

# Analiza danych z systemu stacjonarnego odczytu wodomierzy dla średniej wielkości miasta

Analysis of smart meter network information (AMI) in a medium-sized Polish town

WOJCIECH KORAL

DOI 10.36119/15.2022.12.8

Systemy zdalnego stacjonarnego odczytu wodomierzy są coraz szerzej wdrażane w polskich systemach wodociągowych, obejmując wszystkie wodomierze odbiorców i umożliwiając odczyt stanu wodomierzy co godzinę. Dzięki takiemu rozwiązaniu możliwe jest wyznaczenie rzeczywistego zużycia wody przez odbiorców, wyznaczenie minimalnego, autoryzowanego zużycia dla stref DMA i całego miasta oraz wyznaczenie rzeczywistych strat wody. Jednak liczba pomiarów (w analizowanym systemie to ponad 66 milionów odczytów rocznie), problemy z łącznością spowodowane trudnymi warunkami zabudowy (głębokie, zalane studnie wodomierzowe) oraz błędne/brakujące odczyty mogą powodować poważne problemy/błędy w bilansie wody. Z tego powodu kluczowym elementem poprawności wyciąganych wniosków jest krytyczna analiza otrzymywanych pomiarów.

W artykule przedstawiono wybrane przykłady problemów w eksploatacji i analizę danych otrzymanych ze stacjonarnego systemu odczytu wodomierzy (SSOW), wdrożonego dla prawie 7600 wodomierzy w mieście 46-tysięcznym.

*Słowa kluczowe: systemy stacjonarnego zdalnego odczytu wodomierzy (SSOW), bilans wody, minimalne przepływy nocne (MNP)*

Smart water-meter networks are more and more often implemented in Polish water supply systems. They include all water meters of recipients and their indications are saved every hour. This solution makes it possible to calculate real water consumption, estimate minimal authorised water usage for DMA and the whole town and calculate real water balance and water loss. However, the number of records (above 66 of millions yearly), communication problems and wrong/missing water meter indications can lead to serious mistakes in water balance. Therefore critical approach to records is the key element of water balance. The paper shows selected possibilities and problems of maintenance of Advanced Metering Infrastructure (AMI system, about 7600 water meters) in a town with 46 000 inhabitants.

*Keywords: advanced metering infrastructure (AMI); water balance; minimum night flows (MNF)*

## Wstęp

Zainteresowanie możliwościami systemów stacjonarnego odczytu wodomierzy (SSOW) jest widoczne na całym świecie, zarówno pod kątem uzyskanych korzyści dla odbiorców ([6]), przedsiębiorstw ([8, 9, 11]), analizy zużycia odbiorców ([1, 5, 7]) oraz możliwości bilansowania wody i obniżania poziomu strat ([3,4]). Analizowane w ww. publikacjach dane pochodzą z niewielkich zestawień urzędzeń lub dotyczą analiz dla wybranych stref DMA. Jednocześnie firmy komercyjne wdrażające systemy SSOW dla całych miast przekazują bardzo ograniczone informacje nt. wykonanych wdrożeń ([2]).

W wypadku danych godzinowego zużycia dla całego miasta i praktycznie wszystkich wodomierzy głównych odbiorców znacząco podwyższa się poziom możliwości interpretacji i wykorzystania danych z ww. odczytów.

W artykule przeprowadzono analizę danych dzięki dostępowi do bazy odczytów godzinowych stacjonarnego systemu odczytu wodomierzy (SSOW) z okresu 15 dni grudnia 2021 roku (po pełnym wdrożeniu systemu) dla 7568 wodomierzy miasta 46 tys. mieszkańców.

Baza odczytów zawierała informacje o:

- numerze i typie (konstrukcji) wodomierza,
- lokalizacji wodomierza w strefie DMA,

- dacie i godzinie odczytu wodomierza,
- stanie liczydła wodomierza z dokładnością 0,001 m<sup>3</sup> (dla wodomierzy DN15 – DN40) oraz 0,01 m<sup>3</sup> (dla wodomierzy DN50-DN100).

Dodatkowo dzięki jednoczesnemu dostępowi do danych z systemu monitoringu sieci wodociągowej możliwe było wyznaczenie profili przepływów dla poszczególnych punktów pomiarowych mierzących ilość wody w strefach DMA miasta (wyposażonych w przepływomierze elektromagnetyczne) oraz obszaru zasilania całej sieci wodociągowej na terenie miasta.

Przed przystąpieniem do analizy danych konieczna była wstępna weryfikacja ich prawidłowości i kompletności –

Dr inż. Wojciech Koral <https://orcid.org/ORCID:0000-0002-6316-1261> – Katedra Inżynierii Wody i Ścieków, Politechnika Śląska, Gliwice, [Wojciech.Koral@polsl.pl](mailto:Wojciech.Koral@polsl.pl); Department of Water and Wastewater Engineering, Silesian University of Technology, Gliwice, Poland, [Wojciech.Koral@polsl.pl](mailto:Wojciech.Koral@polsl.pl)

szczególnie pod kątem braku odczytów oraz błędnych wskazań (np. spowodowanych uszkodzeniem nakładki wodomierza).

Analiza braków odczytów i ich struktury jest ważna zarówno w wypadku wykonywania bilansu wody dla wybranej opomiarowanej strefy DMA, jak i całego systemu wodociągowego, ponieważ nieprawidłowe dane nawet z jednego punktu/wodomierza (bez względu na jego średnicę) mogą spowodować całkowitą niewiarygodność otrzymywanych wyników.

Dzięki uzyskanym informacjom możliwe było przeprowadzenie następujących analiz:

- skuteczności odczytu, rozumianego jako liczba odczytanych wodomierzy w ciągu godziny względem wszystkich opomiarowanych wodomierzy,
- struktury zużycia wody dla poszczególnych zakresów zużycia wody,
- udziału największych odbiorców w całkowitym zużyciu wody w mieście
- liczby wodomierzy niewykazujących żadnego poboru wody (budynek niezamieszany/obiekt nieużywany lub blokada/uszkodzenie wodomierza),
- liczby wodomierzy wykazujących ciągły pobór wody (wyciek lub pobór do celów produkcyjnych na terenie odbiorcy); dodatkowo została przeprowadzona analiza udziału ww. poboru w średnim zużyciu wody,
- liczby wodomierzy wykazujących cofnięcie wskazań liczydła (przepływy wsteczne),
- zużycia dobowego i godzinowego dla każdego wodomierza,
- profili zużycia godzinowego dla każdej doby osobno,
- maksymalnego godzinowego zużycia w okresie badań,
- profili sumarycznego zużycia wody wszystkich wodomierzy,
- poprawności wskazań przepływomierzy na wejściu do stref DMA,
- bilansu wody w strefach DMA oraz całym mieście.

