

Ścieki jako źródło ciepła w oczyszczalniach ścieków

Wastewater as a heat source at wastewater treatment plants

WŁADYSŁAW SZAFLIK

DOI 10.36119/15.2022.5.2

Zapobieganie zmianom klimatu jest strategicznym priorytetem Unii Europejskiej. Aby ograniczyć emisję CO₂ do atmosfery i przez to niekorzystny wpływ działalności człowieka na środowisko Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej opracowała i uchwaliła szereg dyrektyw. Poprawa efektywności energetycznej użytkowanych przez ludzi systemów jest priorytetowym zadaniem polityki Unii Europejskiej.

W oczyszczalniach ścieków szeroko wykorzystywana jest energia uzyskiwana ze spalania otrzymanych w nich: biogazu i osadów ściekowych., w niewielkim stopniu ciepło odzyskiwane ze ścieków.

W artykule przedstawiono sposoby odzyskiwania ciepła ze ścieków i możliwości ich zastosowania w oczyszczalniach ścieków. Ciepło przekazywane w budynku zużywanej wodzie odprowadzane jest ze ściekami do kanalizacji i dalej do oczyszczalni ścieków. W większości oczyszczalni w Polsce, nie zostaje ono w żaden sposób zagospodarowane i odpływa z oczyszczonymi ściekami do odbiornika. Brak spożytkowania tego ciepła wynika z niskiej temperatury ścieków, jest ona wyższa od temperatury zimnej wody dostarczanej do budynków od kilku do kilkunastu stopni Celsjusza. Ogranicza to bardzo bezpośrednio wykorzystanie zawartego w nich ciepła za pomocą wymienników ciepła. W oczyszczalniach ścieków znajdują zastosowanie czynniki grzejne o wyższej temperaturze, potrzebne do ogrzewania, przygotowania ciepłej wody i na potrzeby technologiczne. Wyższą temperaturę podgrzewanego czynnika niż w wymiennikach ciepła można uzyskać za pomocą pomp ciepła, ścieki wtedy stanowią dla nich dolne źródło ciepła. Niestety temperatura ta nie może być zbyt wysoka ze względu na malejącą, wraz ze wzrostem temperatury w skraplaczu efektywność (współczynnik COP) pomp ciepła. Podstawą każdej analizy możliwości wykorzystania ciepła ze ścieków jest znajomość ich temperatury. Analizę przeprowadzono na przykładzie Oczyszczalni Ścieków Zdroje w Szczecinie, dla której, w poszczególnych dobach 2020 roku przedstawiono wyniki pomiarów temperatury ścieków. Pokazano też temperaturę wody ujmowanej w Ujęciu Miedwie zasilającym tereny spływu ścieków do tej Oczyszczalni, oraz średnią dobową temperaturę powietrza zewnętrznego. Dla poszczególnych miesięcy określono średnią dobową efektywność pozyskiwania ciepła za pomocą sprężarkowych pomp ciepła ze ścieków w oczyszczalni oraz z powietrza zewnętrznego. Efektywność pozyskiwania ciepła zależy od temperatury dolnego i górnego źródła ciepła. W referacie przedstawiono wyniki obliczeń efektywności, gdy dolnym źródłem ciepła są ścieki oraz powietrze zewnętrzne. Efektywność pozyskiwania ciepła ze ścieków jest większa niż w przypadku pozyskiwania ciepła z powietrza. Określono również względny wzrost efektywności pompy w przypadku, gdy dolnym źródłem ciepła są ścieki a nie powietrze zewnętrzne.

Słowa kluczowe: oczyszczalnie ścieków, odzysk ciepła ze ścieków, gospodarka ciepłem w oczyszczalniach ścieków

Preventing climate change is a priority for the European Union. In order to reduce CO₂ emissions into the atmosphere and thus the negative impact of human activity on the environment, the European Parliament and the Council of the European Union have developed and enacted a number of directives. Improving the energy efficiency of systems used by people is a priority task included in the European Union policy.

Energy obtained from the combustion of biogas and sewage sludge is widely used at wastewater treatment plants, while the heat recovered from wastewater is used only to a small extent.

