

mł. bryg. dr inż. Tomasz Drzymała^{a)*}, st. bryg. w st. spocz. dr inż. Sylwester Kieliszek^{a)},
kpt. mgr inż. Joanna Binio^{a)}

^{a)}Szkoła Główna Służby Pożarniczej / The Main School of Fire Service

*Autor korespondencyjny / Corresponding author: tdrzymala@sgsp.edu.pl

Analiza doboru średnic pionów w instalacjach wodociągowych przeciwpożarowych w budynkach wysokich w świetle obowiązujących przepisów

An Analysis of the Selection of Riser Diameters in Firefighting Water-Supply Systems in High-Rise Buildings

Анализ подбора диаметров стояков в системах пожарного водоснабжения в высотных зданиях в соответствии с действующими законами

ABSTRAKT

Cel: Celem artykułu jest analiza zasadności doboru średnic pionów w instalacjach wodociągowych przeciwpożarowych w budynkach wysokich w oparciu o obowiązujące przepisy. Szczególną uwagę poświęcono analizie własności przepływowych pionów, uwzględniając wymiary i rozwiązania materiałowe.

Wprowadzenie: Artykuł przedstawia kwestię wymagań oraz doboru średnic pionów w instalacji wodociągowej przeciwpożarowej w budynkach wysokich. Obowiązujące przepisy obligują do stosowania w instalacji pionów o określonych średnicach, traktowanych jako minimalne. W celu przedstawienia, czy wymagane w przepisach wartości średnic nominalnych pionów (DN) są uzasadnione ich własnościami przepływowymi, oraz czy zastosowanie pionów o mniejszych średnicach spowoduje istotne zwiększenie strat ciśnienia, wykonano obliczenia spadków ciśnienia w przewodach wodociągowych. Na podstawie przeprowadzonej analizy sformułowano wnioski oraz uzasadniono propozycję zmian w przepisach dotyczących minimalnych średnic pionów w budynkach wysokich.

Metody: Artykuł opracowano w oparciu o obliczenia spadków ciśnienia w przewodach wodociągowych. Porównano wyniki obliczeń dla różnych średnic pionów wykonanych z rur stalowych ocynkowanych i z rur gładkich (miedzianych). Obliczenia przeprowadzono dwoma metodami: z wykorzystaniem wzoru Darcy-Weisbacha oraz wzoru Hazena-Williamsa.

Wyniki: Porównanie strat ciśnienia obliczonych dla pionów DN 65 i DN 80 prowadzi do wniosku, że otrzymane różnice przy wymaganych przepływach są pomijalne. Wyniki otrzymane przy zastosowaniu obu metod obliczeniowych potwierdzają tę tezę.

Wnioski: Obliczenia potwierdzają, że w budynkach wysokich, zamiast pionów DN 80 z powodzeniem mogą być stosowane średnice DN 65. Różnica strat ciśnienia na długości 100 m, przy przepływie 5 dm³/s, wynosi ok. 0,3 bar. Stosowanie średnicy DN 80 niepotrzebnie powoduje zwiększenie kosztów materiałowych, ciężaru instalacji i kosztów jej wykonania. W odniesieniu do niektórych budynków, np. mieszkalnych, należy rozważyć obniżenie wymagań w zakresie wydajności instalacji (jak dla instalacji wyposażonych w hydranty Ø33). Pozwoliłoby to na stosowanie w tych budynkach pionów DN 50, bez zmniejszania poziomu bezpieczeństwa. Wprowadzenie proponowanych zmian wymaga nowelizacji przepisów, w szczególności Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 07 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. z 2010 r., nr 109, poz. 719) w części dotyczącej instalacji wodociągowych w budynkach wysokich.

Słowa kluczowe: wymagania dla instalacji wodociągowych, budynki mieszkalne, gaszenie pożarów, systemy gaśnicze, ochrona przeciwpożarowa

Typ artykułu: artykuł przeglądowy

Przyjęty: 23.03.2017; Zrecenzowany: 24.05.2017; Opublikowany: 30.06.2017;

Procentowy wkład merytoryczny: T. Drzymała – 40%, S. Kieliszek – 40%, J. Binio – 20%;

Proszę cytować: BiTP Vol. 46 Issue 2, 2017, pp. 114–123, doi: 10.12845/bitp.46.2.2017.8;

Artykuł udostępniany na licencji CC BY-NC-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

ABSTRACT

Aim: This article is aimed at analysing the validity of the selection of diameters for risers in the water-supply systems of high-rise buildings, on the basis of the regulations in force. Central focus was placed on the analysis of the throughput characteristics, accounting for their dimensions and material-related solutions.

Introduction: The article addresses the problems of requirements and the selection of diameters for risers in the water-supply systems of high-rise buildings. The regulations impose the use of risers with specific diameters, considered to meet the minimum requirements. In order to elaborate on whether

the nominal diameters (DN) can be justified by their throughput properties and whether the use of smaller-diameter risers will contribute to substantial pressure losses, pressure drops in water-supply pipes were calculated. On the basis of the analysis, conclusions were formulated and grounds were presented for the amendment of regulations governing minimum riser diameters in high-rise buildings.

Methodology: The article was prepared on the basis of the calculations of pressure drops in water-supply conduits. The results of the calculations were compared for various diameters of risers made of galvanised steel pipes and smooth (copper) pipes. Two calculating methods were applied: utilising (1) the Darcy-Weisbach equation and (2) the Hazen-Williams equation.

Results: A conclusion to be derived from the comparison between the pressure losses calculated for the DN 65 and DN 80 risers is that differences in the prescribed throughput values, if any, are negligible. This thesis seems to be confirmed by the results obtained in both calculation methods.

