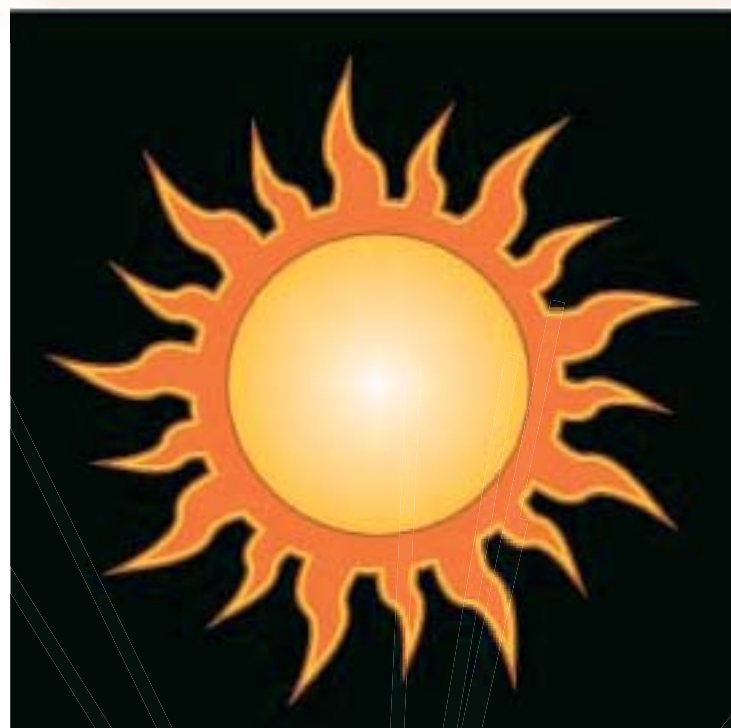


MIEDŹ

m ą d r y
w y b ó r



**Miedziane
solarne
systemy
grzewcze**

Miedziane solarne systemy grzewcze

Spis treści

Wstęp	1
Słońce jako źródło energii	1
Kolektory słoneczne	3
Kolektor słoneczny płaski	3
Kolektory próżniowo-rurowe	3
Zasada pozyskiwania energii słonecznej dla celów grzewczych	4
Powierzchnia kolektora płaskiego	4
Konfiguracje kolektorów	4
Słoneczne systemy grzewcze	5
Instalacja solarna z obiegiem wymuszonym	5
Zbiorniki akumulacyjne	5
Naczynie wzbiorcze	6
Zbiornik kompensacyjny w systemie "drain-back"	6
Pompy cyrkulacyjne	7
Zawory	7
Obwód pierwotny z zewnętrznym wymiennikiem ciepła	7
Ogrzewanie wspomagające	7
Sterowanie – obieg wymuszony	7
Zasada działania układu regulacji	8
Obieg pośredni wymuszony z wymiennikiem ciepła umieszczonym w zasobniku	8
Instalacja rurowa	9
Rury i osprzęt z miedzi	9
Łączenie rur miedzianych	9
Projektowanie systemu	10
Planowanie	10
Lista kontrolna projektu instalacji	10
Zużycie ciepłej wody użytkowej	10
Dane meteorologiczne	10
Orientacja i nachylenie kolektora	11
Wizja lokalna	11
Wymiarowanie instalacji solarnych	12
Wymiarowanie kolektorów	12
Wymiarowanie zbiornika akumulacyjnego	12
Strata ciśnienia w kolektorach płaskich	12
Strata ciśnienia w instalacji rurowej	12
Strata ciśnienia w wymiennikach ciepła	13
Straty ciśnienia na osprzęcie i innych elementach	13
Wymiarowanie i dobór pomp	13
Wymiarowanie wymienników ciepła	14
Wymiarowanie naczyń wzbiorczych	14
Uwagi ogólne	14
Podsumowanie	15
Załącznik A - Legionella	15

Wstęp

Niniejsza publikacja przedstawia w skrócie proces projektowania i montażu miedzianych solarnych instalacji grzewczych. Publikacja ta nie stanowi poradnika dla projektantów ani też alternatywy dla kursów szkoleniowych prowadzonych przez akredytowane organy kwalifikujące.

Projektanci i instalatorzy solarnych instalacji grzewczych muszą posiadać odpowiednie kwalifikacje i przejść stosowne szkolenie.

K	stopień (jednostka temperatury)
C	stopień (jednostka temperatury)
m	metr
a	annum (rok)
W	wat
kWh	kilowatogodzina
J	dżul
gtoe	gigatona ekwiwalentu ropy

Słońce jako źródło energii

Źródła energii pierwotnej można podzielić na źródła odnawialne i nieodnawialne.

Energia źródeł pierwotnych jest przekształcana na energię pośrednią, głównie paliw i energię elektryczną. Globalny uzysk z transformacji energii jest bardzo niski, rzędu 2,5%. Oznacza to, że 97,5% energii pierwotnej nie zostaje spożytkowane przez człowieka, lecz jest po prostu zwracane przyrodzie.

Światowa roczna konsumpcja energii wynosi 9gtoe (gigaton ekwiwalentu ropy). Dostępne zasoby węgla wynoszą 800gtoe, podczas gdy promieniowanie słoneczne dostarcza 25 000gtoe. Zdrowy rozsądek wskazuje, więc aby wykorzystywać dostępną energię słoneczną zachowując cenne zasoby nieodnawialne.

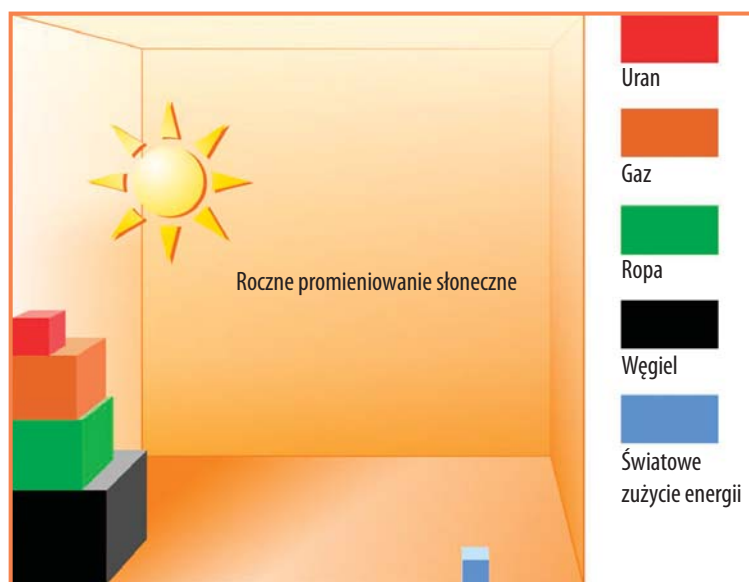
Słońce jest w ludzkich kategoriach, niewyczerpalnym źródłem energii. Może być traktowane jako ciało doskonale czarne o temperaturze 5777K (1 stopień Kelvina = 1 stopniowi Celsjusza, 0°C = 273K), co oznacza energię 1367 W/m².

Ruch obrotowy ziemi oraz względny ruch ziemi względem słońca wyjaśnia położenia, jakie słońce przyjmuje dla obserwatora na ziemi. W celu właściwego usytuowania instalacji solarnej konieczna jest znajomość terminologii dotyczącej najważniejszych kątów opisujących położenie słońca i pozycjonowanie kolektorów. Słońce zawsze porusza się względem kolektora, jego położenie określają azymut i wysokość. Ogólnie, w celu uzyskania optymalnego napromieniowania, kolektor powinien być zwrócony na południe i nachylony pod kątem równym szerokości geograficznej miejsca zainstalowania. Jednakże, gdy energia promieniowania słonecznego jest rozpraszana przez chmury, zmniejszenie kąta nachylenia nie powoduje znaczących strat.

Gdy promieniowanie słoneczne przechodzi przez atmosferę jego kierunek i natężenie ulegają zmianom w wyniku oddziaływania ze składnikami atmosfery. Istnieją dwa zasadnicze typy tych oddziaływań: pochłanianie i rozpraszanie.

Pochłanianie (absorpcja)

Duże (w stosunku do długości fali promieniowania słonecznego) składniki atmosfery mogą całkowicie pochłaniać padające na nie promieniowanie zmniejszając tym samym jego natężenie. Z drugiej strony, w wyniku wzrostu temperatury składników atmosfery, zwiększa się ich energia wewnętrzna i stają się one emiterami długofalowego promieniowania, które przyczynia się do zwiększenia wypadkowego promieniowania rozproszonego.



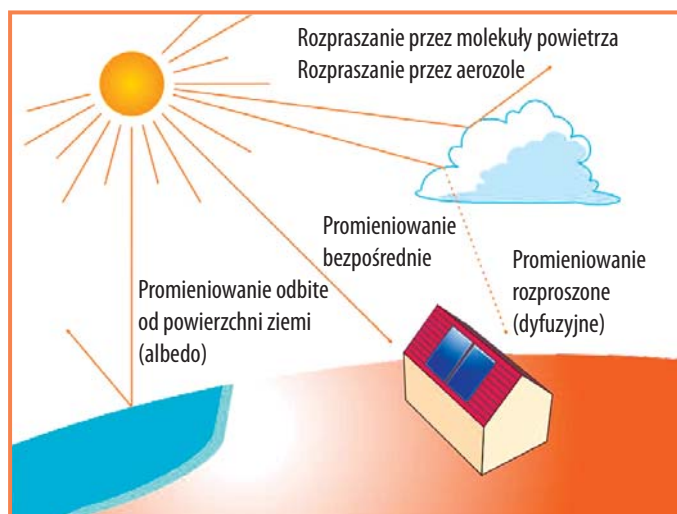
Rys. 1. Światowe rezerwy energii pierwotnej

Rozpraszanie (dyfuzja)

Składniki o mniejszych rozmiarach (np. molekuly powietrza) powodują zmiany kierunku wiązki promieniowania i jej rozpraszanie, a tym samym powstawanie promieniowania dyfuzyjnego, które dociera do nas z dowolnego punktu sfery niebieskiej (p. Rys. 2).

