

# Efektywność wybranej instalacji dualnej wykorzystującej wody deszczowe w warunkach rzeczywistych opadów

Efficiency of rainwater reuse by dual installation under real precipitation conditions

PAWEŁ SUCHORAB, MAŁGORZATA IWANEK

DOI 10.36119/15.2021.12.6

Artykuł przedstawia przykładową analizę efektywności ponownego wykorzystania wód opadowych z zastosowaniem instalacji dualnej w warunkach rzeczywistych opadów. Instalacja dualna została zaprojektowana dla budynku hotelowego i ma na celu zbieranie wody z dachu, magazynowanie jej w zewnętrznym zbiorniku i ponowne wykorzystanie do spłukiwania toalet. Efektywność instalacji dualnej sprawdzono poprzez przeprowadzenie symulacji numerycznej z uwzględnieniem opadu rzeczywistego o wysokości 1037 mm/rok, dla jednego roku hydrologicznego (01.11-31.10). Analizę przeprowadzono w programie SWMM 5.1. Celem artykułu była odpowiedź na pytanie, czy ścieki deszczowe zbierane z dachu hotelu podczas opadów wystarczają na pokrycie zapotrzebowania na wodę do spłukiwania toalet. Dodatkowo przeanalizowano poziom wody w zbiorniku gromadzącym wodę opadową oraz częstotliwość koniecznego dodatkowego zasilania zbiornika z instalacji wodociągowej. Uzyskane wyniki pozwoliły na zaproponowanie wymaganych usprawnień w instalacji dualnej w celu efektywniejszego odzysku wody, zwłaszcza przy bardzo nieregularnych opadach.

*Słowa kluczowe: instalacja dualna, opad rzeczywisty, gromadzenie wody deszczowej, efektywność odzysku wody deszczowej*

The paper presents the exemplary efficiency analysis for rainwater reuse by a dual installation system under real precipitation conditions. The dual installation system was designed for a hotel building and its aim was to collect water from roof, store it in the external tank unit and further reuse it for toilet flushing. The efficiency of the dual installation was tested by a numerical simulation, considering the real precipitation, which covers one hydrological year (01.11-31.10) and is characterized by the annual precipitation equal to 1037 mm. The model analysis was performed in SWMM 5.1 software. The aim of the paper was to answer the question whether the rain wastewater collected from the hotel roof during rainfalls is enough to cover the water demand for toilet flushing. Additionally, the water level in storage tank and the frequency of additional storage supply was analyzed. The obtained results enabled the required improvements in the dual installation system in order to recycle water more efficiently, especially under very irregular precipitation conditions.

*Keywords: dual installation, real precipitation, rainwater harvesting, rainwater reuse efficiency*

## Wprowadzenie

Dostęp do wystarczającej ilości wody o odpowiedniej jakości jest zarówno prawem, jak i koniecznym warunkiem prawidłowego funkcjonowania ludzi, zwierząt i roślin. W warunkach postępujących zmian klimatycznych, skutkujących widocznym zmniejszeniem się zasobów wodnych, ochrona tych zasobów stała się jednym z priorytetowych zadań polityki na poziomie światowym, europejskim i krajowym. Oszczędzanie wody jest więc obecnie koniecznością przede wszystkim ze względu na potrzebę ochrony środowiska naturalnego, zwłaszcza źródeł wody.

Do najbardziej rozpowszechnionych metod oszczędzania wody zaliczyć można: ograniczenie jej strat wskutek wycieków zarówno w sieciach, jak i instalacjach wodociągowych, ograniczenie wielkości zapotrzebowania na wodę, a także ponowne wykorzystanie oczyszczonych ścieków szarych lub zagospodarowanie wód opadowych. Ograniczeniu wycieków w sieciach wodociągowych służą opracowane przez IWA [1] i od kilkunastu lat propagowane w Polsce [np. 2] zalecenia obejmujące 4 obszary: zarządzanie materiałami przewodów, szybkość i jakość napraw, aktywną kontrolę wycieków oraz zarządzanie ciśnie-

niem. Wdrażanie tych zaleceń przez przedsiębiorstwa wodociągowe przekłada się na oszczędność wody na poziomie eksploatacji sieci wodociągowych. Z kolei na poziomie użytkownika instalacji, możliwości ograniczenia zapotrzebowania na wodę zależą od standardu wyposażenia budynków, wieku, statusu i nawyków higienicznych mieszkańców, a także proekologicznej świadomości społeczeństwa. Przesłanką do oszczędzania wody jest jej cena, na co dowodem jest znaczne zmniejszenie się poborów wody zaobserwowane w Polsce pod koniec XX w. – było ono skutkiem przede wszystkim wprowadzenia obowiązkowego opomiarowania ilości

