

Ocena parametrów wydajności i ciśnienia sieci wodociągowej na cele przeciwpożarowe w świetle przeprowadzonych testów hydrantowych

Evaluation of efficiency and pressure parameters of water supply systems for fire protection purposes in the light of hydrant tests

DANIEL PIÓREK, JUSTYNA STAŃCZYK, PAWEŁ LICZNAR

DOI 10.36119/15.2022.12.12

Badania wydajności hydrantów oraz przeprowadzenie ich corocznej inspekcji stanowią działania mające na celu spełnienie funkcji wodociągu w kontekście przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę jednostek osadniczych. Obowiązek kontroli stanu ich pracy spoczywa na właścicielach wodociągowej sieci przeciwpożarowej i pomimo, że krajowe przepisy zawierają informację o wymaganiach stawianych sieci wodociągowej jako źródle wody do ugaszenia pożaru, pozostaje kilka kwestii nieuregulowanych metodycznie, m.in. procedura przeprowadzania testów hydrantowych. Woda zużyta na cele własne wodociągu, w tym podczas badań wydajności hydrantów, stanowi w bilansie wody tak zwaną niezafakturowaną autoryzowaną konsumpcję. W artykule przedstawiono wyniki badań przeprowadzonych testów hydrantowych oleśnickiej sieci wodociągowej oraz analizy rocznej objętości wody zużywanej podczas tych działań. Dokonano oceny wydajności i ciśnienia wypływającej z hydrantów wody w świetle przeglądu krajowych i zagranicznych rekomendacji, a także wymogów dotyczących ich testowania.

Słowa kluczowe: sieci wodociągowe; testy hydrantowe; wydajność hydrantów; wymogi przeciwpożarowe

Testing the performance of hydrants and carrying out their annual inspection are the activities aimed at fulfilling the function of water supply system in the context of fire-fighting water supply to settlement units. The duty of checking the condition of their work rests on the owners of firewater supply network and despite the fact that national regulations contain information about requirements for water supply system as a source of water for fire extinguishing, there are still some methodically unregulated issues, e.g. the procedure of carrying out hydrant tests. Water consumed for own purposes of the waterworks, among other things during the hydrant tests, is in the water balance so called unbilled authorized consumption. The article presents the results of the research on the hydrant tests carried out in the water supply system in Olesnica and the analysis of the annual volume of water consumed during these activities. The evaluation of efficiency and pressure of water flowing out of hydrants was done in the light of reviewing national and foreign recommendations and requirements concerning their testing.

Keywords: water supply networks; hydrant testing; hydrant efficiency; fire protection requirements

Wprowadzenie

Podstawową funkcją systemu dystrybucji wody jest jej dostarczenie odbiorcom z zachowaniem odpowiedniej jakości, ilości oraz przy ciśnieniu, zapewniającym sposób ciągły i niezawodny dostaw. Wymóg ten stanowi aspekt zawarty m.in. w ustawie o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzeniu ścieków [1], a obowiązek jego implementacji spoczywa na właścicielach wodociągowej sieci przeciwpożarowej. Istnieje jednak

jeszcze jedna obligatoryjna kwestia nakładana na funkcjonalność wodociągów, dotycząca zapewnienia przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę [2]. Z uwagi na to, że sieć wodociągowa stanowi źródło wody do ugaszenia pożaru, hydranty zewnętrzne powinny sprostać wymogom odpowiedniej wydajności i ciśnienia przez co najmniej 2 godziny podczas tego typu zdarzenia kryzysowego.

W zależności od typu hydrantu zewnętrznego (nadziemny lub podziemny) oraz średnicy, jego wydajność w miejskich

jednostkach osadniczych nie powinna być mniejsza aniżeli 10 dm³/s dla DN80 oraz 15 dm³/s dla DN100 [2]. Standardy dotyczące hydrantów podziemnych oraz nadziemnych zawarte są w polskich normach PN-EN 14339:2009 oraz PN-EN 14384:2009. Warunki poprawności funkcjonowania hydrantów pod względem wydajności, osiąganych ciśnień statycznych i dynamicznych, powinny być sprawdzane przez właścicieli sieci podczas testów hydrantowych. Doniesienia literaturowe i branżowe wskazują na to, że kwestia

mgr inż. Daniel Piórek – Miejska Gospodarka Komunalna Sp. z o.o., Oleśnica

dr inż. Justyna Stańczyk <https://orcid.org/0000-0002-5676-1787> – Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Instytut Inżynierii Środowiska, Wrocław

prof. dr hab. inż. Paweł Licznar <https://orcid.org/0000-0002-2559-5296> – Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, Politechnika Warszawska, Warszawa. Autor korespondencyjny/ corresponding author: justyna.stanczyk@upwr.edu.pl