Jak z tego widać promieniowanie słoneczne docierające do kolektora zawiera następujące składowe:

- składowa bezpośrednia, dochodząca od tarczy słonecznej bez zmiany kierunku
- składowa rozproszona (dyfuzyjna) która dochodzi z całej sfery niebieskiej
- składowa odbita dochodząca od powierzchni ziemi w wyniku odbicia składowej bezpośredniej i rozproszonej.

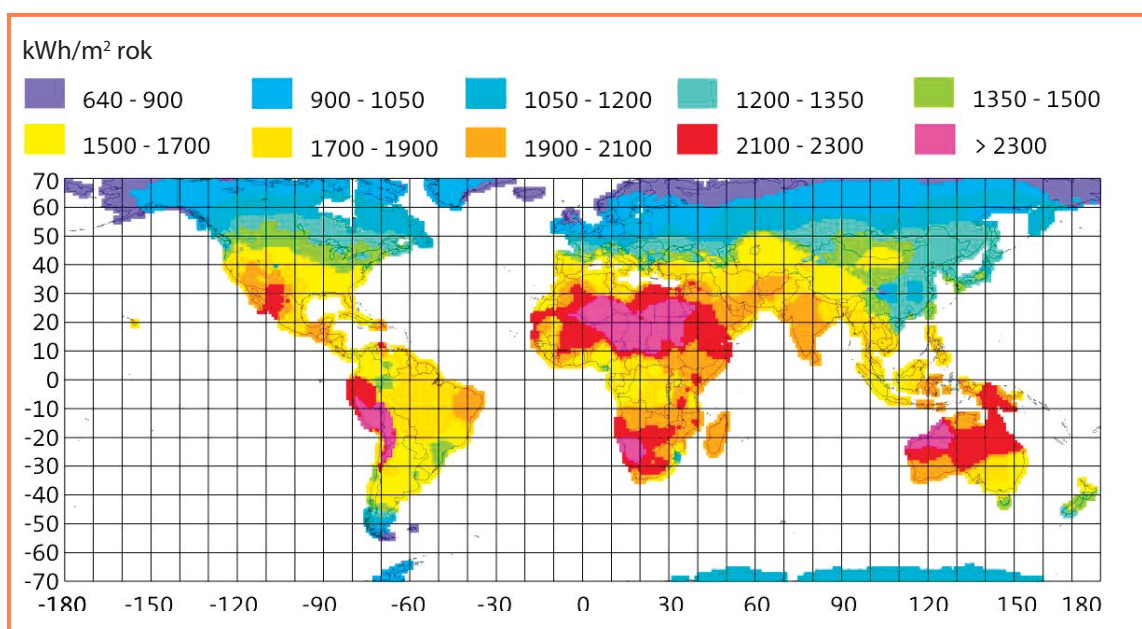


Rys. 2. Oddziaływanie promieniowania słonecznego z atmosferą ziemską

(Uwaga: Solarne instalacje grzewcze bez koncentracji wykorzystują promieniowanie bezpośrednie, rozproszone i składowe odbite promieniowania słonecznego. Modele z koncentracją wykorzystują tylko składową bezpośrednią.)

W pogodne dni poziom natężenia promieniowania jest bardzo wysoki i może osiągać 800 do 1000 W/m², podczas gdy przy całkowitym zachmurzeniu wynosi zaledwie 200 W/m² lub mniej. Pory roku mają wpływ na poziom natężenia promieniowania. Natężenie promieniowania słonecznego jest to moc promieniowania słonecznego na jednostkę powierzchni, wyrażona w W/m². Irradiancja słoneczna jest to energia promieniowania słonecznego w danym okresie czasu wyrażona w J/m² lub w kWh/m². W pogodne letnie dni poziom irradancji w Wielkiej Brytanii może wynosić do 6 kWh/m² (p. Rys. 3).

Wartość dostępnej energii słonecznej różni się w zależności od położenia geograficznego oraz podlega zmianom w ciągu roku. Na równikowych obszarach pustynnych zanotowano roczne poziomy napromieniowania słonecznego do 2200 kWh/m²rok. Jest to prawie dwukrotna wartość średniej rocznej dla Europy Środkowej. W Wielkiej Brytanii wartości te wahają się od 850 do 1200 kWh/m²rok.



Rys. 3. Średnie roczne poziomy napromieniowania słonecznego

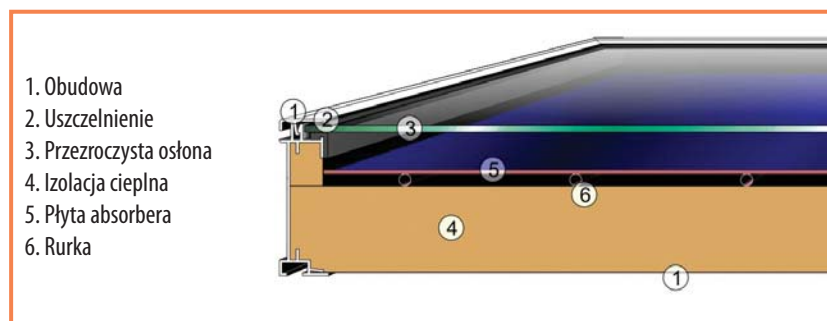
Kolektory słoneczne

Słoneczny kolektor grzewczy jest urządzeniem, które przekształca energię promieniowania słonecznego na wewnętrzną energię cieplną cieczy (zwykle wody) lub powietrza. Powinien przede wszystkim charakteryzować się długim czasem eksploatacji, rzędu kilkudziesięciu lat. Słoneczne kolektory grzewcze charakteryzują następujące własności:

- odporność na warunki środowiskowe
- odporność na wysokie i niskie temperatury
- stabilność i trwałość
- łatwość instalowania
- wydajność przetwarzania energii.

Normy:

- PN-EN 12975-1:2007 Słoneczne systemy grzewcze i ich elementy - Kolektory słoneczne - Część 1: Wymagania ogólne
- PN-EN 12975-2:2007 Słoneczne systemy grzewcze i ich elementy - Kolektory słoneczne - Część 2: Metody badań



Rys. 4. Budowa kolektora płaskiego

metalu i pokryta czarną farbą lub czarnym materiałem o dużym współczynniku absorpcji energii. Rury zawierają ciecz, która przenosi energię cieplną na zewnątrz kolektora (p. Rys. 4).

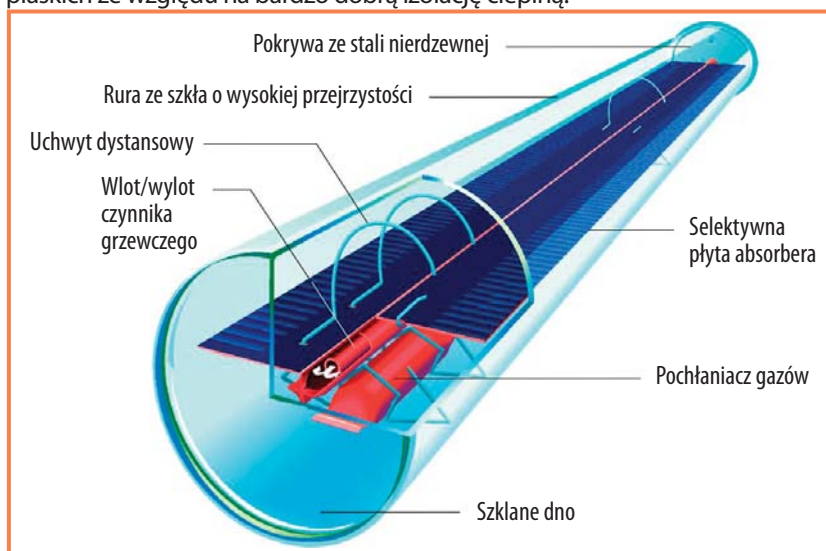
Kolektor słoneczny płaski

Kolektor tego typu składa się z obudowy, przezroczystej osłony, izolacji cieplnej płyty absorbera i rur. Przezroczysta osłona kolektora, przepuszczając do wnętrza większość promieniowania wytwarza ponad płytą absorbera efekt cieplarniany. Płyta absorbera przekształca energię promieniowania słonecznego na energię wewnętrzną cieczy. Płyta absorbera jest zwykle wykonana z

Kolektory próżniowo-rurowe

Zalety kolektorów próżniowo-rurowych

- Pozwalają uzyskać wyższe temperatury pracy niż kolektory płaskie. Wyższe temperatury mogą być korzystne w przypadku ciepła procesowego (np. w przemyśle lub solarnych systemów chłodzenia).
- Mniejsze straty ciepła niż w kolektorach płaskich ze względu na bardzo dobrą izolację cieplną.
- Większy uzysk energii niż z kolektorów płaskich przy tej samej powierzchni czynnej absorbera. Może to być korzystne w przypadku, gdy dysponowana powierzchnia instalacji jest mała. Jednak wyższy uzysk energii z rur próżniowych jest możliwy tylko przy wysokich temperaturach pracy.
- Zamknięta, zwarta budowa kolektora nie wymagająca użycia wewnętrznej izolacji; nie pozwala na przenikanie wilgoci i zanieczyszczeń do wnętrza kolektora, brak osadów powodowanych przez rozpraszanie wewnętrznej izolacji (p. Rys. 5).



Rys. 5. Budowa kolektora rurowo próżniowego

Wady kolektorów próżniowo-rurowych

- Wysoka temperatura stagnacji i odpowiadające temu wymagania dotyczące wszystkich materiałów zastosowanych w pobliżu zestawu kolektorów i instalacji czynnika przenoszącego ciepło.
- Znacznie wyższe koszty niż kolektorów płaskich. Wysoki koszt zwraca się tylko w zakresie temperatur niskich do średnich (np. solarne ogrzewanie c.u.w) niezależnie od wyższej sprawności i mniejszej powierzchni kolektora.
- Wyższy koszt ogrzewania solarne w zakresie średnich temperatur pracy ponieważ korzyści kosztowe uzyskuje się tylko przy wyższych temperaturach pracy.

