

Badanie skuteczności odczytów wodomierzy w systemach odczytu stacjonarnego

Effectiveness of water meters readouts in AMI systems

WOJCIECH KORAL, SEBASTIAN RADZIMSKI

DOI 10.36119/15.2025.5.6

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 godzinowego zużycia wody przez odbiorców, wyznaczenie minimalnego autoryzowanego zużycia dla stref DMA i całego miasta/miejscowości oraz wyznaczenie rzeczywistych i pozornych strat wody.

Jednak problemy z łącznością, wynikające m.in. z trudnych warunków zabudowy (głębokie, zalewane studnie wodomierzowe, znacząca różnica rzędnych terenu), mogą powodować poważne problemy/błędy w analizie danych. Z tego powodu kluczowym elementem dla ww. systemów jest maksymalnie wysoki wskaźnik skuteczności odczytów wodomierzy, szczególnie dla tzw. kluczowych odbiorców.

W artykule przedstawiono analizę skuteczności odczytów ze stacjonarnego systemu odczytu wodomierzy (SSOW), udostępnionych przez dwa przedsiębiorstwa wodociągowe dla 893 wodomierzy w jednej z dzielnic miasta Opole (miasto „O”) oraz 946 wodomierzy w miejscowości Podanin (miejscowość „P”).

Słowa kluczowe: systemy stacjonarnego zdalnego odczytu wodomierzy (SSOW), skuteczność odczytu wodomierzy

Smart water meter networks are more and more often implemented in Polish towns. They include all water meters in a given water system and their indications are saved every hour. This solution makes it possible to calculate real hourly water consumption, estimate minimal authorised water usage for a DMA and the whole town/community, and calculate real water balance and real/apparent water loss.

However, communication problems and missing water meter indications can lead to serious mistakes in data analysis. Therefore, a critical part a smart water meter network is the maximum effectiveness of reading water meters action.

The paper shows selected possibilities and problems of maintenance of an Advanced Metering Infrastructure in a selected district in the town of Opole (Poland, town “O”, 893 water meters) and the commune Podanin (Poland, commune “P”, about 946 water meters).

Keywords: advanced metering infrastructure (AMI); effectiveness of reading water meters action

Wstęp

Stacjonarny system zdalnego odczytu wodomierzy umożliwia automatyczne i precyzyjne monitorowanie zużycia wody w czasie zbliżonym do rzeczywistego (zazwyczaj z dokładnością godzinową, przy przesyłaniu danych minimum raz na dobę), eliminując potrzebę ręcznych odczytów (fizycznego dostępu do wodomierza, co jest wielokrotnie poważnym problemem dla odczytów częstszych niż co miesiąc) i minimalizując ryzyko błędów przy wykonywaniu ww. odczytów. Jego wdrożenie pozwala na szybsze wykrywanie wycieków (zarówno w sieci wodociągowej, jak i za wodomierzem, w instalacji odbiorców), optymalizację zarzą-

dzania sieci wodociągowej oraz poprawę efektywności rozliczeń, co przekłada się na oszczędności operacyjne i lepsze wykorzystanie zasobów wodnych.

Jednak warunkiem koniecznym do wykonania ww. analiz jest dostępność ciągłych serii wiarygodnych danych dla maksymalnej liczby wodomierzy, czyli wysoka skuteczność odczytów. Jak wykazano m.in. w artykułach [1] i [2], brak pomiarów może prowadzić do błędnych wniosków, szczególnie w przypadku długotrwałych braków danych z wodomierzy tzw. kluczowych odbiorców, odpowiadających za znaczące objętościowo zużycie wody.

W artykule przeprowadzono analizę skuteczności odczytów wodomierzy dla

dwoch różnych systemów stacjonarnego odczytu (SSOW), udostępnionych do analiz przez dwa przedsiębiorstwa wodociągowe. Dla miejscowości „P” dane pochodzą z okresu 29 listopada–31 grudnia 2024 roku, a dla miasta „O” – z okresu 1–30 kwietnia 2025.

