

PIOTR ZIEMBICKI, JAN BERNASIŃSKI\*

## POZYSKIWANIE ENERGII SŁONECZNEJ W WARUNKACH ZABUDOWY MIEJSKIEJ

### *Streszczenie*

*W publikacji przedstawiono analizę zasobów energii słonecznej możliwej do wykorzystania w warunkach zabudowy miejskiej. Przeanalizowano parametry wpływające na sprawność pozyskiwania energii słonecznej, a także zaproponowano rozwiązania integracji układów solarnych ze źródłami ciepła. Przeprowadzono analizę metod pozyskiwania energii słonecznej oraz wskazano rozwiązanie dla warunków zabudowy miejskiej.*

Słowa kluczowe: energia odnawialna, kolektory słoneczne, nasłonecznienie, budynki wielorodzinne, sprawność kolektorów

### WPROWADZENIE

Prawidłowa gospodarka energetyczna kraju jest jednym z ważniejszych elementów wpływających na poziom jego zamożności oraz tempo rozwoju gospodarczego. Niezwykle szybki postęp cywilizacyjny, wzrost konsumpcji energii pierwotnej przy nieznacznym wzroście udziału energii odnawialnych spowodował konieczność zweryfikowania tezy o niewyczerpalności zasobów paliw naturalnych. Całkowite zasoby paliw kopalnych, zarówno znanych jak również tych, które zostaną odkryte w przyszłości, szacuje się na ok. 60÷100 lat. Jednak przyjęcie wzrostu zużycia paliw o kilka procent powoduje znaczne skrócenie czasu ich dostępności. Ograniczenie negatywnego wpływu wzrostu zużycia energii w skali globalnej może być dokonane poprzez zmianę struktury wykorzystania energii pierwotnej, a także przez zmniejszanie jej zużycia.

Realizacja pierwszego z postulatów może nastąpić poprzez zwiększanie udziału energii alternatywnych (w tym energii słonecznej) w ogólnym bilansie energetycznym oraz racjonalizację wykorzystania istniejących metod produkcji i dystrybucji ciepła. Dodatkowym bodźcem stymulującym zainteresowanie energią słoneczną są nieustanne podwyżki cen paliw kopalnych, a także polity-

---

\* Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Inżynierii Środowiska

ka Unii Europejskiej promująca efektywność energetyczną oraz alternatywne sposoby pozyskiwania energii.

### ZASOBY ENERGII SŁONECZNEJ W POLSCE

Słońce jest podstawowym źródłem energii dla ziemi, w którym w wyniku reakcji termojądrowych powstaje energia, rozchodząca się przez promieniowanie we wszystkich kierunkach. Do górnej powierzchni atmosfery i powierzchni ziemi dociera niewielka część strumienia tej energii. Średnia gęstość strumienia promieniowania słonecznego, na zewnątrz atmosfery ziemskiej, padającego na powierzchnię płaską, ustawioną prostopadle do kierunku promieni słonecznych nazywana jest stałą słoneczną i wynosi  $1367 \text{ W/m}^2$  [Pluta, 2006]. Do powierzchni Ziemi bezpośrednio dociera tylko część promieniowania słonecznego, ponieważ z powodu unoszących się w powietrzu, gazów, wody zostaje ono rozproszone, pochłonięte lub odbite. Ta część promieniowania dociera do powierzchni Ziemi jako promieniowanie rozproszone. W zależności od szerokości geograficznej, warunków meteorologicznych, zanieczyszczeń powietrza, grubości atmosfery, pory dnia czy roku, po przejściu przez atmosferę, na powierzchni Ziemi można szacować nawet o połowę mniejszą ilość energii promieniowania słonecznego w stosunku do stałej słonecznej [Guła, 2008]. Natężenie promieniowania słonecznego zmienia się również w zależności od pory roku i dnia [Lewandowski, 2006].