dwufunkcyjności systemu zaopatrzenia w wodę jest problematyczna w codziennej eksploatacji wodociągów z uwagi na możliwość wtórnego zanieczyszczenia wody, między innymi metalami ciężkimi [3] podczas płukania sieci oraz prób hydrantowych [4,5]. W trakcie zbyt szybkiego otwarcia hydrantu pojawia się podciśnienie, które w efekcie może powodować powstanie przepływów wstecznych, umożliwiających przedostanie się do środowiska wodnego zanieczyszczeń, a towarzyszące uderzenie hydrauliczne może przyczynić się do uszkodzenia przewodów i armatury wodociągowej [6]. Zjawisko to obserwowane jest także podczas gwałtownego zamknięcia hydrantu. Podczas prób hydrantowych rośnie prędkość przepływu wody w przewodzie, co powoduje zwiększenie strat ciśnienia w porównaniu z normalną eksploatacją sieci wodociągowej. Z drugiej strony, jest to jedyny sposób by sprawdzić poprawność funkcjonowania hydrantów i ich wydajności a dane pozyskane z testów mogą zasilić tak zwany monitoring okresowy (z ang. temporarily monitoring) [7], który może posłużyć nie tylko do celów p-poż, ale także do kalibracji modelu hydraulicznego sieci wodociągowej [8]. Istnieje szereg metod optymalizacji lokalizacji i liczby hydrantów branych pod uwagę w procesie kalibracji modelu hydraulicznego, między innymi algorytmy PGAs (Parallel Genetic Algorithms) [9] lub Monte Carlo [7]. Testy hydrantowe przeprowadzane tylko w celu kalibracji modelu powinny odbywać się za pośrednictwem tych hydrantów, które będą generowały jak największe spadki wysokości ciśnienia w wyniku płukania, ponieważ wzrost prędkości przepływu powoduje zwiększenie strat energii wody. Modelowanie hydrauliczne jest wykorzystywane również do analizy stanu wewnętrznej instalacji hydrantowej oraz znalezienia zależności pomiędzy współczynnikami emitera do obliczania wypływu a bezwymiarowym współczynnikiem dyszy pomiarowej, stosowanej podczas prób hydrantowych [10]. Poza wspomnianymi funkcjami, hydranty są także miejscem montażu czujników do wykrywania wycieków [11] oraz kontroli jakości wody [12], zwłaszcza na końcówkach sieci, gdzie wiek wody jest najdłuższy. Próby hydrantowe pozwalają na całłościowy pogląd dotyczący gospodarki ciśnieniem w systemach dystrybucji wody i wspomagają procesy decyzyjne podczas tworzenia stref ciśnienia PMAs (z ang. Pressure Management Areas) oraz wytypowania miejsc montażu zaworów PRVs (z ang. Pressure Reducing Valves) [13]. Dane związane z testami hydrantów umożliwiając zasilenie monitoringu ciągłego

o dane terenowe w konkretnych lokalizacjach, w których na stałe nie ma możliwości montażu urządzeń pomiarowych.

Jak wskazuje Duan i Chen (2020) [14] do spełnienia wymogów przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę i odciążenia sieci wodociągowej w tym aspekcie konieczna byłaby budowa zbiorników wody, pełniących funkcję p-poż. Przepisy na szczeblu krajowym związane z budową zbiorników wskazują, iż kwestia konieczności zaopatrzenia w wodę na cele przeciwpożarowe zależy od regulaminu, obowiązującego lokalnie na terenie gminy [1, 2]. Budowa zbiornika na cele p-poż wymaga jednak ścisłej współpracy w zakresie planowania urbanistycznego pomiędzy instytucjami i departamentami zajmującymi się budownictwem miejskim, zaopatrzeniem w wodę oraz administracją miejską. I choć wykonywanie testów hydrantowych wiąże się z pewnym ryzykiem dla eksploatacji sieci wodociągowych, umożliwia ocenę poprawności funkcjonowania hydrantów, co jest istotne w dobie rozwoju miast, który wpływa na zmianę parametrów hydraulicznych przepływu w ciągle rozbudowującej się infrastrukturze wodociągowej. Z uwagi na brak jednolitej metodyki przeprowadzania badań wydajności hydrantów oraz wskazań co do terminu ich wykonania w ciągu doby, większość właścicieli wodociągów sieci przeciwpożarowych wykonuje ich testowania według swoich własnych opracowanych procedur, przy czym najważniejszym do spełnienia krajowym wymogiem jest to by przynajmniej raz w roku każdy z nich podległ przeglądowi. Według National Fire Protection Association (NFPA) testowania wydajności hydrantów należy dokonywać przynajmniej raz na 5 lat, natomiast wytyczne American Water Works Association (AWWA) wskazują na potrzebę ich badania co 5-10 lat, przy założeniu corocznych oględzin ich stanu [15]. Choć brak jest jednolitych procedur testowania wydajności hydrantów na szczeblu krajowym, Amerykańskie Stowarzyszenie ds. wody (AWWA) rekomenduje i publikuje pewne wytyczne w tym zakresie [16]. Do czynności wykonywanych w ramach testowania hydrantów zaliczyć należy sprawdzenie poprawności i bezawaryjnej pracy hydrantów, towarzyszących im zaworów i zasuw, smarowanie hydrantów środkami poślizgowymi do armatury, okresowe płukanie hydrantów w celu usunięcia ewentualnych elementów obcych, które nie powinny się w nich znaleźć, zapobieganie zamarzaniu, oględziny miejsca ich montażu, dostępności i widoczności. Ponadto należy sprawdzać szczelność hydrantów oraz stan dysz wyloto-

wych. AWWA porusza także konieczność inwentaryzacji w bazach danych informacji dotyczących stanu hydrantów, ich wydajności, osiąganych ciśnień statycznych i dynamicznych oraz dodatkowych informacji o potrzebie naprawy lub wymiany [17]. Amerykańskie Krajowe Stowarzyszenie ds. Ochrony Przeciwpożarowej (NFPA) sugeruje stosowanie czteropoziomowej kolorystyki hydrantów w zależności od ich wydajności, tj. czerwone dla wydajności mniejszych niż 500 gal/min, pomarańczowe dla zakresu 500-999 gal/min, zielone dla 1,000 – 1,499 gal/min oraz niebieskie dla wydajności większej niż 1,500 gal/min [18]. Dzięki temu służby przeciwpożarowe w terenie są w stanie szybko ocenić zakres wydajności poszczególnych hydrantów.