mgr inż. Paweł Suchorab <https://orcid.org/0000-0001-9275-4800>, dr hab. inż. Małgorzata Iwanek, prof. uczelni <https://orcid.org/0000-0003-2761-0100> – Politechnika Lubelska, Wydział Inżynierii Środowiska, Lublin. Adres do korespondencji/Corresponding author: p.suchorab@pollub.pl

pobieranej wody i podniesienia taryf cenowych [3]. W ostatnich latach coraz większym zainteresowaniem cieszy się wtórne wykorzystanie wody w postaci tzw. wody szarej lub wody opadowej. Wtórne wykorzystanie wody wymaga zastosowania specjalnych rozwiązań technicznych umożliwiających recykling wody, np. instalacji dualnej. Podstawowym elementem takiej instalacji, zazwyczaj mającym decydujący wpływ na cenę całego układu [4] jest zbiornik gromadzący wodę szarą lub opadową. Poza tym w skład instalacji dualnej wchodzi system doprowadzający wodę szarą lub opadową do zbiornika, system wstępного oczyszczania oraz system rozprowadzający wodę do punktów poboru niewymagających jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi.

Działanie systemu instalacji dualnej uważa się za technicznie uzasadnione, gdy ilość pozyskanej wody opadowej jest nie mniejsza niż zapotrzebowanie na nią w instalacji [5]. W gospodarstwach domowych woda wykorzystywana na cele spożywcze, mycie naczyń oraz higienę osobistą, która musi spełniać wymagania określone w Rozporządzeniu [6], stanowi zaledwie 44% całej ilości pobieranej wody [3]. Na pokrycie pozostałych potrzeb (np. spłukiwanie toalet czy prace porządkowe) możliwe jest wykorzystanie wody gorszej jakości, niespełniającej wymogów wody przeznaczonej do spożycia, np. wody szarej z recyklingu lub wody opadowej.

Wtórne wykorzystanie wody jest wskazane nie tylko w gospodarstwach domowych, ale również w budynkach usługowych, zwłaszcza hotelach, gdzie przeciętne zapotrzebowanie na wodę przypadające na 1 turystę jest około 2-krotnie większe w porównaniu z przeciętnym zapotrzebowaniem krajowego konsumenta [7]. Ilość wody wykorzystywanej w hotelach jest jednak bardzo zróżnicowana i zależy od wielu czynników, takich jak: kategoria hotelu, kraj, klimat, wielkość hotelu, rodzaje obiektów hotelowych (spa, baseny, ogrody, kuchnie, pralnia itp.), nawyki gości. Przykładowo w pięciogwiazdkowym luksusowym hotelu na Teneryfie (Wyspy Kanaryjskie) średnie zapotrzebowanie na wodę przypadające na 1 gościa kształtuje się na poziomie  $700 \text{ dm}^3/\text{d}$ , przy minimum około  $600 \text{ dm}^3/\text{d}$ , a maksimum ponad  $1000 \text{ dm}^3/\text{d}$  [8]. Branża hotelowa poszukuje więc możliwości ograniczenia poborów wody wdrażając różne rozwiązania, np. wykorzystanie baterii umywalkowych z czujnikiem zbliżeniowym lub baterii przyciskowych zapewniających czasowy wpływ wody lub wykorzystanie systemów automatyki umożliwiających natychmiastowe

wychwycenie anomalii lub niezgodności z typowymi charakterystykami wykorzystania wody [9]. Prowadzi się również badania nad możliwością ponownego wykorzystania w hotelach ścieków szarych jako wody szarej, z zastosowaniem instalacji dualnych [10-12]. W tym przypadku oprócz zysków wynikających z ograniczenia poboru wody można również osiągnąć zyski wynikające z możliwości odzysku ciepła ze ścieków szarych [13].

Wymierne korzyści może również przynieść zastosowanie w hotelu instalacji dualnej umożliwiającej zgromadzenie wody opadowej i wykorzystanie jej do potrzeb, które nie wymagają jakości wody do spożycia. Celem niniejszego artykułu jest ocena efektywności instalacji dualnej wykorzystującej wodę opadową do zasilenia płuczek ustępowych w wybranym hotelu w warunkach rzeczywistych opadów. Ponadto przeprowadzono analizę pracy zbiornika gromadzącego wodę opadową w aspekcie częstotliwości działania przelewu i zachodzenia konieczności uzupełnienia zbiornika wodą z instalacji wodociągowej. Uzyskane wyniki pozwoliły na zaproponowanie wymaganych usprawnień instalacji dualnej w celu efektywniejszego odzysku wody. Ma to znaczenie szczególnie przy nieregularnych opadach, jakie występują w ostatnich latach wskutek zachodzących zmian klimatycznych.