The article presents methods of heat recovery from wastewater and possibility of its application at wastewater treatment plants. The heat contained in the wastewater is discharged into the sewage system and further into the wastewater treatment plant. In most wastewater treatment plants in Poland, the heat is not utilized and flows with the treated wastewater to the reception tank. The lack of utilization of this heat is due to the low temperature of the wastewater, which is higher than the temperature of cold water supplied to buildings by only a few to several degrees Celsius. This limits the direct use of the heat contained in them with heat exchangers. In wastewater treatment plants, the higher temperature heat is used for heating, hot water preparation and technological needs. A higher temperature of the heated medium than in heat exchangers may be obtained with heat pumps, where wastewater can be used as lower heat source. Unfortunately, this temperature cannot be too high as the efficiency of heat pumps (COP) decreases with the increase of the temperature in the condenser. The basis of any analysis of the

possibility of using heat from wastewater is the determination of its temperature. The analysis is based on the example of the Zdroje Wastewater Treatment Plant in Szczecin, for which the results of wastewater temperature measurements are presented for individual days in 2020. Analysis was also performed for water taken at the Miedwie intake, which feeds the wastewater treatment plant's inflow areas, and for the average daily outdoor air temperature. The average daily efficiency of heat extraction with heat pumps from sewage at the plant and from outdoor air was determined for selected months. The efficiency of heat extraction depends on the temperature of the lower and upper heat source. The paper presents the results of performance calculations when the lower heat sources are wastewater and outside air. The efficiency of heat extraction from wastewater is higher than that of heat extraction from air. The relative increase in pump efficiency was also determined when wastewater is the lower heat source instead of the outside air.

Keywords: wastewater treatment, wastewater heat recovery, wastewater treatment plant heat management

Oznaczenia:

- COP – efektywność cieplna pompy ciepła [–],
 Q_b – ciepło ze spalania biogazu [MJ],
 Q_{ss} – ciepło ze spalania osadów ściekowych [MJ],
 Q_r – ciepło odzyskiwane ze ścieków [MJ],
 Q_a – ciepło z dodatkowego źródła energii [MJ],
 Q_h – ciepło na ogrzewanie [MJ],
 Q_{ww} – ciepło na przygotowanie ciepłej wody [MJ],
 Q_{ds} – ciepło na suszenie osadów [MJ],
 Q_{hs} – ciepło na podgrzanie osadów do WKF [MJ],
 T_e – temperatura parownika [K],
 T_k – temperatura skraplacza [K],
 η_d – stopień doskonałości rzeczywistego obiegu pomp ciepła, [–],
 ϕ_c – współczynnik efektywności cieplnej lewobieźnego obiegu Carnota, [–],

Wprowadzenie

Zapobieganie niebezpiecznym zmianom klimatu jest podstawowym priorytetem Unii Europejskiej. Unia zajmuje się intensywnie redukcją własnych emisji gazów cieplarnianych, zachęcając jednocześnie inne kraje i regiony do podobnego postępowania.

W Dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady Unii Europejskiej z dnia 11 grudnia 2018 r. stwierdzono, że „poprawa efektywności energetycznej w całym łańcuchu energetycznym, w którym podczas wytwarzania, przesyłania, dystrybucji i końcowego zużycia energii, będzie korzystna dla środowiska, spowoduje poprawę jakości powietrza i stanu zdrowia w społeczeństwie, redukcję emisji gazów cieplarnianych ...”. Jednym ze znaczących sposobów poprawy efektywności energetycznej może być odzysk ciepła odpadowego. Takim ciepłem jest ciepło odprowadzane w ściekach.

Ciepło odprowadzane w ściekach może być odzyskiwane wewnątrz budynków, w kanałach sieci kanalizacyjnej

i w oczyszczalniach ścieków. W pracy przeanalizowano możliwość poboru ciepła zawartego w ściekach, w oczyszczalniach ścieków. Temperatura ścieków jest zawsze wyższa niż temperatura zimnej wody pobieranej w ujęciu. Temperatura ścieków w okresie niskich wartości temperatury jest wyższa niż temperatura powietrza zewnętrznego. Problemem jest wykorzystanie w oczyszczalniach ścieków tego ciepła, charakteryzującego się niską temperaturą. Maksymalna temperatura ścieków dopływających do oczyszczalni występuje latem i wynosi ponad 20°C, zimą rzadko spada poniżej 10°C [6, 13, 15]. Teoretycznie ciepło to może być wykorzystane za pośrednictwem wymienników ciepła. Odbiorców ciepła o takim niskim potencjale nie ma w oczyszczalniach ścieków. Istnieje też możliwość wykorzystania ścieków jako dolnego źródła ciepła pomp ciepła. Obecnie produkowane pompy ciepła umożliwiają bez problemu podgrzanie czynnika do temperatury 60°C [3, 12], a nawet 80°C [4].

