

Ogrzewanie zamarzającą wodą

Heating with water freezing

PAWEŁ MAŚLANKIEWICZ, HENRYK WOJCIECHOWSKI

Tematem artykułu jest analiza techniczna wykorzystania ciepła krzepnięcia wody do ogrzewania i przygotowania ciepłej wody oraz w lecie odmrażania lodu w zbiorniku do klimatyzacji pomieszczeń. Zbiornik wody, stanowiący jednocześnie zasobnik lodu zawiera dwa wymienniki ciepła: dolny wymiennik pompy ciepła i regeneracyjny wymiennik ciepła. Pompa ciepła może pobierać ciepło zamarzającej wody lub chłód z zasobnika lodu, jednym z wymienników ciepła w zbiorniku, aby dostarczyć ciepło do ogrzewania pomieszczeń w zimie lub chłód do klimatyzacji w lecie. Podczas procesu ochładzania woda, chłodzi się i zamarza, oddając ciepło jej ochładzania i krzepnięcia. Drugi wymiennik ciepła regeneracyjny zainstalowany w zbiorniku pozyskuje ciepło z kolektorów słonecznych bądź absorberów powietrzno-słonecznych. Do odmrażania lodu w zbiorniku wykorzystuje się również ciepło gruntu otaczającego zbiornik. W lecie zbiornik może stanowić źródło chłodu do klimatyzacji pomieszczeń lub magazynowania ciepła pobieranego z pomieszczeń w odwrotnym procesie pompy ciepła i dostarczać ciepło do odmrażania lodu w zbiorniku.
Słowa kluczowe: magazynowanie ciepła, magazyn lodu, ciepło utajone, wymienniki ciepła, system ogrzewania, dobór wielkości instalacji, bilans cieplny układu

The topic of this thesis is the analysis of an ice storage system in structural engineering. An ice storage is a water-filled cistern which contains two heat exchanger : heat pump and regenerative heat exchanger. If necessary, the heat pump draws heat or cold from the ice cream store from one of the heat exchangers in the tank to provide heat for heating the premises in the building cools and freezes. The regenerative heat exchanger acquires heat from solar collectors or solar-air absorbers. Defrosting the ice in the tank also uses the warmth of the soil surrounding the tank. In summer, the tank can be a source of cooling for room air conditioning, which can be realized by the reverse heat pump process.

Keywords: thermal storage, ice storage, latent heat, heat exchangers, heating systems, the selection of the size of the installation, thermal energy balance of the system

Wstęp

Brzmi to paradoksalnie, ale możliwe jest ogrzewanie ciepłem pozyskiwanym w trakcie zamarzania wody. Gdy woda zmienia swój stan skupienia z ciekłego w stały (lód), wydziela utajone ciepło krzepnięcia, które przy pomocy pompy ciepła może być wykorzystane do ogrzewania pomieszczeń i przygotowania ciepłej wody w sezonie grzewczym. W lecie, ciepło topnienia lodu, który powstał w zbiorniku w wyniku zamarzania wody w sezonie grzewczym, może być wykorzystywane do klimatyzacji pomieszczeń.

Pozyskiwanie ciepła z zamarzającej wody

Jeżeli schładzamy wodę o temperaturze wyższej niż temperatura jej krzepnięcia, to na skutek odbierania ciepła temperatura wody obniża się i osiąga temperaturę krzepnięcia, w której krystalizuje się. Temperatura substancji (mieszanka wody i lodu) nie zmienia się pomimo odbierania całej ciepła do momentu aż cała substancja zamieni się w lód. Odbierane ciepło w procesie tworzenia się lodu jest ciepłem krzepnięcia i liczbowo równe jest ciepłu topnienia dla tej samej substancji, ze względu na to, że krzepnięcie i topnienie są procesami wzajemnie odwracalnymi.

Ilość dostarczonego ciepła do topnienia lodu jest równe co do wartości ilości ciepła oddawanego w procesie krzepnięcia wody Q co można obliczyć z empirycznego wzoru:

$$Q = m q \quad (1)$$

gdzie:

m – masa lodu w kg,

q – ciepło topnienia lodu w kJ/kg.

Topnienie przeprowadzane jest zazwyczaj przy stałym ciśnieniu, dlatego odpowiada ono entalpii przemiany i ciepło topnienia zwane jest entalpią topnienia.

