

# Energia słoneczna – dostępność, możliwości wykorzystania, korzyści.

## Wstęp

W dobie coraz bardziej kurczących się zasobów paliw kopalnych, celowym i wręcz nieodzownym staje się potrzeba zwrócenia uwagi na inne źródła energii, w tym na energię promieniowania słonecznego. Energia ta, w pełni odnawialna, darmowa, to zasługa naszej gwiazdy – Słońca. Niniejszy materiał to próba przybliżenia niektórych zagadnień związanych z energią promieniowania słonecznego.

## 1. Wielkości opisujące promieniowanie słoneczne

Najbardziej istotne wielkości opisujące promieniowanie słoneczne to [Pomierny 2003]:

- Usłonecznienie, czyli średnia liczba godzin słonecznych w okresie (dotyczy roku), w którym przewidujemy eksploatację systemu słonecznego. Usłonecznienie zależy od długości dnia, zachmurzenia oraz przezroczystości atmosfery. Średnie roczne wartości usłonecznienia dla różnych miast Polski zawarto w tabeli (dane wieloletnie):

Tabela 1. Średnie roczne wartości usłonecznienia w godzinach dla różnych miast Polski

L.P.	Stacje meteorologiczne	Usłonecznienie w h	L.P.	Stacje meteorologiczne	Usłonecznienie w h
1	OLSZTYN	BRAK DANYCH	16	KALISZ	1720
2	BIELSKO-BIAŁA	BRAK DANYCH	17	KIELCE	1717
3	LUBLIN	1929	18	ŁÓDŹ	1712
4	POZNAŃ	1875	19	OSTROLEKA	1710
5	KOSZALIN	1850	20	WARSZAWA	1693
6	GORZÓW WIELK.	1843	21	CZĘSTOCHOWA	1683
7	TERESPOL	1842	22	SUWAŁKI	1676
8	ŁEBA	1826	23	JELEŃ GÓRA	1642
9	SZCZECIN	1816	24	SZCZECINEK	1605
10	WROCLAW	1785	25	KRAKÓW	1583
11	BIAŁYSTOK	1780	26	RZESZÓW	1581
12	ZAMOŚĆ	1760	27	ZIELONA GÓRA	1574
13	KATOWICE	1752	28	HEL	1566
14	TORUŃ	1731	29	NOWY SĄCZ	1558
15	KŁODZKO	1728	30	ZAKOPANE	1458
			31	ŚNIEŻKA	1314

Dane zawarte w tabeli obrazują ilości godzin słonecznych w ciągu roku dla Białegostoku (1780 godzin) i Suwałk (1676 godzin), świadczące o możliwości wykorzystania energii promieniowania słonecznego na terenie województwa podlaskiego.



- Natężenie promieniowania słonecznego wyrażone w watach na metr kwadratowy ( $W/m^2$ ) jest to gęstość mocy promieniowania padającego w ciągu jednej sekundy na powierzchnię prostopadłą do kierunku promieniowania. Najwyższe natężenie promieniowania odnotowano na Kasprowym Wierchu – ok.  $1200 W/m^2$  i w pasie nadmorskim - ok.  $1050 W/m^2$ . Najczęściej wartości promieniowania słonecznego wahają się od  $600-800 W/m^2$ .
- Napromieniowanie całkowite to sumy energii promieniowania słonecznego wyrażone w MJ na metr kwadratowy ( $MJ/m^2$ ). Dla Polski przyjmuje się wartość  $3600 MJ/m^2$  w ciągu roku. W promieniowaniu całkowitym udział promieniowania rozproszonego waha się od około 47% w lecie do 70% w zimie.

Ekspertyza PAN „Konwersja termiczna energii promieniowania słonecznego w warunkach krajowych” [Gogół 1993] dokonała podziału Polski na 11 regionów, klasyfikując je od najlepszych pod względem możliwości wykorzystania energii promieniowania słonecznego po najgorsze:

- |                                     |                     |
|-------------------------------------|---------------------|
| 1) I – Nadmorski                    | 6) V – Wielkopolski |
| 2) VII - Podlasko -Lubelski         | 7) II – Pomorski    |
| 3) VIII - Śląsko – Mazowiecki       | 8) XI – Podgórski   |
| 4) IX – Świętokrzysko –Sandomierski | 9) IV – Suwalski    |
| 5) III – Mazursko – Siedlecki       | 10) VI - Warszawski |
|                                     | 11) X – Górnśląski  |



