

# Zużycie energii w obiekcie basenowym z zastosowaniem odzysku ciepła ze ścieków szarych

Energy consumption in the swimming pool building using heat recovery from grey water

ALINA ŻABNIEŃSKA-GÓRA, JOANNA LIEBERSBACH, IWONA POLARCZYK

DOI 10.36119/15.2025.4.5

Ścieki szare są bardzo dobrym źródłem ciepła odpadowego. Ciepło to można wykorzystać do wstępnego podgrzewu wody użytkowej lub technologicznej, co wpływa znacząco na końcowe zużycie energii w budynku. Obiekty basenowe należą do budynków o dużym zapotrzebowaniu na wodę i energię. Uwzględniając liczbę obiektów basenowych w Polsce, w niniejszym artykule przedstawiono teoretyczne rozważania dotyczące możliwości zmniejszenia zużycia energii w budynku basenu krytego poprzez zastosowanie technologii energooszczędnych opartych na wykorzystaniu odzysku ciepła ze ścieków szarych pochodzących z natrysków.

Słowa kluczowe: zużycie ciepłej wody, odzysk ciepła, pływalnie, zużycie energii dla układu przygotowania ciepłej wody

Grey water is a very good source of waste heat. This heat can be used to pre-heat domestic or process water, which has a significant impact on the final energy consumption of the building. Swimming pool facilities are among the buildings with high water and energy demand. Considering the number of swimming pool facilities in Poland, this article presents a theoretical analysis of the possibility of reducing energy consumption in an indoor swimming pool building through the application of energy-saving technologies based on the use of heat recovery from grey wastewater from showers.

Keywords: hot water consumption, heat recovery, swimming pool, energy consumption for hot water system

## Wprowadzenie

Rada Europejska, realizując zobowiązania porozumienia paryskiego [1], w 2019 roku potwierdziła nową strategię mającą na celu osiągnięcie neutralności klimatycznej Europy do 2050 roku (Europejski Zielony Ład) [2]. Rok później unijni przywódcy zaakceptowali plan, zgodnie z którym do 2030 roku nastąpi ograniczenie emisji gazów cieplarnianych o co najmniej 55% w porównaniu z poziomem z 1990 roku. Tym samym 5 maja 2021 roku Rada i Parlament Europejski osiągnęły wstępne porozumienie polityczne dotyczące Europejskiego prawa klimatycznego i w lipcu tego samego roku Komisja zaproponowała pakiet „Gotowi na 55” [3], który zawierał zestaw wniosków ustawodawczych i inicjatyw politycznych mających na celu dostosowanie przepisów unijnych do wyznaczonych celów klimatycznych. Obecnie Unia Europejska dąży do neutralności klimatycznej do 2050 roku, a wizja gospodarki o zerowej

emisji gazów cieplarnianych jest interesująca w kontekście postępujących zmian klimatycznych.

Uwzględniając wspomniane przepisy, oczywiste wydaje się dążenie do gospodarki niskoemisyjnej poprzez ograniczenie zużycia nieodnawialnych źródeł energii. Kluczowe stają się zatem nie tylko systemy oczyszczania wody [4], czy dobór odpowiedniego systemu odzysku wody z uwzględnieniem kontroli parametrów procesu filtracji, płukania złóż filtracyjnych i czyszczenia membran [5,6], ale również odzysk ciepła. Analizując liczbę publikacji z ostatnich lat dotyczących zastosowania odnawialnych źródeł energii, w tym odzysku ciepła ze ścieków, można zauważyć, iż systemy te cieszą się dużym zainteresowaniem badaczy, nie tylko w aspekcie teoretycznym, ale przede wszystkim w zakresie możliwości zastosowania, czy projektowania takich systemów.

Obiekty basenowe należą do budynków o dużym zapotrzebowaniu na wodę i energię. Woda wykorzystywana jest do

celów sanitarno-higienicznych oraz technologicznych. Zużycie wody w basenie krytym różni się w zależności od przyjętych rozwiązań projektowych, wytycznych, norm. W tradycyjnych instalacjach wodno-kanalizacyjnych zużyta woda z umywalk, pryszniców, czy płukania złóż filtracyjnych jest bezpośrednio odprowadzana do kanalizacji. Są to tzw. ścieki szare, które są dobrym źródłem ciepła, które można wykorzystać.