Ciepło potrzebne do ogrzania wody bądź ciepło odebrane od wody można obliczyć z wzoru:

Mgr inż. Paweł Maślankiewicz – doktorant w Politechnice Wrocławskiej Katedra Energoelektryki Wydziału Elektrycznego Politechniki Wrocławskiej

Dr inż. Henryk Wojciechowski – doc. w Politechnice Wrocławskiej Katedra Energoelektryki Wydziału Elektrycznego Politechniki Wrocławskiej

$$Q = m c_w (t_k - t_p) \quad (2)$$

gdzie:

- m – masa wody w kg,
- c_w – ciepło właściwe wody, 4,18 kJ/(kg K), (a 1 K = 1 °C),
- t_k – temperatura wody na wyjściu z podgrzewacza (schładzacza) w °C,
- t_p – temperatura wody na wejściu do podgrzewacza (schładzacza) w °C.

Na rys.1 przedstawiono przemiany fazowe wody od procesu podgrzewania lodu do procesu przegrzewania pary wodnej z podaniem wartości jednostkowego ciepła w poszczególnych przemianach.

Finezją wykorzystania ciepła zamarzającej wody polega na tym, że odbiera się ciepło przy pomocy niezamarzającego nośnika energii od wody w zbiorniku, która posiada temperaturę bliską temperatury krzepnięcia. Zamrożenie 1 kg wody umożliwia uzyskanie 334 kJ ciepła, ciepłem tym, przy pomocy pompy ciepła możemy teoretycznie (pomijając energię wnoszoną przez pompę i sprawności wymiany ciepła) ogrzać 1 kg wody (ciepło właściwe wody 4,18 kJ/(kg K)) o przyrost temperatury wody 79.9K. Jeżeli temperatura wody na wejściu do „górnego” wymiennika pompy ciepła wynosi 10 °C, to na wyjściu z wymiennika pompy, uwzględniając jego sprawność i pomijając energię wnoszoną przez napęd pompy, można osiągnąć temperaturę wody na poziomie 85 °C.

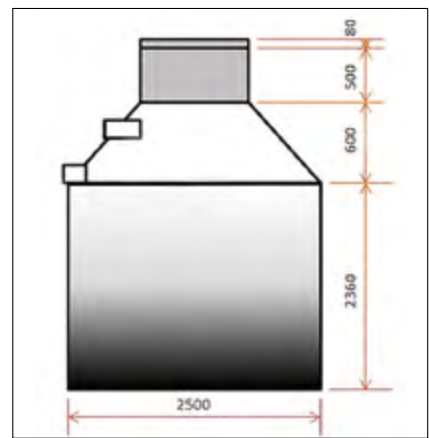
Układ technologiczny instalacji z zamarzającą wodą do ogrzewania pomieszczeń i przygotowania ciepłej wody

Do układu technologicznego instalacji ogrzewania wykorzystuje się pompę ciepła oraz odpowiedniej wielkości zbiornik wypełniony wodą (bez dostępu światła, by nie rosły w nim glony). Zbiornik pełni funkcję zasobnika ciepła z: gruntu, powietrza, promieniowania słonecznego oraz zamarzającej wody i stanowi dolne źródło ciepła dla pompy ciepła typu solanka-woda (rys. 2).

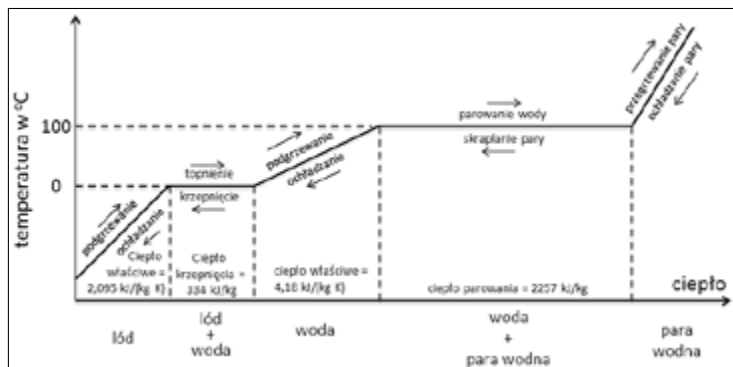
Pobierane przez pompę ciepła ciepło ze zbiornika z wodą w zimie powoduje zamarzanie wody w zbiorniku i pozyskuje się ciepło zamarzania wody (krzepnięcia). Z drugiej strony, lód jest doskonałym i tanim źródłem chłodu do naturalnego chłodzenia budynku w lecie. Aby całkowicie roztopić 1 kg lodu musimy do niego doprowadzić 93 Wh ciepła, czyli tyle samo ile uzyskuje się z całkowitego zamarznięcia 1 kg wody (334 kJ). Ogrzewanie lodem jest alternatywą dla konwencjonalnych sposobów pobierania ciepła z gruntu. Nie potrzebuje dużej powierzchni działki, jak w przypadku kolektorów poziomych. Nie potrzebne są również kosztowne odwierty, specjalistyczny sprzęt i projekt prac geologicznych, jak ma to miejsce przy sondach pionowych.

