

Robert Piec^{a)*}, Marcin Cisek^{b)}, Rafał Wróbel^{a)}, Michał Sowa^{a)}, Marcin Wiechetek^{a)}, Wiktor Gawroński^{a)}, Barbara Szykuła-Piec^{a)}, Katarzyna Michalak^{a)}

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

^{b)} PROTECT s.j.

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

Passenger Safety in the Warsaw Metro. Research Report

Bezpieczeństwo pasażerów w metrze warszawskim. Raport z badań

ABSTRACT

Purpose: The article presents the results of research on the evacuation times of passengers of three different trains used by the Warsaw metro. In emergency situations on metro trains, fast and safe evacuation is crucial for saving passengers' health and lives. Evacuation from the tunnels of the Warsaw metro can only take place properly on underground platforms. The key parameter determining passenger safety is required safe evacuation time.

Subject and methods: Four evacuation experiments were carried out. In the first experiment, people on the train left the train into the tunnel, walked towards the station and climbed the stairs to the platform level. The experiment ended when all people entered the platform level. In the second experiment, the passengers went to the end of the train. After a fixed sound signal, the persons moved along the train and went out onto the platform. The study ended when all the people entered the platform. Experiment 3 investigated the times when a certain number of people passed through one or more doors of the train. In experiment 4, the aim was to investigate the time of people walking along the platform and up the stairs to the mezzanine level.

Results: The longest recorded average time of passage through the whole train is 133.5 s during longitudinal evacuation. The shortest recorded exit time is 9 seconds, evacuees were deployed throughout the car without restrictions. In the train of type 81, for technical reasons, no experiment was carried out consisting of moving along the entire train, and it should be noted that this train has separate, closed carriages and to walk through the whole train it would be necessary to open each door between the train.

Conclusions: The data from experiments II and IV were combined and extrapolated taking into account the evacuation time for the maximum number of passengers who can occupy the trains, i.e. 1,500 people on the Inspiro train, 1,454 people on the Alstom train and 1,200 people on Type 81 train. The results of the experiment indicate that the longest passage time in very unfavourable conditions, when passengers have to pass the whole train and then exit the platform registered for type 81 train and is almost 433 seconds. For Inspiro and Alstom trains, the time is almost 25% shorter. Such a large difference in time is related to the way of connecting individual carriages – to move from car to car in type 81 train, it is necessary to open two doors each time (from the abandoned car and the car to which you are passing), while this activity is not performed on Inspiro and Alstom trains.

Keywords: safety, subway, evacuation, evacuation time

Type of article: short scientific report

Received: 15.04.2020; Reviewed: 28.09.2020; Accepted: 01.12.2020;

Authors' ORCID IDs: R. Piec – 0000-0002-5234-5639; M. Cisek – 0000-0003-3828-2691; R. Wróbel – 0000-0002-2338-0267; M. Sowa – 0000-0003-4382-3974; M. Wiechetek – 0000-0001-6286-4558; W. Gawroński – 0000-0003-2067-6801; B. Szykuła-Piec – 0000-0002-4533-232X; K. Michalak – 0000-0002-6588-5802;

Percentage contribution: R. Piec – 20%; M. Cisek – 16%; R. Wróbel – 12%; M. Sowa – 10%; M. Wiechetek – 10%; W. Gawroński – 10%; B. Szykuła-Piec – 11%; K. Michalak – 11%;

Please cite as: SFT Vol. 56 Issue 2, 2020, pp. 40–61, <https://doi.org/10.12845/sft.56.2.2020.3>;

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

ABSTRAKT

Cel: W artykule przedstawiono wyniki badań czasów ewakuacji pasażerów trzech różnych pociągów wykorzystywanych przez Metro Warszawskie. Ewakuacja z tuneli metra warszawskiego może odbywać się właściwie tylko poprzez perony podziemne. W sytuacjach awaryjnych w pociągach metra szybka i bezpieczna ewakuacja ma kluczowe znaczenie dla ratowania zdrowia i życia pasażerem. Kluczowym parametrem determinującym bezpieczeństwo pasażerów jest bezpieczny, przewidywany czas ewakuacji.

Projekt i metody: Przeprowadzono cztery eksperymenty ewakuacyjne. W pierwszym osoby wychodziły z pociągu do tunelu, szły w kierunku stacji i wchodziły po schodach na poziom peronu. Badanie kończyło się po wejściu wszystkich osób na poziom peronu. Podczas drugiego testu pasażerowie przechodzili na koniec pociągu. Po sygnale pozoranci wracali w kierunku peronu wewnątrz pociągu i wychodzili na peron. Badanie kończyło się po wejściu

wszystkich osób na peron. Trzeci eksperyment miał na celu zbadanie czasów przejścia określonej liczby osób przez jedno lub więcej drzwi pociągu. W ostatnim badaniu miało na celu sprawdzenie czasów przejścia ludzi znajdujących się na peronie na trasie: peron-schody-antresola.

Wyniki: Najdłuższy średni zarejestrowany czas przejścia przez cały skład podczas ewakuacji wzdłużnej to 133,5 s. Najkrótszy odnotowany czas wyjścia z pociągu wynosi 9 s, ewakuujący byli rozmieszczeni bez narzuconych ograniczeń – w całym wagonie. Zauważono, że pociąg typu 81 posiada oddzielne, zamknięte wagony i aby przejść przez cały wagon maszynista musi przejść pomiędzy pasażerami i otworzyć drzwi.

Wnioski: Interpretując wyniki, zespół badawczy ekstrapolował dane przy uwzględnieniu czasu ewakuacji dla maksymalnej liczby pasażerów mogących przebywać w pociągach, czyli 1500 osób w pociągu Inspiro, 1454 osób dla pociągu Alstom oraz dla 1200 osób w pociągu typu 81. Do celów analizy założono, że osoby ewakuowane podzielą się na trzy równe grupy, które następnie wyjdą przez trzy dostępne wyjścia ewakuacyjne ze stacji. Czas przejścia oszacowano, przyjmując najbardziej niekorzystne warianty. Wyniki eksperymentu wskazują, że najdłuższy czas przejścia przy bardzo niekorzystnych warunkach, gdy pasażerowie muszą przejść przez cały pociąg, a następnie wyjść z peronu wynosi prawie 433 sekundy. Został on zaobserwowany w pociągu typu 81. Dla pociągów Inspiro i Alstom czas jest krótszy o prawie 25%. Tak duża różnica pomiaru jest związana ze sposobem łączenia poszczególnych wagonów – do przejścia z wagonu do wagonu w pociągu Typu 81 każdorazowo konieczne jest otwarcie dwójga drzwi (z opuszczanego wagonu oraz wagonu, do którego się przechodzi), podczas gdy w pociągach Inspiro i Alstom nie ma takiej potrzeby.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo, ewakuacja, czas ewakuacji, metro

Typ artykułu: wstępny raport z badań

Przyjęty: 15.04.2020; **Zrecenzowany:** 28.09.2020; **Zaakceptowany:** 01.12.2020;

Identyfikatory ORCID autorów: R. Piec – 0000-0002-5234-5639; M. Cisek – 0000-0003-3828-2691; R. Wróbel – 0000-0002-2338-0267; M. Sowa – 0000-0003-4382-3974; M. Wiechetek – 0000-0001-6286-4558; W. Gawroński – 0000-0003-2067-6801; B. Szykuła-Piec – 0000-0002-4533-232X; K. Michalak – 0000-0002-6588-5802;

Procentowy wkład merytoryczny: R. Piec – 20%; M. Cisek – 16%; R. Wróbel – 12%; M. Sowa – 10%; M. Wiechetek – 10%; W. Gawroński – 10%; B. Szykuła-Piec – 11%; K. Michalak – 11%;

Proszę cytować: SFT Vol. 56 Issue 2, 2020, pp. 40–61, <https://doi.org/10.12845/sft.56.2.2020.3>;

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

Introduction

In large urban areas, efficient public transport is one of the elements improving the quality of life. The metro, whose trains travel at a high frequency and do not stand in traffic jams, is one of the most popular ways of getting around the city. It should be remembered, however, that a train carrying people in the tunnels may break down, a fire may occur, or other hazards may threaten life or health of people. History shows that in the event of a threat in the subway tunnels, the effects can be very severe. On August 10, 1903, a train fire took place on the Paris metro at the Couronnes station and 84 people were killed [1]. In South Korea, February 18, 2003, 192 people were killed in a fire in the Daegu subway [2]. Kings Cross London Underground Station on November 18, 1987 was destroyed by fire, 31 people were killed (passengers and underground staff) [3–4].

There was also a fire incident on the Warsaw metro on November 17, 2013 on the Inspiro train. This event took place in a tunnel between Centrum and Politechnika stations. Fortunately there were no casualties. There was sparking while the train moved several dozen meters. The train driver, in accordance with the accepted procedure, tried to bring the train to the station. After certain problems with power supply, he managed to bring the train to the Politechnika station. One of the people in the train opened the door in the tunnel, left the train and went on foot to the Centrum station [5].

In emergency situations on metro trains, fast and safe evacuation is crucial to saving passengers' health and lives. Evacuation from the tunnels of the Warsaw metro can only take place properly on underground platforms. Evacuation of people through

Wprowadzenie

W dużych aglomeracjach miejskich sprawna komunikacja miejska jest jednym z elementów poprawiających jakość życia. Metro, którego pociągi poruszają się z dużą częstotliwością i nie stoją w korkach, stanowi jedno z popularniejszych sposobów poruszania się w mieście. Należy jednak pamiętać, że pociąg przewożący pasażerów w tunelach może ulec awarii. Może dojść do pożaru lub innego zagrożenia dla życia lub zdrowia ludzi. Historia uczy, że w przypadku wystąpienia zagrożenia w tunelu metra skutki mogą być bardzo dotkliwe. 10 sierpnia 1903 r. na stacji Couronnes w paryskim metrze miał miejsce pożar pociągu. Zginęły w nim 84 osoby [1]. Z kolei 18 lutego 2003 r. w Korei Południowej w pożarze metra Daegu śmierć poniosły 192 osoby [2]. 18 listopada 1987 r. stacja metra Kings Cross w Londynie została zniszczona przez pożar, który przyniósł 31 ofiar wśród pasażerów i personelu metra [3–4]. Pożar zdarzył się także w metrze warszawskim. Doszło do niego 17 listopada 2013 r. w pociągu Inspiro, pomiędzy stacjami Centrum a Politechnika. Po przejechaniu kilkudziesięciu metrów w pociągu doszło do iskrzenia. Maszynista, zgodnie z przyjętą procedurą, próbował doprowadzić skład do stacji, co udało się po opanowaniu problemów z zasilaniem (pociąg zakończył bieg na stacji Politechnika). Jedna z osób jadących pociągiem podczas awarii w tunelu otworzyła drzwi, wyszła z pociągu i tunelem udała się do stacji Centrum [5]. W zdarzeniu nikt nie zginął.

Dla ratowania zdrowia i życia pasażerów w sytuacjach awaryjnych w pociągach metra kluczowe znaczenie ma szybka i bezpieczna ewakuacja. Ewakuacja z tuneli metra warszawskiego może odbywać się właściwie tylko na peronach podziemnych. Ewakuacja ludzi przez tunele nie jest scenariuszem standardowo

tunnels is a scenario which is not considered. The key parameter determining passenger safety is required safe evacuation time [15–16].

The Regulation of the Minister of Infrastructure on the technical conditions to be met by subway structures and their location [6] defines, among others, what safety requirements should be met by those structures. Underground metro buildings are designed and constructed so that the width of the metro station communication paths, which act as evacuation routes from the building, the capacity of stairs and the total width of the doors, which are the emergency exit from the station to a safe place, allow the evacuation of people in the furthest point of the platform in time not longer than 10 minutes – this criterion is called evacuation capacity. Regardless of that time, the expected evacuation time is calculated for representative adverse event scenarios, which cannot be longer than the critical evacuation time. Calculation of evacuation time is not required for subway tunnels. During the evacuation of metro building structures, it is acceptable to use escalators if their movement is in accordance with the direction of evacuation or when they are stopped and when the engine room of these stairs is protected by an automatic fire extinguishing device. In this case, escalators are taken into account when calculating the width of the escape routes.