Conclusions: The calculations corroborated the thesis that the DN 80 risers in high-rise buildings can effectively be replaced by risers utilising DN 65 diameters. At a flow of 5 dm³/s, the difference between pressure losses along a 100 m section is approx. 0.3 bar. The DN 80 diameter unnecessarily increases the costs of materials and manufacturing and the burden of installation. It is advisable in respect of certain (e.g. residential) buildings that the installation-efficiency requirements be relaxed (this also applies to systems fitted with Ø33 hydrants). This would allow the use of DN 50 risers in these buildings, without compromising the safety level. In order to be introduced, the proposed changes would require the amending of the regulations in force, in particular, the Regulation of the Minister of the Interior and Administration on the fire protection of buildings, other civil structures and areas (Journal of Laws No. 109, item 719) in the part relating to water-supply systems in high-rise buildings.

Keywords: requirements for water-supply systems, residential buildings, firefighting, firefighting systems, fire protection

Type of the article: review article

Received: 23.03.2017; Reviewed: 24.05.2017; Published: 30.06.2017;

Percentage contribution: T. Drzymała – 40%, S. Kieliszek – 40%, J. Binio – 20%;

Please cite as: BiTP Vol. 46 Issue 2, 2017, pp. 114–123, doi: 10.12845/bitp.46.2.2017.8;

This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

АННОТАЦИЯ

Цель: Целью данной статьи является анализ обоснованности выбора диаметров стояков в системах пожарного водоснабжения в высотных зданиях в соответствии с действующим законодательством. В частности был проведен анализ пропускной способности стояков с учетом размера и применяемых материалов.

Введение: В статье представлена проблема требований и выбора диаметров стояков для систем пожарного водоснабжения в высотных зданиях. Действующие законы требуют использование в таких системах стояков определенного диаметра, который считается минимальным. Для определения того, обоснованы ли указанные в правилах значения номинального диаметра (DN) их пропускной способностью, а также приводит ли использование стояков меньшего диаметра к значительному увеличению потерь давления, были проведены расчеты падений давления в водопроводных трубах. На основе проведенного анализа были сформулированы выводы, а также обоснованы предложения внесения поправок в правила, касающиеся минимальных диаметров стояков в высотных зданиях.

Методы: Статья была разработана на основе расчета падения давления в трубах водоснабжения. Авторы сравнили результаты расчетов для различных диаметров стояков из стальных оцинкованных труб и гладких (медных). Расчеты проводились с помощью двух методов: с использованием формулы Дарси-Вейсбаха и формулы Хазена-Вильямса.

Результаты: Сравнение потерь давления рассчитанных для стояков DN 65 и DN 80 приводит к выводу, что различия при требуемой пропускной способности малы. Результаты, полученные с использованием двух методов расчета, подтверждают эти тезисы.

Выводы: Расчеты подтверждают тезис, что в высотных зданиях, вместо стояков диаметром DN 80 с успехом могут быть использованы диаметры DN 65. Различие в потерях давления по длине 100 м при скорости потока 5 дм³/сек. составляет около 0,3 бара. Использование диаметра DN 80 только увеличивает материальные затраты, вес установки и стоимость работ. Для некоторых зданий, например, жилых, следует рассмотреть снижение требований относительно производительности системы (как для систем оборудованных гидрантами Ø 33). Это позволит использовать в данных зданиях стояки DN 50 без ущерба для уровня безопасности. Для внедрения предложенных изменений следует ввести изменения в требования, в частности, Распоряжение министра внутренних дел и администрации от 07 июня 2010 г. относительно противопожарной защиты зданий, других строительных объектов и территорий (Дневник Законов от 2010 года, номер 109, поз. 719), частично касающегося водоснабжения в высотных зданиях.

Ключевые слова: требования к системам водоснабжения, жилые здания, пожаротушение, системы пожаротушения, противопожарная защита

Вид статьи: обзорная статья

Принята: 23.03.2017; Рецензирована: 24.05.2017; Опубликована: 30.06.2017;

Процентное соотношение участия в подготовке статьи: T. Drzymała – 40%, S. Kieliszek – 40%, J. Binio – 20%;

Просим ссылаться на статью следующим образом: BiTP Vol. 46 Issue 2, 2017, pp. 114–123, doi: 10.12845/bitp.46.2.2017.8;

Настоящая статья находится в открытом доступе и распространяется в соответствии с лицензией CC BY-NC-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

Wprowadzenie

W budynkach wysokich stosowane są instalacje wodociągowe przeciwpożarowe wyposażone w zawory hydrantowe 52 i hydranty wewnętrzne 25 z węzłem półsztywnym. Powinny one być projektowane tak, aby umożliwiły pobór wody z czterech zaworów hydrantowych 52, położonych najniekorzystniej pod względem hydraulicznym ($4 \times 2,5 \text{ dm}^3/\text{s}$). Wyjątek stanowią budynki wysokie z jedną klatką schodową (tzn. o powierzchni rzutu co najwyżej 750 m^2) [4], [12]. Powszechnie przyjęto, że instalowane w budynkach wysokich hydranty 25 są przeznaczone dla użytkowników budynku, zaś zawory hydrantowe 52 do użytku przez straż pożarną [1], [12]. Oznacza to, że wymagane wyposażenie w zawory hydrantowe 52 ma na celu ułatwienie prowadzenia działań gaśniczych. Wniosek ten wynika również ze sposobu zasilania instalacji tzn. bez użycia pomp będących na wyposażeniu straży pożarnej [2], [4].

