



**Euro - Centrum**  
Park Naukowo-Technologiczny  
LABORATORIUM

# **Top 10 kolektorów**

Data opracowania: 31.05.2017

## **Spis treści**

Cel opracowania .....	3
Metodologia .....	3
Podstawy teoretyczne .....	3
Opis metodologii .....	4
Porównanie kolektorów .....	6
Dane wejściowe.....	6
Top 10 kolektorów .....	7
Wskazówki dotyczące doboru kolektorów.....	11
Literatura .....	12

## Cel opracowania

Celem pracy jest porównanie dostępnych na rynku polskim kolektorów słonecznych pod kątem właściwości istotnych dla odbiorcy końcowego. W dokumencie wprowadzono i opisano współczynnik nazwany *jakością energetyczną kolektora F*. Wprowadzenie tego współczynnika pozwala na szybkie porównanie kolektorów, jednocześnie uwzględniając warunki ich działania zdecydowanie bardziej zbliżone do rzeczywistych niż warunki laboratoryjne.

## Metodologia

### Podstawy teoretyczne

Analiza zawarta w tym dokumencie, odnosi się do efektywności jednego kolektora (a nie całego pola kolektorów). Jednocześnie nie uwzględnia parametrów pracy całej instalacji takich jak np. schemat działania pompy obiegowej lub izolacyjności cieplnej przewodów, którymi przesyłany jest czynnik roboczy<sup>1</sup>. Należy pamiętać, że projekt, wykonanie oraz działanie całej instalacji solarnej ma istotne znaczenia dla ostatecznych zysków, jakie przynosi ona użytkownikowi. Dobór najlepszego kolektora według metody opisanej w niniejszym dokumencie nie gwarantuje w żadnym wypadku, wysokich uzysków energii i zadowolenia użytkownika danego kolektora, bez właściwego doboru pozostałych elementów instalacji, optymalnego położenia względem słońca oraz poprawnie wykonanej instalacji urządzeń

Punktem wyjścia są parametry kolektora, takie jak sprawność oraz moc kolektora opisane w normie PN-EN 12975-2:2007 „Słoneczne systemy grzewcze i ich elementy -- Kolektory słoneczne -- Część 2: Metody badań” ([1]). Sprawność kolektora w zależności od temperatury otoczenia, temperatury czynnika roboczego i natężenia promieniowania słonecznego wyraża się wzorem:

$$\eta = \eta_0 - a_1 \frac{t_m - t_a}{G} - a_2 G \left( \frac{t_m - t_a}{G} \right)^2$$

gdzie

$\eta_0$  – sprawność optyczna

$a_1, a_2$  – współczynniki strat

$t_m$  – średnia temperatura czynnika roboczego

$t_a$  – średnia (miesięczna) temperatura otoczenia

$G$  – średnie (miesięczne) natężenie promieniowania

Aby obliczyć moc kolektora należy pomnożyć jego sprawność przez natężenie promieniowania oraz przez powierzchnię apertury lub absorbera<sup>1</sup>:

$$Q = \eta GA$$

Moc kolektora zmienia się w zależności od natężenia promieniowania, temperatury otoczenia oraz temperatury czynnika roboczego. Oznacza to, że na działanie kolektora wpływ posiadają zarówno warunki atmosferyczne oraz sposób działania instalacji solarnej.

Z przedstawionych wzorów wynika, że do obliczeń konieczne są następujące dane wejściowe (źródła danych zostaną przedstawione w dalszej części raportu) :

- Dane kolektora takie jak sprawność optyczna, współczynniki strat oraz powierzchnia apertury.
- Średnią temperaturę czynnika roboczego dla poszczególnych miesięcy. Ze względu na charakter tego czynnika konieczne jest pewne jego szersze omówienie. Jest to parametr zależny od budowy samego kolektora oraz konkretnych warunków atmosferycznych występujących w danej chwili (oraz innych czynników takich jak np. temperatura wody w

---

<sup>1</sup> Wyznacza się sprawność optyczną oraz współczynniki strat względem obu wielkości. Od tego względem, której z wielkości zostały wyznaczone parametry zależy, przez którą z nich należy pomnożyć sprawność kolektora. W przypadku kolektora płaskiego powierzchnia apertury oraz absorbera najczęściej są sobie równe.

zasobniku). Z tego względu średnia temperatura czynnika roboczego zazwyczaj określana jest przedziałem temperatur, a nie pojedynczą wartością. Dla celów obliczeniowych przyjęto typowe, możliwe wartości dla poszczególnych miesięcy na podstawie danych źródłowych, informacji branżowych oraz danych wynikających z analizy działania kolektorów w Parku Naukowo-Technologicznym „Euro-Centrum”. Jest to pewne uproszczenie, jednak ze względu na charakter tej zmiennej (w tym jej zależności od bardzo wielu czynników) nie wpływa on na pogorszenie jakości opisanego metodologii. W porównaniu do metod porównywania kolektorów na podstawie tylko i wyłącznie parametrów takich jak sprawność optyczna i współczynniki strat, uwzględnienie nawet w sposób uproszczony współczynnika średniej temperatury czynnika roboczego urealnia i poprawia metodologię porównań kolektorów.