## Badania i ich wyniki

### Opis systemu stacjonarnego odczytu wodomierzy

System stacjonarnego odczytu wodomierzy dla miasta średniej wielkości (wg polskiej klasyfikacji) obejmuje odczyty z 7568 wodomierzy, przy czym:

- 7159 wodomierzy w zakresie średnic DN15-DN20, 349 wodomierzy dla średnic DN25-DN40 oraz 46 wodomierzy dla średnic DN50-DN100,
- 7142 wodomierzy objętościowych, 642 – jednostrumieniowych, 10 – śru-

bowych, a 27 – wodomierzy sprężynowych (śrubowy + objętościowy).

Dane z wodomierzy odczytywane są z nakładek firmy AIUT A-Pulse w systemie LoRa dwa razy na dobę: o 23:00 (UTC) i dodatkowo o 01:00 (UTC) przez 15 punktów dostępowych, zamontowanych przede wszystkim na dachach budynków publicznych i firm komunalnych. Dodatkowo w miejscach z niskim poziomem sygnału zamontowano ok. 100 sztuk koncentratorów OKO (AIUT), zbierających dane lokalnie w trudnych warunkach terenowych (miasto zlokalizowane jest na terenie podgórskim).

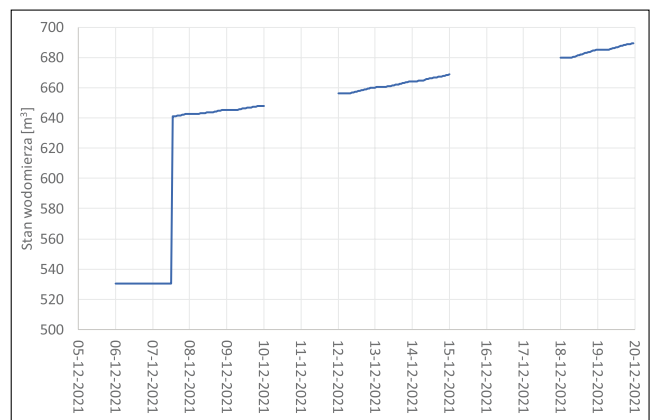
Jednocześnie miasto podzielone jest na 32 strefy DMA opomiarowane przepływomierzami elektromagnetycznymi i wodomierzami, a wyniki pomiarów przekazywane są do systemu telemetrycznego formy PLUM. Umożliwia to wykonanie peł-

nych bilansów wody każdej ze stref DMA dla każdej godziny pomiarów z uwzględnieniem punktów pomiaru strefowego oraz wodomierzy odbiorców w strefie.

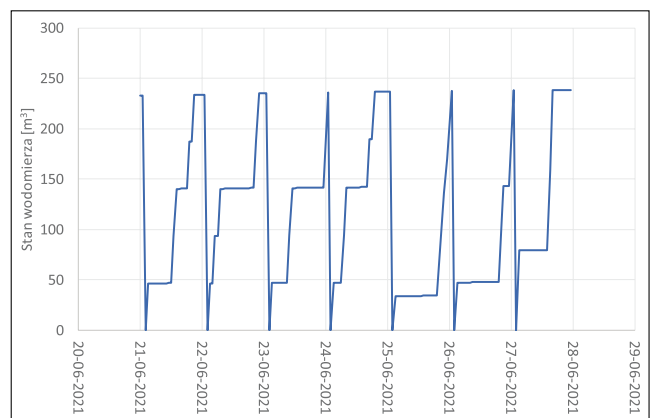
### Analiza błędnych wskazań nakładek

Pierwszym etapem analizy musi być bezwarunkowo weryfikacja poprawności otrzymywanych danych. Błędy mogą wynikać z błędów popełnianych przez człowieka (np. brak synchronizacji wymiany wodomierza i nakładki – **Rys. 1**, błędnie wpisana wartość stanu wodomierza wymagająca korekty już w trakcie pomiarów, pozostawienie stanu poprzedniego wodomierza po wymianie i wpisanie nowego dopiero po kilku dniach, przypisanie tego samego numeru nakładki do dwóch różnych wodomierzy itd.) lub uszkodzenia elektroniki w nakładce (**Rys. 2**, **Rys. 3**).

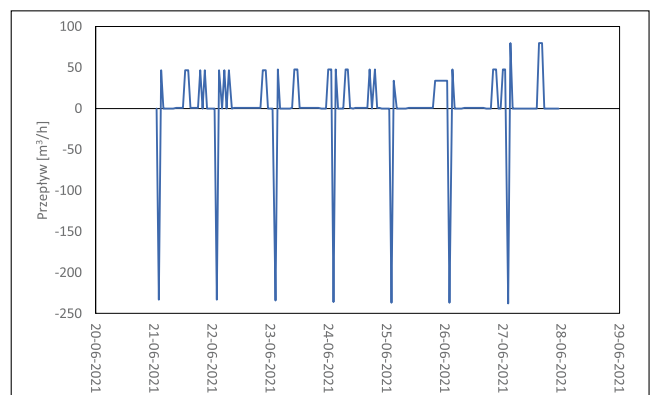
**Rys. 1**  
Stany wodomierza dla braku synchronizacji wymiany wodomierza i nakładki  
*Figure 1 Water meter indication with no synchronisation of water meter and IoT data logger replacement*



**Rys. 2**  
Stany wodomierza dla uszkodzonej nakładki (odbiorca WP32a)  
*Figure 2 Water meter indication caused by integrated electronics failure (consumer WP32a)*



**Rys. 3**  
Obliczone zużycie wody dla uszkodzonej nakładki wodomierza (odbiorca WP32a)  
*Figure 3 Miscalculated water consumption caused by integrated electronics failure (consumer WP32a)*



W wypadku wykrycia potencjalnych uszkodzeń nakładki pokazanych na Rys. 2 konieczna jest wymiana nakładki – w ana-

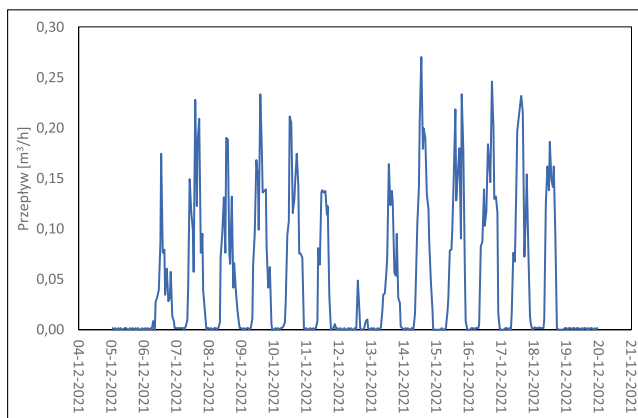
liza których nie zostały poprawnie pobrane wszystkie dane godzinowe (24 stany wodomierza za poprzednią dobę).