Najważniejszymi rodzajami odzysku ciepła, które mogą być zastosowane w obiekcie basenowym są:

- Odzysk ciepła z wody odprowadzanej do systemu odwodnienia basenu: ten rodzaj odzysku ciepła, praktycznie odbywa się bez dodatkowego źródła energii, jest to najbardziej ekonomiczna forma oszczędzania energii w basenie krytym i dlatego nie powinno jej zabraknąć w żadnej instalacji basenowej.
- Odzysk ciepła ze ścieków po płukaniu złoża filtracyjnego: ten typ wymaga,

dr inż. Alina Żabnieńska-Góra, dr inż. Joanna Liebersbach – Politechnika Wroclawska, Wydział Inżynierii Środowiska, Wrocław  
dr inż. Iwona Polarczyk – kplan@AG, Bahnhofstraße 13, 93326 Abensberg, Germany.  
Autor korespondencyjny/ Corresponding author: alina.zabnienska@pwr.edu.pl

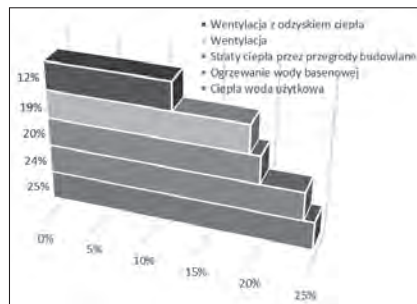
oprócz wymiennika ciepła, zbiornika do przechowywania schłodzonej wody płuczającej złożo filtracyjne.

- Odzysk ciepła ze ścieków szarych: dotyczy odzyskiwania ciepła ze ścieków odprowadzanych z pomieszczeń sanitarnych (prysznic i umywalki) w basenie.

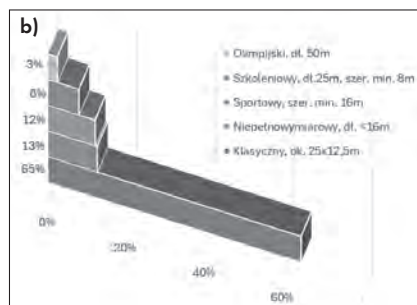
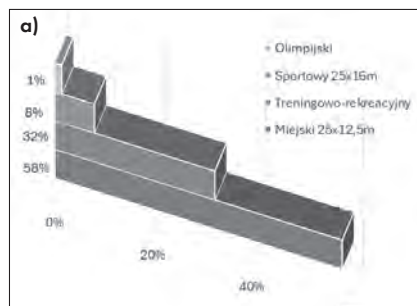
Baseny są obiektami charakteryzującymi się dużym zapotrzebowaniem na energię elektryczną i ciepło, wynikającym z potrzeb ogrzewania wody i pomieszczeń, klimatyzacji, czy oświetlenia obiektu. Na rys. 1 przedstawiono główne obszary, w których wykorzystywane jest ciepło w obiekcie basenowym [7]. Wynika z niego, że prawie 50% ciepła jest zużywane na podgrzanie wody basenowej i przygotowanie ciepłej wody do pryszniców. Podobne wnioski wysunął E. Nowakowski [8], zwracając uwagę na konieczność prowadzenia racjonalnej gospodarki energetycznej w tego typu obiektach, w tym dobór urządzeń grzewczych.

Baseny, zużywając dużo wody i energii elektrycznej, powodują szereg oddziaływań na środowisko, wytwarzając pośrednio duże ilości dwutlenku węgla. Można tego uniknąć poprzez odpowiednie monitorowanie zużycia wody i energii elektrycznej, dopasowanie ilości dostarczanej energii, czy zarządzanie energią poprzez systemy automatyki budynkowej. W Polsce do przygotowania odpowiedniej ilości wody o zadanej temperaturze najczęściej wykorzystywane są konwencjonalne źródła ciepła. Są to układy, w których wykorzystuje się wymienniki ciepła współpracujące z kotłem lub z siecią ciepłowniczą. Procesy przygotowania wody wiążą się z wysokim zużyciem energii i wysokimi kosztami eksploatacji. W celu zmniejszenia zużycia energii należy zaadaptować bardziej efektywne rozwiązania, które będą bazować na odnawialnych źródłach energii, hybrydowych systemach energetycznych lub systemach odzysku ciepła odpadowego. Dla warunków pogodowych w Polsce, jednym z potencjalnych rozwiązań służących do wstępnego podgrzewu wody i utrzymania odpowiedniej temperatury wody basenowej przy możliwie najniższych kosztach eksploatacji, jest odzysk ciepła ze ścieków. Polska ma dość duży potencjał w tym zakresie, albowiem zgodnie z [9] w 2015 roku w Polsce znajdowało się 849 niecek basenowych, w tym: 494 baseny o wymiarach 25x12,5 m, 275 basenów treningowo-rekreacyjnych, 68 basenów sportowych i 12 basenów olimpijskich (rys. 2). W 2023 roku, w kolejnym raporcie [10], wprowadzono nową nomenklaturę i zi-