- Średnia temperatura powietrza dla poszczególnych miesięcy dla wybranej lokalizacji.
- Średnią wartość natężenia promieniowania dla poszczególnych miesięcy dla wybranej lokalizacji. Wartość ta zależy także od kąta padania promieniowania dlatego do celów niniejszego opracowania przyjęto natężenie promieniowania dla kąta 45°. Częstą praktyką przy montażu kolektorów jest ustawianie ich pod kątem 45°, co oznacza że przyjęcie danych dla takiego kąta padania pozwala uwzględnić w obliczeniach dokładnie takie natężenie promieniowania na jakie jest wystawiony kolektor. Warto zauważyć, że przez znaczą część roku promieniowanie pada na kolektor ustawiony pod takim kątem prostopadle lub prawie prostopadle (zależenie od rozpatrywanego okresu w roku).

## Opis metodologii

W celu porównania kolektorów wprowadzono wspomniany w wstępie współczynnik jakości energetycznej kolektorów. Zdefiniowany jest on następująco:

$$F = \sum \frac{Q_{m,k2}}{Q_{m,k1}}$$

Gdzie  $Q_{m,k}$  oznacza średnią moc kolektora w danym miesiącu  $m$ . Średnia moc opisana jest wzorem:

$$Q = GA_k \left( \eta_0 - a_1 \frac{t_m - t_a}{G} - a_2 G \left( \frac{t_m - t_a}{G} \right)^2 \right)$$

Wzór ten wynika wprost z wzorów na sprawność oraz moc kolektora opisanych w normie PN-EN 12975-2:2007 (opisanych w części dotyczącej podstaw teoretycznych). Wielkość  $A_k$  należy przyjąć jako powierzchnię apertury danego kolektora.

Jeżeli zastosujemy podstawienie:

$$T_m = \frac{t_m - t_a}{G}$$

oraz podstawimy  $Q$  do  $F$ , otrzymamy wzór:

$$F = \sum \frac{GA_{k2}(\eta_{0,k2} - a_{1,k2}T_{m,k2} - a_{2,k2}GT_{m,k2}^2)}{GA_{k1}(\eta_{0,k1} - a_{1,k1}T_{m,k1} - a_{2,k1}GT_{m,k1}^2)}$$

Po dokonaniu stosownych przekształceń matematycznych  $F$  przyjmuje postać:

$$F = \sum \frac{A_{k2}(G\eta_{0,k2} - a_{1,k2}(t_{m,k2} - t_a) - a_{2,k2}(t_{m,k2} - t_a)^2)}{A_{k1}(G\eta_{0,k1} - a_{1,k1}(t_{m,k1} - t_a) - a_{2,k1}(t_{m,k1} - t_a)^2)}$$

Podczas badania laboratoryjnego, parametry kolektora wyznacza się przy średnim natężeniu promieniowania wynoszącym 1000 W/m<sup>2</sup>. Jednocześnie wspomniana wcześniej norma podaje, że współczynniki  $a_1$ ,  $a_2$  oraz  $\eta_0$  należy obliczać metodą najmniejszych kwadratów z wykorzystaniem danych pomiarowych oraz zaprezentowanego wcześniej wzoru na sprawność kolektora. Po wykonaniu stosownych obliczeń okazuje się, że wzór opisujący współczynnik  $a_2$  zależy od natężenia promieniowania w następujący sposób:

$$a_2 = \frac{1}{G} a_{2s}$$

Gdzie:

$G$  – średnie (miesięczne) natężenie promieniowania,

$a_s$  – część współczynnika  $a_2$  niezależna od promieniowania  $G$  (posiadająca dość skomplikowaną postać matematyczną)

Dlatego też, w opracowaniu zdecydowano się na wprowadzenie korekty współczynnika  $a_2$  dla różnych, realnie występujących natężeń promieniowania dla poszczególnych miesięcy. Z zapisanej postaci matematycznej omawianego współczynnika wynika, że można dokonać przeliczenia współczynnika  $a_2$  wyznaczonego dla jednego natężenia na współczynnik  $a_2$  dla innego natężenie promieniowania, posługując się wzorem:

$$a_{2,G2} = \frac{G_1}{G_2} a_{2,G1}$$

gdzie  $a_{2,G1}$  i  $a_{2,G2}$  są współczynnikami strat dla natężenia promieniowania odpowiednio  $G_1$  i  $G_2$

