

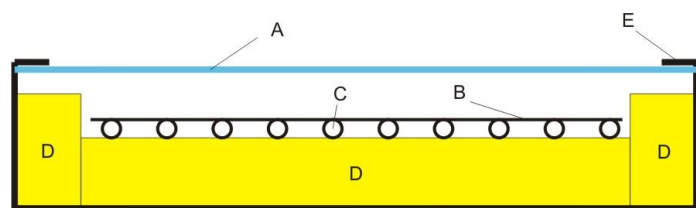
Ocena przydatności kolektorów słonecznych na podstawie własnych doświadczeń eksploatacyjnych.

Część 1. Kolektory płaskie

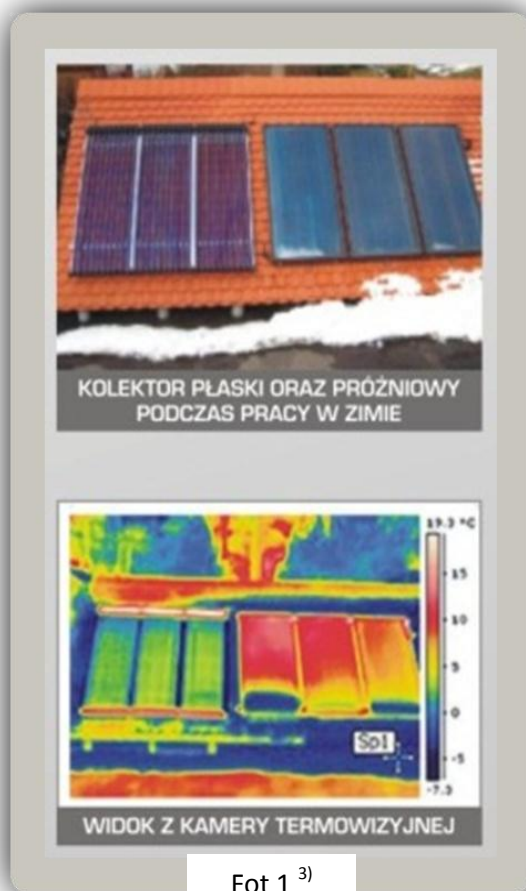
Kolektory słoneczne w coraz bardziej zauważalny sposób pojawiają się na budynkach mieszkalnych oraz na budynkach użyteczności publicznej. Tak jak w każdej nowo rozwijającej się branży również w branży kolektorów termicznych pojawiło się wiele rozwiązań, z których część można w chwili obecnej poddać ocenie z uwagi na wnioski płynące z ich użytkowania.

Najstarszym historycznie urządzeniem stosowanym do dnia dzisiejszego jest kolektor płaski. Znakomita większość tych urządzeń posiada prostą budowę składającą się z następujących podstawowych elementów (Rys. 1):

- A) szyby,
- B) absorbera,
- C) rur kapilarnych oraz szyn zbiorczych lub rur meandrujących,
- D) izolacji,
- E) ramy aluminiowej.