Celem artykułu w pierwszej kolejności jest pokazanie potencjału cieplnego ścieków na tle potencjału cieplnego powietrza i wody pobieranej w ujęciu i przedstawienie możliwości wykorzystania ciepła w nich zawartego.

Sposoby odzysku ciepła ze ścieków

Ciepło ze ścieków można odzyskiwać za pomocą wymienników ciepła. Strumień odbieranego ciepła można określić stosując klasyczne zależności dotyczące obliczeń wymienników ciepła [2]. W przypadku zastosowania wymienników ciepła niestety temperatura podgrzewanego czynnika będzie niższa niż temperatura dopływających ścieków. W przypadku niskich wartości temperatury ścieków możliwości wykorzystania zawartego w nich ciepła są dosyć ograniczone. Kiedy nie jest wymagana zbyt wysoka temperatura podgrzewanego czynnika, nieprzekraczająca 60°C, można wykorzystać pompy ciepła, w których ścieki będą dolnym źródłem ciepła [14].

Spośród wszystkich rodzajów pomp ciepła najczęściej stosowane są sprężarkowe. Orientacyjną efektywność sprężarkowej pompy ciepła (współczynnik COP) można określić wykorzystując uproszczoną zależność [5, 15]:

$$COP = \eta_d \cdot \phi_c \quad (1)$$

Współczynnik COP pompy ciepła jest to współczynnik określający efektywność pompy ciepła. Jest to stosunek ilości ciepła dostarczonego przez pompę do ilości energii elektrycznej, która została zużyta w wyniku wykonanej przez pompę pracy. Seryjnie budowane sprężarkowe pompy ciepła osiągają sprawność η_d równą 50 – 60% sprawności doskonałej pompy ciepła pracującej w obiegu Carnota ϕ_c . Efektywność pompy ciepła (współczynnik COP) pracującej w lewobieźnym obiegu Carnota ϕ_c można obliczyć z poniższego wzoru:

$$\phi_c = \frac{T_k}{T_k - T_p} \quad (2)$$

Dla danej temperatury dolnego źródła ciepła efektywność sprężarkowej pompy ciepła maleje wraz ze wzrostem temperatury górnego źródła ciepła. W przypadku, gdy dolnym źródłem ciepła są ścieki na powierzchni wymiany ciepła w parowniku od ich strony następuje osadzanie osadów i narastanie błony biologicznej, powoduje to obniżenie efektywności pompy ciepła. Przyjmuje się, że stosowanie pompy ciepła jest opłacalne jeżeli efektywność pompy ciepła COP jest większa od czterech [5]. Przy wykorzystaniu ścieków jako dolnego źródła ciepła, ścieki przepływają przez wymienniki ciepła jak i parowniki pomp ciepła lub omywają powierzchnię wymiany ciepła wymiennika umieszczonego w kanałach. Można również zastosować czynnik pośredni pomiędzy pompą ciepła i ściekami, podraża to jednak inwestycję i obniża efektywność pompy ciepła [15]. Nieoczyszczone ścieki komunalne zawierają znaczną ilość

zawieszonych substancji, często się zdarza, że substancje te osiadają na powierzchniach lub w kanałach powodując zmniejszenie powierzchni przekroju wymiennika i tym samym, przy przepływie w kanałach, powodując zwiększenie oporów hydraulicznych i zmniejszenie ich strumienia. Wytrącone na powierzchni osady stwarzają też dodatkowy opór cieplny obniżający wartość współczynnika przenikania ciepła i strumienia pobieranego ze ścieków ciepła [9, 10]. Ze względu na to, ciepło w oczyszczalniach ścieków najczęściej pobierane jest z oczyszczonych ścieków, praktycznie nie zawierających substancji stałych. Wymienniki ciepła tak powinny być zaprojektowane, wykonane i zlokalizowane, aby możliwe było łatwe czyszczenie ich powierzchni od strony ścieków.