Kolejnym parametrem od którego zależy jest moc kolektora, jest jego powierzchnia. Aby uniknąć porównywania kolektorów o różnych powierzchniach (w tym w skrajnym przypadku, o powierzchniach różniących się o znaczną wartość) obliczenia prowadzone będą dla mocy kolektora przypadającej na  $1 \text{ m}^2$  powierzchni brutto (całkowitej powierzchni kolektora). Ponieważ sprawność, a co za tym idzie moc kolektora w warunkach laboratoryjnych odnosi się do powierzchni apertury lub powierzchni absorbera, użycie powierzchni brutto w porównaniach kolektorów wymaga wyjaśnienia. Uzasadnienie takiego wyboru jest następujące: powierzchnia brutto jest to powierzchnia całkowicie, fizycznie zajęta przez kolektor – można powiedzieć, że jest przez niego „zużyta”. Stąd dla użytkownika końcowe bardziej istotne jest jaką moc uzyska właśnie z takiej powierzchni niż z powierzchni zajmowanej przez pewien wybrany element kolektora. Może zdarzyć się sytuacja, gdzie dwa kolektory o takiej samej powierzchni absorbera (czyli o takiej samej uzyskiwanej mocy bezwzględnej) będą posiadały różną powierzchnię brutto, a co za tym idzie zajmowały mniej lub więcej miejsca. W takiej sytuacji, bardziej ekonomicznym wyborem jest mniejszy kolektor, szczególnie gdy planuje się montaż większej ilości kolektorów. W takim przypadku moc przypadająca na powierzchnię brutto kolektora pozwala rozróżnić oba kolektory.

W celu obiektywnego porównania kolektorów, jako kolektor referencyjny przyjęto „kolektor idealny” (wprowadzony dla celów niniejszego opracowania). Określenie to oznacza konstrukcję teoretyczną, według której kolektor zawsze ma sprawność równą 100%, niezależnie od warunków atmosferycznych. Opisuje on sytuację, w której całe padające promieniowanie jest pochłaniane i zamieniane na energię cieplną czynnika roboczego. Kolektor taki nie istnieje i nie może istnieć, jednak stanowi dobry punkt odniesienia w celu porównań kolektorów rzeczywistych. Za powierzchnię brutto takiego kolektora, równą powierzchni apertury oraz absorbera przyjęto się  $1 \text{ m}^2$ .

Po wprowadzaniu powyższych korekt ostateczny wzór na współczynnik jakości energetyczne  $F$  przyjmuje następującą postać:

$$F = \sum \frac{\frac{A_k}{A_{k,b}} (G\eta_{0,k} - a_{1,k}(t_{m,k} - t_a) - a_{2,k,s}(t_{m,k} - t_a)^2)}{\frac{A_r}{A_{r,b}} G\eta_{0,r}}$$

Gdzie:

$A_k$  – powierzchnia apertury ocenianego kolektora,

$A_{k,b}$  - powierzchnia brutto ocenianego kolektora,

$A_r$  – powierzchnia apertury kolektora idealnego, równa  $1 \text{ m}^2$

$A_{r,b}$  - powierzchnia brutto kolektora idealnego, równa  $1 \text{ m}^2$

$\eta_{0,r}$  – sprawnością optyczną kolektora idealnego równą 100%

$a_{2,k,s}$  – współczynnikiem  $a_2$  skorygowanym dla danej wielkości natężenia promieniowania  $G$ , względem współczynnika  $a_2$  podanego w certyfikacie SolarKey Mark dla natężenia promieniowania  $1000 \text{ W/m}^2$

Pozostałe oznaczenie według wcześniejszych opisów.

## Porównanie kolektorów

Zgodnie z opisaną metodologią zostało wykonane porównanie kolektorów płaskich polskich producentów, które posiadają aktualny certyfikat SolarKey Mark. Przyjęte zostały dane klimatyczne dla miasta Katowice, dla okresu obejmującego 12 miesięcy od stycznia do grudnia. Wybór tego konkretnego miasta był spowodowany umieniem siedzimy organizacji prowadzącej porównania. Według przyjętej metodologii oraz porównywanego okresu, maksymalny współczynnik F (roczny współczynnik jakości energetycznej) wynosi 12 (dla kolektora idealnego). Kolektory zostały uszeregowane od najlepszego do najgorszego, przy czym najlepszy oznacza kolektor cechujący się największym współczynnikiem F, a najgorszy najmniejszym.

