

Temat: Parametry pracy kolektorów słonecznych - cd.**Sprawność kolektorów. Temperatura stagnacji.**

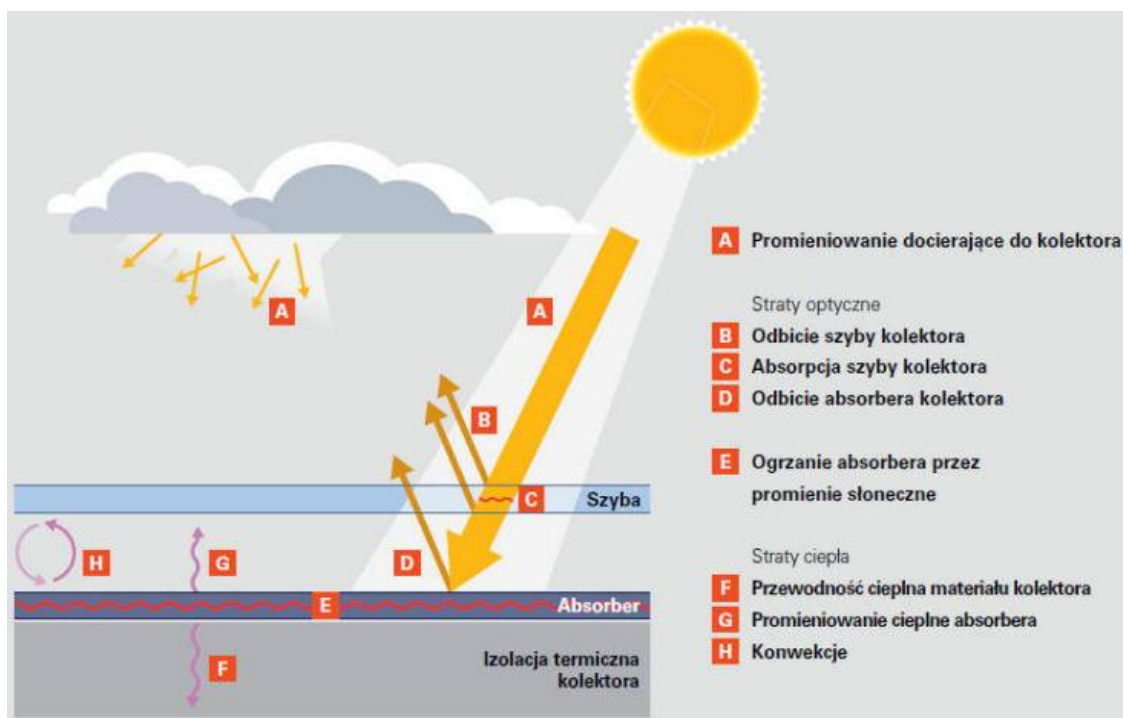
Należy zapoznać się z notatką. Informacje omawiane były na lekcjach.

Sprawność kolektora jest zależna od ilości promieni słonecznych padających na aperturę powierzchni kolektora (powierzchnię czynną), która z kolei zamienia je na potrzebne ciepło.

Jako aperturę powierzchni, określa się powierzchnię kolektora, na którą pada słońce. Sprawność działania kolektora jest między innymi zależna od jego rodzaju konstrukcji i użytych materiałów. Część napromieniowania słonecznego padającego na kolektor jest odbijana i absorbowana przez szybę kolektora. Z zależności pomiędzy całkowitą wartością napromieniowania słonecznego padającego na kolektor, a tą jego częścią, która została przetworzoną przez absorber w ciepło, można wyliczyć sprawność kolektora.

Tzw. **optyczny współczynnik sprawności**, określany jako η_0 (czytaj: eta zero) jest sprawnością określoną przy warunkach zerowej różnicy temperatury pomiędzy temp. czynnika solarnego a temp. otoczenia.

Kiedy kolektor nagrzej się dzięki promieniom słonecznym, oddaje część ciepła do otoczenia – poprzez izolację, promieniowanie cieplne obudowy kolektora i konwekcję (ruch powietrza). Te straty można wyliczyć za pomocą współczynnika strat ciepła a_1 i a_2 i różnicy temperatur ΔT , między absorberem, a środowiskiem (zob. poniżej). Różnicę temperatur podaje się w stopniach Kelvina (K).

**Sprawność kolektora (na podstawie materiałów firmy HEWALEX)**

Sprawność pracy kolektora słonecznego w typowym zakresie temperatur roboczych, zwykle wynosi od 50 do 70%. Górną granicą sprawności kolektora jest wartość tzw. sprawności optycznej, która jest wyznaczana w trakcie badań laboratoryjnych.

