

Optymalizacja doboru wodomierzy – ukryte możliwości

Streszczenie: Dobór wodomierzy jest zagadnieniem bardzo trudnym, ponieważ w praktyce nie istnieje jednoznaczna, skuteczna i ogólnie przyjęta metoda czy też model matematyczny wspomagający efektywnie opomiarować przyłącze wodomierzowe.

Problem doboru wodomierzy pogłębił się wraz z racjonalizacją zużycia wody. Stosowane powszechnie normatywy nie mają pokrycia z faktycznym zapotrzebowaniem w wodę.

W artykule przeanalizowano powyższe zagadnienia konfrontując metody matematyczne doboru wodomierzy na bazie normatywów z metodami empirycznymi opartymi o monitorowanie przyłączy wodomierzowych. Przeprowadzono dodatkowo uproszczoną analizę ekonomiczną celowości optymalizacji doboru wodomierzy wskazując jako wymierny parametr okres zwrotu nakładów. Ponadto zwrócono uwagę na istotną rolę wyboru urządzenia pomiarowego z bogatej oferty wodomierzy znajdujących się na rynku.

WSTĘP

Pojęcie doboru wodomierza jest zagadnieniem na tyle trudnym, że praktycznie do dnia dzisiejszego nie istnieje jednoznaczna, skuteczna i ogólnie przyjęta metoda czy też wzór, który należy zastosować, aby poprawnie i z jak najlepszym efektem opomiarować przyłącze wodomierzowe.

Związane jest to wieloma czynnikami, z których trzy mają zasadniczy wpływ:

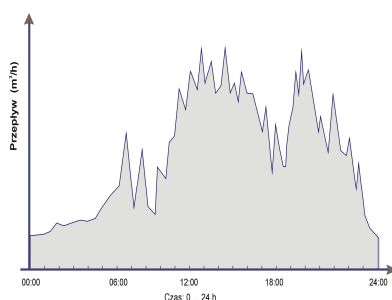
- różnorodność struktur odbiorców pod względem wielkości zapotrzebowania w wodę oraz dynamiki przepływu strumienia objętości - budynki mieszkalne (np. wieżowce, domy jednorodzinne), szkoły, hotele, biura, urzędy publiczne, sklepy, markety, stacje benzynowe, zakłady przemysłowe etc;
- różnorodność typów i wielkości wodomierzy, o których mowa była w rozdziałach poprzednich;
- drastyczne zmniejszenie zużycia wody zarówno przez odbiorców indywidualnych jak i przemysł;

W ciągu ostatnich 10 lat w Polsce mniej więcej o połowę spadło zużycie wody w gospodarstwach domowych. W 1992 statystycznie jeden mieszkaniec zużywał ok. 240L/Md natomiast już w roku 2002 tylko ok. 120L/Md. Taka tendencja spowodowana była tzw. transformacją gospodarki, wprowadzaniem nowocześniejszych urządzeń pomiarowych i armatury czerpalnej, likwidacją nieszczelności instalacji oraz wprowadzeniem indywidualnego opomiarowania, czyli zasady „każdy płaci za siebie”.

W konsekwencji większość ogólnie przyjętych normatywów i zasad dotyczących doboru wodomierzy zdezaktualizowała się stawiając projektantów instalacji wodnych przed nowymi realiami.

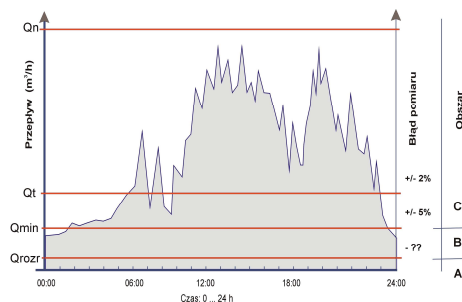
ISTOTA DOBORU WODOMIERZY

Istotę i zasadność doboru wodomierza zilustrować można przy pomocy połączenia dwóch wykresów, tzn. nałożenia na wykres profilu rozbioru (strumienia objętości) wody przyłącza wodomierzowego ogólnej charakterystyki błędów wodomierza z uwypukleniem parametrów metrologicznych.