Zapotrzebowanie na ciepło niskotemperaturowe

Ogólny bilans ciepła oczyszczalni ścieków dla danego okresu można przedstawić zależnością:

$$Q_b + Q_{ss} + Q_r + Q_a = Q_h + Q_{ww} + Q_{ds} + Q_{hs} \quad (3)$$

Ciepło w oczyszczalni ścieków może być wytwarzane w wyniku spalania biogazu otrzymanego w procesie fermentacji metanowej w Wydzielonych Komorach Fermentacji Q_b i ze spalania osadów ściekowych Q_{ss} , odzyskiwane ze ścieków Q_r i uzyskiwane z innego źródła ciepła Q_a . Ciepło to wykorzystywane jest do ogrzewania obiektów administracyjno-socjalnych i technologicznych Q_h , przygotowania ciepłej wody Q_{ww} do podgrzewania osadów ściekowych kierowanych do Wydzielonych Komór Fermentacji (WKF) Q_{hs} oraz do suszenia osadów ściekowych Q_{ds} [8].

Przy wykorzystywaniu ciepła zawartego w ściekach instalacje ogrzewania budynków powinny być zaprojektowane jako niskotemperaturowe. Do ogrzewania może być zastosowany czynnik o projektowej temperaturze do 45°C, wtedy do osiągnięcia takiego potencjału termicznego czynnika grzejnego można użyć sprzężarkowych pomp ciepła. Będą one pracowały przy stosunkowo wysokim współczynnikiem efektywności. Te pompy ciepła również można wykorzystać do przygotowania ciepłej wody.

Ciepło o niskiej temperaturze z pomp ciepła, może być również spożytkowane do podgrzewania osadów ściekowych kierowanych do wydzielonych komór fermentacyjnych WKF, w których jest prowadzona mezofilna fermentacja osadów ściekowych.

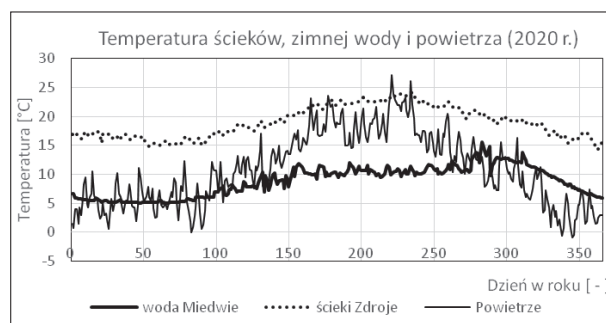
W bilansie Wydzielonej Komory Fermentacyjnej (WKF) największą wartość ma strumień ciepła potrzebny do podgrzania osadu surowego (najczęściej wynosi on ponad 80% całkowitego zapotrzebowania ciepła przez WKF). Pozostały strumień ciepła przeznaczony jest na pokrycie strat ciepła rurociągów i komory fermentacyjnej. Fermentacja mezofilna osadów ściekowych zachodzi w temperaturze 30–40°C. W okresie zimowym temperatura osadów ściekowych wynosi około 10°C. Możliwe jest wstępne podgrzanie osadów doprowadzanych do WKF osadami z nich odprowadzanymi. Rozwiązanie takie praktycznie nie jest stosowane ze względu na to, że osady te zawierają znaczne ilości substancji organicznych i stosunkowo szybko osadzają się na powierzchni wymienników ciepła i tworzą też na niej błonę biologiczną, zwiększając opór cieplny przegrody wymiennika i obniżając w ten sposób współczynnik przenikania ciepła oraz strumień przekazywanego w wymienniku ciepła. Gdy nastąpi obniżenie strumienia ciepła wymienniki te wymagają oczyszczenia. W przypadku tego rozwiązania, aby uzupełnić strumień ciepła, osady w WKF

można podgrzać do właściwej temperatury ciepłem z innych źródeł np. ciepłem uzyskiwanym w procesie kogeneracji czy też za pomocą pomp ciepła.

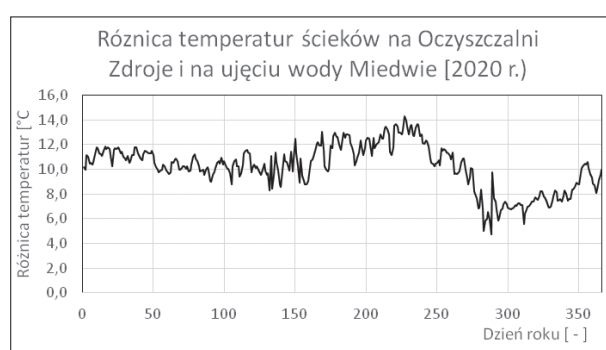
Temperatura ścieków, zimnej wody i powietrza

