

► Ireneusz Jeleń

3 istotne czynniki pomijane w standardowych porównaniach

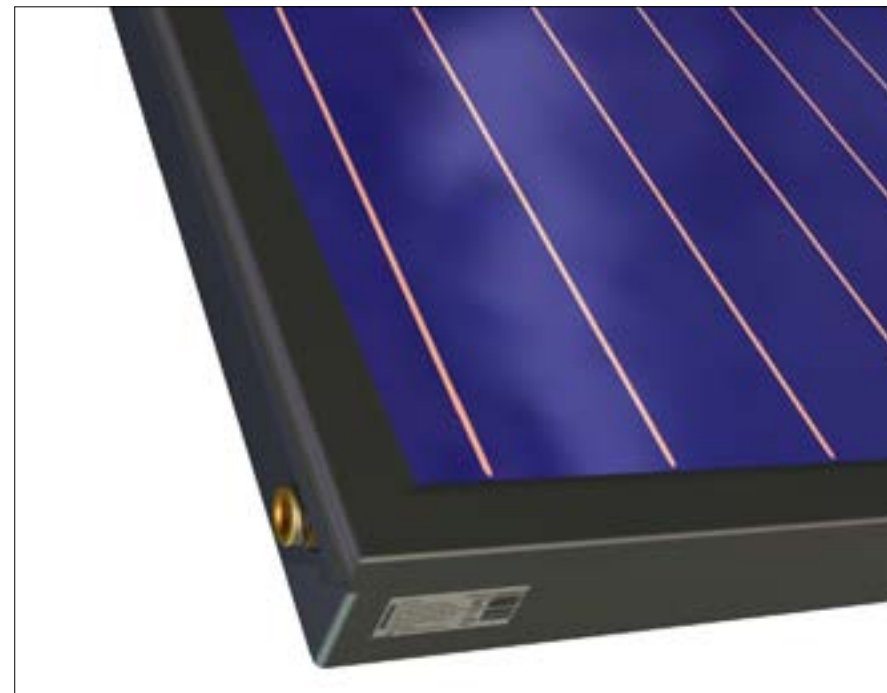
Sprawność kolektora słonecznego – w badaniach i w praktyce...

Norma EN 12975-2 określa precyzyjnie metodę badania sprawności kolektora słonecznego. Certyfikat Solar Keymark stanowi później wiarygodne źródło informacji pozwalając także porównywać ze sobą kolektory słoneczne. Jednak nie wszystkie czynniki istotne dla eksploatacji kolektora są ujmowane w jego badaniu. Wobec czego sprawność w warunkach eksploatacji może znacznie odbiegać od tej, którą określono w warunkach laboratoryjnych. Warto mieć to na uwadze, aby nie kierować się wyłącznie samymi „suchymi” liczbami...

■ Sprawność pracy kolektora słonecznego uzależniona jest od jego cech konstrukcyjnych oraz warunków eksploatacji. Parametry istotne dla uzyskiwanej przez kolektor słoneczny wydajności cieplnej są przedmiotem badań zgodnych z normą EN 12975-2 i są to przede wszystkim:

- sprawność optyczna η_{0a} ,

- współczynnik strat ciepła a_{1a} (W/m^2K),
 - współczynnik strat ciepła a_{2a} (W/m^2K^2).
- Znajomość powyższych parametrów pozwala wykonać wykres sprawności kolektora słonecznego, dzięki czemu można określić jego wydajność cieplną dla różnych warunków pracy (nasłonecznienie i różnica temperatu-



1 Sprawność pracy zależy od wielu czynników konstrukcji kolektora słonecznego, m.in. od izolacji cieplnej obudowy, przepuszczalności promieniowania słonecznego przez szybę, rozstawów i mocowania orurowania absorbera, rodzaju i grubości blachy, typu pokrycia absorbera, czy też odległości między absorberem, a szybą, itp.

ry pomiędzy absorberem a otoczeniem). Tym też sposobem można porównać ze sobą różne kolektory słoneczne.