W porównaniu wzięto udział 68 płaskich kolektorów polskich producentów (w sumie 10 producentów). Część kolektorów, które posiadają dostępny certyfikat Solar KeyMark, zostało wyłączone z analizy, ponieważ ich certyfikaty nie zawierały powierzchni apertury, a współczynniki strat oraz sprawność optyczna liczona była względem powierzchni brutto. W przypadku gdy w jednym certyfikacie występowało kilka modeli kolektorów, a dwa lub więcej posiadały takie same parametry istotne z punktu widzenia opisanej w niniejszym raporcie metodologii (sprawność optyczna, współczynniki strat, powierzchnia apertury oraz powierzchnia brutto), do porównań został wytypowany tylko jeden kolektor. Pozostałe kolektory osiągnęły by dokładnie taki sam wynik jak ten uwzględniony w porównaniu.

## Dane wejściowe

Do obliczeń zostały przyjęte następujące dane wejściowe:

- Sprawność optyczna oraz współczynniki strat, a także powierzchnia apertury oraz powierzchnia brutto kolektora zostały pozyskane z certyfikatów Solar KeyMark dostępnych na stronie <http://www.solarkeymark.dk/CollectorCertificates>. Źródło można uważać, za bardzo rzetelne ponieważ badania prowadzone są przez certyfikowane laboratoria. Nad odpowiednią jakością badań czuwa niezależna organizacja.
- Średnia temperatura czynnika roboczego dla poszczególnych miesięcy została przyjęta następująco (w stopniach Celsjusza):

Styczeń	Luty	Marzec	Kwiecień	Maj	Czerwiec	Lipiec	Sierpień	Wrzesień	Październik	Listopad	Grudzień
20	25	30	40	40	40	50	50	50	40	30	20

Zgodnie z tym co opisano w metodologii przyjęte temperatury są temperaturami szacunkowymi, jednak posiadającymi umocowanie w literaturze ([2],[3]), informacjach branżowych oraz doświadczeniach Parku Naukowo-Technologicznego „Euro-Centrum”.

- Średnia temperatura otoczenia została przyjęta na podstawie danych z programu RetScreen dla Katowic (w stopniach Celsjusza):

Styczeń	Luty	Marzec	Kwiecień	Maj	Czerwiec	Lipiec	Sierpień	Wrzesień	Październik	Listopad	Grudzień
-1,7	-0,6	3,1	8,6	13,8	16,3	18,4	17,9	13,5	9	3,4	-0,3

- Średnie natężenie promieniowania słonecznego, zostało przyjęte na podstawie danych dostępnych na stronie ministerstwa Infrastruktury i Budownictwa ([4]) dla Katowic. Ponieważ natężenie promieniowania nie jest dostępne wprost zostało ono obliczone poprzez podzielenie sumarycznego nasłonecznienia dla danego miesiąca przez ilość godzin rzeczywistego usłonecznienia w danym miesiącu (obliczonego poprzez zliczenie ilości godzi w danym miesiącu, w których natężenie promieniowania jest większe od zera). Do obliczeń zostały

przyjęte dane dla kierunku południowego, ponieważ kierunek ten gwarantuje największe zyski energetyczne. Średnie miesięczne natężenie promieniowania jest następujące (w W/m<sup>2</sup>):

Styczeń	Luty	Marzec	Kwiecień	Maj	Czerwiec	Lipiec	Sierpień	Wrzesień	Październik	Listopad	Grudzień
138,65	177,75	199,19	268,17	325,11	283,21	314,45	290,80	284,85	230,28	162,66	134,31

## Top 10 kolektorów

Dziesięć najlepszych wśród nich wraz z osiągniętymi współczynnikami F prezentuje się następująco:

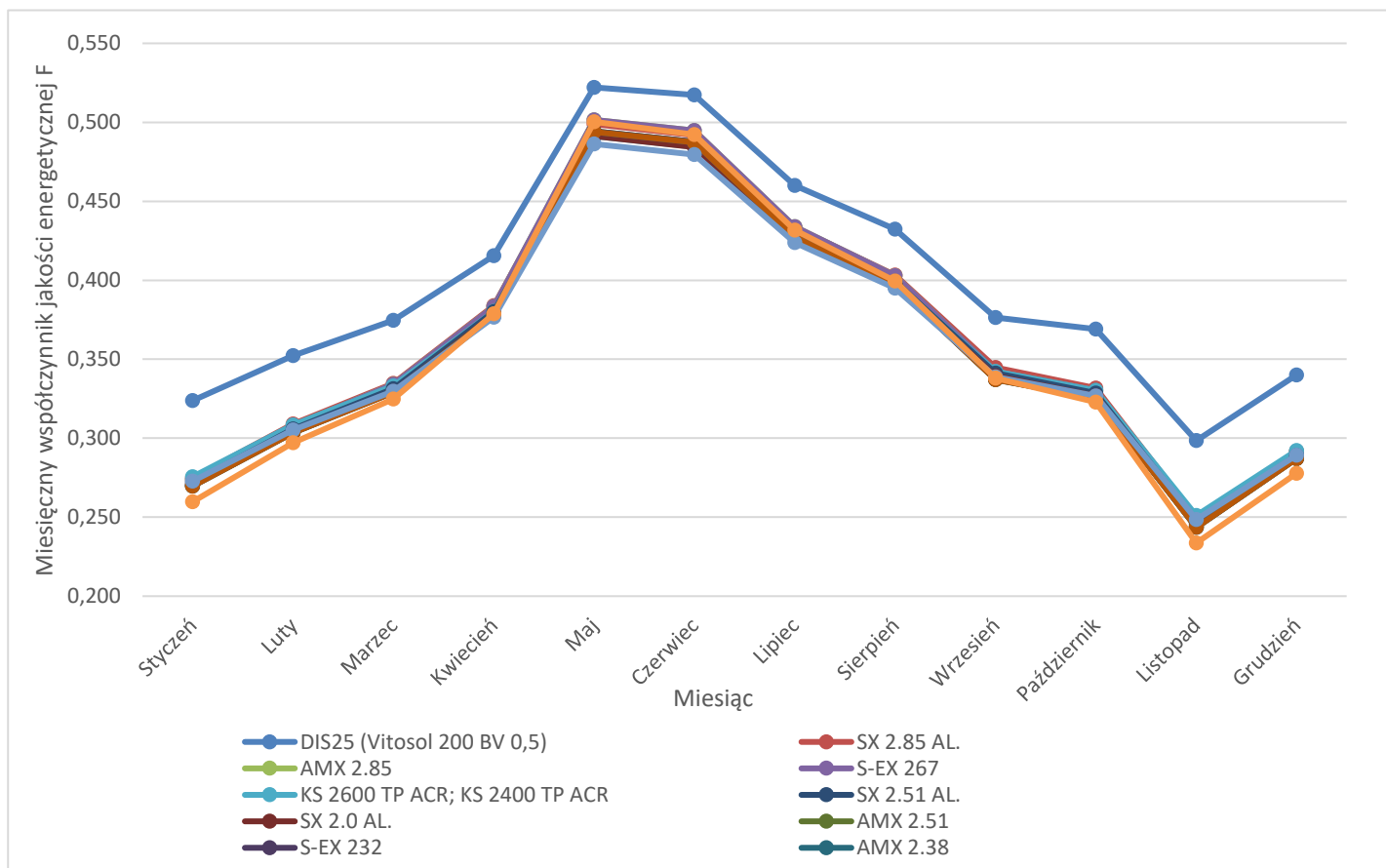
Miejsce	Kolektor / Producent				Współczynnik F
1.	DIS25 (Vitosol 200 BV 0,5)		Viessmann Poland Sp. z.o.o		4,782
2.	SX 2.85 AL		Sunex Sp.		4,348
3.	AMX 2.85	Sunex Sp.	S-EX 267	SOLAR-EXPERT Sp. z.o.o.	4,343
4.	KS 2600 TP ACR	KS 2400 TP ACR	HEWALEX		4,316
5.	SX 2.51 AL		Sunex Sp.		4,304
6.	SX 2.0 AL		Sunex Sp.		4,282
7.	AMX 2.51	Sunex Sp.	S-EX 232	SOLAR-EXPERT Sp. z.o.o.	4,281
8.	AMX 2.38	Sunex Sp.	S-EX 219	SOLAR-EXPERT Sp. z.o.o.	4,278
9.	KS 2200 TP ACR		HEWALEX		4,272
10.	EcoJura Light 2.0		EcoJura Sp. z o.o.		4,256

Trzecie, siódme oraz ósme miejsce zajęły ex aequo po dwa kolektory. Fakt ten nie dziwi gdy porówna się certyfikaty dla tych kolektorów – ich parametry oraz wielkości apertury i powierzchni brutto są identyczne ([5],[6]). Na miejscu czwartym znajdują się także dwa kolektory – ich współczynnik jakości energetycznej różnił się o dwie tysięczne, co uznano, za różnice nieznaczącą.