Temperatura ścieków opuszczających budynek mieszkalny jest wyższa niż temperatura zimnej wody. Wynika to z faktu, że część dostarczanej do budynku mieszkalnego, wykorzystywanej przez lokatorów budynków wody jest podgrzewana do temperatury około 55°C. Średni udział ciepłej wody o tej temperaturze w wodzie pobieranej przez lokatorów wynosi około 35% [7]. Temperatura ścieków w okresie lata nie przekracza 25°C i rzadko w okresie zimowym obniża się poniżej 10°C [4, 5]. Poniżej na rysunku 1 pokazano wykresy temperatury wody pobieranej w ujęciu Miedwie [16], temperatury oczyszczonych ścieków w oczyszczalni Zdroje [16] oraz średniodobowej temperatury powietrza w stacji meteorologicznej w Szczecinie w czasie 2020 roku [1]. Średnia roczna temperatura wody pobieranej z ujęcia

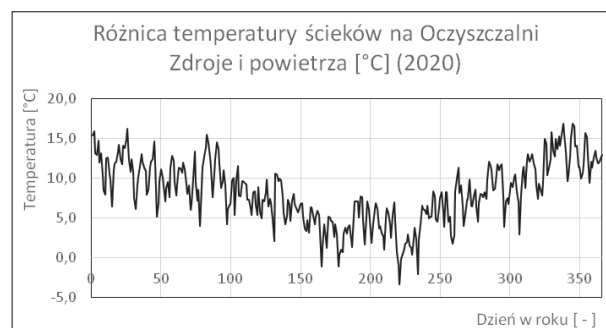
Rys. 1. Średnia dobowa temperatura wody pobieranej w ujęciu Miedwie [16], ścieków na oczyszczalni Zdroje [16] i powietrza w poszczególnych dniach 2020 roku [1]
Fig. 1. Daily average temperature of water at the Miedwie intake, wastewater at the Zdroje WWTP, and average daily air temperature in 2020



Rys. 2. Dobowe różnice temperatury ścieków w oczyszczalni Zdroje i temperatury wody pobieranej w ujęciu Miedwie w roku 2020
Fig. 2. Daily differences between wastewater temperature at Zdroje WWTP and water temperature at Miedwie intake in 2020



Rys. 3. Dobowe różnice temperatury ścieków w Oczyszczalni Ścieków Zdroje i średniej temperatury powietrza w Szczecinie w 2020 roku
Fig. 3. Daily differences between wastewater temperature at Zdroje WWTP and average air temperature in Szczecin in 2020



wynosiła 8,8°C [16], ścieków w oczyszczalni 19,0°C [16], a powietrza 10,7°C [1]. Na rysunku można zauważyć, że z przedstawionych wartości temperatury najwyższe ma temperatura ścieków (z wyjątkiem kilku dni gdzie wyższą temperaturę ma powietrze). Średniodobowa temperatura powietrza charakteryzuje się największą amplitudą zmian wartości w kolejnych dobach. W okresie zimowym w zasadzie jest ona niższa od temperatury zimnej wody, a w okresie letnim wyższa od niej.

Na rysunku 2 pokazano różnice temperatury ścieków w oczyszczalni Zdroje w roku 2020 i temperatury wody pobieranej w ujęciu Miedwie. Średnioroczna różnica wartości temperatury wynosi 10,2°C, temperatura ścieków jest znacząco wyższa od temperatury pobieranej w ujęciu wody. Ta różnica temperatury zmienia się w ciągu roku, największa występuje latem w sierpniu (wynosi około 14°C), zaś najniższe różnice występują w okresie jesiennozimowym w listopadzie (są rzędu około 7°C). Średnia różnica temperatury w sezonie grzewczym (styczeń – kwiecień, październik – grudzień) wynosi 9,4°C.

Na rysunku 3 pokazano dobowe różnice temperatury pomiędzy oczyszczonymi ściekami w Oczyszczalni Zdroje i powietrzem zewnętrznym w Szczecinie w roku 2020. Średnia różnica temperatury wynosiła 8,2°C, zaś w sezonie ogrzewczym (październik – grudzień, styczeń – kwiecień) 10,6°C.