- Hipotetyczny wykres profilu strumienia objętości dla przyłącza wodomierzowego

W wyniku nałożenia uzyskujemy wykres, na którym wyróżnić możemy 3 zasadnicze obszary:



- Wykres profilu strumienia objętości wraz z naniesionymi parametrami Q wodomierza

Obszar A - nie opomiarowany - poniżej Qroz wodomierza (próg rozruchu - minimalna wartość strumienia objętości, przy której następuje zmiana wskazań wodomierza). W obszarze tym wirnik wodomierza jest zatrzymany, wodomierz nie zlicza objętości przepływającej wody.

Obszar B – opomiarowany – pomiędzy Qroz a Qmin wodomierza. W obszarze tym wskazania wodomierza obarczone są dużym błędem ujemnym, o wartości trudnej do określenia.

Obszar C - opomiarowany – pomiędzy Qmin a Qmax wodomierza. W obszarze tym wodomierz wskazuje wartości z zachowaniem błędów wskazań w granicach dopuszczalnych względnych błędów granicznych.

Jak można sobie wyobrazić przy niewłaściwie dobranym wodomierzu do rzeczywistych strumieni, jakie występują na przyłączy, każdego dnia nie rejestrowana może być pewna grupa przepływów powodując tym samym stratę dla dostawcy wody.

Dlatego też, istota doboru urządzenia pomiarowego – wodomierza – z punktu widzenia metrologicznego polega na takim wyborze wielkości i typu, aby jego zakres pomiarowy (Qmin do Qmax) pokrył możliwie całą krzywą rozbiórki wody występującą na przyłączy.

Inne czynniki determinujące wybór wodomierza:

- temperatura medium,
- ciśnienie zasilania,
- dopuszczalne straty ciśnienia na wodomierzu,
- możliwości instalacyjne – dostosowanie wodomierza i jego zabudowy do warunków instalacji.

Jak wynika z informacji przekazywanych przez producentów wodomierzy idealną sytuacją dla prawidłowej eksploatacji wodomierza oraz jakości pomiaru jest następujący rozkład procentowy występującego strumienia objętości:

$$Q_{\min} - Q_t = 25\%$$

$$Q_t - Q_n = 70\%$$

$$Q_n - Q_{\max} = 5\%$$

Sytuacja taka jednak w rzeczywistości występuje bardzo rzadko.

Nieoptymalny dobór wodomierza pociąga za sobą konsekwencje zarówno, w przypadku zastosowania wodomierza o zbyt dużym jak i o zbyt małym strumieniu nominalnym Q_n .

Wodomierz o zbyt dużym strumieniu nominalnym Q_n – przewymiarowany:

- zmniejszenie dokładności pomiarów w dolnym zakresie przepływów,

- zwiększenie kosztów inwestycyjnych,
- problemy ze zbilansowaniem wody – np. w mieszkalnictwie: wodomierz domowy, a wodomierze mieszkaniowe (strata po stronie dostawcy wody).

Wodomierz o zbyt małym strumieniu nominalnym Q_n - niedowymiarowany:

- przeciążenie wodomierza – przyspieszona eksploatacja mechanizmów wewnętrznych,
- zwiększenie wydatków na naprawę lub wymianę,
- problemy ze zbilansowaniem wody – np. w mieszkalnictwie: wodomierz domowy, a wodomierze mieszkaniowe (strata po stronie odbiorcy wody).

METODY DOBORU WODOMIERZY

W oparciu o normy

Na dzień dzisiejszy w Polsce obowiązują dwie normy wykorzystywane do doboru urządzeń do pomiaru objętości wody:

- PN-92 B-01706 „Instalacje wodociągowe. Wymagania w projektowaniu” z 1992r.
- PN-ISO 4064-2 „Wodomierze do wody pitnej zimnej. Wymagania instalacyjne” z 1997r.

