

Analiza CFD systemu oddymiania klatki schodowej BK2 Samodzielnego Publicznego Zakładu Opieki Zdrowotnej Ministerstwa Spraw Wewnętrznych i Administracji w Poznaniu

 <p>Jednostka Opracowująca:</p>	<p>MERITUM Grupa Budowlana Sp. z o.o. Sp. k. ul. Jugowicka 8a, 30-443 Kraków tel./fax. (032) 623 35 13 www.meritumgb.pl</p>		
 <p>Zlecniodawca:</p>	<p>Samodzielny Publiczny Zakład Opieki Zdrowotnej Ministerstwa Spraw Wewnętrznych i Administracji w Poznaniu im. prof. Ludwika Bierkowskiego ul. Dojazd 34, 60-631 Poznań www.szpitalmswia.poznan.pl</p>		
<p>Nazwa i adres inwestycji:</p>	<p>Rozbudowa Samodzielnego Publicznego Zakładu Opieki Zdrowotnej Ministerstwa Spraw Wewnętrznych i Administracji w Poznaniu im. prof. Ludwika Bierkowskiego ul. Dojazd 34, 60-631 Poznań</p>		
<p>Wydanie 1</p>			
<p>Autorzy opracowania</p>			
Zakres opracowania	Imię i Nazwisko	Podpis	Data
Opracował			
Projektował			
<p>Miejsce i data opracowania</p>			
<p>Poznań, kwiecień 2020 r.</p>			

Spis treści

1 Dane wyjściowe	4
1.1 Przedmiot opracowania	4
1.2 Podstawa opracowania	4
1.3 Cel opracowania	4
1.4 Opis obiektu i zakres opracowania	5
1.5 System instalacji wentylacji oddymiającej	5
1.6 Rysunek analizowanej klatki schodowej	5
2 Symulacje FDS	6
2.1 Metodyka analizy	6
2.1.1 Cechy i wersja programu FDS	6
2.1.2 Weryfikacja i walidacja FDS	6
2.1.3 Modele matematyczno-fizyczne programu FDS	6
2.2 Założenia podstawowe (warunki technologiczne, temperatura, ciśnienie)	7
2.3 Scenariusze pożarowe przyjęte do analizy	7
2.4 Uzasadnienie przyjętego do analizy modelu pożaru	8
2.5 Kryterium oceny skuteczności systemu oddymiania	8
2.6 Gęstość siatki obliczeniowej (przyjęto do wszystkich scenariuszy)	9
2.7 Źródło pożaru przyjęte do wszystkich scenariuszy	9
2.8 Weryfikacja wyników FDS – legenda	10
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 prędkości [m/s]	13
3.1.5 Wyniki — przewidywany rozkład prędkości w kierunku z [m/s]	13
3.1.6 Wyniki — przewidywany rozkład widoczności na kondygnacji +9 [m]	14
3.1.7 Wykres zmian transmitancji światła na wysokości 2,0 m nad spocznikiem	15
3.2 Scenariusz S2	16
3.2.1 Charakterystyka i założenia do scenariusza S2	16
3.2.2 Opis analizowanego scenariusza	16
3.2.1 Wyniki — przewidywany rozkład widoczności w przekroju [m]	17
3.2.2 Wyniki — przewidywany rozkład ciśnienia w przekroju przez drzwi [m]	18
3.2.3 Wyniki — przewidywany rozkład prędkości [m/s]	19
3.2.4 Wyniki — przewidywany rozkład prędkości w kierunku z [m/s]	19
3.2.5 Wyniki — przewidywany rozkład widoczności na kondygnacji +9 [m]	20