Expected evacuation time is the result of the calculated time necessary for evacuation and a safety factor assessed separately, but not less than 1.3 [6]. Critical evacuation time is the time allowing to reach the critical state of the environment. The coefficient of 1.3 results from an arbitrary decision of the authors of the regulations.

The critical state of the environment was defined as the occurrence of critical environmental conditions for the life or health of people in a metro building, i.e. one of the following parameters:

- air temperature higher than 60°C at a height less than or equal to 1.8 m measured from the level of the escape route,
- a density of heat radiation flux equal to 2.5 kW/m² for exposure times longer than 30 seconds,
- hot fire gas temperature above 200 °C at a height of more than 2.5 m measured from the level of the escape route,
- visibility range less than 10 m at a height less than or equal 1.8 m measured from the level of the escape route,
- oxygen content below 15% [6].

The length of the escape route from the furthest place where a passenger can be on the subway platform to the exit to a safe place should not be more than 100 m. The level of the ticket hall or the so-called commercial entresol still underground is considered to be a safe place. In a safe place during the design time of the fire, no critical condition of the environment and toxicity threatening the life and health of people may arise and will ensure the possibility of leaving this place at ground level. Evacuation routes should be marked with illuminated safety signs that operate in continuous operation mode. The total width of the emergency exits from the ticket area, i.e. the total width of turnstiles and gates should not be less than the width of the stairs leading to these emergency exits. Turnstiles and ticket control gates

branyam uwagę. Kluczowym parametrem determinującym bezpieczeństwo pasażerów jest bezpieczny, przewidywany czas ewakuacji [15–16].

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać obiekty budowlane metra i ich usytuowanie [6], określa między innymi wymagania związane z bezpieczeństwem. Podziemne budynki metra są projektowane i wykonywane w taki sposób, by szerokość dróg komunikacyjnych stacji metra, które pełnią rolę dróg ewakuacyjnych z budowli, przepustowość schodów oraz łączna szerokość drzwi, które są wyjściem ewakuacyjnym ze stacji do miejsca bezpiecznego, umożliwiły ewakuację osób znajdujących się w najdalszym miejscu peronu w czasie nie dłuższym niż 10 minut. Niezależnie od przepustowości dla reprezentatywnych scenariuszy zdarzeń niekorzystnych obliczany jest przewidywany czas ewakuacji, który nie może być dłuższy od krytycznego czasu ewakuacji. Obliczanie czasu ewakuacji dla tuneli metra nie jest wymagane. Podczas ewakuacji z obiektów budowlanych metra akceptowalne jest korzystanie ze schodów ruchomych, jeśli ich ruch zgodny jest z kierunkiem ewakuacji lub gdy zostają zatrzymane, a także gdy maszynownia tych schodów jest zabezpieczona samoczynnym urządzeniem gaśniczym. W takim przypadku schody ruchome uwzględnia się przy obliczaniu szerokości dróg ewakuacyjnych.

Przewidywany czas ewakuacji jest to iloczyn obliczonego czasu niezbędnego do ewakuacji i współczynnika bezpieczeństwa ocenianego odrębnie – nie może być on mniejszy niż 1,3. Natomiast krytyczny czas ewakuacji to czas do osiągnięcia stanu krytycznego środowiska [6]. Współczynnik 1,3 został ustanowiony arbitralną decyzją autorów przepisów.

Stan krytyczny środowiska określony został jako wystąpienie w budowni metra krytycznych warunków środowiskowych dla życia lub zdrowia ludzi, czyli jednego z następujących parametrów:

- temperatura powietrza wyższa niż 60°C na wysokości mniejszej bądź równej 1,8 m mierzonej od poziomu drogi ewakuacyjnej,
- gęstość strumienia promieniowania cieplnego równa wartości 2,5 kW/m² przez czas narażenia dłuższy niż 30 sekund,
- temperatura gorących gazów pożarowych powyżej temperatury 200°C na wysokości większej niż 2,5 m mierzonej od poziomu drogi ewakuacyjnej,
- zasięg widzialności mniejszy niż 10 m na wysokości mniejszej bądź równej 1,8 m mierzonej od poziomu drogi ewakuacyjnej,
- zawartość tlenu poniżej 15% [6].

Długość drogi ewakuacyjnej z najbardziej oddalonego miejsca, w którym może znajdować się pasażer na peronie stacji metra, do wyjścia w bezpieczne miejsce nie powinna być większa niż 100 m. Do miejsc bezpiecznych zalicza się wyjście ewakuacyjne, które jest zabezpieczone od zadymienia i prowadzi na drogę publiczną lub inne miejsce – takie, które znajduje się poza terenem stacji metra lub na obszarze obiektu budowlanego metra. Często również za miejsce bezpieczne uznawany jest poziom hali biletowej/antresoli handlowej. W miejscu bezpiecznym w czasie projektowym trwania pożaru nie może wystąpić ani stan krytyczny środowiska, ani toksyczność zagrażająca życiu i zdrowiu ludzi. Znajdujące się w nim

should be designed and constructed in such a way that their termination allows the continuous evacuation of passengers. Their passage should not be less than 0.6 m. Next to turnstiles and gates there should be an emergency exit having at least 3.6 m of width, equipped with an anti-panic push-bars and their opening direction must be consistent with the direction of evacuation [6].

According to the Regulation of the Minister of Interior and Administration on fire protection of buildings, other construction facilities and areas [7] at metro stations a fire signalling system is required, which includes signalling and alarm devices for automatic detection and transmission of information about a fire and receiving devices fire alarms and devices receiving fault signals. It is also required to use a voice alarm system that allows warning signals and voice messages to be broadcast for the safety of persons in the metro structure, which are transmitted automatically after receiving a signal from the fire alarm system and by the operator.

Similar rules regarding evacuation times apply in the United States of America. The National Fire Protection Association standard [10] requires that evacuation of people from platforms takes a maximum of 4 minutes, and it takes no more than 6 minutes to reach the safest place or assembly point from the most distant place on the platform. Exit from the platform should not be longer than 100 m. It defines the number of people who must pass through a single-leaf door in one minute for 60 people [8]. In the design of the Warsaw metro, the quoted NFPA 130 requirements are sometimes used for evacuation capacity calculations.

Warsaw metro

The first plans for the construction of the metro in Warsaw were made in the 1920s. In 1950, further attempts were made, the government decided to build a deep underground, also not implemented. It was not until January 1982 that it was decided to start construction of the first metro line in Warsaw the following year. April 15, 1983 was a symbolic day of driving in the first pile of excavation housing. After starting the construction, the process of adaptation to operation began. In Poland it was the first such investment, so information was collected from other public transport companies, foreign literature was used, training was organized, and experience was gained from St. Petersburg (then Leningrad), Budapest and Prague [9].

osoby ewakuowane powinny mieć możliwość wyjścia na poziom terenu. Drogi ewakuacyjne powinny być oznakowane znakami bezpieczeństwa podświetlanymi, które działają trybem pracy ciągłej. Łączna szerokość w świetle wyjść ewakuacyjnych ze strefy biletowej, czyli łączna szerokość kołowrotów i bramek, nie powinna być mniejsza od szerokości w świetle schodów prowadzących do tych wyjść ewakuacyjnych. Kołowroty i bramki kontroli biletów powinny zostać zaprojektowane i wykonane w taki sposób, by ich wyłączenie pozwoliło na nieprzerwaną ewakuację pasażerów. Przejście w świetle bramki nie powinno być mniejsze niż 0,6 m. Obok kołowrotów i bramek powinny znaleźć się wyjścia ewakuacyjne mające w świetle co najmniej 3,6 m, wyposażone w system przeciwpaniczny – kierunek ich otwierania musi być zgodny z kierunkiem ewakuacji [6].

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów [7] na stacjach metra wymagany jest system sygnalizacji pożarowej, który obejmuje urządzenia:

- sygnalizacyjno-alarmowe, służące do samoczynnej detekcji i przekazywania informacji o pożarze,
- odbierające alarmy pożarowe
- odbierające sygnały uszkodzeniowe.

Wymagane jest także stosowanie dźwiękowego systemu ostrzegawczego pozwalającego na rozgłaszanie sygnałów ostrzegawczych oraz komunikatów głosowych na potrzeby bezpieczeństwa osób znajdujących się w budowli metra. Komunikaty nadawane są automatycznie po odebraniu sygnału z systemu sygnalizacji pożarowej oraz przez operatora.

Podobne zasady dotyczące czasu ewakuacji obowiązują w Stanach Zjednoczonych Ameryki. Standard Narodowego Związku Ochrony Przeciwpożarowej (ang. National Fire Protection Association) [10] wymaga, aby ewakuacja osób z peronów trwała maksymalnie 4 minuty, a dojście z najbardziej odległego miejsca na peronie do miejsca bezpiecznego lub punktu zbornego zajęło nie więcej niż 6 minut. Wyjście z peronu nie powinno być dłuższe niż 100 m. Powyższy dokument określa liczbę osób, która musi przejść przez drzwi jednoskrzydłowe w ciągu jednej minuty – jest to 60 osób [8]. Na etapie projektowania warszawskiego metra przytoczone wymagania NFPA 130 wykorzystywane są często do obliczeń przepustowości.

Metro w Warszawie

Pierwsze plany budowy metra w Warszawie powstały w drugiej dekadzie XX wieku. W 1950 r. powrócono do projektu. Rząd zdecydował o budowie metra głębokiego, jednak ponownie nie doszło do realizacji planów. Dopiero w styczniu 1982 r. podjęto decyzję o rozpoczęciu w następnym roku budowy I linii metra w Warszawie. 15 kwietnia 1983 r. nastąpił symboliczny dzień wbitcia w ziemię pierwszego pała obudowy wykopu. Po rozpoczęciu budowy rozpoczęto proces przystosowania metra do eksploatacji. W Polsce była to pierwsza taka inwestycja, więc zbierano informacje z innych przedsiębiorstw komunikacji miejskiej, wykorzystywano literaturę zagraniczną, organizowano szkolenia, czerpano z doświadczeń z St. Petersburga (ówczesnego Leningradu), Budapesztu i Pragi [9].

The first section of the metro to the station was launched on April 7, 1995, and on October 25, 2008, the first entire metro line was commissioned. Currently, the length of the first line is 23 km, the entire Warsaw metro has 34 stations, the platform depression below the ground level is from 6.2 to 12.2 m. Passengers are transported by INSPIRO series trains, from the ALSTOM group and Russian type 81 trains [9].

Pierwszy odcinek metra od stacji Kabaty do stacji Politechnika uruchomiono 7 kwietnia 1995 r., 25 października 2008 r. oddano do użytku całą pierwszą linię metra. Obecnie długość pierwszej linii metra warszawskiego wynosi 23 km. W sumie całe warszawskie metro składa się obecnie z 34 stacji, zagłębienie peronu poniżej poziomu terenu wynosi od 6,2 do 12,2 m. Pasażerów przewożą wagony serii INSPIRO, z koncernu ALSTOM oraz wagony produkcji rosyjskiej typu 81 [9].



Figure 1. INSPIRO wagons
Rycina 1. Wagony serii INSPIRO

Source: <https://www.metro.waw.pl> [accessed: 01.04.2020] and research material from the recording.
Źródło: <https://www.metro.waw.pl> [dostęp: 01.04.2020] oraz materiał badawczy z nagrania.