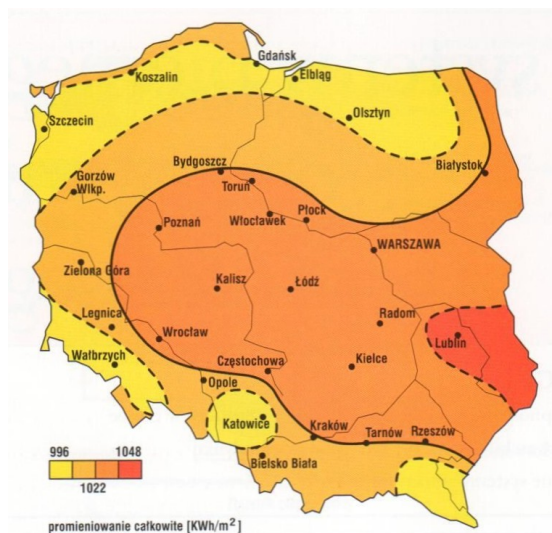
### POTENCJAŁ ENERGII SŁONECZNEJ W AGLOMERACJACH MIEJSKICH

Efektywne wykorzystanie energii słonecznej wymaga znajomości rocznych wartości nasłonecznienia (insolacji) oraz średniorocznej sumy promieniowania słonecznego (uśłonecznienia) w danym regionie. Wartość nasłonecznienia oznacza ilość energii słonecznej padającej na jednostkę powierzchni płaskiej w określonym czasie, a uśłonecznienie określa liczbę godzin promieniowania słonecznego w ciągu roku.

W Polsce około 80% całkowitej rocznej sumy nasłonecznienia przypada na półrocze letnie (kwiecień - wrzesień). W okresie tym czas operacji słonecznej wydłuża się do 16 h/dzień, natomiast w półroczu zimowym (październik - marzec) zmniejsza się do 8 godzin dziennie. Potencjał energii słonecznej, którą można wykorzystać w kolektorach słonecznych w Polsce wynosi 24 PJ [Lewandowski, 2006].

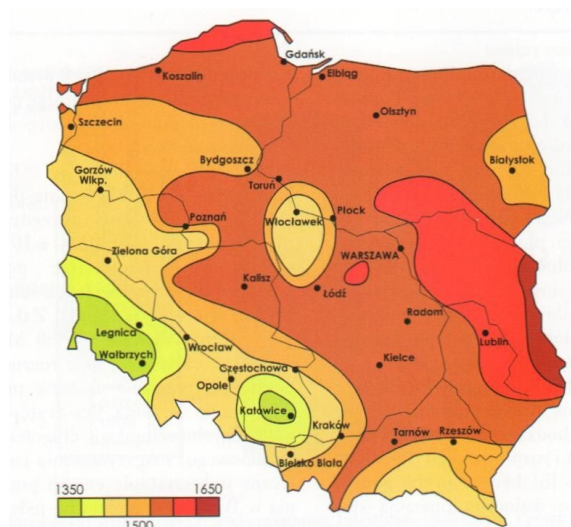
Na rysunku 1 przedstawiono średnie roczne nasłonecznienie dla reprezentatywnych obszarów Polski, wyrażone w  $\text{MJ/m}^2$ , natomiast na rysunku 2 pokaza-

no średnioroczne sumy usłonecznienia w godzinach, również dla reprezentatywnych obszarów Polski



Rys. 1. Średnioroczne sumy promieniowania słonecznego w  $\text{MJ}/\text{m}^2$   
[Pluta, 2006]

Fig. 1. The average annual amount of solar radiation in  $\text{MJ}/\text{m}^2$  [Pluta, 2006]



Rys. 2. Roczna liczba godzin czasu promieniowania słonecznego  
[Pluta, 2006]

Fig. 2. The annual number of hours per year of solar radiation [Pluta, 2006]

W Polsce sklasyfikowano jedenaście regionów helioenergetycznych, które uszeregowano według przydatności dla energetyki słonecznej:

1 – Nadmorski, 7 – Podlasko-Lubelski, 8 – Śląsko-Mazowiecki, 9 – Świętokrzysko-Sandomierski, 3 – Mazursko-Siedlecki, 5 – Wielkopolski, 2 – Pomorski, 11 – Podgórski, 4 – Suwalski, 6 – Warszawski oraz 10 – Górnśląski.

Najkorzystniejsze warunki napromieniowania występują w pasie nadmorskim oraz regionie Podlasko-Lubelskim. Najmniej korzystne warunki obserwuje się w regionach: Pomorskim, Mazursko-Siedleckim, Wielkopolskim, Śląsko-Mazowieckim i Świętokrzysko-Sandomierskim. W regionach Górnśląskim i Warszawskim niekorzystny wpływ mają zanieczyszczenia powietrza pochodzenia przemysłowego.