3.2.6	Wykres zmian transmitancji światła na wysokości 2,0 m nad spocznikiem	21
3.3	Scenariusz S3	22
3.3.1	Charakterystyka i założenia do scenariusza S3	22
3.3.2	Opis analizowanego scenariusza	22
3.3.3	Wyniki — przewidywany rozkład widoczności w przekroju [m].....	23
3.3.4	Wyniki — przewidywany rozkład ciśnienia w przekroju przez drzwi [m].....	24
3.3.5	Wyniki — przewidywany rozkład prędkości [m/s].....	25
3.3.6	Wyniki — przewidywany rozkład prędkości w kierunku z [m/s]	25
3.3.7	Wyniki — przewidywany rozkład widoczności na kondygnacji +9 [m]	26
3.3.8	Wykres zmian transmitancji światła na wysokości 2,0 m nad spocznikiem	27
4	Wnioski.....	28
4.1	Analiza wyników	28
4.1.1	Transmitancja światła	28
4.1.2	Czas, w którym dym utrzymywał się na pojedynczej kondygnacji.....	28
4.1.3	Prędkość powietrza.....	28
4.1.4	Maksymalne ciśnienie	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
4.2	Podsumowanie.....	29
4.3	Zalecenia wykonawcze:.....	29
5	Bibliografia.....	30
6	Spis ilustracji	31

1 Dane wyjściowe

1.1 Przedmiot opracowania

Przedmiotem opracowania jest analiza CFD zaprojektowanego systemu oddymiania klatki schodowej BK2 znajdującej się w tzw. „budynku łóżkowym” rozbudowywanego Samodzielnego Publicznego Zakładu Opieki Zdrowotnej MSWiA w Poznaniu im. prof. Ludwika Bierkowskiego. Rozbudowa polega na budowie bloku operacyjnego i centralnej sterylizacji, budowie drogi dojazdowej i przeciwpożarowej wraz z portiernią, budowie windy zewnętrznej z łącznikiem.

1.2 Podstawa opracowania

Podstawę niniejszej analizy stanowią:

- Ekspertyza techniczna stanu bezpieczeństwa pożarowego – opracowanie: mgr inż. Łukasz Kuziora oraz inż. bud. ląd. Marian Nocola, styczeń 2018 r. uzgodniona postanowieniami KW PSP nr 8/2018, 8-1/2018, 8-2/2018 z dnia 19 marca 2018 r.
- Ekspertyza techniczna stanu ochrony przeciwpożarowej – opracowanie: rzeczoznawca ds. zabezpieczeń ppoż. Jacek Podyma oraz rzeczoznawca budowlany Kazimierz Miedziński, sierpień 2019 r. uzgodniona postanowieniem KW PSP nr 385/2019 z dnia 23 października 2019 r.
- „Projekt urządzenia do usuwania dymu z przestrzeni klatki schodowej BK2 Samodzielnego Publicznego Zakładu Opieki Zdrowotnej Ministerstwa Spraw Wewnętrznych i Administracji w Poznaniu” z dnia 26.03.2020 opracowany przez Meritum Grupa Budowlana Sp. z o.o. sp.k.

Zgodnie z powyższymi postanowieniami klatka schodowa BK2 zostanie zamknięta drzwiami dymoszczelnymi w klasie odporności ogniowej EI30 oraz wyposażona w system oddymiania złożony z wentylatora napowietrzającego i wyciągowego. System oddymiania klatki schodowej należy zaprojektować w oparciu o wyniki symulacji komputerowych oddymiania z uwzględnieniem układu nadciśnieniowego zastosowanego w szybie dźwigowym oraz przedsionku przy klatce schodowej.

1.3 Cel opracowania

Celem niniejszego opracowania jest weryfikacja „Projektu urządzenia do usuwania dymu z przestrzeni klatki schodowej BK2 Samodzielnego Publicznego Zakładu Opieki Zdrowotnej Ministerstwa Spraw Wewnętrznych i Administracji w Poznaniu” z dnia 26.03.2020 opracowanego przez Meritum Grupa Budowlana Sp. z o.o. sp.k., z uwzględnieniem układu nadciśnieniowego zastosowanego w szybie dźwigowym oraz przedsionku przy klatce schodowej BK2, zgodnie z postanowieniami KW PSP nr 8/2018, 8-1/2018, 8-2/2018 z dnia 19 marca 2018 r. oraz KW PSP nr 385/2019 z dnia 23 października 2019 r. 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 mechanicznego systemu oddymiania;
- czasu, w którym dym utrzymuje się na jednej kondygnacji dla przyjętego pożaru projektowego;
- przewidywanej prędkości przepływu powietrza przez oddymianą klatkę schodową;