Zasada pozyskiwania energii słonecznej dla celów grzewczych

Poniższy schemat wyjaśnia zasadnicze drogi wymiany energii w słonecznym kolektorze grzewczym (p. Rys. 6).

Straty optyczne:

W zależności od rodzaju zastosowanego szkła 4-6% promieniowania padającego na kolektor jest tracone z powodu odbicia. Jeżeli przezroczysta osłona jest wykonana z innego materiału niż szkło, udział odbitego promieniowania może się znacznie różnić.

Straty ciepłe:

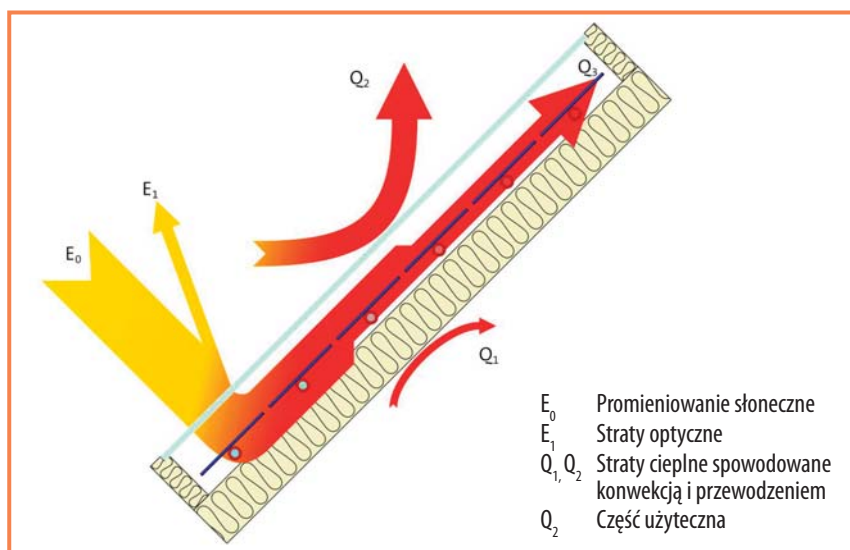
Największe straty ciepłe w kolektorze słonecznym następują/zachodzą poprzez jego przednią ścianę (przezroczysta osłona) i stanowią w przybliżeniu 80% całkowitych strat, pozostałe straty o utratę ciepła przez tylną ścianę i boki. Straty te zależą od zastosowanego materiału izolacyjnego oraz warunków otoczenia – temperatury i szybkości wiatru.

Powierzchnia kolektora płaskiego

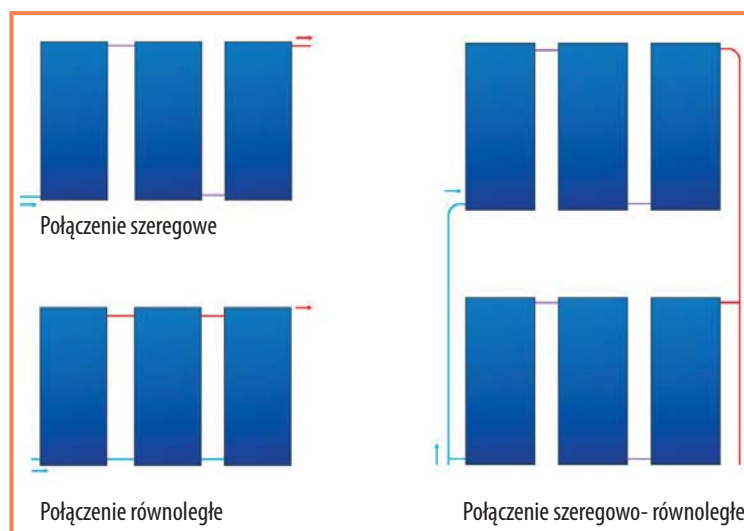
Wydajność kolektora słonecznego jest zwykle podawana dla określonej „powierzchni odniesienia”. Europejskie normy badania kolektorów (w Polsce: PN-EN 12975-2) zawierają odniesienie do powierzchni apertury (powierzchnia przenikana przez padające promieniowanie) jak również do powierzchni absorbera. Jest zatem istotne, aby w każdym przypadku jasno sprecyzować którą powierzchnię kolektora jest brana pod uwagę.

Konfiguracje kolektorów

Temperatury osiągane przy połączeniu „szeregowym” są wyższe (niższa sprawność energetyczna), wyższe są także straty ciśnienia. Niższe straty ciśnienia i mniejszą różnicę temperatur (wyższą sprawność energetyczną) można uzyskać przy połączeniu „równoległym”. Konfiguracja „szeregowo-równoległa” jest kombinacją obu wyżej wspomnianych połączeń (p. Rys. 7).



Rys. 6. Zasada pozyskiwania energii słonecznej dla celów grzewczych



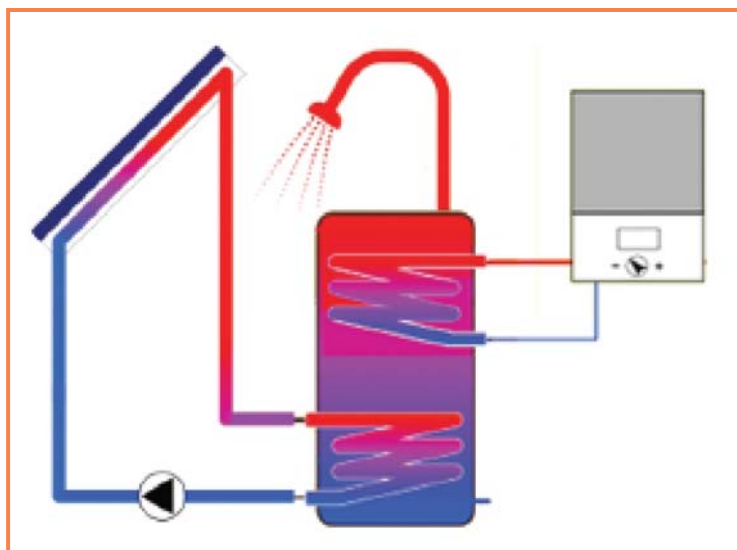
Rys. 7. Konfiguracje połączeń kolektorów

Słoneczne systemy grzewcze

Instalacja solarna z obiegiem wymuszonym

Rysunek przedstawia typową solarną instalację grzewczą dostarczającą ciepłą wodę dla gospodarstwa domowego. Jest to system pośredni zamknięty, z obiegiem wymuszonym przez pompę cyrkulacyjną. Płyn roboczy, który przepływa przez kolektory jest odseparowany od zasilania wody pitnej, co pozwala na stosowanie substancji przeciwdziałających zamarzaniu. Instalacja rurowa wraz z osprzętem między zbiornikiem akumulacyjnym a kolektorem może być rozwiązana dwojako:

- i) Powietrze zostaje całkowicie usunięte z instalacji przez roztwór niezamarzający, który normalnie znajduje się w kolektorze,
- ii) W instalacji pozostaje pewna ilość powietrza umożliwiając napełnienie kolektora w czasie działania pompy (p. Rys. 8).



Rys. 8. Obieg wymuszony

Zbiorniki akumulacyjne

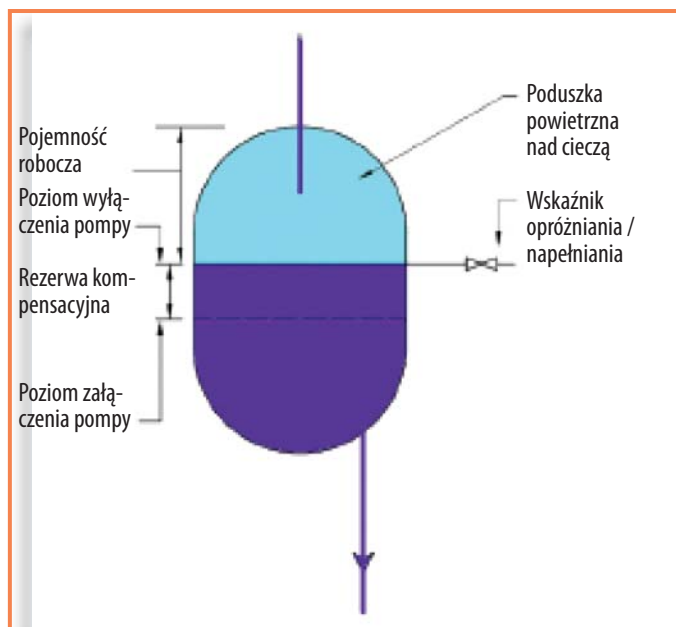
Słoneczna instalacja grzewcza wymaga elementu magazynującego energię, który oddziela zasilanie (słońce) od zapotrzebowania (poboru ciepłej wody w czasie wybranym przez użytkownika). Takim elementem słonecznej instalacji grzewczej jest zbiornik akumulacyjny, który umożliwia magazynowanie energii cieplnej przy możliwie najniższych stratach energii.

Najbardziej powszechnym rozwiązaniem jest zbiornik izolowany cieplnie, który może zawierać wymiennik ciepła. Najważniejszymi cechami zbiornika są jego wytrzymałość mechaniczna, trwałość oraz jakość izolacji. Kształt zbiornika, tj. stosunek wysokości do szerokości, ma silny wpływ na stratyfikację.

Prawidłowo zaprojektowany zbiornik akumulacyjny dla słonecznej instalacji grzewczej powinien pozwalać na występowanie stratyfikacji, to znaczy temperaturowego rozwarstwienia wody, co usprawnia działanie systemu. Główną zaletą stratyfikacji temperaturowej jest zwiększenie sprawności systemu spowodowane tym, że najcieplejsza woda znajduje się najwyżej położonej części zbiornika. Ta właśnie gorąca woda jest wykorzystywana, podczas gdy woda powrotna jest kierowana do kolektora. Zimna woda powrotna zwiększa sprawność kolektora.