Przedmiotem normy PN-92 B-01706 są wymagania w projektowaniu instalacji wodociągowych wody zimnej i ciepłej. Przy określaniu wymiarowania przewodów wodociągowych wyznacza się tzw. przepływ obliczeniowy Q oparty na normatywach wypływu wody z punktów czerpalnych w dm^3/s . Wartości wypływu, w zależności od rodzaju punktu czerpalnego (baterie czerpalne, płuczka ciśnieniowa, głowica natrysku, etc.) podane są w tabeli.

Doboru wodomierza dokonuje się poprzez porównanie przepływu obliczeniowego dla instalacji ze strumieniem nominalnym Q_n wodomierza, przy czym spełniony musi być warunek:

$Q \leq Q_{max}/2$ oraz $DN \leq d$, gdzie:

Q_{max} – maksymalny strumień objętości dla wodomierza podany przez producenta;

DN - nominalna średnica dobranego wodomierza, mm;

d - średnica przewodu na którym wodomierz ma być zainstalowany, mm.

Norma ta jest chętnie i często wykorzystywana przez projektantów. Jednak, jak wykazuje praktyka, oparcie się tylko na jej zapisach i wyliczeniach, bez uwzględnienia obserwowanego od kilku lat drastycznego spadku zużycia wody przez mieszkańców, może powodować nieoptymalny dobór wodomierzy, a tym samym powodować straty dostawcy lub sprzedawcy wody.

Przykład 1: Budynek mieszkalny

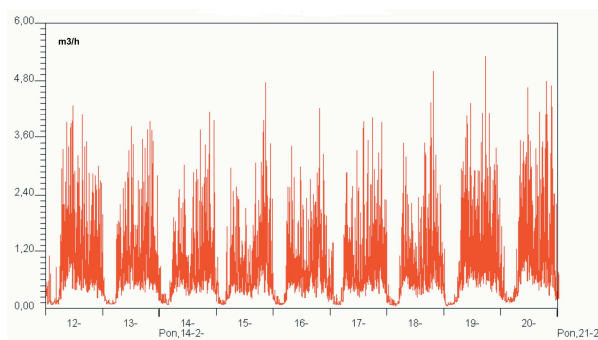
- ilość mieszkań 85
- suma normatywnych wypływów na 1 mieszkanie $\Sigma q_n = 0,89 dm^3/s$
- $\Sigma q_n = 0,89 dm^3/s * 85 \text{ mieszkań} = \underline{75,65} dm^3/s$

Na podstawie normy PN-92/B-01706 przepływ obliczeniowy q dla budynku:

$$q = 1,7 * (\Sigma q_n)^{0,21} - 0,7 = 1,7 * (75,65)^{0,21} - 0,7 = 3,52 dm^3/s \quad \text{tj. } 12,66 m^3/h$$

Dla takiego przepływu na przyłączy, uwzględniając wytyczne normy, koniecznym byłoby zastosowanie wodomierza o $Q_n = 15 m^3/h$. Natomiast w wyniku monitorowania rejestratorem cyfrowym strumienia objętości dla przyłączy uzyskano następujące wartości:

$Q_{min}=0,05m^3/h$, $Q_{max}=5,30m^3/h$, $Q_{\acute{s}re}=0,76m^3/h$,



▪ wykres rejestracji rzeczywistego strumienia objętości dla przyłącza wodomierzowego
Biorąc pod uwagę uzyskane wartości (bez analizy instalacji pod kątem p. poz.) z metrologicznego punktu widzenia zalecanym dla tego przyłącza byłby wodomierz o strumieniu nominalnym $Q_n=6m^3/h$.
Wyznaczony zgodnie z normą PN-92 B-01706 wodomierz o strumieniu nominalnym $Q_n=15m^3/h$ będzie znacznie przewymiarowany.