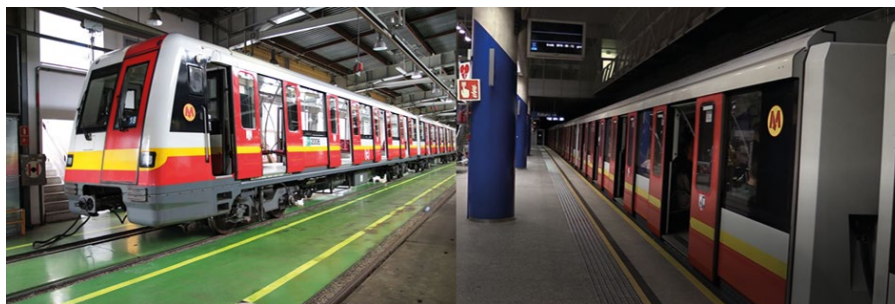


Figure 2. ALSTOM wagons
Rycina 2. Wagony z koncernu ALSTOM

Source: <https://www.metro.waw.pl> [accessed: 01.04.2020] and research material from the recording.
Źródło: <https://www.metro.waw.pl> [dostęp: 01.04.2020] oraz materiał badawczy z nagrania.



Figure 3. Type 81 trains
Rycina 3. Wagony produkcji rosyjskiej

Source: <https://www.metro.waw.pl> [accessed: 01.04.2020] and research material from the recording.
Źródło: <https://www.metro.waw.pl> [dostęp: 01.04.2020] oraz materiał badawczy z nagrania.

Table 1. Technical data of tested trains
Tabela 1. Dane techniczne badanych pociągów

	INSPIRO	ALSTOM	TYPE 81
Number of seats on the train (6 wagons) / Liczba miejsc siedzących w pociągu (6 wagonów)	232	264	no data
Nominal capacity / Nominalna pojemność	1500 persons / osób	1454 persons / osoby	1200 (car capacity – 200 persons) / (pojemność wagonu – 200 osób)
Number of wagons (tested) / Liczba wagonów (badanych)	6	6	6
Width of passenger door [mm] / Szerokość drzwi pasażerskich [mm]	1400	1300	1208
Length of inner wagon (measured) [mm] / Długość wewnętrzna wagon (zmierzona) [mm]	17800	18940	18560
Other information / Inne informacje	2 dedicated places for people with disabilities (with the possibility of parking a wheelchair) / 2 miejsca dla niepełnosprawnych (z możliwością zaparkowania wózka)	6 seats in the wagon for people with disabilities / 6 miejsc w wagonie dla osób niepełnosprawnych	
	2 wheelchair ramps for the vehicle in the front wagon / 2 rampy dla wózków inwalidz- kich na pojazd w wagonie czołowym	1 place for a wheelchair / 1 miejsce w wagonie dla wózków inwalidzkich	
	1268 standing places on the train / 1268 miejsc stojących w pociągu		

Source: <https://www.metro.waw.pl> [accessed: 01.04.2020], [9].

Źródło: <https://www.metro.waw.pl> [dostęp: 01.04.2020], [9].

Construction elements and finishing materials in the Warsaw metro are made as non-flammable or non-spreading fire and should not emit toxic substances and irritant smoke under the influence of high temperatures. Tunnels and platforms are equipped with ventilation that also support evacuation by removing fumes and supplying fresh air. Emergency lighting is provided throughout the evacuation and rescue operation. Evacuation is also supported by a voice alarm system. In addition, a fire alarm system is installed, as well as automatic warning sensors and manual warning buttons [9].

Safe evacuation time

When calculating the time of safe evacuation, the guidelines contained in PD 7974-6: 2019 standard [17] can be used which presents the methodology describing how to calculate the required time. According to document mentioned above

Elementy budowlane i materiały wykończeniowe zastosowane w metrze warszawskim są niepalne lub nierozprzestrzeniające ognia, nie powinny także wydzielać pod wpływem wysokich temperatur substancji toksycznych i dymów gryzących. Tunele i perony posiadają wentylację spełniającą również rolę wspomagającą ewakuację przez odprowadzanie dymów oraz doprowadzanie świeżego powietrza. Również przez cały okres ewakuacji i akcji ratowniczej zapewnione jest oświetlenie awaryjne. Ewakuacja wspomagana jest też przez nagłośnienie. Dodatkowo zamontowany jest system sygnalizacji pożarowej, samoczynne czujniki ostrzegawcze i ręczne przyciski ostrzegawcze [9].

Czas bezpiecznej ewakuacji

Obliczając czas bezpiecznej ewakuacji, można wykorzystać wytyczne zawarte w standardzie PD 7974-6:2019, w którym przedstawiono metodykę opisującą sposób wyznaczania wymaganego czasu. Według ww. dokumentu należy obliczyć

ASET (Available Safe Evacuation Time) and RSET (Required Safe Escape Time) should be calculated. ASET is the time that determines the interval from the moment a threat is detected to exceeding the critical parameters. In contrast, RSET is the time from the start of the incident to the end of the evacuation. In order to calculate ASET, it is necessary to estimate the values threatening the life or health of occupants, such as: temperature or flux of heat radiation, visibility, smoke ceiling or parameters of concentrations of hazardous toxic combustion products. RSET determines the range from the moment a threat is detected until people are evacuated to a safe place [10]. It consists of the detection time (t_{det}), the alarm time (t_a), and the evacuation time which is influenced by the recognition time (t_{roz}), the reaction time (t_{reak}) and the time of passage of the evacuated people (t_p) [11–12].

dostępny czas bezpiecznej ewakuacji (ASET – ang. *available safe evacuation time*) oraz wymagany czas bezpiecznej ewakuacji (RSET – ang. *required safe escape time*). ASET jest to czas, który określa przedział od powstania zagrożenia aż do przekroczenia parametrów krytycznych. Aby ustalić ASET, należy oszacować wartości zagrażające życiu lub zdrowiu użytkownikom takie jak: temperatura lub strumień promieniowania cieplnego, widzialność, warstwa podsufitowa dymu czy parametry stężeń niebezpiecznych toksycznych produktów spalania. RSET określa przedział od momentu wykrycia zagrożenia do czasu, gdy ludzie zostaną ewakuowani w bezpieczne miejsce [10]. Składa się on z czasu detekcji (t_{det}), czasu alarmu (t_a), i czasu ewakuacji, na który wpływa czas rozpoznania (t_{roz}), czas reakcji (t_{reak}) i czas przejścia osób ewakuowanych (t_p) [11–12].

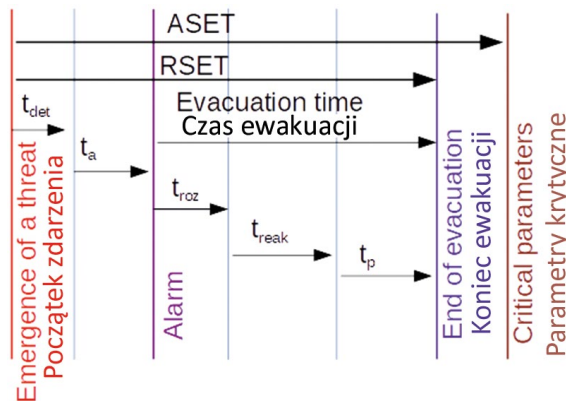


Figure 4. Evacuation time components
Rycina 4. Składowe czasu ewakuacji

Source / Źródło: I. Člapa, R. Porowski, M. Dziubiński, *Wybrane modele obliczeniowe czasów ewakuacji*, BITP Vol. 24, Issue 4, 2011, 71–79, [11].

According to PD 7974-6 standard, to ensure safe evacuation of the occupants of a building a, the difference between ASET and RSET should be taken into account, which is referred to as the safety margin.

RSET is calculated using the equation:

$$RSET = \Delta t_{det} + \Delta a + (\Delta t_{pre} + \Delta t_p) \quad (1)$$

where:

- t_{det} – detection time (time from threat to its detection) [s],
- t_a – alarm time (time from detection until the alarm is announced) [s],
- t_{pre} – initial reaction time of occupant, i.e. the reaction time t_{reak} and recognition t_{roz} [s],
- t_p – movement time of occupants to a safe place [s].

Estimating the time of safe evacuation and more precisely the Required Safe Escape Time, the requirements described in the New Zealand standard [13] can be used. RSET is calculated using the formula:

$$RSET = (t_d + t_n + t_{reakcji}) + (t_{przejścia} \text{ lub } t_{przeptywu}) \quad (2)$$

where:

- t_d – detection time determined using deterministic models,
- t_n – alarm time from detection to the time of alarm,

Według standardu PD 7974-6, aby zapewnić użytkownikom budynku bezpieczną ewakuację, należy uwzględnić różnicę pomiędzy ASET i RSET. Nazywamy ją marginesem bezpieczeństwa.

RSET obliczamy za pomocą równania:

$$RSET = \Delta t_{det} + \Delta a + (\Delta t_{pre} + \Delta t_p) \quad (1)$$

gdzie:

- t_{det} – czas detekcji (czas od powstania zagrożenia do jego wykrycia) [s],
- t_a – czas alarmowania (czas od momentu detekcji do czasu ogłoszenia alarmu) [s],
- t_{pre} – czas wstępnych reakcji użytkowników, czyli czas reakcji t_{reak} i rozpoznania t_{roz} [s],
- t_p – czas przejścia użytkowników do bezpiecznego miejsca [s].

Szacując czas bezpiecznej ewakuacji (a dokładniej wymagany czas bezpiecznej ewakuacji) można też posłużyć się wymaganiami opisanymi w normie nowozelandzkiej [13]. RSET obliczany jest za pomocą wzoru:

$$RSET = (t_d + t_n + t_{reakcji}) + (t_{przejścia} \text{ lub } t_{przeptywu}) \quad (2)$$

gdzie:

- t_d – czas detekcji określany za pomocą modeli deterministycznych,

$t_{reakcji}$ – response time measured from the alarm to the time of evacuation,
 $t_{przejścia}$ – time to went to a safe place,
 $t_{przepływu}$ – flow time, which depends on the characteristics of the flow of the stream of people.

t_n – czas alarmowania trwający od momentu detekcji do czasu zaalarmowania,
 $t_{reakcji}$ – czas reakcji mierzony od momentu alarmu do czasu rozpoczęcia ewakuacji,
 $t_{przejścia}$ – czas przejścia do bezpiecznego miejsca,
 $t_{przepływu}$ – czas przepływu, który zależy od charakterystyki przepływu strumienia ludzi.

The course of the Metro Marymont 2018 evacuation experiment

The purpose of the Metro Marymont 2018 evacuation experiment (MEMA18) was to examine the possibility of people leaving the train to the tunnel and going to the platform, examining the parameters related to the evacuation of people inside a train and examining the time of people passing through one or more train doors. In most tests, a very unfavourable situation was assumed in which a train stops in such a way that only the first door of the train is on the platform, the rest of the train is in the tunnel. Evacuation takes place only through one emergency door. Research methodology assumed filming all experiments and measuring the times during research. All results were verified on the basis of film documentation. The experiments took place at the Metro Marymont station for 3 nights (during metro operation breaks) using all 3 types of trains running on the Warsaw metro.

The research was attended by: students of the Main School of Fire Service (SGSP) acting as subway passengers, fire-fighters of the State Fire Service of JRG SGSP, rescuers from the Rescue Service of the Warsaw metro, people conducting the experiment. The research was preceded by OHS training conducted by Metro's OHS service. Students were volunteers. The following passengers took part in the tests: passengers on the first day – 60 persons, on the second day – 100 persons, on the third day – 30 persons. Each attempt was repeated three times.

The following is a description of the individual experiments planned.

A. Part I. Train position – front at the station, the rest in the tunnel.

Przebieg eksperymentu ewakuacyjnego Metro Marymont 2018

Celem eksperymentu ewakuacyjnego Metro Marymont 2018 (MEMA18) było: zbadanie możliwości wyjścia ludzi z pociągu do tunelu i ich przejścia na peron, określenie parametrów związanych z ewakuacją ludzi wewnątrz pociągu oraz czasów przejścia określonej liczby osób przez jedne lub więcej drzwi pociągu. W większości prób założono bardzo niekorzystną sytuację, w której pociąg zatrzymuje się w taki sposób, że tylko pierwsze drzwi pociągu znajdują się na peronie – pozostała część pociągu jest w tunelu. Ewakuacja odbywa się więc tylko przez jedne drzwi otwarte w trybie awaryjnym.