Woda wypływająca podczas prób hydrantowych jest wodą nieprzynoszącą dochodu, tak zwaną niezafakturowaną autoryzowaną konsumpcją. Potencjalnie stanowi od 0,03 do 0,79% całej objętości wody wtłoczonej do sieci [19], jednak w świetle nowej dyrektywy 2020/2184 [20] istnieje potrzeba wdrażania zmian w zakresie ograniczania strat wody poprzez wymóg redukcji wycieków. Dla przedsiębiorstw wodociągowych oznacza to konieczność uwzględnienia w bilansie wody zużytej do prób hydrantowych, które zazwyczaj nie podlegają opomiarowaniu a stanowią orientacyjnie przyjęte wartości. Pracownicy przedsiębiorstw wodociągowych oraz ich służby techniczne zajmują się tworzeniem i aktualizowaniem baz danych hydrantowych, czego przykładem jest Miejska Gospodarka Komunalna Sp. z o.o. (MGK). W artykule przedstawiono efekty przeprowadzonych testów hydrantowych zebranych w bazie danych systemu dystrybucji wody miasta Oleśnica w kontekście oceny spełnienia wymagań ich niezawodności i bezpieczeństwa w sytuacji kryzysowej. Podjęto także próbę oszacowania objętości wody nieprzynoszącej dochodu dla przedsiębiorstwa wodociągowego w skali roku, utraconej w wyniku badania wydajności hydrantów. Ważnym celem podjętych badań, było pozyskanie wiedzy dotyczącej wydatków i spadków ciśnień towarzyszących testom hydrantowym pod kątem możliwości wykorzystywania hydrantów do symulacji wycieków, a także rozpoznania charakterystyk hydraulicznych sieci wodociągowej w Oleśnicy. W ramach realizowanego aktualnie projektu POIR.01.01.01-00-0633/21 System ekspertowy rozbiórki wody, planuje się testowanie opracowywanego systemu ekspertowego z wykorzystaniem symulowanych poprzez otwarcie hydrantów wycieków oraz instalację prototypowych

mikroprocesorowych modułów telemetrycznych do rejestracji i analizy rozbiórów wody na przyłączach wytypowanych odbiorców w Oleśnicy.

Charakterystyka oleśnickiej sieci wodociągowej

Sieć wodociągowa miasta Oleśnica dystrybuje wodę ujmowaną za pośrednictwem dwunastu studni wód podziemnych o głębokości od 28 do 170 m. Wymagana jakość wody jest osiągana w wyniku procesów jej uzdatniania w trzech stacjach, znajdujących się na terenie miasta. Dobowa produkcja wody wynosi 5500 m³. Długość sieci wodociągowej to około 117 km, z czego 106 km stanowi sieć rozdzielczą, natomiast 11 km sieć magistralną. Woda magazynowana jest w trzech zbiornikach wody czystej, znajdujących się na terenie stacji uzdatniania o łącznej pojemności 4425 m³ oraz dodatkowo w zbiorniku wieżowym o objętości 350 m³.

W obrębie oleśnickiej sieci wodociągowej zamontowanych jest 810 hydrantów, z czego 329 stanowią hydranty nadziemne a 481 hydranty podziemne (rys. 1).

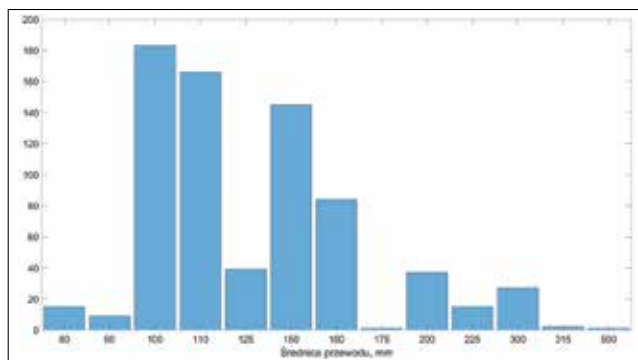


Rys. 1. Rozmieszczenie hydrantów podziemnych i nadziemnych oleśnickiej sieci wodociągowej
Fig. 1. Location of underground and aboveground hydrants in Oleśnica's water supply system

449 hydrantów posiada zasuwę hydrantową o średnicy DN80 (99,6%) oraz DN100 (0,4%). Do Państwowej Straży Pożarnej raportowana jest informacja o wydajności i ciśnieniu 491 hydrantów.