Rys 1. Mapa: Regiony helioenergetyczne Polski [Gogół 1993]

## 2. Uwarunkowania dostępności energii promieniowania słonecznego

Gogół [2003] określa trzy podstawowe warunki wykorzystania energii promieniowania słonecznego:

- Wykorzystanie energii promieniowania słonecznego jest okresowe, zależne od klimatu i pogody, i jest nierównomierne w czasie i przestrzeni;
- Ze względu na położenie geograficzne pomiędzy  $49^\circ$  a  $55^\circ$  szerokości geograficznej północnej istnieją korzystne warunki do wykorzystania energii słonecznej w okresie od kwietnia do września;
- Prawie połowa docierającego do Polski promieniowania słonecznego to promieniowanie rozproszone.

## 3. Bezpośrednie formy promieniowania słonecznego



### 3.1. Konwersja fototermiczna

Konwersja fototermiczna to przemiana energii promieniowania słonecznego w ciepło użyteczne w systemach niskotemperaturowych. Chwieduk [2004] dokonuje podziału na dwa podstawowe typy niskotemperaturowych systemów słonecznych:

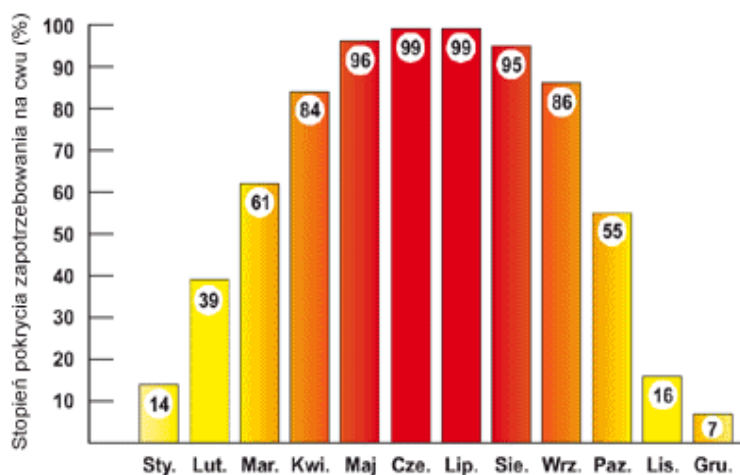
- Systemy aktywne(czynne)
- Systemy pasywne (bierne)

Aktywny system słoneczny to taki rodzaj instalacji, w której dzięki jej elementom składowym dochodzi do przemiany energii promieniowania słonecznego w ciepło użyteczne. Zamiana energii promieniowania słonecznego w ciepło użyteczne zachodzi w sercu tego systemu, a jest nim kolektor słoneczny. Praca kolektora jest możliwa dzięki działaniu pomp cyrkulacyjnych wymuszających obieg czynnika roboczego w całym systemie.

Aktywne systemy słoneczne w warunkach Polski służą do:

- podgrzewania ciepłej wody użytkowej,
- podgrzewania wody w basenach w okresie letnim,
- wspomaganie niskotemperaturowego centralnego ogrzewania w postaci ogrzewania podłogowego lub ściennego (przy odpowiednio dobranej liczbie kolektorów)[ Zawadzki 2003].

Na podstawie wykresu poniżej można stwierdzić, iż przy optymalnie dobranym i prawidłowo wykonanym aktywnym systemie z kolektorem słonecznym cieczowym można zmniejszyć o około 60% roczne zużycie tradycyjnych nośników energii potrzebnej do ogrzania ciepłej wody użytkowej (cwu) w domu jednorodzinnym [Zawadzki 2003]. W okresie od kwietnia do września tak dobrane instalacje są w stanie pokryć do 95% zapotrzebowania na ciepłą wodę użytkową.



Rys.2 Szacunkowy stopień pokrycia zapotrzebowania na cwu optymalnie dobranej i prawidłowo wykonanej instalacji

Pasywny system słoneczny konwertuje energię promieniowania słonecznego w ciepło w sposób naturalny, niewymuszony działaniem urządzeń mechanicznych. Zamiana ta odbywa się zgodnie z procesami wymiany ciepła i masy znanymi z fizyki budowli. Elementami bezpośrednio odpowiedzialnymi za tę przemianę są nasze okna, ściany lub specjalnie zaprojektowane rozwiązania ingerujące w strukturę budynku. Systemy pasywne nie posiadają żadnych urządzeń elektrycznych wymuszających przepływ czynnika roboczego [Chwieduk 2004].

