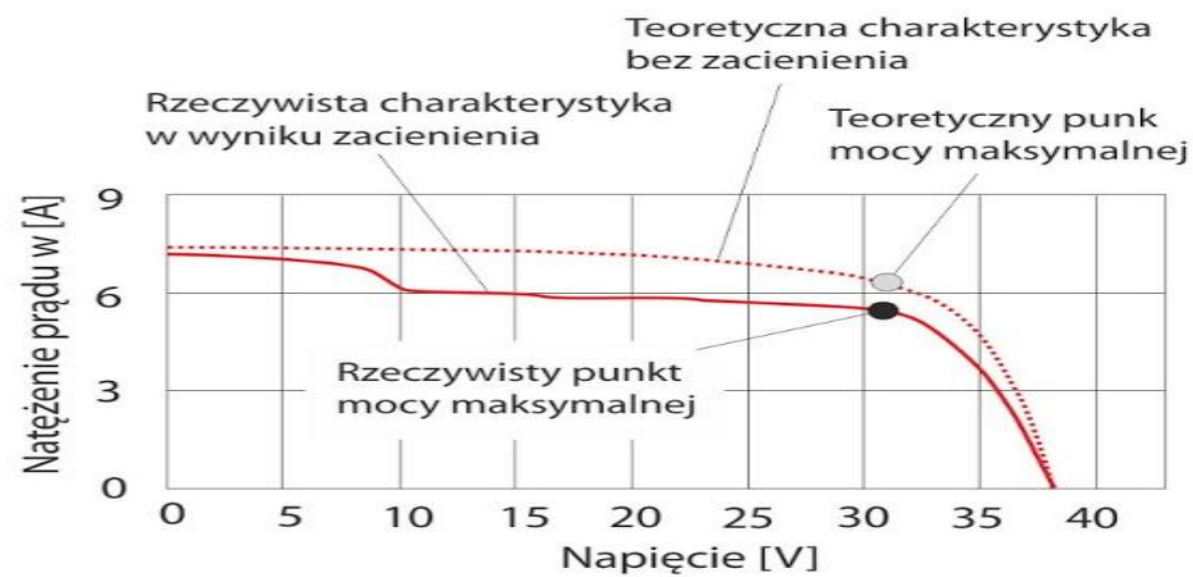
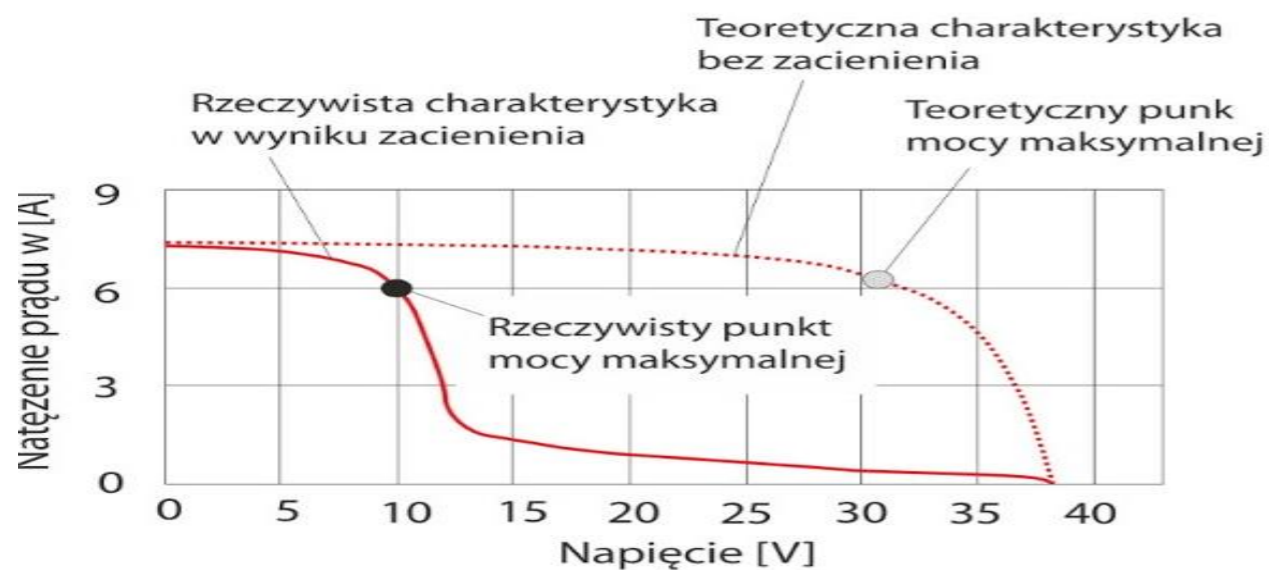