W 2007 roku Alexander von Rohr otrzymał europejski patent o nazwie **Eisheizungsanlagen (Systemy ogrzewania lodem)** [1]. Ogrzewanie lodem (**Eisheizungen**), tak nazwano wykorzystywanie ciepła zamarzania wody w Niemczech. Ogrzewanie lodem stosowane jest w Niemczech w domach jednorodzinnych, budynkach wielorodzinnych i obiektach przemysłowych.

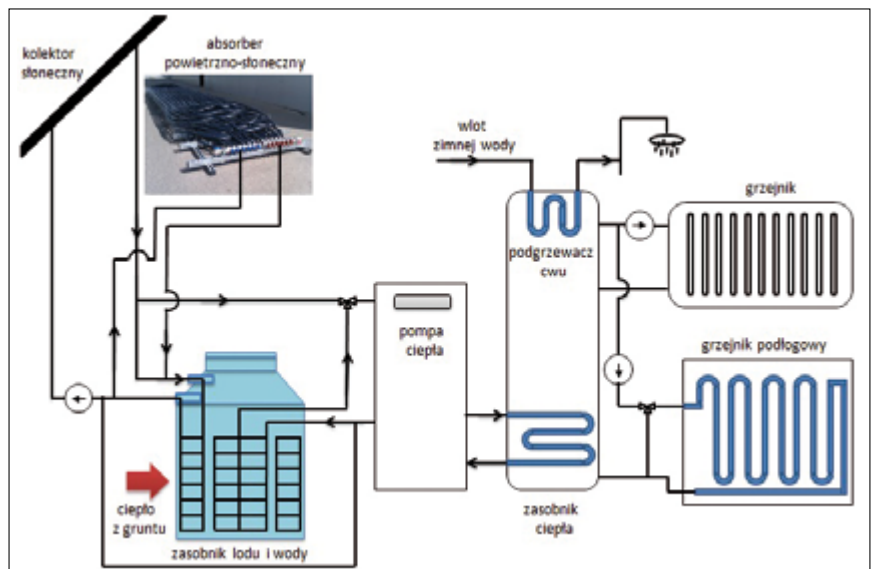
Na rynku w Niemczech dla domów jednorodzinnych dostępny jest zbiornik betonowy wykonywany na podstawie europejskiego patentu Alexandra von Rohr (EP2428760 – Underground storage tank for an energy storage system) przedstawiony na rys.3. Zbiornik składa się z czterech elementów: zbiornika betonowego, stożkowego nakrycia zbiornika, przedłużki betonowej i pokrywy. Średnica zewnętrzna zbiornika betonowego wynosi 2,5 m a jego wysokość 2,36 m, wymiary zbiornika umożliwiają jego transport drogami publicznymi. Pokrywa zbiornika wykonywana jest w trzech wersjach: dla ruchu pieszego, o nacisku pojazdu 5 Mg i nacisku pojazdu



Rys.3. Zbiornik betonowy o pojemności 12 m³ wody [2,3]



Rys.1. Przemiany fazowe wody: ciepło stałe, ciecz, para wodna w zależności od ilości dostarczanego ciepła



Rys.2. Instalacja ogrzewania domu wykorzystująca ciepło zamarzania wody wspomagana ciepłem z kolektorów słonecznych, absorberów powietrzno-solarnych i ciepłem z gruntu

12,5 Mg. Umożliwia to montaż zbiornika pod chodnikiem czy jezdnią. Zbiornik mieści w sobie 12 m³ wody. Jeśli w danej lokalizacji wymagana jest większa objętość to można zastosować większą liczbę zbiorników.

Na rys. rys. 4, 5 i 6 przedstawiono zbiorniki w trakcie ich instalacji w gruncie. Dla lepszego przejmowania ciepła z gruntu, zbiorniki otulane są warstwą piasku dobrze przylegającego do nich, by zapewnić dobry przepływ ciepła do zbiornika. W zbiorniku montuje się rury wymiennika stanowiące dolne źródło ciepła dla pompy ciepła solanka/woda oraz przy bocznych ścianach zbiornika są posadowione rury wymiennika „regeneracyjnego” zasilanego ciepłem z kolektorów słonecznych, bądź absorberów powietrzno-solarnych.

Ciepło dostarczane do wymiennika regeneracyjnego wykorzystywane jest do odmrażania zbiornika z lodu.