Obowiązujące przepisy wymagają, aby stosowane w instalacjach pionowe miały określone średnice, traktowane jako minimalne [10-12]. W związku z tym instalacja, w której zastosowano pionowe o średnicach mniejszych niż wymagane, może nie zostać odebrana przez Państwową Straż Pożarną, mimo zapewnienia wymaganych wydajności hydrantów i zaworów hydrantowych [6, 8]. Powstają zatem pytania: Czy wymagane w przepisach średnice nominalne pionów (DN) są uzasadnione ich własnościami przepływowymi? Czy zastosowanie pionów o mniejszych średnicach spowoduje istotne zwiększenie strat ciśnienia? Aby udzielić odpowiedzi na te pytania, wykonano obliczenia spadków ciśnienia w przewodach wodociągowych. Następnie porównano wyniki otrzymanych obliczeń dla różnych średnic pionów wykonanych z rur stalowych ocynkowanych i z rur gładkich (miedzianych). Obliczenia zostały przeprowadzone dwoma metodami: z wykorzystaniem wzoru Darcy-Weisbacha oraz wzoru Hazen-Williamsa.

Wymagania dotyczące średnic pionów w instalacjach wodociągowych przeciwpożarowych przedstawiono w porządku chronologicznym w tabeli 1. Wymagania odnośnie średnic pionów zawarte w PN-B-02865:1997 [10] zostały przeniesione do rozporządzenia z 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów [12].

Z danych przedstawionych w tabeli 1 wynika, że na przestrzeni ostatnich kilkudziesięciu lat w budynkach wysokich mieszkalnych oraz administracyjnych, zarówno suche, jak i nawodnione pionowe oscylują w zakresie średnic nominalnych DN 65-80-100 (powyższe generuje tworzenie stosunkowo dużych instalacji przeciwpożarowych). Należy podkreślić, że obecnie polskie normy nie są przeznaczone do obowiązkowego stosowania. Minimalne średnice pionów nawodnionej instalacji wodociągowej przeciwpożarowej są określone w rozporządzeniu [12]. Z kolei suche pionowe nie są na dzień dzisiejszy przewidziane do stosowania.

Introduction

As a rule, high-rise buildings receive fire-protection water-supply systems fitted with 52-type hydrant valves and internal 25-type hydrants with semi-rigid hoses. Water-supply systems should be designed in such a way as to facilitate the intake of water from four 52-type hydrant valves positioned least favourably in terms of hydraulic conditions ($4 \times 2.5 \text{ dm}^3/\text{s}$). An exception to this are high-rise buildings with one staircase (max. 750 m^2 of plain view area) [4], [12]. A commonly accepted model has been that, in high-rise buildings, 25-type hydrants are there for use by the building residents, whereas 52-type hydrant valves are reserved for the fire service [1], [12]. Consequently, the obligatory presence of 52-type hydrant valves in buildings is intended as a support for firefighting operations. This conclusion is also grounded in the manner in which water is fed to the system, i.e. without the pumps used by firefighting squads [2], [4].

The regulations in force require that the risers in water-supply systems have specific diameters, the sizes of which are considered as minimum [10-12]. Therefore, a system which utilises risers with diameters below the mandatory size limit may not be accepted by the State Fire Service, despite meeting the flow-rate requirements for hydrants [6, 8]. Accordingly, the following questions can be posed: Are the nominal riser diameters (DN), mandatory under the regulations in force, justified by the flow-rate properties of risers? Will the use of smaller diameter risers substantially increase pressure losses? With a view to answering these questions, calculations of pressure drops in water-supply conduits were carried out. The results of the calculations were then compared for various risers made of galvanised steel pipes and smooth (copper) pipes. Two calculating methods were used: the Darcy-Weisbach equation and the Hazen-Williams equation.

Requirements pertaining to the riser diameters in fire-protection water-supply systems are presented chronologically in Table 1. Requirements applicable to riser diameters, as per PN-B-02865:1997 [10], were transposed from the Regulation of 7 June 2010 on the fire protection of buildings, other civil structures and areas [12].

According to the data shown in Table 1, over the last several decades, both dry and hydrated risers in high-rise buildings used for residential and administrative purposes, have fallen within the nominal diameter range, as per DN 65-80-100 (being conducive, however, to the deployment of fairly extensive fire-protection systems). A fact worth stressing here is that, as of date, the Polish standards have not been designated for mandatory use. The minimum riser diameters for hydrated water-supply systems are specified in the Regulation [12]. As regards dry risers, at present these are generally excluded from use.

Tabela 1. Wymagane minimalne średnice pionów instalacji wodociągowych przeciwpożarowych [7–10]

Table 1. The minimum required diameters of risers in water-supply systems [7–10]

Lp. / No.	Podstawa prawna / Legal basis	Rodzaj pionu / Type of riser	DN _{min} / Nominal diameter	Zakres stosowania / Scope of application
1.	PN-69/B-02861	suchy / dry riser	80	Budynki mieszkalne o wysokości 15–55 m / Residential buildings with a height of 15–55 metres
			100	Budynki administracyjne o wysokości 15–25 m / Administrative buildings with a height of 15–25 metres
2.	PN-76/B-02861	suchy / dry riser	80	Budynki mieszkalne o wysokości 15–55 m / Residential buildings with a height of 15–55 metres
			100	Budynki administracyjne o wysokości 15–25 m / Administrative buildings with a height of 15–25 metres
3.	PN-B-02861:1994	suchy / dry riser	65	Budynki mieszkalne o wysokości 15–55 m / Residential buildings with a height of 15–55 metres
4.	PN-72/B-02865	suchy / dry riser	80	Budynki mieszkalne o wysokości 15–55 m / Residential buildings with a height of 15–55 metres
		suchy / dry riser	100	Budynki administracyjne o wysokości 15–25 m / Administrative buildings with a height of 15–25 metres
		nawodniony / hydrated riser	80	Budynki wysokie / High-rise buildings
5.	PN-B-02865:1997	suchy / dry riser	65	Budynki mieszkalne o wysokości 15–55 m / Residential buildings with a height of 15–55 metres
		nawodniony / hydrated riser	80	Budynki wysokie / High-rise buildings