Wskaźniki charakterystyczne sprawności kolektora słonecznego

W przypadku kolektorów słonecznych, sprawność w zależności od warunków eksploatacji, można określić na podstawie 3 głównych parametrów, które prezentowane są w certyfikatach Solar Keymark.

Parametry odnoszone są do powierzchni apertury, czyli czynnej nasłonecznionej powierzchni kolektora słonecznego:

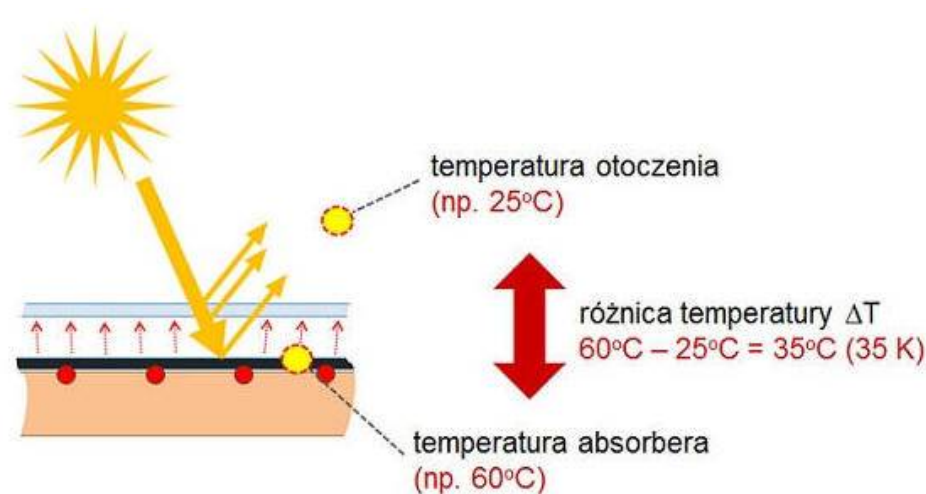
Parametry zawarte w certyfikacie Solar Keymark to:

- sprawność optyczna (η_0)
- współczynnik strat ciepła liniowych (a_1)
- współczynnik strat ciepła nieliniowych (a_2)

Sprawność optyczna kolektora słonecznego

To największa sprawność, jaką może osiągać kolektor słoneczny – określana w badaniach laboratoryjnych.

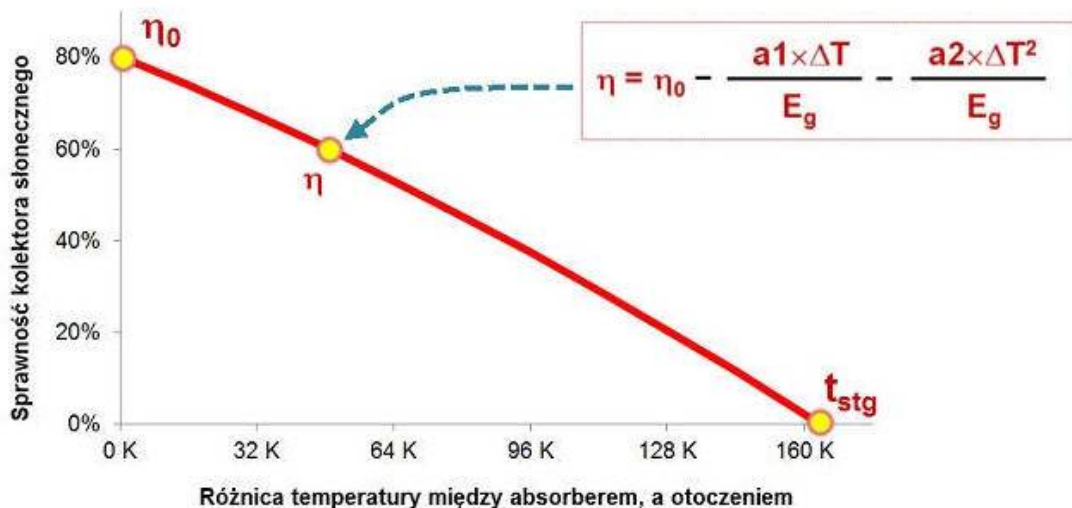
Sprawność optyczna (η_0) jest w praktyce nieosiągalna, gdyż wyznaczana jest przy braku strat ciepła kolektora słonecznego, co oznacza, że temperatura absorbera powinna być równa temperaturze powietrza zewnętrznego. Sprawność optyczna jest więc związana z konstrukcją kolektora słonecznego, opisując tym samym jaką część promieniowania słonecznego dociera do absorbera. Uwzględnia się przy tym między innymi straty promieniowania słonecznego przechodzącego przez szybę oraz odbijanego od powierzchni absorbera.