z uwzględnieniem maksymalnego dopuszczalnego nadciśnienia w klatce schodowej. Z uwagi na projektowany system nadciśnieniowy w przyległym do klatki schodowej BK2 przedsionku (45 Pa) i szybie dźwigowym (50 Pa), dla klatki schodowej BK2 projektuje się maksymalne nadciśnienie wynoszące 40 Pa, co ma umożliwić przepływ dymu do klatki schodowej BK2, z której dym jest usuwany i zapobiec przepływowi dymu do przedsionka chronionego systemem nadciśnieniowym. W związku z powyższym zaprojektowano jednostkę napowietrzającą o zmiennym wydatku napowietrzania z układem pomiaru ciśnienia, której zadaniem jest kontrolowanie nadciśnienia panującego w klatce schodowej. W symulacji uwzględniono maksymalne dopuszczalne nadciśnienie wynoszące 40 Pa.

Nie zakłada się wystąpienia pożaru na klatce schodowej, a przedmiotowa analiza służy wyłącznie ocenie skuteczności zaprojektowanego systemu oddymiania w przypadku przedostania się dymu do

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

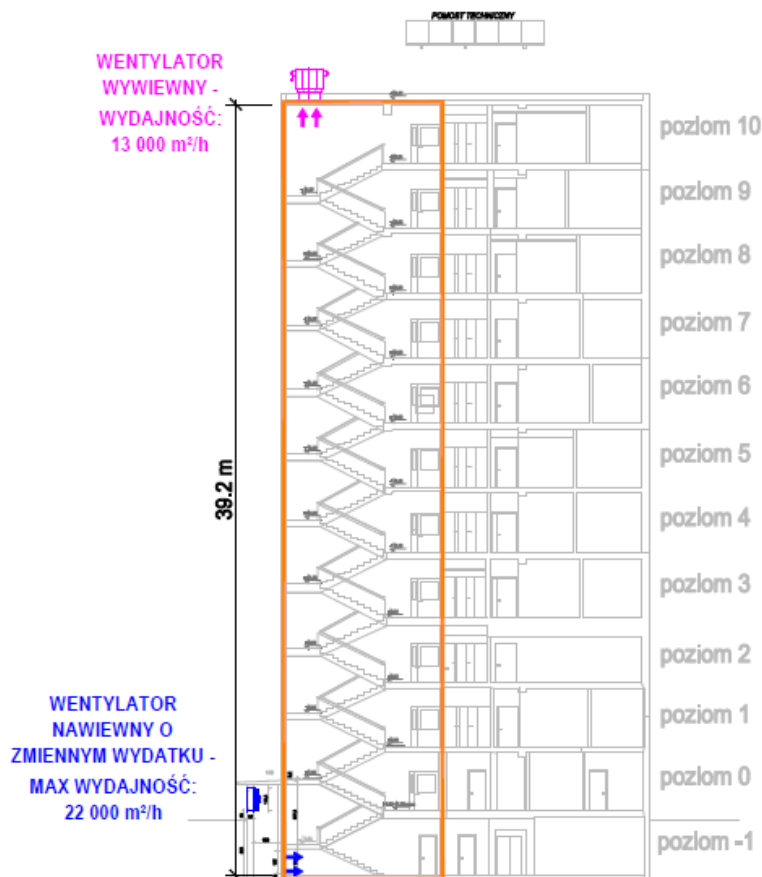
Przedmiotowa klatka schodowa znajduje się w budynku wysokim (W) zakwalifikowanym do kategorii zagrożenia ludzi ZLII. Klatka składa się z 11 kondygnacji nadziemnych i jednej kondygnacji podziemnej. Wysokość wewnętrzna klatki schodowej wynosi 39,2 m. Zgodnie z postanowieniami KW PSP nr 8/2018, 8-1/2018, 8-2/2018 z dnia 19 marca 2018 r. oraz KW PSP nr 385/2019 z dnia 23 października 2019 r. przedmiotowa klatka zostanie wydzielona drzwiami dymoszczelnymi w klasie odporności ogniowej EI30 oraz wyposażona w system oddymiania złożony z dwóch wentylatorów: napowietrzającego oraz wyciągowego.

