

# Analiza CFD urządzenia do usuwania dymu z przestrzeni klatki schodowej „K1” w budynku A w budynku przy ul. Wieniawskiego 1 i 3 w Poznaniu



Jednostka Opracowująca:

J.P.PROJEKT – BIP Sp. z o.o.  
ul. Janusza Meissnera 4E/U13, 60-408 Poznań,  
tel. 61 882 34 64  
e-mail: biuro@jpip.pl  
www: www.jpip.pl



Zleceniodawca:

SPA BIURO PROJEKTÓW  
ul. Podlaska 13, 60-623 Poznań  
e-mail: spa@spa-sadowski.pl  
tel. +48 61 84 84 190

Adres i nazwa obiektu:

Siedziba Instytutu Historii Sztuki i Wydziału Nauk o Sztuce Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza  
ul. Henryka Wieniawskiego 1 i 3, 61-712 Poznań, działki ewidencyjnych: nr 32 i części działki 33/2, arkusz 23, obręb Poznań (306401\_1.0051)

## Wydanie 1

### Autorzy opracowania

Zakres opracowania	Imię i Nazwisko	Podpis	Data
Opracował	mgr inż. Marcin Kurzawa		15.11.2024
Zaopiniował	inż. Jacek Podyma		15.11.2024

Miejsce i data opracowania

Poznań, listopad 2024 r.

## Spis treści

1 Dane wyjściowe.....	3
1.1 Przedmiot opracowania .....	3
1.2 Podstawa opracowania .....	3
1.3 Cel opracowania .....	3
1.4 Opis obiektu i zakres opracowania.....	3
1.5 System instalacji wentylacji oddymiającej.....	3
1.6 Rysunek analizowanej klatki schodowej .....	4
2 Symulacje FDS .....	5
2.1 Metodyka analizy .....	5
2.1.1 Cechy i wersja programu FDS.....	5
2.1.2 Weryfikacja i walidacja FDS.....	5
2.1.3 Modele matematyczno-fizyczne programu FDS .....	5
2.2 Założenia podstawowe (warunki technologiczne, temperatura, ciśnienie).....	6
2.3 Scenariusze pożarowe przyjęte do analizy.....	6
2.4 Uzasadnienie przyjętego do analizy modelu pożaru .....	6
2.5 Kryterium oceny skuteczności systemu oddymiana .....	6
2.6 Gęstość siatki obliczeniowej (przyjęto do wszystkich scenariuszy).....	7
2.7 Źródło pożaru przyjęte do wszystkich scenariuszy.....	7
2.8 Weryfikacja wyników FDS – legenda.....	8
3 Część wynikowa z podziałem na scenariusze pożarowe.....	11
3.1 Scenariusz S1 .....	11
3.1.1 Charakterystyka i założenia do scenariusza S1.....	11
3.1.2 Opis analizowanego scenariusza .....	11
3.1.3 Wyniki — przewidywany rozkład widoczności w przekroju [m] .....	12
3.1.4 Wyniki — przewidywany rozkład widoczności w przekroju [m] .....	13
3.1.5 Wyniki — przewidywany rozkład prędkości w przekroju [m/s] .....	14
3.1.6 Wyniki — przewidywany rozkład prędkości w przekroju [m/s] .....	15
3.1.7 Wykres transmitancji światła na wysokości 2,0 m nad spocznikiem ostatniej kondygnacji	16
4 Wnioski.....	17
4.1 Analiza wyników .....	17
4.1.1 Transmitancja światła.....	17
4.1.2 Prędkość powietrza .....	17
4.2 Podsumowanie .....	17
4.3 Zalecenia wykonawcze .....	17
5 Bibliografia.....	18
6 Spis ilustracji.....	19

## 1 Dane wyjściowe

### 1.1 Przedmiot opracowania

Przedmiotem opracowania jest analiza CFD projektowanego urządzenia do usuwania dymu z nawiewem kompensacyjnym mechanicznym z przestrzeni klatki schodowej „K1” w budynku A w przebudowywanym budynku siedziby Instytutu Historii Sztuki i Wydziału Nauk o Sztuce Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza przy ul. Henryka Wieniawskiego 1 i 3, w Poznaniu.

### 1.2 Podstawa opracowania

Podstawę niniejszej analizy stanowi:

- Rysunki do projektu koncepcyjnego instalacji wentylacji pożarowej z 23 września 2024 r. autorstwa mgr inż. Jarosława Hernesa.
- Model IFC o nazwie pliku „190\_UAM – 11” otrzymany dnia 21 października 2024 r.

W opracowaniu uwzględniono informację otrzymane drogą e-mail do dnia 04.11.2024 r.

### 1.3 Cel opracowania

Celem niniejszego opracowania jest weryfikacja pracy w warunkach pożarowych urządzenia do usuwania dymu z nawiewem kompensacyjnym mechanicznym, dla klatki schodowej „K1” w budynku A w przebudowywanym budynku siedziby Instytutu Historii Sztuki i Wydziału Nauk o Sztuce Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza przy ul. Henryka Wieniawskiego 1 i 3, w Poznaniu. Analiza ma na celu sprawdzenie warunków panujących w klatce schodowej w zakresie:

- czasu potrzebnego do usunięcia dymu z przestrzeni oddymianej klatki schodowej, który stanowi kryterium do weryfikacji skuteczności projektowanego urządzenia do usuwania dymu;
- przewidywanej prędkości przepływu powietrza przez oddymianą klatkę schodową.

Zgodnie z założeniami [10] w budynkach nie zakłada się wystąpienia pożaru na klatce schodowej, przedmiotowa analiza służy wyłącznie ocenie skuteczności zaprojektowanego systemu oddymiania w przypadku przedostania się dymu do przestrzeni klatki schodowej. W związku z tym nie sprawdza się temperatury panującej na klatce schodowej, która może wzrosnąć w przypadku otwarcia drzwi i wydostania się dymu na klatkę schodową.