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Metody analizy

Do określenia strat ciśnienia w pionach instalacji wodociągowej przeciwpożarowej w budynkach wysokich wykorzystano metody obliczeniowe. Rozpatrywano odcinki przewodów o średnicach DN 50, DN 65, DN 80 i DN 100 i długości 100 m, wykonanych z rur stalowych ocynkowanych (odmiana średnia) oraz z rur miedzianych. Dla każdego z analizowanych przewodów określono spadki ciśnienia przy przepływach odpowiadających normatywnym wydatkom jednego, dwóch i czterech zaworów hydrantowych 52, tzn. 2,5 dm³/s, 5,0 dm³/s i 10 dm³/s [12]. Obliczenia przeprowadzono z wykorzystaniem dwóch wzorów: Darcy-Weisbacha i Hazena-Williamsa.

Wzór Darcy-Weisbacha [5]

$$\Delta p = \lambda x \frac{L}{d} x \frac{\rho x v^2}{2} \quad (1)$$

gdzie:

Δp – strata ciśnienia w przewodzie [Pa],

v – średnia prędkość przepływu cieczy w przewodzie [m/s],

L – długość przewodu [m],

d – średnica wewnętrzna przewodu [m],

ρ – gęstość wody [kg/m³],

λ – współczynnik strat liniowych [-] (zależny od chropowatości przewodu i liczby Reynoldsa Re).

Methods of analysis

In order to determine pressure losses in the risers of the fire-protection water-supply systems of high-rise buildings, certain calculation methods were applied. The analysis included conduit sections with DN 50, DN 65, DN 80 and DN 100 diameters and a length of 100 m, made of galvanised steel pipes (the medium class) and copper pipes. For each of the analysed conduits, pressure drops were determined at flows corresponding to the standard throughputs of one, two and four 52-type hydrant valves, i.e. 2.5 dm³/s, 5.0 dm³/s i 10 dm³/s [12]. The calculations utilised the Darcy-Weisbach equation and the Hazen-Williams equation.

The Darcy-Weisbach equation [5]

$$\Delta p = \lambda x \frac{L}{d} x \frac{\rho x v^2}{2} \quad (1)$$

where:

Δp – the loss of pressure in the conduit [Pa],

v – the average speed of liquid in the conduit [m/s],

L – the length of the conduit [m],

d – the internal diameter of the conduit [m],

ρ – the density of water [kg/m³],

λ – line loss coefficient [-] (depending on the roughness of the conduit and the Reynolds number Re)

Wzór Hazena-Williamsa [5]

$$\Delta p = \frac{6,05 \times 10^5}{C^{1,85} \times d^{4,87}} \times L \times Q^{1,85} \quad (2)$$

gdzie:

 Δp – strata ciśnienia w przewodzie [bar],Q – natężenie przepływu [dm³/min],

d – średnica wewnętrzna przewodu [mm],

C – stała charakterystyczna dla rodzaju i stanu przewodu [-], (tabela 2),

L – długość przewodu [m].

The Hazen-Williams equation [5]

$$\Delta p = \frac{6,05 \times 10^5}{C^{1,85} \times d^{4,87}} \times L \times Q^{1,85} \quad (2)$$

where:

 Δp – the loss of pressure in the conduit [bar],Q – the flow rate [dm³/min],

d – the internal diameter of the conduit [mm],

C – a constant matching the type and condition of the conduit [-], (Table 2),

L – the length of the conduit [m].

Tabela 2. Wartości współczynnika C we wzorze Hazena-Williamsa**Table 2.** The values of the C coefficient in the Hazen-Williams equation

Materiał przewodu / Conduit material	Współczynnik C / C Coefficient – characteristic of the type and condition of the conduit
Przewód stalowy ocynkowany / Galvanised steel conduit	120
Przewód miedziany / Copper conduit	140

Źródło: Opracowanie własne.**Source:** Own elaboration.

Wyniki obliczeń

Przyjęte do obliczeń średnice przewodów wodociągowych i ich masy podano w tabelach 3 i 4. Z kolei pola przekrojów wewnętrznych zostały wskazane w tabeli 5. Dane dotyczące przewodów miedzianych, traktowanych dalej jako rury gładkie, podano informacyjnie – ze względu na cenę przewody powyżej DN 50 są stosowane bardzo rzadko.

Calculation results

The diameters and weights of water conduits used in the calculations are provided in Tables 3 and 4. The areas of internal sections are listed in Table 5. The data on copper conduits, further considered as smooth pipes, are provided for information purposes – due to their pricing, conduits above the DN 50 standard find limited application.

Tabela 3. Średnice wewnętrzne rur wodociągowych (stalowe ocynkowane – wg PN-B-02861:1994) [9]**Table 3.** The internal diameters of water pipes (galvanised steel – as per PN-B-02861:1994) [9]

Średnica nominalna / Nominal diameter [mm]	Średnica zewnętrzna / wewnętrzna / grubość ścianki [mm] External diameter / internal diameter / thickness of the wall / [mm]	
	Przewód stalowy ocynkowany / Galvanised steel conduit	Przewód miedziany / Copper conduit
50	60,3 / 53 / 3,65	54 / 51 / 1,5
65	76,1,8 / 68,8 / 3,65	76,1 / 72,1 / 2
80	88,9 / 80,8 / 4,05	88,9 / 84,9 / 2
100	114,3 / 105,3 / 4,50	108 / 104 / 2

Źródło: Opracowanie własne.**Source:** Own elaboration.