## Obiekt badań

Ocenę efektywności instalacji dualnej wykorzystującej wodę opadową przeprowadzono na przykładzie nowo projektowanego budynku hotelowego zlokalizowanego w jednym z miast południowej Polski. Analizowany budynek jest niepodpiwniczony, 3-kondygnacyjny (parter o wysokości 3,30 m, piętro o wysokości 3,00 m i poddasze użytkowe o wysokości 3,10 m). W hotelu znajduje się 6 pokoi 4-osobowych, 8 pokoi 3-osobowych, 12 pokoi 2-osobowych oraz 4 pokoje 1-osobowe. Wszystkie pokoje mają oddzielne łazienki. Poza tym na parterze znajduje się hall recepcyjny, sala taneczna, toalety

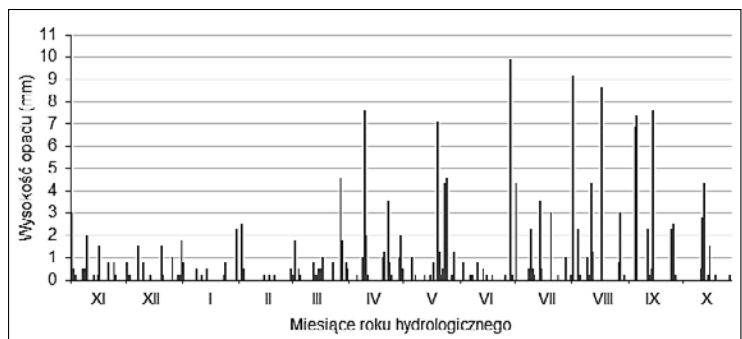
(dla kobiet, mężczyzn, osób niepełnosprawnych oraz personelu), a także pomieszczenia związane z obsługą hotelu (kuchnia, kołownia, magazyn porządkowy, itp.). Łazienki przy sypialniach wyposażone są w natrysk, umywalkę i miskę ustępową, toaleta dla mężczyzn wyposażona jest w umywalkę, miskę ustępową i pisuar, a toalety dla kobiet, osób niepełnosprawnych oraz personelu – w umywalkę i miskę ustępową. Przyjęto, że z przyborów sanitarnych korzysta łącznie 50 osób (goście i obsługa hotelu).

Do zasilenia płuczek ustępowych przewidziano wykorzystanie wody opadowej pochodzącej z dachu o powierzchni efektywnej  $954,64 \text{ m}^2$ . Poprzez system rynien i rur spustowych woda opadowa z dachu kierowana jest podziemnymi przewodami kanalizacyjnymi do zewnętrznego układu retencyjnego, który tworzą 3 połączone ze sobą zbiorniki podziemne z PE, każdy o pojemności  $15 \text{ m}^3$  ze zintegrowanym filtrem. Pojemność układu retencyjnego została wyznaczona jako 5% ilości wody opadowej uzyskanej w ciągu roku z uwzględnieniem dodatkowego zapasu wody w ilości  $500 \text{ dm}^3$  [14]. Wysokość średniego rocznego opadu, stanowiącego podstawę oszacowania ilości wody zbieranej w ciągu roku, przyjęto do celów projektowych w wysokości  $1020,50 \text{ mm/rok}$  [15].

## Charakterystyka opadu

Do oceny efektywności instalacji dualnej wykorzystano opad rzeczywisty dla miejscowości, w której zlokalizowany jest hotel, dla jednego roku hydrologicznego (od 01 listopada do 31 października). Wysokość opadu wyniosła  $1037 \text{ mm/rok}$ , przy czym najwięcej deszczu spadło we wrześniu ( $168 \text{ mm}$ ), zaś najbardziej suchym miesiącem był czerwiec ( $18 \text{ mm}$ ). Hietogram (wykres zmian parametrów opadu w czasie jego trwania) dla całego roku hydrologicznego przedstawia rys. 1. Roczna wysokość opadu rzeczywistego jest porównywalna z wysokością średniego rocznego opadu przyjętego w projekcie instalacji dualnej ( $1020,50 \text{ mm/rok}$ ).