### 1.4 Opis obiektu i zakres opracowania

Budynek zaliczony do kategorii ZLIII, grupa wysokości SW. Liczba kondygnacji do oddymiania 5, wysokość wewnętrzna klatki ok. 20,72 m. Klatka obsługuje wszystkie kondygnacje oprócz poddasza technicznego - wentylatorowni. Klatka służy do ewakuacji ludzi z budynku. Z klatki na poziomie niskiego parteru na zewnątrz prowadzą dwa wyjścia ewakuacyjne jedno przez hol z funkcją uzupełniającą, drugie przez komunikację. Powierzchnia obliczeniowa klatki wynosi ok. 40 m<sup>2</sup>. W całym budynku projektuje się system sygnalizacji pożarowej z systemem detekcji dymu. Na klatce projektuje się urządzenie do usuwania dymu z nawiewem kompensacyjnym mechanicznym.

### 1.5 System instalacji wentylacji oddymiającej na klatce schodowej

Klatka schodowa jest obudowana ścianami REI 60 i zamykana drzwiami EI 30 S oraz drzwiami do windy EI 30 zgodnie z W.T. § 245 i § 256.2. Na klatce projektuje się urządzenie do usuwania dymu z nawiewem kompensacyjnym mechanicznym zlokalizowanym na poziomie -1. W dachu spadzistym klatki schodowej zainstalowane zostaną 4 okna oddymiające o powierzchni czynnej oddymiania indywidualnego okna równej 0,53 m<sup>2</sup>, łącznie dla klatki projektuje się powierzchnię czynną oddymiania 2,12 m<sup>2</sup>. Nawiew z poziomu -1 odbywać się będzie przez kratę nawiewną o wymiarach 900x1700 mm. Wydajność nawiewu mechanicznego do przestrzeni klatki schodowej określono na 20 000 m<sup>3</sup>/h. System aktywowany będzie sygnałem z systemu sygnalizacji pożarowej wyposażonego w system detekcji dymu.



## 2 Symulacje FDS

### 2.1 Metodyka analizy

Niniejsza analiza została wykonana z wykorzystaniem oprogramowania CFD (ang. Computational Fluid Dynamics – Numeryczna Mechanika Płynów). Symulacje komputerowe oparte na metodzie CFD są zaawansowanym narzędziem stosowanym w inżynierii bezpieczeństwa pożarowego. Pozwalają one na szczegółową analizę rozprzestrzeniania się dymu i ciepła w obiektach objętych pożarem.

Symulacje wykonane zostały przy użyciu programu komputerowego Fire Dynamic Simulator (FDS) wersja 6.9.1.

#### 2.1.1 Cechy i wersja programu FDS

Do obliczeń wykorzystano metodę symulacji komputerowej przeprowadzonej na modelu 3D uwzględniającym istotne dla symulacji parametry obiektu (geometria obiektu, rozmieszczenie drzwi, rozmieszczenie oraz sposób funkcjonowania elementów systemów przeciwpożarowych).

Obliczenia zostały wykonane za pomocą programu FDS. Jest to program obliczeniowej dynamiki płynów dedykowany do symulacji rozwoju pożaru, stworzony przez Narodowy Instytut Standaryzacji i Technologii USA (NIST). Dane wsadowe zostały wykonane przy użyciu oprogramowania PyroSim zgodnie z NIST Special Publication 1019 (Sixth Edition): *Fire Dynamics Simulator User’s Guide*, McGrattan K.B., McDermott R., Vanella M., Hostikka S., Floyd J. Zgodność wyników symulacji FDS z rzeczywistością, jest potwierdzona przez następujące dokumenty:

- Dokument weryfikacji NIST
- Dokument walidacji NIST
- Norma ASTM E1355

#### 2.1.2 Weryfikacja i walidacja FDS

Weryfikacja oznacza proces sprawdzania dokładności numerycznego modelu. Wiąże się to z porównaniem przewidywań modelu z pomiarami eksperymentalnymi. Jest to proces potwierdzenia metody obliczeniowej reprezentującej model symulacyjny. Innymi słowy, weryfikacja jest sprawdzeniem matematyki programu symulacyjnego. Dokument weryfikacji FDS stanowi ang. *NIST Special Publication 1018-2 (Sixth Edition): Fire Dynamics Simulator Technical Reference Guide Volume 2: Verification*; McGrattan K.B., Hostikka S., Floyd J., McDermott R., Vanella M.

Potwierdzenie fizyki modelu jest wykonane na drodze walidacji. Jest to proces określenia, jak dobrze model matematyczny przewiduje rzeczywiste zjawiska fizyczne. Walidacja potwierdza czy model jest adekwatny do wykonywanego zakresu obliczeń symulacyjnych. Walidację przedstawiono w ang. *NIST Special Publication 1018-3 (Sixth Edition): Fire Dynamics Simulator Technical Reference Guide Volume 3: McGrattan K.B., Hostikka S., Floyd J., McDermott R., Vanella M.*

#### 2.1.3 Modele matematyczno-fizyczne programu FDS

- Model hydrodynamiczny: FDS rozwiązuje numerycznie układ równań Naviera-Stokesa właściwych dla przepływów o niskich prędkościach, typowych dla zjawisk transportu dymu i ciepła wymuszonych pożarem.
- Model turbulencji: zastosowany model turbulencji w przedmiotowych symulacjach oparty jest na modelu Deardorffa metody symulacji wielkowirowych (LES).
- Model spalania: zastosowano jednostopniowy model spalania bazujący na zachowywanej wielkości skalarnej Z (ang. mixture fraction).
- Model radiacji: równanie opisujące transport ciepła poprzez radiację jest rozwiązywane numerycznie przy użyciu algorytmu podobnego do Metody Objętości Skończonych.
- Warunki brzegowe: powierzchniom ciał stałych wewnątrz domeny obliczeniowej przypisane są właściwości fizyczne (gęstość, przewodność cieplna oraz ciepło właściwe), a także informacje

dotyczące ich podatności na proces spalania. Transport masy i ciepła z i do powierzchni ciał stałych (np. ścian, sufitów i innych obiektów znajdujących się w danej domenie obliczeniowej) opisywany jest uproszczonymi wzorami empirycznymi.

## 2.2 Założenia podstawowe (warunki technologiczne, temperatura, ciśnienie)

Na podstawie wytycznych otrzymanych od Zlecającego oraz wynikających z przedłożonego opracowania projektowego, do analizy przyjęto poniższe założenia podstawowe.