### SYSTEMY POZYSKIWANIA ENERGII SŁONECZNEJ

Systemy pozyskiwania energii słonecznej w uproszczeniu można podzielić na metody pasywne (bezpośrednie i pośrednie) wykorzystania energii słonecznej oraz aktywne systemy solarne. Natomiast mechanizmy przetwarzania energii słonecznej na inne jej postaci na trzy podstawowe: fototermiczną (przetworzenie na ciepło), fotowoltaiczną (przetworzenie na energię elektryczną) i fotobiochemiczną (energia wiązań chemicznych).

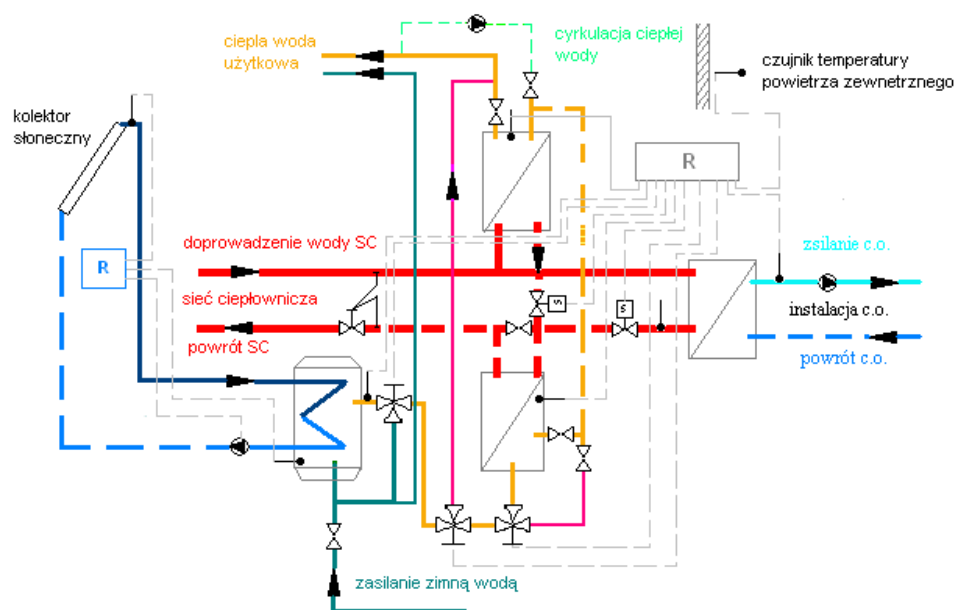
Najpopularniejszymi i najtańszymi urządzeniami do aktywnego przetwarzania energii słonecznej są kolektory słoneczne. Pozostałe wymienione układy ze względu na znaczne rozmiary, technologię wykonania, parametry pracy oraz koszty inwestycyjne i eksploatacyjne nie mają zastosowania w budownictwie mieszkalnych wielorodzinnym w aglomeracjach miejskich. Kolektory słoneczne najogólniej można podzielić na płaskie oraz skupiające. W każdej z wymienionych grup można wyróżnić wiele specyficznych konstrukcji i rozwiązań determinujących ich sprawności, przeznaczenie, parametry pracy, sposób montażu oraz schemat technologiczny instalacji. Najczęściej spotyka się kolektory cieczkowe płaskie. Do bardziej nowoczesnych, ale droższych konstrukcji, należą kolektory próżniowe [Guła, 2008]. Następnym rodzajem konstrukcji są kolektory powietrzne, których zasada działania jest analogiczna do cieczkowych, natomiast medium roboczym jest powietrze.

### PODSTAWOWE SCHEMATY TECHNOLOGICZNE ŹRÓDEŁ CIEPŁA Z KOLEKTORAMI

Systemy solarne są przystosowane do współpracy z istniejącymi w budynkach systemami grzewczymi, nie wymagają większych zmian w ich technologii, konstrukcji i architekturze samego budynku. Układy podgrzewania wody

funkcjonują w kilku podstawowych konfiguracjach i mogą pracować według różnych wariantów sterowania. Ze względu na sposób uruchamiania obiegu kolektorowego instalacje można podzielić na instalacje z obiegiem biernym (grawitacyjne) oraz instalacje z obiegiem aktywnym (pompowe). Uwzględniając jako kryterium mechanizm przekazywania ciepła wodzie użytkowej można rozróżnić instalacje z obiegiem bezpośrednim i pośrednim, natomiast ze względu na lokalizację konwencjonalnego źródła energii cieplnej instalacje podzielić można na te, w których w tym samym zbiorniku akumulowana jest energia cieplna z obiegu słonecznego i pochodząca z obiegu konwencjonalnego oraz instalacje, w których obiegi solarny i konwencjonalny funkcjonują autonomicznie w osobnych zbiornikach