## Struktura zużycia wody

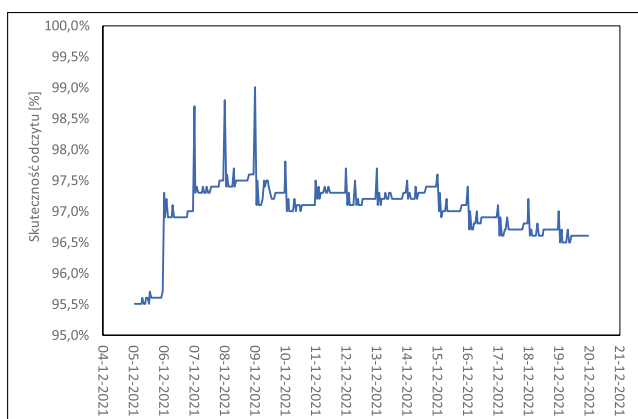
Wysoka skuteczności odczytu wodomierzy nie daje gwarancji poprawności bilansu wody dla stref DMA i miasta, jeżeli w grupie wodomierzy nieodczytanych będą odbiorcy zużywający znaczące ilości wody. Z tego powodu dla otrzymanych danych przeprowadzono analizę struktury dobowego zużycia wody dla wszystkich odbiorców. Wyniki analizy pokazują Rys. 6 oraz Rys. 7.

Otrzymane wyniki wskazują na trzy zasadnicze kwestie:

- ponad 8% odbiorców (620 wodomierzy) nie wykazało żadnego zużycia wody przez 15 dni pomiarów; dodatkowo analiza na podstawie danych archiwalnych poprzedniego półrocza pokazała, że 304 wodomierze nie wskazały zużycia również przez poprzednich 6 miesięcy,
- tylko 0,1% wodomierzy (5 odbiorców) miało zużycie większe niż 30 m<sup>3</sup>/d, jednocześnie ww. odbiorcy odpowiadali za prawie 16% objętości sprzedanej wody w mieście,
- 0,4% odbiorców (ponad 30 wodomierzy) wskazało ujemne sumaryczne zużycie wody przez 15 dni pomiarów. Odbiorcy ci są potencjalnym źródłem skażenia wtórnego wody i powinni być jak najszybciej wyposażeni w zawory



Rys. 4  
Obliczone zużycie wody po wymianie nakładki (odbiorca WP32a)  
Figure 4 Proper water meter usage after IoT data logger replacement (consumer WP32a)



Rys. 5  
Skuteczność odczytu stanów wodomierzy  
Figure 5 Effectiveness of readouts

lizowanym przypadku po wymianie nakładki problem został całkowicie wyeliminowany (Rys. 4). Na szczęście w analizowanym systemie wystąpiły tylko dwa takie przypadki na prawie 7600 zamontowanych nakładek.

Korekta błędnych danych z nakładek musi być przeprowadzona przed wykonaniem kolejnych analiz. W wypadku obliczania bilansów wody dla stref DMA lub całego systemu wodociągowego warunek ten jest absolutnie konieczny.

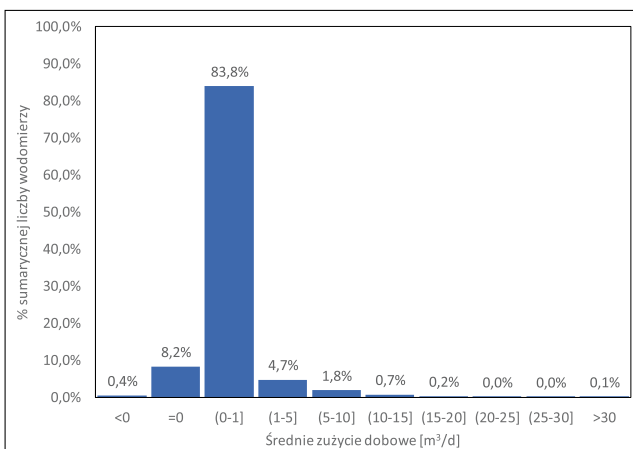
## Skuteczność odczytu wodomierzy

Pierwsza przeprowadzona właściwa analiza danych dotyczyła skuteczności odczytu wodomierzy w systemie stacjonarnym, definiowanej jako liczba odczytów w stosunku do maksymalnej możliwej liczby uzyskanych pomiarów (maksymalnie 7568 odczytów dla każdej godziny).

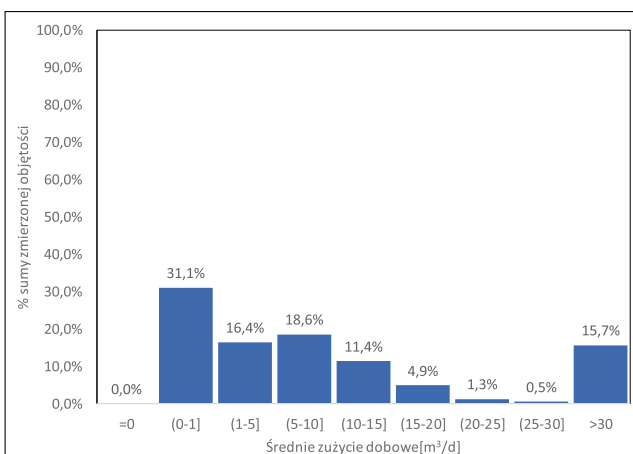
Wykres uzyskiwanej skuteczności dla okresu analizy pokazuje Rys. 5.