dentyfikowano 750 obiektów, w tym: 19 basenów olimpijskich (niecka o dł. 50 m), 91 pływalni sportowych o szerokości minimum 16 m, 485 klasycznych pływalni o wymiarach zbliżonych do 25 x 12,5 m, 60 pływalni szkoleniowych o długości 25 m z 3-4 torami (szerokość minimalna 8 m) oraz 95 pływalni niepełnowymiaro-



Rys. 1  
Główne potrzeby grzewcze w obiekcie basenowym [7]  
Fig. 1 Main heating needs in a swimming pool facility [7]



Rys. 2  
Rodzaje basenów krytych w Polsce:  
a) w 2015 roku,  
b) w 2023 roku [9, 10]  
Fig. 2 Types of indoor swimming pools in Poland: a) in 2015, b) 2023 [9, 10]

Rys. 3  
Liczba pływalni krytych w Polsce w 2023 w poszczególnych województwach [10]  
Fig. 3 Number of indoor swimming pools in Poland in 2023 by region [10]



wych (z niecką nie krótszą niż 16 m). We wspomnianych 750 obiektach funkcjonuje 784 niecek basenowych.

Na rys. 3 zaprezentowano liczbę basenów krytych w Polsce w 2023 roku z podziałem na województwa.

## Charakterystyka obiektu

Analizę możliwości odzysku ciepła przeprowadzono dla basenu będącego częścią kompleksu rekreacyjno-konferencyjnego. Goście mogą korzystać zarówno z części rekreacyjno-sportowej, jak i hotelowej, gastronomicznej lub odnowy biologicznej. W części basenowej można wyróżnić trzy atrakcje wodne:

- trzy zjeżdżalnie wodne z elementami wizualnymi i akustycznymi, o długości: 108 m (zewnętrzna), 136 m (zewnętrzna), 52 m (wewnętrzna dla dzieci),
  - dwa jacuzzi, tj. ośmiokątne baseny z wodą o temperaturze 36°C wyposażone w dysze do masażu podwodnego,
  - brodzik dla dzieci z wodą o temperaturze wody 33°C, wyposażony w małą zjeżdżalnię
- oraz dwa główne baseny:
- basen sportowy – o wymiarach 25 m x 16 m, o temperaturze wody 27°C; niecka podzielona jest na 6 torów; głębokości od 1,80 m do 2,20 m. Odbywać się tu mogą zarówno treningi sportowe, jak i zajęcia nauki pływania,
  - basen rekreacyjny – o wymiarach 16 m x 9 m, o temperaturze wody 30°C; głębokości od 0,90 m do 1,30 m; basen wyposażony jest w leżanki do masażu, gejzery i dysze wodne.

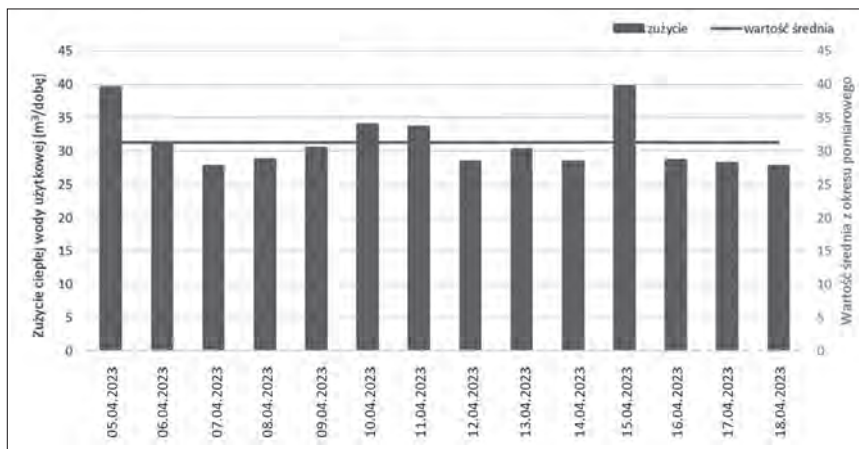
W obiekcie przeprowadzono pomiary zużycia ciepłej wody i temperatury wody w natryskach basenowych w okresie 05-18.04.2023 r. Wykorzystano bezinwazyjne

urządzenia pomiarowe o dokładności pomiaru  $\pm 1,0\%$ :