Pliki odczytów zawierały informacje o:

- numerze wodomierza (obie miejscowości),
- lokalizacji wodomierza w strefie DMA (obie miejscowości),
- dacie i godzinie odczytu każdego wodomierza (miejscowość „P”) lub liczbie odczytanych pakietów danych (24 pomiary) dla każdego wodomierza i dnia (miasto „O”). W mieście „O” dodatkowo dostępna była informacja, który

dr inż. Wojciech Koral <https://orcid.org/0000-0002-6316-1261> – Katedra Inżynierii Wody i Ścieków, Politechnika Śląska, Konarskiego 18, Gliwice, Wojciech.Koral@polsl.pl

mgr inż. Sebastian Radzimski <https://orcid.org/0009-0006-8707-9963> - Politechnika Opolska, Wydział Mechaniczny, Katedra Techniki Ciepłej i Aparatury Przemysłowej, ul. Mikołajczyka 5, Opole, Wodociągi i Kanalizacja w Opolu Sp. z o.o., ul. Oleska 64, Opole, S.Radzimski@wikopole.com.pl

z punktów dostępowych (gateway) odebrał ww. dane.

Dzięki uzyskanym informacjom możliwe było przeprowadzenie analizy skuteczności odczytu, rozumianego jako liczba odczytanych wodomierzy w ciągu godziny względem wszystkich opomiarowanych wodomierzy.

Badania i ich wyniki

Opis systemów stacjonarnego odczytu wodomierzy

Systemy stacjonarnego odczytu wodomierzy, na podstawie których wykonano analizy, różnią się zasadą przesyłania odczytów z nakładek wodomierzy do koncentratora danych (gateway'a):

- w mieście „O” dane przesyłane są pakietowo (24 pomiary) dwa razy w ciągu doby, zazwyczaj w godzinach nocnych (godziny i liczby transmisji są konfigurowalne); dane odczytywane są przez dwa punkty dostępowe (g104 oraz g106), zamontowane na granicach opomiarowanej strefy;
- w miejscowości „P” przesyłane są równoległe pojedyncze stany każdego wodomierza co 15 minut; dane odczytywane są przez cztery koncentratory – dwa w wersji zasilanej sieciowo (230V, oznaczenie g_S1, g_S2), dwa w wersji bateryjnej (24V, g_B1, g_B2).

W obu wypadkach do montażu typowano punkty z możliwością „łatwego” dostępu (np. budynki użyteczności publicznej lub obiekty firm), co ogranicza znacząco wybór lokalizacji montażu, starając się jednocześnie o maksymalnie wysoko położone punkty dla zwiększenia zasięgu odbieranych pomiarów.

Firmy dostarczające systemy deklarują zasięg odczytywanych nakładek w promieniu ok. 1,5 km, stąd na mapach przeprowadzonych analiz zaznaczono promienie 1,0 km i 1,5 km od koncentratorów, ułatwiające wizualizację i analizę otrzymanych wyników.

Wizualizację przestrzenną pomiarów wykonano, wykorzystując możliwości analiz przestrzennych bezpłatnego programu QGIS w wersji 3.16.

Analiza skuteczności odczytu wodomierzy dla dzielnicy miasta „O”