Skuteczność godzinowa zawierała się w zakresie od 95,5% do 99,0% (przy średniej godzinowej 97,0%). Charakterystyczne „piki” maksymalnej skuteczności występują o godz. 23:00 UTC (0:00 dla czasu zimowego w Polsce) i są spowodowane odczytem stanu na koniec doby dla wodomierzy,

## Rys. 6 Struktura zużycia wody wg liczby wodomierzy Figure 6 Structure of water consumption classified by the number of water meters



## Rys. 7 Struktura wg objętości zużytej wody Figure 7 Structure of water consumption classified by the amount of consumed water



antyskażeniowe. Dodatkowo należy sprawdzić przyczynę występowania w ich wypadku przepływów wstecznych.

Dodatkowo dla 5 największych odbiorców wykonano szczegółową analizę skuteczności odczytów. Wyniki analizy (Tabela 1) wskazują, że największy odbiorca w mieście (Odbiorca 3) ma niestety niską skuteczność odczytu (dostępne tylko 3 dni pomiarów z 15 dni poddanych analizie), powodując sześcioprocentowy błąd bilansu konsumpcji wody w dni z brakującymi odczytami tego odbiorcy.

**Tabela 1. Skuteczność odczytu dla 5 największych odbiorców**  
**Table 1 Effectiveness of readouts for 5 biggest consumers**

	Liczba odczytów	Średnie zużycie dobowe [m <sup>3</sup> /d]
Odbiorca 1	360	104,92
Odbiorca 2	335	118,49
Odbiorca 3	74	<b>315,54</b>
Odbiorca 4	192	248,69
Consumer 5	359	42,44

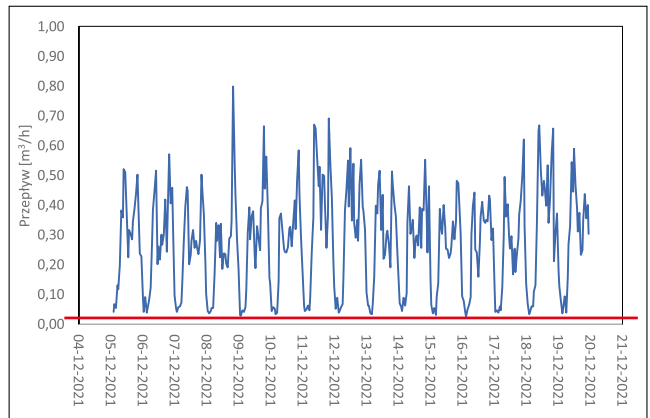
**Analiza maksymalnego i minimalnego godzinowego zużycia wody przez odbiorców**

Odczyty godzinowe dają możliwość analizy i selekcji odbiorców o relatywnie wysokich wartościach godzinowego poboru wody, wpływających bezpośrednio

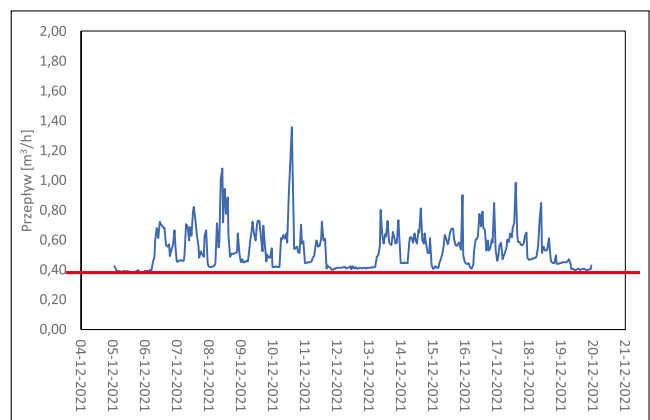
na pracę sieci wodociągowej. Dla analizowanego miasta na podstawie wartości przepływów w strefach DMA jako próg selekcji wodomierzy przyjmują przepływy godzinowy 10 m<sup>3</sup>/h, otrzymując 5 odbior-

ców na terenie miasta (z 7568), przy czym jeden z nich charakteryzował się wysokimi wartościami godzinowych poborów wody (max 21 m<sup>3</sup>/h) przy niskim wskaźniku zużycia dobowego (14,4 m<sup>3</sup>/d, średnio

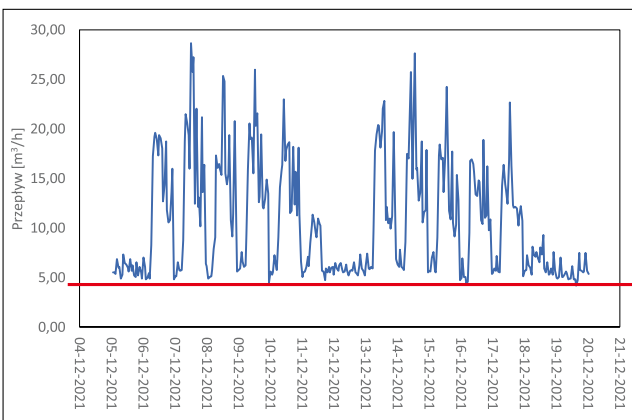
**Rys. 10**  
**Profil godzinowego poboru wody dla budynku wielorodzinnego (MNP=0,025 m<sup>3</sup>/h)**  
**Figure 10 Pattern of water consumption of multifamily building (MNF=0,025 m<sup>3</sup>/h)**



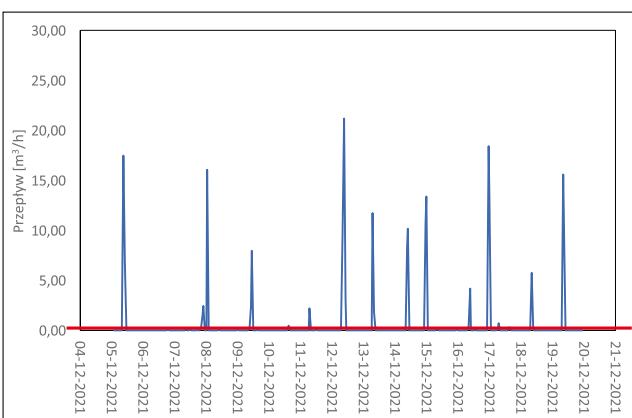
**Rys. 11**  
**Profil godzinowego poboru wody dla odbiorcy komercyjnego (MNP=0,400 m<sup>3</sup>/h)**  
**Figure 11 Pattern of water consumption of commercial user (MNF=0,400 m<sup>3</sup>/h)**