Jednak standardowe porównania sprawności kolektorów słonecznych nie uwzględniają trzech ważnych czynników, odgrywających istotny wpływ na jej wartość:

1. wpływu rodzaju czynnika grzewczego (glikol lub woda) użytego w badaniach
2. wpływu natężenia przepływu czynnika grzewczego przez kolektor słoneczny
3. wpływu podłączenia kolektorów w baterii ze względu na układ hydrauliczny absorbera.

1. Glikol czy woda?

Jeżeli chodzi o wpływ rodzaju czynnika grzewczego (glikol lub woda) użytego w badaniach to należy podkreślić, że o ile kilka lat wcześniej standardem było badanie sprawności kolektora słonecznego w oparciu o glikol (w zasadzie należy mówić o roztworze glikolu i wody, w badaniu z udziałem glikolu 33,3%), to obecnie zdecydowana większość badań prowadzona jest w oparciu o wodę. Norma EN 12975-2 określa szczegółowo metodę badania kolektora słonecznego, ale nie narzuca wyboru czynnika grzewczego. Ba-

η_{0a}	0.817	-
a_{1a}	4.17	$W/(m^2K)$
a_{2a}	0.0077	$W/(m^2K^2)$
$t_{m,ref}$	100	$^{\circ}C$
$c_{eff} = C/Aa$	5.9	$kJ/(m^2K)$
p_{max}	600	kPa

2 Przykładowe parametry kolektora słonecznego zamieszczone w certyfikacie Solar Keymark. Indeks „a” oznacza, że wartości są odnoszone do powierzchni apertury kolektora słonecznego

3 Informacja o rodzaju czynnika grzewczego oraz natężeniu przepływu w badaniu kolektora słonecznego jest zamieszczana w jego certyfikacie Solar Keymark (solarkeymark.org)

Note 1	Fluid	Water-Glycole	Flow rate	0.027 kg/s per m ²
Note 2	Irradiance, G _s =1000 W/m ²			
Note 3	Ambient temperature, T _a =30 °C			
Note 3	Given by manufacturer			

danie z wykorzystaniem wody stało się obecnie standardem, jest łatwiejsze i szybsze do przeprowadzenia (przyznają to sami przedstawiciele akredytowanych laboratoriów). Niektóre ośrodki (w tym np. ISE Fraunhofer, ISFH Hameln, ITW Stuttgart) oferują przeprowadzenie badania z użyciem glikolu jedynie na życzenie i za dopłatą. Faktem jest, że we wcześniejszych latach badania wykonywało kilka ośrodków, podczas gdy dzisiaj jest ich aż 26 na całym świecie, z czego 19 w Europie (dane solarkeymark.org).

Wśród ośrodków wytwarza się więc... konkurencja pod względem kosztów i szybkości badań (należy mieć nadzieję, że nie pod względem uzyskiwanych wyników z badań kolektorów słonecznych...).

Badania w oparciu o glikol prowadzone są obecnie standardowo przez Instytut SPF Rapperswil. Opracowanie [1] Instytutu SPF omawia wpływ różnych czynników na sprawność kolektora. Między innymi określa się różnicę w sprawności dla użycia glikolu i dla użycia wody – może ona wynieść 2%. A więc kolektor, dla którego określono sprawność na podstawie parametrów (η_0 , α_1 , α_2) z certyfikatu Solar Keymark i dla którego czynnikiem użytym w badaniu była standardowo woda, później w warunkach pracy z glikolem jako czynnikiem grzewczym może uzyskać niższą o około 2% sprawność pracy. Instytut SPF w opracowaniu [1] wnioskuje, aby kolektory słoneczne były badane na takim czynniku, na jakim są później eksploatowa-