Straty ciepła w słonecznym systemie grzewczym występują głównie w nocy, w zbiorniku akumulacyjnym, zatem konieczna jest jego dobra izolacja cieplna. Główne miejsca występowania strat ciepłych to połączenia rurowe i nieizolowane osłony metalowe. Znaczenie izolacji cieplnej zbiornika ukazuje poniższy przykład:

Straty z 300-litrowego zbiornika (typowa duża instalacja domowa), który nie jest prawidłowo izolowany mogą wynosić w przybliżeniu 1200kWh rocznie, co jest równoważne energii uzyskiwanej z co najmniej z 2m² powierzchni kolektora.

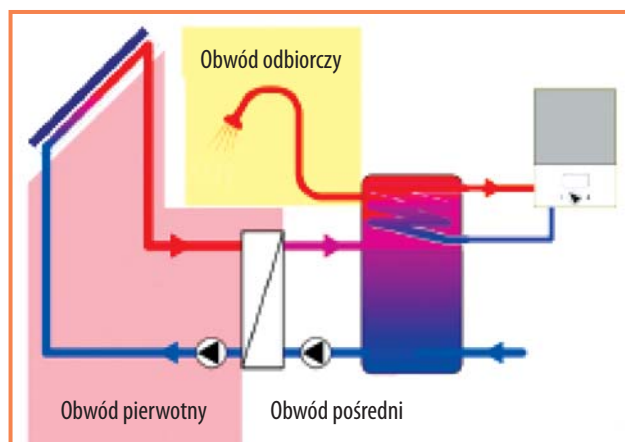


Rys. 9. Zbiornik kompensacyjny w systemie „drain-back”

Naczynie wzbiorcze

Naczynie wzbiorcze, niezbędny element instalacji zamkniętej, wyrównuje zmiany ciśnienia i objętości spowodowane zmianami temperatury i cyrkulacją cieczy w obwodzie zamkniętym. Zaleca się znaczne przewymiarowanie naczynia wzbiorczego. Naczynia o pojemności do 35l mogą być przyłączane bezpośrednio do instalacji rurowej; najkorzystniej, jeżeli dopływ jest przyłączony do górnej części naczynia. Większe naczynia wzbiorcze są zwykle wykonywane jako jednostki wolnostojące łączone z instalacją rurową w dolnej części naczynia.

Naczynie wzbiorcze jest to zbiornik podzielony elastyczną przeponą na dwie części. Po jednej stronie przepony znajduje się czynnik roboczy (zwykle mieszanina w stanie ciekłym środka przeciw zamarzaniu i wody) a po drugiej stronie znajduje się powietrze lub gaz obojętny pod ciśnieniem roboczym. Początkowa wartość ciśnienia jest ustawiana przez producenta i może być później dostosowana podczas instalowania.



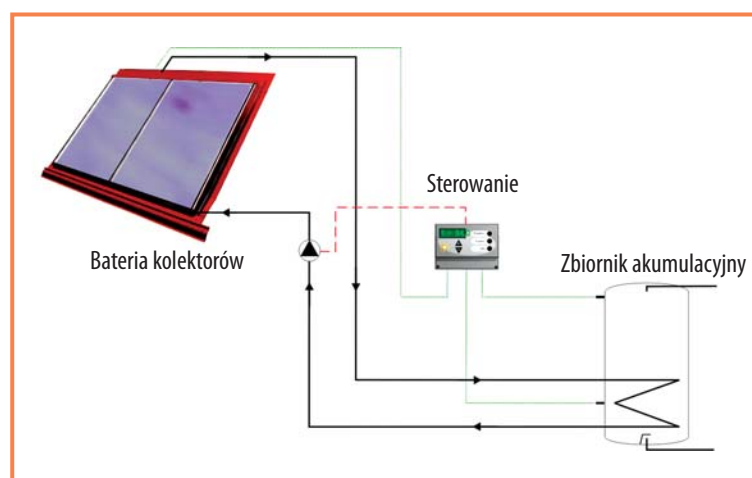
Rys. 10. Obwód pierwotny z zewnętrznym wymiennikiem ciepła

Głównym zadaniem naczynia wzbiorczego jest kompensowanie zmian objętości czynnika roboczego powodowanych zmianami jego temperatury i fazy (stanu skupienia). Minimalna objętość użytkowa winna być równa sumarycznej objętości kolektorów słonecznych i będzie zmieniać się w zależności od sposobu użytkowania instalacji. Przy wymiarowaniu naczynia należy uwzględnić tworzenie się pary (spowodowane stagnacją).

Projekt nie powinien dopuszczać eksploatacji naczynia wzbiorczego przy ciśnieniach przekraczających wartości dopuszczalne podane przez producenta. Należy pamiętać, że czynnik roboczy w instalacji zewnętrznej może osiągać temperatury w przedziale od poniżej zera do ponad +150°C, zatem objętość robocza musi być wystarczająca do skompensowania szerokiego zakresu rozszerzalności cieczy.

Zbiornik kompensacyjny w systemie „drain-back”¹

Zbiornik kompensacyjny będący zasadniczym elementem częściowo napełnionych systemów „drain-back” jest pojedynczym zbiornikiem. Wysokość punktu opróżniania/napełniania ustala stosunek powietrza do cieczy w napełnionym zbiorniku. Powietrze jest także obecne w rurach i w kolektorach powyżej tego poziomu. Ciśnienie w układzie celowo nie przekracza ciśnienia atmosferycznego, płynem roboczym może być zwykła woda lub mieszanina środka przeciw zamarzaniu i wody (p. Rys. 9).



Rys. 11. Sterowanie systemem z obiegiem wymuszonym

Podstawową funkcją zbiornika jest umożliwienie wymiany powietrza i cieczy w systemie „drain-back”, ale może on także kompensować wahania stosunku objętości powietrza do cieczy spowodowane zmianami temperatury. Przy wymiarowaniu zbiornika kompensacyjnego NIE TRZEBA uwzględniać tworzenia się pary ponieważ pompa zostaje wyłączona przed osiągnięciem tak wysokiej temperatury. Projekt nie powinien dopuszczać eksploatacji zbiornika przy ciśnieniach przekraczających wartości dopuszczalne podane przez producenta zatem w systemie zamkniętym konieczne jest zastosowanie zaworu bezpieczeństwa.

¹ System „drain-back”: w przypadku braku zapotrzebowania na ciepło w zasobniku c.w.u. (temperatura wody osiągnęła maksymalną dopuszczalną temperaturę) płyn absorbujący energię słoneczną ścieka z kolektorów do specjalnego zasobnika w kotle. Jeżeli czujnik sygnalizuje spadek temperatury c.w.u. wówczas pompa podaje płyn do kolektorów i absorbowane ciepło z energii słonecznej przekazywane jest do zasobnika c.w.u.

Pompy cyrkulacyjne

Pompy cyrkulacyjne są stosowane w instalacjach solarnych w celu wymuszenia obiegu płynu roboczego. Pompy mogą być montowane w osi rurociągu (inline) z suchym wirnikiem silnika (pompy dławnicowe) lub z tzw. mokrym wirnikiem silnika (pompy bezdławnicowe), oraz montowane powierzchniowo. Pompy są zwykle umieszczane na powrocie.

Zawory

Słoneczne instalacje grzewcze wymagają użycia różnego rodzaju zaworów: zawór odcinający, zawór zwrotny, zawór nadmiarowy ciśnieniowy (zawór bezpieczeństwa), zawór regulacyjny, zawór napełniania instalacji, zawór termostatyczny.

Obwód pierwotny z zewnętrznym wymiennikiem ciepła

Obwód pierwotny, w którym wytwarzane jest ciepło, składa się z kolektorów, instalacji rurowej i połączeń. To właśnie w tym obwodzie płyn roboczy przejmuje energię cieplną wytwarzaną w kolektorach i przekazuje ją, bezpośrednio lub za pośrednictwem wymiennika ciepła, do zbiornika akumulacyjnego.

Obwód pośredni jest obwodem, w którym płyn roboczy przejmuje energię cieplną z obwodu pierwotnego i przenosi ją do zasobnika.

Obwód odbiorczy jest obwodem wtórnym, z którego woda jest pobierana do użycia.

Ogrzewanie wspomagające

Z powodu rozbieżności w czasie między dostarczaniem energii słonecznej a poborem energii cieplnej, oraz ograniczenia wielkości zbiornika w słonecznym systemie grzewczym, korzystne jest włączenie wspomagającego źródła energii. Rozwiązanie takie umożliwi użytkownikowi pobór energii w dowolnym czasie. Obydwa źródła energii muszą być odseparowane, aby umożliwić oddziaływanie energii słonecznej w najchłodniejszej części obwodu.

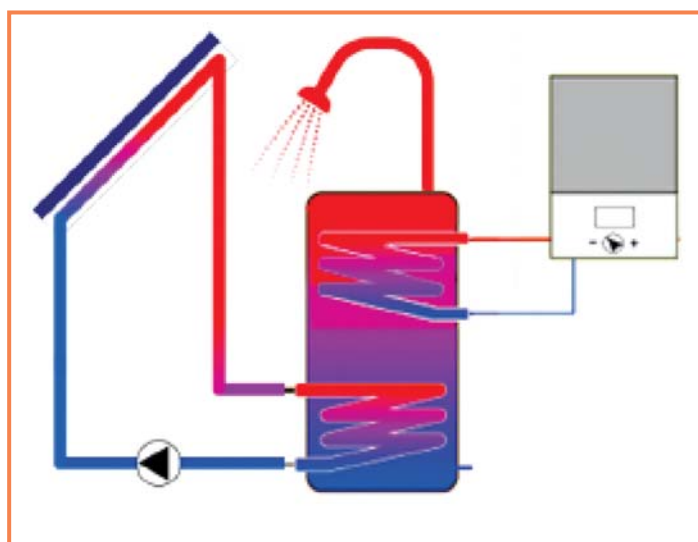
Sterowanie – obieg wymuszony

Sterowanie obiegiem ciepła w instalacji solarnej ma zasadnicze znaczenie dla bezpieczeństwa i oszczędności. W przypadku instalacji z obiegiem wymuszonym należy również zastosować układ sterowania zależnego od temperatury czynnika roboczego na wyjściu z kolektora oraz temperatury na dole zasobnika. Przez wyłączenie pompy, gdy temperatura jest wystarczająco wysoka można spowodować przegrzanie ciepłej wody użytkowej.

