

# Analiza krzywych godzinowego zużycia wody na podstawie danych z systemu stacjonarnego odczytu wodomierzy

Hourly water consumption analysis of AMI water-meter system

WOJCIECH KORAL, BOŻENA GIL

DOI 10.36119/15.2021.12.4

W artykule przedstawiono wyniki analiz krzywych godzinowego zużycia wody 200 wodomierzy dla miesięcy: grudnia 2019 i kwietnia 2020 roku, analizując wpływ pandemii COVID-19 na zmiany zużycia wody.  
Słowa kluczowe: stacjonarne systemy odczytu wodomierzy, analiza krzywych zużycia wody, analiza zużycia wody przed i w trakcie COVID-19

Paper shows results of research in hourly water consumption from AMI water-meter system before and during the COVID-19 pandemic time.

Keywords: AMI system, water consumption analysis

## Wstęp

Sposób użytkowania systemów wodno-ściekowych na terenach zurbanizowanych ulega ciągłym zmianom. Istotne zmiany, które nastąpiły m.in. w Polsce w ostatnich latach, są efektem oddziaływania kilku czynników:

- z jednej strony rosną wymagania stawiane standardom systemów wodociągowych i kanalizacyjnych jako rezultat upowszechnienia świadomości ekologicznej społeczeństwa (np. programy przekonujące odbiorców do ograniczenia zużycia wody),
- z drugiej strony na funkcjonowanie wymienionych systemów mają również ogromny wpływ zmiany społeczne (w ostatnim czasie pandemia COVID-19) i przestrzenne zachodzące w obrębie obszarów zurbanizowanych.

Dlatego dla właściwego podejmowania decyzji przez zarządzającego siecią niezbędne jest uzyskanie wiarygodnej wiedzy o zachowaniu sieci i wpływie zachodzących zmian na jej pracę.

Obecnie zarządzający siecią może wykorzystać wiele narzędzi informatycznych wspomagających go podczas podejmowania decyzji dotyczących eksploatacji sieci. Do grupy tych narzędzi należą między innymi: system monitoringu, modelowania hydraulicznego czy ekspertowy sys-

tem predykcyjnej diagnostyki stanów krytycznych pracy sieci. Jednak podstawą dla właściwego funkcjonowania ww. narzędzi są informacje o średnim zużyciu wody oraz profile zużycia wody w ciągu doby.

Celem publikacji jest analiza porównawcza zmian krzywych godzinowych zużycia wody dla terenów mieszkaniowych, otrzymanych na podstawie stanów godzinowych 200 wodomierzy z systemu zdalnego stacjonarnego odczytu wodomierzy dla okresu miesiąca.

Analiza została przeprowadzona dla odczytów godzinowych z grudnia 2020 roku oraz kwietnia 2021 roku. Pierwszy okres odpowiada zazwyczaj w Polsce najwyższemu godzinowym rozbiorem wody dla obszarów mieszkaniowych (szczególnie okres świąt Bożego Narodzenia), a drugi okres związany był z lockdownem spowodowanym pandemią COVID-19.

## Metodyka badań

Analizę można było przeprowadzić dzięki udostępnieniu przez przedsiębiorstwo wodociągowe bazy danych odczytów godzinowych stacjonarnego systemu odczytu wodomierzy z okresu 2 miesięcy (grudnia 2019 roku i kwietnia 2020 roku) dla wybranych 200 odbiorców, zlokalizowanych w wydzielonej, opomiarowanej strefie miasta.

Baza pomiarów zawierała informacje o:

- numerze wodomierza,
- dacie i godzinie odczytu wodomierza,
- stanie liczydła wodomierza z dokładnością 0,001 m<sup>3</sup>.

Przed przystąpieniem do analizy danych konieczna była wstępna weryfikacja ich prawidłowości i kompletności – szczególnie pod kątem braku odczytów i błędnych wskazań (np. spowodowanych wymianą nakładki wodomierza lub jej uszkodzeniem). Analiza braków odczytów jest szczególnie ważna w wypadku wykonywania bilansu wody dla wybranej, opomiarowanej strefy (DMA) lub całego systemu wodociągowego.