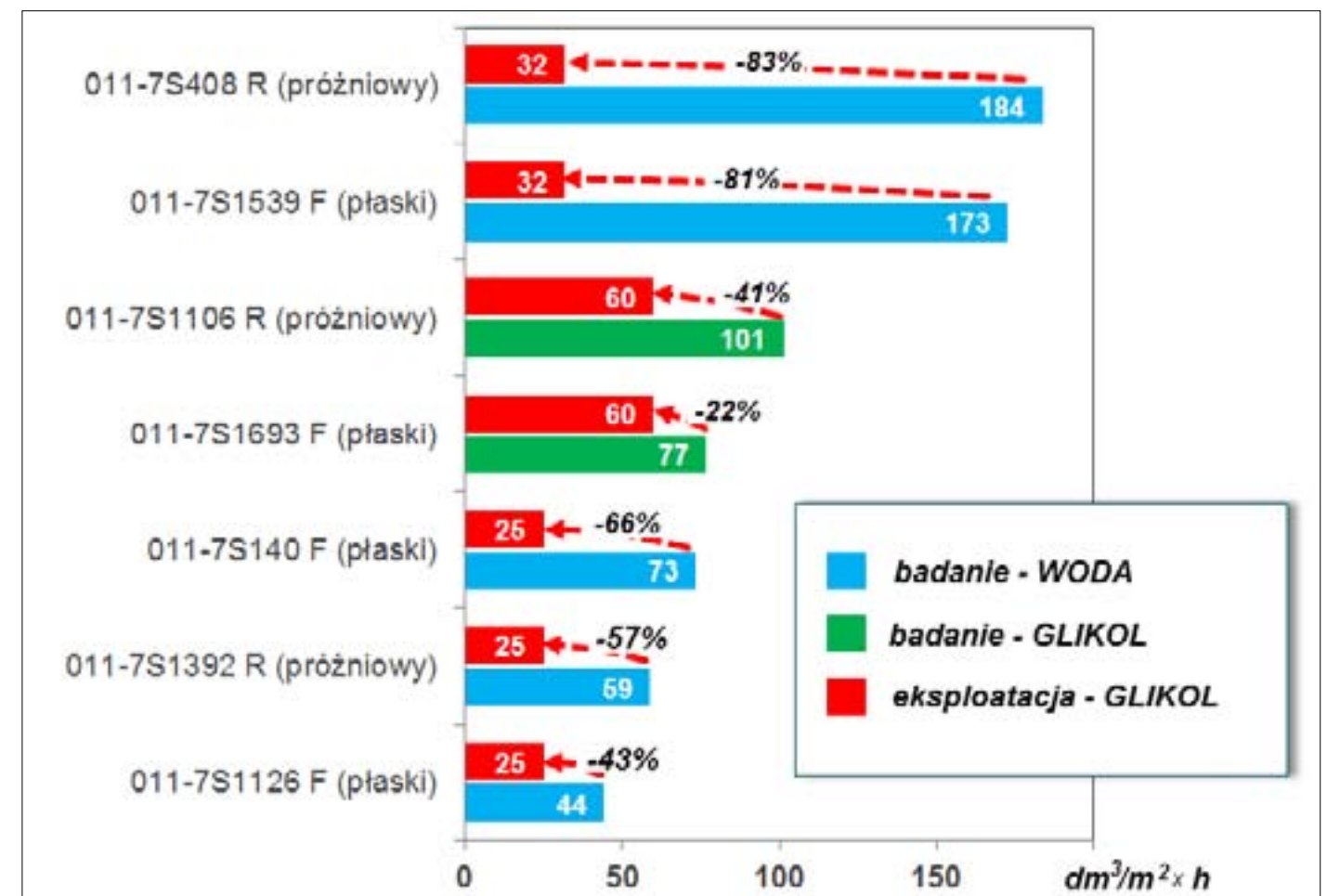
ne. W warunkach środkowoeuropejskich są to czynniki o obniżonej temperaturze zamrażania, najczęściej glikole polipropylenowe. Jeżeli już jednak badanie odbywa się z zastosowaniem wody, to należy stworzyć warunki porównywalne do pracy z glikolem. W badaniach opartych na wodzie dodatkowo stosuje się zwiększone natężenia przepływu, przez co przepływ przez orurowanie absorbera ma charakter turbulentny. Producenci zalecają w instrukcjach montażu często niższe (nawet blisko 6-krotnie) natężenia przepływu, a ponieważ jest to w praktyce glikol (zazwyczaj 40% udziału w roztworze z wodą) o kilkakrotnie większej lepkości, to przepływ może mieć charakter laminarny, obniżając wymianę ciepła między orurowaniem, a czynnikiem grzewczym. Stąd powstaje różnica w uzyskiwanej przez kolektor słoneczny sprawności.