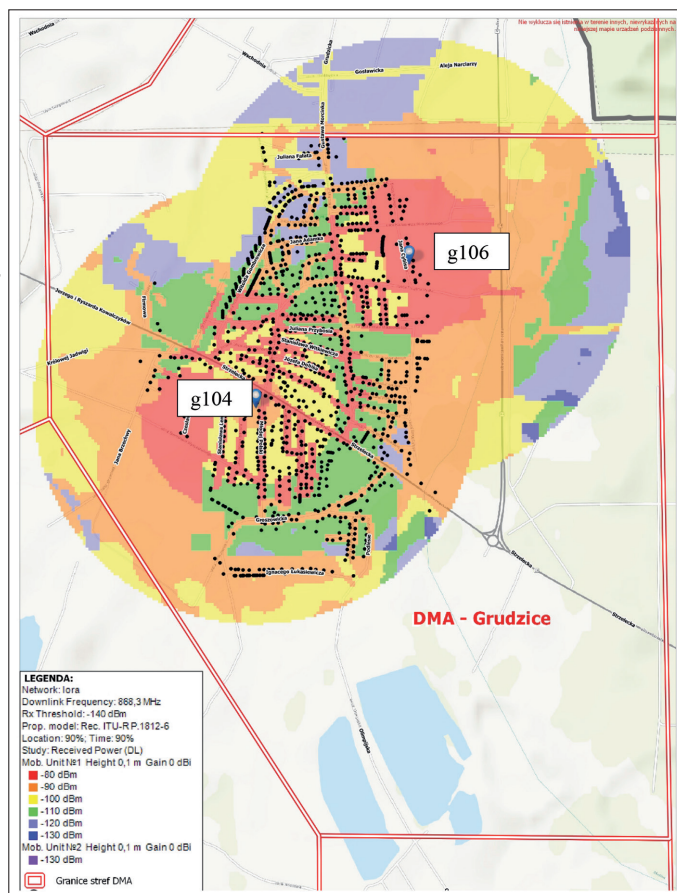
Szczegółowa analiza skuteczności odczytów dla dzielnicy miasta „O” była możliwa dzięki faktowi, iż system stacjonarnego odczytu wodomierzy (koncentratory, sieć IoT, Network Serwer zbierający dane) został wdrożony, uruchomiony

i skonfigurowany w ramach przygotowywanego doktoratu wdrożeniowego S. Radzimskiego w oparciu o otwarte oprogramowanie typu Open Source (m.in. PostgreSQL, PostGIS, Chirpstack, QGIS). Dzięki integracji serwerów i bezpośredniemu dostępowi do baz danych możliwa była m.in. analiza skuteczności odczytów przez każdy koncentrator/gateway osobno oraz wspólnie dla każdej nakładki radiowej wodomierza. W standardowych

warunkach tak szczegółowy odczyt informacji dostępny jest tylko dla dostawcy systemu, co generalnie uniemożliwia wykonywanie analiz zewnętrznych.

Przygotowując projekt wdrożenia systemu stacjonarnego odczytu wodomierzy dla dzielnicy miasta „O”, wykonano symulacje propagacji sygnału w oprogramowaniu Radio Planner 3 w paśmie częstotliwości dla wybranej sieci IoT (rys.1). Symulacje te brały pod uwagę parametry

Rys. 1. Mapa lokalizacji koncentratorów/gateway wraz z symulacją zasięgu sieci dla dzielnicy miasta „O”
Figure 1. Map of the gateway's installation placement in town „O” with a simulation of effectiveness of the radio signal

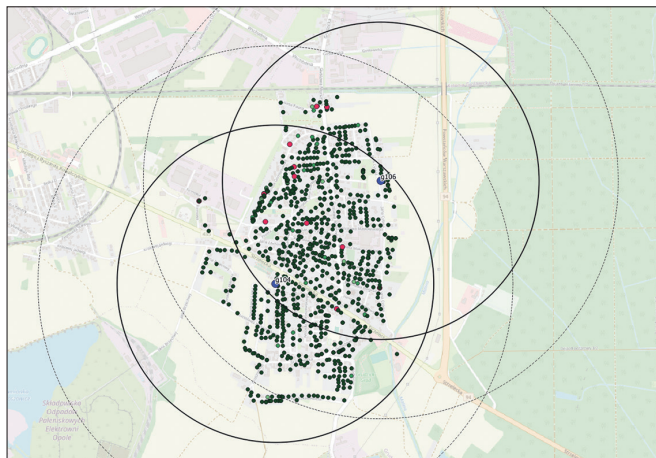


Rys. 2. Miejsca montażu koncentratorów w mieście „O” – g104 (lewy) oraz g106 (prawy)
Figure 2. Gateways' installation placements in town „O”: g104 (left) and g106 (right)