Metodyka badawcza zakładała filmowanie całości eksperymentów i pomiary czasów w trakcie badań. Wszystkie wyniki podlegały weryfikacji na podstawie dokumentacji filmowej. Eksperymenty odbywały się na stacji Marymont przez trzy noce (w czasie przerwy w kursowaniu pociągów) przy wykorzystaniu wszystkich trzech rodzajów pociągów jeżdżących w metrze warszawskim.

W badaniach, w roli pasażerów metra, udział wzięli: studenci cywilni Szkoły Głównej Służby Pożarnej (SGSP), strażacy Państwowej Straży Pożarnej z JRG SGSP, ratownicy z Zakładowej Służby Ratowniczej Metra Warszawskiego. Badania poprzedziło szkolenie z zakresu BHP przeprowadzone przez służbę BHP metra. Studenci byli ochotnikami. W badaniach w roli pasażerów udział wzięło: w pierwszym dniu – 60 osób, drugiego dnia – 100 osób, trzeciego dnia – 30 os. Każdą próbę powtarzano trzykrotnie.

Poniżej przedstawiono opis zaplanowanych poszczególnych eksperymentów.

A. Część I. Pozycja pociągu – front na stacji, pozostała część w tunelu



Figure 5. Train position during experiments 1 and 2
Rycina 5. Pozycja pociągu podczas eksperymentów 1 i 2

Source / Źródło: Own archives / Archiwum własne.

Experiment 1:

The experiment was to explore the possibility of people leaving the train into the tunnel and moving to the platform.

1. Train position: only the first train door was on the platform, the rest of the train was in the tunnel.
2. Course of the experiment: People taking part in the experiment entered the train through the door on the platform. Then they passed to the end of the train. The examination started when the door at the end of the train was opened at a signal from the examiner. People on the train got out of the train into the tunnel, walked towards the station and went up the stairs to the platform level. The test ends after all people have entered the platform level.
3. The test shall cover:
 - a. time of descent to the tunnel;
 - b. tunnel time;
 - c. speed of movement in the tunnel.

Note: In one experiment, volunteers selected from among the researchers took part in the experiment. After the local vision, the research team decided that due to the lack of a side walkway in the first metro line and the possibility of safely exiting the train to the tunnel, this experiment would not be carried out.

Eksperyment 1:

Eksperyment miał na celu zbadanie możliwości wyjścia ludzi z pociągu do tunelu i przejścia na peron.

1. Pozycja pociągu: tylko pierwsze drzwi pociągu znajdowały się na peronie, pozostała część pociągu była w tunelu.
2. Przebieg eksperymentu: Osoby biorące udział w eksperymencie wchodziły do pociągu przez drzwi znajdujące się na peronie. Następnie przechodziły do ostatniego wagonu. Badanie rozpoczynało się w momencie otwarcia drzwi na końcu pociągu, na sygnał od prowadzącego badanie. Osoby wychodziły z pociągu do tunelu, szły w kierunku stacji i wchodziły po schodach na poziom peronu. Badanie kończyło się po wejściu wszystkich osób na poziom peronu.
3. Badaniu podlegały:
 - a. czas zejścia do tunelu,
 - b. czas przejścia w tunelu,
 - c. prędkość poruszania się w tunelu.

Uwaga: W jednej próbie – pilotażowo – udział wzięli ochotnicy wybrani spośród prowadzących eksperyment. Po wizji lokalnej zespół badawczy zdecydował, że ze względu na brak bocznego chodnika w pierwszej linii metra i możliwości bezpiecznego wyjścia z pociągu do tunelu eksperyment ten nie będzie powtarzany.



Figure 6. Passing through the tunnel of people participating in experiment 1
Rycina 6. Przejście przez tunel osób biorących udział w eksperymencie 1

Source / Źródło: Own archives / Archiwum własne.

Experiment 2:

The experiment was to examine parameters related to the evacuation of people inside the train.

1. Train position: only the first train door was on the platform, the rest of the train was in the tunnel.
2. Course of the experiment: People taking part in the experiment entered the train through the door on the platform. Then they passed to the end of the train. The study started with a signal from the investigator. People on the train returned to the platform inside the train and went out onto the platform. The study ended after all people entered the platform.
3. The study covered:
 - a. the time of movement of individual persons to the platform;
 - b. train speed.

Eksperyment 2:

Eksperyment miał na celu zbadanie parametrów związanych z ewakuacją ludzi wewnątrz pociągu.

1. Pozycja pociągu: tylko pierwsze drzwi pociągu znajdowały się na peronie, pozostała część pociągu była w tunelu.
2. Przebieg eksperymentu: Osoby biorące udział w eksperymencie wchodziły do pociągu przez drzwi znajdujące się na peronie. Następnie przechodziły do ostatniego wagonu. Badanie rozpoczynało się na sygnał od prowadzącego badanie. Osoby wewnątrz wracały w kierunku peronu wewnątrz pociągu i wychodziły na peron. Badanie kończyło się po wejściu wszystkich osób na peron.
3. Badaniu podlegały:
 - a. czas przejścia poszczególnych osób na peron,
 - b. prędkość poruszania się w pociągu.



Figure 7. Going to the platform of people taking part in experiment 2

Rycina 7. Wyjście na peron osób biorących udział w eksperymencie 2

Source / Źródło: Own archives / Archiwum własne.

B. Part II. The train is standing at the station - evacuation of people from the train

Experiment 3:

The experiment aimed to examine the times of passing through one or more train doors a certain number of people.

1. Train position: stop at the platform.
2. The course of the experiment. People boarded the train, were deployed in accordance with the adopted assumptions for a given test and begin evacuations when the door is opened or at the signal from the examiner. The exit of the last person ended the examination.
3. The study covered:
 - a. time to leave the last person's train;
 - b. time of disembarkation of a person with accessories.

B. Część II. Postój pociągu na stacji – ewakuacja ludzi z pociągu

Eksperyment 3:

Eksperyment miał na celu zbadanie czasów przejścia określonej liczby osób przez jedno lub więcej drzwi pociągu.

1. Pozycja pociągu: postój przy peronie.
2. Przebieg eksperymentu. Osoby wchodziły do pociągu, były rozstawiane zgodnie z przyjętymi założeniami dla danego badania i rozpoczynały ewakuację w chwili otwarcia drzwi lub na sygnał od prowadzącego badanie. Wyjście ostatniej osoby kończyło badanie.
3. Badaniu podlegały:
 - a. czas do wyjścia z pociągu ostatniej osoby,
 - b. czas wyjścia z pociągu osoby z akcesorium.



Figure 8. Going to the platform of people taking part in experiment 3

Rycina 8. Wyjście na peron osób biorących udział w eksperymencie 3

Source / Źródło: Own archives / Archiwum własne.

Part III Evacuation of people on the platform and stairs

Experiment 4:

The experiment aimed to examine the movement times of

Część III. Ewakuacja ludzi po peronie i po schodach

Eksperyment 4.:

Eksperyment miał na celu zbadanie czasów przejścia ludzi znajdujących się na peronie po peronie i po schodach na poziom

people on the platform after the platform and stairs to the mezzanine level. In addition, the speed of movement of people with accessories will be tested.

1. Train position: stop at the platform.
2. The course of the experiment. The people were set up in accordance with the adopted assumptions for a given study and began to move when the alarm was announced using voice alarm system or at the signal from the investigator. The last person entering the mezzanine level ended the study.
3. The study covered:
 - a. time to enter the mezzanine level;
 - b. interpersonal interactions and the number of people needed to help the person with the accessories;
 - c. the speed of people moving on the platform and stairs.
4. The experiment was extended by testing the speed of rescuers with a stretcher.

antresoli. Dodatkowo badane były prędkości poruszania się ludzi z akcesoriami.

1. Pozycja pociągu: postój przy peronie.
2. Przebieg eksperymentu. Osoby były rozstawiane zgodnie z przyjętymi założeniami dla danego badania i rozpoczęły przemieszczanie się w chwili ogłoszenia alarmu za pomocą DSO lub na sygnał od prowadzącego badanie. Wejście ostatniej osoby na poziom antresoli kończyło badanie.
3. Badaniu podlegały:
 - a. czas do wejścia na poziom antresoli,
 - b. interakcje międzyludzkie i liczba osób potrzebnych do pomocy osobie z akcesorium,
 - c. prędkości poruszania się ludzi po peronie i po schodach.
4. Eksperyment rozszerzono o badanie prędkości poruszania się ratowników z noszami.

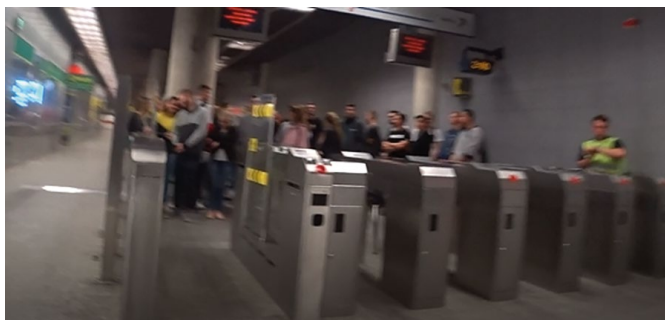


Figure 8. Going to the platform of people taking part in experiment 3
Rycina 8. Wyjście na peron osób biorących udział w eksperymencie 3

Source / Źródło: Own archives / Archiwum własne.

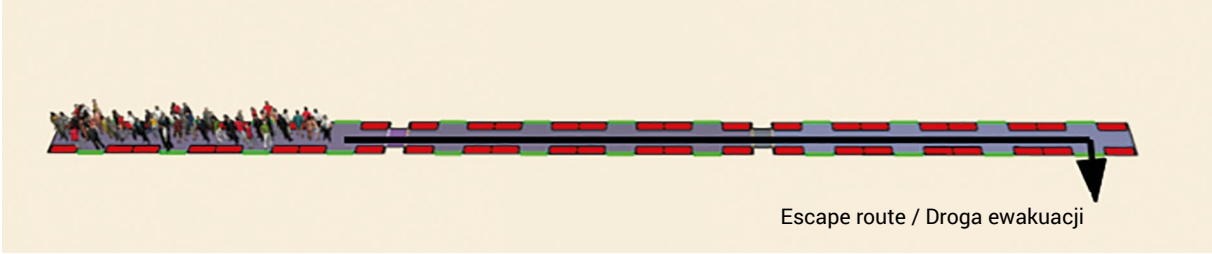
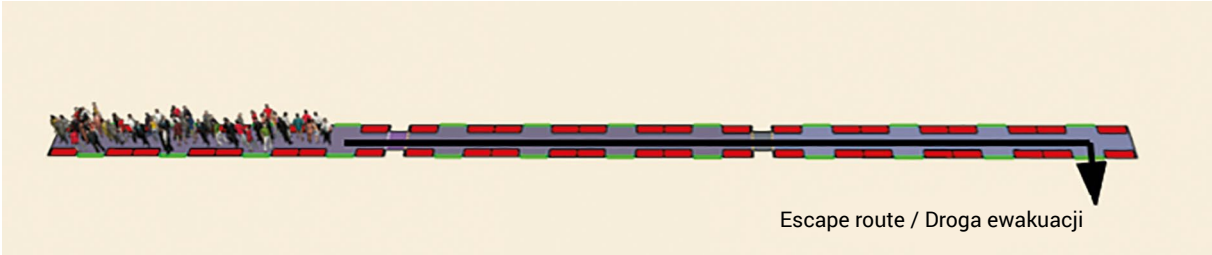
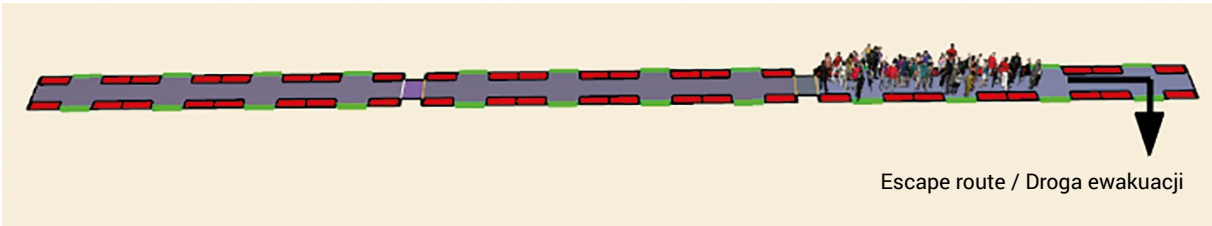
Attempts to perform experiment 1 were made on the first day of the study. One pilot test was performed. Exit from a wagon that stands in the tunnel is very difficult due to the close distance of the wagon from the tunnel wall and the large distance of the wagon floor from the tunnel pavement. Difficult conditions, the inability to ensure safe exit from the wagon directly into the tunnel meant that the decision was made that this experiment would not be carried out. Other experiments were carried out for all available trains and selected escape routes. Table 3 in the description of individual movements gives what experiment was carried out using the abbreviations E2 for experiment 2, E3 for experiment 3 and E4 for experiment 4, respectively, a visualization of the evacuation of passengers from trains was also presented (scenarios 1 to 16).