### Założenia technologiczne

Analizowany obiekt wg projektu zostaje wyposażony w:

- Instalację detekcji dymu podłączoną do systemu sygnalizacji pożarowej;
- 4 okna oddymiające o łącznej powierzchni czynnej oddymiania 2,12 m<sup>2</sup>;
- Wentylator napowietrzający o wydajności 20 000 m<sup>3</sup>/h.

### Założenia temperaturowe

Do analizy przyjęto warunki izotermiczne: temperatura zewnętrzna +20°C, temperatura wewnętrzna +20°C.

### Założenia ciśnienia

- Przyjęto ciśnienie atmosferyczne 1013,25 hPa.

## 2.3 Scenariusze pożarowe przyjęte do analizy

Symbol scenariusza	Opis scenariusza z lokalizacją	Cel przeprowadzenia scenariusza
S1	Zadymienie klatki schodowej pożarem testowym zlokalizowanym na drugiej kondygnacji nadziemnej (wysoki parter) – pożar testowy zgodnie z wytycznymi CNBOP-PIB [10].	Weryfikacja skuteczności zadziałania systemu oddymiania

## 2.4 Uzasadnienie przyjętego do analizy modelu pożaru

Scenariusz S1 przyjęto zgodnie z wytycznymi CNBOP-PIB [10], które nie zakładają wystąpienia pożaru na klatce schodowej. Źródło testowe na klatce schodowej ma umożliwić za pomocą analiz CFD ocenę skuteczności systemu oddymiania bez potrzeby rozpatrywania wielu scenariuszy rozwoju pożaru i sekwencji otwierania drzwi z przestrzeni objętej pożarem na klatkę schodową.

Źródło pożaru zlokalizowano na wysokim parterze na wysokości 3,1 m, urządzenie pomiarowe zlokalizowano na wysokości 13,2 m, 2,0 m nad poziomem posadzki na ostatniej oddymianej kondygnacji.

## 2.5 Kryterium oceny skuteczności systemu oddymiania

Jako kryterium oceny skuteczności działania systemu oddymiania przyjęto, zgodnie z wytycznymi CNBOP-PIB [10], czas oddymiania klatki schodowej ( $t_{odd}$ ), który nie powinien być dłuższy niż wynik iloczynu tempa oddymiania oraz różnicy wysokości punktu pomiarowego w klatce schodowej i źródła pożaru. Przyjmuje się tempo oddymiania jako 18 s na 1 m wysokości. Czas oddymiania określa się na podstawie wzoru:

$$t_{odd} = 18 h [s]$$

gdzie: h – różnica wysokości punktu pomiarowego w klatce schodowej i źródła pożaru [m].

Przyjmuje się, że dym został usunięty, gdy wynik liniowego pomiaru transmitancji światła na wysokości 2,0 m powyżej spocznika ostatniej kondygnacji wynosi, co najmniej 95% (na odległości 1 m).

W tym kryterium czas oddymiania klatki schodowej powinien być liczony od momentu uruchomienia systemu oddymiania klatki schodowej (po 360 s).

Dla przedmiotowej klatki schodowej i źródła pożaru testowego na wysokim parterze, czas oddymiania powinien być nie dłuższy niż  $t_{\text{odd,dop}} = 181,8 \text{ s}$  ( $h=10,10 \text{ m}$ ).

## 2.6 Gęstość siatki obliczeniowej (przyjęto do wszystkich scenariuszy)

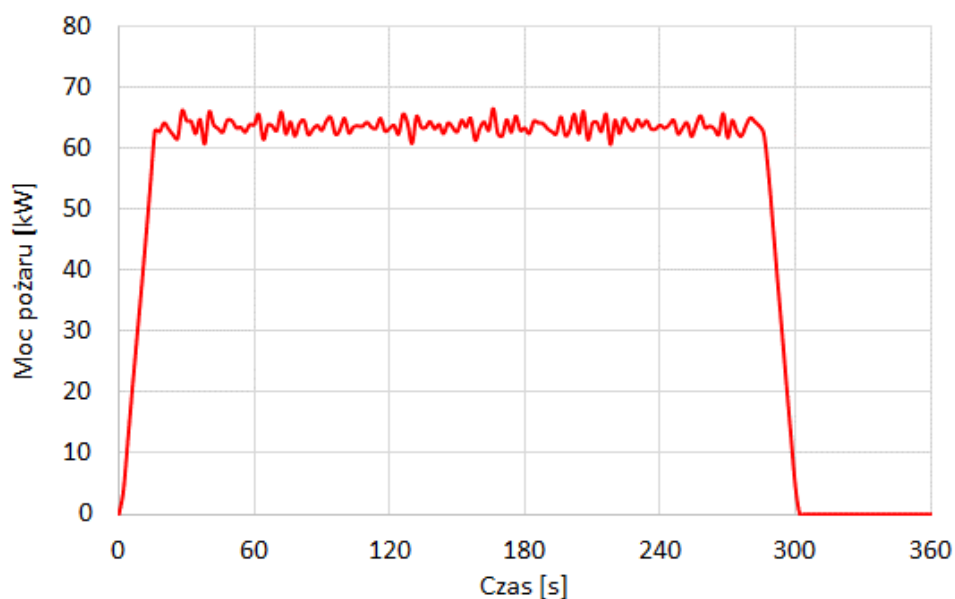
Siatka obliczeniowa	
Liczba komórek obliczeniowych	2,299 mln
Wymiar pojedynczej komórki obliczeniowej x/y/z [cm]	10/10/10

## 2.7 Źródło pożaru przyjęte do wszystkich scenariuszy

Źródło pożaru przyjęto według wytycznych CNBOP-PIB W-003:2016 [10].

Parametry pożaru (wielkość pożaru i całkowity strumień ciepła) dostosowano do wielkości siatki.