W dużych obiektach (o zapotrzebowaniu na moc cieplną do kilkuset kilowatów), w których pompy ciepła oprócz ogrzewania w zimie mają zapewnić również chłodzenie pomieszczeń w lecie. Tradycyjne systemy chłodzenia generują wysokie koszty eksploatacyjne, na ogół większe niż koszty ogrzewania budynku. Objętość zbiorników dla dużych obiektów osiąga 1000 m³ i umieszczone są one pod budynkami (rys.7), bądź w gruncie, obok obiektów. Na dachach budynków wykorzystujących ogrzewanie zamarzającą wodą umieszcza się absorbery powietrzno-solarne z rur polietylenowych LDPE [rys. 8] do pozyskiwania ciepła promieniowania słonecznego i ciepła z powietrza do zasilania wymienników „regeneracyjnych” w zbiorniku, wspomagających topnienie lodu.



Rys. 4.
Zbiornik osadzony w gruncie w otulinie z drobnego piasku [4]



Rys. 5.
Zbiornik z wymiennikiem ciepła stanowiący dolne źródło ciepła dla pompy ciepła solanka/woda [4]

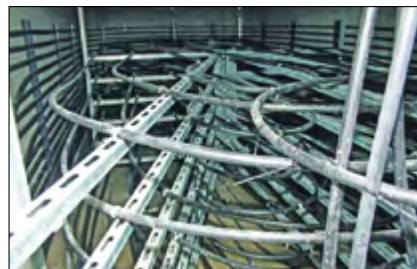


Rys. 6.
Widok zbiorników w trakcie montażu [5]

Instalacja ogrzewania i klimatyzacji pomieszczeń oraz przygotowania ciepłej wody wykorzystująca ciepło krzepnięcia wody i topnienia lodu

Pompa ciepła do systemu ogrzewania obiektu wykorzystuje ciepło:

- powietrza na zewnątrz pomieszczeń,
- promieniowania słonecznego,
- gruntu,
- zamarzania wody,
- pobierane z pomieszczeń do ich klimatyzacji w lecie.



Rys. 7.
Widok zbiornika dla dużych obiektów z wymiennikami ciepła: dla pomp ciepła (umieszczonych w zbiorniku) i zasilanych z absorberów powietrzno-solarnych (umieszczonych w pobliżu ścian zbiornika) [6]



Rys. 8.
Absorbery powietrzno-solarne z rur polietylenowych LDPE do pozyskiwania ciepła promieniowania słonecznego i ciepła z powietrza dla wymienników regeneracyjnych w zasobniku [7]

Temperatura wody w zbiorniku zmienia się w ciągu roku, co oczywiście ma wpływ na efektywność pracy pompy ciepła. Pompa ciepła pobierając ciepło obniża temperaturę wody w zbiorniku, która po osiągnięciu 0°C, zaczyna zamarzać i tworzy się lód. Zamarzająca woda oddaje dużą ilość ciepła, które pobiera pompa ciepła. Pobieranie ciepła (ciepło krzepnięcia wody 334 kJ/kg, rys.1) powoduje zwiększenie się oblodzenia rur dolnego wymiennika pompy ciepła zainstalowanego w zbiorniku. Mieszanka wody i lodu ma stałą temperaturę wynoszącą 0°C. Taka sytuacja będzie trwała do czasu, aż dojdzie do zamarznięcia całej ilości wody w zbiorniku. Po całkowitym zamarznięciu wody w zbiorniku dalsze pobieranie ciepła od lodu (ciepło właściwe lodu 2,095 kJ/(kg K), rys.1) powoduje obniżanie jego temperatury, a tym samym obniży się temperatura solanki zasilającej pompę ciepła.

Ilość ciepła jaką można pozyskać ze zbiornika wody składa się z ciepła:

- jawnego ochładzania wody,
- utajonego zamarzania wody i
- jawnego ochładzania lodu.

W tabeli 1 zestawiono ilości ciepła pozyskiwane ze zbiornika zawierającego wodę o temperaturze + 5 °C i ochładzanej, aż do otrzymania lodu o temperaturze - 2 °C w zależności od wielkości zbiornika (ilości wody w zbiorniku). Do obliczeń przyjęto:

ciepło właściwe wody - 4,18 kJ/(kg K),
ciepło krzepnięcia wody - 334 kJ/kg,
ciepło właściwe lodu - 2,095 kJ/(kg K).