Na rysunku 2 przedstawiono liczbę hydrantów zamontowanych na przewodach wodociągowych o średnicach w zakresie od 80 do 500 mm. Najwięcej hydrantów, 183, jest zamontowanych na przewodach o średnicy DN100, kolejno 166 na DN110 i 145 na DN150. Najmniej hydrantów, z uwagi na najmniejszą sumaryczną długość tego typu przewodów, zainstalowanych jest na sieci magistralnej, dla DN500 jest to 1 hydrant, dla DN315 2 i dla DN300 24 hydranty.

Rys. 2. Liczba hydrantów zamontowanych na przewodach wodociągowych w zakresie średnic od 80 do 500 mm
Fig. 2. Number of hydrants installed on water supply pipes with diameters from 80 to 500 mm



Metodyka i zakres badań

Badania swym zakresem obejmowały wykonanie testów hydrantowych oleśnickiej sieci wodociągowej. Dane z prób wydajności hydrantów zebrano w rozbudowanej bazie danych, zawierającej informacje m.in. o numerze hydrantu, lokalizacji w tym długości i szerokości geograficznej, dacie sporządzenia testu, statusie (tj. sprawny, niesprawny, problematyczny, zlikwidowany, obcy). Zinwentaryzowane w bazie parametry hydrantów dotyczyły ich wydajności, ciśnienia statycznego i dynamicznego. Badania prowadzono w ramach corocznej inspekcji stanu i wydajności 724 hydrantów.

Na podstawie pomiaru ciśnienia obliczono natężenie wypływu wody z hydrantu, wykorzystując poniższy wzór (1):

$$Q = K \cdot \sqrt{10 \cdot p} \quad (1)$$

gdzie:

- Q – natężenie wypływu wody z hydrantu przez dyszę pomiarową, dm³/min,
- K – bezwymiarowy współczynnik dyszy pomiarowej,
- p – ciśnienie dynamiczne w trakcie wypływu wody z hydrantu, bar.

Bezwymiarowy współczynnik K dyszy pomiarowej, zależny od jej średnicy i minimalnego natężenia przepływu, wynosi około 424,2641 dla hydrantów zewnętrznych o średnicy DN80 dla wydajności 10 dm³/s oraz 636,3961 dla DN100 przy wydajności 15 dm³/s. Podczas badania wydajności hydrantów wykorzystano także elektroniczny tester hydrantów, kompatybilny z stosowanymi dyszami, wskazujący wartości ciśnienia statycznego i dynamicznego.

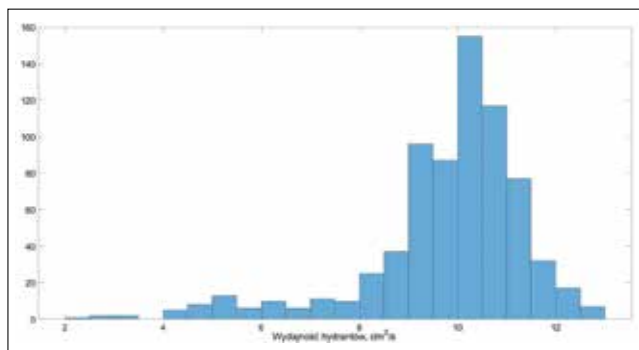
Wyniki analiz i dyskusja

Hydranty zewnętrzne o średnicy DN80, według Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 24 lipca 2009 r. w sprawie przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę oraz dróg pożarowych, powinny posiadać wydajność na poziomie minimum 10 dm³/s. Wymóg ten został spełniony w przypadku 405 spośród 724 przebadanych hydrantów, co stanowi

Rys. 3. Montaż dyszy pomiarowej oraz elektronicznego testera hydrantów
Fig. 3. Mounting of measuring nozzle and electronic hydrant tester



prawie 56%. W przypadku 319 hydrantów nie osiągnięto wydajności $10 \text{ dm}^3/\text{s}$, jednak zaznaczyć należy, iż w badaniach skupiono się nie tylko na hydrantach będących pod zarządem MGK. Część z hydrantów, które nie posiadały odpowiedniej wydajności odznaczało się statusem hydrantów obcych. Tak zwanych „problematycznych”, w myśl utworzonej bazy danych hydrantowych, a jednocześnie będących własnością MGK było zaledwie 34 hydrantów, co stanowi około 4% wszystkich hydrantów w zarządzie przedsiębiorstwa. Na rysunku 4 przedstawiono histogram wyznaczonych wydajności hydrantów. Najczęściej wydajności oscylują w granicach od 10 do $11 \text{ dm}^3/\text{s}$.