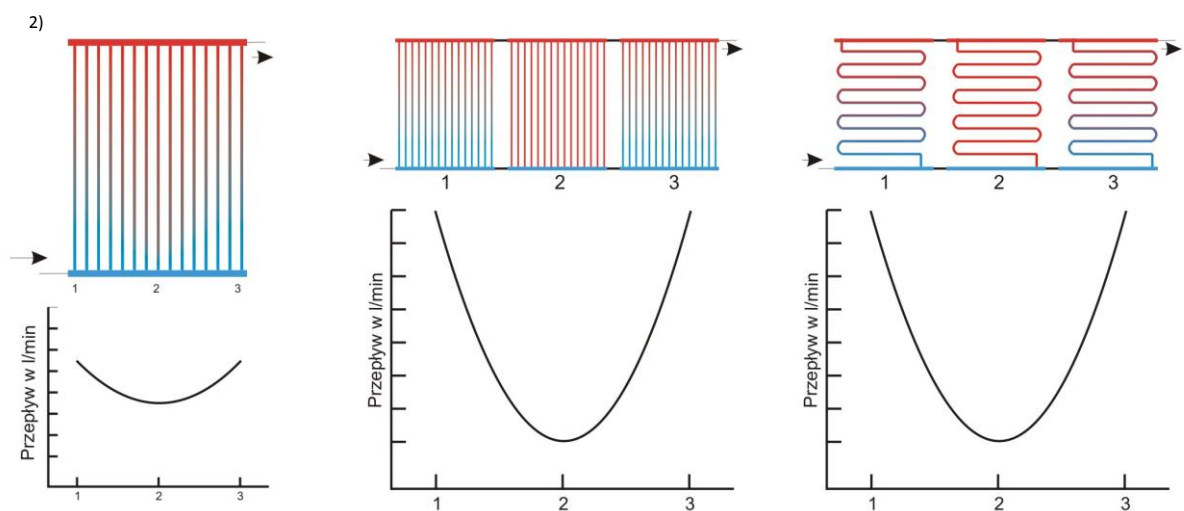


Rys. 1. Uproszczony schemat ideowy kolektora płaskiego ¹⁾

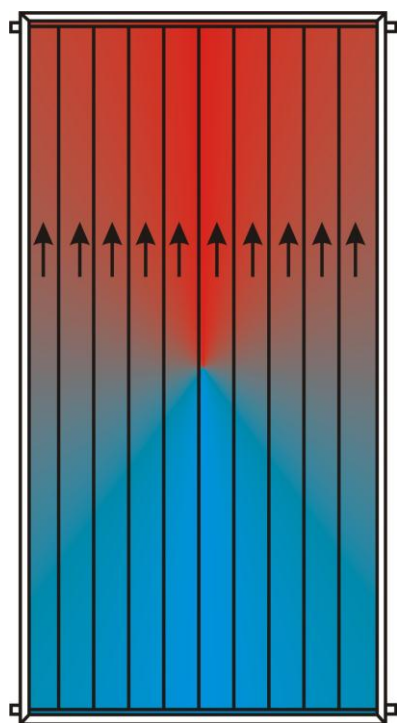


Fot 1 ³⁾

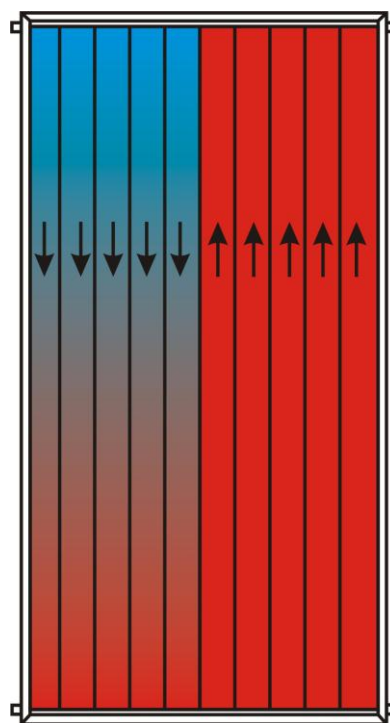
We wszystkich kolektorach tej kategorii stosuje się zasadę odbioru ciepła opartą na przepływie bezpośrednim. Przedstawia to fotografia (Fot 1.) uzyskana z kamery termowizyjnej dla przepływu w układzie harfowym (widzimy trzy kolektory płaskie połączone w sposób równoległy). Z uwagi na prawa przepływu cieczy w naczyniach połączonych, dwa skrajne kolektory płaskie wykazują szybszy przepływ czynnika grzewczego niż w przypadku kolektora środkowego. W instalacjach z kolektorami płaskimi ten rodzaj budowy generuje zmniejszenie wielkości odbioru ciepła w środkowych kolektorach grupy przez co obniża sprawność całej instalacji. Różnica wielkości przepływu pomiędzy skrajnymi kolektorami a środkowymi jest zazwyczaj znaczna i stanowi na dużych instalacjach często dziesięciokrotną różnicę²⁾ (Rys. 2 - 4).