Zaprezentowane w tabeli 4 zestawienie wskazuje, że wraz ze zwiększaniem się średnicy nominalnej DN, zwiększa się także masa instalacji. Jednoznacznie można stwierdzić, że instalacja wykonana z przewodów miedzianych jest zdecydowanie lżejsza, ale jednocześnie dużo droższa, a co za tym idzie bardzo rzadko stosowana.

The list in Table 4 suggests that along with the increase in the DN nominal diameter, the weight of the system goes up as well. One can unambiguously conclude that a system comprised of copper conduits, while much lighter, is also more expensive and, therefore, very rarely used.

Tabela 4. Masa 1 [mb] wybranych przewodów wodociągowych

Table 4. Weight of 1 [mb] of selected water conduits

Średnica nominalna / Nominal diameter [mm]	Masa / Weight [kg/mb]	
	Przewód stalowy ocynkowany, odmiana średnia / Galvanised steel conduit, medium variety	Przewód miedziany / Copper conduit
50	5,12	1,98
65	6,52	3,72
80	8,47	4,36
100	12,19	5,33

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Tabela 5. Pola przekroju przewodów wodociągowych

Table 5. Cross-sectional area of water pipes

Średnica nominalna / Nominal diameter [mm]	Pole przekroju / Cross-sectional area			
	Rury stalowe średnie / Medium steel pipes		Rury miedziane / Copper pipes	
	[mm]	[m ²]	[mm]	[m ²]
50	53	0,22x10 ⁻²	51	0,20x10 ⁻²
65	68,8	0,37x10 ⁻²	72,1	0,41x10 ⁻²
80	80,8	0,51x10 ⁻²	84,9	0,57x10 ⁻²
100	105,3	0,87x10 ⁻²	104	0,85x10 ⁻²

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Dla wybranych przewodów określono prędkości przepływu w zależności od wydatku. Wyniki obliczeń przedstawiono w tabeli 6.

For selected conduits, flow rates were specified depending on the throughput. The results of the calculations are presented in Table 6.

Tabela 6. Prędkości przepływu w zależności od wydatku

Table 6. Flow rates depending on the throughput

Średnica nominalna / Nominal diameter [mm]	Natężenie przepływu / Flow rate [dm ³ /s]	Prędkość przepływu v [m/s] / Speed of liquid	
		Rury stalowe / Steel pipes	Rury miedziane / Copper pipes
50	2,5	1,13	1,22
	5,0	2,27	2,45
	10,0	4,55	4,90
65	2,5	0,67	0,60
	5,0	1,35	1,21
	10,0	2,42	2,70
80	2,5	0,49	0,45
	5,0	0,98	0,88
	10,0	1,96	1,77
100	2,5	0,28	0,29
	5,0	0,57	0,59
	10,0	1,14	1,18

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Na podstawie analizy wyników zamieszczonych w tabeli 6 można stwierdzić, że wraz ze zmianą średnicy nominalnej DN na większą, prędkość przepływu v przy tych samych wydajnościach Q maleje (powyższa zależność dotyczy zarówno przewodów stalowych, jak i miedzianych). Co ciekawe przy średnicach nominalnych DN 50 oraz DN 100 to w przewodach miedzianych uzyskuje się większe prędkości przepływu v dla tych samych wydatków Q , natomiast przy DN 65 oraz DN 80 sytuacja jest odwrotna i to przewody stalowe charakteryzują się większymi przepływami v przy tych samych wydajnościach Q .

Wyniki obliczeń liniowych strat ciśnienia według wzoru Darcy-Weisbacha w rurach stalowych i w rurach miedzianych przedstawiono w tabelach 7 i 8.

The analysis of the results in Table 6 suggests that along with the increase in the DN nominal diameter, the flow rate (v) at the same efficiencies (Q) decreases (a correlation observed in both steel and copper conduits). Interestingly, at the nominal DN 50 and DN 100 diameters, copper conduits deliver higher flow rates (v) at the same throughputs (Q); for DN 65 and DN 80 this is quite the opposite, with steel conduits characterised by higher flow rates (v) at the same throughputs (Q).

The results of the linear calculations of pressure losses made with the Darcy-Weisbach equation for steel and copper pipes are shown in Tables 7 and 8.

Tabela 7. Straty ciśnienia na długości 100 m w przewodach stalowych wg wzoru Darcy-Weisbacha

Table 7. Pressure losses over a length of 100 m in steel pipes as per the Darcy-Weisbach equation

DN Średnica nominalna / Nominal diameter	s/d	Q Natężenie przepływu / Flow rate	v Prędkość przepływu wody / Speed of water	Re Liczba Reynoldsa / Reynolds number	λ Współczynnik strat liniowych / Line loss coefficient	Δp Współczynnik strat liniowych / Line loss coefficient
[mm]	[-]	[dm ³ /s]	[m/s]	[-]	[-]	[kPa/100 m]
50	0,03	2,5	1,13	59500	0,029	37
		5,0	2,27	119000	0,0275	142
		10,0	4,55	238000	0,027	559
65	0,023	2,5	0,67	45800	0,0265	9,15
		5,0	1,35	91600	0,026	36,5
		10,0	2,70	183200	0,025	140,2
80	0,018	2,5	0,49	39400	0,024	3,6
		5,0	0,98	78700	0,022	12,2
		10,0	1,96	157400	0,021	50,4
100	0,015	2,5	0,28	30300	0,023	1,03
		5,0	0,57	60700	0,022	3,6
		10,0	1,14	121400	0,0185	12,0

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Tabela 8. Straty ciśnienia na długości 100 m w przewodach miedzianych wg wzoru Darcy-Weisbacha