Rys. 4.
Histogram wydajności
hydrantów
Fig. 4. Histogram of
hydrant performance

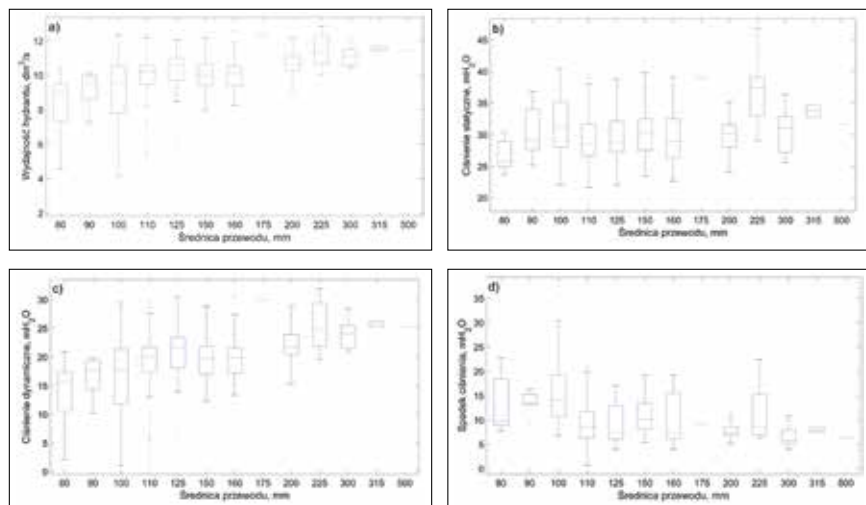
Na rysunku 5 zaprezentowano wykresy pudełkowe osiąganych wydajności hydrantów, wysokości ciśnień statycznych, dynamicznych oraz strat ciśnienia. Dolna i górna krawędź ramki to odpowiednio 25 i 75 percentyl, natomiast mediana jest zaznaczona czerwonym znacznikiem poziomym. Wąsy rozciągają się do najbardziej ekstremalnych punktów osiągniętych pomiarów a wartości odstające są wykreślane za pomocą symbolu znacznika „+”. Największy rozrzut pomiędzy maksymalnymi a minimalnymi wartościami

mi wydajności hydrantów zaobserwowano w przypadku ich montażu na przewodach o średnicach DN100 oraz DN150 (rys. 5a). Zaznaczyć należy, iż największej wydajności zewnętrznym zostało zainstalowanych właśnie na przewodach o tym zakresie średnic. Mediana równa lub większa niż $10 \text{ dm}^3/\text{s}$ została osiągnięta dla przewodów o średnicach większych i równych DN110. Dla średnic DN80, DN90 oraz DN100 mediany są wyraźnie poniżej tego poziomu. Dla sieci magistralnej, czyli przewodów o średnicy powyżej 250 mm, wszystkie hydranty zewnętrzne posiadają wymaganą wydajność. Inaczej sytuacja wygląda w przypadku hydrantów

ki i końcówki sieci wodociągowej. Dla wysokości ciśnienia dynamicznego (rys. 5c) mediana w przypadku wszystkich średnic osiąga pułap powyżej $15 \text{ mH}_2\text{O}$. Nominalny poziom ciśnienia $0,2 \text{ MPa}$, warunkowany rozporządzeniem [2], przy którym sprawdza się nominalną wydajność hydrantów zewnętrznych, jest obserwowany dla średnic przewodów DN110, DN125, DN175 i równych oraz większych DN200. Dla średnic mniejszych przewodów, na których zainstalowane są hydranty w przypadku sieci obwodowej, modernizowanej lub rozbudowywanej, która zaopatruje jednostkę osadniczą o liczbie mieszkańców do 2000 osób, ciśnienie powinno wynosić nie mniej niż $0,1 \text{ MPa}$, co w większości hydrantów zostało osiągnięte. Według Rozporządzenia, maksymalna wysokość ciśnienia w sieci wodociągowej nie powinna przekraczać $60 \text{ mH}_2\text{O}$, nie zaobserwowano punktów, w których warunek ten nie zostałby zachowany dla olesnickiej sieci.

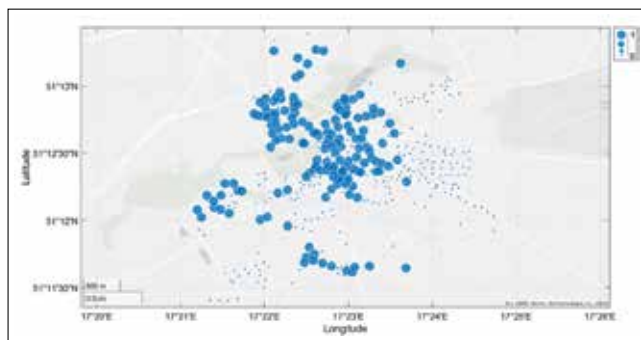
Po określeniu wartości ciśnienia statycznego oraz dynamicznego dla każdego z hydrantów obliczono ich różnicę, będącą wielkością spadku ciśnienia podczas próby hydrantowej. Rekomenduje się by do kalibracji modeli hydraulicznych spadek wysokości ciśnienia pomiędzy jego wartością statyczną a dynamiczną wynosił co najmniej $7 \text{ mH}_2\text{O}$ (10 psi) [9,16,18] lub 25% [21]. Jest to niezbędne w celu uzyskania dokładności testów hydrantowych i późniejszego określenia wiarygodnej wydajności wodociągu na cele p-poż. W przypadku hydrantów, w których spadek wysokości ciśnienia jest mniejszy aniżeli $7 \text{ mH}_2\text{O}$ zaleca się wykonanie testów dodatkowych, sąsiednich hydrantów lub otwarcie więcej niż jednego hydrantu. Spośród analizowanych 724 hydrantów, 541 charakteryzowało się spadkiem ciśnienia większym lub równym 25%. Warunek różnicy większej niż $7 \text{ mH}_2\text{O}$ pomiędzy wysokością ciśnienia statycznego a dynamicznego spełniło natomiast 556 hydrantów. Mediana spadku wysokości ciśnienia w przypadku wszystkich przewodów były większe aniżeli $7 \text{ mH}_2\text{O}$ (rys. 5d).