Rys. 1. Hietogram opadu rzeczywistego wykorzystanego w badaniach w wybranym roku hydrologicznym



## Metodyka badań

Badania efektywności instalacji dualnej poprzedzone zostały sporządzeniem bilansu wodnego będącego różnicą wielkości wody opadowej możliwej do pozyskania i wielkości zapotrzebowania na wodę do spłukiwania toalet. Ilość wody opadowej możliwej do pozyskania w ciągu roku określono na podstawie wzoru (1) [16], zaś roczne zapotrzebowanie na wodę do spłukiwania toalet określono wg wzoru (2) [16]. Zastosowanie instalacji dualnej jest technicznie uzasadnione, gdy bilans jest dodatni, czyli ilość wody opadowej możliwej do pozyskania pokrywa zapotrzebowanie na wodę potrzebną do spłukiwania toalet.

$$E_R = A \cdot H_a \cdot e \quad (1)$$

gdzie:

- $E_R$  – ilość wody opadowej możliwej do pozyskania w ciągu roku [ $\text{dm}^3/\text{rok}$ ],
- $A$  – powierzchnia efektywna dachu [ $\text{m}^2$ ],
- $H_a$  – roczna wysokość opadu [ $\text{mm}/\text{rok}$ ],
- $e$  – współczynnik spływu; dla dachu skośnego pokrytego blachą stalową  $e = 0,9$  [17]

$$BW_a = n \cdot P_d \cdot 365 \quad (2)$$

gdzie:

- $BW_a$  – roczne zapotrzebowanie na wodę do spłukiwania toalet [ $\text{dm}^3/\text{rok}$ ],
- $n$  – liczba osób korzystających z toalet,
- $P_d$  – średnie dobowe zapotrzebowanie na wodę w celu spłukiwania miski ustępowej; według [18] można przyjąć  $s = 38 \text{ dm}^3/(\text{os} \cdot \text{d})$ .

Tytułowe badania efektywności instalacji dualnej przeprowadzono w oparciu o komputerową symulację pracy instalacji. Model numeryczny instalacji opracowano w oprogramowaniu SWMM 5.1, w oparciu o dane projektowe. Dach obiektu hotelowego odzwierciedlono w postaci 16 zlewni, odpowiadających poszczególnym połaciom dachowym. Rzut dachu przedstawiony w formie zlewni zobrazowano na rys. 2. W modelu zrezygnowano z odzwierciedlenia systemów orynnowania i rur spustowych. Poszczególne zlewnie modelowe, w sposób wirtualny, połączono bezpośrednio ze zbiornikiem gromadzącym wody opadowe. W ten sposób pominięto kwestię hydraulicznych warunków przepływu w systemie orynnowania, skupiając się jedynie na hydrologicznym aspekcie pracy instalacji. Pojemność zbior-

nika magazynującego wody opadowe przyjęto zgodnie z danymi projektowymi jako  $45 \text{ m}^3$ . Pobór wody na cele spłukiwania toalet przypisano bezpośrednio do zbiornika. Dodatkowo, w modelu przewidziano awaryjne zasilenie zbiornika wodą wodociągową. Za pomocą odpowiednich reguł sterowania określono zasady uzupełniania zbiornika: w sytuacji gdy napełnienie zbiornika spadnie poniżej 5% jego wysokości następuje napełnianie zbiornika wodą wodociągową do poziomu 15% jego wysokości. Przelew awaryjny, zgodnie ze specyfikacją producenta, określono na poziomie 2 m powyżej dna zbiornika. Nadmiar wody opadowej, w celu oszacowania ilości traconej wody, gromadzono w innym, wirtualnym zbiorniku. W oparciu o bilans dopływów (wody opadowej, awaryjnego zasilania wodą wodociągową) i odpływów (pobór wody do spłukiwania toalet, przelew awaryjny) ze zbiornika oceniono efektywność działania analizowanej instalacji dualnej w warunkach zadanego rzeczywistego opadu. Ponadto, efektywność działania instalacji dualnej została sprawdzona także dla innych pojemności zbiornika retencyjnego ( $30\text{-}180 \text{ m}^3$ ) po-