Szczególną uwagę należy zwrócić na prawidłowe zainstalowanie czujników oraz dokładność pomiaru temperatury za ich pomocą. Należy stosować aparaturę sterującą wyposażoną w wyświetlacz, który wskazuje wartości parametrów najbardziej istotnych dla działania systemu. W każdym przypadku warto znać temperaturę wody przeznaczonej do użytku (p. Rys. 11).

Istnieją układy sterowania wyposażone w funkcję generowania raportu o błędach w działaniu systemu. Tego rodzaju dokumentacja układu sterowania jest szczególnie przydatna na przyszłość, np. dla celów konserwacji systemu.

Czujniki temperatury powinny być właściwie usytuowane i prawidłowo działać, szczególnie czujnik regulacji temperatury zbiornika akumulacyjnego. Przykładowo, jeżeli jego poziom zadziałania będzie ustawiony za wysoko to pompa będzie pracować nieprawidłowo.



Rys. 12. Obieg pośredni wymuszony z wymiennikiem ciepła umieszczonym w zasobniku

Zasada działania układu regulacji

W systemie z obiegiem wymuszonym pompa uruchamia się, gdy różnica temperatur między dolną częścią zbiornika a częścią kolektora o najwyższej temperaturze osiągnie określoną wartość (około 7 do 8°C). Pompa zostaje wyłączona, gdy różnica temperatur jest niższa od zadanej wartości (około 2 do 4°C).

Obieg pośredni wymuszony z wymiennikiem ciepła umieszczonym w zasobniku

Ta konfiguracja jest często spotykana w małych i średniej wielkości instalacjach. Łączy ona elementy ogrzewania słonecznego i wspomagającego w jednym zbiorniku (z dwiema węzownicami spiralnymi). Ciepła woda podgrzewana przez system solarny gromadzi się u góry zbiornika i może być dodatkowo dogrzewana z ogrzewacza lub elektryczną grzałką zanurzeniową. Jeżeli temperatura uzyskana z systemu solarnego jest wystarczająco wysoka, działanie termostatów powoduje zmniejszenie udziału systemu wspomagającego (p. Rys. 12).

Główną zaletą tej konfiguracji jest to, że bez problemów może być zastosowana w istniejących warunkach architektonicznych budynku ponieważ zasobnik można instalować w różnych miejscach, np. w przyziemiu. Umożliwia także kontrolę przegrzewania ciepłej wody użytkowej, pozwala na użycie chemicznych środków antykorozyjnych i przeciwzamarzaniu oraz zmniejsza osadzanie się kamienia w obwodzie kolektora. Należy zauważyć, że jeżeli ciepła woda jest pobierana przeważnie wieczorem lub w nocy to system wspomagający wykrywa obniżenie temperatury w zbiorniku akumulacyjnym (zasobniku) i włącza dogrzewanie (o ile nie zastosowano sterowania czasowego). Jeżeli akumulacja energii z ogrzewania solarnego jest niewystarczająca to zbiornik akumulacyjny będzie nagrzany w wyniku, czego sprawność systemu solarnego będzie bardzo niska.

Stan kwalifikacyjny (oznaczenie twardości)	Wytrzymałość na rozciąganie (minimum)	Wydłużenie (minimum)
Wyżarzana (R220)	220N/mm ²	40%
Półtwarda (R250)	250N/mm ²	20%
Twarda	(R290) 290N/mm ²	3%

Mechaniczne własności miedzi

Instalacja rurowa

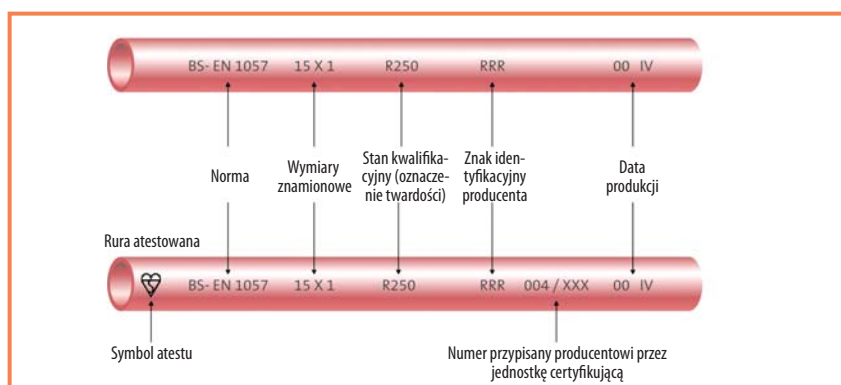
Jest oczywiste, że solarna instalacja grzewcza wymaga instalacji rurowej dla umożliwienia obiegu płynu roboczego. Prawidłowe zwymiarowanie oraz dobór materiałów oraz izolacji są kluczowe dla prawidłowego zaprojektowania instalacji solarnej.

Rury i osprzęt z miedzi

Miedź jest idealnym materiałem na przewody rurowe obwodu pierwotnego gdyż bardzo dobrze wytrzymuje wysokie temperatury osiągane przez płyn roboczy. Złącza rurowe i połączenia z innymi podzespołami systemu powinny również wytrzymać temperatury i ciśnienia robocze. Należy także brać pod uwagę zapobieganie korozji zachodzącej na styku dwóch odmiennych metali połączonych ze sobą (p. Rys. 13).

Miedź, w zastosowaniu do słonecznych instalacji grzewczych, posiada szereg zalet, w tym:

- trwałość
- zachowuje swoje własności mechaniczne w szerokim zakresie temperatur
- łatwość instalowania
- łatwość recyklingu
- jest odporna na przesuwanie przez ostre krawędzie
- mały ciężar
- jest łatwo dostępna
- pozwala na łatwą modyfikację instalacji.



Rys. 13. Rura miedziana

Łączenie rur miedzianych

Rury miedziane mogą być łączone na szereg sposobów: połączenie zaprasowywane z pierścieniem uszczelniającym i tuleją, lutowanie twarde (lut twarde miedziano-fosforowy), połączenie zaciskane z O-ringiem odpornym na wysoką temperaturę, łącznik z uszczelnieniem płaskim, uszczelką i pastą. Możliwość występowania wysokich temperatur w słonecznych instalacjach grzewczych wyklucza stosowanie niektórych technik łączenia rur miedzianych.

Kapilarne połączenia lutowane mogą być stosowane tylko jeżeli temperatura pracy jest niższa od 110°C. Specyfikację miękkich stopów lutowniczych podaje norma PN-EN 29453: „Luty miękkie - Skład chemiczny i postać”. Temperatura topnienia miękkiego lutownia jest niższa niż 350°C. Najczęściej używane są luty cynowo-miedziowe i cynowo-srebrne.

Połączenia lutowane na twardo będą prawidłowo działać przy wyższych temperaturach i ciśnieniach niż połączenia wykonane lutowaniem miękkim. Specyfikację twardych spoiw podaje norma PN-EN 1044: „Lutowanie twarde – Spoiwa”. Powszechnie stosowanym spoiwem jest lut twarde miedziano-fosforowy (Cu 94%, P 6%).

Uchwyty mocujące instalacji solarnej stykające się z rurami metalowymi powinny być także metalowe. W celu zmniejszenia strat ciepła można stosować uchwyty mocujące nakładane na izolację rury.

Projektowanie systemu

Planowanie

Na etapie planowania powinny być orientacyjnie znane rodzaj i wielkość instalacji, łącznie z przypuszczalnym zapotrzebowaniem energii odbieranej z systemu. Jest także istotne, aby konstrukcja dachu była wystarczająco wytrzymała do utrzymania ciężaru proponowanej instalacji solarnej.

Lista kontrolna projektu instalacji

- Zebranie danych (zużycie ciepłej wody, dane meteorologiczne itp.).
- Sporządzenie planu miejsca zainstalowania.
- Znajomość przepisów i norm.
- Zaprojektowanie, zwymiarowanie i dobór: powierzchni kolektorów, pojemności i usytuowania zasobnika, pomp, naczyńa wzbiorczego, wymiennika ciepła, izolacji, strat ciśnienia, konstrukcji, długość instalacji rurowej.
- Projekt wykonawczy i wdrożenie projektu.

Zużycie ciepłej wody użytkowej

Ten czynnik, obok promieniowania słonecznego, ma największy wpływ na sprawność instalacji, a przy tym w wielu przypadkach jest najmniej znany. Ponieważ istnieją duże różnice zużycia, zarówno w gospodarstwach domowych, hotelach, szpitalach czy w przemyśle, zaleca się, aby zawsze, gdy jest możliwe wykonać pomiary. Jeżeli nie ma możliwości przeprowadzenia pomiarów, można wykorzystać wykresy zawarte w studium opracowanym w Niemczech.