1. Przenośny przepływomierz ultradźwiękowy FLUXUS F601 firmy Flexim, DN 10 do DN 400,  $-30^{\circ}\text{C}$  do  $+130^{\circ}\text{C}$ ;
2. Przenośny przepływomierz ultradźwiękowy Portaflow C firmy Fuji, DN 13 do DN 400,  $-40^{\circ}\text{C}$  do  $+100^{\circ}\text{C}$ ;
3. Bezprzewodowa platforma do pomiaru temperatury firmy Wisensys, od  $-50^{\circ}\text{C}$  do  $+150^{\circ}\text{C}$ .

Zmienność temperatury wody zimnej i ciepłej w natryskach basenowych analizowanego obiektu przedstawiono na rys.4. Szczególną uwagę należy zwrócić na temperaturę wody zimnej, która zawierała się w przedziale od  $10,8$  do  $46^{\circ}\text{C}$ . Średnia temperatura zimnej wody wynosiła  $14,16^{\circ}\text{C}$ . Temperatura ciepłej wody zawierała się w przedziale od  $35,1$  do  $49,6^{\circ}\text{C}$ , co wynosi średnio  $45,48^{\circ}\text{C}$ .

Na rys. 5 przedstawiono przepływ ciepłej wody w natryskach basenowych anali-



Rys. 6

Zużycie ciepłej wody w natryskach basenowych analizowanego obiektu

Fig. 6 Hot water consumption in the swimming pool showers of the analysed facility

zowanego obiektu. Rys. 6 przedstawia dobowe zużycie ciepłej wody. Wartości zawierały się w przedziale od  $28$  do  $40\text{ m}^3$ , średnie dobowe zużycie wyniosło  $31,2\text{ m}^3$ .

Jak wynika z pomiarów, zużycie wody w obiekcie basenowym, a co za tym idzie

energii do podgrzania wody, jest duże. Zatem baseny powodują szereg oddziaływań na środowisko, zwłaszcza tam, gdzie są źle zarządzane.

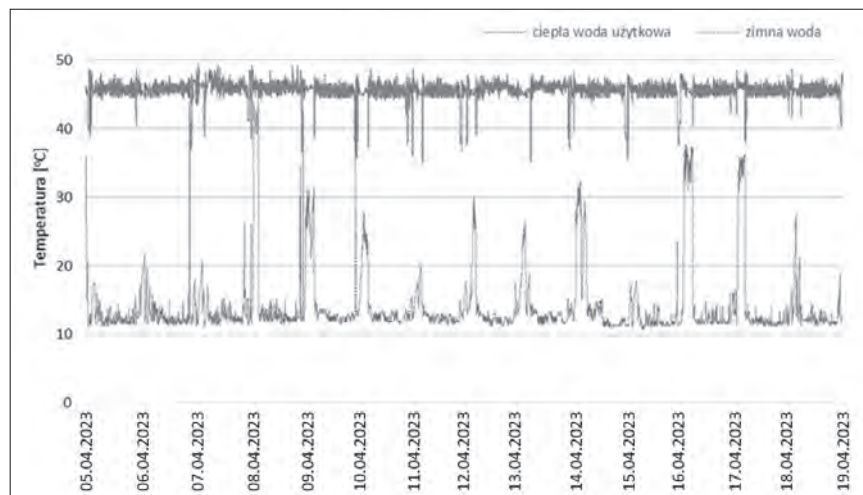
W celu zmniejszenia zużycia energii w obiekcie basenowym obowiązkowo staje się stosowanie energooszczędnych technologii, zwiększanie wydajności oraz odzyskiwanie energii z różnych procesów i układów technologicznych.

Biorąc powyższe pod uwagę, wykonano teoretyczną analizę możliwości obniżenia zużycia energii dla rzeczywistego obiektu basenowego. Przeprowadzono pomiary zużycia ciepłej wody przeznaczonej na cele sanitarne oraz odpowiednio, temperatury wody zimnej i ciepłej. Dane te były podstawą do analizy.