**Rys. 8**  
**Profil godzinowego poboru wody dla odbiorcy przemysłowego z wysokim zużyciem dobowym (252 m<sup>3</sup>/d, Q<sub>sr,h</sub>=10,5 m<sup>3</sup>/h)**  
**Figure 8 Pattern of hourly consumption for water meters with high daily usage (252 m<sup>3</sup>/day)**



**Rys. 9**  
**Profil godzinowego poboru wody dla odbiorcy komercyjnego z niskim zużyciem dobowym (14,4 m<sup>3</sup>/d, Q<sub>sr,h</sub>=0,6 m<sup>3</sup>/h)**  
**Figure 9 Pattern of hourly consumption for water meters with low daily usage (14.4 m<sup>3</sup>/day)**

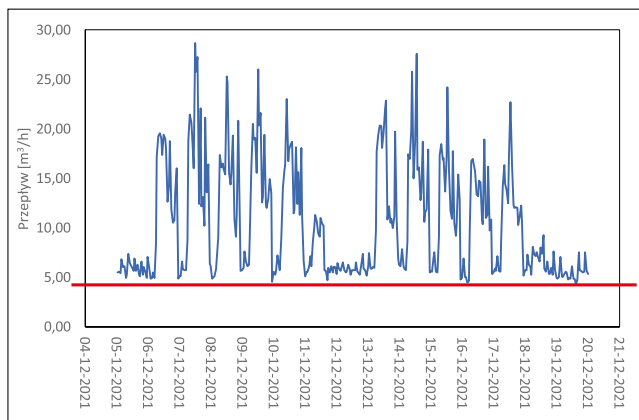


godzinowo 0,6 m<sup>3</sup>/h, Rys. 9), co daje współczynnik nierównomierności godzinowej dla tego odbiorcy N<sub>h</sub>=31,0.

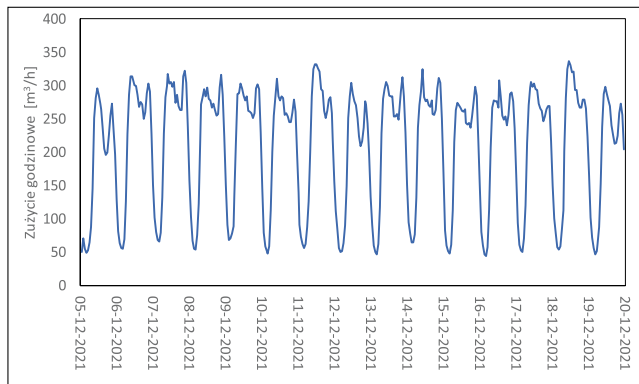
Odczyty godzinowe dają również możliwość sprawdzenia rzeczywistego poziomu minimalnych nocnych przepływów (MNP), spowodowanych przez pobór/wyciek wody za wodomierzem. Dodatkowo możliwa jest również selekcja odbiorców wykazujących ciągły pobór wody, zarówno racjonalny (produkcja przemysłowa) jak i spowodowany wyciekiem za wodomierzem.

W analizowanym okresie ciągły pobór wody wykazało 484 odbiorców (6,4% wszystkich wodomierzy). Przykładowy profil zużycia wody wraz z MNP dla budynku wielorodzinnego pokazuje Rys. 10, dla odbiorcy komercyjnego – Rys. 11, odbiorcy przemysłowego – Rys. 12, a dla sumy zużycia wszystkich odbiorców (sumaryczny profil konsumpcji wszystkich wodomierzy) – Rys. 13.

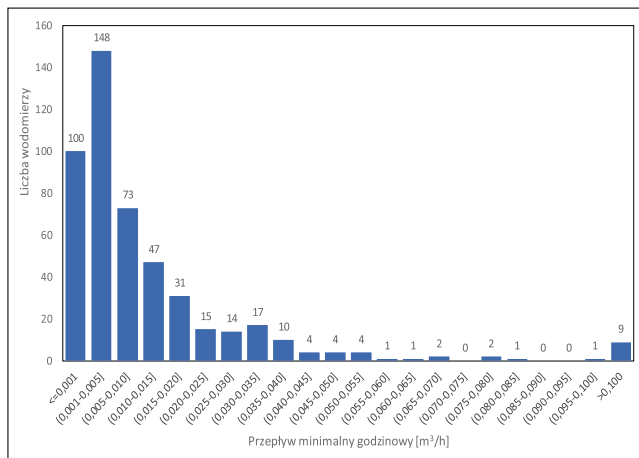
Szczegółowa analiza struktury zużycia w godzinach nocnych (Rys. 14) wskazała, że 9 odbiorców przemysłowych i komercyjnych wykazuje w godzinach nocnych stały przepływ powyżej 0,100 m<sup>3</sup>/h,



**Rys. 12**  
**Profil godzinowego poboru wody dla odbiorcy przemysłowego (MNP=5,0 m³/h)**  
*Figure 12 Pattern of water consumption of industrial user (MNF=5,0 m³/h)*



**Rys. 13**  
**Profil godzinowego poboru wody dla wszystkich odbiorców wody (MNP=53 m³/h)**  
*Figure 13 Pattern of total water consumption of all water meters (MNF=53 m³/h)*

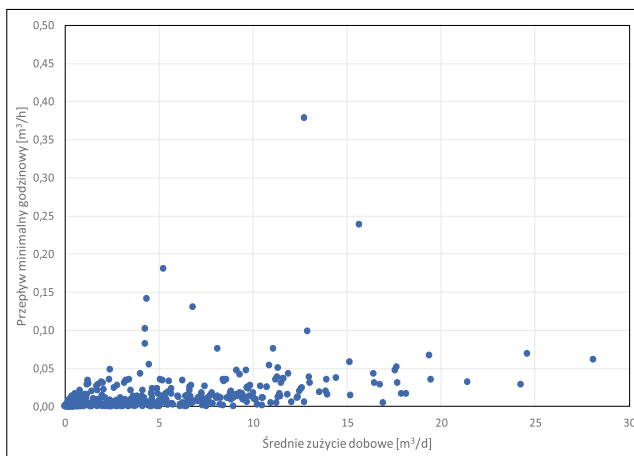


**Rys. 14**  
**Struktura przepływów minimalnych wg wartości**  
*Figure 14 Structure of minimal hourly flows*

co odpowiada ponad 45% sumarycznej objętości mierzonych MNP wszystkich odbiorców. Oznacza to jednocześnie, że brak odczytów dla największych odbiorców wody zawyża obliczeniową wartość strat wody (szacowaną na podstawie MNP dla miasta) od 15 do 20 m³/h.