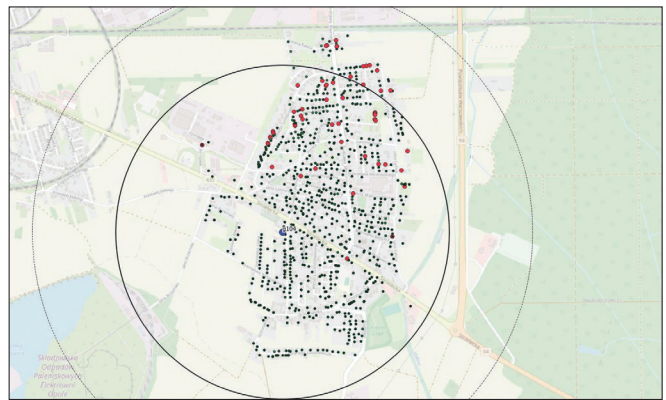


techniczne projektowanej sieci, dzięki którym możliwe było zbadanie teoretycznej propagacji sygnału oraz pokrycia zasięgu sieci dla poszczególnych bramek, w zależności od miejsca oraz wysokości montażu anteny (gateway), jak i przeszkód terenowych uwzględnionych w numerycznym modelu pokrycia terenu. Analizy te pozwoliły na wskazanie potencjalnych miejsc docelowego montażu anten odbiorczych ww. sieci IoT na terenie dzielnicy miasta „O”. Ich celem była optymalizacja zasięgu projektowanej sieci dla maksymalnej liczby odczytywanych wodomierzy w strefie przy użyciu optymalnej liczby anten/bramek. Zdjęcia miejsc montażu koncentratorów dla miasta „O” przedstawiono na rys.2.

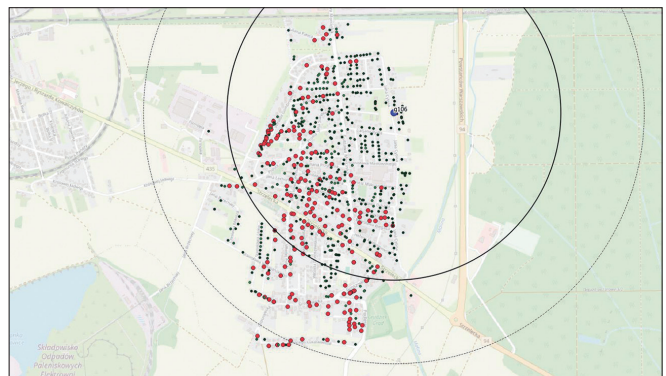
Miesiąc po zakończeniu montażu nakładek na wodomierzach przeprowadzono analizy skuteczności odczytu wodomierzy w opomiarowanej strefie. Przez skuteczny odczyt rozumiany jest odbiór co najmniej jednego poprawnego pakietu danych przez dowolny z koncentratorów (g104 i/lub g106). Wyniki skuteczności odczytu dla całej strefy pokazuje rys.3.