Warto w tym miejscu przytoczyć kilka zdań na temat przydatności oraz sensu porównawczego stosowania wskaźników prezentowanych w certyfikatach jakościowych typu np. Solar Keymark. Certyfikat ten określa na podstawie normatywu EN 12975-1 oraz EN 12975-2 między innymi wskaźniki sprawnościowe pojedynczego kolektora słonecznego. Proste przeliczenie uzysku pojedynczego kolektora słonecznego na uzysk dużej instalacji (uzysk instalacji z kolektorem płaskim = uzysk jednego kolektora pomnożona przez ilość kolektorów instalacji) jest z całą pewnością niezgodne z rzeczywistością z uwagi na przykładowy fakt nierównomiernego przepływu w kolektorach słonecznych tego typu.



Rys. 5. Kolektor typu harfa ¹⁾



Rys. 6. Kolektor typu podwójna harfa ¹⁾

Konstrukcję tę starano się poprawić wprowadzając tzw. harfę podwójną (Rys. 6). Zamiast jednokierunkowego przepływu w kolektorze wprowadzono przeciwbieżny. Z jednej strony takie rozwiązanie wpływa na bardziej równomierny przepływ, z drugiej jednak prowadzi do trudności w odpowietrzaniu instalacji w szczególności dużych instalacji oraz większymi oporami przepływu co generuje wymóg stosowania większych pomp oraz podwyższa koszt użytkowania dla inwestora. Nie zmienia to jednak faktu nierównomiernego przepływu w poszczególnych kolektorach baterii danej instalacji (Rys 3.).

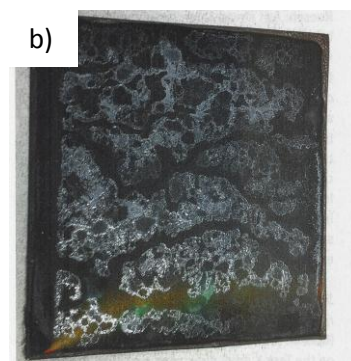
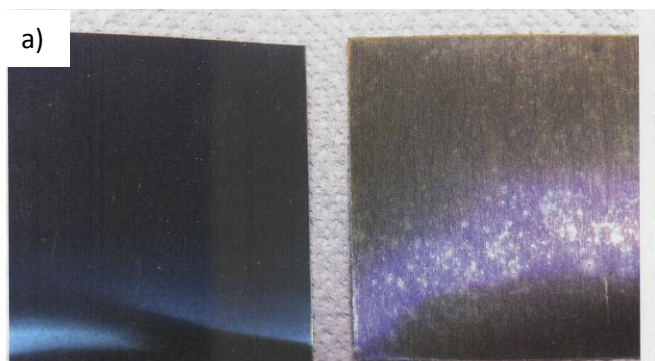
Innym rozwiązaniem bazującym na technologii bezpośredniego przepływu jest kolektor płaski typu meander tj.: z rurą odbierającą ciepło prowadzoną meandrycznie pod powierzchnią absorbera. Jest to konstrukcja zapobiegająca nierównomiernemu przepływowi przez co odbiór ciepła z kolektora słonecznego jest równomierny na całej powierzchni absorbera. Tak jak w przypadku kolektorów z tzn.: „podwójną harfą” charakteryzują go zwiększone opory przepływu oraz zwiększona trudność w odpowietrzaniu instalacji. Podobnie jak w przypadku kolektora z podwójną harfą nie eliminuje to zjawiska nierównomiernego przepływu w poszczególnych kolektorach baterii danej instalacji (Rys. 4).