2. Natężenie przepływu czynnika grzewczego

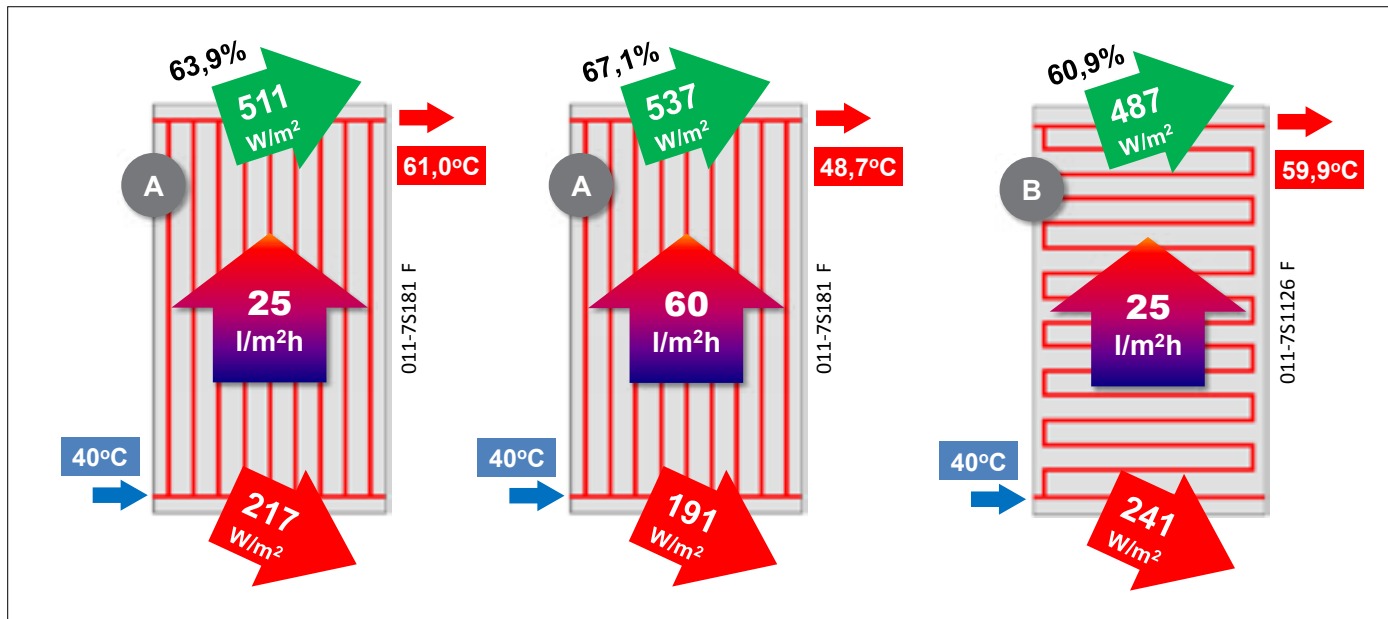
Według badań Instytutu SPF obniżenie natężenia przepływu do wartości stosowanych później w praktyce, obniża o około 1% sprawność kolektora. Różnica między natężeniem przepływu czynnika grzewczego w badaniu i następnie zalecanym przez producenta, jest bardzo często kilkukrotna. Dla jednego z kolektorów oferowanych na rynku jest to nawet 5,7 razy więcej niż jednostkowe natężenie przepływu (w odniesieniu do powierzchni absorbera: 184 dm³/m²h) zalecane w normal-

nej eksploatacji (32 dm³/m²h) (rys. 4). Takie różnice w natężeniach przepływu oraz zmiana czynnika roboczego z wody na glikol, z pewnością odegrają znaczenie dla sprawności kolektora uzyskiwanej w realiach normalnej eksploatacji. Obniżenie natężenia przepływu przez kolektor

słoneczny wpływa z kolei na podwyższenie temperatury absorbera i temperatury czynnika grzewczego na wyjściu. Wyższa temperatura na wyjściu z kolektora jest często postrzegana błędnie jako bezwzględny wskaźnik uzyskiwania przez niego wyższej sprawności. Obecnie widoczna jest tendencja do obniżania przez producentów wymaganego natężenia przepływu czynnika grzewczego. Coraz częściej zalecane natężenie bez względu na rodzaj instalacji solarnej, wynosi od 25 do 30 l/m²h. Czym jest to podyktowane? W przypadku kolektorów płaskich wynika to m.in. z konstrukcji orurowania ab-