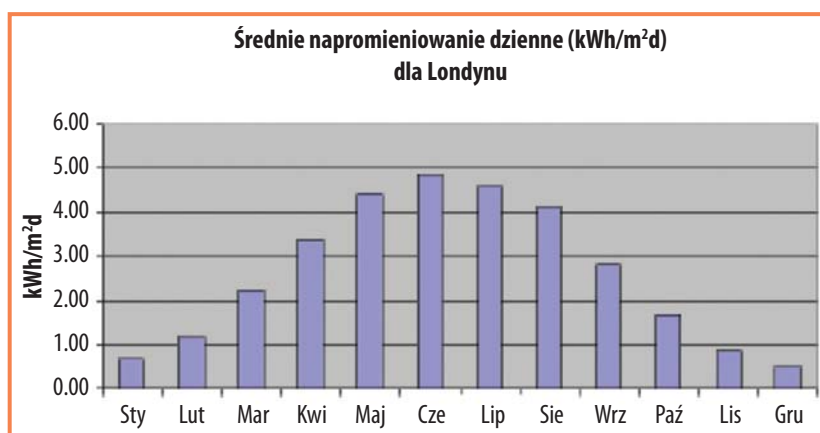
Przy wymiarowaniu systemu solarnego nie należy zakładać 100% dostępności nasłonecznienia w ciągu całego roku. Należy koniecznie uwzględnić fakt, że budynki nie zawsze są eksploatowane przy pełnym wykorzystaniu ich możliwości. Zaleca się, aby duże słoneczne instalacje grzewcze wymiarować na podstawie pomiarów wykonywanych w lecie, kiedy zużycie c.u.w. znacznie spada. Zakres wartości zużycia jest bardzo szeroki, są też znaczne różnice w koncepcji projektowania „na osobę” lub „jednostkowego”.

Dobierane wartości muszą być sprawdzone ze względu na temperaturę, która stanowi podstawę wymiarowania, muszą też uwzględniać średnią zajętość budynku. Ogólnie można założyć, że zwymiarowane wartości będą za wysokie. Należy zauważyć, że otrzymamy różne wartości zależnie od tego czy temperaturę pobieranej wody przyjęto 45°C czy 60°C.

Dane meteorologiczne

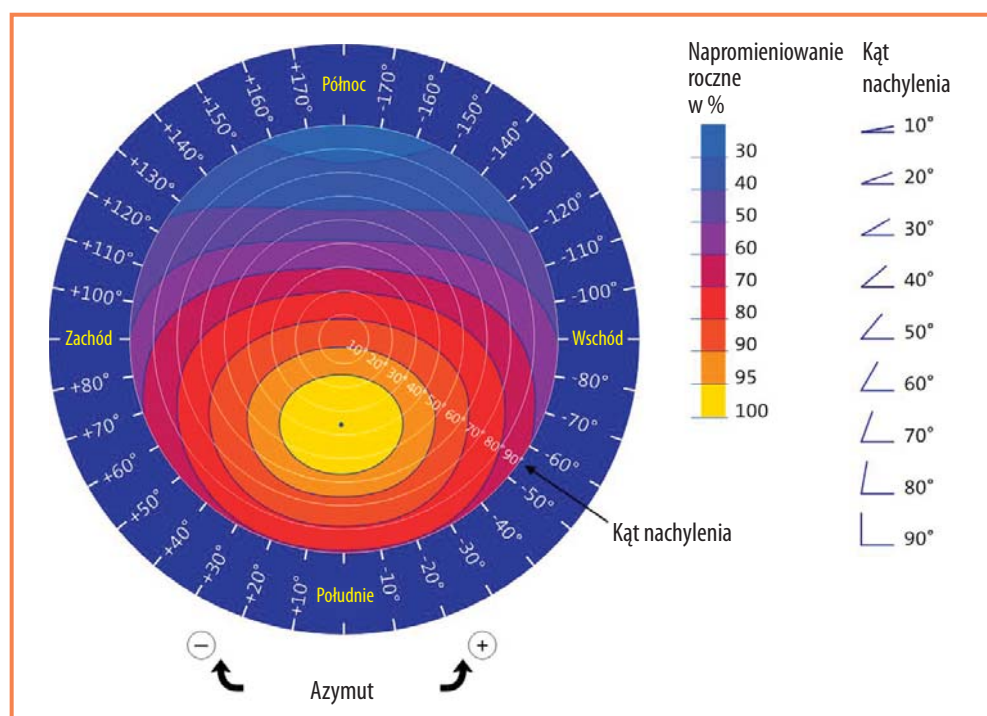
Do zwymiarowania instalacji solarnej niezbędne są dane o całkowitym napromieniowaniu słonecznym, które decydują o właściwym usytuowaniu kolektorów słonecznych jak również dane o „lokalnej” temperaturze otoczenia.

Najczęstszą metodą jest wykorzystanie reprezentatywnych danych dziennego napromieniowania (średnich lub zmierzonych) dla każdego miesiąca. Zależnie od przyjętej metody obliczeń może być potrzebne użycie mniej zagregowanych danych (dziennych, godzinowych).



Rys. 14. Średnie napromieniowanie dzienne w poszczególnych miesiącach dla Londynu

Dane dotyczące napromieniowania można zwykle uzyskać w postaci tabel i/lub baz danych. Są one oparte na pomiarach przeprowadzanych przez specjalistyczne ośrodki (np. uniwersytety) oraz przy użyciu programów symulacyjnych (jak np. TSOL) i odpowiednio przetworzone jako dane dla powierzchni nachylonych, potrzebne do wymiarowania instalacji solarnych (p. Rys. 14).



Rys. 15. Wpływ orientacji i nachylenia kolektora na napromieniowanie

Instytucje te dostarczają również danych o temperaturach otoczenia, ale dane te można także znaleźć w poradnikach dla profesjonalnych instalatorów. Rys. 14 przedstawia średnie wartości napromieniowania dziennego obliczone dla powierzchni poziomej (kąt nachylenia równy 0) dla przypadku Londynu.

Orientacja i nachylenie kolektora

Wykresy, takie jak przedstawiony na Rys. 15, ukazują kryteria usytuowania kolektorów słonecznych na dostępnych powierzchniach. Na ogół lepiej jest instalować kolektory na dachu budynku. Jeżeli orientacja i nachylenie dachu nie są optymalne można przyjąć zmiany orientacji i nachylenia podane w poradnikach i normach. Dla instalacji, w których zużycie energii ma charakter sezonowy poleca się stosowanie kątów nachylenia odpowiadających danym warunkom. Przykładowo, w obiektach (hotelach) wykorzystywanych w lecie kolektory muszą być mniej nachylone niż obiektach wykorzystywanych w zimie (p. Rys. 15).

Wizja lokalna

Należy przeprowadzić wizję lokalną miejsca montażu instalacji oraz sporządzić szkic rozmieszczenia instalacji i/lub jej podzespołów. Należy pamiętać o zabraniu ze sobą kompasu w celu prawidłowego określenia położenia kolektorów. W takim przypadku, przydatne jest wyznaczenie kierunku południowego z kilku miejsc gdyż mogą się zdarzyć sytuacje, np. w pobliżu żeliwnych rur kanalizacyjnych, lub innych masywnych elementów stalowych, które oddziałują na pole magnetyczne. Ponadto można narysować odręczny szkic obiektu gdzie instalacja ma być zlokalizowana.

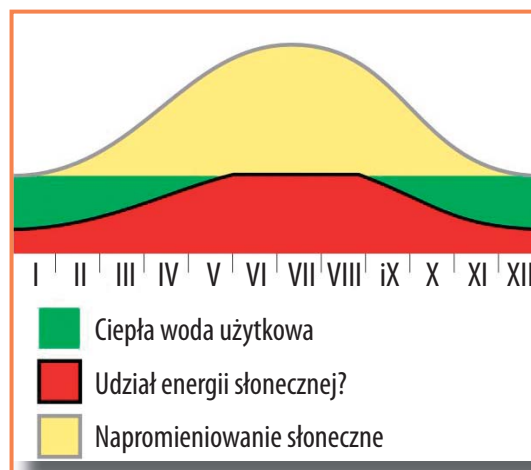
Wymiarowanie instalacji solarnych

W celu uproszczenia tego zadania można zastosować następującą procedurę:

Należy określić zapotrzebowanie na ciepłą wodę dla określonego dnia każdego miesiąca w roku a następnie wprowadzić do wykresu jak na rysunku. W tym przypadku założono, że zapotrzebowanie jest jednakowe w ciągu całego roku (p. Rys. 16).

Dla danej wielkości zapotrzebowania należy wyznaczyć objętość zbiornika akumulacyjnego tak, aby pokrywał 1,0 do 1,5 dziennego zapotrzebowania. Przyjmując stosunek objętości do powierzchni kolektora (np. 50 - 75l/m²) otrzymujemy pierwsze przybliżenie powierzchni kolektorów.

Ten sam wykres ukazuje napromieniowanie słoneczne dla każdego miesiąca (MJ/m² na dzień lub kWh/m² na dzień) dla powierzchni nachylonej (np. pod kątem 45°), na której będą zainstalowane kolektory. Przy tych wartościach napromieniowania i danej powierzchni kolektora można wyliczyć energię dostarczaną przez baterię kolektorów. Przyjmując ustalone kryteria (maksymalnie 90% dostępność promieniowania słonecznego przez 3 miesiące i minimum 50% przez resztę roku itd.). Należy sprawdzić czy wymagania są spełnione. Jeżeli nie, należy wprowadzić poprawki.

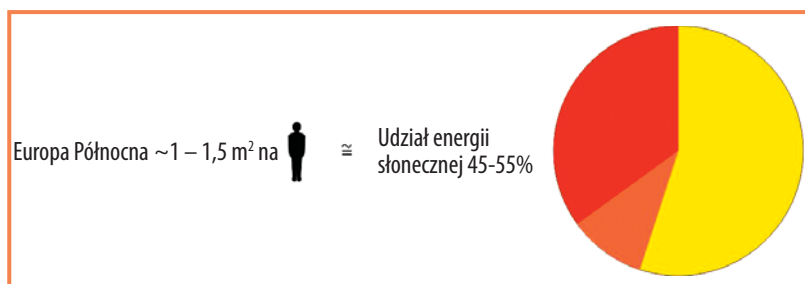


Rys. 16. Wyznaczanie zapotrzebowania na ciepłą wodę

Do wymiarowania instalacji można przyjąć dowolną z komercyjnie dostępnych metod obliczeniowych. Powszechnie stosowana przez wielu planistów tzw. metoda F-Chart, może być niewystarczająca do projektowania dużych instalacji. Dla tego rodzaju instalacji zaleca się stosowanie programów obliczeniowych wykorzystujących metody symulacyjne. Program obliczeniowy powinien określać, co najmniej w okresach miesięcznych, reprezentatywne dzienne wartości dostarczonej energii słonecznej i zapotrzebowania. Wartości te powinny również obejmować całkowite roczne wartości dostarczonej energii określone przez:

- zapotrzebowanie na energię cieplną
- dostarczoną cieplną energię słoneczną
- udział energii słonecznej
- średni roczny uzysk.