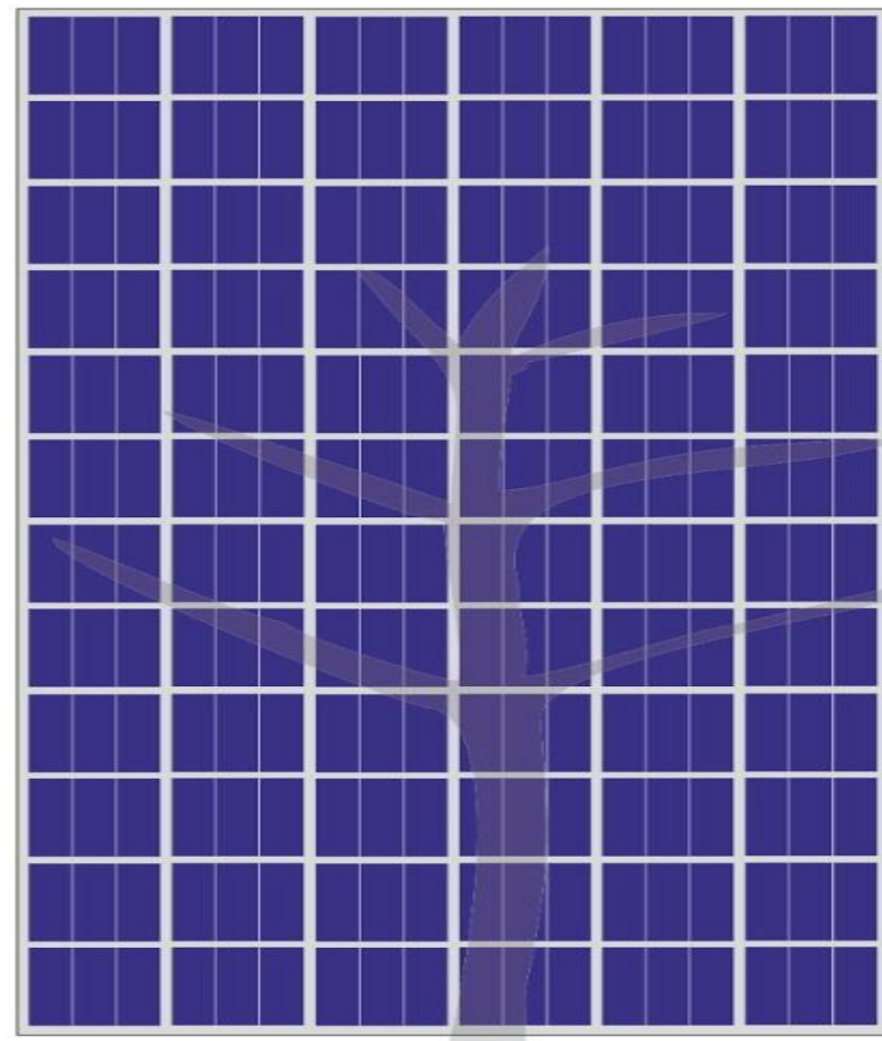
Silne zacinienie