Analiza struktury zużycia minimalnego godzinowego daje również możliwość oszacowania, jaka liczba wodomierzy nie mierzyłaby zużycia w wypadku zastosowania wodomierzy o wyższym progu rozruchu (Rys. 14). I tak dla wodomierzy o progu rozruchu powyżej 0,005 m³/h (wysokiej jakości wodomierz jednostrumieniowy DN15 R160, montowany w pozycji poziomej) **248 wodomierzy** nie wykazałyby poboru wody w godzinach minimalnych rozbiórów, a w wypadku montażu

**Rys. 15**  
**Zależność pomiędzy przepływem minimalnym a średnim zużyciem dziennym**  
*Figure 15 Relationship between minimal flows and average daily consumption*



pionowego (próg rozruchu zazwyczaj powyżej 0,015 m³/h dla wodomierza DN15 R63) – już **348 wodomierzy** nie

wykaze przyrostu wskazań w godzinach minimalnych rozbiórów.

Wyniki analizy wskazują jednoznacznie na efekty stosowania wodomierzy niskiej klasy pomiarowej montowanych w pozycji pionowej, stosowanej dla „łatwiejszego” odczytu wodomierzy, co w wypadku systemu zdalnego odczytu nie ma żadnego znaczenia – wodomierze nie są odczytywane wizualnie.

Informacja o przepływie minimalnym pozwala również oszacować udział ww. przepływów w zużyciu średnim dziennym. Rys. 15 pokazuje, że absolutna większość wodomierzy wykazuje przepływ minimalny godzinowy do 0,050 m³/h, bez względu na wartość zużycia dziennego. Jednocześnie dla 301 wodomierzy (z 484) udział przepływów minimalnych w zużyciu dziennym nie przekracza 10% (Rys. 16).

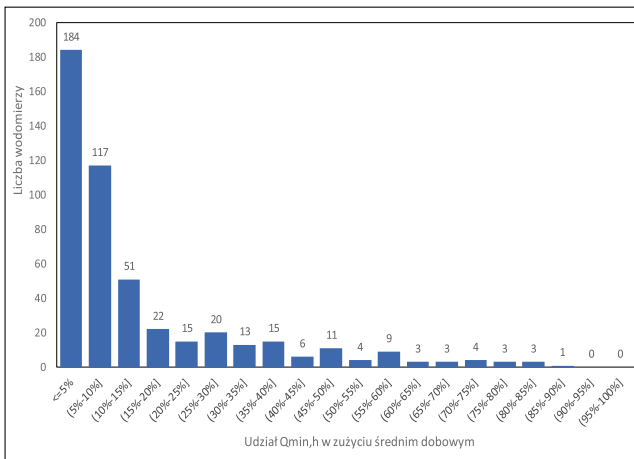
Sama wartość procentowa niestety nie daje pełnej informacji, szczególnie finansowej – z tego powodu obliczono średnią wartość zawyżonego zużycia wody miesięcznie, spowodowaną ciągłym poborem wody, przyjętą jako przepływ minimalny godzinowy. Wartość ta wyliczana była wg wzoru:

$$\text{zawyżone miesięczne zużycie [m}^3\text{]} = \text{minimalny przepływ godzinowy [m}^3\text{/h]} \times 24 \text{ h} \times 30 \text{ dni}$$

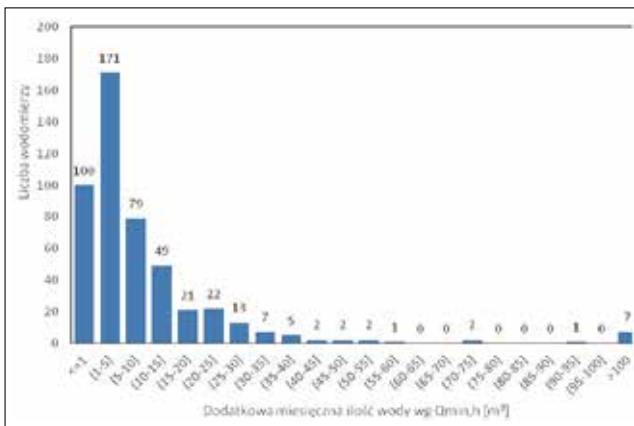
Wyniki przeprowadzonej analizy pokazuje Rys. 17.

Otrzymane wyniki wskazują, że dla średniej ceny wody i ścieków za rok 2021 (podawanej przez PGW Wody Polskie [2], równej 12 PLN) 384 odbiorców zapłaci dodatkowo co miesiąc co najmniej 12 zł, w tym 7 odbiorców – co najmniej 1200 zł.

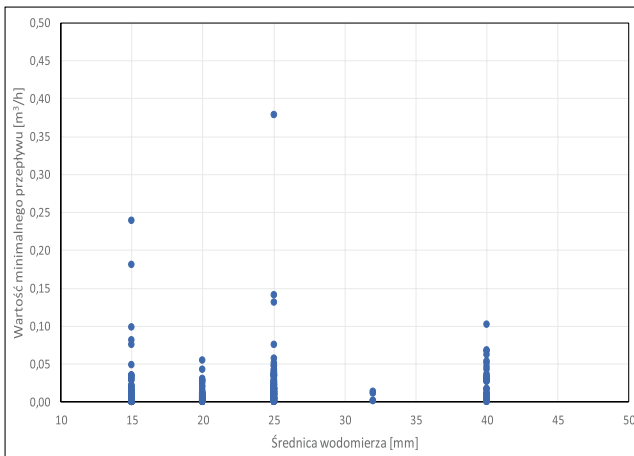
Ostatnią analizą przeprowadzoną dla wyników przepływów minimalnych godzi-



**Rys. 16**  
Udział przepływów minimalnych w zużyciu średnim dobowym  
*Figure 16 Percentage of minimal flows in average daily consumption*



**Rys. 17**  
Dodatkowa miesięczna ilość wody spowodowana przez przepływ minimalny nocny  
*Figure 17 Additional monthly water consumption caused by minimal flows*