W budynkach wielorodzinnych w aglomeracjach miejskich najczęstszym rozwiązaniem zaopatrzenia w ciepło jest wykorzystanie miejskiego systemu ciepłowniczego za pośrednictwem węzła ciepłowniczego zlokalizowanego w zaopatrywanym budynku. Istnieje wiele możliwości połączenia węzła ciepłowniczego dwufunkcyjnego z instalacją kolektorów słonecznych. Poniżej przedstawiono typowe rozwiązanie, które jest oferowane przez wiele firm jako rozwiązanie kompaktowe. W układzie technologicznym takiego węzła ciepłowniczego pracują wymienniki na potrzeby c.o. i c.w.u. (z dwustopniowym przygotowaniem c.w.u.) w układzie szeregowo – równoległym.



Rys. 3. Schemat typowego węzła ciepłowniczego [oprac. własne]

Fig. 3. Typical district heating substation [oprac. własne]

W przypadku niewielkich budynków mieszkalnych wielorodzinnych (instalacje średniej wielkości - do 40 m<sup>2</sup> powierzchni kolektorów słonecznych) stosuje się układ, w którym instalacja kolektorów słonecznych jest połączona szeregowo z podgrzewaczem (wymiennikiem) węzła cieplnego (rysunek 3). Ciepła woda użytkowa podgrzewana jest dwustopniowo – najpierw w podgrzewaczu współpracującym z instalacją kolektorów słonecznych, a następnie w wymienniku pierwszego stopnia węzła cieplnego.

W instalacjach o większej powierzchni kolektorów słonecznych (powyżej 40 m<sup>2</sup>) zalecanym rozwiązaniem jest zastosowanie zbiorników buforowych wody grzewczej. Ciepło oddane jest z instalacji kolektorów słonecznych poprzez wymiennik ciepła do wody grzewczej w zbiorniku buforowym, a woda użytkowa podgrzewana w układzie wymienników węzła cieplnego.

### CHARAKTERYSTYKI SPRAWNOŚCI KOLEKTORÓW

Sprawność chwilowa kolektora zdefiniowana jest jako stosunek ciepła użytecznego (odebranego z kolektora) do energii promieniowania słonecznego docierającego do frontalnej powierzchni kolektora. Jest ona funkcją wielu parametrów konstrukcyjnych jak też eksploatacyjnych.

$$\eta = \frac{Q_u}{A_p \cdot G} = \frac{m_w \cdot c_w \cdot (T_{w2} - T_{w1})}{A_p \cdot G}$$

gdzie:

- $m_w$  – masowe natężenie przepływu cieczy przez kolektor [kg/s],
- $c_w$  – ciepło właściwe cieczy [kJ/(kg K)],
- $T_{w1}$  – temperatura cieczy wlotowej do kolektora [K],
- $T_{w2}$  – temperatura cieczy wylotowej do kolektora [K],
- $A_p$  – pole powierzchni absorbera kolektora [m<sup>2</sup>],
- $G$  – gęstość strumienia energii promieniowania słonecznego docierająca do frontalnej powierzchni kolektora [W/m<sup>2</sup>],

Sprawność ta jest podstawą przy wyznaczaniu różnych rodzajów charakterystyk na podstawie przeprowadzonych pomiarów osiągnięć kolektora.

Podstawową funkcją określającą sprawność cieplną kolektora w zależności od temperatury zredukowanej jest równanie liniowe Hottela-Whillera-Blissa dla stanu ustalonego:

$$\eta = F_R \cdot (\tau \cdot \alpha) - F_R \cdot U_L \cdot \frac{T_S - T_O}{G} = k'_0 - k'_1 \cdot t_{ZR}$$

$$t_{ZR} = \frac{T_S - T_O}{G}$$

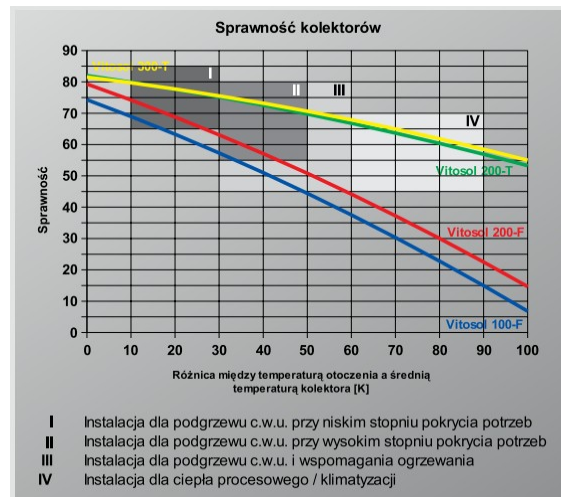
gdzie:

- $F_R$  – współczynnik efektywności absorbera (doskonałości konstrukcji absorbera jako wymiennika ciepła,
- $(\tau \cdot \alpha)$  – efektywny współczynnik transmisyjno-absorpcyjny (w przybliżeniu iloczyn transmisyjności osłony przezroczystej i absorpcyjności powierzchni absorbera,
- $U_L$  – łączny współczynnik strat ciepłych z kolektora, odniesiony do jednostki powierzchni absorbera  $[W/(m^2 K)]$ ,
- $t_{ZR}$  – temperatura zredukowana  $[(K m^2)/W]$ ,
- $T_S$  – średnia temperatura czynnika w kolektorze  $(T_S = (T_{w1} + T_{w2})/2)$   $[K]$ ,
- $T_O$  – temperatura otoczenia  $[K]$ ,

Ponieważ  $U_L$  zależy od temperatury absorbera charakterystyki sprawności mają charakter słabych parabol, a opisująca je funkcja ma postać

$$\eta = k_0 - k_1 \cdot \frac{T_S - T_O}{G} - k_2 \cdot \frac{(T_S - T_O)^2}{G}$$

Bardzo często charakterystyki kolektorów przedstawiane są graficznie (rysunek 4).



Rys. 4. Sprawności kolektorów słonecznych [Viessmann, 2009]

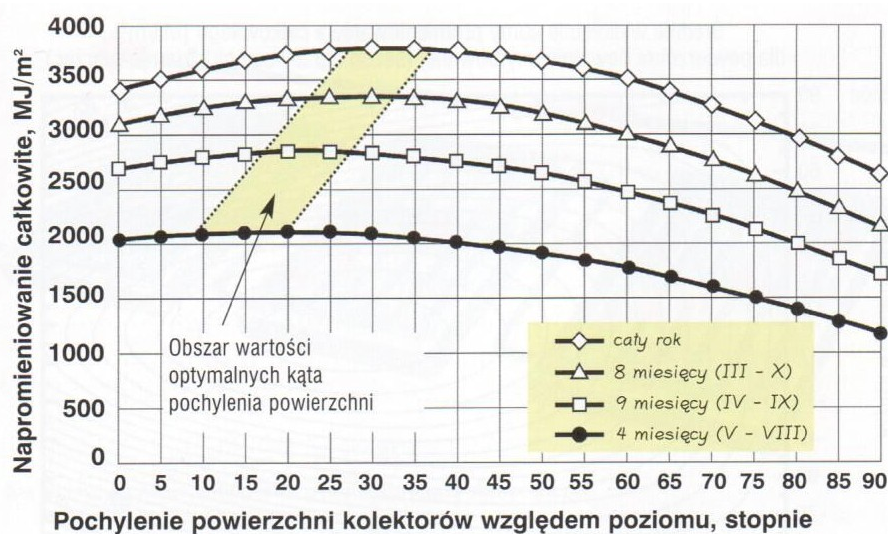
Fig. 4. The Efficiency of the solar collectors [Viessmann, 2009]



Największe nachylenia charakterystyki sprawności mają kolektory o dużych współczynnikach strat ciepła. Przy korzystnych warunkach nasłonecznienia ale niskich temperaturach zewnętrznych (dużych wartościach temperatury zredukowanej) kolektory płaskie nie powinny być stosowane przy całorocznej pracy instalacji. Kolektory próżniowe charakteryzuje małe nachylenie charakterystyki sprawności (małe straty ciepła), równocześnie mają jednak one mniejsze sprawności optyczne – niekorzystne charakterystyki transmisyjności promieniowania słonecznego przez cylindryczne osłony szklane. W związku z powyższym w pewnych zakresach kątów padania promieniowania słonecznego wielkość energii pochłoniętej przez absorber może być znacznie mniejsza w porównaniu z kolektorami płaskimi pracującymi w tych samych warunkach.