Moduł zbudowany z 72 ogniw
z 3 diodami bocznikującymi



Lekkie zacinienie

Moduł zbudowany z 72 ogniw
z 3 diodami bocznikującymi



Typy systemów fotowoltaicznych

- mikroinstalacje (do 40 kW)
- małe instalacje (40-100 kW) oraz (100-200 kW)
- duże systemy 200 kW+

Sieć niskiego napięcia 230V: teoretycznie do 200kW, praktycznie do 100kW.

Sieć średniego napięcia 15kV: teoretycznie do 10MW, praktycznie do 5MW.

Sieć wysokiego napięcia 110kV: powyżej 5MW

- Dobór ze względu na miejsce (dach lub grunt)
- Dobór ze względu na inwerter



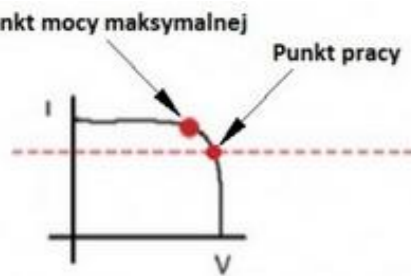
mikroinwerter



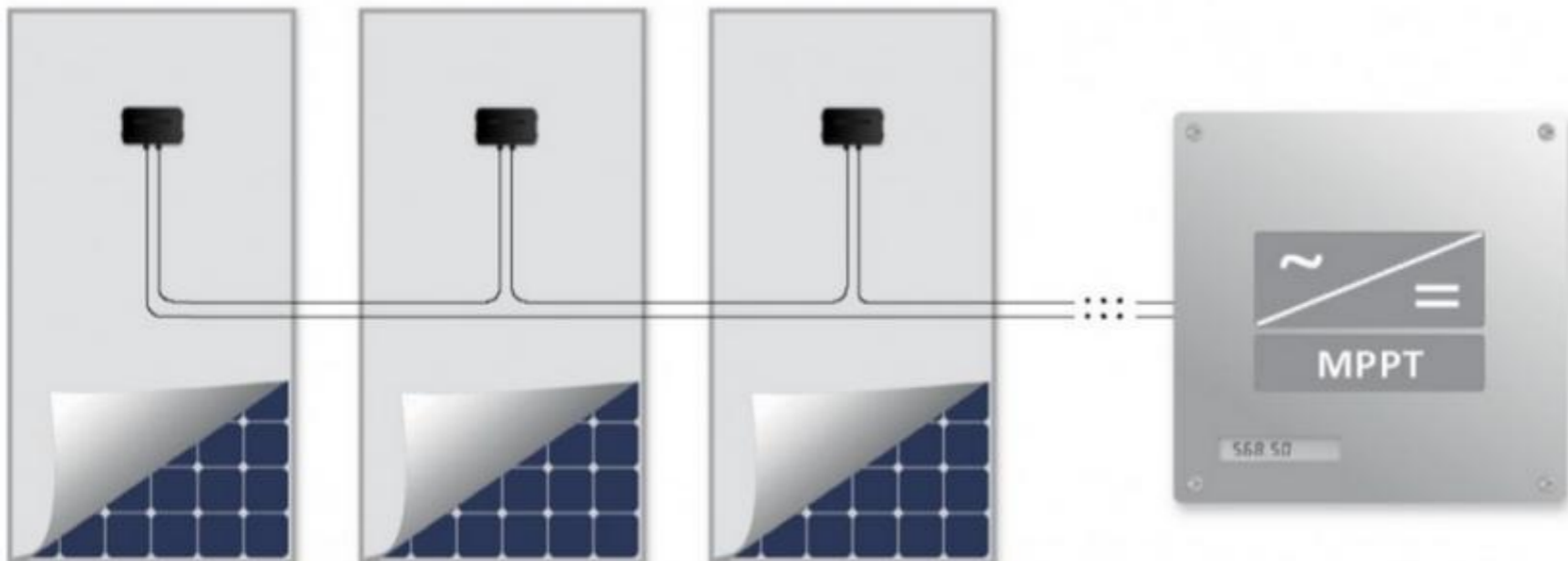
inwerter szeregowy



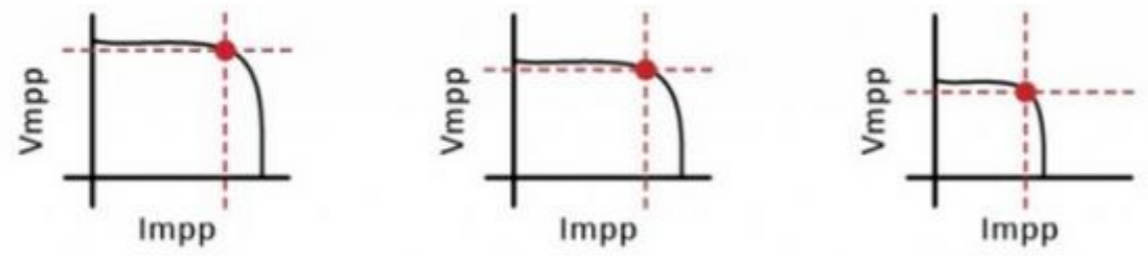
inwerter centralny



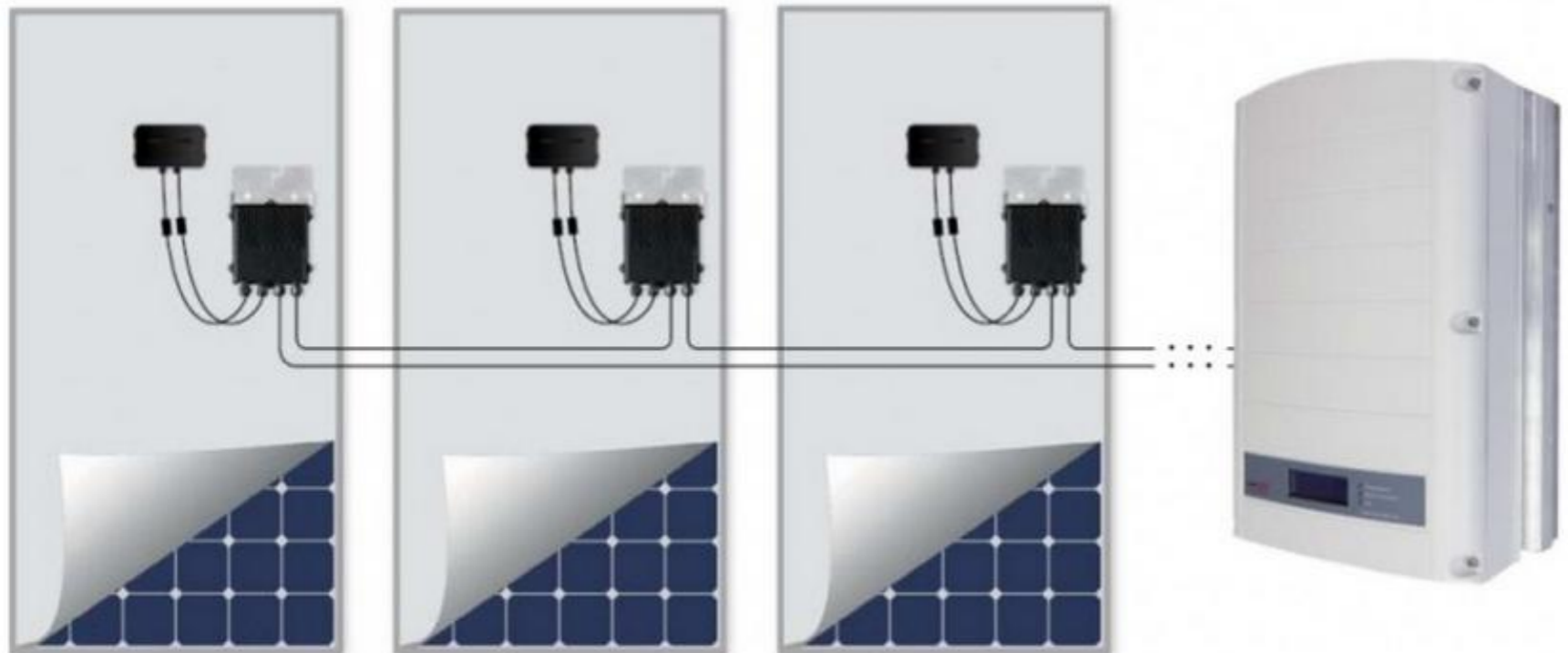
Dwa moduły (lewy i środkowy) pracują na zbyt wysokim napięciu, natomiast moduł po prawej na zbyt niskim. Skutkuje to niewykorzystaniem potencjalnej mocy wszystkich paneli.