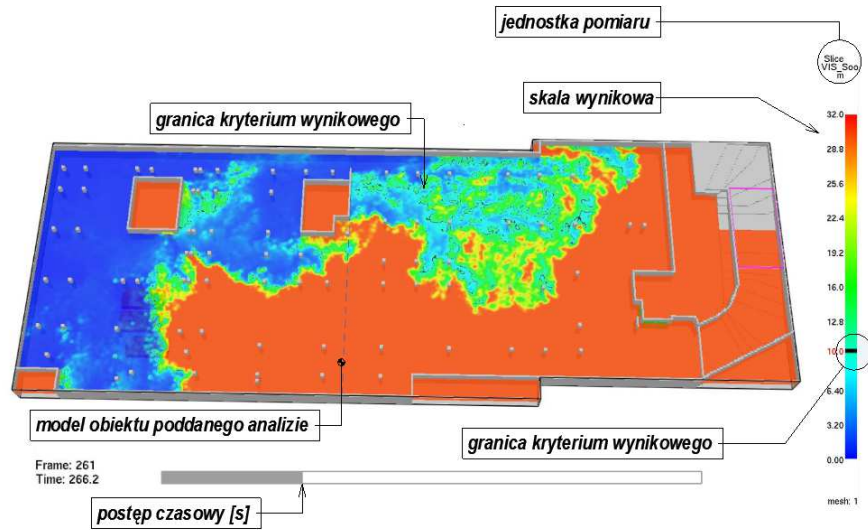
Parametry źródła testowego		
Maksymalna moc pożaru	63,6	[kW]
Wymiary źródła testowego	0,30 x 0,40	[m]
Rodzaj paliwa	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH – etanol	[-]
Wartość strumienia ciepła wyzwalana z jednostki powierzchni	530,00	[kW/m <sup>2</sup> ]
Dymotwórczość Y <sub>s</sub>	0,05	[kg/kg]
Część strumienia ciepłego wyzwalana przez radiację	0,3	[-]
Ciepło spalania	26 780	[kJ/kg]



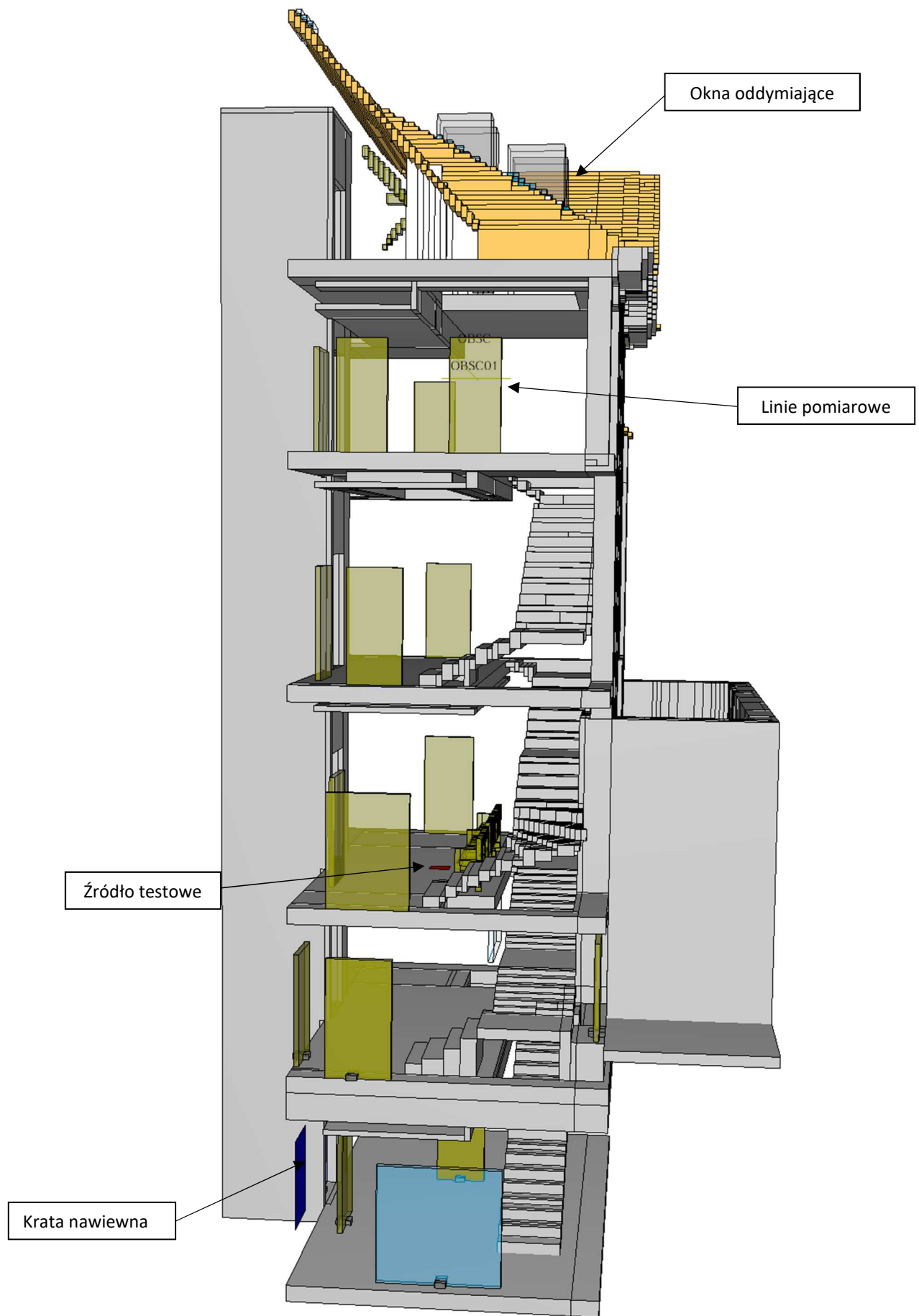
Ilustracja 2: Krzywa mocy pożaru testowego dla scenariusza S1

W scenariuszu S1 klatka schodowa zadymiana jest w czasie 0-300 s, a następnie po czasie 360 s od początku symulacji aktywowane jest urządzenie do usuwania dymu z nawiewem kompensacyjnym mechanicznym.