Jak można zaobserwować, kolektory nie różnią się znacząco co do wielkości osiągniętego rocznego współczynnika jakości F. Wyjątkiem jest tutaj kolektor DIS25, który stosunkowo mocno (na tle pozostałych kolektorów) wyprzedza znajdujący się za nim, kolektor SX 2.85 AL. Wartym odnotowania jest fakt, że kolektor DIS50, tego samego producenta, o prawie dwukrotnie większej powierzchni oraz o minimalnie **większej** sprawności optycznej znalazł się na miejscu 13, czyli już po za rankingiem. Fakt ten pozwala wyraźnie zobaczyć, że parametry takie jak spore rozmiary kolektora czy też jego wysoka sprawność optyczna nie są jedynymi (a nawet nie decydującymi) czynnikami gwarantującymi najwyższe uzyski energetyczne, choć od strony marketingowej wyglądają atrakcyjnie. Kolejny, ciekawy wniosek wynikający z powyższego zestawienia dotyczy ogólnych możliwości pozyskiwania energii z światła słonecznego przez kolektory. Otóż kolektor idealny, który opisuje sytuację, w której zamieniane na ciepło jest 100% energii słonecznej może uzyskać F równe 12. Co prawda ze względu na zastosowaną metodologię (sumy poszczególnych miesięcznych współczynników F, które można interpretować jako odpowiedni procent pozyskiwanej mocy z padającego na kolektor światła), nie można wprost przeliczyć rocznego współczynnika F na procent wykorzystania mocy padającego światła, to i tak jego porównanie współczynnika F kolektora idealnego daje nam pewien obraz ile jaka jest „jakość energetyczna” kolektorów. Porównując współczynniki F realnie istniejących kolektorów okazuje się, że nawet najlepszy z nich jest w stanie osiągnąć współczynnik F na poziomie niecałych 40%

osiągów kolektora idealnego (z kolei kolektor KS 2200 TP ACR, 10 w rankingu, osiąga 35,6% tego współczynnika). W tym kontekście warty jest odnotowania fakt, że najgorszy z porównywanych kolektorów osiągnął współczynnik F równy 1,86 (15,5% jakości energetycznej kolektora idealnego).

Poszczególne miesięczne współczynniki jakości energetycznej dla kolektorów z zaprezentowanej w niniejszym raporcie listy zebrano w formie wykresu.



Można zauważyć, że miesięczna zmienność współczynnika jest bardzo zbliżona (ale nie identyczna) dla każdego z kolektorów. Przykładowo widać, że w okresie zimowym większość kolektorów ma bardzo zbliżoną wartość współczynnika, podczas gdy w okresie letnim współczynniki dla poszczególnych kolektorów się rozbiegają. Ponadto ponownie można zaobserwować stosunkowo wyraźną przewagę kolektora DIS25. Ponadto wykres pokazuje jak zmienia się rzeczywista, średnia efektywność kolektorów w przeciągu roku. Przy tak dobranych okresach obliczania współczynnika F, można go (miesięczny współczynnik F, nie roczny) wprost interpretować jako rzeczywistą sprawność kolektora w danym miesiącu. Z analizy wynika, że waha się ona od około 25% do trochę ponad 50%.

Dla kolektorów z rankingu TOP 10 obliczono energię uzyskiwaną w poszczególnych miesiącach (energia w kWh):

	Styczeń	Luty	Marzec	Kwiecień	Maj	Czerwiec	Lipiec	Sierpień	Wrzesień	Październik	Listopad	Grudzień	Rok
DIS25 (Vitosol 200 BV 0,5)	11,32	16,72	27,24	46,26	81,99	70,31	71,15	56,34	40,09	26,95	12,28	11,32	471,96
SX 2.85 AL.	9,60	14,66	24,33	42,73	78,34	66,85	67,08	52,55	36,72	24,22	10,27	9,72	437,07
AMX 2.85; S-EX 267	9,57	14,62	24,29	42,67	78,75	67,25	67,13	52,50	36,45	24,11	10,17	9,71	437,21