### POCHYLENIE I USYTUOWANIE KOLEKTORÓW

Pochłanianie promieniowania słonecznego na powierzchni absorbera zależy od kąta padania promieniowania. Biorąc pod uwagę tylko promieniowania bezpośrednie optymalny kąt pochylenia kolektorów względem poziomu będzie równy szerokości geograficznej lokalizacji kolektora pomniejszonej o kąt deklinacji słonecznej i zmienia się każdego dnia, wraz ze jej zmianą.



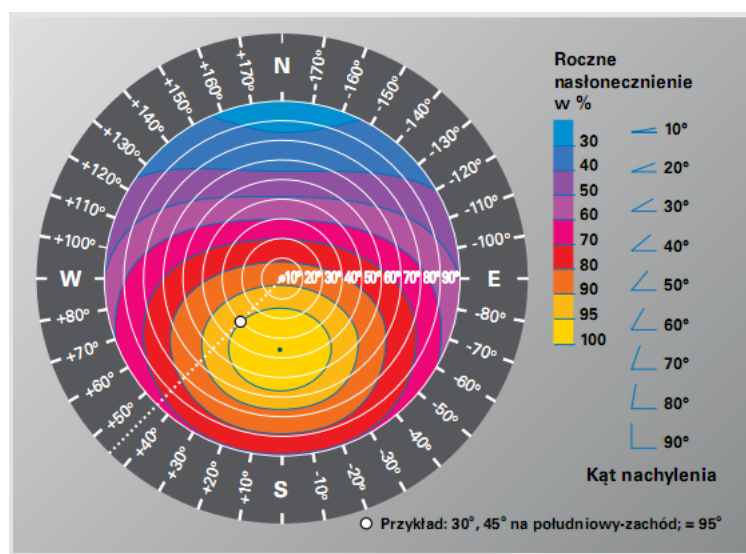
Rys. 5. Napromieniowanie powierzchni dla różnych okresów roku  
[Wnuk, 2007]

Fig. 5. The radiation on the surface for different periods of the year.  
[Wnuk, 2007]



Do płaszczyzny kolektora dociera jednak także promieniowanie dyfuzyjne (maksymalne zyski występują dla płaszczyzny poziomej) oraz promieniowanie odbite od otoczenia (maksymalne zyski występują dla płaszczyzny pionowej). Uwzględnienie promieniowania dyfuzyjnego i odbitego (rozproszonego) daje optymalne kąty pochylenia kolektora o  $5 \div 10^\circ$  mniejsze od kątów wynikających tylko z promieniowania bezpośredniego. Kąt pochylenia kolektorów jest też zależny od czasu eksploatacji systemu słonecznego. Numeryczne wyniki obliczeń napromieniowania całkowitego (napromieniowanie odbite przy współczynniku odbicia 0,2) w zależności od kąta pochylenia powierzchni płaskiej względem poziomu przedstawiono na rysunku 5. Z przedstawionych wykresów wynika, że optymalny kąt zwiększa się wraz ze zwiększonym okresem pracy instalacji słonecznej.

Ze względów praktycznych (np. zmywania powierzchni kolektora wodą deszczową) kąt pochylenia powinien być jeszcze większy niż wynika z wykresów zamieszczonych na rysunku 6. Według danych zawartych w materiałach [Viessmann, 2009] w okresie rocznym optymalnym kątem pochylenia dla kolektora zorientowanego w kierunku południowym jest kąt ok.  $30 \div 40^\circ$  do poziomu. Zgodnie z rysunkiem 6 pochylenie kolektorów  $30^\circ$  i orientacji (azymucie)  $45^\circ$  na wschód lub zachód od południa umożliwia 95% optymalnego uzysku energii. Przy orientacji wschodniej lub zachodniej i pochyleniu w granicach  $25 \div 40^\circ$  uzysk energii dochodzi do 85% uzysku optymalnego.