Próbę wykonania eksperymentu 1 podjęto w pierwszym dniu badań. Przeprowadzono jeden pilotażowy test. Wyjście z wagonu, który stoi w tunelu jest mocno utrudnione, ze względu na bliską odległość wagonu od ściany tunelu oraz dużą odległość podłogi wagonu od chodnika w tunelu. Trudne warunki, brak możliwości zapewnienia bezpiecznego wyjścia z wagonu bezpośrednio do tunelu spowodowały, że podjęto decyzję o zaniechaniu eksperymentu. Pozostałe eksperymenty zostały przeprowadzone dla wszystkich dostępnych pociągów i wybranych dróg ewakuacyjnych. W tabeli 3 w opisie poszczególnych przejść wskazano zrealizowane eksperymenty, używając odpowiednio skrótów E2 dla eksperymentu 2, E3 dla eksperymentu 3 i E4 dla eksperymentu 4. Przedstawiono również wizualizację ewakuacji pasażerów z pociągów (scenariusze od 1 do 16).

Results of measurement of movement times during the evacuation experiment

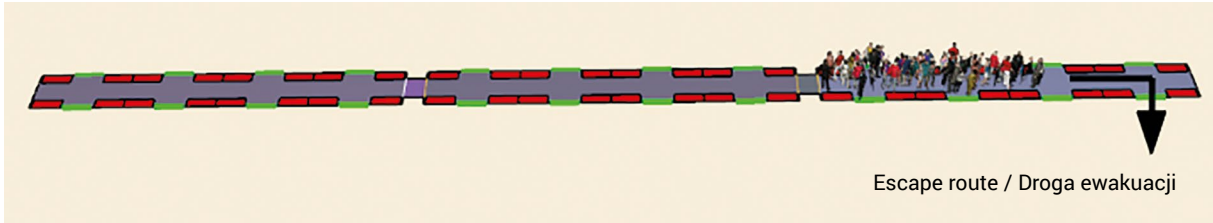
Wyniki pomiaru czasów przejścia podczas eksperymentu ewakuacyjnego

Table 2. Average recorded movement times in individual trials
Tabela 2. Średnie zarejestrowane czasy przejść w poszczególnych próbach

Description of individual movements / Opis poszczególnych przejść	Measurement description / Opis pomiaru	Average movement times [s] / Średnie czasy przejść [s]	Number of people / Liczba osób
Day one, the Inspiro train / Dzień pierwszy, pociąg Inspiro			
1. Passage through the entire train, exit through the first door of the first car (S1) (E2) / Przejście przez cały skład, wyjście pierwszymi drzwiami pierwszego wagonu (S1) (E2)	First person exit time / Czas przejścia pierwszej osoby	71,67	60
	Last person exit time / Czas przejścia ostatniej osoby	128,67	60
 <p style="text-align: right;">Escape route / Droga ewakuacji</p>			
2. Passage through the entire train, exit via the first door of the first wagon, among the evacuated persons there are people with obstacles, i.e.: bicycle, suitcases (S2) (E2) / Przejście przez cały skład, wyjście pierwszymi drzwiami pierwszego wagonu, wśród ludzi ewakuujących się znajdują osoby z przeszkodami, tj.: rower, walizki (S2) (E2)	First person exit time / Czas przejścia pierwszej osoby	63	60
	Last person exit time / Czas przejścia ostatniej osoby	133,5	60
 <p style="text-align: right;">Escape route / Droga ewakuacji</p>			
3. Evacuated persons are located in the first part of the wagon, exit through the second door (S3) (E3) / Ewakuujący znajdują się w pierwszej części wagonu, wyjście przez drugie z kolei drzwi (S3) (E3)	Last person exit time / Czas przejścia ostatniej osoby	24	60
 <p style="text-align: right;">Escape route / Droga ewakuacji</p>			

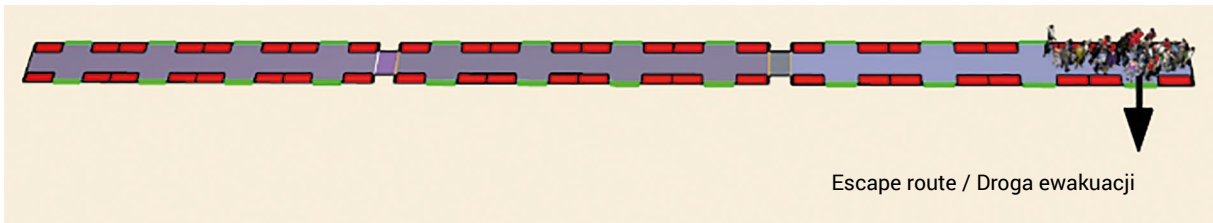
4. Evacuated persons are located in the first part of the wagon, exit through the second door, among them is a person with a suitcase (S4) (E3) / Ewakuujący znajdują się w pierwszej części wagonu, wyjście przez drugie z kolei drzwi, wśród nich jest osoba z walizką (S4) (E3)

Last person exit time / Czas przejścia ostatniej osoby	33	60
---	----	----



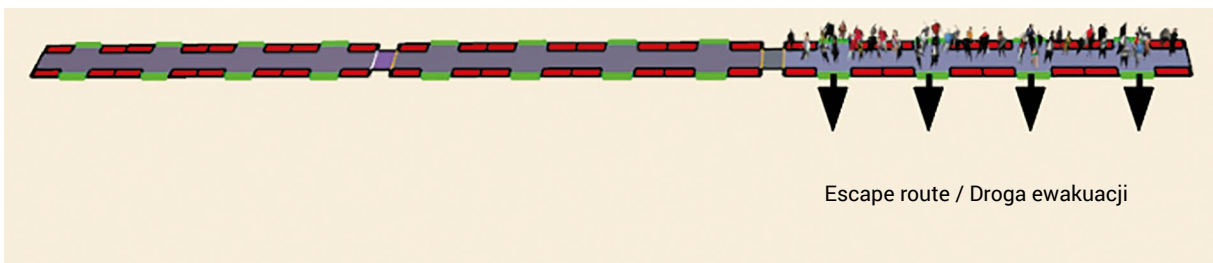
5. Evacuated persons are gathered around one pair of doors through which they exit (S5) (E3) / Ewakuujący są skupieni wokół jednej pary drzwi, którymi wychodzą (S5) (E3).

Last person exit time / Czas przejścia ostatniej osoby	23,33	60
---	-------	----



6. Exit through 4 doors, evacuated persons are placed freely throughout the wagon (S6) (E3) / Wyjście przez 4 pary drzwi, ewakuujący są rozmieszczeni swobodnie w całym wagonie (S6) (E3)

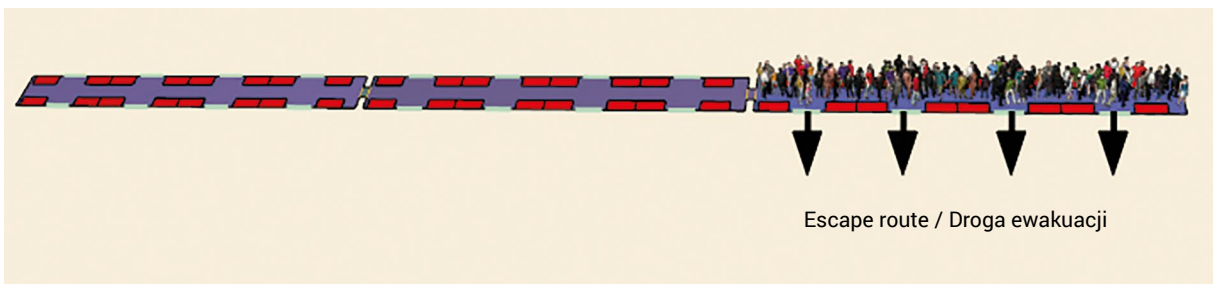
Last person exit time / Czas przejścia ostatniej osoby	9	60
---	---	----



Day two, the Alstom train / Dzień drugi, pociąg Alstom

7. Exit through 4 pairs of doors, evacuated persons are placed freely throughout the wagon (S7) (E3) / Wyjście przez cztery pary drzwi, ewakuujący są rozmieszczeni swobodnie w całym wagonie (S7) (E3)

Last person exit time / Czas przejścia ostatniej osoby	14,33	100
---	-------	-----

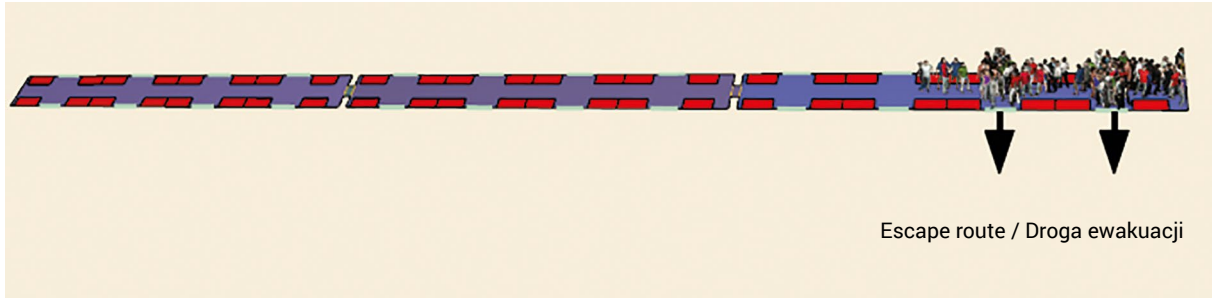


8. Evacuated persons are gathered around two pairs of doors through which they exit (S8) (E3) / Ewakuujący są skupieni wokół dwóch par drzwi, którymi wychodzą (S8) (E3)

Last person exit time /
Czas przejścia ostatniej osoby

20

100

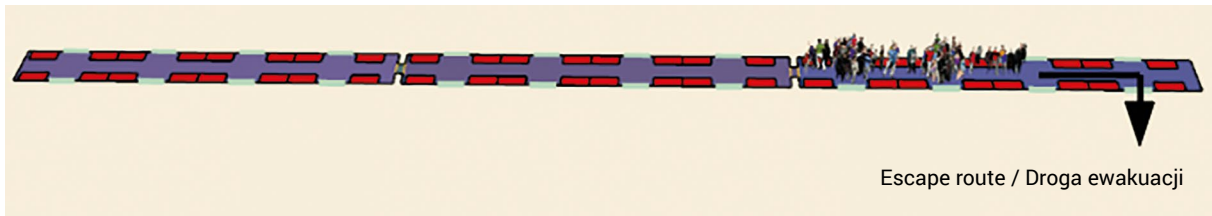


9. The evacuated persons are at the end of the train, they exit through the last door of the car (S9) (E2) / Ewakuujący się znajdują się na końcu wagonu, wychodzą ostatnimi drzwiami wagonu (S9) (E2)