4 Porównanie natężeń przepływu użytych w badaniach sprawności kolektorów oraz zalecanych przez ich producentów. Przykładowe kolektory płaskie i próżniowe – dane z certyfikatów Solar Keymark i zaleceń montażowych producentów. Badania oparte o wodę lub glikol, eksploatacja na glikolu



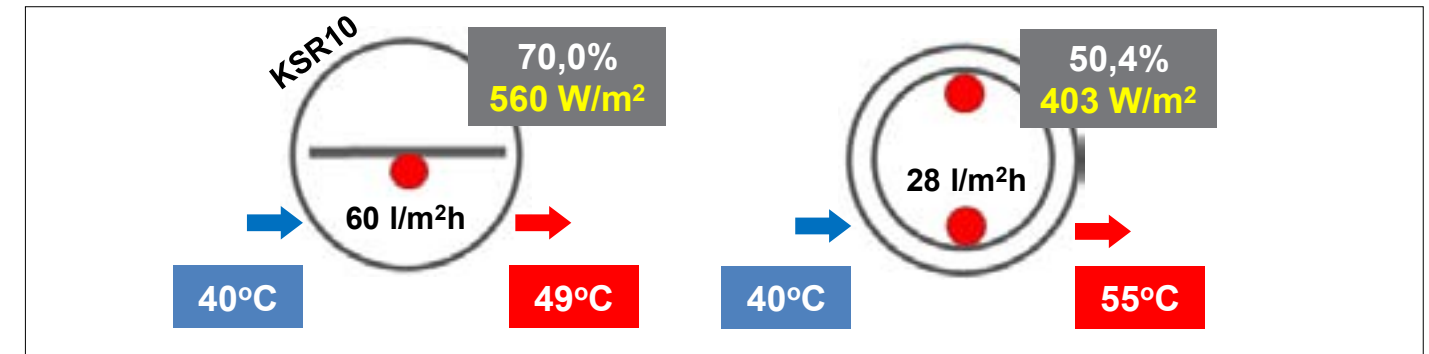
5 Porównanie bilansów ciepłych kolektora „A” i „B” dla natężenia przepływu 60 i 25 l/m²h i nasłonecznienia 800 W/m². Założono, że temperatura czynnika grzewczego na wejściu wynosi chwilowo 40°C

	Kolektor „A”	Kolektor „A”	Kolektor „B”
Sprawność optyczna*	80,2 %	80,2 %	79,3 %
Współczynniki a1/a2*	3,80/0,0067	3,80/0,0067	4,04/0,0182
Natężenie przepływu	60 l/m ² h	25 l/m ² h	25 l/m ² h
Temperatura wejście/wyjście	40,0/48,7°C	40,0/61,0°C	40,0/59,9°C
Średnia temperatura absorbera	44,4 °C	50,5 °C	49,9 °C
Sprawność chwilowa	67,1 %	63,9 %	60,9 %
Wydajność cieplna	537 W/m ² (=100%)	511 W/m ² (=95%)	487 W/m ² (=91%)
Straty ciepła	191 W/m ² (=100%)	217 W/m ² (=114%)	241 W/m ² (=126%)

* wartości odniesione do powierzchni apertury, wg danych z certyfikatów Solar Keymark

sorbera. Przy zwiększonych oporach przepływu, jak dla układu harfy podwójnej lub węzownicy (meandra), obniżenie natężenia przepływu pozwala zachować opory w rozsądnym zakresie, ze względu na późniejszy dobór pompy obiegowej. Niższe natężenie przepływu zwiększa temperaturę na wyjściu czynnika grzewczego, ale z kolei zwiększa straty ciepła z kolektora do otoczenia. Tym samym ciepło zamiast być przekazywane do

czynnika grzewczego i dalej np. do ciepłej wody użytkowej, jest tracone. Z pewnością jednak wyższa temperatura na wyjściu z kolektora słonecznego nie oznacza jego wyższej sprawności (rys. 5). Należy wziąć pod uwagę straty ciepła występujące przy danym natężeniu przepływu. W przypadku kolektorów próżniowych mamy nierzadko do czynienia z ich niskimi sprawnościami pracy, nawet znacznie poniżej spraw-