Zaproponowano zastosowanie odzysku ciepła ze ścieków szarych. Nie brano jednak pod uwagę technicznych rozwiązań samych urządzeń do odzysku ciepła.

## Analiza oszczędności energii

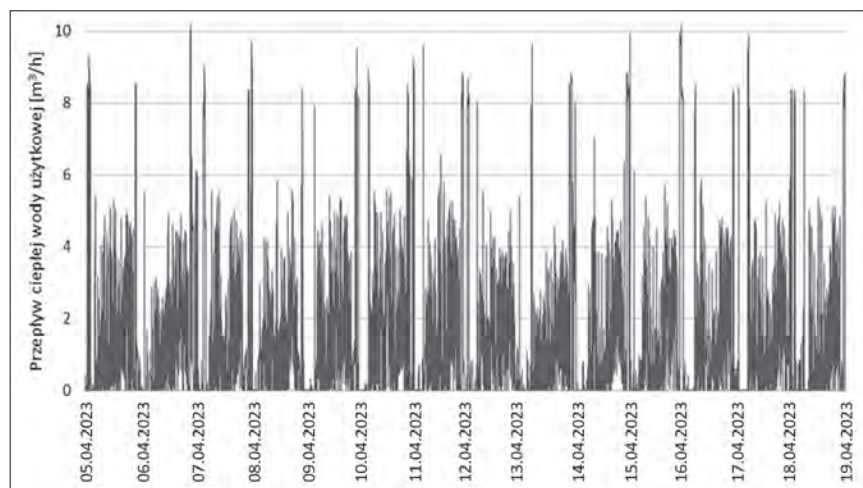
System odzyskiwania ciepła ze ścieków może wykorzystać do  $70\%$  energii odpadowej, zmniejszając zużycie energii [11, 12, 13, 14]. W tej części artykułu skupiono się na analizie oszczędności energii wynikających z zastosowania odzysku ciepła ze ścieków szarych w analizowanym obiekcie. Rozpatrzono wykorzystanie potencjału cieplnego ścieków pochodzących z natrysków do wstępnego podgrzania wody. Na rys. 7 przedstawiono uproszczony schemat układu przygotowania ciepłej wody, na którym odpowiednio zaznaczono temperaturę wody zimnej  $T_1$ , temperaturę wody ciepłej  $T_2$  oraz temperaturę ścieków szarych  $T_3$ . W tym układzie zastosowany wymiennik ciepła odpowiada za podgrzanie wody zimnej do temperatury  $60^{\circ}\text{C}$ . Na rys.8 przedstawiono uproszczony schemat układu przygotowania



Rys. 4

Temperatura wody zimnej i ciepłej w natryskach basenowych analizowanego obiektu

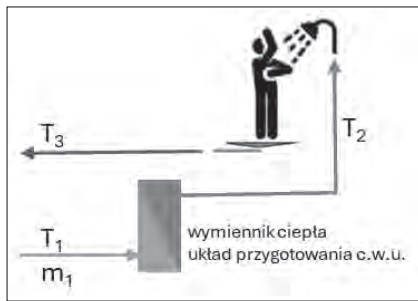
Fig.4 Cold and hot water temperature in the pool showers of the analysed facility



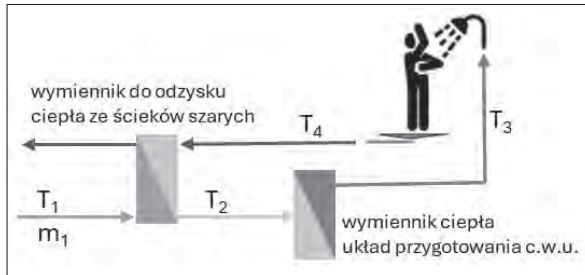
Rys. 5

Przepływ ciepłej wody w natryskach basenowych

Fig. 5 Hot water flow rate in swimming pool showers



Rys. 7  
Uproszczony schemat układu przygotowania ciepłej wody  
Fig. 7 Simplified diagram of a hot water preparation system



Rys. 8  
Uproszczony schemat układu przygotowania ciepłej wody z zastosowaniem odzysku ciepła ze ścieków szarych z natrysków  
Fig. 8 Simplified scheme of hot water preparation system using heat recovery from grey wastewater from showers

ciepłej wody z zastosowaniem odzysku ciepła ze ścieków szarych z natrysków, gdzie:  $T_1$  to temperatura wody zimnej,  $T_2$  to temperatura wody po podgrzewie wstępnym w wymienniku ciepła I stopnia,  $T_3$  to temperatura ciepłej wody,  $T_4$  to temperatura ścieków szarych odprowadzanych z natrysków.