#### 3.1.1. Aktywne systemy słoneczne

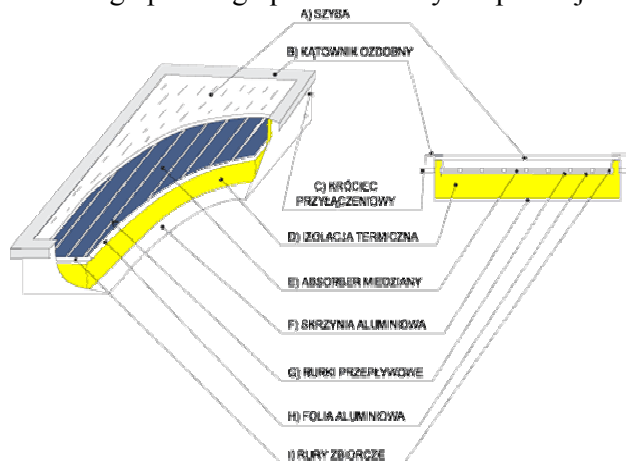
Jak podano wcześniej podstawowym elementem systemu aktywnego jest kolektor słoneczny. Jego głównym zadaniem jest zbieranie (w języku ang. collect oznacza zbierać) energii promieniowania słonecznego. Bezpośrednio za pozyskiwanie energii odpowiada absorber – płyta miedziana lub aluminiowa z połączonym



układem przewodów, mającym najczęściej kształt meandryczny, w którym krąży czynnik roboczy (najczęściej to wodny roztwór glikolu propylenowego o temperaturze zamarzania do  $-35^{\circ}\text{C}$ ) nagrzewający się od energii słonecznej [Zawadzki 2003]. Ogrzany czynnik roboczy jest kierowany za pomocą pompy obiegowej do zasobnika z wodą. Przepływając przez wężownicę znajdującą się w zasobniku ogrzewa zawartą w nim wodę. Zbiorniki pojemnościowe o odpowiednio grubej izolacji (50-60mm), muszą posiadać taką pojemność wody aby nagrzana w słoneczny dzień przez kolektor woda mogła wystarczyć w nocy lub pochmurny następny dzień.

W warunkach Polski i Podlasia z powodzeniem mogą być stosowane trzy rodzaje kolektorów słonecznych:

1. Kolektory cieczowe płaskie - to najprostsze i najbardziej rozpowszechnione kolektory słoneczne. Budowę kolektora cieczowego płaskiego przedstawia rys 2. poniżej.



Rys 3. Budowa kolektora płaskiego

Kolektor cieczowy płaski składa się z:

- przezroczystego pokrycia (zapewniającego efekt cieplarniany) najczęściej stanowi je pakiet dwu a nawet trzech szyb hartowanych odpornych na gradobicie, w wyniku efektu szklarniowego temperatura powierzchni absorbera może przekraczać  $100^{\circ}\text{C}$ ,
- absorbera (najczęściej blachy miedzianej pokrytej powłoką selektywną, z czarnego chromu, typu Tinox, czarnego niklu). Współczynnik absorpcji dla tego rodzaju powłok wynosi (0,90- 0,95), współczynnik emisyjności (0,07-0,10),
- wymiennika ciepła (najczęściej rurki miedziane przylutowane do absorbera lub sprasowane z nim),
- izolacji termicznej (pianka poliuretanowa lub wełna mineralna o grubości 50-60mm), jej główne zadanie to ochrona przed stratami ciepła na zewnątrz,
- obudowy aluminiowej lub z tworzywa sztucznego.

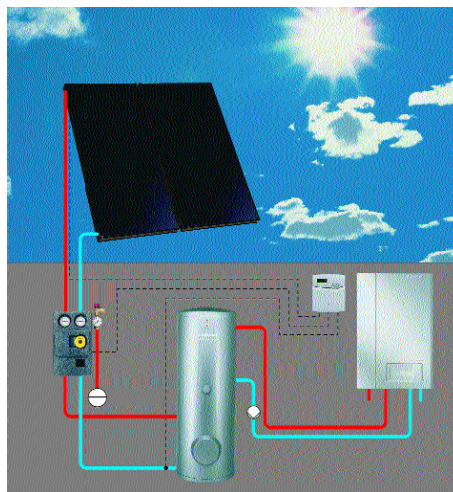


Fot.1. Płaskie cieczowe kolektory słoneczne zamontowane na połaci dachowej

Rys.4. przedstawia elementy składowe aktywnego systemu słonecznego do podgrzewania ciepłej wody użytkowej:



- kolektor lub kolektory słoneczne,
- zbiornik ciepłej wody użytkowej,
- układ sterujący,
- zespół pompowy
- przeponowe naczynie wzbiorcz
- rury łączące



### Zalety i wady instalacji z płaskim kolektorem cieczowym:

#### Zalety:

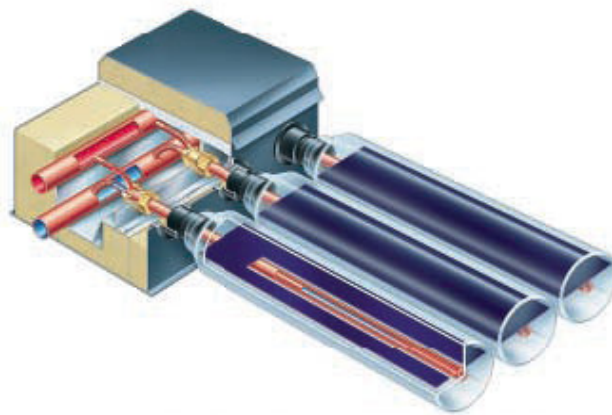
- Niskie koszty inwestycyjne, szybszy czas zwrotu z inwestycji. W związku z rosnącą liczbą producentów instalacji słonecznych ich koszt z roku na rok maleje. Koszty zakupu i montażu instalacji słonecznych z płaskimi kolektorami cieczowymi są na tyle atrakcyjne, że zwrot z inwestycji może zawierać się od kilku do kilkunastu lat. Przy dużym zużyciu cwu. i ogrzewaniu jej energią elektryczną można go skrócić do 3 lat [Zawadzki 2003].

#### Wady:

- Niższa o ok.30 procent efektywność w stosunku do kolektorów rurowych.

### 1. Kolektory próżniowe.

Kolektory rurowe często nazywane próżniowymi mają budowę bardziej złożoną niż kolektory płaskie. Każda rurka z czynnikiem roboczy została zamknięta wraz z absorberem w próżni szklanej rury o średnicy od ok.40 do 60 mm. Próżnia chroni absorber przed stratami ciepła. Bardzo często, aby lepiej wykorzystać energię słoneczną, wewnątrz rur montuje się lustro kierujące promienie słoneczne na absorber.[ www. Viessmann.pl]



Rys 5. Budowa kolektora próżniowego

### Zalety i wady instalacji z kolektorami próżniowymi :

#### Zalety:

- dużo wyższa efektywność niż kolektorów płaskich (ok.30%),
- możliwość obrotu w płaszczyźnie pionowej,
- niskie straty ciepła do otoczenia,
- wykorzystanie nie tylko promieniowania słonecznego bezpośredniego ale i rozproszonego.( okres jesień –



zima),

- możliwość instalacji w pionie np. jako balustrada balkonowa.

Wady:

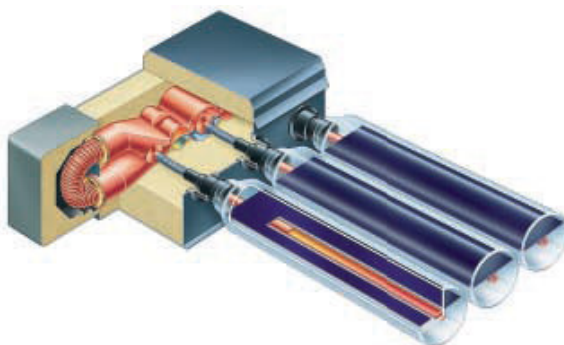
- jedyną wadą jest koszt samego kolektora, a co za tym idzie dłuższy czas zwrotu inwestycji.



Fot.2. Kolektory próżniowe na połaci dachowej

## 2. Kolektory z rurkami ciepła (heatpipe)

Tego rodzaju kolektor jest najbardziej zaawansowanym technicznie urządzeniem. Wewnątrz szklanych rur znajdują się tzw. rurki ciepła. Każda rurka działa niezależnie. Jest wypełniona płynem, który odbierając ciepło od absorbera paruje i unosi się do głowicy kolektora. Tam jest chłodzony przez roztwór glikolu, który odebrane ciepło transportuje do zasobnika z wodą, a po ochłodzeniu płyn w rurce ciepła ulega skropleniu i spływa w dół rury, gdzie ponownie się ogrzewa. Dzięki przemianie fazowej zwiększa się sprawność kolektora. Zalety i wady podobne jak w przypadku kolektorów próżniowych.