Tabela 1. Oczekiwana ilość ciepła możliwa do pozyskania ze zbiornika w zakresie : woda o temperaturze + 5°C – lód o temperaturze - 2°C

Lp.	Objętość wody w m ³	Ciepło z ochładzania wody w kWh	Ciepło zamarzania wody w kWh	Ciepło ochładzania lodu w kWh	Ciepło do pozyskania ze zbiornika w kWh
1	12	69,7	1113,3	14,0	1197,0
2	(2 x 12) = 24	139,3	2226,7	27,9	2393,9
3	(3 x 12) = 36	209,0	3340,0	41,9	3590,9
4	(4 x 12) = 48	278,7	4453,3	55,9	4787,9
5	80	464,4	7422,2	93,1	7979,8
6	120	696,7	11133,3	139,7	11969,7
7	200	1161,1	18555,6	232,8	19949,4
8	400	2322,2	37111,1	465,6	39898,9
9	700	4063,9	64944,4	814,7	69823,1
10	900	5225,0	83500,0	1047,5	89772,5
11	1000	5805,6	92777,8	1163,9	99747,2

Udział masowy lodu w zbiorniku, w trakcie jego eksploatacji w roku, zestawiono w tabeli 2 [8]. Ciepło od zamarzającej wody pobiera się w okresie listopad – kwiecień. Zatem wielkość zbiornika powinna być tak dobrana, aby ilość otrzymanego ciepła z zamrażania wody była równa co do wartości zapotrzebowaniu ciepła przez obiekt w tych miesiącach.

Dolny wymiennik ciepła dla pompy ciepła wykonany z rur polietylenowych powinien być tak skonstruowany, aby lód w zbiorniku tworzył się najpierw w środkowej jego części, wzdłuż całej jego wysokości, a następnie oblodzenie powinno zmierzać w kierunku ścian wewnętrznych zbiornika. Rozmrażanie wody (topnienie), przebiega w kierunku odwrotnym, tj. od wewnętrznych ścian zbiornika do środka zasobnika. Ciepło z gruntu i ciepło z absorberów powietrzno-słonecznych jest stale dostarczane do wymiennika regeneracyjnego w zasobniku i zapewnia jego regenerację – topi lód lub podnosi temperaturę wody w zbiorniku.

Ciepło pobierane z gruntu Q_{ERD-ES} do zbiornika z lodem można obliczyć z zależności:

$$Q_{ERD-ES} = U A_{ES} (T_{ES} - T_{ERD}) \tag{3}$$

a

$$U = \frac{\lambda}{s} \tag{4}$$

gdzie:

- U – współczynnik przenikania ciepła,
- A_{ES} – powierzchnia ścian zewnętrznych zbiornika na wysokości zalania wodą wewnątrz zbiornika,
- T_{ES} – temperatura wody w zbiorniku,
- T_{ERD} – temperatura gruntu,
- λ – współczynnik przewodzenia ciepła betonu (1,2 – 1,5 W/(m K)),
- s – grubość ściany zbiornika.

Absorbery powietrzno-solarne wykonuje się z rur polietylenowych (LDPE) odpornych na promieniowanie UV i temperatury w zakresie od (- 30 do + 80) °C i mogą być montowane na dachach domów (rys. 9), garaży bądź na konstrukcjach wsporczych nad gruntem.

Ciepło z absorberów powietrzno-słonecznych czy kolektorów słonecznych zasila wymiennik „regeneracyjny” w zbiorniku i topi lód, stanowi ono również dodatkowe źródło ciepła dla pompy ciepła. W sezonie letnim zwłaszcza w dużych obiektach możliwe jest kierowanie nadwyżki ciepła z budynku, poprzez system grzewczy pomp ciepła do zbiornika, w którym po sezonie grzewczym znajduje się lód. Takie rozwiązanie zapewnia chłodzenie pomieszczeń w budynku oraz „regenerację” dolnego źródła ciepła – odmrażanie lodu w zbiorniku. Na rys.10 przedstawiono roczny bilans energetyczny ogrzewania i klimatyzacji dużego budynku pompami ciepła współpracującymi ze zbiornikiem wody zawierającym 120 m³ wody. Ciepło pozyskiwane w procesie zamrażania wody wynosi ok. 11 900 kWh/rok (tabela 1). W systemie ogrzewania lodem wykorzystuje się absorbery powietrzno-słoneczne o prostej budowie (rys.9). Pozyskują ciepło głównie z powietrza atmosferycznego w dzień i w nocy. Energia promieniowania słonecznego jest mile widzianym dodatkowym źródłem ciepła podnoszącym efektywność absorberów. Tradycyjne kolektory słoneczne wykorzystują energię promieniowania słonecznego do produkcji ciepła. W zimie występuje znacznie niższa wartość promieniowania słonecznego niż w lecie i pozyskiwanie ciepła jest również niskie.