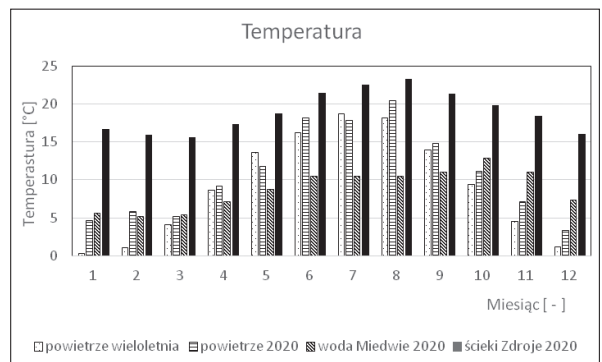
Na rysunku 4 pokazano w poszczególnych miesiącach w roku średnią wieloletnią miesięczną temperaturę powietrza [1] oraz w 2020 roku średnią temperaturę powietrza i wody w ujęciu Miedwie [16] oraz odprowadzanych oczyszczonych ścieków z Oczyszczalni Ścieków Zdroje [16].

Analizując wartości temperatury w ciągu roku, można stwierdzić, że znacznie korzystniejszym dolnym źródłem pompy ciepła od powietrza są ścieki, gdyż ich temperatura w okresie grzewczym jest znacznie wyższa niż temperatura powietrza zewnętrznego. Temperatura ścieków w okresie grzewczym jest znacznie wyższa niż temperatura pozostałych możliwych do zastosowania dolnych źródeł ciepła, takich jak grunt lub woda pobierana z gruntu, czy też woda z cieków lub ze zbiorników wodnych [14].

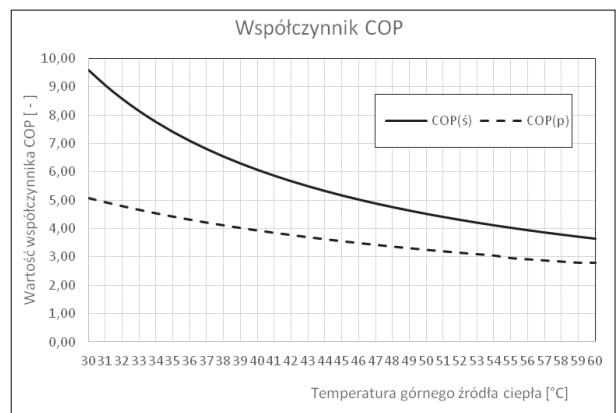
Efektywność odzysku ciepła pompami ciepła

Przeprowadzono obliczenia efektywności pomp ciepła. Wykorzystano podane na wstępie zależności (1) i (2). Przyjęto, że stopień doskonałości rzeczywistego obie-

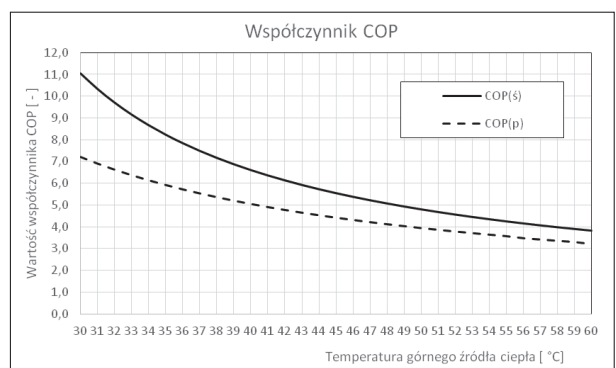
Rys. 4. Średnie miesięczne wieloletnie wartości temperatury powietrza oraz w 2020 roku średnia temperatura powietrza, temperatura wody pobieranej w ujęciu Miedwie [16] i ścieków w Oczyszczalni Zdroje [16]
Fig. 4. Monthly average long-term air temperatures and in average daily temperatures in 2020 in relation to temperature of water intake at Miedwie intake [16] and wastewater at Zdroje WWTP [16]



Rys. 5. Efektywność pomp ciepła (współczynnik COP) dla średniomiesięcznej temperatury w styczniu, dolne źródło ciepła powietrze i ścieki w funkcji temperatury górnego źródła ciepła
Fig. 5. Coefficient of performance (COP) for average monthly temperature in January, lower heat source air COP(A) $T(A)=0,3$ [°C] and wastewater COP(WW) $T(WW)=14,2$ [°C] as a function of upper heat source temperature