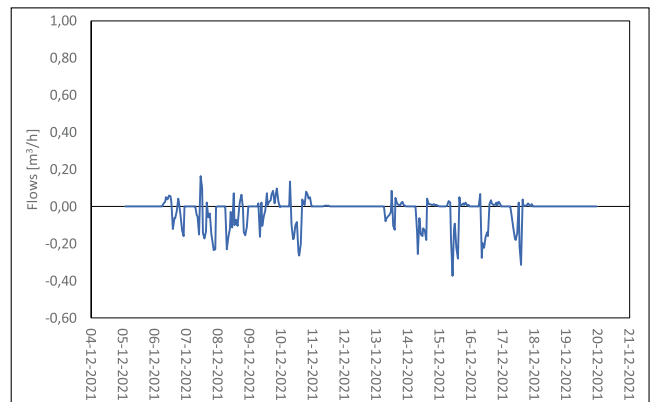
**Rys. 18**  
Zależność wielkość przepływu minimalnego od średnicy wodomierza  
*Figure 18 Relationship between minimal flows and water meter diameter*

wartości MNP). Wyniki analizy pokazuje Rys. 18.

Otrzymane wyniki wskazują, że wielkość mierzonego zużycia minimalnego godzinowego nie jest zależna od średnicy wodomierza (oprócz zależności związanej z wartością progu rozruchu wodomierza) – wysokie wartości minimalnych przepływów godzinowych wykazują również wodomierze najmniejszej średnicy, co w ich wypadku może prowadzić do przyspieszonego zużycia mechanicznego urządzenia.

Co warto podkreślić – informacje o ciągłym zużyciu wody (minimalnych przepływach godzinowych  $>0$ ) są przekazywane w analizowanym mieście odbiorcom wody przez e-BOK, umożliwiając im weryfikację przyczyn takiego stanu i uniknięcie zbędnych wydatków.

**Rys. 19**  
Przepływy wsteczne dla wodomierza z ujemnym bilansem dobowym zużycia ( $-0,537 m^3/d$ )  
*Figure 19 Backflows of water meter with total water consumption below zero ( $-0,537 m^3/d$ )*



### Przepływy wsteczne

Informacja o przepływach wstecznych jest jednym z podstawowych alarmów, w które wyposażone są nakładki. W większości wypadków alarm przepływu wstecznego informuje o wystąpieniu takiej

sytuacji, nie daje natomiast informacji o liczbie takich zdarzeń, czasie trwania ani o objętości wody przepływającej wstecznie przez wodomierz.

Jednocześnie punkty z występującym przepływem wstecznym zawsze są potencjalnym źródłem wtórnego skażenia wody i powinny być bezwzględnie zabezpieczone zaworami antyskażeniowymi.

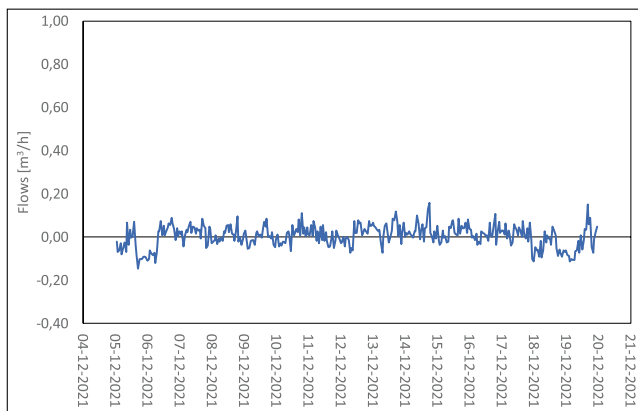
W wypadku, kiedy objętość wody w bilansie dla wodomierza przy kolejnych odczytach jest ujemna, można szybko zdiagnozować przepływ wsteczny dla wodomierza (Rys. 19). Niestety, w wypadku bilansu dodatniego możliwe jest to tylko przy zastosowaniu stacjonarnego systemu odczytów (Rys. 20).

### Bilans zużycia wody dla miasta

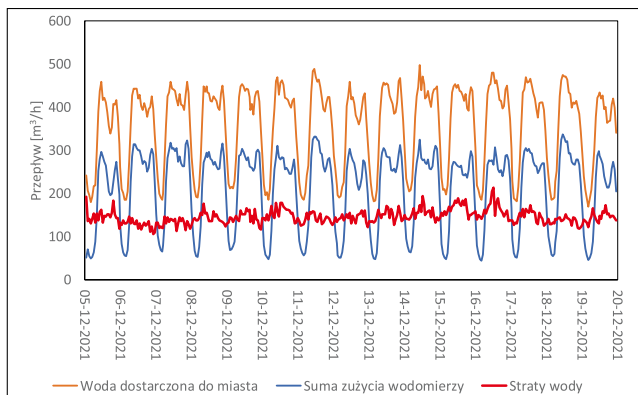
Informacja o sumie zużycia dla ponad 97% odbiorców dla każdej doby umożliwia również wyznaczenie godzinowej obliczeniowej wartości strat wody jako różnicy między ilością wody dostarczonej do miasta oraz zmierzonej przez wodomierz. Wyniki pokazuje Rys. 21.

Analiza danych wskazała, że najbardziej wiarygodny jest poziom strat dla dni 6-8 grudnia 2021, wynoszący  $120 m^3/h$  – w tych dniach dostępne były dane dla ponad 97% wszystkich odbiorców oraz wszystkich największych odbiorców przemysłowych i komercyjnych.

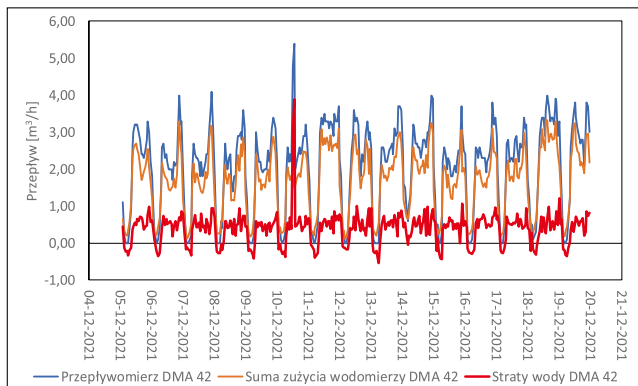
Dodatkową wartością wynikającą z informacji o sumie zużycia godzinowego dla każdego odbiorcy jest możliwość weryfikacji wskazań przepływomierzy/wodomierzy na zasilaniu strefy DMA. Jest to szczególnie ważne w wypadku zastosowania urządzeń przewymiarowanych (o zbyt dużej średnicy) w stosunku do występujących przepływów, co spowodowane jest projektowaniem urządzenia na przepływy pożarowe lub zastosowaniem zasady: średnica urządzenia = średnica rurociągu.