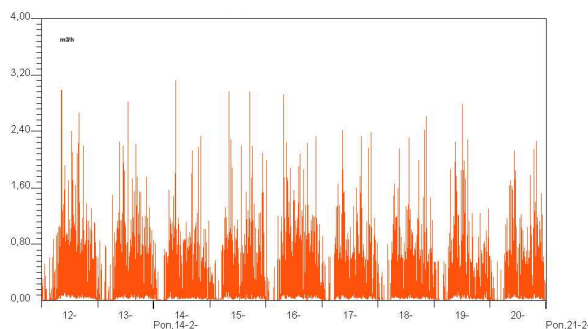
Przykład 2: Budynek mieszkalny

- ilość mieszkań 20
- suma normatywnych wpływów na 1 mieszkanie $\Sigma q_n=0,89 dm^3/s$
- $\Sigma q_n=0,89 dm^3/s * 20$ mieszkań = 17,80 dm^3/s

Na podstawie normy PN-92/B-01706 przepływ obliczeniowy q dla budynku:

$$q = 0,682 * (\Sigma q_n)^{0,45} - 0,14 = 0,682 * (17,80)^{0,45} - 0,14 = 2,35 dm^3/s \text{ tj. } \underline{8,46 m^3/h}$$

Dla takiego przepływu na przyłączy koniecznym byłoby zastosowanie wodomierza o $Q_n=10m^3/h$. W wyniku monitorowania strumienia objętości rejestratorem dla tego przyłącza uzyskano następujące wyniki:
 $Q_{min}=0,01m^3/h$, $Q_{max}=3,12m^3/h$, $Q_{\acute{s}re}=0,15m^3/h$,



▪ wykres rejestracji rzeczywistego strumienia objętości dla przyłącza wodomierzowego
Dla tych wartości (bez analizy instalacji pod kątem p. poz.) z metrologicznego punktu widzenia zalecanym dla tego przyłącza byłby wodomierz o strumieniu nominalnym $Q_n=3,5m^3/h$.
Podobnie jak w poprzednim przykładzie wyznaczony zgodnie z normą PN-92 B-01706 wodomierz o strumieniu nominalnym $Q_n=10m^3/h$ będzie znacznie przewymiarowany.
Jak widać na tych dwóch przykładach bezkrytyczne posługiwanie się normą może spowodować nieoptymalny dobór wodomierza.

Przedmiotem normy PN-ISO 4064-2 są kryteria doboru wodomierzy, odpowiednie wyposażenie instalacji, szczególne wymagania dla niektórych wodomierzy i dla pierwszego uruchomienia nowych lub

naprawionych wodomierzy, w celu zapewnienia dokładnego stałego pomiaru i niezawodnego odczytu wodomierza.

Zastępując normę PN-91 M-54910 zadaniem jej było uregulowanie zasady doboru wodomierzy i zabudowy zestawów wodomierzowych.

W punkcie 2 normy zawarte są „Kryteria doboru wodomierzy”.

Typ, klasa obciążeń i wielkość wodomierzy są określone według warunków pracy instalacji, ze szczególnym uwzględnieniem następujących czynników:

- osiągalnego ciśnienia zasilania;
- właściwości fizycznych i chemicznych wody;
- dopuszczalnej straty ciśnienia na wodomierzu;
- spodziewanych strumieni objętości: strumień objętości Q_{min} , Q_n , Q_{max} wodomierza powinny odpowiadać przewidywanym warunkom przepływu w instalacji.

Ze względu na zapisy norma ta wymaga od projektantów czy też osób dokonujących doboru wodomierza wyznaczenia lub zmierzenia strumieni objętości dla danego punktu pomiarowego, co w praktyce ma miejsce bardzo rzadko.