Na rysunku 6 zaprezentowano rozmieszczenie hydrantów, które posiadają wydajność większą aniżeli $10 \text{ dm}^3/\text{s}$, przy jednoczesnej różnicy wysokości pomiędzy ciśnieniem statycznym a dynamicznym powyżej $7 \text{ mH}_2\text{O}$. Wartość 0 oznacza niespełnienie tych warunków, natomiast 1 oznaczono hydranty, dla których zarówno wydajność jak i spadek ciśnienia są na założonym poziomie. W północno-zachodniej części miasta oraz w centrum obserwuje się wydajności powyżej $10 \text{ dm}^3/\text{s}$ przy



Rys. 5.
Wykres pudełkowy wydajności hydrantów oraz wysokości ciśnień w zależności od średnicy przewodów wodociągowych

Fig. 5. Box plot of hydrant performance and pressures vs. water supply pipe diameter

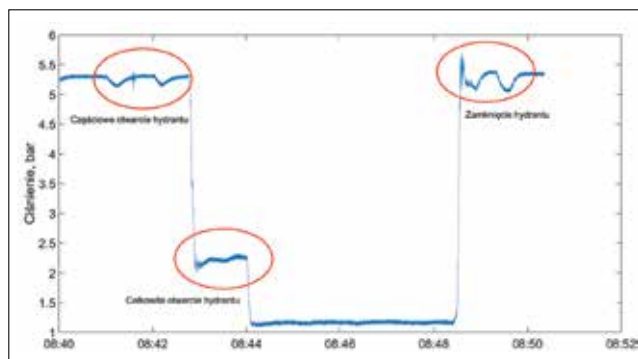


Rys. 6. Rozmieszczenie hydrantów o wydajności $>10 \text{ dm}^3/\text{s}$ i różnicy pomiędzy wysokością ciśnienia statycznego a dynamicznego $>7 \text{ mH}_2\text{O}$
Fig. 6. Distribution of hydrants with performance $>10 \text{ dm}^3/\text{s}$ and difference between static and dynamic pressure head $>7 \text{ mH}_2\text{O}$

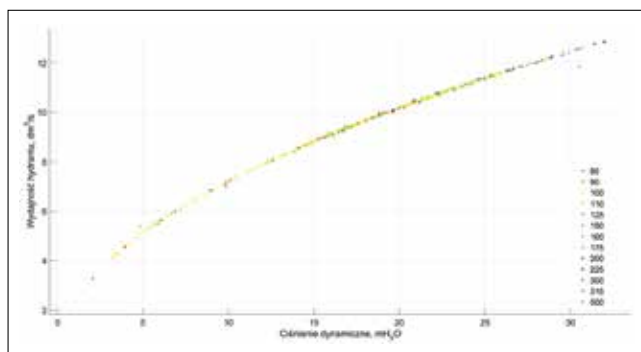
jednoczesnych spadkach wysokości ciśnienia na poziomie powyżej $7 \text{ mH}_2\text{O}$. W miejscach znacznie oddalonych od pompowni wody, na końcówkach sieci wydajności hydrantów lokalnie są mniejsze od $10 \text{ dm}^3/\text{s}$, jednak zachowane jest założenie o różnicy pomiędzy ciśnieniem statycznym i dynamicznym.

Zależność wydajności hydrantów od osiągniętych wartości wysokości ciśnienia dynamicznego przedstawiono na rysunku 7. Uwzględniono wielkość przewodów, na

Rys. 8. Wykres ciśnienia dynamicznego podczas testu wydajności hydrantu
Fig. 8. Diagram of dynamic pressure during hydrant performance test



Rys. 7. Wykres zależności wydajności hydrantu od wysokości ciśnienia dynamicznego
Fig. 7. Diagram of dependence of hydrant performance on dynamic pressure head



których znajdują się objęte badaniami hydranty. Wydajność hydrantu jest tym większa, im większa jest zmierzona dla niego wartość ciśnienia dynamicznego. Jednocześnie, im większe natężenie przepływu wewnątrz przewodu, wywołane testem hydrantowym, tym większe są spadki wysokości ciśnienia. Zauważyć należy, że najwięcej badanych punktów dotyczy hydrantów zainstalowanych na przewodach o średnicy DN110.