Zaprezentowany na rys.8 układ nie uwzględnia szczegółów technicznych proponowanego systemu odzysku ciepła, jak również pomija kwestie uzdatniania wody basenowej, filtracji wody basenowej oraz wód popłucznych. Teoretyczne analizy i obliczenia oszczędności energii przeprowadzono na podstawie rzeczywistych danych pomiarowych uzyskanych w obiekcie basenowym oraz w oparciu o odpowiednie przepisy i normy [15, 16]. Wyniki pomiarów przepływu wody oraz temperatury wody zimnej i ciepłej, przedstawiono na wykresach na rys.4 i rys.5. Na podstawie danych literaturowych założono, iż temperatura ścieków szarych  $T_4$  z rys.8 wynosi 28-41°C [13, 17, 18, 19].

Oszczędności energii potrzebnej do przygotowania ciepłej wody, dla zaproponowanego rozwiązania odzysku ciepła ze ścieków szarych (rys. 8), zostały określone jako różnica pomiędzy zużyciem ciepła potrzebnym do przygotowania ciepłej wody z  $Q_2$  i bez odzysku ciepła  $Q_1$ . Odzyskaną energię można obliczyć stosując następujące wzory:

$$Q_1 = m_1 \times \rho \times c_p \times (T_3 - T_1) \times 3,6 \times 10^{-3} \quad (1)$$

$$Q_2 = m_1 \times \rho \times c_p \times (T_3 - T_2) \times 3,6 \times 10^{-3} \quad (2)$$

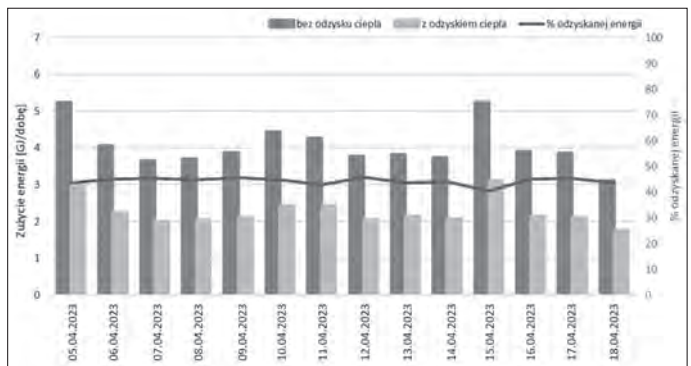
gdzie:  
 $m_1$  to przepływ wody w  $\text{dm}^3/\text{s}$ ,  
 $c_p$  to ciepło właściwe wody w  $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ,  
 $\rho$  to gęstość wody w  $\text{kg}/\text{m}^3$ ,  
 $Q_1$  i  $Q_2$  wyrażone jest w GJ.

Wartości przepływu wody  $m_1$ , temperatury wody zimnej  $T_1$  i ciepłej  $T_3$  uzyskano z pomiarów wykonanych w istniejącym budynku. Temperatura ścieków szarych z natrysku, która doprowadzana jest do wymiennika I stopnia (przy odzysku ciepła) waha się w granicach 28-41°C [17, 18, 19, 20]. Temperaturę wstępnie pod-

Sposób, w jaki wykorzystujemy i produkujemy energię, ma ogromny wpływ na globalne zmiany klimatyczne. Przygotowanie ciepłej wody w obiekcie basenowym wymaga dostarczenia dużej ilości energii. W analizowanym obiekcie to średnio 4,1 GJ/d. Zmniejszenie zapotrzebowania na ciepło, a tym samym zmniejszenie kosztów eksploatacyjnych i zmniejszenie wpływu na środowisko, można uzyskać stosując do wstępnego podgrzewu zimnej wody system odzysku ciepła ze ścieków szarych odprowadzanych z natrysków. Zastosowanie takiego systemu w analizowanym budynku, pozwoliłoby na zaoszczędzenie 41-46% energii. Wielkość odzysku ciepła jest związana nie tylko z natężeniem przepływu wody, ale również z rzeczywistymi temperaturami wody zimnej i ciepłej.