1.5 System instalacji wentylacji oddymiającej

Zgodnie z projektem oddymianie odbywać się będzie poprzez wywiew mechaniczny o stałej wydajności $13\,000\text{ m}^3/\text{h}$ zlokalizowany w stropodachu nad klatką schodową oraz wentylator nawiewny ze zmiennym wydatkiem o maksymalnej wydajności równej $22\,000\text{ m}^3/\text{h}$ nawiewający powietrze pod najniższy spocznik klatki schodowej na kondygnacji podziemnej. Zadaniem jednostki napowietrzającej o zmiennym wydatku jest wytworzenie zadanej wartości nadciśnienia w przestrzeni klatki schodowej – nieprzekraczającej 40 Pa.

Uruchomienie systemu oddymiania nastąpi po wykryciu dymu w budynku. W tym celu w obrębie klatki schodowej wykonany będzie system detekcji dymu podłączony do systemu sygnalizacji pożarowej. Czujki optyczno-termiczne rozmieszczone będą na każdej kondygnacji klatki schodowej oraz minimum po jednej czujce poza klatką schodową – przy wejściu na klatkę schodową BK2. Czujki podłączone będą bezpośrednio do systemu sygnalizacji pożarowej – zgodnie z projektem SSP.

1.6 Rysunek analizowanej klatki schodowej



Ilustracja 1: Schemat analizowanej klatki schodowej (klatka oznaczona pomarańczową obwiednią)

2 Symulacje FDS

2.1 Metodyka analizy

Niniejsza analiza została wykonana na podstawie symulacji numerycznych CFD. Symulacje wykonane zostały przy użyciu programu Fire Dynamic Simulation (FDS) wersja 6.7.4 z marca 2020 r.

2.1.1 Cechy i wersja programu FDS

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

Dane wsadowe zostały wykonane przy użyciu oprogramowania PyroSim. Obliczenia zostały wykonane za pomocą programu Fire Dynamics Simulator (FDS). Jest to program obliczeniowej dynamiki płynów dedykowany symulacji rozwoju pożaru, stworzony przez Narodowy Instytut Standaryzacji i Technologii USA (NIST). 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 jest przedstawiony w (ang.) „*NIST Special Publication 1018-2 (Sixth Edition): Fire Dynamics Simulator Technical Reference Guide Volume 2: Verification; Kevin McGrattan, Simo Hostikka, Randall McDermott, Jason Floyd, Craig Weinschenk, Kristopher Overholt.*”-ang.

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. Opisany dokument jest przedstawiony w (ang.) „*NIST Special Publication 1018-3 (Sixth Edition): Fire Dynamics Simulator Technical Reference Guide Volume 3: Validation, Kevin McGrattan, Simo Hostikka, Randall McDermott, Jason Floyd, Craig Weinschenk, Kristopher Overholt.*”-ang.

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 branżowego zostaje wyposażony w:

- Instalację detekcji dymu podłączoną do systemu sygnalizacji pożarowej;
- Wentylator oddymiający o wydajności 13 000 m³/h zlokalizowany w stropodachu nad klatką schodową;
- Jednostkę napowietrzającą o zmiennym wydatku i maksymalnej wydajności 22 000 m³/h nawiewającą powietrze pod najniższym spocznikiem klatki schodowej na kondygnacji podziemnej;

Założenia temperaturowe

Z uwagi na fakt, iż przedmiotowa klatka schodowa oddymiania jest mechanicznie, jako temperaturę początkową 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 – zgodnie z wytycznymi CNBOP-PIB [10]. Wydajność nawiewu równa wydajności wywiewu 13 000 m ³ /h.	Weryfikacja skuteczności zadziałania systemu oddymiania
S2	Zadymienie klatki schodowej pożarem testowym zlokalizowanym na drugiej kondygnacji nadziemnej – zgodnie z wytycznymi CNBOP-PIB [10]. Wydajność nawiewu równa 20 000 m ³ /h.	Weryfikacja skuteczności zadziałania systemu oddymiania
S3	Zadymienie klatki schodowej pożarem testowym zlokalizowanym poza klatką schodową, na kondygnacji podziemnej, gdzie dym przedostaje się do klatki schodowej w wyniku otwartych drzwi przez czas 120 s. Wydajność nawiewu równa 20 000 m ³ /h.	Weryfikacja skuteczności zadziałania systemu oddymiania

W scenariuszu S1 przyjęto minimalną wydajność napowietrzania 13 000 m³/h, którą założono jako równą wydajności wywiewu. Dla scenariusza S2 przyjęto wydajność nawiewu 20 000 m³/h, dla której ciśnienie w klatce schodowej nie przekracza jeszcze 40 Pa. Należy podkreślić, iż projektowany system oddymiania będzie wyposażony w jednostkę napowietrzającą o zmiennym wydatku napowietrzania z układem pomiaru ciśnienia, której zadaniem jest kontrolowanie nadciśnienia panującego w klatce schodowej.