Układ „klasyczny”

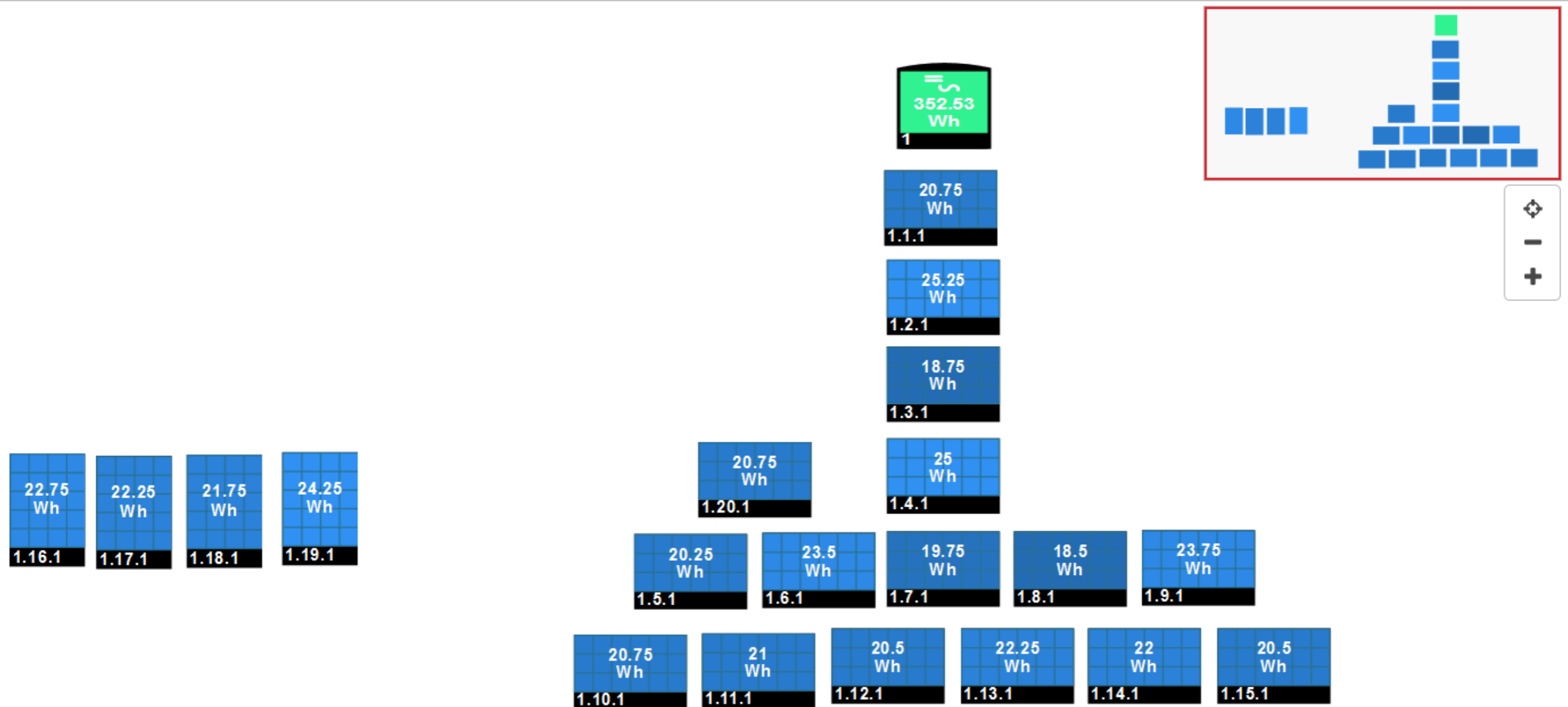


Optymizery mocy dobierają punkt mocy maksymalnej dla każdego panelu z osobna, zapewniając maksymalny uzysk energii



SolarEdge

SolarEdge



DYSTRYBUTORZY ENERGII (DOKUMENTY)

<https://www.youtube.com/watch?v=eh7ZSKPJ01I>

Zakłady energetyczne w Polsce

Operatorzy systemów dystrybucyjnych (OSD)



**DZIĘKUJĘ ZA
UWAGĘ**