Rys. 4.
Skuteczność odczytów dla koncentratora g104 – kolor zielony: skuteczność >70%
Figure 4. Effectiveness of readouts for gateway g104 – green points: effectiveness >70%



Rys. 5.
Skuteczność odczytów dla koncentratora g106 – kolor zielony: skuteczność >70%
Figure 5. Effectiveness of readouts for gateway g106 – green points: effectiveness >70%



Rys. 3.
Skuteczność odczytów w mieście „O” – kolor zielony: skuteczność >70%
Figure 3. Effectiveness of readouts in town „O” – green points: effectiveness >70%

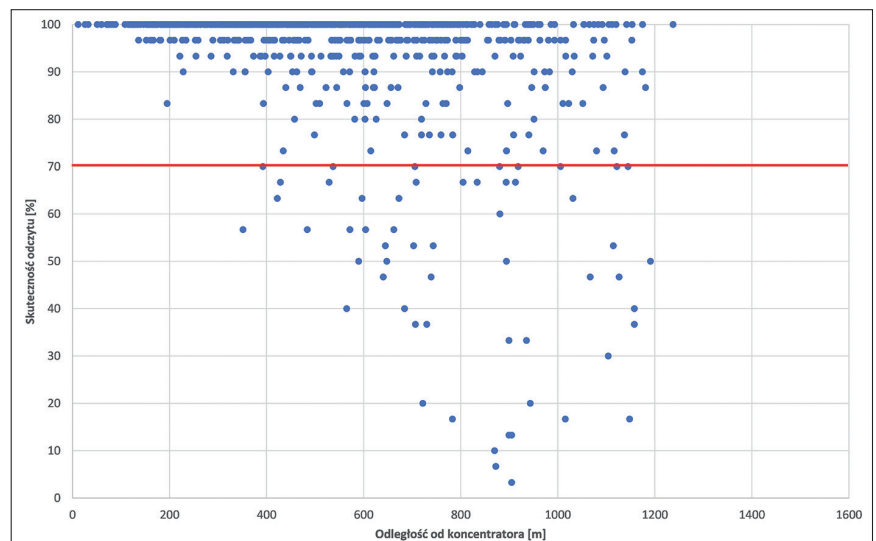
Informacja o pakietach odczytywanych przez poszczególne koncentratory pozwoliła na sprawdzenie skuteczności odczytu dla każdego z koncentratorów indywidualnie. Wyniki takiej analizy pokazują rys.4 i rys.5.

Analiza indywidualna koncentratorów ujawniła wyraźne różnice w skuteczności i liczbie odczytywanych wodomierzy – znacząco wyższą skutecznością odczytu charakteryzuje się koncentrator g104 względem g106:

- g104 zarejestrował pakiety z 891 z 893 wodomierzy, przy czym 576 sztuk z pełną skutecznością

Analiza szczegółowa poziomu skuteczności wskazuje, że tylko relatywnie niewielka część wodomierzy (13 sztuk z 893 wodomierzy, punkty czerwone na rys.3) wykazało skuteczność odczytu <70%. Równocześnie 752 z 893 wodomierzy przekazało komplet danych w kwietniu. Jednocześnie skuteczność dzienna w kwietniu 2025 r. wahała się od 97,6 do 99,4%, potwierdzając wyniki projektu radiowego.

Co ważne, punkty o niskiej skuteczności odczytów znajdowały się w odległości poniżej 1 km, a większość – w podobnej odległości od obu koncentratorów. Wskazuje to na indywidualne cechy ww. punktów (np. głębokie miejsca montażu lub przeszkody terenowe), a nie odległość jako główny czynnik skutecznego odczytu dla tych lokalizacji.



Rys. 6.
Zależność skuteczności odczytów od odległości dla koncentratora g104
Figure 6. Relationship between effectiveness of readouts and distance from gateway g104



Rys. 7.

Zależność skuteczności odczytów od odległości dla koncentratora g106

Figure 7. Relationship between effectiveness of readouts and distance from gateway g106

(100%), a tylko 49 sztuk ze skutecznością niższą niż 70%;

- g106 zarejestrował pakiety z 748 z 893 wodomierzy, przy czym tylko 255 sztuk z pełną skutecznością (100%), a aż 203 sztuki ze skutecznością niższą niż 70%.

Otrzymany wynik spowodował potrzebę analizy przyczyn takiej rozbieżności. Jako pierwszą poddano sprawdzeniu zależność skuteczności od odległości od koncentratora. Wyniki pokazują rys.6 i rys.7.