19.	ES1V/2,0S			3,8503
20.	SX 2.51			3,8005
22.	EM1V/2,0S AL-CU			3,7941
22.	SX 2.85			3,7749
23.	SX 2.0			3,7160
24.	KSG 27 GT			3,7099
25.	KSG 21 GT			3,6673
26.	Vitosol DIS20A			3,6272
27.	Vitosol DIS20	EM2V/2,0S		3,5888
28.	Cosmosun Basic 2.0			3,5344
29.	KS2000 TLP ACR			3,5148
30.	SPARK 2.6			3,4626
31.	Nx 2.8 M4C	Solter NX 2.85	CosmoSun Basic 2.85NX	3,4537
32.	SPARK 2.6 H			3,4476
33.	KS2000 TLP			3,3325
34.	NX 2.0 M4C	Solter NX 2.0	CosmoSun Basic 2.00NX	3,3321
35.	BASIC 2.85 2C			3,3241
36.	BASICX 2.51 2C			3,3044
37.	BASICX 2.38 2C			3,3035
38.	REGESS 3000 S+			3,2819
39.	REGESS 2000 S			3,2761
40.	BASICX 2.0 2C			3,2741
41.	NX 2.5 H4CU			3,2732
42.	KS 2600 T AC			3,1915
43.	KS 2100 T AC			3,1393
44.	KS2000 TLP Am			3,0177
45.	Cosmosun Basic 2.51			3,0124
46.	AMX 2.0			2,9912
47.	KS 2100 NLP AM			2,9522
48.	SKW 114x206			2,3883
49.	SKW 114x140			2,3059
50.	AMP 2.85			2,2271
51.	AMP 2.51			2,2211
52.	AMP 2.38			2,2106
53.	AMP 2.0			2,2092
54.	AMP 2.19			2,2040
55.	SKW 114x118			2,0134
56.	KSG 27 Premium GT			1,9664
57.	KSG 21 Premium GT			1,9439
58.	SKW 78x140			1,8570

## Wskazówki dotyczące doboru kolektorów

Tak jak to zostało wcześniej pokazane, wysoka sprawność optyczna nie gwarantuje najwyższych możliwych uzysków energii. Parametr ten opisuje możliwą sprawność kolektora w sytuacji gdy różnica między temperaturą otoczeniem, a średnią temperaturą czynnika w kolektorze wynosi  $0^{\circ}\text{C}$ . Innymi słowy opisuje sytuacje w której kolektor nie wykazuje strat energii ze względu na różnice temperatur otoczenia i czynnika roboczego. W praktyce taka sytuacja zdarza się niezmiernie rzadko, o ile w ogóle. Ujmując to jeszcze inaczej sprawność optyczną można traktować jako maksymalną, możliwą do uzyskania sprawność kolektora. Jak pokazała analiza miesięcznego współczynnika jakości energetycznej  $F$ , realna sprawność kolektora jest znacznie niższa niż jego sprawność optyczna. Na co więc zwracać uwagę przy wyborze kolektora? Odpowiedź na to pytanie nie jest tak prosta jakby można było tego oczekiwać, ponieważ na działanie kolektora, a tym bardziej całej instalacji solarnej wpływa naprawdę dużo czynników. Z certyfikatów Solar KeyMark, oprócz sprawności optycznej można także między innymi odczytać wielkość tzw. współczynników strat  $a_1$  oraz  $a_2$ . Są to dość istotne parametry, gdyż wpływają na to o ile zmniejszy się sprawność kolektora, jeżeli występuje (a występuje zawsze) różnica między temperaturą otoczenia, a temperaturą czynnika roboczego w kolektorze. Z postaci matematycznej opisująca krzywą sprawności kolektora przy wspomnianej różnicy temperatur wynika, że współczynniki te powinny być jak najmniejsze.

Innym parametrem pomagającym dobrać kolektor powinna być temperatura stagnacji. Szukając informacji na jej temat można natknąć się na dwie skrajne opinie ([7]) – im większa temperatura stagnacji tym lepiej, lub wręcz przeciwnie, im mniejsza tym lepiej. Prawdziwym stwierdzeniem jest jednak to pierwsze. Parametr ten opisuje maksymalną temperaturę jaką osiągnie absorber kolektora przy barku odbiorów ciepła. Gdy temperatura ta jest osiągnięta, następuje stan równowagi – absorber oddaje ciepło do otoczenia, w takim samym tempie, w jakim je uzyskuje pochłaniając promieniowanie słoneczne. Wynika z tego, że kolektor o wyższej temperaturze stagnacji, może pochłonąć więcej energii niż kolektor o niższej, co z kolei oznacza, że charakteryzuje się mniejszymi stratami ciepła.

Osobnym zagadnieniem jest strona ekonomiczna zakupu kolektora. Jak zostało to zaprezentowane w niniejszym raporcie niektóre kolektory są do siebie mocno zbliżone efektywnością. Jeżeli kolektory potencjalnie brane pod uwagę charakteryzują się taką zależnością, przy czym ten minimalnie bardziej efektywny jest znacznie droższy, warto rozważyć zakup tańszego.