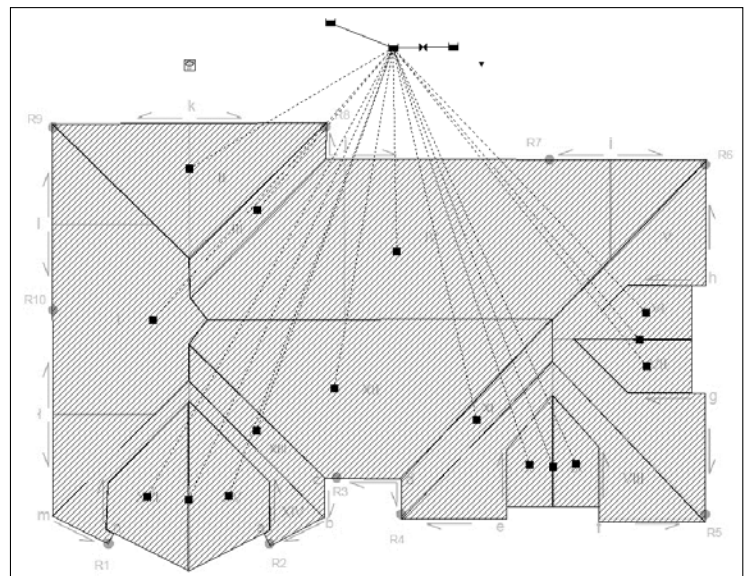
przez analizę częstotliwości pracy przelewu oraz ilości wody dostarczanej z instalacji wodociągowej. Dodatkowo dla każdej z pojemności oszacowano również czas przetrzymania wody opadowej oraz koszt inwestycyjny zbiornika.

## Wyniki badań i dyskusja

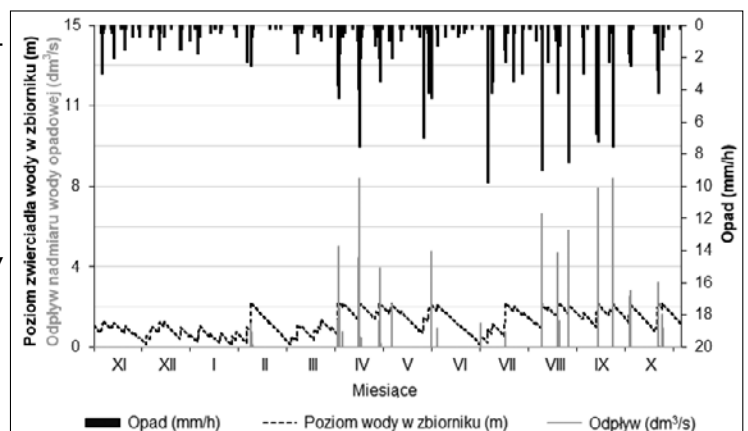
Pierwszym krokiem do oceny efektywności instalacji dualnej było sporządzenie bilansu wodnego. Porównując ilość wody opadowej możliwą do zgromadzenia ( $888,27 \text{ m}^3/\text{rok}$ ) z wielkością zapotrzebowania na wodę na cele spłukiwania toalet ( $1900 \text{ dm}^3/\text{d} = 693,5 \text{ m}^3/\text{rok}$ ) określono bilans jako dodatni, co oznacza, że analizowana instalacja dualna jest technicznie zasadna do realizacji.

Efektywność działania instalacji dualnej oceniano pod kątem częstotliwości pracy przelewu oraz ilości wody dostarczanej do zbiornika z instalacji wodociągowej. Na rys. 3 przedstawiono zbiorczy wykres wysokości opadu (kolor czarny), poziomu wody w zbiorniku (linia kreskowana) oraz ilości wody odprowadzanej do kanalizacji poprzez przewód awaryjny

Rys. 2. Rzut dachu w formie zlewni modelowych



Rys. 3. Wykres wysokości opadu, poziomu wody w zbiorniku oraz ilości wody odprowadzanej do kanalizacji przez przelew awaryjny dla zbiornika  $45 \text{ m}^3$



(kolor szary) dla zbiornika o pojemności 45 m<sup>3</sup>. W ciągu roku, przelew w zbiorniku pracuje 21-krotnie, odprowadzając łącznie 322,36 m<sup>3</sup> wody opadowej do kanalizacji. Jednocześnie, w ciągu roku wymagane jest dostarczenie do zbiornika 40,67 m<sup>3</sup> wody wodociągowej w celu zapewnienia wody na cele spłukiwania toalet.