Wspólną wadą kolektorów płaskich jest brak hermetyczności wnętrza kolektora dodatkowo wręcz wymuszonej otworami wentylacyjnymi w celu odprowadzenia kondensatu pary wodnej zawartej w powietrzu. Kolektor płaski podlega całodobowym cyklom zasysania powietrza i pary wodnej oraz ich wydzielania. Jest to związane z rosnącą temperaturą kolektora w trakcie dnia oraz spadającą temperaturą w nocy. Wzrost objętości powietrza i pary wodnej wraz ze wzrostem temperatury wymusza niehermetyczny charakter budowy kolektora płaskiego (przy szczelnym zamknięciu kolektor przy wzroście temperatury zostałby rozerwany). Wzrost temperatury generuje również odparowanie pary wodnej w kolektorze, która gromadzi się podczas fazy skraplania w nocy. Skropliny osadzają się na absorberze oraz na szybie kolektora. W dzień przy wzroście temperatury skropliny parują i początkowo osadzają się na szybie kolektora płaskiego. Jest to zjawisko powszechne i częste. Zaparowanie szyby oraz absorbera w znaczący sposób obniża sprawność kolektora płaskiego. Całą sytuację pogarsza fakt dostawania się do wnętrza kolektora płaskiego mikro zanieczyszczeń (np.: pyłków, kurzu, składników dymu itd.), które osadzają się na absorberze oraz szybie kolektora. Prowadzi to do powstawania filmu blokującego promieniowanie słoneczne, które w ograniczonej ilości lub w skrajnych przypadkach nie przedostaje się do absorbera. Producenci kolektorów płaskich w większości przypadków starają się przynajmniej częściowo ukryć to zjawisko przez masowo stosowane szyby pryzmatycznej, a użytkownik nie znający problemu nie jest w stanie wytłumaczyć spadku sprawności jego instalacji. Wymuszanie cyrkulacji poprzez stosowanie otworów wentylacyjnych w ramie kolektora płaskiego prowadzi do generowania dodatkowych strat ciepła, schładzania kolektora i zwiększonego dostawania się mikro zanieczyszczeń z atmosfery. Wada tej konstrukcji wydaje się mieć charakter genetyczny / funkcjonalny i niemożliwy do usunięcia.



Fot. 2. Fotografie a – c są przykładem zaporowanych kolektorów płaskich, dla których wykonano zdjęcia w godzinach popołudniowych na typowych instalacjach indywidualnych ¹⁾.

Wszystkie kolektory płaskie posiadają absorbery działające w obszarze podwyższonych temperatur, pary wodnej oraz powietrza. Im wyższa temperatura kolektora tym większe prawdopodobieństwo uszkodzenia absorbera. Poniżej przedstawiamy fotografie z testów absorberów skierowanych na określenie wytrzymałości poszczególnych typów powłok absorpcyjnych.