Rys. 6. Wpływ orientacji i pochylenia na napromieniowanie [Viessmann, 2009]

Fig. 6. The effect of the orientation and inclination to the solar radiation. [Viessmann, 2009]

W okresie letnim największe jest napromieniowanie dla kolektorów pochylonych pod kątem  $20\div 25^\circ$ . Należy dodać, że uwzględnienie promieniowania odbitego zwiększa ten kąt. W sezonie grzewczym optymalny kat nachylenia kolektora znacznie wzrasta. W okresie tym rośnie również wpływ wielkości odchylenia azymutalnego. Przedstawione dane nie uwzględniają warunków eksploatacyjnych instalacji, tj. energii rzeczywiście pochłoniętej i wykorzystanej. Ich wpływ bardziej dotyczy odchylenia azymutalnego niż pochylenia kolektora. Większość instalacji słonecznych osiąga wyższe chwilowe sprawności eksploatacyjne w godzinach przedpołudniowych, dlatego też niewielkie odchylenie azymutalne w kierunku wschodnim jest korzystniejsze od odchylenia w kierunku zachodnim. Dla konkretnych rozwiązań instalacji słonecznych zaleca się korzystanie z zestawień i wykresów dotyczących wpływu orientacji i nachylenia kolektorów w różnych miastach Polski, opracowane na podstawie danych ze stacji aktynometrycznych. Wnioski wypływające z tych zestawień i wykresów pokrywają się z danymi literaturowymi. Należy jednak podkreślić, że dane pochodzące ze stacji aktynometrycznych pozwalają dokładniej określić wielkość promieniowania całkowitego dla płaszczyzn o różnym nachyleniu azymutalnym i pochyleniu względem poziomu dla różnych lokalizacji systemów słonecznych w Polsce.

#### WPLYW ZACIENIENIA POWIERZCHNI KOLEKTORÓW

Instalacja słoneczna projektowana na obszarze zurbanizowanym musi uwzględniać wpływ zacielenia w niektórych godzinach i miesiącach przez budynki lub inne obiekty otaczające. Do analizy zacielenia wykorzystuje się wykresy pozycji słońca opracowywane dla danej szerokości geograficznej i rekomendowanych dni miesiący, tj. dni z wartością deklinacji średnią dla danego miesiąca.

Obliczenia zacielenia polegają na wyznaczeniu przy użyciu podstawowych funkcji trygonometrycznych zależności pomiędzy charakterystycznymi punktami elementu zacielenia i ich wymiarami oraz kątami określającymi pozycję słońca, tj. azymutem i wysokością słońca dla rzeczywistych czasów słonecznych [Pluta, 2006].

#### INTEGRACJA KOLEKTORÓW SŁONECZNYCH W ZABUDOWIE MIEJSKIEJ

Systemy słoneczne koncentryczne nie nadają się do integracji z budynkami mieszkalnymi wielorodzinnymi, a ponadto wymagają bardzo dobrych warunków nasłonecznienia.

Z przeprowadzonych analiz wynika, że z urządzeń pozyskujących energię słoneczną tylko kolektory termiczne mogą być integrowane z budynkami wielorodzinnymi z uwagi na ilość pozyskiwanej energii, ich sprawność oraz dużo niższe koszty inwestycyjne w stosunku do ogniw fotowoltaicznych.

Biorąc pod uwagę budynki wielorodzinne, w chwili obecnej nie ma znaczącej różnicy pomiędzy wykorzystaniem kolektorów płaskich i rurowych. Jedyną istotną różnicą jest ilość pozyskiwanej energii cieplnej odniesionej do powierzchni kolektora, z której wynika, że kolektory rurowe wymagają znacznie mniejszych powierzchni dla osiągnięcia tego samego efektu energetycznego.

Z perspektywy budynku energooszczędnego, o niewielkim zapotrzebowaniu na ciepło na cele grzewcze oraz o niskich parametrach czynnika grzewczego, zalecana się montowanie w budynkach kolektorów rurowych, które umożliwiłyby pokrycie zapotrzebowania na podgrzew ciepłej wody użytkowej na poziomie ok. 75% oraz wspomaganie ogrzewania budynku (głównie w okresach przejściowych). Obecnie ceny kolektorów rurowych są zdecydowanie wyższe w stosunku do kolektorów płaskich. Przewiduje się, że w okresie najbliższych 20 lat ceny kolektorów rurowych znacznie spadną. Należy podkreślić, że tak jak w systemach fotowoltaicznych kolektory słoneczne można zamocować na dachu lub elewacji. Można je również wbudować jako zacienienia stałe i osłony termiczne w elewacjach szklanych. Parametrem decydującym o konieczności stosowania kolektorów słonecznych jest zysk energii cieplnej w ciągu roku.