Przy wymiarowaniu systemu solarnego nie należy przyjmować 100% dostępności energii słonecznej w ciągu całego roku. Należy także mieć na uwadze, że budynki nie są zawsze w pełni (w 100%) zajęte.



Rys. 17. Wymiarowanie kolektorów

Wymiarowanie kolektorów

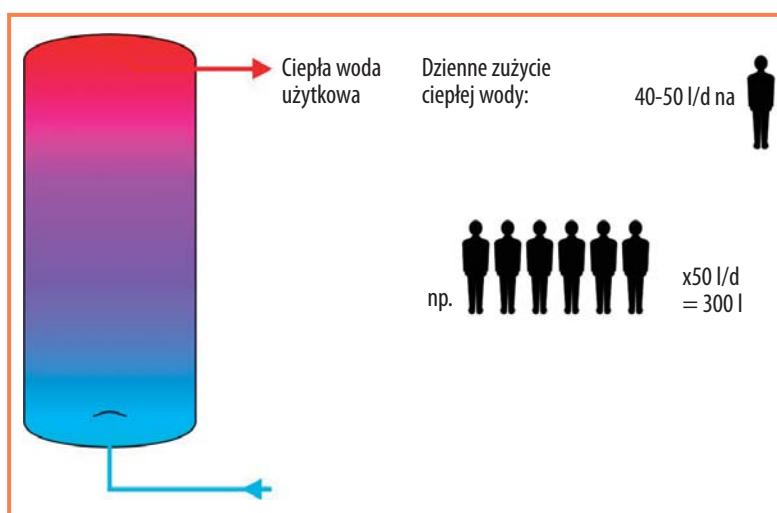
Podane na rysunku dane empiryczne dla instalacji skierowanych na południe są ważne tylko przy liczbie użytkowników nie większej niż 5 (p. Rys. 17).

W każdym przypadku warto skorygować wstępny projekt za pomocą programu obliczeniowego.

Wymiarowanie zbiornika akumulacyjnego

Rysunek przedstawia niewielką instalację dla gospodarstwa domowego. Zakładając użytkowanie instalacji przez 6 osób oraz dzienne zużycie wody 50 litrów na osobę przy temperaturze 60°C, otrzymujemy dzienne zużycie 300 litrów i przyjmujemy równą temu pojemność zbiornika akumulacyjnego instalacji solarnej.

Przyjmując stosunek pojemności zbiornika akumulacyjnego (zasobnika) do powierzchni kolektora (V/A) = 50-75 l/m² otrzymujemy powierzchnię kolektorów 4-6m² (p. Rys. 18).



Rys. 18. Wymiarowanie zbiornika akumulacyjnego

Dla połączenia szeregowego stratę ciśnienia wyznaczamy w następujący sposób: strata ciśnienia na kolektorze dla całkowitego przepływu (z wykresu lub wg dokumentacji producenta) pomnożona przez liczbę kolektorów połączonych szeregowo.

Strata ciśnienia w instalacji rurowej

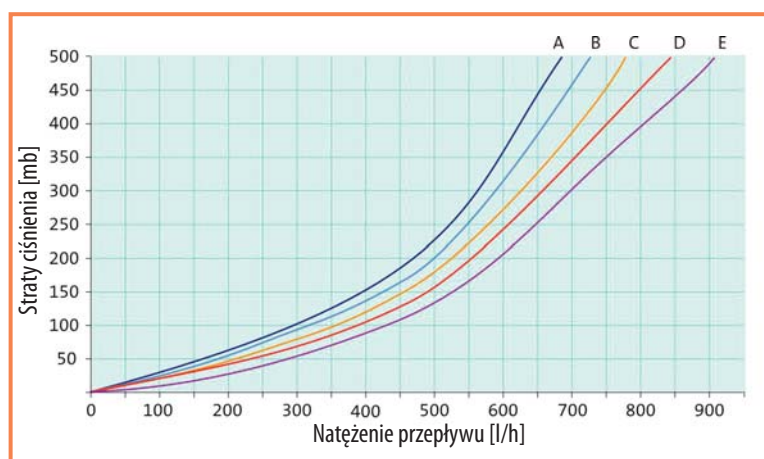
Po otrzymaniu przepływu projektowego wprowadzamy jego wartość do tabeli, aby wyznaczyć stratę ciśnienia dla różnych średnic i różnych wartości liniowej prędkości cieczy.

Należy uwzględnić rodzaj płynu roboczego, jaki będzie stosowany ponieważ glikol ma wyższą lepkość niż woda, zatem straty ciśnienia będą większe niż w przypadku wody. Wpływ ten można uwzględnić przy projektowaniu systemu mnożąc przez 1,3 co stanowi dobre przybliżenie (p. Rys. 20).

Podany wykres dotyczy rur miedzianych i mieszaniny niezamarzającej 60% wody i 35% glikolu w temperaturze 50°C.

Zaleca się wymiarowanie średnic rur w taki sposób, aby spadek ciśnienia na metr długości wynosił co najwyżej 4 mb/m (40,8 mm słupa wody na metr).

Należy również pamiętać, żeby w celu zapobieżenia efektom akustycznym, prędkości przepływu w rurach nie przekraczały pewnego poziomu (ok. 1,5 m/s); zalecana wartość prędkości wynosi 0,4-0,6 m/s.



Rys. 19. Straty ciśnienia w kolektorach płaskich

Dla małych systemów należy posłużyć się dokumentacją producenta. W przypadku średnich lub dużych instalacji, stosuje się programy obliczeniowe. Jeżeli nie dysponujemy programem dla instalacji rurowej, można obliczyć straty ciśnienia dla danej długości rur a dla straty dla elementów takich, jak zawory odcinające, kolana, łączniki redukcyjne, przyjmując równe 10% strat na rurach.

Strata ciśnienia w wymiennikach ciepła

Dwupłaszczowe wymienniki ciepła mają tak małą stratę ciśnienia, że można ją zaniedbać. Wewnętrzne wymienniki ciepła (spiralne) mają stosunkowo małą stratę ciśnienia (równą stracie rurociągu), jak widać na rysunku 21.

Zewnętrzne płytowe wymienniki ciepła mają stosunkowo duże straty ciśnienia (p. dane producenta). Zaleca się ich wymiarowanie w taki sposób, aby strata ciśnienia była mniejsza od 300 milibarów (3060mm słupa wody) na metr.

Straty ciśnienia na osprzęcie i innych elementach

Straty ciśnienia na pewnych elementach instalacji solarnej mogą być znaczne, np.:

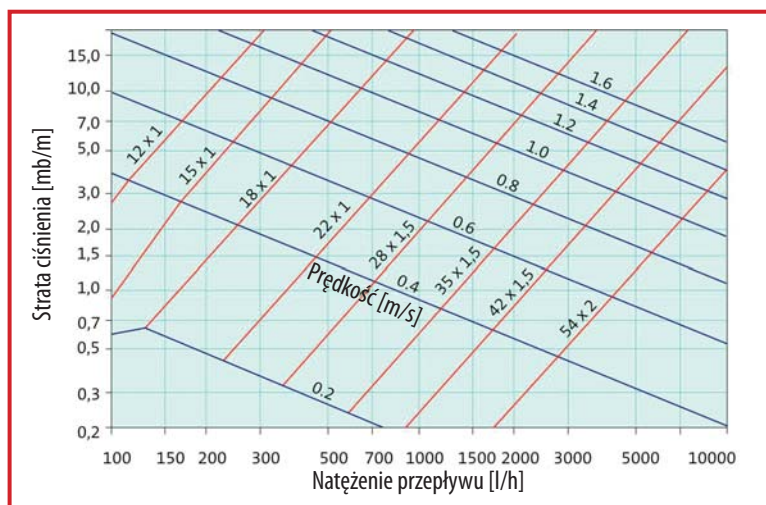
- przepływomierz: rzędu 20 mb
- zawór dławiąco-zwrotny: rzędu 10 mb
- licznik energii: rzędu 50 mb
- filtry: mogą powodować duże straty ciśnienia z powodu nagromadzonych zanieczyszczeń
- zawory kompensacyjne: indywidualnie, dla każdego przypadku.

Spadek ciśnienia na pozostałych, mniej istotnych elementach takich, jak zawory przelotowe, kolana, należy uwzględnić przez dodanie jeszcze 10% do wartości obliczonej dla przewodów rurowych.

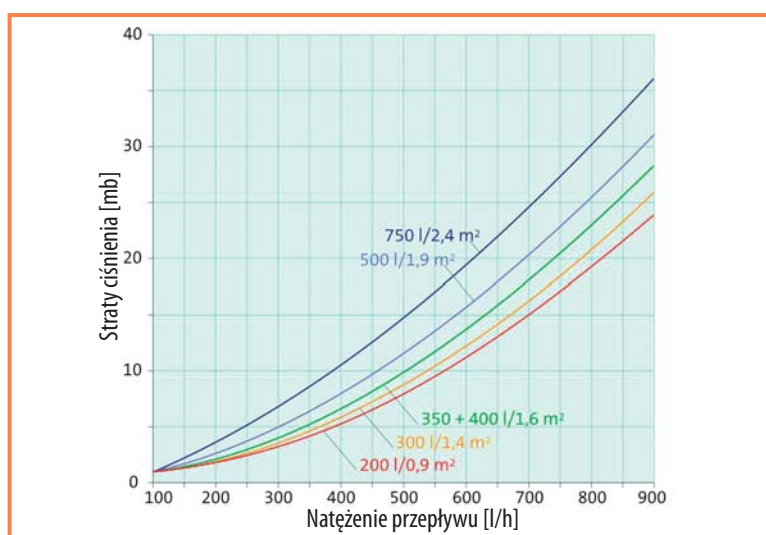
Wymiarowanie i dobór pomp

Ciśnienie, które pompa musi wytworzyć oblicza się biorąc za podstawę powierzchnię kolektora. Pompa musi ponadto skompensować straty ciśnienia w obwodzie. Te dwie dane wprowadza się do wykresu i otrzymuje się żądany punkt pracy pompy (p. Rys. 22).