Last person exit time /
Czas przejścia ostatniej osoby

42

100

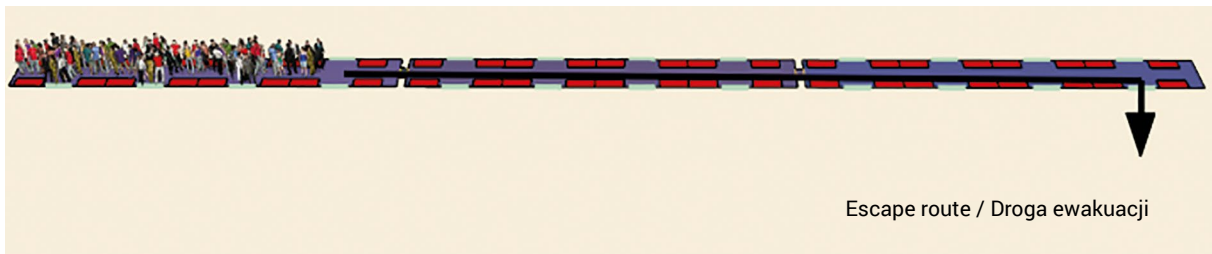


10. Passage from the second to last train, exit via the first door (S10) (E2) / Przejście z ostatniego wagonu, wyjście pierwszymi drzwiami (S10) (E2)

Last person exit time /
Czas przejścia ostatniej osoby

120

100



11. Free exit from the wagon closest to the stairs, passage on the stairs, exit through the gates (S11) (E3 and E4) / Swobodne wyjście z wagonu znajdującego się najbliżej schodów, przejście po schodach, wyjście za bramki (S11) (E3 i E4)

First person exit time /
Czas przejścia pierwszej osoby

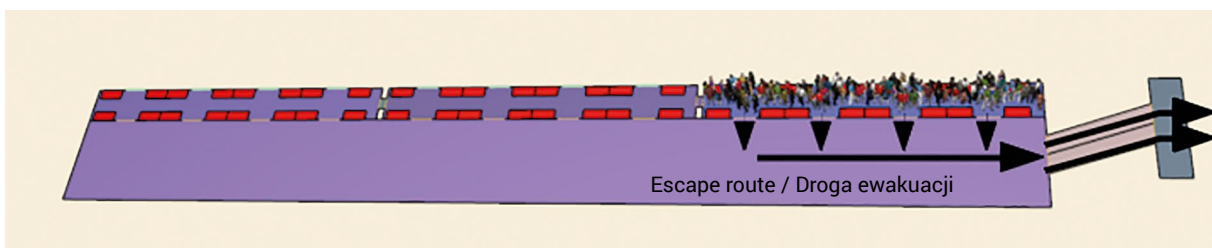
19

100

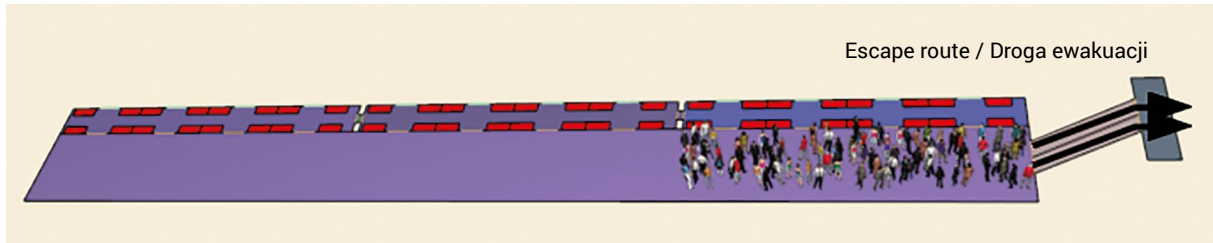
Last person exit time /
Czas przejścia ostatniej osoby

50

100

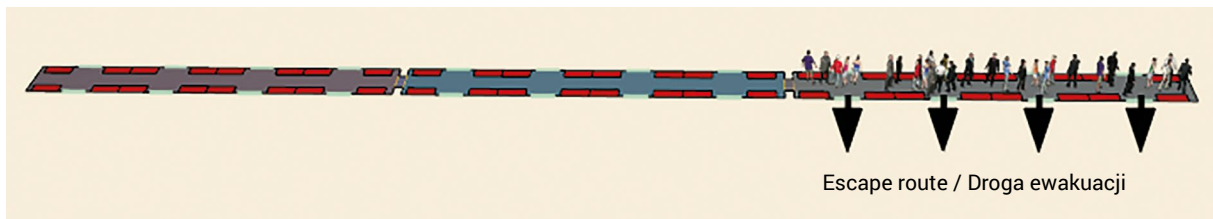


12. Going through the stairs and exit behind the gates (S12) (E4) / Przejście przez schody i wyjście za bramki (S12) (E4)	First person exit time / Czas przejścia pierwszej osoby	12	100
	Last person exit time / Czas przejścia ostatniej osoby	34	100

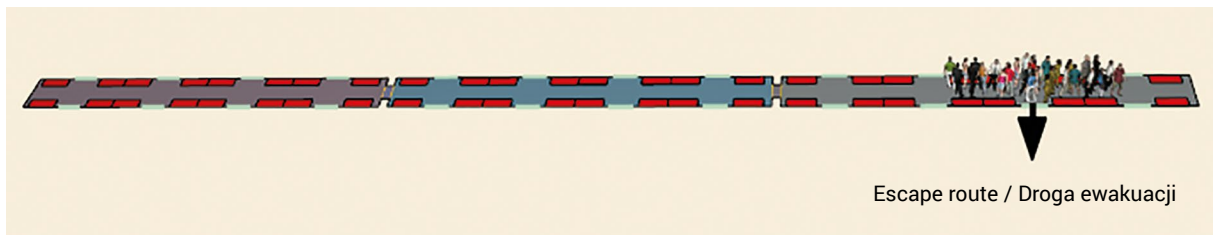


Day three, train type 81 / Dzień trzeci, pociąg typu 81

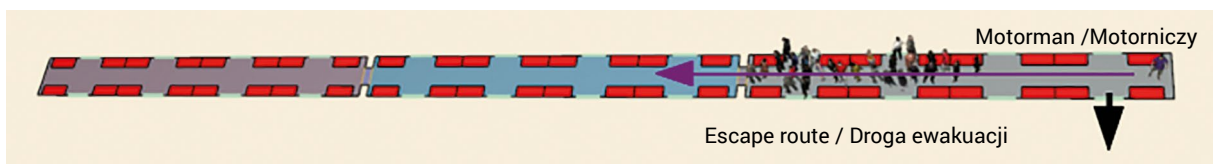
13. Exit through 4 pairs of doors, evacuated persons are placed freely throughout the wagon (S13) (E3) / Wyjście przez cztery pary drzwi, ewakuujący są rozmieszczeni swobodnie w całym wagonie (S13) (E3)	Last person exit time / Czas przejścia ostatniej osoby	9	30
---	---	---	----

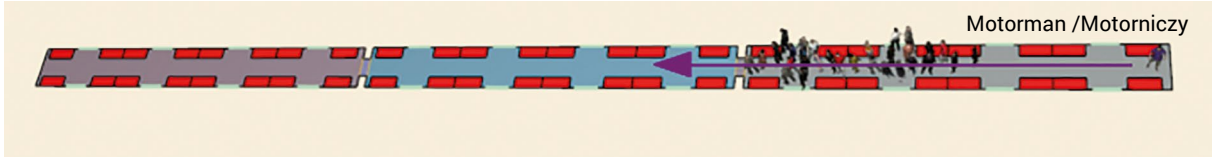


14. Evacuated persons are gathered around one pair of doors through which they exit (S14) (E3) / Ewakuujący są skupieni wokół jednej pary drzwi, którymi wychodzą (S14) (E3)	Last person exit time / Czas przejścia ostatniej osoby	14	30
---	---	----	----



15. Passing through the first door of the wagon, the evacuated persons are focused at the end of the wagon, one person goes against the stream (S15) (E3) / Przejście przez pierwsze drzwi wagonu, ewakuujący skupieni są na końcu wagonu, pod prąd idzie jedna osoba (S15) (E3)	First person exit time / Czas przejścia pierwszej osoby	7	30
	Last person exit time / Czas przejścia ostatniej osoby	29,66	30



16. Passage of one person from the beginning of the wagon, to the other door through a crowd of people (S16) (E4) / Przejście jednej osoby od początku wagonu, do drugich drzwi przez tłum osób (S16) (E4)	Last person exit time / Czas przejścia ostatniej osoby	13	30
			
17. Passage through one turnstile (S17) (E4) / Przejście przez jeden kołowrót (S17) (E4)	Last person exit time / Czas przejścia ostatniej osoby	28,5	30
18. Passage through two turnstiles (S18) (E4) / Przejście przez dwa kołowroty (S18) (E4)	Last person exit time / Czas przejścia ostatniej osoby	18,5	30
19. Passage through the large gate for people with luggage (S19) (E4) / Przejście przez dużą bramkę dla osób z bagażami (S19) (E4)	Last person exit time / Czas przejścia ostatniej osoby	21	30
20. Going through the stairs and exit behind the gates (S20) (E4) / Przejście przez schody i wyjście za bramki (S20) (E4)	First person exit time / Czas przejścia pierwszej osoby	33	30
	Last person exit time / Czas przejścia ostatniej osoby	51	30
21. Going through the stairs and leaving behind the gates, among the evacuated persons there are people with obstacles, such as a bicycle, pram, suitcases (S21) (E4) / Przejście przez schody i wyjście za bramki, wśród ewakuujących znajdują się osoby z przeszkodami, tj.: rower, wózek dziecięcy, walizki (S21) (E4).	First person exit time / Czas przejścia pierwszej osoby	18	30
	Last person exit time / Czas przejścia ostatniej osoby	54	30

Source: Own elaboration.
Źródło: Opracowane własne.

It is worth noticing that the extra luggage did not cause a significant delay when passing through the entire Inspiro train. Considering the most unfavourable scenario of evacuation, when passengers had to go along the whole train and some of them had luggage, the average recorded passage time was 133.5 s. At the exit through 4 doors, when the evacuated persons were deployed, they were placed without restrictions in the whole car – the average passage time was 9 s. In the Type 81 train, for technical reasons, no experiment was carried out consisting of moving along the entire train, and it should be noted that this train has separate, closed wagons and to walk through the whole train it would be necessary to open each door between cars.

The studies additionally compared the times of going up and down the stairs.

Warto zauważyć, że dodatkowe bagaże nie spowodowały znacznego opóźnienia podczas przejścia przez cały pociąg Inspiro. Biorąc pod uwagę najbardziej niekorzystny scenariusz ewakuacji, gdy pasażerowie musieli przejść przez cały pociąg i część z nich posiadała bagaże, średni zarejestrowany czas przejścia wyniósł 133,5 s. Przy wyjściu przez cztery pary drzwi, gdy ewakuujący rozmieszczeni byli bez narzuconych ograniczeń w całym wagonie, średni czas przejścia ukształtował się na poziomie 9 s. W pociągu typu 81 z przyczyn technicznych nie wykonano eksperymentu polegającego na przejściu przez cały skład, a należy zwrócić uwagę, że ten skład posiada oddzielne, zamknięte wagony. Aby przemieścić się z jednego końca pociągu na drugi, maszynista musi przejść przez wagony, pomiędzy pasażerami i otworzyć poszczególne drzwi.

W badaniach dodatkowo dokonano porównania czasów przejścia w górę i w dół schodów.