## 2.8 Weryfikacja wyników FDS – legenda



Ilustracja 3: Przykładowa ilustracja wynikowa z programu SmokeView z legendą



Ilustracja 4: Wizualizacja modelu obliczeniowego dla scenariusza S1



*Ilustracja 5: Wizualizacja modelu obliczeniowego dla scenariusza S1*

### 3 Część wynikowa z podziałem na scenariusze pożarowe.

#### 3.1 Scenariusz S1

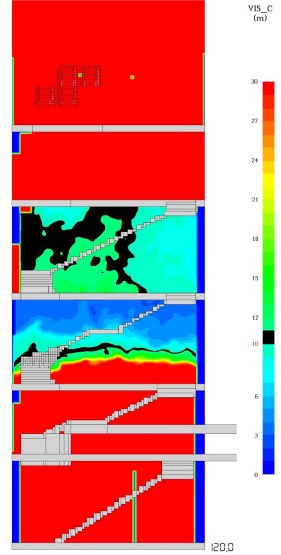
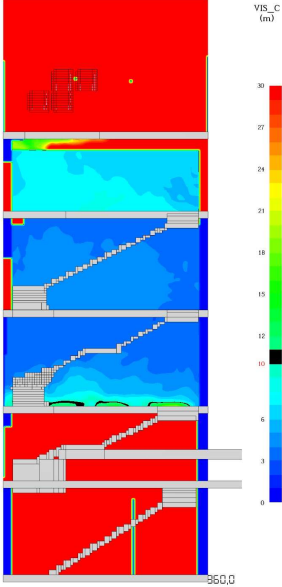
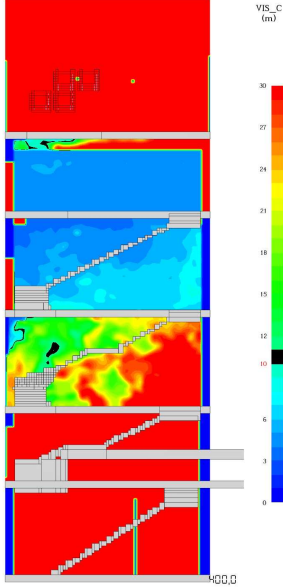
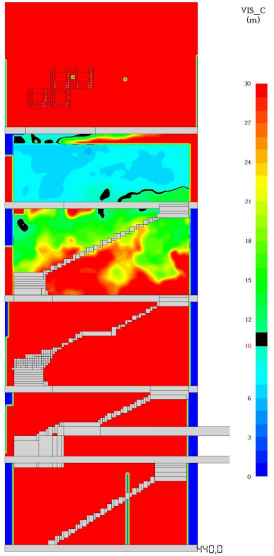
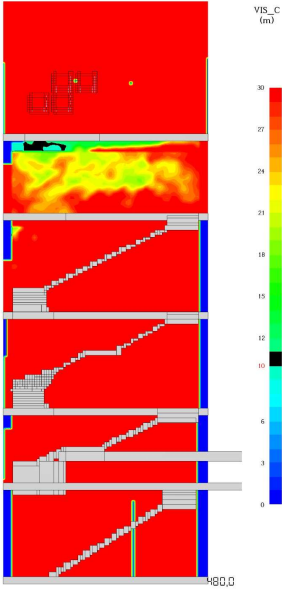
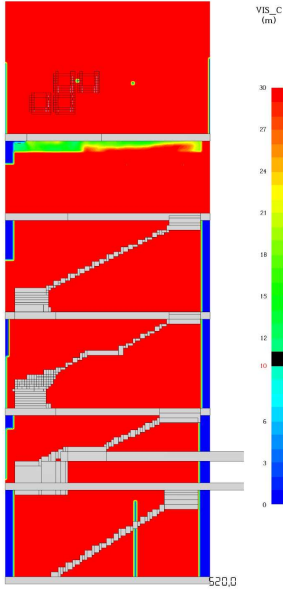
##### 3.1.1 Charakterystyka i założenia do scenariusza S1

Charakterystyka scenariusza		
Wytyczne podstawowe		
Nazwa pomieszczenia objętego scenariuszem		Klatka schodowa:
Powierzchnia obliczeniowa klatki schodowej		40,00 m <sup>2</sup>
Kondygnacje objęte opracowaniem		5
Zakres czasowy scenariusza		0 s – 600 s (0-10 min)
System oddymiania		
Nawiew	Wydajność wentylatora nawiewnego	20 000 m <sup>3</sup> /h
	Uruchomienie napowietrzania	360 sekunda
Wywiew	Projektowana powierzchnia czynna oddymiania	2,12 m <sup>2</sup>
	Uruchomienie oddymiania	360 sekunda
Warunki początkowe		
Warunki		Izotermiczne
Temperatura wewnętrzna		+20°C
Temperatura zewnętrzna		+20°C