Dodatkowo należy pamiętać, iż zawsze decydujący głos w możliwościach eksploatacyjnych danego typu wodomierza ma jego producent. To on w swoich kartach katalogowych podaje możliwe do osiągnięcia parametry strumienia objętości, które nie wpłyną na uszkodzenie wodomierza i pozwolą na jego efektywną długoletnią pracę.

Z reguły przyjmuje się, iż dopuszczalne ciągłe obciążenie wodomierza nie powinno przekraczać wartości 0,6-0,8 Q_n . Po przekroczeniu tej wielkości możemy liczyć się z przyspieszonym zużyciem eksploatacyjnym wodomierza i stopniowym pogarszaniem się jego metrologii.

Należy zauważyć, iż norma ta wskazała kryteria i kierunek postępowania w celu przeprowadzenia poprawnego doboru wodomierza jednak nie podaje konkretnych metod. Dlatego też projektanci nie mając konkretnych metod z reguły powracają do normy PN-92 B-01706 i stosują ją jako jedyną do doboru wodomierzy.

W oparciu o rejestrację przepływu

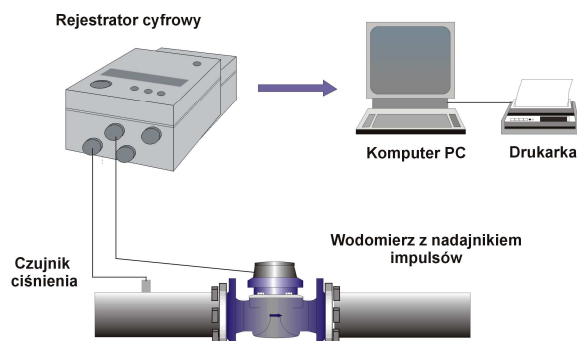
Zdecydowanie najlepsze efekty i najbardziej wiarygodne wyniki daje metoda doboru wodomierza w oparciu o cyfrową rejestrację strumienia objętości, czyli profilu rozbiórki wody na przyłączy.

W celu prowadzenia ciągłej rejestracji strumienia objętości, na przyłączy wodociągowym zainstalowany zostaje wodomierz, wstępnie dobrany do przyłączy na podstawie np. normy, wyposażony w nadajnik impulsów (kontaktronowy lub optoelektroniczny), do którego podłączony jest rejestrator cyfrowy.

Zasada rejestracji jest następująca - mikroprocesor rejestratora cyfrowego, zarządzany poprzez program zapisany w pamięci, z wewnętrznego zegara czasu rzeczywistego odczytuje w rejestratorze czas wraz z wystąpieniem impulsu generowanego przez nadajnik impulsowy i zapisuje taką informację do pamięci z uwzględnieniem bieżącej daty.

Nowoczesne rejestratory cyfrowe pozwalają rejestrować na kanale cyfrowym przepływ (z rozdzielczością zapisu wszystkich wartości), a na kanale analogowym ciśnienie (z okresem próbkowania 0,1s-24h).

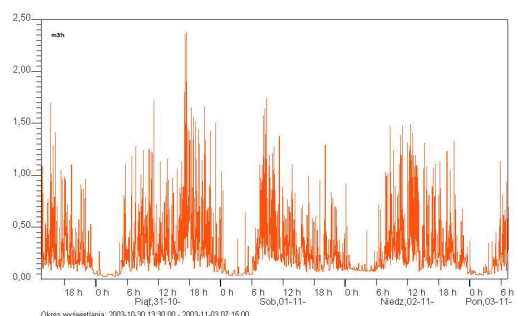
Otrzymane po zakończeniu rejestracji dane należy poddać analizie pod kątem uzyskania informacji na temat rzeczywistych strumieni objętości Q z uwzględnieniem wartości maksymalnych Q_{max} , minimalnych Q_{min} , średnich $Q_{\text{śre}}$ oraz wartości zużycia wody w dowolnych okresach doby. Zaleca się równolegle przeprowadzić wnikliwą analizę statystyczną otrzymanych danych w celu oszacowania zapotrzebowania w wodę rozpatrywanego przyłącza.