Istotnym zagadnieniem jest także montaż kolektorów. W niniejszym raporcie założono kąt montażu równy  $45^{\circ}$ , ze względu na często spotykaną praktykę monterską. Jednak w zależności od pory roku kąt, przy jakim kolektor miałby najwyższe uzyski jest inny. Wydawać się mogłoby, że najlepszym rozwiązaniem jest montaż układu nadążnego, podobnego do tego jaki zdarza się spotykać przy instalacjach fotowoltaicznych. Układ taki automatycznie poruszałby kolektorem i ustawiał go w pozycji gwarantującej największą efektywność. W praktyce koszt takie rozwiązania znacznie przewyższałby zyski wynikające z bardziej efektywnego działania kolektora. Optymalnym rozwiązaniem wydaje się montaż kolektora na stałe w jednej pozycji. Przy wyborze kąta i kierunku w jakim zwrócony jest kolektor powinno się jednak uwzględnić także otoczenie w jakim ma być zamontowany, a w przypadku pól kolektorów także cień jaki jest rzucający przez same kolektory. Przy wyborze miejsca montażu kolektorów najlepiej wybrać miejsce jak najmocniej nasłonecznione, które nie jest, choćby czasowo osłonięte cieniem rzucający przez pobliskie obiekty. Dla pól kolektorów ustawionych w kilku rzędach, może zdarzyć się sytuacja, w której jeden rząd rzuca cień na pozostałe kolektory obniżając ich efektywność. W takim przypadku warto rozważyć zmianę kąta montażu kolektorów, nawet na mniej korzystny, a jednocześnie poprawić efektywność całej instalacji po przez unikanie częściowego zacienienia kolektorów. Oprócz zacienienia, kolektory należy montować możliwe blisko budynku, a wręcz zasobnika ciepłej wody użytkowej. Duże straty pozyskanej przez kolektor energii słonecznej (zamienionej w ciepło) pojawiają się w trakcie przesyłu, szczególnie przy źle wykonanej izolacji cieplnej rur przesyłowych. Dlatego dość istotne jest zwracanie uwagi na izolowanie każdego, nawet zakończonego ślepo (króćce) elementu instalacji solarnej. Jednak zagadnienie odpowiedniego montażu i optymalnego działania całej instalacji solarnej wykracza poza ramy tego dokumentu.

Warto poświęcić jeszcze chwilę uwagi rozmiarowy kolektora. Jak widać po wynikach przygotowanej analizy, duży rozmiar kolektora nie gwarantuje największej efektywności. Oczywiście obliczony w niniejszym raporcie współczynnik jakości F odnoszony jest do 1 m<sup>2</sup> powierzchni kolektora, co oznacza, że kolektor o większej powierzchni dostarczy więcej ciepła od kolektora o powierzchni mniejszej. Ponadto kolektor o znacznie większej powierzchni zazwyczaj charakteryzuje się też lepszym stosunkiem powierzchni apertury do powierzchni brutto, co przekłada się na (tak naprawdę minimalną) oszczędność miejsca. Większa rola odgrywa tutaj ekonomia przedsięwzięcia. Przy wyborze wielkości doborze kolektora nie należy kierować się marketingowym wydźwiękiem liczby m<sup>2</sup> jakie zajmuje kolektor, ale chłodną kalkulacją ekonomiczną, a także kalkulacją zapotrzebowania na ciepło w danym obiekcie.

## Literatura

[1] PN-EN 12975-2:2007 „Słoneczne systemy grzewcze i ich elementy -- Kolektory słoneczne -- Część 2: Metody badań”

[2] <http://www.liquimondo.nl/materialy/sprawnosci-kolektorow-slonecznych> (dostęp 31.05.2017)

[3] <http://www.instalacjebudowlane.pl/6404-23-55-parametry-wydajnosci-kolektorow-slonecznych.html> (dostęp 27.05.2017)

[4] [http://mib.gov.pl/2-Wskazniki\\_emisji\\_wartosci\\_opalowe\\_paliwa.htm](http://mib.gov.pl/2-Wskazniki_emisji_wartosci_opalowe_paliwa.htm) (dostęp 31.05.2017)

[5] [http://www.estif.org/solarkeymark/Links/Internal\\_links/AENOR/078-000194.pdf](http://www.estif.org/solarkeymark/Links/Internal_links/AENOR/078-000194.pdf) (dostęp 27.05.2017)

[6] [http://www.estif.org/solarkeymark/Links/Internal\\_links/AENOR/078-000205.pdf](http://www.estif.org/solarkeymark/Links/Internal_links/AENOR/078-000205.pdf) (dostęp 27.05.2017)

[7] Adolf Mirowski *Podręcznik dobrych praktyk w zakresie doboru i wykorzystania odnawialnych źródeł energii oraz likwidacji niskiej emisji. Poradnik doradcy technicznego inwestora*. Wydanie I. Kraków 2015