Najwyższa wartość odzysku ciepła nie zawsze występowała przy maksymalnym przepływie wody. Wykonane pomiary temperatury wody zimnej wykazały dużą

Rys. 9  
Zużycie energii dla układu przygotowania ciepłej wody z i bez odzysku ciepła ze ścieków szarych  
Fig. 9 Energy consumption for hot water system with and without grey wastewater heat recovery



grzanej ciepłej wody za wymiennikiem I stopnia  $T_2$  przyjęto 30°C.

Na rys.9 przedstawiono zużycie energii dla układu przygotowania ciepłej wody z i bez odzysku ciepła ze ścieków szarych. Dodatkowo w tabeli 1 przedstawiono możliwe oszczędności energii wynikające z zastosowania odzysku ciepła ze ścieków szarych w analizowanym budynku.

Tabela 1  
Tabela 1  
Table 1  
Możliwe oszczędności energii wynikające z zastosowania odzysku ciepła ze ścieków szarych  
Possible energy saving by recovering heat from grey wastewater

Odzysk ciepła na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej	Oszczędności energii GJ/dobę			Oszczędności energii %		
	min.	max.	wartość średnia	min.	max.	wartość średnia
	1.36	2.28	1.79	41	46	44

## Podsumowanie i wnioski

W artykule przedstawiono teoretyczne rozważania analizujące możliwość redukcji zużycia ciepła i tym samym zmniejszenia kosztów zakupu energii do podgrzewania wody w istniejącym obiekcie basenowym.

jej zmienność (od 10,8 do 46°C) w analizowanym okresie. Wynikają one najprawdopodobniej z niewłaściwej izolacji cieplnej przewodów rozprowadzających. W okresach stagnacji, gdy nie ma poboru wody dochodzi do podgrzania wody zimnej od instalacji ciepłej wody lub otoczenia. Niemniej jednak średnia temperatura wody zimnej utrzymuje się na bezpiecz-

nym pod względem higienicznym poziomie 14,16°C. Temperatura ciepłej wody w analizowanym okresie zawierała się w przedziale od 35,1 do 49,6°C, średnia temperatura ciepłej wody wynosiła 45,48°C. Dobowe zużycie ciepłej wody zawiera się w przedziale od 28 do 40  $\text{m}^3$ , a średnie dobowe zużycie wynosi 31,2  $\text{m}^3$ .

Ścieki bytowe mają na wypływie z budynku temperaturę wyższą niż 20°C, a ścieki szare odprowadzane z natrysków nawet około 35°C. Biorąc pod uwagę wysoką pojemność cieplną wody i znaczne ilości wody zużywanej w budynkach basenowych, wykorzystanie takiego źródła ciepła wydaje się nie tylko celowe, ale też ekonomicznie uzasadnione. Poprzez odzysk ciepła ze ścieków szarych część energii można wykorzystać ponownie, dzięki czemu można zmniejszyć zużycie paliw kopalnych, a tym samym przyczynić się do obniżenia emisji CO<sub>2</sub>. Sensowne wydaje się zatem stwierdzenie, że ścieki szare należą do odnawialnych źródeł energii. Ścieki szare, z których można odzyskać energię, są dostępne przez cały rok i tylko w niewielkim stopniu są zależne od pory roku i warunków pogodowych.

Powszechnym rozwiązaniem są pompy ciepła, które jako źródło ciepła wykorzystują przepływające ścieki w dużych kanałach zbiorczych. Możliwe są też rozwiązania, które bezpośrednio w punkcie zrzutu ścieków mogą wykorzystać zawartą w nich ciepło.

Odzysk ciepła ze ścieków nie jest zagadnieniem nowym, niektóre instalacje mają nawet kilkadziesiąt lat. Ciepło odzyskane w ten sposób ogranicza zużycie energii w różnego rodzaju budynkach o różnym przeznaczeniu, w tym obiektach basenowych.

#### BIBLIOGRAFIA:

[1] "EU and the Paris agreement: towards climate neutrality," Topics European Parliament, 2023. [Online]. Available: <https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article>