- Schemat podłączenia rejestratora cyfrowego do wodomierza i czujnika ciśnienia.

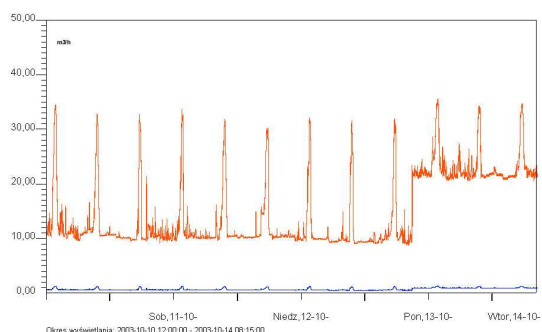
Przykłady rejestracji i doboru wodomierzy

1. Przyłącze domowe DN=32mm budynku wielorodzinnego, woda zimna, 10 mieszkań, 35 lokatorów, wydzielona instalacja p. poż..



- Zarejestrowane wartości strumienia: $Q_{min}=0,02\text{m}^3/\text{h}$, $Q_{max}=2,37\text{m}^3/\text{h}$, $Q_{\text{śre}}=0,24\text{m}^3/\text{h}$. Zalecany wodomierz DN 20, $Q_n=2,5\text{m}^3/\text{h}$

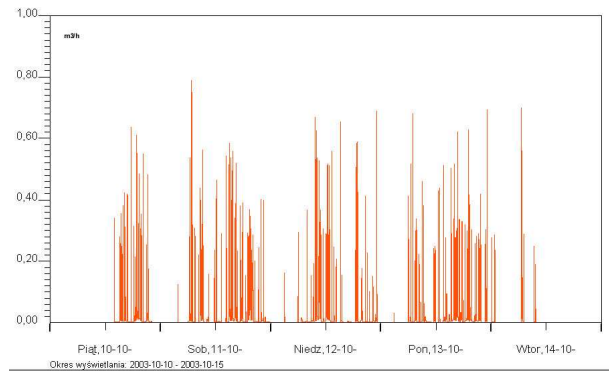
2. Przyłącze wodne DN=100mm zakładu przemysłowego, woda zimna, praca 3 zmianowa, ciągły pobór wody do celów technologicznych. Rejestracji dokonano przy wykorzystaniu wodomierza sprężonego DN 100 i dwukanałowego rejestratora.



- Zarejestrowane strumienie dla wodomierza głównego: $Q_{min}=8,72\text{m}^3/\text{h}$, $Q_{max}=35,47\text{m}^3/\text{h}$, $Q_{\text{śre}}=14,84\text{m}^3/\text{h}$. Zalecany wodomierz DN 65 np. WPD 65/50°C, $Q_n=70\text{m}^3/\text{h}$. domowe DN=20mm domu

3. Przyłącze

jednorodzinnego, woda zimna, 6 lokatorów, dodatkowe własne ujęcie w ogrodzie,



- Zarejestrowane wartości strumienia: $Q_{min}=0,00\text{m}^3/\text{h}$ (uśrednione), $Q_{max}=0,79\text{m}^3/\text{h}$, $Q_{\text{śre}}=0,02\text{m}^3/\text{h}$. Zalecany wodomierz DN 15, $Q_n=1,5\text{m}^3/\text{h}$

Przykłady analizy ekonomicznej

Uzyskane w wyniku rejestracji przepływu wyniki są także doskonałym narzędziem do przeprowadzenia analizy ekonomicznej pod kątem zasadności optymalizacji doboru wodomierzy ze wskazaniem wymiernego parametru w postaci okresu zwrotu nakładów poniesionych na zakup nowego wodomierza.