W związku z brakiem przedsionka na kondygnacji -1 oraz parterze, dokonano analizy scenariusza S3, w którym przyjęto pożar zlokalizowany poza klatką schodową na kondygnacji -1. Założono, iż przedostawanie się dymu do klatki schodowej z najniższej kondygnacji będzie skutkowało bardziej

niekorzystnymi wynikami niż z poziomu parteru. Założono, że dym przedostaje się do klatki schodowej przez otwarte drzwi w czasie 120 s.

2.4 Uzasadnienie przyjętego do analizy modelu pożaru

Scenariusze S1 i S2 przyjęto zgodnie z wytycznymi CNBOP-PIB [10], które nie zakładają 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.

W przedmiotowej klatce schodowej nie przewiduje się przechowywania materiałów, które mogłyby spowodować na niej pożar. W analizowanym przypadku drzwi na klatkę schodową, zgodnie z postanowieniami KW PSP nr 8/2018, 8-1/2018, 8-2/2018 z dnia 19 marca 2018 r. oraz KW PSP nr 385/2019 z dnia 23 października 2019 r., mają być dymoszczelne wykonane w klasie odporności ogniowej EI30. Oznacza to, że w przypadku drzwi przeciwpożarowych istniejących dymoszczelność będzie zapewniona poprzez montaż uszczelki dymoszczelnych z wyłączeniem szczeliny pod drzwiami, a w przypadku drzwi projektowanych, klasa dymoszczelności będzie potwierdzona przez producenta. Na większości kondygnacji wejście do klatki schodowej prowadzi przez przedsionki. Wyjątek stanowią kondygnacja podziemna oraz parter, na których brak jest przedsionków prowadzących na klatkę schodową BK2. Na kondygnacjach tych projektuje się drzwi wykonane w klasie EI30, dla których klasa dymoszczelności będzie potwierdzona przez producenta. W związku z powyższym zadymienie klatki schodowej jest najbardziej prawdopodobne w przypadku, gdy z kondygnacji bez przedsionka nastąpi otwarcie drzwi. Z tego względu dodatkowo dokonano analizy scenariusza S3.

Z przestrzeni klatki schodowej BK2 prowadzą również drzwi EI60 do przedsionka szachtu windowego, znajdującego się w sąsiedniej strefie pożarowej. W szybie dźwigowym projektuje się system nadciśnieniowy na 50 Pa, a w przedsionku na 45 Pa. W związku z powyższym w przestrzeni przedsionka windy nie przewiduje się obecności dymu, który mógłby przedostawać się do klatki BK2.

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:

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

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 poziomie +1, czas oddymiania powinien być nie dłuższy niż $t_{odd,dop} = 570$ s ($h=31,7$ m). W przypadku źródła pożaru na poziomie -1 czas ten wynosi $t_{odd,dop} = 687$ s ($h=38,2$ m).

Dodatkowo dla zadanego pożaru projektowego sprawdzono czas, w którym dym utrzymuje się na kondygnacji. Przyjęto, że spocznik jest wolny od dymu, gdy zasięg widzialności na wysokości 2,0 m powyżej spocznika jest nie mniejszy niż 10,0 m. Kryterium widoczności przyjmuje się jak dla widoczności elementów budowlanych świecących światłem odbitym.