Otrzymane wyniki ponownie wskazały na znacząco wyższą skuteczność odczytów, rejestrowaną dla punktu g104. Dodatkowo okazało się, że nawet dla relatywnie blisko położonych punktów (w odległości 400–600 m) notowana jest niska skuteczność odczytów, przy jednocześniej stu procentowej skuteczności dla części punktów oddalonych od koncentratorów o 1200–1600 m. Wyniki te wskazały na drugi czynnik skuteczności odczytu – rzędną montażu anteny: w punkcie g104 antena jest zamontowana ponad 15 m wyżej niż w punkcie g106. Wynik ten potwierdza obserwacje firm wdrażających systemy stacjonarnego odczytu wodomierzy, że najlepiej montować anteny koncentratorów w najwyższej położonych punktach w odczytywanej strefie.

Analiza skuteczności odczytu wodomierzy dla miejscowości „P”

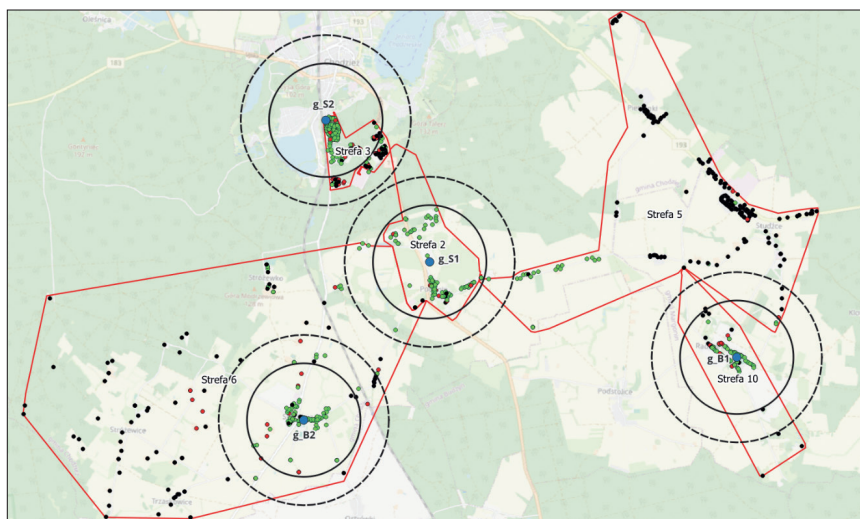
System stacjonarnego odczytu wodomierzy zastosowany na obszarze miejscowości „P” składa się z czterech koncentratorów, co wynika ze znaczącego rozproszenia przestrzennego wodomierzy na terenie ww. miejscowości. Ze względu

odczytów dla całego obszaru miejscowości oraz poszczególnych stref DMA powiązanych z koncentratorami.

Wyniki analizy skuteczności odczytów dla okresu analizy i całego obszaru pokazuje rys.8.

Analiza otrzymanych wyników wskazuje jednoznacznie, że znaczące przestrzenne rozproszenie wodomierzy odbiorców powoduje duży odsetek wodomierzy z brakiem odczytów w systemie stacjonarnym; dotyczy to przede wszystkim stref nr 5 i 6.

Jednocześnie część wodomierzy w strefie nr 5 jest odczytywana przez koncentrator g_S1, położony 1,5–2,5 km od ww. urządzeń. W tym samym czasie w strefie nr 3 występuje problem niskiej skuteczności odczytu dużej grupy wodomierzy znajdujących się ok. 500 m od koncentratora g_S2. W tym wypadku wy-



Rys. 8.