Table 8. Pressure losses over a length of 100 m in copper pipes as per the Darcy-Weisbach equation

DN Średnica nominalna / Nominal diameter	Q Natężenie przepływu / Flow rate	v Prędkość przepływu wody / Speed of water	Re Liczba Reynoldsa / Reynolds number	λ Współczynnik strat liniowych / Line loss coefficient	Δp Współczynnik strat liniowych / Line loss coefficient
[mm]	[dm ³ /s]	[m/s]	[-]	[-]	[kPa/100 m]
50	2,5	1,22	54 500	0,0207	30,20
	5,0	2,45	109 000	0,0174	102,40
	10,0	4,90	219 000	0,0146	344,30
65	2,5	0,60	37 900	0,0226	5,64
	5,0	1,21	75 800	0,0191	21,50
	10,0	2,42	151 500	0,016	65,00
80	2,5	0,45	33 450	0,0234	2,79
	5,0	0,88	66 900	0,0196	8,97
	10,0	1,77	133 800	0,0165	30,50
100	2,5	0,29	26 400	0,0248	1,00
	5,0	0,59	52 800	0,0209	3,50
	10,0	1,18	105 600	0,0175	11,80

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Przewody miedziane mogą być traktowane jako przewody gładkie. W zakresie liczb Reynoldsa dotyczących rozpatrywanych przepływów współczynnik strat liniowy może być obliczany ze wzoru Blasiusa [5].

$$\lambda = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re}} \quad (3)$$

Liczbę Re obliczono, przyjmując lepkość kinematyczną w wody dla temperatury 15°C równą:

$$v = 1,142 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \quad (4)$$

Wyniki obliczeń liniowych strat ciśnienia obliczone wg wzoru Hazena-Williamsa przedstawiono w tabelach 9 i 10.

Copper conduits may be considered as being smooth-walled. With regard to the Reynolds numbers for the analysed flow rates, the linear loss coefficient can be calculated with the Blasius equation.

$$\lambda = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re}} \quad (3)$$

The Re number was calculated assuming the kinematic viscosity of water ν (for a temperature of 15°C):

$$v = 1,142 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \quad (4)$$

The results of the linear pressure loss calculations calculated according to the Hazen-Williams formula are shown in Tables 9 and 10.

Tabela 9. Straty ciśnienia na długości 100 m w przewodach stalowych wg wzoru Hazena-Williamsa

Table 9. Pressure losses over a length of 100 m in steel pipes as per the Hazen-Williams equation

DN Średnica nominalna / Nominal diameter	$C^{1,85}$ Współczynnik C / C Coefficient	d_w Wewnętrzna średnica przewodu / Internal diameter of the conduit)	$d_w^{4,87}$ Wewnętrzna średnica przewodu / Internal diameter of the conduit)	Q Natężenie przepływu / Flow rate	$Q^{1,85}$ Natężenie przepływu / Flow rate	Δp Strata ciśnienia w przewodzie / The loss of pressure in the conduit
[mm]	[-]	[mm]	[-]	[dm ³ /min]	[-]	[bar]
50	7022,4	53	249587875,9	150	10611,3	0,366
				300	38253,8	1,32
				600	137904,9	4,76
65		68,8	889315156,9	150	10611,3	0,10
				300	38253,8	0,37
				600	137904,9	1,34
80		80,8	1945778171	150	10611,3	0,45
				300	38253,8	0,169
				600	137904,9	0,61
100	105,3	7066854793	150	10611,3	0,013	
			300	38253,8	0,046	
			600	137904,9	0,168	

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Tabela 10. Straty ciśnienia na długości 100 m w przewodach miedzianych według wzoru

Table 10. Pressure losses over a length of 100 m in copper conduits as per the Hazen-Williams equation

DN Średnica nominalna / Nominal diameter	$C^{1,85}$ Współczynnik C / C Coefficient	d_w Wewnętrzna średnica przewodu / Internal diameter of the conduit)	$d_w^{4,87}$ Wewnętrzna średnica przewodu / Internal diameter of the conduit)	Q Natężenie przepływu / Flow rate	$Q^{1,85}$ Natężenie przepływu / Flow rate	Δp Strata ciśnienia w przewodzie / The loss of pressure in the conduit
[mm]	[-]	[mm]	[-]	[dm ³ /min]	[-]	[bar]
50	9339,9	51	206950632,3	150	10611,3	0,332
				300	38253,8	1,197
				600	137904,9	4,316
65		72,1	1117235532	150	10611,3	0,061
				300	38253,8	0,222
				600	137904,9	0,799
80		84,9	2476169965	150	10611,3	0,028
				300	38253,8	0,100
				600	137904,9	0,361
100	104	6652001866	150	10611,3	0,010	
			300	38253,8	0,037	
			600	137904,9	0,134	

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Wnioski

Na podstawie uzyskanych wyników obliczeń oraz analizy zgromadzonych materiałów wykazano, że różnica strat liniowych na długości 100 m w przewodach DN 65 i DN 80 przy przepływie 2,5 dm³/s (pobór wody z jednego zaworu) jest nieznaczna. Różnica strat liniowych na długości 100 m w przewodach DN 65 i DN 80 przy przepływie 5,0 dm³/s (pobór wody z dwóch zaworów), czyli w warunkach maksymalnego obciążenia jednego pionu sprawnej instalacji, nie przekracza ok. 30 kPa, co odpowiada w przybliżeniu wysokości jednej kondygnacji. Straty liniowe na długości 100 m na pionie DN 100 są pomijalne, niezależnie od rozpatrywanych wydatków [10]. W budynkach wysokich pion DN 80 mogą być zastąpione przez pion DN 65 – nie wpłynie to istotnie na wzrost strat liniowych. W odniesieniu do budynków mieszkalnych należy rozważyć obniżenie wymagań w zakresie wydajności instalacji – stosowanie zaworów Ø33 dałoby możliwość wykorzystania pionów DN 50.