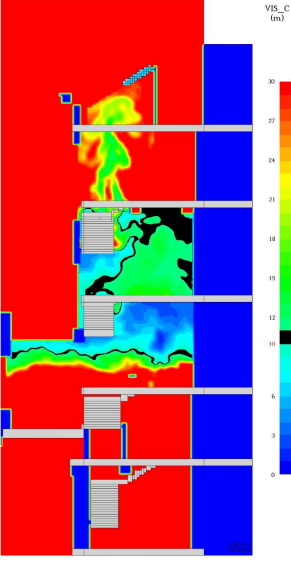
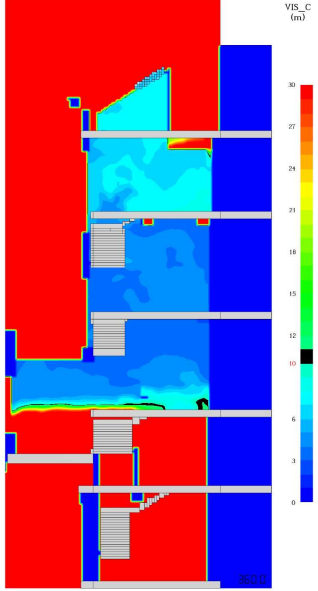
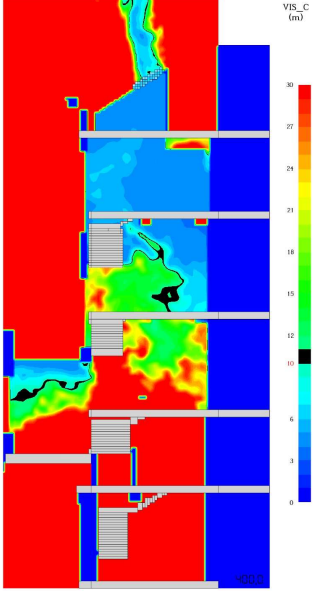
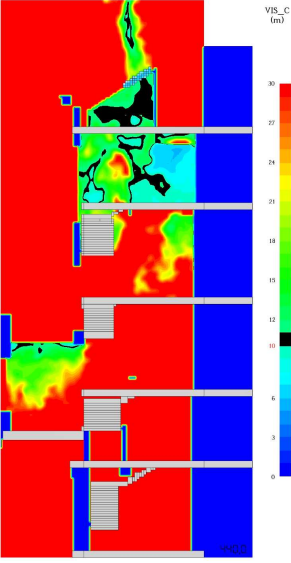
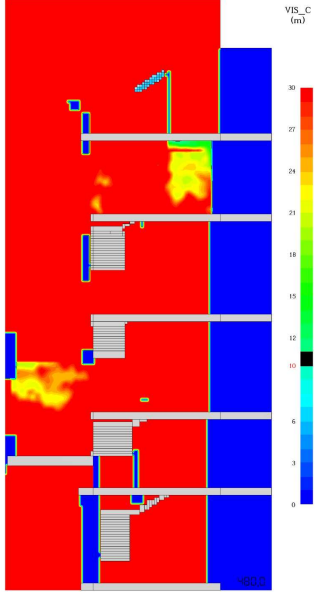
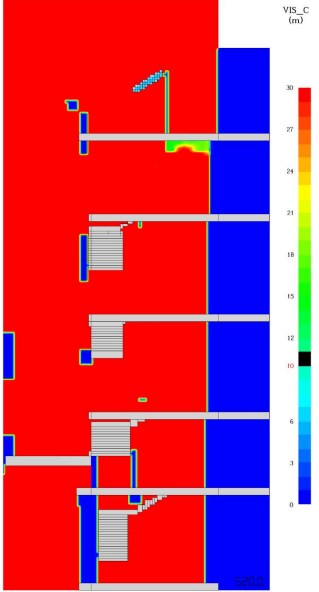
##### 3.1.2 Opis analizowanego scenariusza

Przebieg scenariusza według wytycznych CNBOP-PIB W-003:2016 [10]. Źródło testowe na poziomie +1 jest aktywne od 0 sekundy do 300 sekundy. W 360 sekundzie, po 60 sekundach od wygaśnięcia pożaru, uruchomiony zostaje system oddymiania – okna oddymiające zostają otwarte, uruchamia się wentylator napowietrzający.

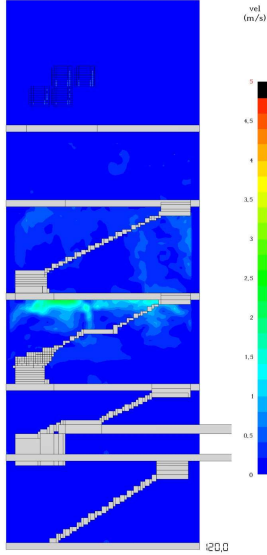
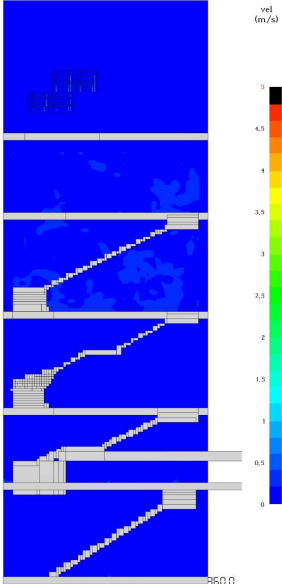
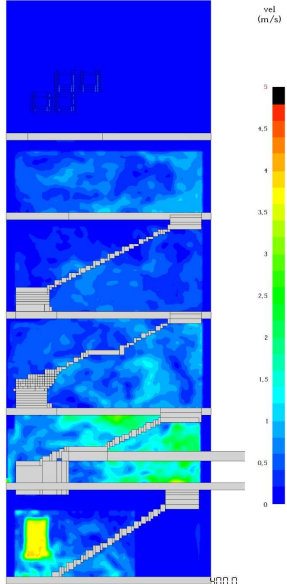
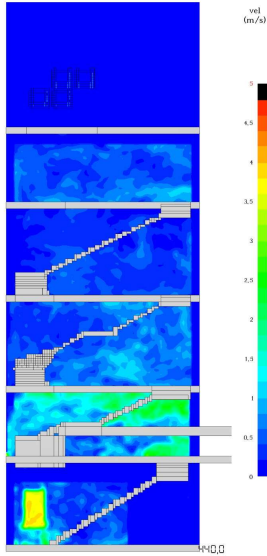
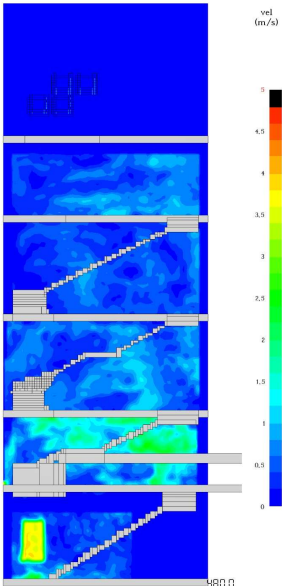
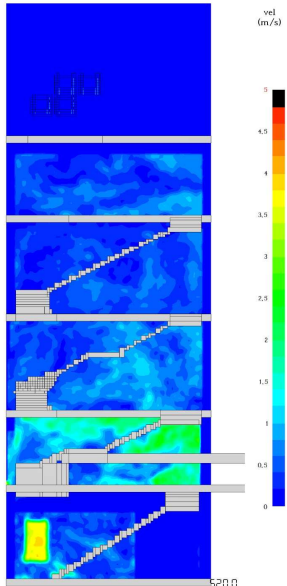
3.1.3 Wyniki — przewidywany rozkład widoczności w przekroju [m]

t [s]	wynik graficzny (0 -30 m)	t [s]	wynik graficzny (0 -30 m)	t [s]	wynik graficzny (0 -30 m)
<b>120</b>		<b>360</b>		<b>400</b>	
t [s]	wynik graficzny (0 -30 m)	t [s]	wynik graficzny (0 -30 m)	t [s]	wynik graficzny (0 -30 m)
<b>440</b>		<b>480</b>		<b>520</b>	