Tabela 2. Udział masowy lodu w poszczególnych miesiącach roku w zasobniku [8]

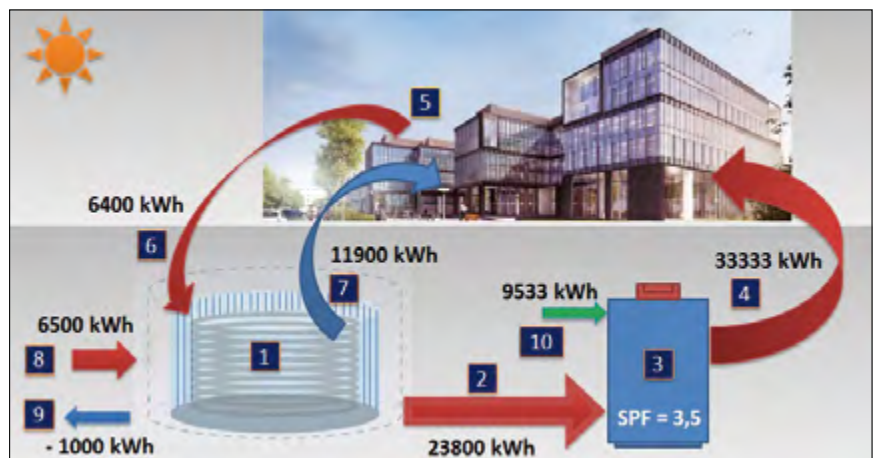
Miesiąc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Zawartość lodu w zbiorniku w %	30	50	90	100	90	50	30	5	3	0	3	5

Decyzja Komisji Europejskiej z dnia 1 marca 2013 2013/114/UE (nr C(2013) 1082 ustala sposób obliczania udziału oraz ilości energii z OZE dla pomp ciepła i wprowadzono załącznik VII do dyrektywy 2009/28/WE. Załącznik VII określa trzy parametry niezbędne do obliczania ilości energii odnawialnej pochodzącej z pomp ciepła na potrzeby wyliczania celów w zakresie energii odnawialnej:

- sprawność produkcji energii,
- szacunkowe użyteczne ciepło pochodzące z pomp ciepła (Q_{usable});

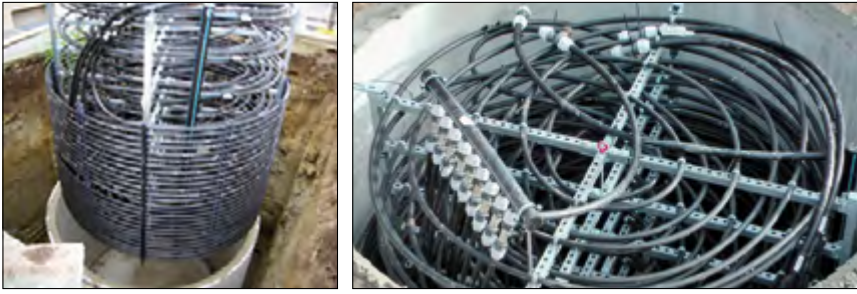


Rys.9. Absorber powietrzno-solarny z rur polietylenowych zamontowany na dachu domu jednorodzinnego

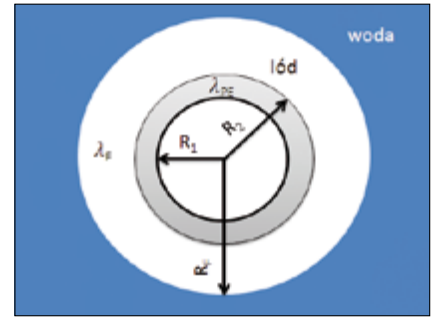


Rys.10.

Przykładowy roczny energetyczny bilans instalacji ogrzewania i klimatyzacji budynku pompami ciepła współpracującymi ze zbiornikiem wody o objętości 120 m³ i absorberami powietrzno-solarnymi na dachu: 1 – zbiornik o objętości 120 m³ wody, 2 – ciepło pobierane przez pompy ciepła z zbiornika w procesie zamrażania wody, 3 – pompy ciepła solanka/woda ze sterowaniem, 4 – ciepło do ogrzewania budynku, 5 – absorbery powietrzno-solarne na dachach budynków, 6 – ciepło z absorberów powietrzno-słonecznych do odmrażania lodu w zbiorniku, 7 – chłód pobierany z zbiornika do klimatyzacji pomieszczeń w budynku, 8 – ciepło z gruntu do odmrażania lodu w zbiorniku, 9 – straty ciepła ze zbiornika do otaczającego go gruntu, 10 – energia elektryczna do napędu pompy, SPF – współczynnik efektywności (wydajności) sezonowej pompy ciepła



Rys. 11. Konstrukcja rurowych wymienników ciepła: po lewej stronie – widok wymienników ciepła z boku, po prawej stronie – widok wymienników ciepła po włożeniu ich do zbiornika [10]



Rys. 12. Rurka polietylenowa PE otoczona warstwą lodu

- współczynnik efektywności (wydajności) sezonowej (SPF).