Dzięki ww. informacjom możliwe było przeprowadzenie analiz m.in.:

- liczby wodomierzy nie wykazujących żadnego poboru wody (pustostan lub blokada/uszkodzenie wodomierza),
- zużycia dobowego i godzinowego dla każdego wodomierza,
- profili zużycia godzinowego dla każdej doby osobno,
- maksymalnego godzinowego zużycia w okresie badań,
- odbiorców mających największy wpływ na objętość zużywanej wody i bilans zużycia,
- profili sumarycznego zużycia wody wszystkich wodomierzy.

dr inż. Wojciech Koral <https://orcid.org//0000-0002-6316-1261>, dr inż. Bożena Gil – Politechnika Śląska, Katedra Inżynierii Wody i Ścieków, Gliwice, Polska. Adres do korespondencji/ Corresponding author: Wojciech.Koral@polsl.pl

## Analiza otrzymanych danych

Pierwsza przeprowadzona analiza dotyczyła skuteczności odczytu wodomierzy w systemie stacjonarnym, definiowanej jako liczba odczytów w stosunku do maksymalnej możliwej liczby uzyskanych pomiarów dla poszczególnych miesięcy (745 odczytów dla grudnia 2019 i 721 odczytów dla kwietnia 2020).

Skuteczność godzinowa zawierała się w zakresie od 92,5% do 99,5% (przy średniej godzinowej 98,3%) dla grudnia 2019

i od 96,5% do 100% (przy średniej godzinowej 98,7%) dla kwietnia 2020.

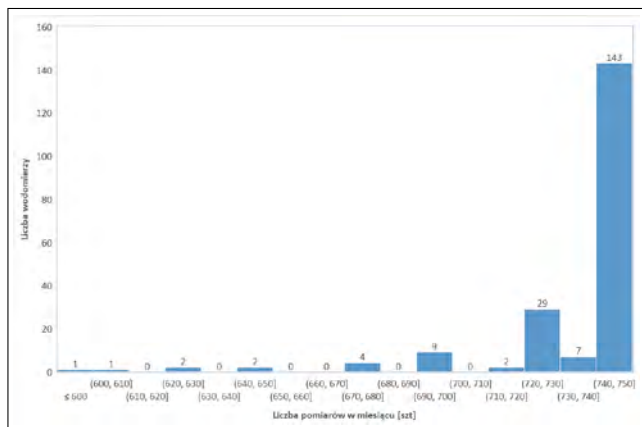
Rozkłady statystyczne liczby pomiarów dla obu okresów pomiarowych pokazują wykres 1 i wykres 2.

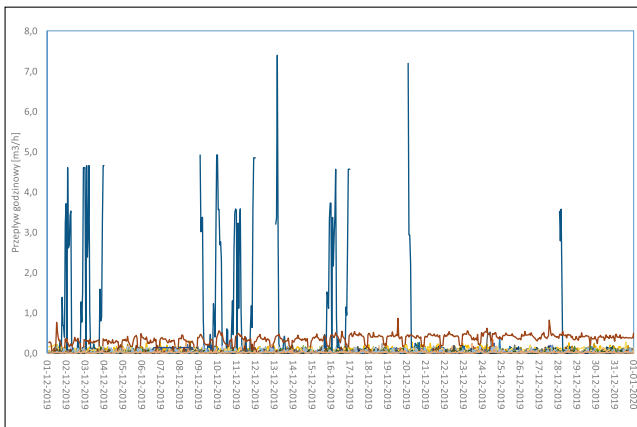
Z otrzymanych rozkładów wynika, że tylko pojedyncze wodomierze wykazywały braki odczytów dla więcej niż jednego dnia pomiarów.

Jako kolejną przeprowadzono analizę struktury zużycia średniego dobowego dla obu analizowanych miesięcy. Wyniki pokazują wykres 3 oraz wykres 4.