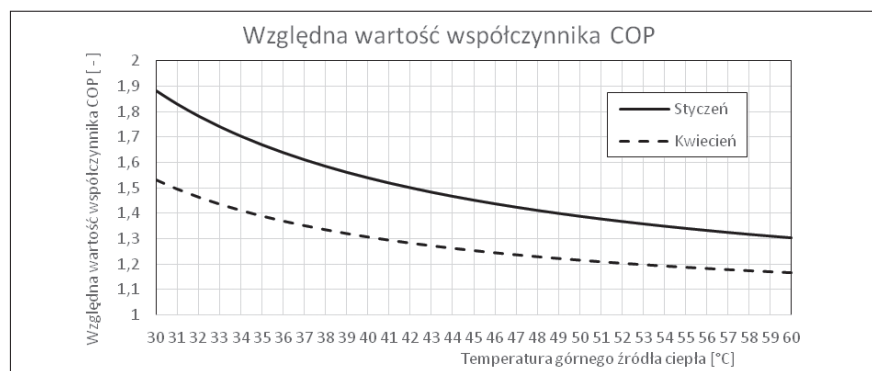


Rys. 6. Efektywność pompy ciepła dla średniomiesięcznej temperatury w kwietniu, dolne źródło ciepła powietrze i ścieki w funkcji temperatury górnego źródła ciepła
Fig. 6. Coefficient of performance (COP) for average monthly temperature in April, lower heat source air COP(A) $T(A)=8,6$ [°C] and wastewater COP(WW) $T(WW)=16,3$ [°C] as a function of upper heat source temperature



gu pomp ciepła równa się 0,5 ($\eta_d = 0,5$) [5, 13, 15]. Obliczenia przeprowadzono, gdy dolnym źródłem ciepła są ścieki lub powietrze zewnętrzne dla temperatury górnego źródła ciepła od 30°C do 60°C, dla dwóch miesięcy o najniższej i najwyż-

szej temperaturze w sezonie ogrzewczym. W obliczeniach uwzględniono wieloletnią średnią miesięczną temperaturę powietrza i średnią miesięczną temperaturę ścieków w 2020 roku. Średniomiesięczna temperatura powietrza w okresie grzewczym była



Rys. 7. Stosunek efektywności pompy ciepła, gdy dolnym źródłem ciepła są ścieki do efektywności, gdy dolnym źródłem ciepła jest powietrze zewnętrzne w funkcji temperatury górnego źródła ciepła
Fig. 7. Ratio of heat pump performance when the lower heat source is wastewater to the performance when the lower heat source is outdoor air in relation to the upper heat source temperature

najniższa w styczniu i wynosiła 0,3°C najwyższa była w kwietniu i wynosiła 8,6°C. Na rysunku 5 i 6, przedstawiono wyniki obliczeń. Gdy dolnym źródłem ciepła są ścieki, efektywność pompy jest wyższa niż gdy jest powietrze zewnętrzne.

Na rysunku 7 dla stycznia i kwietnia, w funkcji temperatury górnego źródła ciepła, przedstawiono stosunek efektywności pompy ciepła, gdy dolnym źródłem są ścieki do efektywności, gdy tym źródłem jest powietrze zewnętrzne.

Na tym rysunku również można zauważyć, że ścieki są lepszym źródłem ciepła niż powietrze zewnętrzne. W styczniu, dla temperatury górnego źródła ciepła zawartego w przedziale od 30°C do 60°C, efektywność pompy ciepła jest większa od 88 do 30%, gdy ciepło pobierane jest ze ścieków niż gdy jest pobierane z powietrza zewnętrznego. Natomiast w kwietniu jest wyższa od 53 do 18 %.

Podsumowanie

W artykule przedstawiono wyniki porównania efektywności pracy pompy ciepła w oczyszczalni ścieków dla przypadków gdy dolnym źródłem ciepła są ścieki komunalne i powietrze zewnętrzne. Porównanie przeprowadzono dla Oczyszczalni Ścieków Zdroje w Szczecinie.

W miarę wzrostu temperatury górnego źródła ciepła efektywność pomp ciepła maleje. W styczniu, dla temperatury górnego źródła ciepła zawartego w przedziale od 30°C do 60°C, efektywność pompy ciepła gdy dolnym źródłem ciepła są ścieki jest większa od 88 do 30 % niż gdy dolnym źródłem ciepła jest powietrze zewnętrzne. Natomiast w kwietniu dla takiego samego przypadku efektywność jest wyższa od 53 do 18 %.