Rys.6. Budowa kolektora z rurkami ciepła (heatpipe)

### Czynniki wpływające na sprawność kolektorów słonecznych:

- Optymalny kąt nachylenia kolektora do poziomu w poszczególnych miesiącach roku. W przypadku instalacji całorocznych Zawadzki [2003] zaleca kąt nachylenia kolektora do podłoża ok. 40°.

Tabela 2. Optymalne kąty nachylenia kolektora do poziomu w poszczególnych miesiącach [Zawadzki 2003]

Miesiąc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kąt nachylenia kolektora w stopniach	60	55	45	30	15	10	15	30	45	55	65	65

- Skierowanie powierzchni absorbera w kierunku słońca na południe, odchylenie od kierunku



- południowego o 20° nie ma wpływu na sprawność instalacji słonecznej.
- Miejsce na kolektor nie powinno być zacieniane przez drzewa, budynki itp.
- Wielkość zbiornika do magazynowania wody ciepłej jest dobierana na podstawie zapotrzebowania dobowego zużycia wody na osobę i przemnażana przez ilość osób korzystających z ciepłej wody. Dla czterech osób przy średnim zapotrzebowaniu na wodę (75l/osobę) wyniesie 300l. [Zawadzki 2003]
- Natężenie przepływu czynnika roboczego (glikolu) przez rurociąg absorberów. Na podstawie obliczeń przeprowadzonych przez Katedrę Podstaw Inżynierii SGGW [Czekalski, Mirski 2004], można stwierdzić, iż w przypadku zbyt małej prędkości przepływu czynnika roboczego dochodzi szczególnie w miesiącach letnich do przegrzewania absorbera co obniża sprawność konwersji fototermicznej w kolektorach. Prędkość przepływu czynnika znacząco wpływa na rozkład temperatury na płaszczyźnie kolektora. Wydajność pompy powinna być dobrana przez dostawcę instalacji słonecznej a za jej prawidłowy montaż i ustawienie odpowiada autoryzowana ekipa monterska. Warto wspomnieć, iż przegrzewanie powierzchni absorbera powyżej 100°C prowadzi do stopniowego zmniejszenia trwałości absorbera.
- Grubość izolacji cieplnej na rurach z czynnikiem roboczym. Według Kulika [2005] izolacja termiczna rur powinna mieć grubość nie mniejszą niż 19 mm a czasem nawet 30-35 mm. Tak gruba izolacja znacznie zmniejsza straty ciepła na rurociągach z czynnikiem roboczym co w konsekwencji ma wpływ na sprawność kolektora. Koszt izolacji cieplnej w tym przypadku stanowi niewielki procent całkowitego kosztu systemu słonecznego.

### 3.1. 2. Pasywne systemy słoneczne

Rozwiązania pasywne w projektach nowo wznoszonych obiektów zaczynają odgrywać coraz większą rolę. Dobry projekt budynku z rozwiązaniami pasywnymi charakteryzuje się [Chwieduk 2004] przede wszystkim małą ilością przeszkleń od strony północnej, aby zmniejszyć straty ciepła. Południowa elewacja budynku zaopatrzona jest w możliwie jak największą ilość przeszkleń, aby w jak największym stopniu wykorzystywać energię promieniowania słonecznego. W rozwiązaniach pasywnych dużą rolę odgrywa grubość izolacji cieplnej całości budynku (przegrody zewnętrzne, izolacja dachu, stropów, fundamentów).