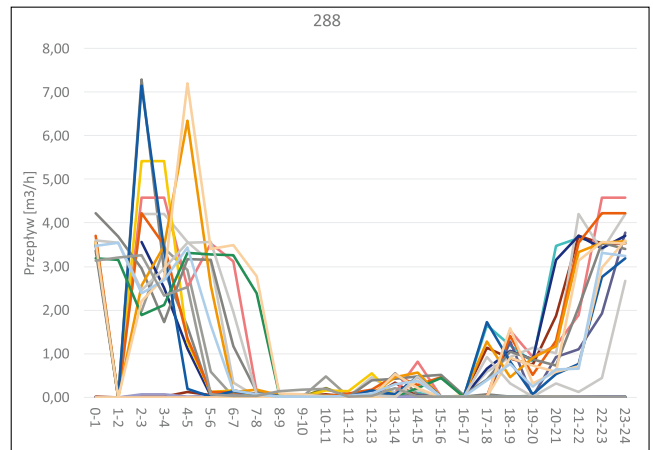
Otrzymane wyniki wskazują na największy udział domów jednorodzinnych (zużycia 0,2 – 0,4 m<sup>3</sup>/d) w analizowanych danych pomiarowych. Jednocześnie 14 odbiorców w grudniu 2019 i 15 odbiorców w kwietniu 2020 roku nie wykazało zużycia nawet 0,001 m<sup>3</sup> wody w ciągu miesiąca. Wodomierze te mogą być:

- zlokalizowane w aktualnie niezamieszkałych budynkach,
- stosowane na cele opomiarowania p-poż. w obiektach,
- w stanie blokady wirnika wodomierza.

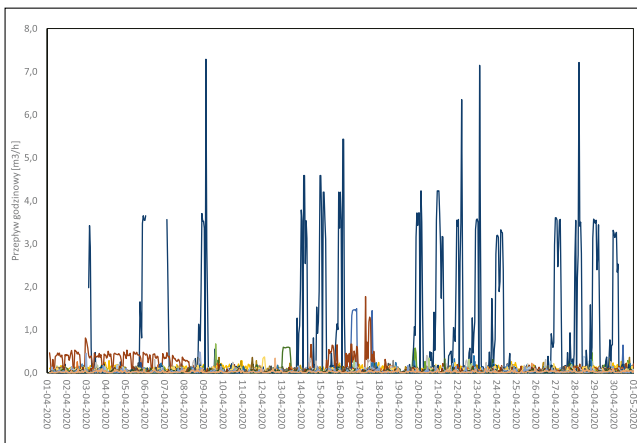




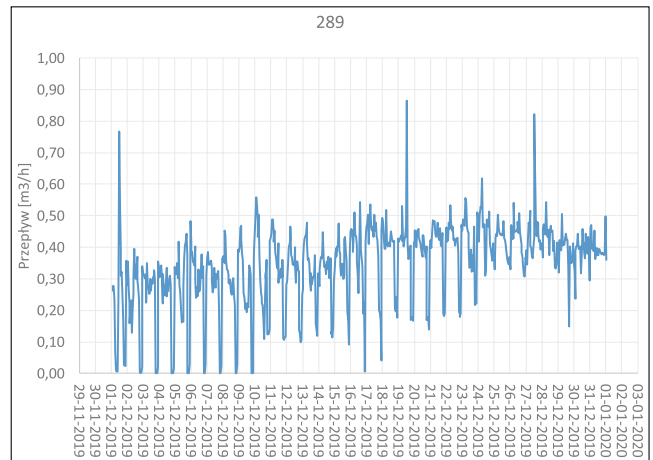
**Wykres 7**  
Wykres profili godzinowego zużycia dla wszystkich odbiorców (grudzień 2019)