#### WYBÓR ROZWIĄZANIA DLA OBSZARÓW MIEJSKICH

Z przeprowadzonej oceny rozwiązań systemów pozyskiwania energii słonecznej wynika, że priorytetowym systemem wykorzystania energii słonecznej jest system oparty na kolektorach rurowych. Umożliwia on pozyskiwanie dużo większych ilości energii w stosunku do ogniw fotowoltaicznych, a ponadto jest systemem efektywniejszym z punktu widzenia sprawności i kosztów pozyskiwania energii. Tak więc w przypadku konkretnego obiektu w pierwszej kolejności należałoby instalować w miejscach o największym nasłonecznieniu rurowe kolektory słoneczne. Biorąc pod uwagę planowany wzrost sprawności oraz spadek kosztów ogniw fotowoltaicznych w okresie najbliższych 20 lat zalecane również byłoby rozważenie możliwości zainstalowania tych systemów.

Rurowe kolektory słoneczne należy sytuować przede wszystkim na dachu, orientować w kierunku południowym z odchyleniami  $\pm 45^\circ$  i nachyleniu między  $25-40^\circ$ . Dla tak nachylonych kolektorów dopuszcza się odchylenia azymutalne nawet w kierunku wschodnim i zachodnim. W przypadku braku miejsca na dachu kolektory należy montować na elementach zacieniających budynek, a w następnej kolejności na ścianie południowej oraz południowo-wschodniej i południowo-zachodniej. Przekroczenie powyższego odchylenia azymutalnego

dla ścian pionowych powoduje istotne zmniejszenie ilości pozyskiwanej energii. Przy wyborze miejsca lokalizacji kolektorów należy również uwzględnić możliwość ewentualnego ich zacieniania przez inne budynki, drzewa itd.

Opisane optymalne rozwiązania lokalizacji kolektorów słonecznych są również optymalne dla systemów fotowoltaicznych.

W związku z powyższym systemy fotowoltaiczne należy montować w miejscach nie wykorzystanych przez kolektory słoneczne. Jest to możliwe z uwagi na łatwość ich wbudowania (kształtowania ich powierzchni).

Odrębnym zagadnieniem jest rozwiązanie instalacji wykorzystującej pozyskiwaną energię słoneczną, tj. dobór powierzchni kolektorów czy ogniw fotowoltaicznych, zbiorników akumulujących ciepło, akumulatorów energii elektrycznej itd.

#### LITERATURA

1. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION: *International Energy Outlook 2009*, EIA 2009
2. LEWANDOWSKI W.M.: *Proekologiczne odnawialne źródła energii*, WNT, Warszawa, 2006
3. GUŁA A.: *Odnawialne i niekonwencjonalne źródła energii. Poradnik*, TARBONUS, Kraków 2008
4. WNUK R.: *Instalacje w domu pasywnym i energooszczędnym*, Przewodnik budowlany, 2007
5. VIESSMANN: *Energetyka słoneczna. Zeszyty fachowe*, 2009
6. PLUTA Z.: *Podstawy teoretyczne fototermicznej konwersji energii słonecznej*, Politechnika Warszawska, 2006
7. SASIN T.: *Opis techniczny rozwiązań wykorzystania energii słonecznej wraz z możliwościami ich integracji z budynkiem i dalszą analizą ekonomiczną*, Raport W2.1.1, MBJ2030, Warszawa 2010
8. KRAWIEC F.: *Odnawialne źródła energii w świetle globalnego kryzysu energetycznego. Wybrane problemy*, Difin, Warszawa 2010
9. LIGUS M.: *Efektywność inwestycji w odnawialne źródła energii. Analiza kosztów i korzyści*, CeDeWu, 2010
10. ZIEMBICKI P., KUCZYŃSKI T.: *Opis zasobów energii słonecznej w Polsce wraz z charakterystyką parametrów mających wpływ na ilość pozyskiwanej energii przez budynki wielorodzinne zlokalizowane w miastach. Uzasadnienie doboru optymalnego rozwiązania pozyskiwania energii słonecznej wraz z opisem rozwiązania*, Raport W2.1.2, Miejski Budynek Jutra 2030 (projekt dofinansowany przez MNiSW nr ZR6/2009/C/07319)

## **SOLAR ENERGY GAINING IN CONDITION OF URBAN AREAS**

### *S u m m a r y*

*The paper presents an analysis of solar energy resources that can be utilize in urban conditions. We analyzed the factors influencing the efficiency of solar energy gaining, and also indicated the solution for the integration of solar systems with heat sources. In the paper we presented the various methods of solar energy gaining and indicated the solution for the urban conditions.*

Key words: renewable energy, solar collectors, insolation, municipal buildings, solar collectors efficiency