W kolejnym etapie badań podjęto próbę oszacowania ilości wody zużytej na testowanie hydrantów w skali roku. Choć potencjalnie nie stanowi ona dużego odsetka w ogólnym bilansie wody wodociągowej, jest zależna od czasu trwania prób hydrantowych, który nie jest w żaden sposób normowany. Doniesienia literaturowe [19] oraz wytyczne producentów [22] rekomendują, by właściwy test hydrantu wynosił od 1 do 3 minut. Podczas wykonywania testów zauważalna jest destabilizacja ciśnienia podczas otwierania i zamykania zaworu hydrantowego (rys. 8). Ma ona związek z momentem

obrotowym obciążenia zaworu podczas uruchamiania i zamykania hydrantu [23] a jej czas trwania jest zależny także od materiału, z którego wykonany jest wodociąg, co wynika z obserwacji służb wodociagowych. Zjawisko to obserwowane jest zwłaszcza na hydrantach zamontowanych na przewodach wykonanych z tworzyw sztucznych. W wyniku precyzyjnego pomiaru ciśnienia na jednym z hydrantów żeliwnych o średnicy 80 mm dla przewodu DN110 wykonanego z PCV zaobserwowano, że czas stabilizacji ciśnienia podczas częściowego i całkowitego otwarcia hydrantu wynosi około 1 min 41 s, natomiast podczas jego zamykania może wynosić do 1 min 47 s. Założenie trwania próby hydrantowej na poziomie 1 minuty może spowodować pozyskanie niemiarodajnych wyników pomiarów wydajności hydrantów. Z tego też powodu sugerowane jest by testowanie hydrantów wynosiło co najmniej 2-3 minuty.

Na podstawie bazy danych pomiarów wydajności hydrantów oleśnickiej sieci wodociągowej, mając na uwadze zinten-

taryzowane ich wydatki oraz założony czas testowania wynoszący od 1 minuty do 5 minut, obliczono objętość wody zużytej na badanie wydajności, stanowiącej niezafakturowaną, autoryzowaną konsumpcję (tabela 1). Przy rekomendowanym 3-minutowym czasie trwania badań woda zużyta na testowanie hydrantów wynosi 0,064%. Proporcjonalnie, dla 1-minutowych prób wynosi 0,021%. W przypadku 5-minutowego badania hydrantów, procent zużytej

wody w stosunku do całkowitej ilości wody włożonej do systemu jej dystrybucji przekracza niewiele ponad 0,1%. Wiedza ta jest istotna w świetle nowych przepisów, w ramach których dokonywanie dokładnego bilansu przez przedsiębiorstwa jest niezbędne w przeciwdziałaniu stratom wody. Poza testami hydrantowymi do tej samej kategorii stratom wody niezafakturowanej a autoryzowanej zaliczyć należy płukanie sieci w celu poprawienia jakości wody wodociągowej oraz podczas konserwacji i budowy odcinków systemu wodociągowego. Może ona stanowić od 1-5% całkowitego zużycia wody przez odbiorców, aczkolwiek istnieją przedsiębiorstwa, w których wartość ta wynosi nawet 14% [15].

Tabela 1. Objętość wody zużytej w celu testowania hydrantów w skali roku
Table 1.

Czas trwania testu hydrantowego	Objętość wody zużytej na testy, m^3/rok	Procent wody włożonej do sieci wodociągowej w skali roku, %
1 min	425,45	0,021
2 min	850,89	0,042
3 min	1276,34	0,064
4 min	1701,78	0,085
5 min	2127,23	0,106

Wnioski

Badanie wydajności hydrantów stanowi jedno z standardowych zadań eksploatacyjnych zarządzania siecią wodociagową, która spełnia również funkcje zaopatrzenia przeciwpożarowego. Armatura ta służy nie tylko do płukania sieci

w celu poprawienia jakości znajdującej się w niej wody, która w różnych warunkach może ulec pogorszeniu, ale przede wszystkim ma spełnić stawiane jej wymogi przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę. Dwufunkcyjność systemu dystrybucji wody powoduje niejednokrotnie potrzebę wdrożenia przeciwnych działań i choć efektem badań wydajności hydrantów może być wtórne zanieczyszczenie wody ich okresowe testowanie jest konieczne. W świetle przeprowadzonych analiz literatury zagranicznej, w której wskazywano na konieczność corocznych oględzin hydrantów a testowania ich wydajności co 5 lat, należy zastanowić się nad zapisami Rozporządzenia z dnia 24 lipca 2009 r. w sprawie przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę oraz dróg pożarowych §10 pkt. 13, obligujących właścicieli wodociągów sieci przeciwpożarowych, w tym przedsiębiorstwa wodociągowe, do ich przeglądów i konserwacji przynajmniej raz w roku. Brak jest jednoznacznych regulacji mówiących o tym, jak często należy dokonywać badań wydajności hydrantów oraz jak powinna wyglądać ich metodyka, włącznie z czasem trwania testu hydrantowego.

Przeprowadzone badania wydajności hydrantów przykładowego systemu dystrybucji wody wskazują na lokalne niedochowanie wymogów wydajności hydrantów, zwłaszcza na końcówkach sieci. Fakt ten jest zależny od statusu własności hydrantu, ponieważ w głównej mierze problem dotyczy tzw. hydrantów obcych. Hydranty będące pod zarządem analizowanego przedsiębiorstwa wodociągowego spełniają wymogi przeciwpożarowe a niewiele z nich jest problematycznych. Istnieje potrzeba stworzenia jednolitych rekomendacji dla właścicieli sieci wodociągowych, pełniących funkcje przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę, w aspekcie badania wydajności hydrantów, ponieważ szacowanie ilości wody niezafakturowanej a autoryzowanej jest jednym z elementów bilansu wodnego. Zgodnie z unijną dyrektywą 2020/2184 należy dążyć do minimalizacji strat wody także w celu poprawienia jej jakości, dlatego też określenie strat wody na tzw. cele własne wodociągu jest kluczowe. W zależności od czasu trwania badania

hydrantów woda zużyta na ich testowanie stanowi od 0,021 do 0,106 % wody włożonej do systemu jej dystrybucji.