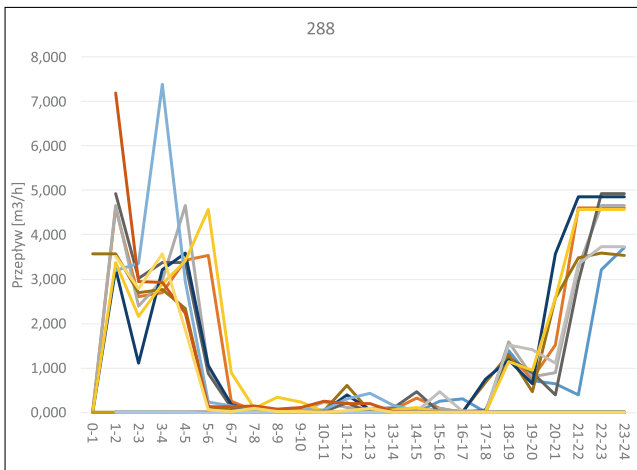
**Wykres 10**  
Profile godzinowego zużycia wody dla odbiorcy nr 288 (kwiecień 2020)



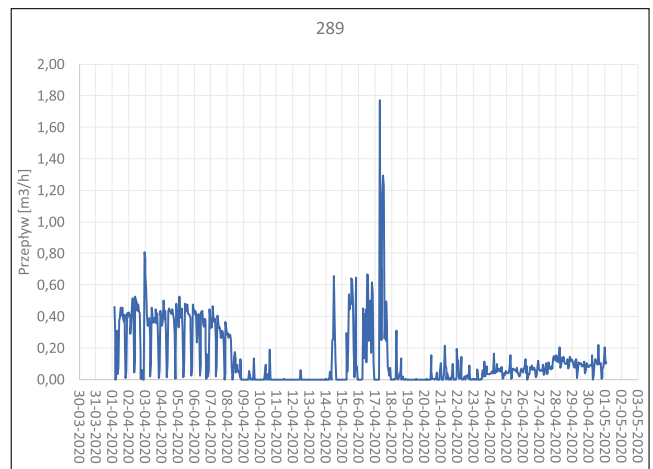
**Wykres 8**  
Wykres profili godzinowego zużycia dla wszystkich odbiorców (kwiecień 2020)



**Wykres 11**  
Profile godzinowego zużycia wody w okresie miesięcznym dla odbiorcy nr 289 (grudzień 2019)



**Wykres 9**  
Profile godzinowego zużycia wody dla odbiorcy nr 288 (grudzień 2019)



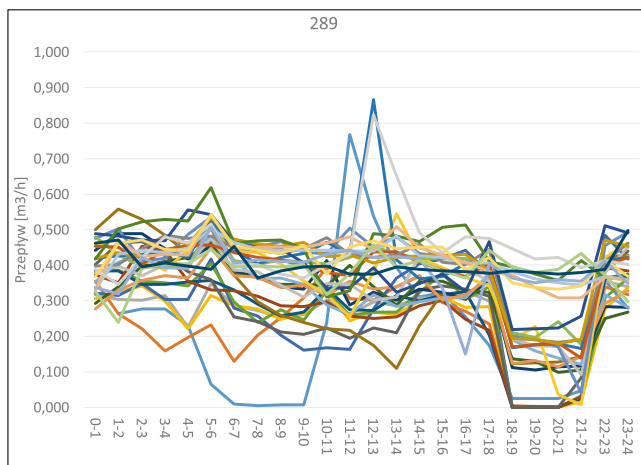
**Wykres 12**  
Profile godzinowego zużycia wody w okresie miesięcznym dla odbiorcy nr 289 (grudzień 2019)

Natomiast tylko trzech odbiorców wykazywało zużycie wyższe niż 2,0 m<sup>3</sup>/d. Jednak analiza udziału ww. odbiorców w strukturze zużycia wody wykazała, że odpowiadają oni za odpowiednio: 31% w grudniu 2019 i 27% w kwietniu 2020 roku całkowitej objętości wody w badanej strefie (wykres 5 i wykres 6).