2.6 Gęstość siatki obliczeniowej (przyjęto do wszystkich scenariuszy)

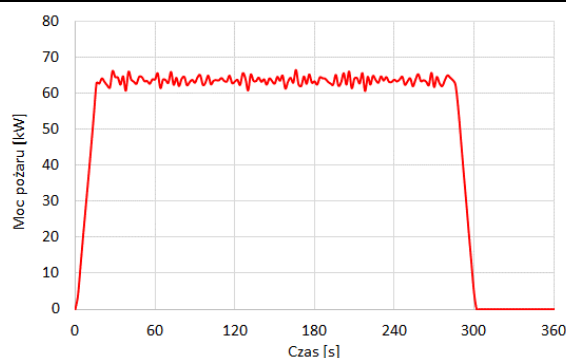
Siatka obliczeniowa	
Liczba komórek obliczeniowych	1,53 mln (S1 i S2) / 1,73 mln (S3)
Wymiar pojedynczej komórki obliczeniowej x/y/z [cm]	10/10/7,5

2.7 Źródło pożaru przyjęte do wszystkich scenariuszy

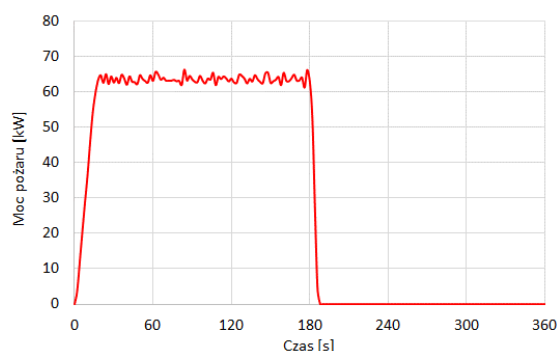
Źródło pożaru przyjęto według wytycznych CNBOP-PIB W-003:2016 [10].

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 ₂ H ₅ OH – etanol	[-]
Wartość strumienia ciepła wyzwalana z jednostki powierzchni	530	[kW/m ²]
Dymotwórczość Ys	0,05	[kg/kg]
Część strumienia cieplnego wyzwalana przez radiację	0,3	[-]
Ciepło spalania	26 780	[kJ/kg]



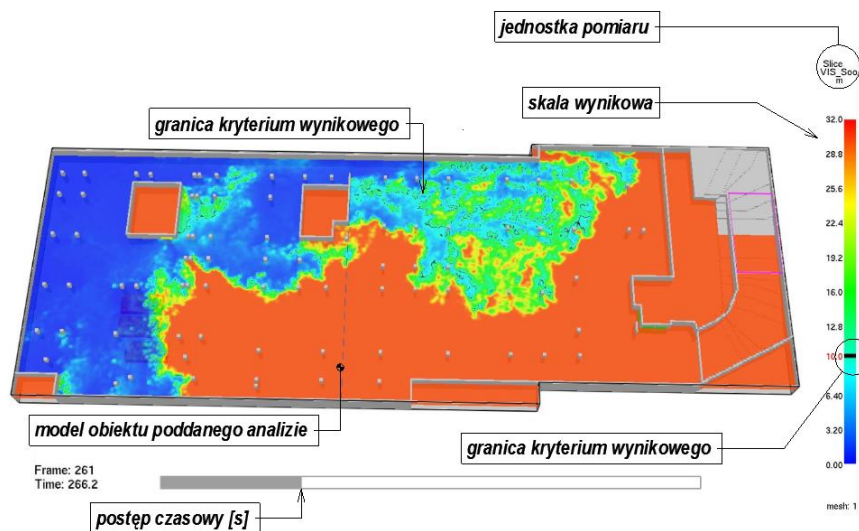
Ilustracja 2: Krzywa mocy pożaru testowego dla scenariusza S1 [analogiczna dla scenariusza S2]