Table 3. Comparison of upward and downward stairs times
Tabela 3. Porównanie czasów przejścia w górę i w dół schodów

Evacuation direction / Kierunek ewakuacji	Average movement time [s] / Średni czas przejścia [s]
<i>up stairs / w górę schodów</i>	32
<i>down stairs / w dół schodów</i>	26

Source: Own elaboration based on the experiment.
Źródło: Opracowanie na podstawie przeprowadzonego eksperymentu.

The comparison of times from Table 3 shows that the difference in the time of going up the stairs is greater by 23% compared to the time of going down the stairs.

Conclusions

It should be remembered that the movement time is only one of the components of the calculated evacuation time, and Required Safe Evacuation Time. Using the methodology given in the British standard [10], New Zealand standard [13] or recommendations for fire engineers [14], it is possible to estimate the time of detection, alarm and reaction of occupants.

Interpreting the results, the research team found that the most interesting is the compilation of results of experiments II and IV. The calculation results presented below indicate the evacuation time for adverse scenarios. The exception is the result for Type 81 train, which does not take into account the time needed to open the door between trains.

The data from experiments II and IV were combined and extrapolated taking into account the evacuation time for the maximum number of passengers who can occupy the trains, i.e. 1,500 people on the Inspiro train, 1,454 people for the Alstom train and 1,200 people on Type 81 train. For the purposes of the analysis, it was assumed that the evacuated people would exit the train through one door and then will divide into three equal groups that will exit through the three available emergency exits from the station. A maximum of 100 people participated in the experiment and there was no correlation between the density of people in the car and the speed of movement of evacuees, described in the literature and presented in Figure 9.

Porównanie czasów z tabeli nr 3 prowadzi do konkluzji, że różnica w czasie przejścia w górę schodów jest większa o 23% w porównaniu do czasu przejścia w dół schodów.

Wnioski

Należy pamiętać, że czas przejścia jest tylko jedną ze składowych przewidywanego czasu ewakuacji czyli dostępnego lub wymaganego bezpiecznego czasu ewakuacji. Z wykorzystaniem metodyki podanej w standardzie brytyjskim [10], normie nowozelandzkiej [13] lub zaleceniach dla inżynierów pożarnictwa [14] można oszacować czas detekcji zagrożenia, alarmu i reakcji użytkowników, uzyskując wartości RSET i ASET.

Zespół badawczy, interpretując wyniki, za najbardziej interesującą uznał kompilację wyników eksperymentów 2 i 4. Przedstawione poniżej wyniki obliczeń wskazują czas ewakuacji w przypadku niekorzystnych scenariuszy. Wyjątkiem jest wynik dla pociągu typu 81, który nie uwzględnia czasu potrzebnego do otwarcia drzwi między pociągami.

Dane z eksperymentów 2 i 4 zostały połączone i ekstrapolowane z uwzględnieniem czasu ewakuacji dla maksymalnej liczby pasażerów, którzy mogą pozostać w pociągach, tj. 1500 osób w pociągu Inspiro, 1454 osób w pociągu Alstom i 1200 osób w pociągu typu 81. Do celów analizy przyjęto, że ewakuowani ludzie wyjdą z pociągu jednymi drzwiami, a następnie podzielą się na trzy równe grupy, które wyjdą przez trzy dostępne wyjścia awaryjne ze stacji. Ruch ludzi wzdłuż pociągu przebiegał swobodnie. W związku z tym nie obserwowano wpływu zatłoczenia na szybkość przemieszczania się, opisanego w literaturze (ryc. 10). Prędkość była bliska maksymalnej, ograniczona ewentualnym omijaniem przeszkód wewnątrz wagonu (pochwyty, siedziska). W momencie dojścia ewakuujących się osób do drzwi wyjściowych wychodzenie na zewnątrz pociągu przebiegało płynnie. Natomiast podjęto próbę odtworzenia większego stopnia zatłoczenia w eksperymentach skupiających się na samym opuszczeniu pojedynczego wagonu. Z uwagi na dużą szerokość drzwi wyjściowych oraz zatłoczenie w granicy 2 os/m², szybkość wychodzenia ludzi na zewnątrz wagonu nie była związana z zatłoczeniem, lecz z liczbą dostępnych wyjść.

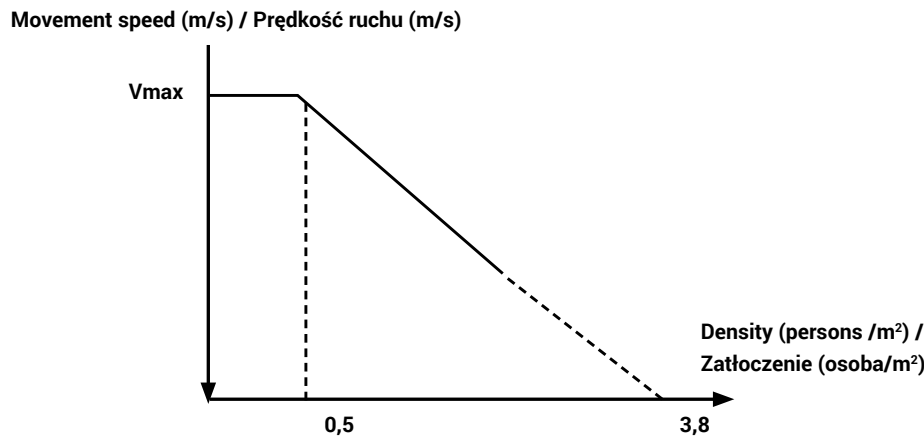


Figure 10. Evacuation speed as a function of density [14]

Rycina 10. Wykres funkcji prędkości przemieszczania się w zależności od zatłoczenia

Source / Źródło: M. J. Hurley, D. Gottuk, J.R. Hall, K. Harada, E. Kuligowski, M. Puchovsky, C. Wieczorek, *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, Fifth Edition, <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2565-0sfpe> [14].

To estimate the travel time (t_p), the results of the experiments for the most unfavourable scenario variants were adopted:

- for the Inspiro train: $t_p = S2 + [S11 * (1500 \text{ people} / 100 \text{ people} / 3 \text{ exits})]$
- for the Alstom train: $t_p = S10 + [S11 * (1,454 \text{ people} / 100 \text{ people} / 3 \text{ exits})]$
- for type 81 train: $t_p = (S15 * 6) + [(S11 - S6) * (1200 \text{ people} / 100 \text{ people} / 3 \text{ exits})]$

The results of the calculations are presented in Table 4.

Do oszacowania czasu ruchu (t_p) przyjęto wyniki eksperymentów dla najbardziej niekorzystnych wariantów scenariuszy:

- dla pociągu Inspiro: $t_p = S2 + [S11 * (1500 \text{ os.} / 100 \text{ os.} / 3 \text{ wyjścia})]$
- dla pociągu Alstom: $t_p = S10 + [S11 * (1454 \text{ os.} / 100 \text{ os.} / 3 \text{ wyjścia})]$
- dla pociągu Typ 81: $t_p = (S15 * 6) + [(S11 - S6) * (1200 \text{ os.} / 100 \text{ os.} / 3 \text{ wyjścia.})]$

Wyniki obliczeń przedstawiono w tabeli 4.

Table 4. Calculated movement time for full trains

Tabela 4. Obliczony czas przejścia dla pełnych pociągów

	Inspiro	Alstom	Type 81 / Typ 81
Movement time calculated based on the results of conducted experiments [s] / Czas przejścia obliczony na podstawie wyników przeprowadzonych eksperymentów [s]	388,5	375	432,96

Source: Own elaboration based on the experiment.

Źródło: Opracowanie na podstawie przeprowadzonego eksperymentu.

The results of the experiment indicate that the longest movement time in unfavourable conditions, when passengers had to walk through the whole train and then leave the platform for type 81 train is almost 433 seconds. For Inspiro and Alstom trains, the time is shorter by almost 25%. The evacuation time from Type 81 train is given for comparison purposes. Real time would require taking into account the passage of the driver or rescuer along the entire train and the opening of individual doors. During these experiments, a significant dependence presented in Figure 10 was not observed, but in other conditions, a reduction in the speed of movement at the maximum density of passengers in the train cannot be ruled out.

It is worth noting that in the experiment, striving to provide maximum safety and comfort to study participants, passengers were physically fit people aged 21–26. The subjects were fully aware that they were not in any danger. According to the authors

Wyniki eksperymentu wskazują, że najdłuższy czas przejścia – przy bardzo niekorzystnych warunkach, gdy pasażerowie muszą pokonać całą długość pociągu, a następnie wyjść z peronu – dla pociągu typu 81 wynosi prawie 433 sekundy. Dla pociągów Inspiro i Alstom czas jest krótszy o prawie 25%. Czas rzeczywisty dla pociągu typu 81 wymagałby uwzględnienia przejazdu maszynisty lub ratownika wzdłuż całego pociągu oraz odblokowania poszczególnych drzwi. Podczas tych eksperymentów nie odnotowano istotnej zależności przedstawionej na rycinie 10, ale w innych warunkach nie można wykluczyć zmniejszenia prędkości poruszania się przy maksymalnej gęstości pasażerów w pociągu.

Warto zwrócić uwagę, że w eksperymencie, dążąc do zapewnienia maksymalnego bezpieczeństwa i komfortu uczestnikom badań, w pasażerów wcielały się sprawne fizycznie osoby w wieku 21–26 lat. Osoby badane były w pełni świadome, że

of the study, physical fitness and young age of the people participating in the research had a positive effect on the results of the research. The results of measurements (tests) obtained by them are the best possible (optimistic) results, which may indicate that under similar conditions, the obtained times do not have to be faster. It should also be noted that the obtained results will in fact constitute a reference point for further research, including those conducted on a research sample (group) that is more diverse in age and in terms of physical fitness. The aim of the research carried out on such a selected research sample was to obtain a starting point for further discussions. Subsequent studies should concern other groups and attempts to observe the relationship between the density of passengers and the speed of movement of evacuees.

The research results caused the research team to decide that the research will be continued in the coming years. Next tests took place in January 2020, among others, the emergency exit through the driver's cab was examined, as shown in the photo. The continuation is scheduled for few months.

nie grozi im żadne niebezpieczeństwo. W ocenie autorów badania sprawność fizyczna oraz młody wiek osób biorących udział w eksperymentach wpłynął dodatnio na ich rezultaty. Są to wyniki możliwie najlepsze (optymistyczne), mogące wskazywać na to, iż w analogicznych warunkach czasy nie muszą być wcale krótsze. Należy również odnotować, iż uzyskane rezultaty stanowią będą de facto punkt odniesienia do dalszych badań, w tym tych prowadzonych na bardziej zróżnicowanej pod kątem wieku i sprawności fizycznej grupie badawczej. Celem przeprowadzenia badań na tak dobranej próbie badawczej było uzyskanie punktu wyjścia do dalszych dyskusji. Kolejne z badań z założenia powinny dotyczyć innych grup oraz próby zaobserwowania zależności pomiędzy gęstością pasażerów a prędkością poruszania się osób ewakuowanych.

Ciekawe w ocenie autorów wyniki badań spowodowały, że zespół badawczy zdecydował, iż badania będą kontynuowane w kolejnych latach. Pierwsze badania odbyły się w styczniu 2020 r. – testowano m.in. wyjście awaryjne przez kabinę maszynisty, co przedstawia rycina 11. Kontynuację zaplanowano w kolejnych miesiącach.

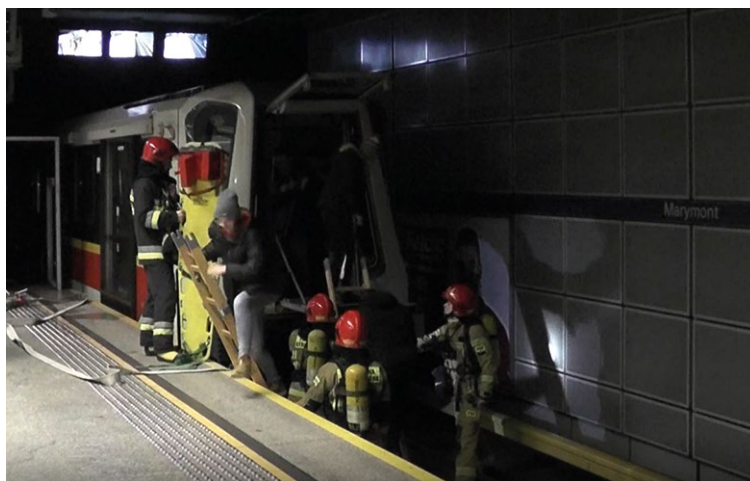


Figure 11. Emergency exit through the driver's cab
Rycina 11. Wyjście awaryjne przez kabinę maszynisty
Source / Źródło: Own archives/Archiwum własne.