Zamiana DN 80 na DN 65 w budynkach wysokich pozwoli na obniżenie masy pionu o ok. 200 kg/100 mb. Z kolei w budynkach mieszkalnych stosowanie DN 50 zamiast DN 80 wpłynie na obniżenie masy pionu o ok. 330 kg. Obniżenie masy pionów przełoży się dodatkowo na zmniejszenie kosztów materiału, a tym samym kosztów robocizny i transportu. W związku z powyższym obniżenie masy pionów ma bezpośredni wpływ na środowisko naturalne m.in. w związku ze zmniejszeniem zużycia energii oraz materiałów.

Przeprowadzona analiza potwierdza zasadność wprowadzenia zmian w przepisach dotyczących minimalnych średnic pionów w budynkach wysokich. Przedmiotowe zmiany nie mają istotnego wpływu na pogorszenie parametrów pracy podczas operowania prądami wodnymi. Zmiana nie ogranicza możliwości prowadzenia w budynkach mieszkalnych skutecznych działań ratowniczych [2-3]. Ponadto proponowane zamiany przyczynią się do znaczących oszczędności związanych z redukcją zużycia materiału (co ma bezpośrednie przełożenie na obniżenie masy pionów), robocizny i transportu oraz będą miały pozytywny wpływ na środowisko naturalne. Dodatkowo należy zwrócić uwagę, że dla każdej projektowanej instalacji wymagane jest wykonanie obliczeń hydraulicznych z uwzględnieniem założonych wydatków, wymiarów rurociągów i miejscowych strat ciśnienia. Autorzy artykułu wyrażają przekonanie, że przeprowadzone w fazie projektowania instalacji obliczenia potwierdzą zawarte w artykule tezy w zakresie doboru średnic.

Literatura / Literature

- [1] Denczew S., *Przeciwożarowe zaopatrzenie w wodę*, Wyd. SGSP, Warszawa 2012.
- [2] Drzymała T., Kieliszek S., Szutkowski M., *Analiza wymagań dla instalacji wodociągowych przeciwożarowych w wysokich budynkach mieszkalnych*, BiTP Vol. 43 Issue 3, 2016, pp. 275–284.
- [3] Gałaj J., Drzymała T., Tabaka D., *Analiza wpływu wydajności na rozkład średnic kropeł w strumieniu rozpylonym wytwarzanym przez prądownicę Turbo Master 52*, BiTP Vol. 43 Issue 3, 2016, pp. 51–62.
- [4] Kieliszek S., Drzymała T., *Wybrane problemy zasilania w wodę instalacji wodociągowych przeciwożarowych w wysokich budynkach mieszkalnych*, BiTP Vol. 43 Issue 3, 2016, pp. 195–198.
- [5] Osuch-Pajdzińska E., Roman M., *Sieci i obiekty wodociągowe*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2008.

Conclusions

The results of the calculations and the analysis of the collected materials indicate that there is only a marginal difference in linear losses at a length of 100 m in DN 65 and DN 80 conduits at a flow rate of 2.5 dm³/s (water intake from one valve). The difference between linear losses at a length of 100 m in DN 65 and DN 80 conduits at a flow rate of 5.0 dm³/s (intake of water from two valves), i.e. under the maximum load of one riser in a system in good working order, does not exceed approx. 30 kPa, which roughly corresponds to the height of one storey. Linear losses at a length of 100 m in a DN 100 riser are negligible, regardless of the assumed throughputs [10]. In high-rise buildings, DN 80 risers can be replaced by their DN 65 counterparts, and such a change will not lead to any substantial increases in linear losses. As regards residential buildings, an option worth considering would be to reduce the required efficiency targets for water-supply systems – the introduction of Ø33 valves should open the way for using DN 50 risers.

Replacing DN 80 risers with DN 65 risers in high-rise buildings should result in a reduction of the riser weight by around 200 kg/100 linear metre. With DN 80 risers replaced by their DN 50 counterparts in residential buildings, the resulting weight of the risers should drop by around 330 kg. The lower weight of the risers will also contribute to reduced costs of materials and, at the same time, the costs of labour and transport. Consequently, the reduced weight of risers exerts a direct impact on the environment, e.g. through the reduced consumption of energy, materials, etc.

The analysis carried out in this respect seems to confirm the validity of changes to the regulations on the minimum riser diameters in high-rise buildings. These changes would not contribute to a marked deterioration in the operating parameters of water currents, nor would they compromise the possibility of delivering effective rescue and emergency response [2-3]. Furthermore, the proposed changes should generate major savings from the reduced consumption of materials (thus directly translating into lower riser weights), labour and transport, as well as have a favourable impact on the environment. It is also important to note that for each of the designed systems, hydraulic calculations must be carried out with the inclusion of the assumed throughput, pipeline sizes, and local pressure losses. The authors believe that the calculations performed at the design stage will confirm the theses on the selection of diameters, as presented in the article.

- [6] PN-71/B-02-861. Ochrona przeciwpożarowa w budownictwie. Suche pionny. Wymagania i badania.
- [7] PN-72/B-02865 Ochrona przeciwpożarowa w budownictwie. Przeciwożarowe zaopatrzenie wodne. Instalacja wodociągowa wewnętrzna przeciwpożarowa.
- [8] PN-76/B-02861 Ochrona przeciwpożarowa w budownictwie. Suche pionny. Wymagania i badania.
- [9] PN-B-02861:1994 Ochrona przeciwpożarowa budynków. Suche pionny.
- [10] PN-B-02865:1997 Ochrona przeciwpożarowa budynków. Przeciwożarowe zaopatrzenie wodne. Instalacja wodociągowa przeciwpożarowa.
- [11] Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 roku o ochronie przeciwpożarowej (Dz.U. z 2009 r. Nr 178, poz. 1380 z późn. zm.).
- [12] Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. z 2010 r. Nr 109, poz. 719).