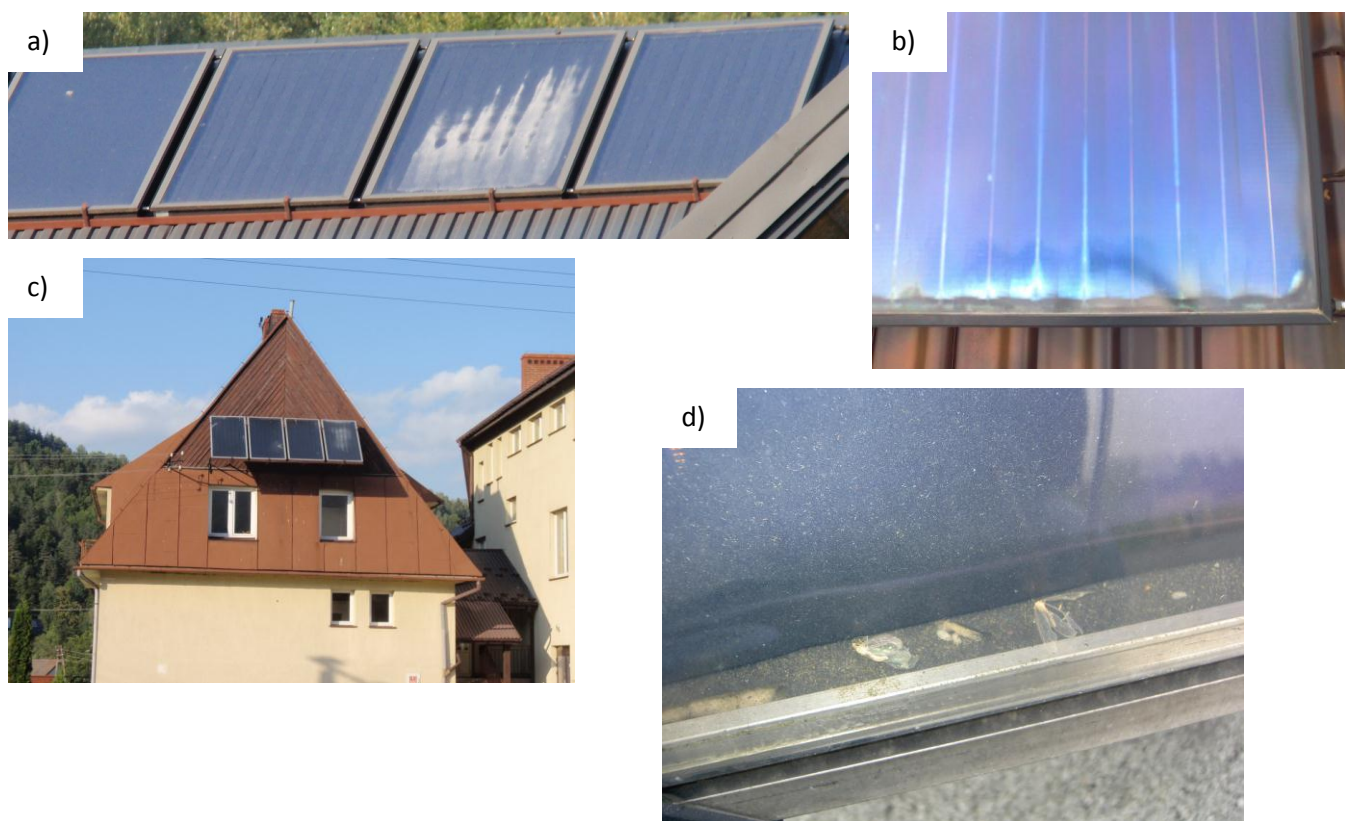


Fot. 3. Fotograficzna dokumentacja wpływu temperatury na trwałość absorberów stosowanych w konwencjonalnych rozwiązaniach kolektorów płaskich na podstawie publikacji: F. Ruesch: Sun & Wind Energy, 2012, 6, 66-69 ⁴⁾.

Pierwsza z fotografii (3a) przedstawia absorber typu TINOX po ekspozycji na działania wysokich temperatur (sytuacje stagnacji kolektora). Druga z fotografii (3b) przedstawia absorber aluminiowy po ekspozycji na kondensat pary wodnej.

Ekspozycja na działanie czynników atmosferycznych i wpływ tych czynników na absorber kolektora płaskiego wydają się być kolejnym podstawowym problemem takiej konstrukcji. Paradoksalnie zwiększanie parametrów sprawnościowych kolektora płaskiego prowadzą do jego wyższych temperatur stagnacyjnych przez co zwiększane jest prawdopodobieństwo uszkodzeń absorbera w trakcie eksploatacji poprzez reakcje chemiczne z mieszaniną powietrza, pary wodnej i innych mikro drobin (np.: pyłów, pyłku roślinnego, aerozoli, bakterii, zarodników grzybów, roztoczy, owadów itd.),

które zasysane są do objętości wewnętrznej kolektora podczas cyklu dzień-noc. Poniżej przedstawiamy fotografie z przykładowych, typowych instalacji, na których wystąpiły uszkodzenia absorbera wynikające z działania wcześniej wymienionych czynników



Fot. 4. Dokumentacja fotograficzna typowych przypadków uszkodzenia absorbera na skutek działania czynników temperaturowych oraz składników powietrza atmosferycznego ¹⁾, gdzie: a) widok baterii z ewidentnie uszkodzonym absorberem (drugi z prawej strony) i absorberem w początkowej fazie destrukcji (pierwszy z lewej), b) widok kolektora z głęboko posuniętą destrukcją absorbera, c) widok na baterię kolektorów z zaawansowaną (pierwszy z prawej) i początkową (drugi z lewej) fazą destrukcji absorberów, d) widok owadów we wnętrzu kolektora płaskiego.