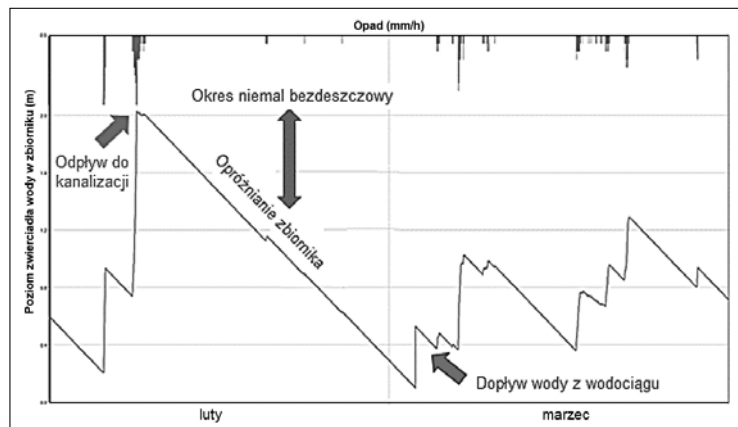
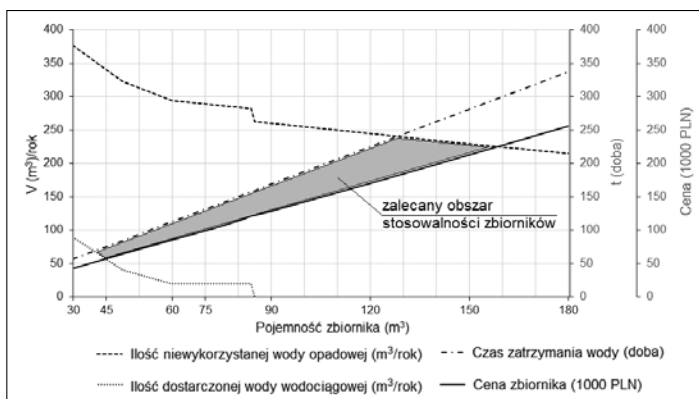
Na rys. 4 przedstawiono szczegóły wykresu wysokości opadu i poziomu wody w zbiorniku w miesiącach luty-marzec. Okres ten charakteryzował się niewielką wysokością opadów (luty – 73 mm, marzec 118 mm), z dostrzegalnym 3-tygodniowym okresem suszy. Na wykresie widoczny jest moment odprowadzenia nadmiaru wody opadowej do kanalizacji, następnie stopniowe opróżnianie zbiornika powodowane występowaniem bardzo niewielkich opadów, a także zwiększenie poziomu wody w zbiorniku poprzez dostarczenie wody z instalacji wodociągowej.

W analogiczny do przedstawionego sposobu, przeanalizowano efektywność

wem do kanalizacji jest nieuniknione, niezależnie od pojemności zbiornika. Wraz ze zwiększeniem pojemności zbiornika retencyjnego ilość wody odprowadzanej do kanalizacji maleje, jednak nawet przy pojemności zbiornika 180 m<sup>3</sup> wynosi ponad 200 m<sup>3</sup>/rok. Dodatkowo, im większa pojemność zbiornika tym zdecydowanie większy czas przetrzymania wody – od 56 do 337 dni odpowiednio dla zbior-

ników 30 m<sup>3</sup> i 180 m<sup>3</sup>. Dobór właściwej pojemności zbiornika w oparciu jedynie o te dwa parametry (ilość wody odprowadzanej do kanalizacji i czas zatrzymania wody w zbiorniku) wydaje się niewystarczający, stąd zwrócono także uwagę na ilość wody doprowadzanej z instalacji wodociągowej i szacunkowy koszt inwestycyjny zbiornika. Ilość wody dostarczana z instalacji wodociągowej systematycznie

**Rys. 5.** Zbiorczy wykres dla zbiorników o pojemnościach 30÷180 m<sup>3</sup>, z oznaczonym polem stosowności



**Rys. 4.** Hietogram opadu i wykres poziomu wody w zbiorniku (45 m<sup>3</sup>) w miesiącach luty-marzec

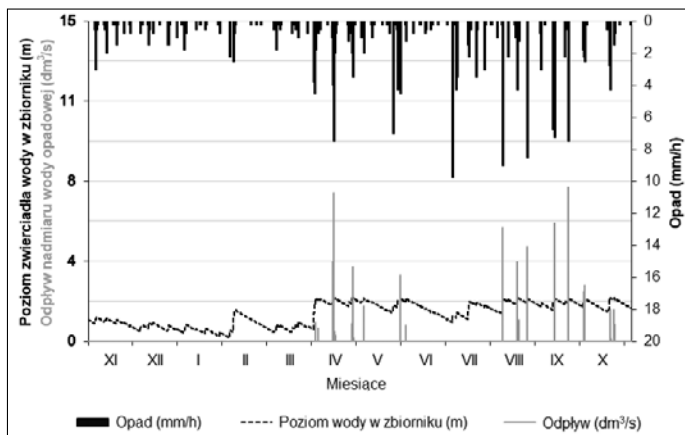
maleje wraz ze zwiększaniem się pojemności zbiornika – w przypadku zbiornika 90 m<sup>3</sup> i większych nie jest już wymagane dodatkowe zasilanie zbiornika. Koszt inwestycyjny zbiornika, z oczywistych względów, rośnie liniowo wraz ze wzrostem pojemności.