Podziękowanie

Autorzy pracy składają podziękowania Miejskiej Gospodarce Komunalnej Sp. z o.o. w Oleśnicy za udział w powstaniu artykułu, udostępnienie poligonu badawczego i gotowość do dalszej współpracy. Opracowanie wyników badań zostało przeprowadzone częściowo w ramach realizacji projektu POIR.01.01.01-00-0633/21 System ekspertowy rozbiórki wody, finansowanego przez NCBiR w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020; Oś priorytetowa: Wsparcie prowadzenia prac B+R przez przedsiębiorstwa; Działanie: Projekty B+R przedsiębiorstw; Poddziałanie: Badania przemysłowe i prace rozwojowe realizowane przez przedsiębiorstwa.

LITERATURA

- [1] Dz.U.2001 Nr 72 poz. 747 – Ustawa z dnia 7 czerwca 2001 r. o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków.
- [2] Dz.U. 2009 nr 124 poz. 1030 – Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 24 lipca 2009 r. w sprawie przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę oraz dróg pożarowych.
- [3] Pan, Linlin, i in. "Heavy metal enrichment in drinking water pipe scales and speciation change with water parameters." *Science of The Total Environment* 806 (2022): 150549. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150549>
- [4] Friedman, Melinda, Gregory J. Kirmeyer, and Edward Antoun. "Developing and implementing a distribution system flushing program." *Journal American Water Works Association* 94.7 (2002): 48-56. <https://doi.org/10.1002/j.1551-8833.2002.tb09505.x>
- [5] Zimoch I., Waloszyński M., Gibki T.: "Bezpieczeństwo eksploatacji systemu zaopatrzenia w wodę w warunkach konieczności spełnienia wymagań przeciwpożarowych." *Instal* (2022). <https://doi.org/10.36119/15.2022.2.7>
- [6] Kline, Pat. "Do You Have Any Fire Hydrant Testing/Maintenance Recommendations?." *Opflow* 33.6 (2007): 6-7. <https://doi.org/10.1002/j.1551-8701.2007.tb02931.x>
- [7] Wu, Zheng Yi, Yuan Song, and Ehsan Roshani. "Software prototype for optimization of monitoring and data logging in water distribution systems." *Procedia Engineering* 119 (2015): 470-478. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.869>

- [8] Suchorab P., Kowalski D.: „Water resources protection by controlling water supply network leakages.” *International Journal of Conservation Science* 12 (2021): 745-754.
- [9] Wu, Z. Y., and Y. Song. "Optimizing selection of fire hydrants for flow tests in water distribution systems." *Procedia Engineering* 70 (2014): 1745-1752. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.02.192>
- [10] Ścieranka G.: "Zastosowanie modelowania hydraulicznego do oceny wydajności instalacji hydrantowych." *Instal* (2022). <https://doi.org/10.36119/15.2022.4.3>
- [11] Almeida, Fabricio CL, et al. „The effects of resonances on time delay estimation for water leak detection in plastic pipes.” *Journal of Sound and Vibration* 420 (2018): 315-329. <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2017.06.025>
- [12] Alfredo, Katherine. "The "Burn": water quality and microbiological impacts related to limited free chlorine disinfection periods in a chloramine system." *Water Research* 197 (2021): 117044. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117044>
- [13] Adedeji, Kazeem B., et al. "Pressure management strategies for water loss reduction in large-scale water piping networks: A review." *Advances in hydroinformatics* (2018): 465-480. https://doi.org/10.1007/978-981-10-7218-5_33
- [14] Duan, Chunyi, and Hong Chen. "Study on the Secondary Pollution of Building Fire Water Storage and Domestic Water." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 450. No. 1. IOP Publishing, 2020. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/450/1/012023>
- [15] Jenicek, Elisabeth M., et al. "Guidelines for minimizing potable water loss due to water distribution system flushing." (2020).
- [16] AWWA (American Water Works Association). "Fire hydrants: Installation, field testing and maintenance." (2016).
- [17] Nein, Patrick, and Alexander Bailey. "What Are the Top 10 Best Practices for Maintaining a Healthy Hydrant?." *Opflow* 46.12 (2020): 8-9. <https://doi.org/10.1002/opfl.1468>
- [18] Van Arsdell, John H. "Best Practices: Maximize Fire Hydrant Flow Testing." *Opflow* 38.6 (2012): 14-16. <https://doi.org/10.5991/OPF.2012.38.0031>
- [19] Świętochowski K.: „Wpływ badania hydrantów przeciwpożarowych na straty wody.” *Instal* (2018).
- [20] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2020/2184 z 16 grudnia 2020 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi.
- [21] National Fire Protection Association, NFPA 291, Recommended Practice for Water Flow Testing and Marking of Hydrants (2022).
- [22] Acron Brass Company, Flow Test Procedures https://www.akronbrass.com/media/pdf/HK_Instructions.pdf
- [23] Sural, Z., and K. Włodarczyk. „Badania trwałości, wytrzymałości i charakterystyk przepływu hydrantów zewnętrznych.” *Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza* (2008).