Bezpośredni przepływ czynnika odbierającego ciepło z kolektorów płaskich generuje kolejny problem: zapiekanie się glikolu w sytuacjach awaryjnych (przegrzewy). Kolektory płaskie wykazują temperatury stagnacyjne na poziomie dochodzącym do ponad 200 °C. Na przykład Centrum Energii Słonecznej w Danii oraz Duński Instytut Technologiczny wykazały, że przy temperaturach nie przekraczających 180 C glikol oraz dodatki w nim zawarte trwale zapiekają się w rurach kapilarnych (średnica 3-10mm) kolektorów ⁵⁾. Co ważne raport jednoznacznie stwierdza powstawanie tego typu blokad w fazie gazowej (para wodna miesza się dyfuzyjnie z oparami glikoli i dodatkami antykorozyjnymi) przy udziale katalizatora jakim jest miedź lub aluminium. Wykazano, że odwracanie kolektorów „do góry nogami” poza chwytem marketingowym nic nie zmienia z uwagi właśnie na występowanie krystalizacji w fazie gazowej. Dla uproszczenia sytuację można porównać do żył i odkładającego się w nich „złego” cholesterolu w organizmie człowieka. Problem zwiększa się z upływem czasu eksploatacji, a czynnikiem przyspieszającym blokowanie rur kolektora jest temperatura (im wyższa tym szybciej następuje blokada).

Szukając zalet konstrukcji kolektora płaskiego należy zauważyć jego niższą cenę w porównaniu z bardziej zaawansowanymi technicznie kolektorami słonecznymi (Tabela). Z uwagi jednak na to, że kolektor słoneczny stanowi jedynie część instalacji, jego udział w koszcie całkowitym instalacji jest

stosunkowo niewielki i sięga ok. 10-20% wartości instalacji z montażem „pod klucz”. Stąd czas zwrotu z instalacji z kolektorami płaskimi jest dłuższy niż np. z takiej samej instalacji z kolektorami próżniowymi. Teoretyczna zaleta polegająca na niższym początkowym koszcie inwestycyjnym przeradza się w kolejną wadę polegającą na dłuższym czasie zwrotu całej inwestycji.

Tabela. Przykładowe wady i zalety kolektora płaskiego ¹⁻⁵⁾

Wady	Zalety
Brak hermetyczności	Prosta nieskomplikowana budowa
Strata ciepła na odparowanie kondensatu przy porannym starcie kolektora	Wysoka sprawność teoretyczna sięgająca nawet do około 84%
Późniejszy niż w kolektorach próżniowych start z uwagi na konieczność pokonania wyższych strat własnych	Niższy koszt budowy w porównaniu do kolektora próżniowego
Brak izolacji od strony szyby osłonowej – istotne straty ciepła	
Postępujące narastanie filtra optycznego na wewnętrznej powierzchni szyby osłonowej i powierzchni absorbera w postaci warstwy pozostawionego po odparowaniu kondensatu pyłu zawieszonego – istotna utrata sprawności kolektora w trakcie wieloletniej eksploatacji	
Wywołanie dodatkowej konwekcyjnej straty ciepła w wyniku zastosowania otworów wentylacyjnych w dolnej oraz górnej części obudowy	
Degradujący warstwy absorpcyjne wpływ warunków atmosferycznych: zmiany temperatury, wilgotności i naprężenia materiałowe	
Brak odporności kolektora na schładzający jego powierzchnię wpływ wiatru już powyżej 4 m/s	
Brak zdolności skutecznego wytworzenia ciepła w warunkach niskiego nasłonecznienia (poniżej 300 W/m ²) i jednocześnie temperatur otoczenia poniżej około 8 °C (straty własne przekraczają chwilową moc kolektora)	
Najniższa w grupie kolektorów fototermicznych średnioroczna sprawność w warunkach polskiego położenia i klimatu	
Płaski absorber – brak zjawiska „biernego podążania za słońcem”	
Duże obciążenia aerodynamiczne dla kolektorów stawianych na powierzchniach płaskich	

Materiał źródłowy:

- 1) Materiały własne
- 2) NASA Technical Memorandum – Analysis of a solar collector field water flow network
- 3) Opracowano na podstawie materiałów informacyjnych firmy Depsol
- 4) Sun and Wind Energy Magazine
- 5) S. Wedel, E. Bezzel: Heat Transfer Fluids for Solar DHW Systems, Solar Energy Center Denmark, Danish Technological Institute, 2000 (ISBN 87-7756-585-1, ISSN 1600-3780)