MŁ. BRYG. DR INŻ. TOMASZ DRZYMAŁA – jest absolwentem dziennych studiów magisterskich Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie, którą ukończył w 2004 roku na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego. Pracę zawodową rozpoczął w 2004 roku na stanowisku asystenta w Zakładzie Hydromechaniki i Przeciwożarowego Zaopatrzenia w Wodę. Od 2011 roku zajmuje stanowisko kierownika Zakładu Podstaw Budownictwa i Materiałów Budowlanych w Katedrze Bezpieczeństwa Budowli i Rozpoznawania Zagrożeń. W ramach rozwoju naukowego uczestniczy z referatami w konferencjach krajowych i zagranicznych, publikuje w czasopiśmie fachowych. Jest autorem oraz współautorem kilkudziesięciu artykułów i publikacji naukowych o tematyce dotyczącej ochrony przeciwpożarowej oraz budownictwa. Jego główne zainteresowanie skupia się obecnie na komputerowym modelowaniu procesów gaszenia oraz badaniu wpływu wysokich temperatur na zmianę właściwości materiałów kompozytowych.

ST. BRYG. W ST. SPOCZ. DR INŻ. SYLWESTER KIELISZEK – ukończył dzienne studia na Wydziale Mechanicznym, Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej. Posiada uprawnienia rzeczoznawcy ds. zabezpieczeń przeciwpożarowych. Od ukończenia studiów jest pracownikiem naukowo-dydaktycznym WOSP, a następnie SGSP. W latach 1988–1999 oraz 2002–2016 zajmował stanowisko kierownika Katedry Techniki Pożarniczej. Prowadzi zajęcia z przedmiotów: hydromechanika i przeciwpożarowe zaopatrzenie w wodę, termodynamika. W pracy naukowej zajmuje się głównie badaniem własności przepływowych sprzętu pożarniczego. Jest autorem i współautorem szeregu artykułów oraz wielu ekspertyz z zakresu ochrony przeciwpożarowej.

KPT. MGR INŻ. JOANNA BINIO – jest absolwentką Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie, którą ukończyła w 2012 roku na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego. Pracę zawodową rozpoczęła w 2012 roku na stanowisku dowódcy sekcji w Jednostce Ratowniczo-Gaśniczej SGSP, następnie na stanowisku asystenta w Zakładzie Hydromechaniki i Przeciwożarowego Zaopatrzenia w Wodę. Od 2016 roku pełni funkcję Kierownika Pracowni – Laboratorium Hydromechaniki. Swoje badania oraz kierunek zainteresowań wiąże bezpośrednio z mechaniką płynów, badaniem właściwości przepływowych przewodów oraz przeciwpożarowym zaopatrzeniem w wodę. W ramach rozwoju naukowego uczestniczy w konferencjach krajowych i zagranicznych. Jest współautorką artykułów z zakresu ochrony przeciwpożarowej.

TOMASZ DRZYMAŁA, Ph.D. – In 2004 he completed his full-time Master's degree studies at the Faculty of Fire Safety Engineering of the Main School of Fire Service in Warsaw. He started his professional career in 2004 as an assistant at the Institute of Hydromechanics and Firefighting Water Supply. Since 2011 he has been the head of the Institute of Construction Fundamentals and Building Materials at the Construction Safety Department. In his academic path, he presents his papers at domestic and foreign conferences and publishes in professional magazines. He is the author and co-author of several dozen articles and science publications on fire protection and construction. His main interests currently include computer-aided extinguishing processes modelling and research into the influence of high temperatures on the properties of composite materials.

SYLWESTER KIELISZEK, Ph.D. Eng. – a graduate of full-time studies from the Faculty of Power and Aeronautical Engineering of the Warsaw University of Technology. He is a certified fire-risk surveyor. Since majoring, he has been an academic at the Higher School for Fire-Service Officers and then at the Main School of the Fire Service. In the years 1988–1999 and 2002–2016, he held the position of the Head of the Firefighting Technical Science Department. He holds classes in Hydromechanics, Fire-water supply and Thermodynamics. His scientific activities mainly include researching the flow properties of fire-fighting equipment. He has authored and co-authored a number of papers and expert reports in the field of fire protection.

JOANNA BINIO, M.Sc.Eng. – in 2012, she graduated from the Faculty of Fire Safety Engineering at the Main School of Fire Service in Warsaw. She started her career in 2012 as a Section Commander at the MSFS Rescue & Firefighting Unit, and then as assistant at the Department of Hydromechanics and Fire-Water Supply. In 2016, she became Head of the Hydromechanics Workshop–Laboratory. Her research and academic interests are directly related to the mechanics of liquids, analyses of the flow-related properties of conduits, and fire-water supply. As part of her academic development, Joanna Binio attends conferences in Poland and abroad. She has co-authored several papers on fire protection.



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego

Artykuł został przetłumaczony ze środków MNiSW w ramach zadania: Stworzenie anglojęzycznych wersji oryginalnych artykułów naukowych wydawanych w kwartalniku „BITP. Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza” – typ zadania: stworzenie anglojęzycznych wersji wydawanych publikacji finansowane w ramach umowy 935/P-DUN/2016 ze środków Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego przeznaczonych na działalność upowszechniającą naukę.