Zgodnie z załącznikiem VII do dyrektywy ilość energii odnawialnej dostarczanej przez technologie pomp ciepła E_{RES} oblicza się za pomocą następującego wzoru:

$$E_{RES} = Q_{usable} \left(1 - \frac{1}{SPF} \right) \quad (5)$$

gdzie:

Q_{usable} – szacunkowe całkowite użyteczne ciepło pochodzące z pomp ciepła,

SPF – szacunkowy przeciętny współczynnik wydajności sezonowej pompy ciepła

Dla pompy ciepła typu woda/woda wykorzystującej energię hydrotermalną, szacunkowy przeciętny współczynnik wydajności sezonowej pompy ciepła dla szacowania jej wydajności wynosi SPF = 3,5 [9].

W ogrzewaniu ciepłem zamrażania wody należy szczególną uwagę zwrócić na konstrukcję wymienników wewnątrz zbiornika. Woda posiada gęstość 1000 kg/m³ w temperaturze 4°C, natomiast gęstość lodu w temperaturze 0°C wynosi 900 kg/m³. Wynika z tego, że lód zajmuje o 11 % większą objętość niż woda. Należy tak skonstruować dolny rurowy wymiennik pompy ciepła w zbiorniku z wodą (rys. 11), aby zamrażanie wody następowało od środka zbiornika wzdłuż jego wysokości do ścian bocznych zbiornika, w ten sposób zapobiega się rozsadzeniu zbiornika przez lód. Za rozmrażanie powinno być dokonywane od wewnętrznych ścian bocznych do środka zbiornika.

Na rys. 12 przedstawiono rurki PE dolnego wymiennika pompy ciepła, wokół których tworzy się lód w trakcie zamrażania wody. Do odmrażania lodu w zbiorniku wykorzystuje się ciepło pozyskiwane z gruntu i ciepło z kolektorów słonecznych, bądź absorberów powietrzno-słonecznych.

Dla wymienników regeneracyjnych ilość ciepła Q_{REG} przekazywana do zbiornika z kolektorów słonecznych bądź absorberów powietrzno-słonecznych można obliczyć z zależności

$$Q_{REG} = \lambda_{PE} \frac{2\pi L_{REG}}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)} (T_{SK} - T_{ES}) \quad (6)$$

gdzie:

λ_{PE} – współczynnik przewodzenia ciepła rur polietylenowych PE
($\lambda_{PE} = 0,4 \text{ W/(m K)}$),

L_{REG} – długość rur wymiennika regeneracyjnego,

R_1 – wewnętrzna średnica rury PE (rys. 12),

R_2 – zewnętrzna średnica rury PE (rys. 12),

T_{SK} – temperatura wody z kolektora słonecznego lub absorbera powietrzno-słonecznego,

T_{ES} – temperatura wody w zbiorniku (zasobniku lodu).

Ciepło pobierane ze zbiornika przez wymiennik rurowy stanowiący dolne źródło ciepła pompy ciepła

$$Q_{ENT} =$$

$$= \lambda_{PE} \frac{2\pi L_{ENT}}{\frac{1}{\lambda_{PE}} \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right) + \frac{1}{\lambda_F} \ln\left(\frac{R_F}{R_2}\right)} (T_{ES} - T_{WP}) \quad (7)$$

gdzie:

λ_F – współczynnik przewodzenia ciepła lodu ($\lambda_F = 2,2 \text{ W/(m K)}$),

L_{ENT} – długość rur wymiennika,

R_F – promień warstwy lodu utworzonej na rurce PE (rys. 12),

T_{ES} – temperatura wody w zbiorniku z lodem,

T_{WP} – temperatura nośnika ciepła pompy ciepła w dolnym wymienniku.