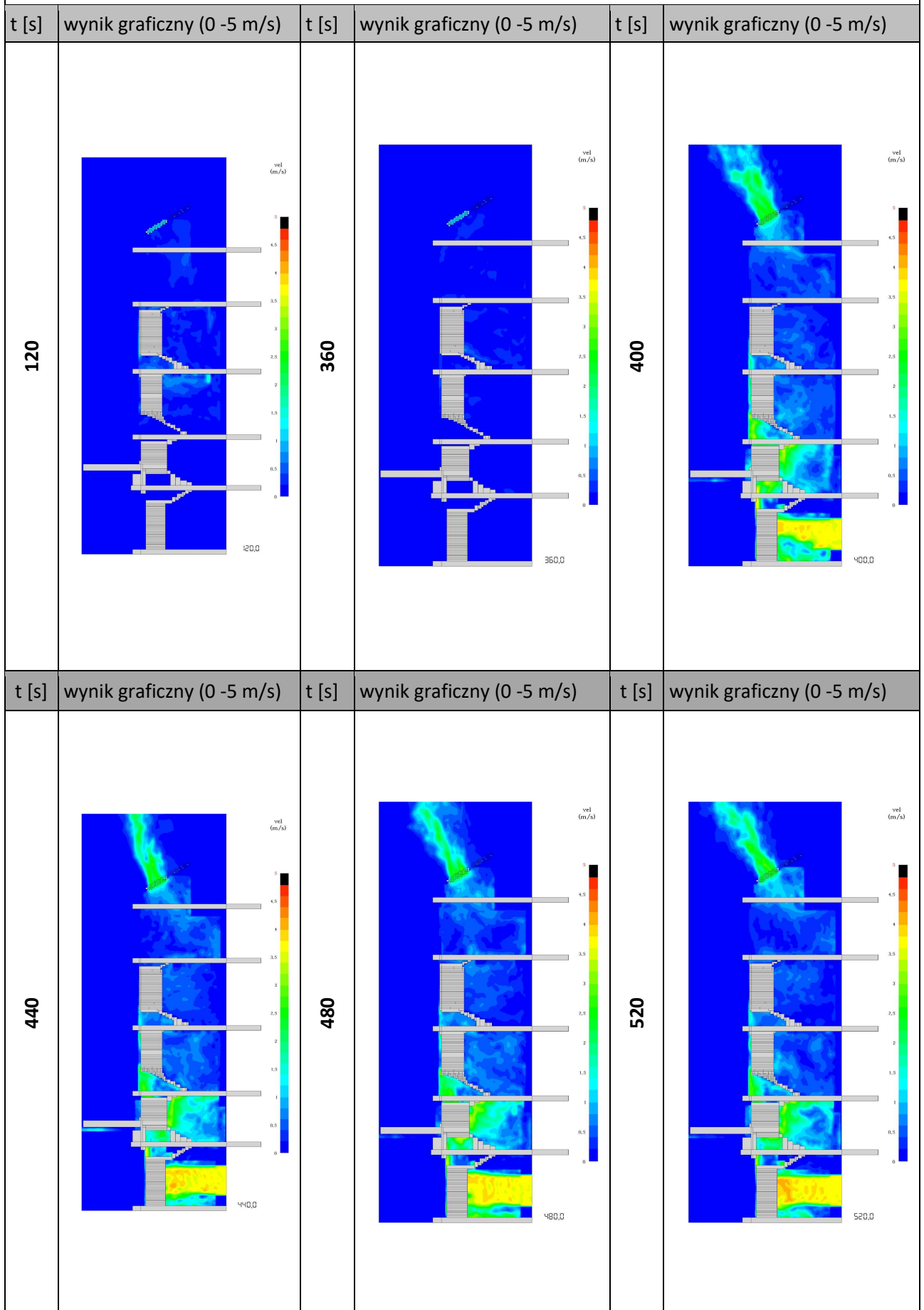
3.1.4 Wyniki — przewidywany rozkład widoczności w przekroju [m]

t [s]	wynik graficzny (0 -30 m)	t [s]	wynik graficzny (0 -30 m)	t [s]	wynik graficzny (0 -30 m)
120		360		400	
440		480		520	

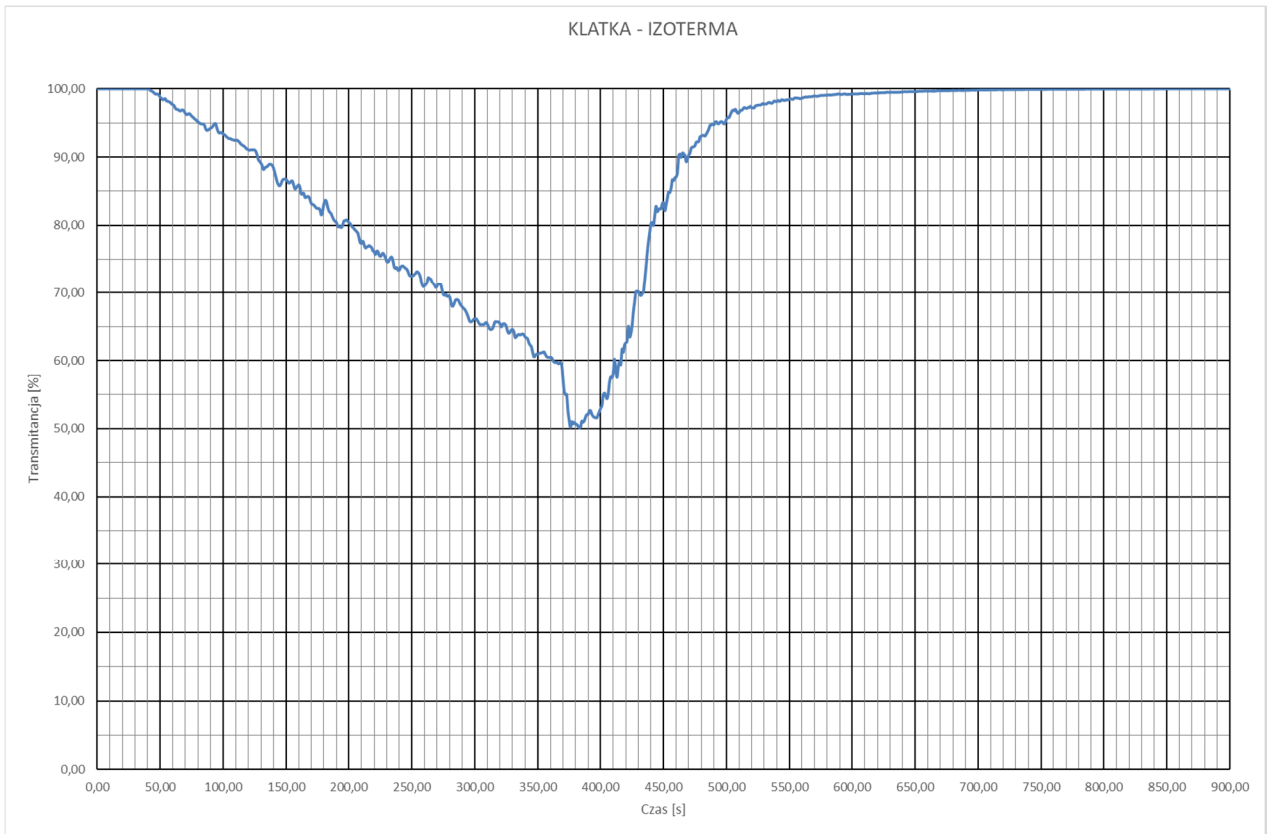
3.1.5 Wyniki — przewidywany rozkład prędkości w przekroju [m/s]