Skuteczność odczytu stanów wodomierzy dla miejscowości „P”; punkty w kolorze czarnym – brak odczytów

Figure 8. Effectiveness of readouts in commune „P”; black points – water meters without readouts

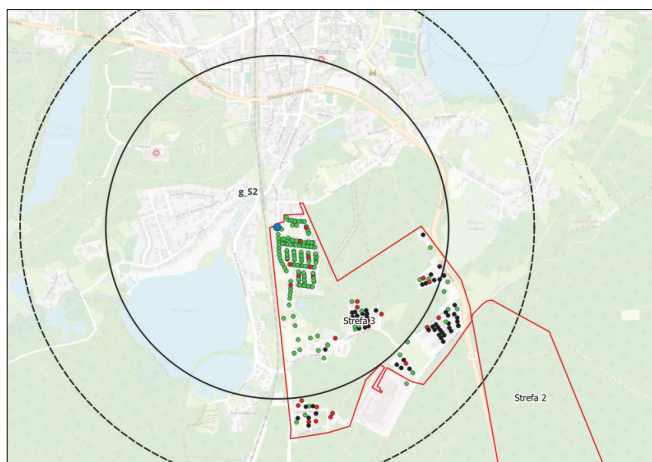
na pełną obsługę ww. systemu odczytu przez firmę zewnętrzną oraz odległości między koncentratorami do wykonania możliwe były tylko analizy skuteczności

jaśnieniem są prawdopodobnie rzędne: montażu koncentratora (80 m n.p.m.) i położenia wodomierzy (90–107 m n.p.m.). Potwierdza to obserwacje ze strefy miasta

Rys. 9.

Skuteczność odczytu stanów wodomierzy dla strefy nr 3 miejscowości „P”; punkty w kolorze czarnym – brak odczytów

Figure 9. Effectiveness of readouts in DMA No. 3 (commune „P”); black points – water meters without readouts



„O”, otrzymane dla innego systemu odczytu wodomierzy, opisane w pierwszej części artykułu, wskazujące na istotność rzędnej montażu anteny względem rzędnej montażu wodomierzy.

Jako ostatnią przeprowadzono analizę skuteczności odczytu godzinowego dla poszczególnych stref miejscowości „P” i okresu całego miesiąca. Otrzymane wyniki przedstawia rys. 9.

Analizując otrzymane wyniki można stwierdzić, że:

- skuteczność odczytów zmienia się w większości z analizowanych stref w zakresie kilku punktów procentowych;
- dla stref nr 6 oraz nr 10 (koncentratory bateryjne g_B1 oraz g_B2) występuje regularnie nietypowy stan braku odczytów wodomierzy o północy;
- dnia 3.12.2024 i 27.12.2024 chwilowo znacząco rośnie skuteczność odczytu w strefach – wynika to z wykonywania przez przedsiębiorstwo comiesięcznych odczytów w systemie objeżdżanym, niezbędnych do wystawienia faktury za wskazania wodomierzy, które nie przesyłają danych

w systemie stacjonarnego odczytu. Potwierdza to potrzebę stosowania rozwiązań umożliwiających odczyt zdalny w wypadku braku możliwości wykonania ww. odczytu w systemie stacjonarnym w sposób ciągły. W wypadku braku takiej możliwości konieczne jest dostanie się na teren nieruchomości, gdzie zamontowany jest ww. wodomierz i odczyt wizualny bezpośrednio z wodomierza.