6 Porównanie dwóch kolektorów próżniowych o przepływie bezpośrednim. Pomimo nieco wyższej temperatury na wyjściu czynnika grzewczego, moc grzewcza przykładowego kolektora z 2-ścienną rurą próżniową jest niższa o blisko 30% (wartości odniesione do powierzchni apertury)

ności kolektorów płaskich w zakresie pracy dla podgrzewu wody użytkowej. Być może powodem znacznego zaniżania natężeń przepływu, jest „chęć wykazania ich pracy”.

Aby uzyskać właściwą temperaturę na wyjściu czynnika grzewczego, przy obniżonej sprawności pracy, jedynym wyjściem pozostaje właśnie obniżenie natężenia przepływu (rys. 6).



REKLAMA

3. Sposób podłączenia kolektorów w baterii

Dodatkowym 3. czynnikiem, jakiego nie bierze się pod uwagę przy porównaniach sprawności kolektorów słonecznych, jest sposób ich podłączenia w baterii. Sprawność kolektora określana jest i przedstawiana jako pojedynczego urządzenia. Jednak układ hydrauliczny absorbera, determinuje sposób podłączenia kolektorów w baterii i rodzaj przepływu – równoległy lub szeregowy. Widoczne jest to na przykład w porównaniu pracy baterii złożonej z trzech kolektorów płaskich: o układzie harfy pojedynczej

i harfy podwójnej. W przypadku harfy podwójnej, zalecane są niższe natężenia przepływu ($25 \div 30 \text{ l/m}^2\text{h}$), ze względu na szeregowy układ połączenia kolektorów w baterii, maksymalna zaś wtedy liczba kolektorów jest z reguły ograniczona do pięciu. Czynniki grzewczy przechodząc przez kolejne kolektory szeregowo, podnosi swoją temperaturę. Na wyjściu z baterii różnice są już znaczące: 80°C wobec 49°C (rys. 7). Jednak za wyższą temperaturą nie idzie w parze wyższa sprawność – straty ciepła do otoczenia są wyższe o ponad 40%. Jednostkowa moc grzewcza baterii kolektorów o równoległym przepływie czynnika grzewczego przewyższa o 30% moc

baterii z przepływem szeregowym. Różnice będą jeszcze bardziej widoczne przy większej liczbie kolektorów w baterii.