Sprawność kolektora słonecznego zależy w znacznej mierze od różnicy temperatury pomiędzy absorberem, a otoczeniem. Różnicę temperatury zwyczajowo podaje się w stopniach Kelvina, np. dla temperatur 60°C i 25°C, różnica wynosi 35 K.

Wykres sprawności kolektora słonecznego

Na podstawie 3 parametrów: sprawności optycznej oraz współczynników strat ciepła a_1 i a_2 , tworzony jest wykres sprawności kolektora słonecznego. Na jego podstawie można określić sprawność kolektora w danych warunkach eksploatacji, a także porównać ze sobą różne rodzaje kolektorów płaskich i próżniowych. Sprawność chwilową określa się według wzoru zawierającego wartość sprawności optycznej η_0 , współczynników strat ciepła a_1 i a_2 , różnicy temperatury (absorber-otoczenie) ΔT oraz nasłonecznienia E_g .



Wykres sprawności optycznej kolektora słonecznego Hewalex KS2000 TLP dla nasłonecznienia $E_g = 1000 \text{ W/m}^2$

Gdyby izolacja cieplna kolektora była na tyle doskonała, że straty ciepła były by zerowe, to wykres sprawności miałby przebieg poziomy – czyli sprawność pracy niezależnie od temperatur absorbera i otoczenia była by zawsze jednakowa i równa sprawności optycznej.

→ „Zerowa” sprawność kolektora słonecznego osiągnięta jest, gdy straty ciepła będą równoważne wydajności cieplnej. Taka sytuacja występuje przy braku odbioru ciepła z kolektora słonecznego. Tak zwany stan stagnacji nazywany jest inaczej stanem równowagi cieplnej.

Temperatura stagnacji (t_{stg}) określa temperaturę absorbera, jaka występować będzie przy braku odbioru ciepła, dla nasłonecznienia 1000 W/m^2 , przy temperaturze powietrza zewnętrznego 30°C . Im wyższa temperatura stagnacji, tym korzystniejsza jest konstrukcja kolektora słonecznego – większy dostęp promieniowania słonecznego do absorbera i niższe straty ciepła do otoczenia.