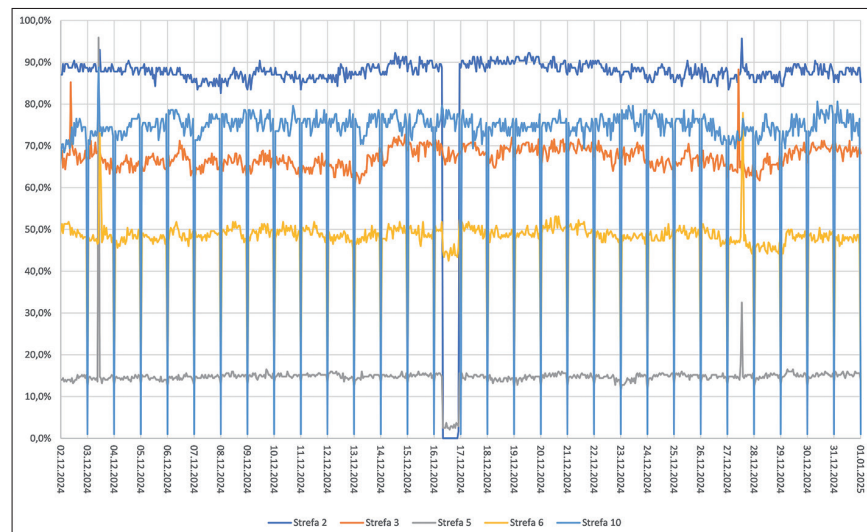
Podsumowując analizy otrzymanych wyników dla obu obszarów badań można stwierdzić, że montaż anteny w odpowiednio wysoko położonym miejscu strefy, z której odbierane są dane przesyłane z wodomierzy, jest kluczowym elementem budowy systemu stacjonarnego odczytu wodomierzy, zwiększając skuteczność odczytu ww. urządzeń bez względu na rodzaj stosowanego systemu odczytu stacjonarnego.

BIBLIOGRAFIA

- [1] B. Gil, W. Koral (2021): *Analiza krzywych godzinowego zużycia wody na podstawie danych z systemu stacjonarnego odczytu*

wodomierzy, „INSTAL” 12/2021, DOI: 10.36119/15.2021.12.4.

- [2] W. Koral (2022): *Analiza danych z systemu stacjonarnego odczytu wodomierzy dla średniej wielkości miasta*, „INSTAL” 12/2022, DOI 10.36119/15.2022.12.8, s. 46–52.
- [3] C. Luciani, F. Casellato, S. Alvisi, M. Franchini (2018): *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” 2019, 16:1, DOI: 10.1080/1573062X.2019.1633675, s. 77–83.
- [5] 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, DOI: 10.1080/1573062X.2020.1857800, s. 137–150.
- [6] B.E. Meyer, H.E. Jacobs, A. Illembade: *Extracting household water use event characteristics from rudimentary data*, „Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA” 2020, 69.4, DOI: 10.2166/aqua.2020.153.
- [7] 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 z konferencji „WaterLoss 2022 Praga”.
- [8] T. Cichoń, J. Królikowska (2019): *W jakim kierunku zmierza gospodarka wodomierzowa – szanse i zagrożenia wynikające z zastosowania elektronicznych liczników*, „INSTAL” 11/2019, DOI: 0.36119/15.2019.11.6.
- [9] T. Cichoń, J. Królikowska (2024): *Rola i znaczenie inteligentnych wodomierzy w systemie zaopatrzenia w wodę*, „INSTAL” 12/2024, DOI 10.36119/15.2024.12.7.
- [10] P. Dżimińska, J. Stańczyk, S. Drzewiecki, P. Licznar (2022): *Wykorzystanie systemu rejestracji danych z dużą częstotliwością do analizy nierównomierności zużycia wody*, „INSTAL” 1/2022, DOI: 10.36119/15.2022.1.3.
- [11] P. Licznar, K. Ramm (2021): *Analiza baz danych zapisów wodomierzy do dynamicznego modelowania rozbiórów wody*, Wydawnictwo Seidel-Przywecki, Warszawa.
- [12] J. Rogiński, A. Żak, A. Jemililty, R. Maliszewski, J. Bobrowski, B. Kowalska, D. Kowalski (2021): *Stacjonarny system zdalnego odczytu wodomierzy w technologii WIZE 169MHz*, „Gaz, woda i technika sanitarna”, grudzień 2021, DOI:10.15199/17.2021.12.3.



Rys. 10.
Godzinowa skuteczność odczytu stanów wodomierzy dla miejscowości „P”
Figure 10. Effectiveness of hourly readouts in commune “P”