Chłodzenie pomieszczeń w budynkach chłodem z zasobnika lodu

Zasobnik lodu doskonale nadaje się do naturalnego chłodzenia pomieszczeń w lecie. W tym celu należy pod koniec sezonu grzew-

czego doprowadzić do pełnego zamrożenia wody w zasobniku. Powstały lód stanowi naturalne i tanie źródło chłodu dla budynku. Lód topi się, chłodząc budynek – woda i lód mają stałą temperaturę o wartości 0°C, aż do całkowitego odmrożenia lodu w zbiorniku. Od tego momentu, dalsza eksploatacja zasobnika powoduje podniesienie temperatury wody znajdującej się w nim. Jeśli okaże się, że potrzebuje my większej mocy do chłodzenia, wtedy można włączyć pompę ciepła w trybie chłodzenia aktywnego. Pobrane wówczas ciepło z pomieszczeń będzie magazynowane w zasobniku i następnie dostępne do ogrzewania w najbliższym okresie grzewczym.

Pierwszy w Polsce system ogrzewania lodem [11, 12, 13]

W 2014 roku powstała pierwsza w Polsce instalacja z zasobnikiem lodu w Dobrozdzeniu, woj. opolskie. Zastosowano zbiornik betonowy przedstawiony na rys.3 i mogący zmieścić w sobie 12 m³ wody. We wnętrzu zbiornika znajduje się stelaż, na którym umieszczone są dwa wymienniki ciepła: dla pompy ciepła i „regeneracyjny”, wykonane w postaci węzownic z rur polietylenowych PE o średnicy 32 mm. Zbiornik betonowy został zakopany w gruncie w pobliżu budynku. Absorber powietrzno-solarny dostarczający ciepło do wymiennika „regeneracyjnego” w zbiorniku, wykonany został jako wolno stojąca konstrukcja metalowa o długości 8 m i wysokości 1,9 m. Do konstrukcji przymocowano rury polietylenowe PE o średnicy 32 mm o całkowitej długości 600 m. W instalacji pracuje pompa ciepła solanka/woda o mocy grzewczej 10 kW. W cytowanych artykułach nie podano nakładów inwestycyjnych na instalację „ogrzewania lodem” oraz nie zawierają one również analiz ekonomicznych pozyskiwania ciepła i chłodu z instalacji ogrzewania lodem, co mogło by zachęcać do stosowania tego rodzaju instalacji do ogrzewania domów.

LITERATURA

- [1] Alexander von Rohr. Energie aus Eis. Alexander von Rohrs Patent, Wärmetechnik, 01.2011, http://eisheizung-gmbh.npage.de/get_file.php?id=16410424&vnr=559621 Korzystano luty 2017
- [2] <http://www.haus-xxl.de/ratgeber/eisheizung-vorteile-kosten-und-funktionsweise-im-ueberblic-473> Korzystano marzec 2017
- [3] Solareis. Das SolarEis-Wärmequellensystem SE 12. Informationsblatt SE 12 Rev – C; 042011
- [4] (<http://www.jura-kaelte.de/index.php/de/leistungen/waermepumpen/eisspeicherheizung>) Korzystano luty 2017
- [5] <http://www.metternich-haustechnik.de/solareis-bildergalerie> Korzystano luty 2017
- [6] <http://www.ikz.de/nc/klima-lueftung/news/article/kuehlen-mit-eis-0056463.html> Korzystano luty 2017
- [7] <http://www.berlinger.com/about-berlinger/news/detail/new-ecofriendly-ice-heating-system/> Korzystano luty 2017
- [8] Mergenthal Nicole. Analyse eines Eisspeichersystems. Bachelorarbeit eingereicht im Rahmen der Bachelorprüfung im Studiengang Maschinenbau/Energie – und Anlagentechnik am Department Maschinenbau und Produktion der Fakultät Technik und Informatik der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg in Zusammenarbeit mit: Ingenieurbüro emutec GmbH Marktsegment Luftfahrt in Norderstedt. Hamburg 28. 02. 2014
- [9] Decyzja Komisji Europejskiej z dnia 1 marca 2013, 2013/114/UE (nr C(2013) 1082) o wytycznych dla państw członkowskich dotyczące szacowania ilości energii odnawialnej pochodzącej z różnych technologii pomp ciepła zgodnie z wymogami załącznika VII do dyrektywy 2009/28/WE
- [10] <http://www.mopo.de/hamburg/neue-energieloesung-harburg--diese-heizung-waermt-mit-eis-11944330> Korzystano marzec 2017
- [11] Gnyra K., Skoruppa D., Ogrzewanie ... lodem? To możliwe. InstalReporter 20/10/2015
- [12] Mironowicz M., Szmolke N., Skoruppa D., Rozwiązania dolnych źródeł dla pomp ciepła. INSTAL nr 10, 2014
- [13] <http://www.energytechnic.pl/> Korzystano marzec 2017