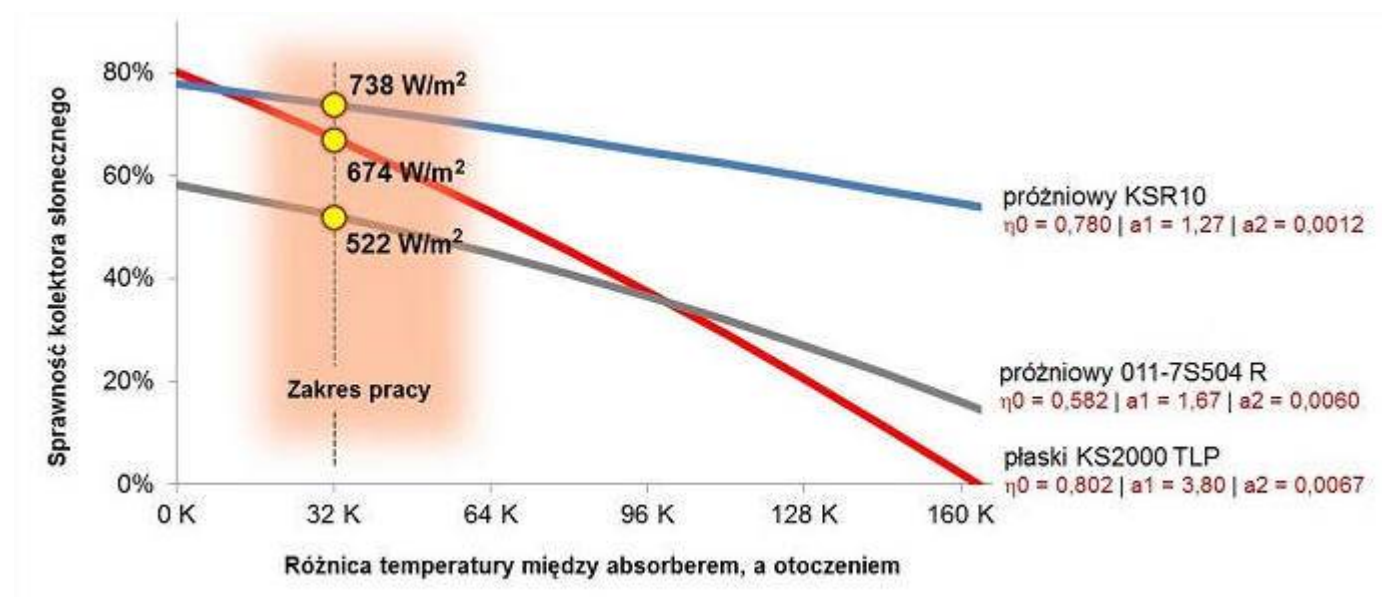
Współczynniki strat ciepła a_1 i a_2

Im większa będzie wartość współczynnika strat ciepła a_1 , tym bardziej nachylona będzie krzywa sprawności. Kolektor słoneczny będzie wówczas uzyskiwać niższe wydajności, gdy temperatura absorbera będzie wyraźnie wyższa od temperatury powietrza zewnętrznego. Z kolei im wyższa będzie wartość współczynnika strat ciepła a_2 , tym krzywa sprawności będzie bardziej wypukła. Kolektor może cechować się wtedy wysoką sprawnością pracy przy niższych temperaturach absorbera, ale tracić ją przy wzroście temperatury absorbera.

Sprawność i wydajność cieplna kolektora płaskiego i próżniowego

Kolektory próżniowe z 1-sciennymi rurami próżniowymi, jak np. Hewalex KSR10 cechują wysoką sprawnością optyczną, a przez to w szerokim zakresie pracy mogą uzyskiwać wyższą sprawność, w porównaniu do kolektorów płaskich. Często spotykane kolektory próżniowe o 2-sciennych rurach próżniowych cechują się niskimi sprawnościami optycznymi na poziomie od 50 do 70%. Dostęp promieniowania słonecznego do absorbera jest utrudniony, poprzez 2 warstwy szkła. Izolacja cieplna takiego kolektora jest skuteczniejsza od izolacji kolektora płaskiego, ale jedynie w wąskim zakresie pracy

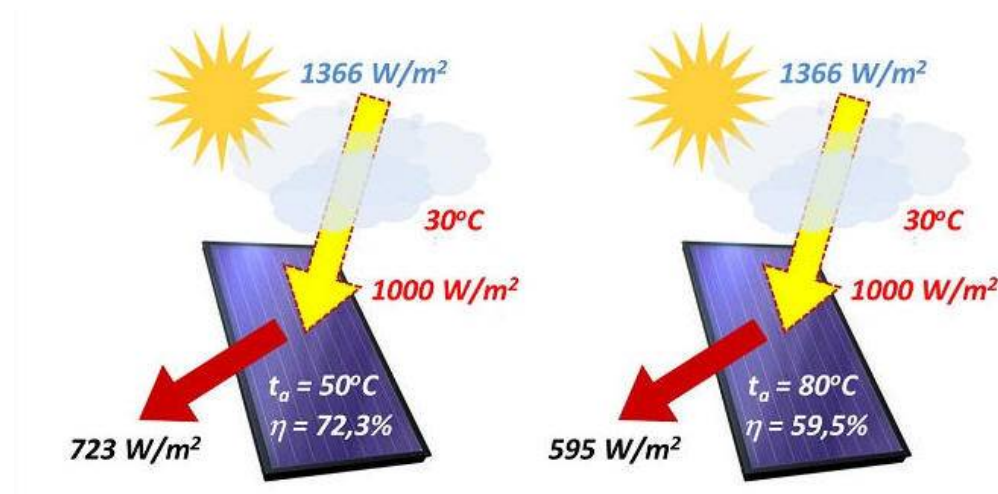
sprawność może być wyższa. W praktyce kolektor słoneczny pracuje najczęściej w zakresie różnicy temperatury nie większym niż 60 K (np. absorber 90°C, a powietrze zewnętrzne 30°C). W tym zakresie sprawność kolektorów próżniowych z rurami 2-sciennymi będzie niższa lub co najwyżej porównywalna do sprawności kolektorów płaskich.



Wykres sprawności kolektorów słonecznych dla nasłonecznienia $E_g = 1000 \text{ W/m}^2$. Parametry przyjęte na podstawie certyfikatów Solar Keymark w odniesieniu do powierzchni apertury.

Od czego zależy sprawność kolektora słonecznego?