t [s]	wynik graficzny (0 -5 m/s)	t [s]	wynik graficzny (0 -5 m/s)	t [s]	wynik graficzny (0 -5 m/s)
120		360		400	
440		480		520	

3.1.6 Wyniki — przewidywany rozkład prędkości w przekroju [m/s]



### 3.1.7 Wykres transmitancji światła na wysokości 2,0 m nad spocznikiem ostatniej kondygnacji



## **4 Wnioski**

### **4.1 Analiza wyników**

#### **4.1.1 Transmitancja światła**

Transmitancja światła na wysokości 2,0 m ponad spocznikiem na ostatniej kondygnacji +1 (na poziomie +13,20) osiągnęła poziom powyżej 95%/m dla:

S1 – w czasie 495 s od początku symulacji, czas oddymiania wyniósł  $t_{\text{odd}}=135$  s, tempo oddymiania: 13,37 s/m;

Dla analizowanego scenariusza dym został usunięty z klatki schodowej do poziomu ponad 95% transmitancji światła w czasie 135 sekund od uruchomienia instalacji. Czas ten jest szybszy od dopuszczalnego maksymalnego czasu oddymiania dla analizowanej klatki wynoszącego 181,8 sekundy.

#### **4.1.2 Prędkość powietrza**

Prędkość powietrza w klatce schodowej nie przekroczyła 5 m/s na kondygnacji nawiewu utrzymywała się powyżej 4 m/s.

### **4.2 Podsumowanie**

Na podstawie przeprowadzonych analiz stwierdzono, iż zaprojektowany system oddymiania skutecznie usuwa dym z przestrzeni klatki schodowej, spełniając cele wynikające z obowiązujących przepisów, oraz zasad wiedzy technicznej.

### **4.3 Zalecenia wykonawcze**

Na etapie realizacji projektowanej instalacji, niezbędne jest wykonanie ostatecznej regulacji, skoordynowania i sprawdzenia urządzenia do usuwania dymu. Kratę nawiewną należy nastawić w taki sposób aby powietrze kierowane było w stronę posadzki.

## 5 Bibliografia

- [1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. z 15.06.02 r. Nr 75, poz. 690 ze zmianami).
- [2] 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 z 2010, poz. 719).
- [3] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 24 lipca 2009 r. w sprawie przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę oraz dróg pożarowych. (Dz. U. Nr 124 z 2009, poz. 1030).
- [4] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 5 sierpnia 2023 r. w sprawie uzgadniania projektu zagospodarowania działki lub terenu, projektu architektoniczno-budowlanego, projektu technicznego oraz projektu urządzenia przeciwpożarowego pod względem zgodności z wymaganiami ochrony przeciwpożarowej (Dz. U. z 2023 r. poz. 1563).
- [5] BS 5588-12 Fire precautions in the design, construction and use of buildings. Part 12: Managing fire safety / Środki bezpieczeństwa z zakresu ochrony przeciwpożarowej przy projektowaniu, budowie i użytkowaniu budynków. Część 12: Zarządzanie bezpieczeństwem pożarowym.
- [6] BS 7899-2 Code of practice for assessment of hazard to life and health from fire. Part 2: Guidance on methods for the quantification of hazards to life and health and estimation of time to incapacitation and death in fires / Procedury postępowania odnośnie oceny zagrożenia życia i zdrowia na skutek pożaru Część 2: Przewodnik po metodach oznaczenia ilościowego zagrożenia życia i zdrowia oraz szacowania czasu obezwładnienia i śmierci w pożarach.
- [8] "Stosowanie narzędzi inżynierii bezpieczeństwa pożarowego do określania warunków ewakuacji ludzi" Marian Skaźnik - artykuł -Ochrona Pożarowa nr 3/2010 (33).
- [9] PD 7974-6:2019 Application of fire safety engineering principles to the design of buildings – Part 6: Human factors: Life safety strategies – Occupant evacuation, behaviour and condition (Sub-system 6)
- [10] Wytyczne CNBOP-PIB W-0003:2006 System oddymiania klatek schodowych. Wydanie 2, maj 2019 r.
- [11] Wytyczne projektowe: przyjęto według przekazanych materiałów.

## 6 Spis ilustracji

Ilustracja 1: Przekrój analizowanej klatki schodowej z wybranymi elementami .....	4
Ilustracja 3: Krzywa mocy pożaru testowego dla scenariusza S1.....	7
Ilustracja 4: Przykładowa ilustracja wynikowa z programu SmokeView z legendą .....	8
Ilustracja 5: Wizualizacja modelu obliczeniowego dla scenariusza S1 .....	9
Ilustracja 6: Wizualizacja modelu obliczeniowego dla scenariusza S1.....	10