Na rys. 5 przedstawiono wykres zbiorczy analizowanych parametrów pracy zbiornika. W oparciu o 4 wyznaczone linie możliwe było wskazanie tzw. zalecanego obszaru stosowności dobranych zbiorników. Zarówno zbiornik o projektowej pojemności 45 m<sup>3</sup>, jak i rekomendo-

pracy instalacji dualnej przy założonej różnej pojemności zbiorników retencyjnych (30÷180 m<sup>3</sup>). Dla każdego z przypadków oceniono ilość wody odprowadzonej przelewem (m<sup>3</sup>/rok), ilość wody dostarczonej do zbiornika z instalacji wodociągowej (m<sup>3</sup>/rok), czas przetrzymania wody w zbiorniku (doba) oraz orientacyjny koszt zbiornika (tys. PLN). Zbiorcze zestawienie uzyskanych wyników przedstawiono w tab. 1. Parametry dla zbiornika o projektowej pojemności 45 m<sup>3</sup> obramowano pogrubioną linią.

Na podstawie uzyskanych rezultatów można stwierdzić, że odprowadzenie nadmiaru ilości wody opadowej przele-

**Rys. 6.** Wykres wysokości opadu, poziomu wody w zbiorniku oraz ilości wody odprowadzanej do kanalizacji przez przelew awaryjny dla zbiornika 90 m<sup>3</sup>



**Tab. 1.** Zestawienie analizowanych parametrów dla zbiorników o pojemności 30÷180 m<sup>3</sup>

Zbiornik	30	45	60	75	90	120	150	180
Ilość wody odprowadzonej przelewem (m <sup>3</sup> /rok)	376,68	322,36	293,58	286,22	259,69	244,65	229,61	214,56
Ilość wody dostarczona z inst. wodociągowej (m <sup>3</sup> /rok)	89,73	40,67	18,81	18,80	0	0	0	0
Czas przetrzymania wody w zbiorniku (doby)	56,2	84,3	112,4	140,6	168,7	224,9	281,1	337,3
Koszt (tys. PLN)	42,55	63,82	85,09	106,37	127,64	170,18	212,73	255,28

wany zbiornik o pojemności 90 m<sup>3</sup> zlokalizowane są we wskazanym polu stosowności. Jednakże, zakładając zależność mówiącą, że im lokalizacja danego zbiornika jest bliżej geometrycznego środka obszaru stosowności tym wybór bardziej korzystny, można wnioskować, że preferowaną pojemnością zbiornika jest 90 m<sup>3</sup>

(obramowanie linią przerywaną w tab. 1). Na potwierdzenie tej tezy, na rys. 6 przedstawiono zbiorczy wykres wysokości opadu (kolor czarny), poziomu wody w zbiorniku (linia kreskowana) oraz ilości wody odprowadzanej do kanalizacji poprzez przewód awaryjny (kolor szary) dla zbiornika o pojemności 90 m<sup>3</sup>. W porównaniu do zbiornika o pojemności 45 m<sup>3</sup>, poza różnicami przedstawionymi w tabeli 1, dostrzegalne jest także wyraźne zmniejszenie częstotliwości pracy przelewu (z 21 do 15).

## Wnioski

Uzyskane wyniki badań pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

- Bilans wodny jest podstawowym, ale nie jedynym kryterium uzasadniającym zastosowanie instalacji dualnej w budynku. Ocena powinna uwzględniać opłacalność inwestycji, względy środowiskowe, a także efektywność instalacji, którą można oszacować wykorzystując numeryczne modele opad-odpływ.
- Niewłaściwie dobrana pojemność zbiornika gromadzącego wodę opadową może niekorzystnie wpłynąć na efektywność całej instalacji dualnej.
- Konieczne jest staranne opracowanie technologii wstępnego oczyszczania wykorzystywanej wody opadowej ze względu na długi czas zatrzymania jej w zbiorniku.
- W miesiącach zimowych (listopad-luty) dopływ wody opadowej do zbiornika może być ograniczony, dlatego

instalacja dualna zawsze wymaga dodatkowego doprowadzenia wody z instalacji wodociągowej.

- Zbiornik powinien być wyposażony w przelew umożliwiający odprowadzenie nadmiaru wody opadowej ze zbiornika, konieczny w okresach charakteryzujących się dużymi opadami.
- Zastosowanie instalacji dualnych jest skutecznym sposobem oszczędzania wody, co ma szczególne znaczenie w czasach zmian klimatycznych i powiększania się obszarów z niedoborem wody. Ważne jest więc opracowanie uniwersalnych wytycznych projektowania instalacji dualnych, zwłaszcza tych elementów, które generują największe koszty, decydując tym samym o opłacalności całej instalacji.