Można stwierdzić, że w oczyszczalniach ścieków komunalnych dla pompy cie-

pła najkorzystniejszym dolnym źródłem ciepła są ścieki, gdyż ich temperatura w okresie grzewczym jest znacznie wyższa niż temperatura pozostałych możliwości do zastosowania dolnych źródeł ciepła, takich jak: powietrze, grunt lub woda pobierana z gruntu, czy też woda z cieków lub ze zbiorników wodnych.

Efektywność pomp ciepła, dla źródła ciepła o danej temperaturze, zależy od temperatury górnego źródła ciepła. W miarę podwyższania tej temperatury, efektywność pompy ciepła maleje, zmniejsza się też jej efektywność ekonomiczna. Od pewnej wartości temperatury górnego źródła ciepła stosowanie pompy ciepła jest ekonomicznie nieuzasadnione. Dlatego, przede wszystkim są one stosowane, przy niskich temperaturach ciepła otrzymywanego z pompy. Problem wykorzystania ciepła w oczyszczalniach ścieków, zawartego w ściekach tkwi w ograniczonych możliwościach wykorzystania ciepła otrzymywanego za pomocą pomp ciepła, charakteryzującego się niskim potencjałem termicznym.

Jeżeli źródłem ciepła na cele grzewcze ma być pompa ciepła pracująca ekonomicznie to czynnik grzejny powinien mieć niską temperaturę i wtedy już na etapie projektowania oczyszczalni należy przewidzieć instalację centralnego ogrzewania niskoparametrową, najlepsze w takim przypadku jest ogrzewanie podłogowe.

BIBLIOGRAFIA

- [1] danepubliczne.imgw.pl dostęp dnia 10.01.2022
- [2] Louis T.: Heat Transfer Applications for the Practicing Engineer. A. John Wiley & Sons, 2011
- [3] www.mhi.info.pl/pompy-ciepła, access 30.06.2021
- [4] Pompa ciepła CO2 – Mitsubishi Heavy Industries (mhi.info.pl) dostęp dnia 10.01.2022
- [5] Rubik M.: Pompy Ciepła Poradnik. Ośrodek Informacji „Technika Instalacyjna w Budownictwie” Warszawa 2006

- [6] Słysz D., Kordana S.: Odzysk ciepła odpadowego w instalacjach i systemach kanalizacyjnych. Wydawnictwo i Handel Książkami „KaBe”. Krosno 2013.
- [7] Szaflik W.: Zużycie wody w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych. Water consumption in residential multifamily buildings (in Polish). Instal 10/2020, p. 18 – 21
- [8] Szul T.: Ocena efektywności ekonomicznej wykorzystania pomp ciepła do pokrycia potrzeb cieplnych obiektów w średniej wielkości oczyszczalni ścieków. Problemy Inżynierii Rolniczej nr3/2008 str. 125-135.
- [9] Skrzypczak M.: Zastosowanie pomp ciepła w czyszczalni ścieków. Wodociągi – Kanalizacja 6/2015, 14-15 .
- [10] Tian L et.al.: Effect of silica dioxide particles of on the evolution of biofouling by Bacillus subtilis in plate heat exchangers relevant to a heat pump system used with treated sewage. Chemical Engineering Journal 2012, 188, 47-56.
- [11] Tian L et.al.: Effect of calcium ions of the evolution of biofouling by Bacillus subtilis in plate-heat exchangers simulating the heat pump system used with treated sewage in the 2008 Olympic Village. Colloids and Surfaces B: Bio-interfaces 2012,94, 305-316.
- [12] www.daikin.pl/pl_pl/literature.html dostęp dnia 10.01.2022
- [13] Zaborowska E.: Odzysk energii ze ścieków na przykładzie wybranych oczyszczalni komunalnych. Praca doktorska. Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej, Gdańsk, 2007.
- [14] Zaborowska E.: Charakterystyka eksploatacyjna pomp ciepła zainstalowanych w oczyszczalni ścieków. Instal nr 3/2015, str. 21-26.
- [15] Zalewski W.: Pompy ciepła i przykłady zastosowań. Skrypt dla studentów wyższych szkół technicznych. Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki. Kraków 1995
- [16] ZWiK Szczecin: Dane dotyczące ujęcia wody Miedwie i Oczyszczalni Ścieków Zdroje. Szczecin 2021

Autor składa wyrazy wdzięczności Zarządowi ZWiK w Szczecinie za udostępnienie danych dotyczących temperatury wody w Ujęciu Miedwie i ścieków w Oczyszczalni Zdroje. Również serdecznie dziękuję za nieograniczoną pomoc i życzliwą atmosferę.