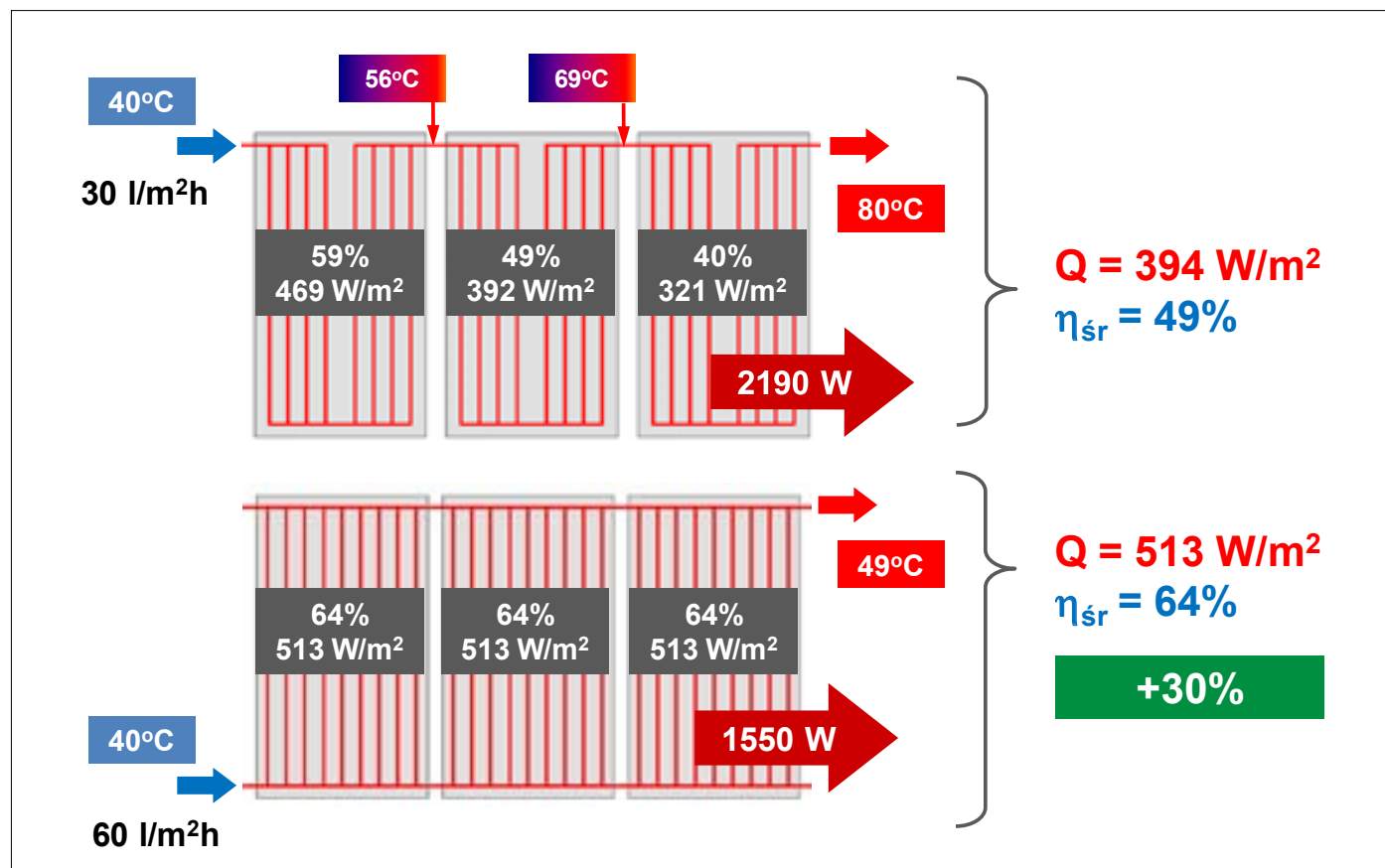
A więc jaki kolektor...

Zagadnienie sprawności kolektora słonecznego nie jest w pełni jednoznaczne i łatwe do przedstawienia klientowi indywidualnemu. Samo tylko porównywanie sprawności optycznej, czy nawet roboczej w określonych warunkach, może być obciążone znacznym błędem. Przynajmniej 3 wymienione czynniki wpływają na różnicę w sprawności kolektora określanej w badaniach normowych