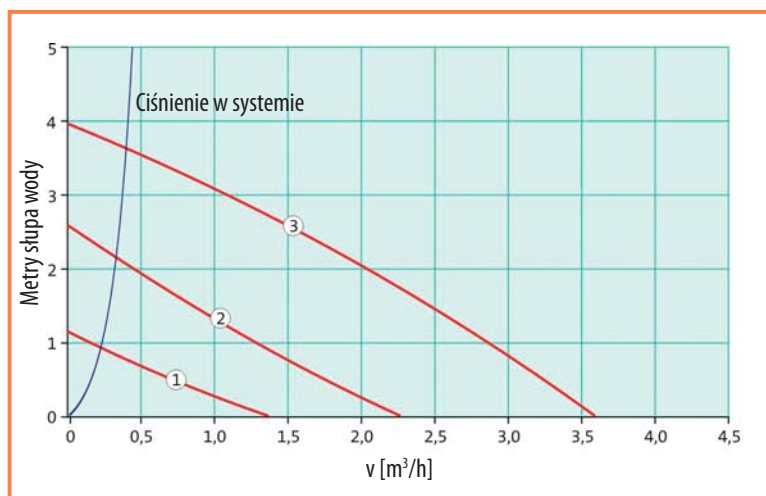
Należy wybierać pompę najbliższe obliczonej wartości i łatwo dostępną handlowo. Pompy są zwykle dostarczane przez branżę specjalizującą się w ogrzewaniu i klimatyzacji i z reguły nie są optymalnie dostosowane do potrzeb małych instalacji solarnych. Należy mieć na uwadze, że pobór mocy przez pompy może nie być pomijalny.



Rys. 20. Straty ciśnienia w instalacji rurowej



Rys. 21. Straty ciśnienia w wymiennikach ciepła



Rys. 22. Wymiarowanie i dobór pomp

Wymiarowanie wymienników ciepła

Wymiennik spiralny:

W przybliżeniu $0,2 \text{ m}^2$ powierzchni wymiennika spiralnego lub $0,35 \text{ m}^2$ powierzchni wymiennika płytowego na metr kwadratowy kolektora.

W każdym przypadku stosunek tych powierzchni nie może być mniejszy niż 0,15.

Wymiennik płytowy: Minimalna moc obliczeniowa (W) jest określona przez zależność $P \geq 500 * A$ (A = powierzchnia kolektora w m^2).

Zaleca się przewymiarowanie mocy i zmniejszenie straty ciśnienia, (która nie może przekraczać 300 mb/m (3600 mm słupa wody na metr)).

Wymiarowanie naczyń zbiorczych

Naczynie zbiorcze w instalacji solarnej nie może być wymiarowane w taki sam sposób jak dla zwykłych systemów grzewczych. Instalacje solarne charakteryzuje większy zakres temperatur i wyższy współczynnik rozszerzalności cieplnej płynu niezamarzającego.

Naczynie zbiorcze musi być wymiarowane w taki sposób żeby ciśnienie dla płynu zimnego w najniższym punkcie obwodu było nie mniejsze niż 1,5 bara, a maksymalne ciśnienie dla płynu gorącego w dowolnym punkcie obwodu nie przekraczało maksymalnego ciśnienia roboczego żadnego z elementów instalacji. Zawór bezpieczeństwa musi być skalibrowany na wartość niższą od ciśnienia roboczego elementu, który wytrzymuje najniższe ciśnienie.

Maksymalne ciśnienie robocze (PM) musi być nieco niższe (10%) od kalibrowanej wartości ciśnienia zaworu bezpieczeństwa. Naczynie zbiorcze musi kompensować następujące zjawiska:

- V_e – objętość ekspansji (rozszerzalność cieplna płynu)
- V_{vap} – objętość ze względu tworzenie się pary w kolektorach i rurach podczas stagnacji systemu.

Dobrać ciśnienie początkowe gazu (P_i) w naczyniu zbiorczym równe ciśnieniu w najwyższym punkcie instalacji w stanie zimnym plus ciśnienie statyczne (poprawka ze względu na wysokość wynosi 1 bar = 10m).

W obszarach narażonych na szczególnie niskie temperatury można przyjąć nieco niższą wartość początkowego ciśnienia gazu. Przy takim doborze, naczynie będzie dostarczać płyn do pozostałej części instalacji, gdy płyn się kurczy (objętość zapasowa V_r).

Uwagi ogólne

Zasadniczym celem słonecznej instalacji grzewczej jest wytwarzanie ciepłej wody w miarę zapotrzebowania. Prawidłowy montaż instalacji ma decydujące znaczenie dla osiągnięcia tego celu.

Przed wszystkim należy pamiętać o konieczności zachowania zgodności z przepisami prawa budowlanego i wymaganiami norm. Drugim istotnym punktem jest przestrzeganie obowiązujących środków bezpieczeństwa wymaganych przy montażu instalacji.

Poniżej podano niektóre zagadnienia, które należy uwzględnić:

- Staranność wykonania jest niezbędna dla zapewnienia długiego czasu eksploatacji.
- Jakość i trwałość materiałów. Materiały i konstrukcja muszą wytrzymać działanie warunków atmosferycznych.
- Konieczność uwzględnienia rozszerzalności cieplnej. Należy zapewnić ochronę przed zamarzaniem.
- Prawidłowe przyłączenie do sieci wodociągowej.
- Dostępność dla konserwacji i napraw.
- Prawidłowe usytuowanie wszystkich elementów, w szczególności czujników, zaworów spustowych i innych. Prawidłowe połączenie wymienników ciepła.

- Gruntowne rozpatrzenie aspektów związanych z wysokimi temperaturami, stagnacją, parowaniem itp.
- Nie należy instalować zbyt małego naczynia zbiorczego. Naczynie musi wytrzymać wysokie temperatury.
- Należy uważać, aby nie uszkadzać pokryć dachowych (np. papy).

Podsumowanie

Zachęcamy zarówno budowniczych jak i właścicieli domów do wzięcia pod uwagę, że odnawialne źródła energii i słoneczne systemy grzewcze sprawdzają się jako atrakcyjna opcja.

Miedź jest wybierana na pierwszym miejscu jako materiał dla domowych instalacji wodnych i grzewczych; obecnie jej właściwości znajdują doskonałe zastosowanie w słonecznych instalacjach grzewczych.

Zdolność miedzi do recyklingu oraz dobrze rozwinięty przemysł jej powtórnego przetwarzania powodują, że dla tych, którzy poszukują sposobów zmniejszenia oddziaływania człowieka na naszą planetę, miedź jest idealnym materiałem dla instalacji rurowych.

Załącznik A - Legionella

Bakteria *Legionella pneumophila* znajduje się w małych koncentracjach w wodzie wodociągowej, ale namnaża się w temperaturach od 25 do 46°C. Ciepła woda w solarnych systemach c.u.w. może zwiększać ryzyko rozwoju bakterii, jednakże przypadki legionellozy są bardzo rzadkie.

Jeden z podstawowych środków kontroli polega na magazynowaniu wody wstępnie podgrzanej solarnie w temperaturze wyższej niż 60°C. W razie potrzeby natychmiastowej dezynfekcji wystarcza podniesienie temperatury do 70°C, np. w kotle dwufunkcyjnym,

Zwalczanie bakterii za pomocą podwyższonej temperatury zwiększa ryzyko oparzenia. Przy dużych zasobnikach c.u.w. codzienne podnoszenie temperatury do 60°C jest opcjonalne. Należy zapewnić, aby podgrzewacz wtórny, np. kocioł dwufunkcyjny, miał moc wystarczającą do osiągnięcia temperatury 70°C w sytuacjach podwyższonego ryzyka.

Wymienniki ciepła mogą zmniejszyć ryzyko występowania bakterii legionella. Ryzyko to można także zmniejszyć przez właściwe zaprojektowanie instalacji rurowej. Należy unikać nadmiernie długich odgałęzień do nie odpowietrzanych zbiorników wyrównawczych. Należy unikać długich rurociągów c.u.w. z wodą stojącą, tzn. odgałęzień nieczynnych.

W instalacji c.u.w. należy unikać zaślepionych trójników. Na zbiorniki zimnej wody nałożyć pokrywę, usunąć osady, unikać ich przewymiarowania oraz izolować, aby utrzymywać je w chłodzie. Zimna woda powinna być utrzymywana w temperaturze poniżej 20°C.

W celu ograniczenia rozwoju bakterii można również stosować chemikalia i promieniowanie ultrafioletowe. Powierzchnie metaliczne miedzi i jej stopów posiadają samoistną właściwość hamowania wzrostu glonów, grzybów/pleśni, wirusów i bakterii. Badania potwierdzają, że powierzchnie te są skutecznymi czynnikami antydrobnoustrojowymi, które zabijają drobnoustroje w przeciągu godzin.



Wybór profesjonalistów

Polskie Centrum Promocji Miedzi
ul. Św. Mikołaja 8-11
50-125 Wrocław
tel. +48 71 78 12 502, fax. +48 71 78 12 504
e-mail: pcpm@pcpm.pl
www.pcpm.pl

www.pcpm.pl