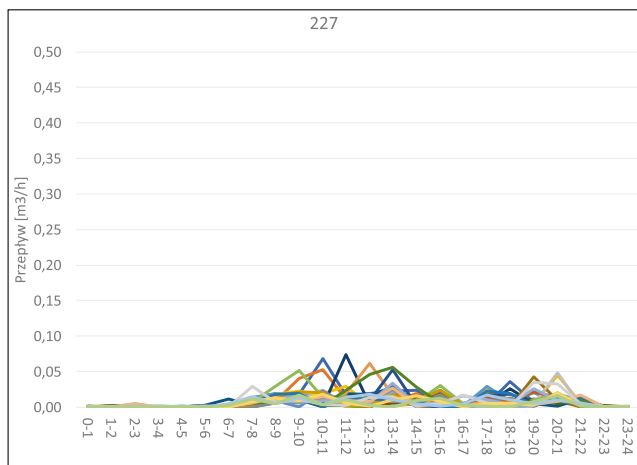
Wiedza na temat zużycia wody ww. odbiorców jest kluczowa w wypadku bilansu wody w strefie pomiarowej – brak danych dla takich punktów będzie skutkował wysokimi błędami wyznaczonych strat wody w strefie (liczonych jako różnica wody dostarczonej do strefy i zmierzonej przez wodomierze odbiorców).

Kolejno przeprowadzono analizę profili rozbiórów godzinowych dla wszystkich odbiorców i całego miesiąca pomiarów. Wyniki pokazano na wykresie 7 i na wykresie 8.

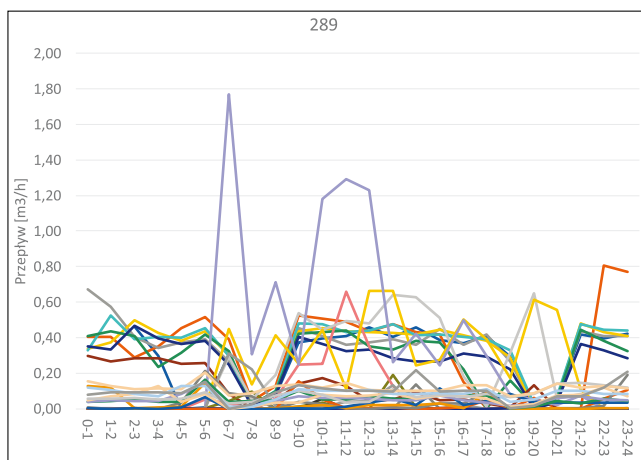
Otrzymane wyniki wskazują, że tylko jeden odbiorca (nr 288) charakteryzował się wysokim, chwilowym poborem



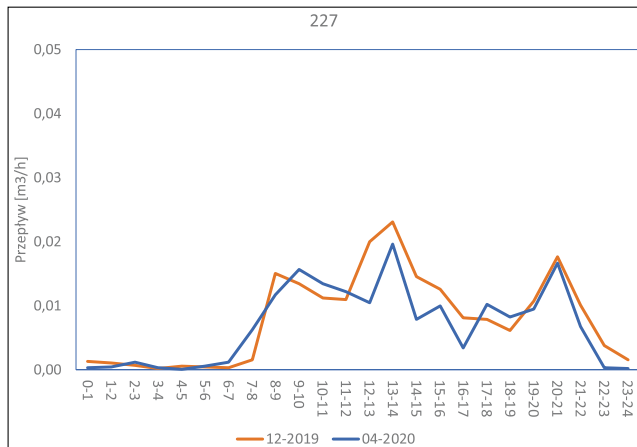
**Wykres 13**  
Profile godzinowego zużycia wody dla odbiorcy nr 289 (grudzień 2019)