**Rys. 20**  
Przepływy wsteczne dla wodomierza z dodatnim bilansem dobowym zużycia (+0,009 m<sup>3</sup>/d)  
*Figure 20 Backflows of water meter with positive total water consumption (+0,009 m<sup>3</sup>/d)*



**Rys. 21**  
Profil godzinowy wody dostarczonej do miasta, wody sprzedanej oraz strat wody  
*Figure 21 Pattern of input volume, sum of water consumption and water loss for the whole town*



**Rys. 22**  
Profil godzinowy wody dostarczonej do strefy DMA 42, wody sprzedanej oraz strat wody  
*Figure 22 Pattern of input volume, sum of water consumption and water loss for DMA 42*

Na przykład dla strefy DMA 42 badanego miasta zastosowano przepływomierz w wersji full-bore (o pełnym przekroju) DN150 o progu rozruchu  $Q_0=0,95 \text{ m}^3/\text{h}$  ( $v_{\min}=15 \text{ mm/s}$ ). Powoduje to brak pomiarów przez przepływomierz w godzinach nocnych i ujemny bilans wody dla strefy DMA (Rys. 22). W rzeczywistości wartość strat wody dla tej strefy może wynosić minimalnie ok.  $0,30 \text{ m}^3/\text{h}$ .

## Podsumowując

Systemy stacjonarnego odczytu wodomierzy są bardzo użytecznym narzędziem eksploatacji sieci wodociągowej oraz nadzoru nad wysokością strat wody, umożliwiając m.in.:

- lokalizację odbiorców o maksymalnych godzinowych wartościach poboru wody, wpływających bezpośrednio na pracę sieci wodociągowej,
- wyznaczenie liczby wodomierzy nie wykazujących żadnego poboru wody, wskazujących na potencjalną blokadę/uszkodzenie wodomierza,
- wyznaczenie liczby wodomierzy wykazujących ciągły pobór wody (wyciek lub pobór do celów produkcyjnych na terenie odbiorcy); dodatkowo możliwa jest analiza udziału ww. poboru w średnim zużyciu wody i jej efektów finansowych,
- wyznaczenie liczby wodomierzy wykazujących cofnięcie wskazań liczydła (przepływy wsteczne), potencjalnie zagrażających jakości wody,
- wyznaczenie profili sumarycznego zużycia wody wszystkich wodomierzy, umożliwiających wykonanie bilansu godzinowego wody zarówno w wydzielonych strefach DMA oraz całym mieście,
- sprawdzenie poprawności wskazań przepływomierzy na wejściu do stref DMA.

Warunkiem uzyskania prawidłowych wyników analiz są: wysoka skuteczność odczytu (szczególnie dla odbiorców komercyjnych i przemysłowych), eliminacja błędnych odczytów oraz poprawny dobór i montaż wodomierzy.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Gil B., Koral W.: "Analiza krzywych godzinowego zużycia wody na podstawie danych z systemu stacjonarnego odczytu wodomierzy", INSTAL 12/2021, DOI: 10.36119/15.2021.12.4.
- [2] "To AMI, or not to AMI. Lessons learned from Global Omnium's AMI deployment, and steps to success." Artykuł dostępny na stronie: idrica.com/ idrica.com/goaigua.
- [3] C. Luciani, F. Casellato, S. Alvisi, M. Franchini: "From Water Consumption Smart Metering to Leakage Characterization at District and User Level: The GST4Water Project"; Proceedings 2018, 2, 675 www.mdpi.com/journal/proceedings DOI: 10.3390/proceedings2110675.
- [4] S. Alvisi, C. Luciani & M. Franchini (2019) "Using water consumption smart metering for water loss assessment in a DMA: a case study", Urban Water Journal, 16:1, 77-83, DOI: 10.1080/1573062X.2019.1633675.
- [5] M. Maldonado-Devis, Á. Bellver-Domingo, F. Hernández-Sancho, A. Coduras (2021) "Assessment of domestic water consumption in Valencia city through fuzzy-set qualitative comparative analysis", Urban Water Journal, 18:8, 640-647, DOI: 10.1080/1573062X.2021.1919906.
- [6] I.R. Monks, R.A. Stewart, O. Sahin, R.J. Keller, P. Prevos (2021) "Towards understanding the anticipated customer benefits of digital water metering", Urban Water Journal, 18:3, 137-150, DOI: 10.1080/1573062X.2020.1857800.
- [7] B.E. Meyer, H.E. Jacobs and A. Illembade: "Extracting household water use event characteristics from rudimentary data", Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA | 69.4 | 2020, doi: 10.2166/aqua.2020.153.
- [8] F. Oliveira, C. Tuna, J. Barros, M. Neves, P. Vieira, F. Fernandes: "“PORTO 100 % TELEMETRY” – An integrated approach to an efficient management of the water supply system", materiały konferencji "WaterLoss 2022 Praga".
- [9] Cichoń T., Królikowska J.: "W jakim kierunku zmierza gospodarka wodomierzowa – szanse i zagrożenia wynikające z zastosowania elektronicznych liczników" INSTAL 11/2019. DOI: 0.36119/15.2019.11.6.
- [10] Dżimińska P., Stańczyk J., Drzewiecki S., Licznar P.: "Wykorzystanie systemu rejestracji danych z dużą częstotliwością do analizy nierównomierności zużycia wody", INSTAL 1/2022, DOI: 10.36119/ 15.2022.1.3.
- [11] Licznar P., Ramm K.: "Analiza baz danych zapisów wodomierzy do dynamicznego modelowania rozbiórów wody", Wydawnictwo Seidel-Przywecki Sp. z o.o., Warszawa 2021.
- [12] Państwowe Gospodarstwo Wodne "Wody Polskie": <https://www.wody.gov.pl/aktualnosci/1947-taryfy-2021-na-stazy-niskich-cen-polmetek-procesu-taryfikacji>