Chwieduk [2004] wyróżnia dwa podstawowe systemy pasywne:

- System zysków bezpośrednich najtańszy i najprostszy system w którym najważniejszą rolę pełnią przeszklenia najczęściej w postaci okien. Okna stanowią bezpośrednie odbiorniki energii promieniowania słonecznego. Promieniowanie słoneczne po przejściu przez przeszklenie ogrzewa przegrody wewnętrzne i meble, które w zależności od swojej pojemności cieplnej stanowią źródła ciepła w pomieszczeniu. Zwiększanie powierzchni okien (strona południowa) wpływa znacząco na poprawienie zysków z promieniowania słonecznego ale jednocześnie powiększa straty ciepła. W czasie lata przy braku osłon w postaci żaluzji, rolet itp. może dochodzić do przegrzewania pomieszczeń poprzez silne promieniowanie słoneczne. Stanowi to uciążliwość dla użytkowników. Aby wyeliminować gwałtowne wahania temperatury będące wadą systemu zysków bezpośrednich i jednocześnie zakumulować pozyskane ciepło wykorzystując je później, odizolowuje się wnętrze budynku od bezpośredniego oddziaływania słońca [Chwieduk 2004]. Elementy oddzielające wnętrze obiektu od promieniowania słonecznego stanowią składową bardziej złożonych systemów zysków pośrednich.
- System zysków pośrednich – charakteryzują niewielkie zmiany temperatury wewnątrz ogrzewanych pomieszczeń uzyskane przez zastosowanie następujących rozwiązań [Chwieduk 2004]:
  1. System zysków pośrednich z lekką ścianą kolektorową,
  2. System zysków pośrednich z masywną ścianą kolektorowo-magazynującą,
  3. System zysków pośrednich z przestrzenią buforową :
    - oszklone werandy,
    - dobudowane loggie,
    - dobudowane do ścian budynku szklarnie,
    - ogrody zimowe.

Dwa pierwsze systemy bazują na oddzieleniu wnętrza budynku od otoczenia zewnętrznego przez odpowiednio skonstruowane ściany kolektorowe lub kolektorowo - magazynujące posiadające układ wewnętrznych kanałów, którymi przepływa ogrzane od słońca powietrze do pomieszczenia [Chwieduk 2004].



W tych rozwiązaniach, aby zintensyfikować transport ciepła często wykorzystuje się wentylatory.

Trzeci z systemów z przestrzenią buforową jak sama nazwa wskazuje spełnia rolę bufora cieplnego czyli przestrzeni gromadzącej pozyskaną energię słoneczną, przy jednoczesnym ograniczeniu strat ciepła do otoczenia. Fotografie 3 i 4 poniżej pokazują możliwości techniczne w zakresie budowy nowoczesnych przestrzeni buforowych w formie przeszklonych werand czy ogrodów zimowych.



### 3.2. Konwersja fotowoltaiczna

Konwersja fotowoltaiczna - jest to zamiana energii promieniowania słonecznego w prąd elektryczny w urządzeniach półprzewodnikowych zwanymi potocznie ogniwami słonecznymi (ang. PV- Photovoltaic). Do budowy ogniw używa się najczęściej drogiego monokrystalicznego krzemu lub, jak ostatnio, materiałów polikrystalicznych.

W warunkach laboratoryjnych udało się osiągnąć maksymalne sprawności dla poszczególnych rodzajów materiałów półprzewodnikowych [Bonet 2000] co pokazuje tabela 3.

Tabela 3. Porównanie sprawności ogniw słonecznych najczęściej stosowanych [Bonet 2000]

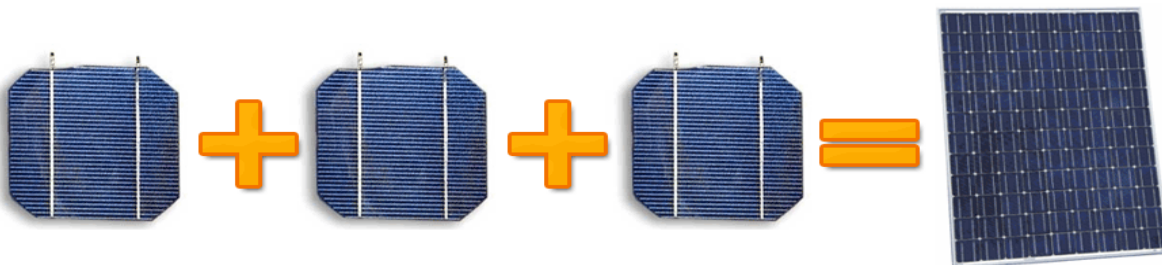
Rodzaj ogniwa	Maksymalna uzyskana sprawność
Si monokrystal	24,7%
GaAS monokrystal.	25,2%
Si polikrystal	19,8%
Si amorficzny	12,7%
CdTe/CdS	16%
CuInGaSe <sub>2</sub>	18,2%

Sibiński [2004] zauważa dążenie niektórych producentów ogniw słonecznych do wdrożenia prac nad rozwojem tanich cienkowarstwowych ogniw słonecznych polikrystalicznych o porównywalnej sprawności odchodząc od wysokowydajnych, ale drogiego ogniw monokrystalicznych. Drugą istotną cechą tychże materiałów polikrystalicznych jaką podkreśla Sibiński [2004] jest możliwość nakładania w/w materiałów na podłoża elastyczne (np. folie). Stwarza to ogromne możliwości zastosowań praktycznych w tzw. fotowoltaice zintegrowanej z budownictwem (ang. BIPV-Building Integrated PV).