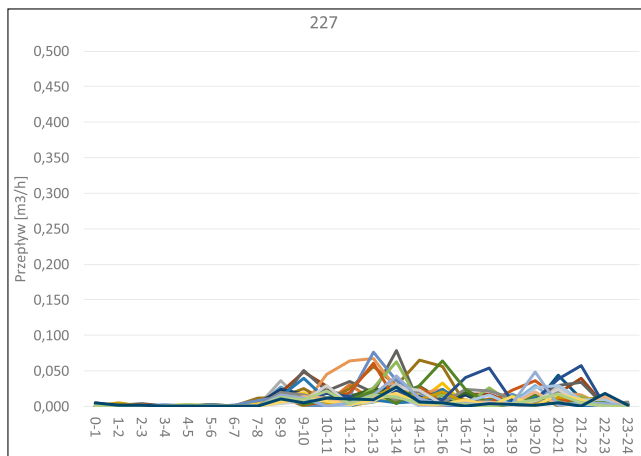
**Wykres 16**  
Profile godzinowego zużycia wody dla odbiorcy nr 227 (grudzień 2019)



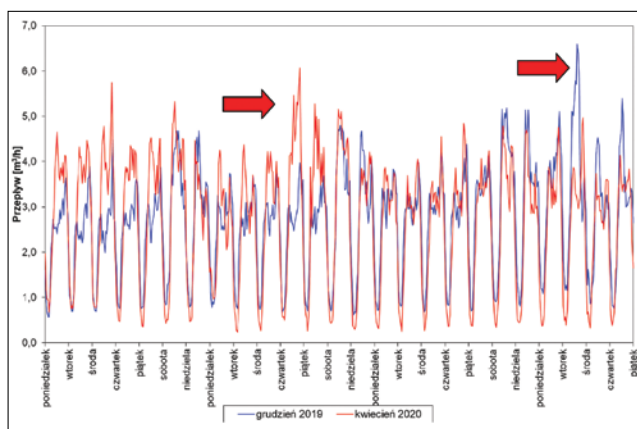
**Wykres 14**  
Profile godzinowego zużycia wody dla odbiorcy nr 289 (grudzień 2019)



**Wykres 17**  
Profile średniego godzinowego zużycia wody odbiorcy nr 227 (grudzień 2019-kwiecień 2020)



**Wykres 15**  
Profile godzinowego zużycia wody dla odbiorcy nr 227 (grudzień 2019)



**Wykres 18**  
Profile średniego godzinowego zużycia wody dla strefy (grudzień 2019-kwiecień 2020)

wody o wartości przekraczającej 2,0 m<sup>3</sup>/h. Negatywną informacją jest to, że odbiorca ten posiada największe braki danych dla kolejnych dni pomiarowych.

Analiza szczegółowa profili godzinowych ww. odbiorcy wykazała jednocześnie, że odbiorca ten charakteryzuje się nietypową cechą – największe pobory wody rejestrowane są w godzinach wieczornych

i nocnych. Ma to szczególne znaczenie przy analizie minimalnych przepływów nocnych, utożsamianych zazwyczaj z prawdopodobnym poziomem wycieków w bilansowanej strefie. Brak informacji o poborze przez ww. odbiorcę (nr 288) może powodować błędną informację o prawdopodobnej awarii w strefie i podjęcie zbędnych działań poszukiwania nieistniejącej awarii.

Profile rozbiórów godzinowych odbiorcy nr 288 dla doby pokazują wykres 9 i wykres 10.

Analiza drugiego z odbiorców (nr 289), mającego największy wpływ na bilans strefy, wskazuje na jeszcze szersze spektrum problemów, m.in. na wysoki poziom rosnących, ciągłych poborów wody (prawdopodobny wyciek w instalacji wewnętrznej)

w grudniu 2019 roku. Profile godzinowego zużycia wody w okresie miesięcznym dla tego odbiorcy pokazują wykres 11 i wykres 12, a w okresie dobowym – wykres 13 i wykres 14.

Analiza wyników dla odbiorcy nr 289 wykazała, że od 10 grudnia 2019 w instalacji odbiorcy wystąpiła awaria, powiększająca się w kolejnych dniach, z maksimum w okresie noworocznym. Natomiast w miesiącu kwietniu 2020 można zaobserwować wprowadzanie kolejnych „lockdown’ów” i chwilowych powrotów do pracy.