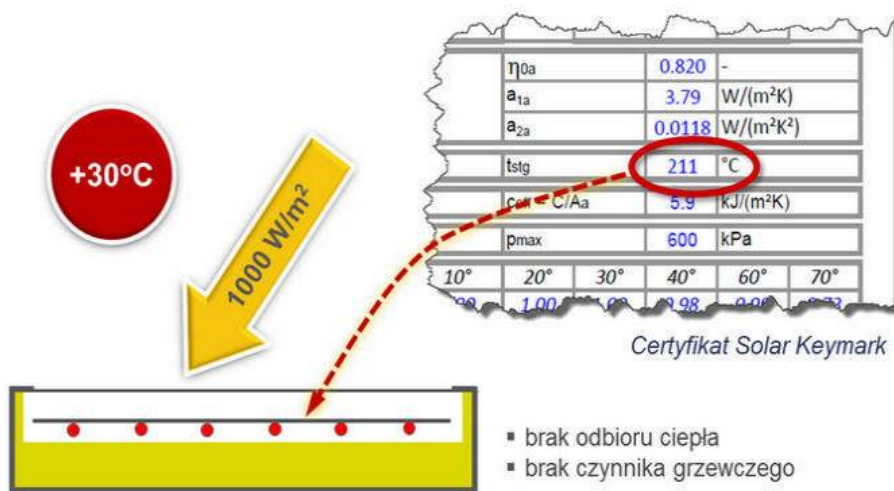
Sprawność kolektora słonecznego zależy ściśle od parametrów pracy odgrywających wpływ na jego straty cieplne. Oznacza to przede wszystkim, że efekt pracy będzie tym korzystniejszy, im niższa będzie temperatura absorbera (i zarazem różnica temperatury między absorberem, a otoczeniem). Najkorzystniejsze efekty uzyskują kolektory słoneczne pracujące w systemach niskotemperaturowych, a więc w szczególności dla podgrzewania wody basenowej.



Porównanie sprawności i wydajności cieplnej kolektora płaskiego Hewalex KS2000 TLP dla nasłonecznienia $E_g = 1000 \text{ W/m}^2$ i temperatury powietrza 30°C . Wartości określone dla temperatury absorbera 50°C oraz 80°C . Różnica w sprawności i jednostkowej wydajności cieplnej dla dwóch przypadków pracy wynosi około 18%.

Wskazane jest utrzymywanie niskich temperatur ciepłej wody użytkowej, czy też wody grzewczej w systemie grzewczym budynku. Stąd Istotną rolę pełni odpowiedni dobór instalacji solarnej, w której zapewniony jest skuteczny odbiór ciepła z kolektorów słonecznych, zapewniający wysoką sprawność ich pracy. Między innym dotyczy to doboru odpowiedniej wielkości podgrzewacza pojemnościowego, ale także odpowiedniej do potrzeb powierzchni kolektorów słonecznych.

Temperatura stagnacji jest określana dla warunków słonecznego dnia – przy promieniowaniu słonecznym 1000 W/m^2 i temperaturze zewnętrznej $+30^\circ\text{C}$. Jest to temperatura mierzona na powierzchni absorbera kolektora słonecznego, a zatem będzie ona zależna przede wszystkim od właściwości szyby (przepuszczalności promieniowania słonecznego), właściwości absorbera (absorpcja promieniowania słonecznego, emisyjność ciepła) oraz izolacji cieplnej obudowy kolektora.



Temperatura stagnacji kolektora słonecznego jest jego cechą konstrukcyjną świadczącą o uzyskiwanej przez niego sprawności pracy. Wyższa temperatura stagnacji świadczy o zwiększonym dostępie promieniowania słonecznego do absorbera, korzystnych tzw. selektywnych (wysoka absorpcja, niska emisja) cech pokrycia absorbera oraz skutecznej izolacji cieplnej. Temperatura stagnacji jest nazywana także stanem równowagi cieplnej, ponieważ zyski od energii promieniowania słonecznego są równoważone przez straty cieplne kolektora. Sprawność kolektora słonecznego przy osiągnięciu temperatury stagnacji jest zerowa.

→ **Ochrona przed przegrzewaniem** kolektora słonecznego i całego systemu solarnego przy wystąpieniu temperatury stagnacji polega na:

- zapewnieniu możliwości łatwego samoczynnego usuwania czynnika grzewczego z orurowania absorbera – w początkowej fazie stanu stagnacji
- prowadzeniu przewodów zasilających i powrotnych układu kolektorów słonecznych umożliwiające wypieranie czynnika grzewczego (glikolu) w stanie stagnacji – brak zasyfonowań powodujących długotrwałe wrzenie glikolu
- doborze odpowiedniej wielkości naczynia wzbiorczego i jego prawidłowe usytuowanie w systemie solarnym.