- Budowa i części składowe systemu PV

Aby mówić o systemie przetwarzającym energię promieniowania słonecznego w prąd elektryczny, należy wspomnieć najpierw o ogniwie słonecznym, czyli urządzeniu o niewielkich rozmiarach zbudowanym z materiałów półprzewodnikowych zasilającym powszechnie już znane urządzenia jak: kalkulatory, lampy ogrodowe, telefony komórkowe itp. Tak małe ogniwa słoneczne zasilają prądem te urządzenia poprzez wcześniejsze naładowanie akumulatorów umieszczonych wewnątrz urządzeń. Do zasilania urządzeń potrzebujących większej mocy (telewizory, radia, pompy do wody) lub by zasilic dom, poszczególne ogniwa łączy się aby otrzymać moduły fotowoltaiczne.



Fot 6.. Pojedyncze ogniwa PV połączone ze sobą składają się na moduł fotowoltaiczny

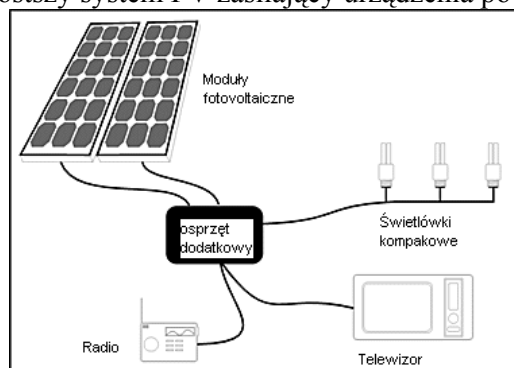
Moduły fotowoltaiczne średniej mocy od 10-200W mogą zasilac różne urządzenia elektryczne fot .7 poniżej:



Fot.7. Moduł PV średniej mocy zasilające różne urządzenia elektryczne

Najprostsz system PV składa się z modułu PV, przewodów elektrycznych, akumulatora i odbiornika.

Rys 7. Najprostsz system PV zasilający urządzenia powszechnego użytku



Moduły o mocach od kilku do kilkudziesięciu kilowatów mogą dostarczac energie elektryczną zasilając domy, urzędy lub obiekty przemysłowe fot 8. i fot 9. Roczna produkcja energii elektrycznej w przeliczeniu na 1W mocy zainstalowanej modułu PV może wyniesc około 0,92 kWh [Zapałowicz 2003].



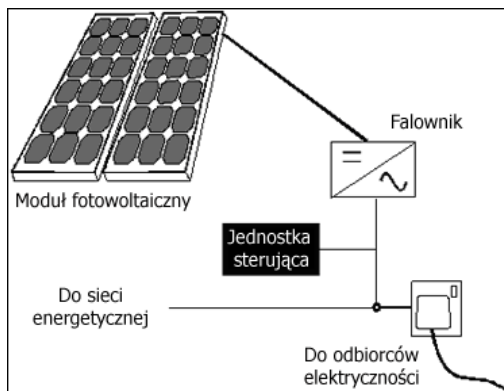


Fot 8. Moduły PV zasilające budynek



Fot 9. Moduły PV zainstalowane na połaci dachowej

System fotowoltaiczny umożliwiający odprowadzanie nadwyżek energii elektrycznej do sieci zasilającej przedstawia rys.8 poniżej:



Rys.8. System PV połączony z siecią zasilającą w energię elektryczną

Zalety systemów fotowoltaicznych:

- Stanowią ekologicznie czystą technologię wytwarzania energii elektrycznej,
- Brak kosztów przesyłu i dystrybucji (energia elektryczna jest jednocześnie wytwarzana i zużywana w tym samym miejscu),
- Możliwość uniezależnienia się od tradycyjnych dostawców energii elektrycznej.