Na koniec poddano analizie typowego odbiorcę z budownictwa jednorodzinnego o średnim zużyciu dobowym zbliżonym do 0,200 m<sup>3</sup>/d. Wyniki pokazano na wykresach 15, 16, 17.

Otrzymane wyniki wskazują, że dla budownictwa jednorodzinnego ogólnie nie nastąpiła zmiana profili rozbiorów godzinowych, związanych z pandemią. Jest to generalnie zrozumiałe – zamknięcie części branż spowodowało pozostanie mieszkańców w domach, jednak przy pracy zdalnej profil poboru wody pozostał niezmienny (szczyty poranne i popołudniowe).

Dla wszystkich wodomierzy w analizowanej strefie (z pominięciem odbiorcy nr 288) wykonano profil sumarycznego zużycia wody dla strefy (wykres 18).

Otrzymany profil wskazuje na jedną zaskakującą informację – w kwietniu 2020 roku wyraźnie niższy jest poziom sumarycznych minimalnych rozbiorów nocnych – prawdopodobnie dłuższy czas przebywania odbiorców w domach spowodował zwrócenie uwagi na drobne nieszczelności i ich usunięcie.

Dodatkowo można zaobserwować podwyższone zużycie na początku kwietnia („twardy” lockdown) względem grudnia 2019 i stabilizację zużycia w drugiej połowie kwietnia (powolne luzowanie obostrzeń w części branż). Strzałkami zaznaczono dwa okresy świąteczne – Boże Narodzenie (grudzień 2019) i Wielkanoc (kwiecień 2020), charakteryzujące się podwyższonym zużyciem wody.

## Wnioski

1. Dane z monitoringu przepływu godzinowego dają użyteczną praktycznie wiedzę na temat rzeczywistego zuży-

cia wody, co ma znaczenie dla zarządzających sieciami przy bieżącej eksploatacji oraz dla osób wykonujących modele hydrauliczne.

2. W trakcie analiz zużycia wody na podstawie danych ze stacjonarnych systemów odczytu wodomierzy konieczna jest selekcja:
  - a. odbiorców o największym zużyciu wody, którzy wpływają w istotny sposób na pobór wody dla całej strefy/miasta,
  - b. odbiorców, dla których charakterystyka udziału procentowego przepływów godzinowych w ciągu doby odbiega od przeciętnej zmienności przepływów godzinowych,
  - c. odbiorców o ciągłym poborze wody (wycieki/pobór technologiczny),
  - d. odbiorców ze wstecznym przepływem wody (zagrożenie skażeniem sieci),
  - e. wodomierzy o błędnych wskazaniach.
3. Pandemia COVID-19 wpłynęła na profile rozbiorów wody, przede wszystkim odbiorców innych niż sektor mieszkalnictwa.

■



## Spis treści

### Wstęp

### Wykaz oznaczeń

1. Komfort cieplny
2. Zalety i wady ogrzewania i chłodzenia podłogowego
3. Systemy ogrzewania podłogowego
4. Projektowanie grzejników podłogowych
5. Regulacja instalacji ogrzewania podłogowego
6. Elektryczne ogrzewanie podłogowe
7. Wskazówki praktyczne

„Ogrzewanie podłogowe” – wydanie I, 2020 r.

ISBN-978-83-88695-37-7

Autorzy: prof. dr hab. inż. Henryk Sabiniak, dr inż. Karolina Wiśnik, dr inż. Tomasz Adamiak z Instytutu Inżynierii Środowiska i Instalacji Budowlanych Politechniki Łódzkiej. Format B-5, oprawa twarda, stron 264.

**Zamówienia w cenie 76 zł + 8% VAT**  
za egzemplarz przyjmuje Ośrodek Informacji  
„Technika instalacyjna w budownictwie”  
02-674 Warszawa, ul. Marynarska 14,  
tel./fax (22) 843 77 71  
e-mail: [wydawnictwo@informacjainstal.com.pl](mailto:wydawnictwo@informacjainstal.com.pl)