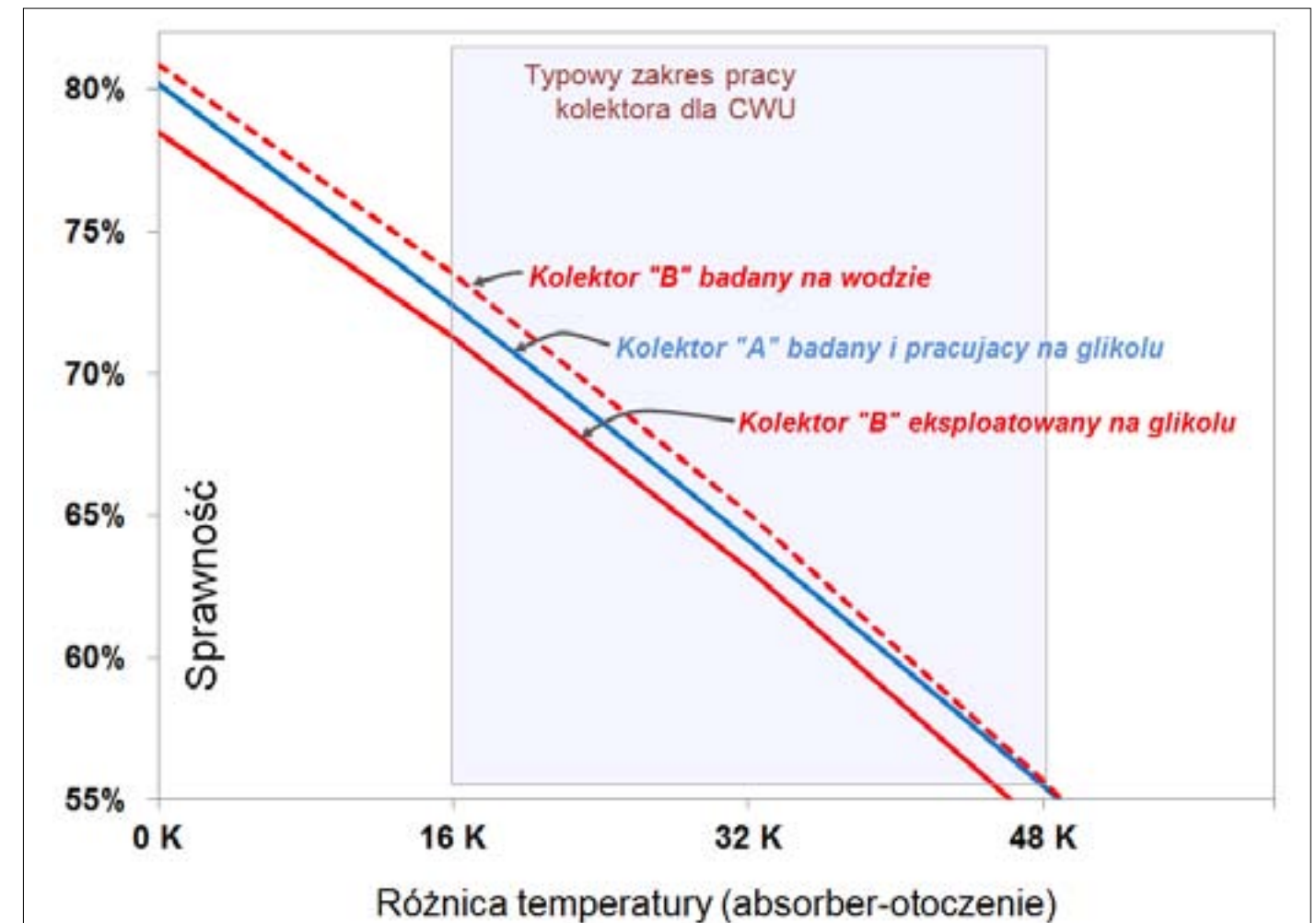
i następnie w warunkach eksploatacji. Różnica ta może wynieść od kilku do kilkudziesięciu procent. Tym samym jest w dużym stopniu prawdopodobne, że wybór kolektora tylko na podstawie jego „katalogowej” sprawności może się okazać mniej korzystny niż wybór kolektora, którego badanie przeprowadzono w warunkach zbliżonych do późniejszych warunków jego eksploatacji (rys. 8).

Literatura:

- [1] Einfluss einiger Prüfparameter auf das Kollektor-Messergebnis, SPF Rapperswil
- [2] Certyfikaty Solar Keymark (solarkeymark.org) ■



7 Porównanie bilansów cieplnych baterii trzech kolektorów płaskich o układzie szeregowym i równoległym przepływu czynnika grzewczego, przy nasłonecznieniu 800 W/m^2 . Sposób odczytu danych, np. dla kolektorów z pojedynczą harfą: straty ciepła do otoczenia z całej baterii = 1550 W , średnia wydajność cieplna z baterii = 513 W/m^2 , średnia sprawność chwilowa baterii = 64%



8 Porównanie sprawności pracy: kolektor „A” badany na glikolu i z natężeniem przepływu zbliżonym do przyjętego w badaniu oraz kolektor „B” badany na wodzie i eksploatowany z glikolem przy natężeniu przepływu niższym 2-krotnie od przyjętego w badaniu (przyjęto różnicę w skorygowanej sprawności -3% według wniosków z opracowania [1])