## Podsumowanie

Znaczący rozwój technologii produkcji urządzeń wykorzystujących odnawialne źródła energii w ostatnich 10 latach (w tym energii słonecznej) wpłynął na zmniejszenie kosztów inwestycyjnych instalowanych systemów. Można jednoznacznie stwierdzić, że dzisiaj na przeważającym obszarze Polski i Podlasia opłacalne jest wykorzystanie kolektorów słonecznych do podgrzewania ciepłej wody użytkowej. Rozwiązania pasywne i produkcja energii elektrycznej z udziałem fotowoltaiki to niestety dziedziny, których upowszechnienie i rozwój ze względów finansowych odbywa się wolniej.

## Literatura

- Chwieduk D. 2004. Energia Słoneczna. Warszawa. s.27-28.  
 Czekalski D., Mirski T. 2004. Wpływ wydajności pompy obiegowej na efektywność pracy kolektorów słonecznych. „Polska Energetyka Słoneczna” 1, s.16-19.  
 Gogół W. i inni 1993. Konwersja termiczna energii promieniowania słonecznego w warunkach krajowych. PAN, Warszawa.  
 Gogół W. 2003. Helioenergetyka. „Polska Energetyka Słoneczna” 1, s.8-9.  
 Kulik T. 2005. Podwyższanie sprawności. „Magazyn Instalatora” 3(79), s.42.  
 Pomierny W. 2003. Możliwości wykorzystania energii promieniowania słonecznego do celów grzewczych



- w Polsce Centralnej, „Polska Energetyka Słoneczna” 1, s.14-16.
- Sibiński M. 2004 Praktyczne aplikacje ogniw słonecznych na bazie telluru kadmu, „Polska Energetyka Słoneczna” 1, s.13-15.
- Zawadzki M. 2003. Kolektory słoneczne i pompy ciepła na tak. Warszawa. s.94.
- Zapałowicz Z. 2003 Instalacje słoneczne w Katedrze Techniki Ciepłej Politechniki Szczecińskiej. „Polska Energetyka Słoneczna” 3, s.12-13.

### **Spis tabel**

- Tab.1. Średnie roczne wartości usłonecznienia w godzinach dla różnych miast Polski [Rocznik Statystyczny 2003].
- Tab.2. Optymalne kąty nachylenia kolektora do poziomu w poszczególnych miesiącach roku [Zawadzki 2003].
- Tab.3. Porównanie sprawności ogniw słonecznych najczęściej stosowanych [Bonet 2000].

### **Spis rysunków**

- Rys. 1. Mapa: Regiony helioenergetyczne Polski [Gogół 1993].
- Rys.2 Szacunkowy stopień pokrycia zapotrzebowania na cwu w optymalnie dobranej i prawidłowo wykonanej instalacji [ www.viessmann.pl].
- Rys. 3. Budowa kolektora płaskiego [www.solarshop.pl].
- Rys. 4. Elementy składowe aktywnego systemu słonecznego do podgrzewania ciepłej wody użytkowej . [ www.viessmann.pl].
- Rys.5. Budowa kolektora próżniowego [ www.viessmann.pl].
- Rys.6. Budowa kolektora z rurkami ciepła (heatpipe) [ www.viessmann.pl].
- Rys. 7. Najprostszy system PV zasilający urządzenia powszechnego użytku [www.solar.org.uk].
- Rys.8. System PV połączony z siecią zasilającą w energię elektryczną [www.solar.org.uk].

### **Spis fotografii**

- Fot.1. Płaskie cieczowe kolektory słoneczne zamontowane na połaci dachowej [www.poleko.pl].
- Fot.2. Kolektory próżniowe na połaci dachowej [www.viessmann.pl].
- Fot.3 i 4. Budynek z przestrzenią buforową w szklanej werandzie [ www.ogrodyzimowe.pl].
- Fot 5. Polikrystaliczna warstwa półprzewodnikowa CdTe (telluru kadmu) na elastycznej folii molibdenowej [Sibiński 2004].
- Fot 6.. Pojedyncze ogniwa PV połączone składają się na moduł fotowoltaiczny [www.ang.mu.edu].
- Fot.7. Moduł PV średniej mocy zasilający różne urządzenia elektryczne [www.solatek.com].
- Fot 8. Moduły PV zasilające budynek [Solar Design Associates].
- Fot 9. Moduły PV zainstalowane na połaci dachowej [Solar Design Associates].