Przykład 1:

Budynek mieszkalny: 85 mieszkań, 230 lokatorów, przyłącze DN 50, obecnie eksploatowany wodomierz jednostrumieniowy DN 40 o $Q_n=10\text{m}^3/\text{h}$

Dla tej lokalizacji uzyskano następujące wyniki:

- szacunkowe miesięczne zużycie wody w budynku: 553m^3
- obecnie eksploatowany wodomierz powoduje dla dostawcy średnią stratę na dobę około $0,5\text{m}^3$ (woda dostarczona lecz niezapłacona),
- optymalny wodomierz: wielostrumieniowy mokrrobeżny o $Q_n=6,0\text{m}^3/\text{h}$ o podwyższonych parametrach,
- optymalny wodomierz zmierzy średnio na dobę o $0,34\text{m}^3$ wody więcej niż obecnie eksploatowany,
- dla założonej ceny wody 4 PLN za 1m^3 oraz średniej ceny rynkowej wodomierza mokrrobeżnego o $Q_n=6,0\text{m}^3/\text{h}$ założono 140 PLN, okres zwrotu nakładów poniesionych na zakup nowego wodomierza to około 4 miesięcy. Każdy kolejny miesiąc to dodatkowy zysk dla dostawcy wody,
- uproszczona analiza nie uwzględnia kosztów adaptacji przyłącza oraz kosztów pośrednich.

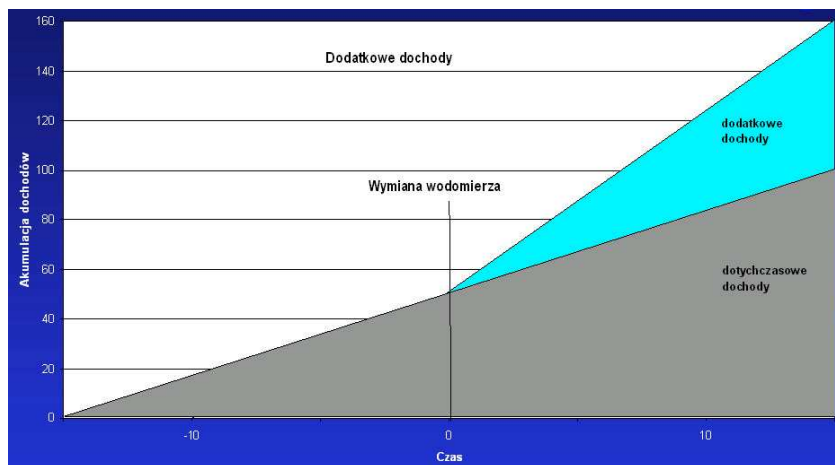
Przykład 2:

Budynek mieszkalny: 20 mieszkań, 50 lokatorów, przyłącze DN 40, obecnie eksploatowany wodomierz jednostrumieniowy DN 32 o $Q_n=6\text{m}^3/\text{h}$

Dla tej lokalizacji uzyskano następujące wyniki:

- szacunkowe miesięczne zużycie wody w budynku: 108m^3
- obecnie eksploatowany wodomierz powoduje dla dostawcy średnią stratę na dobę około $0,6\text{m}^3$ (woda dostarczona lecz niezapłacona),
- optymalny wodomierz: wielostrumieniowy mokrrobeżny o $Q_n=3,5\text{m}^3/\text{h}$ o podwyższonych parametrach,
- optymalny wodomierz zmierzy średnio na dobę o $0,49\text{m}^3$ wody więcej niż obecnie eksploatowany,

- dla założonej ceny wody 4 PLN za 1m^3 oraz średniej ceny rynkowej wodomierza mokrąbieżnego o $Q_n=3,5\text{m}^3/\text{h}$ założono 115 PLN, okres zwrotu nakładów poniesionych na zakup nowego wodomierza to około 2 miesięcy. Każdy kolejny miesiąc to dodatkowy zysk dla dostawcy wody,
- uproszczona analiza nie uwzględnia kosztów adaptacji przyłącza oraz kosztów pośrednich,



- Przykład interpretacji graficznej okresu zwrotu nakładów na zakup nowego, optymalnie dobranego wodomierza.