## LITERATURA

- [1] Lambert, A., Assessing non-revenue water and its components: a practical approach, *Water* 21, 2, 2003, 50-51
- [2] Piechurski, F., Wykorzystanie monitoringu sieci wodociągowej do obniżenia poziomu strat wody, *Napędy i Sterowanie*, 2, 2013, 66-71.
- [3] Merc K., Stępnik L., Instalacje dualne jako alternatywa dla tradycyjnych instalacji wodociągowo-kanalizacyjnych, *Inżynieria i Ochrona Środowiska* 18(4), 2015, 549-562.
- [4] Suchorab P., Iwanek M., Żelazna A., Profitability analysis of dual installations in selected European countries. *Applied Water Science*, 11(2), 2021, 1-8. <https://doi.org/10.1007/s13201-021-01366-9>
- [5] Kujawiak S., Byko J., Mazur R., Ziemblińska K., Nyckowiak J., Inżynierskie warunki efektywności finansowej indywidualnych systemów zagospodarowania wód opadowych, *Journal of Agribusiness and Rural Development* 4(34), 2014, 91-98.
- [6] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, *Dz.U.* 2017, poz. 2294.
- [7] [cordis.europa.eu](https://cordis.europa.eu) (dostęp: 18.11.2021)
- [8] Cruz-Pérez, N., Rodríguez-Martín, J., Acosta Martín, J. F., García, C., Ruiz-Rosa, I., & Santamarta, J. C., Improvements in hotel water consumption: case study of a five-star hotel (Canary Islands, Spain), *Urban Water Journal*, 2021. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2021.1949480>
- [9] Drabecki P., Wodooszczędność w instalacjach wewnętrznych, *Inżynier Budownictwa* 6, 2019, 73-77.
- [10] Gual M., Moia A., March J. G., Monitoring of an indoor pilot plant for osmosis rejection and greywater reuse to flush toilets in a hotel, *Desalination* 219, 2008, 81-88. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2007.02.033>
- [11] Jodłowski A., Dobrzański M., Analiza ekonomiczna możliwości stosowania instalacji odzysku wody z szarych ścieków w gospodarstwach domowych i hotelach, *Instal*, 3, 2016, 48-51.
- [12] Suchorab P., Iwanek M., Kęsa P., Analiza ekonomiczna wybranych instalacji dualnych, *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* 4, 2018, 132-137. DOI 10.15199/17.2018.4.3
- [13] Niewitecka K., Possibilities of heat energy recovery from greywater systems, *E3S Web of Conferences* 30, 2018b, 03003. *EDP Sciences*. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183003003>
- [14] Zimmer J., Projektowanie instalacji kanalizacji deszczowej. Poradnik. Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa 2015.
- [15] [climate-data.org](https://climate-data.org) (dostęp: 18.11.2021)
- [16] DIN1989-1:2001-10 Regenwassernutzungsanlagen – Teil 1: Planung, Ausführung, Betrieb und Wartung
- [17] [aquatechnika.com.pl](https://aquatechnika.com.pl) (dostęp: 18.11.2021)
- [18] Chudzicki J., Sosnowski S., Instalacje wodociągowe, projektowanie, wykonanie, eksploatacja. Wyd. Seidel-Przywecki Sp. z o.o., Warszawa 2009.



# Legionella w instalacjach budynków

Autorzy: Andrzej Wolski, Krzysztof Kaiser

## Spis treści

1. Wstęp
2. Legionelloza – przyczyny i konsekwencje zakażenia. Ryzyko infekcji
3. Środowiskowe czynniki rozwoju bakterii Legionella
4. Wpływ temperatury wody w instalacji ciepłej wody na rozwój bakterii Legionella
5. Wymagania aktów prawnych dotyczące występowania bakterii Legionella w instalacjach ciepłej wody
6. Węzły zasilające instalacje ciepłej wody – ograniczanie ryzyka rozwoju bakterii Legionella
7. Minimalizacja ryzyka rozwoju bakterii Legionella w instalacjach wodociągowych ciepłej wody
8. Dezynfekcja instalacji ciepłej wody
9. Legionella w instalacjach klimatyzacji – wentylacji
10. Bezpieczeństwo i higiena pracy podczas eksploatacji instalacji skażonych bakterią Legionella
11. Zalecenia dla szpitali
12. Literatura

**Sprzedaż prowadzi:**  
**Ośrodek Informacji**

**„Technika instalacyjna w budownictwie”**  
**02-674 Warszawa, ul. Marynarska 14**  
**tel. /fax: (22) 843-77-71**

**e-mail:**  
**redakcja@informacjainstal.com.pl**  
**www.informacjainstal.com.pl**  
**Cena 45zł**