Literature / Literatura

- [1] Carvel R., Beard A.N. (red.), *The Handbook of Tunnel Fire Safety*, Thomas Telford, 2005.
- [2] Lee M., Hur N., *A detailed CFD simulation of the 2003 Daegu metro station fire*, "International Journal of Air-Conditioning and Refrigeration" 2012, 20, 3, <https://doi.org/10.1142/S2010132512500149>.
- [3] Crossland B., *The King's Cross Underground fire and the setting up of the investigation*, "Fire Safety Journal" 1992, 18(1), 3–11, [https://doi.org/10.1016/0379-7112\(92\)90044-D](https://doi.org/10.1016/0379-7112(92)90044-D).
- [4] Allinson R.E., *The King's Cross Underground Fire*, Springer, Dordrecht, 2005, 223, <https://doi.org/10.1007/1-4020-2980-2>.
- [5] Kotulek G., Kuziora Ł., *Analiza przyczyny powstania pożaru pociągu Inspiro nr 52 Metra Warszawskiego*, „Zeszyty Naukowe SGSP” 2018, 66(2), 40–41.
- [6] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17 czerwca 2011 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać obiekty budowlane metra i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 144, poz. 859).
- [7] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony

- przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. Nr 109, poz. 719).
- [8] NFPA 130: Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems, 2020/10.
- [9] Witryna internetowa warszawskiego metra, <https://www.metro.waw.pl> [dostęp: 01.04.2020].
- [10] PD 7974-6:2019 The application of fire safety engineering principles to fire safety design of buildings, Part 6: Human factors: Life safety strategies-Occupant evacuation, behaviour and condition, BSI, 2019.
- [11] Cłapa I., Porowski R., Dziubiński M., *Wybrane modele obliczeniowe czasów ewakuacji*, BITP Vol. 24, Issue 4, 2011, 71–79.
- [12] Chołuj Ł., *Bezpieczna ewakuacja a założenia scenariusza pożarowego*, BITP Vol. 27 Issue 3, 2012, 127–130.
- [13] C/VM2 Verification Method: Framework for Fire Safety Design For New Zealand Building Code Clauses C1-C6 Protection from Fire, 2014.
- [14] Hurley M. J., Gottuk D., Hall J. R., Harada K., Kuligowski E., Puchovsky M., Wieczorek C., *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, Fifth Edition, 2016, <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2565-0sfpe>.
- [15] Togawa K., *Study of fire escapes basing on the observation of multitude currents*, Report no. 14, Building Research Institute, Ministry of Construction, Tokyo 1955.
- [16] Carolina Power and Light Company and Nutech, Evacuation Time Estimates, H. B. Robinson Steam Electric Plant, Unit 2, May 1981, [dok. elektr.] <https://www.nrc.gov/docs/ML1417/ML14174A948.pdf>.
- [17] BS PD 7974-6:2019 Application of fire safety engineering principles to the design of buildings. Human factors. Life safety strategies. Occupant evacuation, behaviour and condition (Sub-system 6).

SENIOR BRIG. ROBERT PIEC, PH.D. ENG. – earned his Ph.D. degree in technical sciences, specialising in environmental engineering. He also completed postgraduate studies in the field of Emergency Management at the Main School of Fire Service, postgraduate studies in the field of Databases at the Warsaw School of Information Technology, and postgraduate studies with Ph.D. seminars devoted to Risk Analysis at the Academy of Finance. He has authored or co-authored numerous articles, monograph chapters and papers presented at domestic and international conferences. Currently, he holds the position of Head of the Chair of Engineering Safety at the Main School of Fire Service.

MARCIN CISEK, PH.D. ENG. – licenced fire safety expert, fire protection engineer, specialist in fire protection, evacuation safety, computer simulations of fire and evacuation as well as risk analysis. A graduate from the Main School of Fire Service in Warsaw and Military University of Technology in Warsaw. Shareholder in Protect T. Cisek i Wsp. Sp. J. company.

CAPT. RAFAŁ WRÓBEL, PH.D. ENG. – a graduate of the Main School of Fire Service and the National Defense Academy; officer of the State Fire Service; head of the Business Continuity and Decision Process Engineering Department at the Main School of Fire Service in Warsaw. Author and co-author of four monographs and several dozen scientific articles; participant in national and international projects.

SENIOR CAPT. MICHAŁ SOWA, M.SC. ENG. – graduated from the Faculty of Fire Safety Engineering and Faculty of Civil Safety Engineering at the Main School of Fire Service. He has been a lecturer at the Faculty of Civil Safety Engineering and a Head of the Laboratory of Harmful Factors Research in the Main School of Fire Service in Warsaw. During the implementation of the scientific and didactic process he has specialised in environmental engineering, mainly occupational health and safety. He currently holds the position of Deputy Head of the planning and analysis Department in Chief Commandant's Office of the National Headquarters of the State Fire Service.

ST. BRYG. DR INŻ. ROBERT PIEC – doktor nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska. Ukończył również studia podyplomowe Zarządzanie w stanach zagrożenia w Szkole Głównej Służby Pożarnej, studia podyplomowe Bazy danych w Wyższej Szkole Informatyki Stosowanej i Zarządzania oraz studia podyplomowe z seminariami doktoranckimi Analiza ryzyka w Akademii Finansów. Jest autorem lub współautorem wielu artykułów, rozdziałów monografii oraz referatów prezentowanych na konferencjach krajowych i zagranicznych. Obecnie jest Dyrektorem Instytutu Bezpieczeństwa Wewnętrznego Szkoły Głównej Służby Pożarnej.

DR INŻ. MARCIN CISEK – rzeczoznawca ds. zabezpieczeń przeciwpożarowych, specjalista w zakresie ochrony przeciwpożarowej, bezpieczeństwa ewakuacji, komputerowych symulacji pożaru i ewakuacji oraz analizy ryzyka. Absolwent Szkoły Głównej Służby Pożarnej oraz Wydziału Cybernetyki Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie. Wspólnik w firmie Protect T. Cisek i Wsp. Sp. J.

ML. KPT. DR INŻ. RAFAŁ WRÓBEL – absolwent Szkoły Głównej Służby Pożarnej i Akademii Obrony Narodowej, funkcjonariusz Państwowej Straży Pożarnej, kierownik Zakładu Inżynierii Procesów Decyzyjnych Szkoły Głównej Służby Pożarnej. Autor i współautor czterech monografii i kilkudziesięciu artykułów naukowych, autor i wykonawca krajowych i zagranicznych projektów.

ST. KPT. MGR INŻ. MICHAŁ SOWA – ukończył studia na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego oraz na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Cywilnego Szkoły Głównej Służby Pożarnej w Warszawie. Pełnił funkcję wykładowcy na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Cywilnego oraz Kierownika Pracowni Badań Czynników Szkodliwych w Szkole Głównej Służby Pożarnej w Warszawie. W trakcie realizowania procesu naukowo-dydaktycznego specjalizował się w obszarze inżynierii środowiska, przede wszystkim z zakresu bezpieczeństwa i higieny pracy. Obecnie pełni funkcję Zastępcy Naczelnika w Wydziale Planowania i Analiz Gabinetu Komendanta Głównego Państwowej Straży Pożarnej.

MARCIN WIECHETEK, M.SC. ENG. – graduated from the Main School of Fire Service in Warsaw at the faculties of Civil Safety Engineering and Fire Safety Engineering. From 2019, he is a Ph.D. student at the Faculty of Civil Safety Engineering at SGSP (currently the Faculty of Safety Engineering and Civil Protection). He developed educational programmes for children and adolescents, organized safety classes for over 80,000 children and adolescents. He is the author of publications on social prevention and social security.

BRIG. WIKTOR GAWROŃSKI, PH.D. ENG. – graduated from the Faculty of Fire Safety Engineering at the Main School of Fire Service in 2003 and in 2019 he defended his doctoral dissertation at the National Security Faculty of the War Studies University. He fulfilled the function of the Head of the Business Continuity and Decision Process Engineering Department. His basic duties, apart from carrying out the didactic process, include participation in the implementation of tests and fulfilling the function of commander and dispatcher at JRG SGSP. He is the author or co-author of several articles and chapters in monographs; participant in national and international projects related to safety issues.

JUNIOR BRIG. BARBARA SZYKUŁA-PIEC, PH.D. – graduated from the University of Warsaw, the Philosophy and Sociology Department, the Institute of Sociology. She defended her doctoral dissertation in sociology at the University of Białystok. She completed postgraduate studies with Ph.D. seminars devoted to "Risk Analysis" at the Academy of Finance. She is the author and co-author of numerous articles, chapters in monographs on, i.a., social resilience, needs, culture of trust. Currently, she serves as a Head of Social Education Department in the Main School of Fire Service.

KATARZYNA MICHALAK, M.SC. ENG. – graduated in engineering with a specialization in occupational safety at the Main School of Fire Service in Warsaw at the Faculty of Civil Safety Engineering and at the same university with a second-cycle degree in fire safety at the Faculty of Security and Civil Protection.

MGR. INŻ. MARCIN WIECHETEK – ukończył studia w Szkole Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie na Wydziałach Inżynierii Bezpieczeństwa Cywilnego i Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego. Od 2019 r. jest doktorantem na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Cywilnego SGSP (obecnie Wydział Inżynierii Bezpieczeństwa i Ochrony Ludności). Opracował programy edukacyjne dla dzieci i młodzieży, zorganizował zajęcia traktujące o bezpieczeństwie dla ponad 80000 dzieci i młodzieży. Jest autorem publikacji dotyczących prewencji społecznej i bezpieczeństwa społecznego.

BRYG. DR INŻ. WIKTOR GAWROŃSKI – ukończył studia na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego w 2003 r., a w 2019 r. obronił rozprawę doktorską na Wydziale Bezpieczeństwa Narodowego Akademii Sztuki Wojennej. Pełnił obowiązki kierownika Zakładu Inżynierii Procesów Decyzyjnych w Szkole Głównej Służby Pożarniczej. W działalności dydaktycznej skupia się na wykorzystaniu systemów informacji przestrzennej w ratownictwie i ochronie ludności. Dowódca i dyspozytor JRG SGSP. Autor oraz współautor artykułów i rozdziałów w monografiach, uczestnik krajowych i międzynarodowych projektów badawczych w obszarze bezpieczeństwa.

MŁ. BRYG. DR BARBARA SZYKUŁA-PIEC – absolwentka Uniwersytetu Warszawskiego, Wydziału Filozofii i Socjologii, Instytutu Socjologii. Stopień doktora socjologii uzyskała na Uniwersytecie w Białymstoku. Ukończyła studia podyplomowe z zakresu zarządzania kryzysowego i analizy ryzyka. Jest autorką oraz współautorką wielu artykułów, rozdziałów w monografiach m.in. o odporności społecznej, potrzebach, kulturze zaufania. Obecnie pełni funkcję Kierownika Zakładu Edukacji Społecznej w Szkole Głównej Służby Pożarniczej.

MGR INŻ. KATARZYNA MICHALAK – ukończyła studia inżynierskie o specjalności bezpieczeństwo pracy w Szkole Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Cywilnego oraz na tej samej uczelni ukończyła studia drugiego stopnia o specjalności bezpieczeństwo przeciwpożarowe na Wydziale Bezpieczeństwa i Ochrony Ludności.