- /2019115STO66603/eu-and-the-paris-agreement-towards-climate-neutrality. [Accessed: 15-Mar-2025].
- [2] Komisja Europejska, "Europejski Zielony Ład Aspirowanie do miana pierwszego kontynentu neutralnego dla klimatu." [Online]. Available: [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_pl](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_pl). [Accessed: 15-Mar-2025].
- [3] "Gotowi na 55," Rada Europejska, Rada Unii Europejskiej, 2025. [Online]. Available: <https://www.consilium.europa.eu/pl/policies/fit-for-55/>. [Accessed: 18-Feb-2025].
- [4] Madej P., Piechurski F.G., "Ocena efektów oczyszczania wody w krytych pływalniach wielobasenowych," *Instal*, vol. 09, 2021, doi: 10.36119/15.2021.9.5.
- [5] Mika-Shalyha A., Wyczarska-Kokot J., Lempart-Rapacewicz A., "Filtracja membranowa w obiektach basenowych – studium przypadku," *Instal*, vol. 9, pp. 36–41, 2024, doi: 10.36119/15.2024.9.4.
- [6] Mika-Shalyha A., Wyczarska-Kokot J., Lempart-Rapacewicz A., "Water consumption rates in indoor swimming pools: Analysis of design assumptions in the context of green deal implementation," *Desalin. Water Treat.*, vol. 320, p. 100874, Oct. 2024, doi: 10.1016/j.dwt.2024.100874.
- [7] Bundesamt für Sport BASPO, *Fachstelle Sportanlagen, 2532 Magglingen, 301 – Bäder – Grundlagen für Planung, Bau und Betrieb*. 2008.
- [8] Nowakowski E., "Rozkład zużycia i źródła ciepła w obiektach basenowych," *Rynek Instal.*, vol. 1–2, 2013.
- [9] "Pływalnie kryte w Polsce. Inwentaryzacja bazy sportowej," *Departament Infrastruktury Sportowej Ministerstwa Sportu i Turystyki*, 2015. [Online]. Available: <https://www.gov.pl/web/sport/plywalnie-kryte-w-polsce-2015>. [Accessed: 12-Jan-2025].
- [10] Stankiewicz M., Ludwig R., "Pływalnie kryte w Polsce. Inwentaryzacja bazy sportowej," *Dep. Infrastruktury Sport. Minist. Sport. i Tur.* (Warszawa 2023), vol. 44, no. lipiec-październik, pp. 30–44, 2023.
- [11] European Commission, "Energy Union Package – A Framework Strategy for a Resilient Energy Union with a Forward-Looking Climate

Change Policy," *COM(2015) 80 Final*, pp. 1–21, 2015.

- [12] P. E. I. R. U. EUROPEJSKIEJ, "DYREKTYWA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY 2012/27/UE z dnia 25 października 2012 r. w sprawie efektywności energetycznej, zmiany dyrektyw 2009/125/WE i 2010/30/UE oraz uchylenia dyrektyw 2004/8/WE i 2006/32/WE," *Dz. Urzędowy Unii Eur.*, pp. 1–56, 2012.
- [13] Niewitecka K., "Possibilities of heat energy recovery from greywater systems," *E3S Web Conf.*, vol. 30, no. 03003, p. 03003, Feb. 2018, doi: 10.1051/e3sconf/20183003003.
- [14] Pinter R., "Wastewater heat recovery systems: a simple, cost-effective way to help meet the Renovation Wave energy saving and decarbonisation targets," no. December, pp. 60–63, 2020.
- [15] *DIN 19643-1 – 2023-06 Aufbereitung von Schwimmbad- und Badebeckenwasser – Teil 1: Allgemeine Anforderungen*. 2023.
- [16] Sokotowski C. "Wymagania sanitarno-higieniczne dla krytych pływalni. Pol Zrzesz Inżynierów i Tech Sanit. 1998," 1998.
- [17] Kolaszewski A., "Odzysk ciepła ze ścieków w krytych pływalniach," *Pływalnie i baseny*, 2013. [Online]. Available: <http://plywalnie-baseny.pl/odzysk-ciepła-ze-ścieków-w-krytych-pływalniach/>. [Accessed: 01-Feb-2025].
- [18] Schramek E.R., *Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik einschließlich Warmwasser und Kältetechnik*, 75th ed. München: Oldenbourg Industrieverlag.
- [19] Q. Zhang, X. Fan, W. Zhang, and Z. Wang, "Utilization Potential and Economic Feasibility Analysis of Bathing Sewage and its Heat Generated in Colleges and Universities," *Energy Procedia*, vol. 142, pp. 1244–1250, 2017, doi: 10.1016/j.egypro.2017.12.513.
- [20] Ninikas K., Hyliris N., Emmanuel R., B. Aaen B., "Recovery and Valorisation of Energy from Wastewater Using a Water Source Heat Pump at the Glasgow Subway: Potential for Similar Underground Environments," *Resources*, vol. 8, no. 4, p. 169, 2019, doi: <https://doi.org/10.3390/resources8040169>.