Podsumowanie

Dobór wodomierza do przyłącza wodnego jest zagadnieniem trudnym i na dzień dzisiejszy brak jest jednoznacznej i prostej metody matematycznej rozwiązującej ten problem.

Spowodowane wieloma czynnikami spadek zużycia wody od 1990 roku bardzo silnie wpłynął na strukturę jej rozborów w mieszkalnictwie jak i w przemyśle. Bezkrytyczne stosowanie normy PN-92 B-01706 bez uwzględnienia drastycznego spadku konsumpcji wody przez ludność prowadzić może do nieoptymalnego doboru wodomierza.

Dodatkowo należy pamiętać, że pomiar objętości zużywanej wody jest podstawą wymiarowania nie tylko urządzeń wodociągowych, ale również kanalizacyjnych i oczyszczalni ścieków, stąd błędy popełnione przy doborze wodomierza przenoszą się wprost na pozostałe dziedziny działalności przedsiębiorstw wodociągowych.

Dlatego też, jak wynika z doświadczenia środowisk producentów, projektantów oraz służb technicznych wodociągów najlepsze efekty w optymalnym doborze wodomierza przynosi połączenie metod matematycznych i statystycznych z empirycznymi na przykład poprzez rejestrację profilu strumienia objętości.

Jednak dobór wodomierza to połowa sukcesu. Aby zapewnić dostawcy wody maksymalne zyski oprócz poprawnego doboru ze względu na Q_n i DN musimy dokonać świadomego wyboru urządzenia pomiarowego z bogatej i różnorodnej oferty wodomierzy znajdujących się na rynku.

Literatura

- [1] Tuz P., Gwoździej-Mazur J.: Problemy Określania zużycia wody w budynkach wielorodzinnych, XVI Krajowa Konferencja Naukowo-Techniczna nt. Ekologiczne i energooszczędne budownictwo oraz mieszkalnictwo wojskowe - EKOMILITARIS 2002, Zakopane 2002,
- [2] Kłos-Trębaczewicz H., Osuch-Pajdzińska E., Roman M.: Przyczyny spadku zużycia wody w miastach polskich i jego granice. Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 10/2000
- [3] Sosnowski S., Tabernacki J., Chudzicki J.: Instalacje wodociągowe i kanalizacyjne, Instalator Polski, Warszawa 2000
- [4] W. Koral: „Wpływ malejącego poboru wody na dokładność wskazań wodomierzy”, Instal, nr 7-8 2002,
- [5] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 roku w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U.02..75.690),
- [6] Ustawa z dnia 7 czerwca 2001 roku o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków (Dz.U.01.72.747),
- [7] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i administracji z dnia 16 sierpnia 1999 roku w sprawie warunków technicznych użytkowania budynków mieszkalnych (Dz.U.99.74.836).
- [8] Polska Norma PN-ISO 4064-3: Pomiar objętości cieczy w przewodach. Wodomierze do wody pitnej zimnej. Metody badań i wyposażenie. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa, luty 1997r.

Abstract: The sizing of water-meters is the very difficult question, because in practice does not exist unambiguous, effective and the generally method or the mathematical helping model to choose the measuring device (water-meter) for concrete location. In recently years the problem of selection of water-meters deepened together with rationalization of water consumption. Applied universally norms have not covering with actual demand into water.

In article above mentioned questions were analyzed and confront the mathematical methods of sizing of water-meters base on norms with empirical leaning on monitoring methods. Additionally the simplified economic analysis of advisability of optimization selection water-meters was conducted showing as measurable parameter the period of turn of financial costs. Besides the authors of article pay back attention on fundamental part of choice of measuring device from whole mass of water-meters being on market.