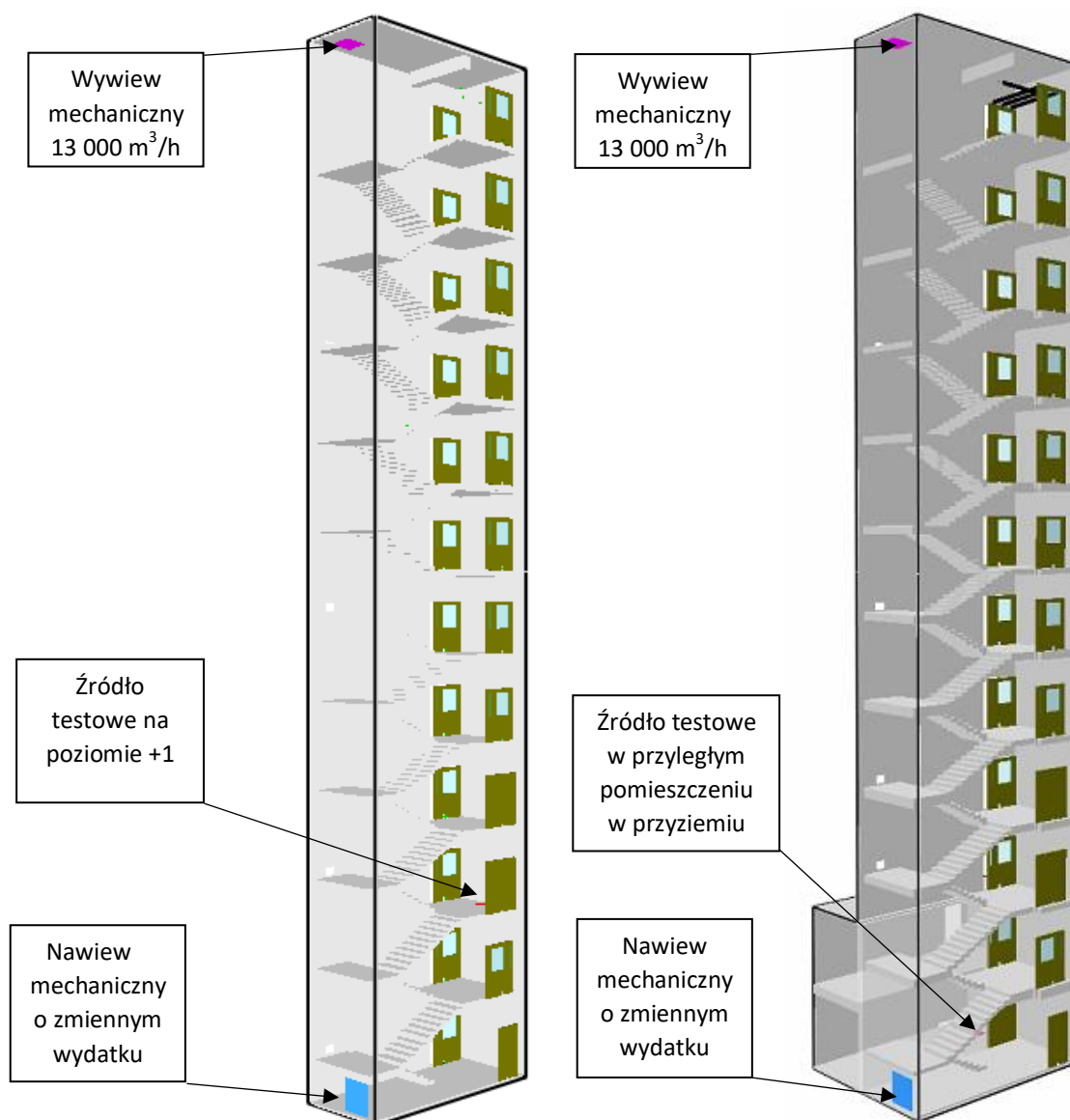
Ilustracja 3: Krzywa mocy pożaru projektowego dla scenariusza S3

W scenariuszu S1 i S2 klatka schodowa zadymiana jest w czasie 0-300 s, a następnie po czasie 360 s od początku symulacji aktywowany jest system oddymiania. W przypadku scenariusza S3, pożar projektowy rozwija się w pomieszczeniu przyległym do klatki schodowej w przyziemiu, a następnie po czasie 60 s następuje otwarcie drzwi na 120 s (otwarcie drzwi 60-180 s czasu symulacji). Po zamknięciu drzwi, czyli w czasie 180 s od początku symulacji, następuje uruchomienie systemu oddymiania.

2.8 Weryfikacja wyników FDS – legenda



Ilustracja 4: Przykładowa ilustracja wynikowa z programu SmokeView z legendą



Ilustracja 5: Wizualizacja modelu obliczeniowego dla scenariusza S1 i S2 (lewy) i S3 (prawy)

3 Część wynikowa z podziałem na scenariusze pożarowe.

3.1 Scenariusz S1

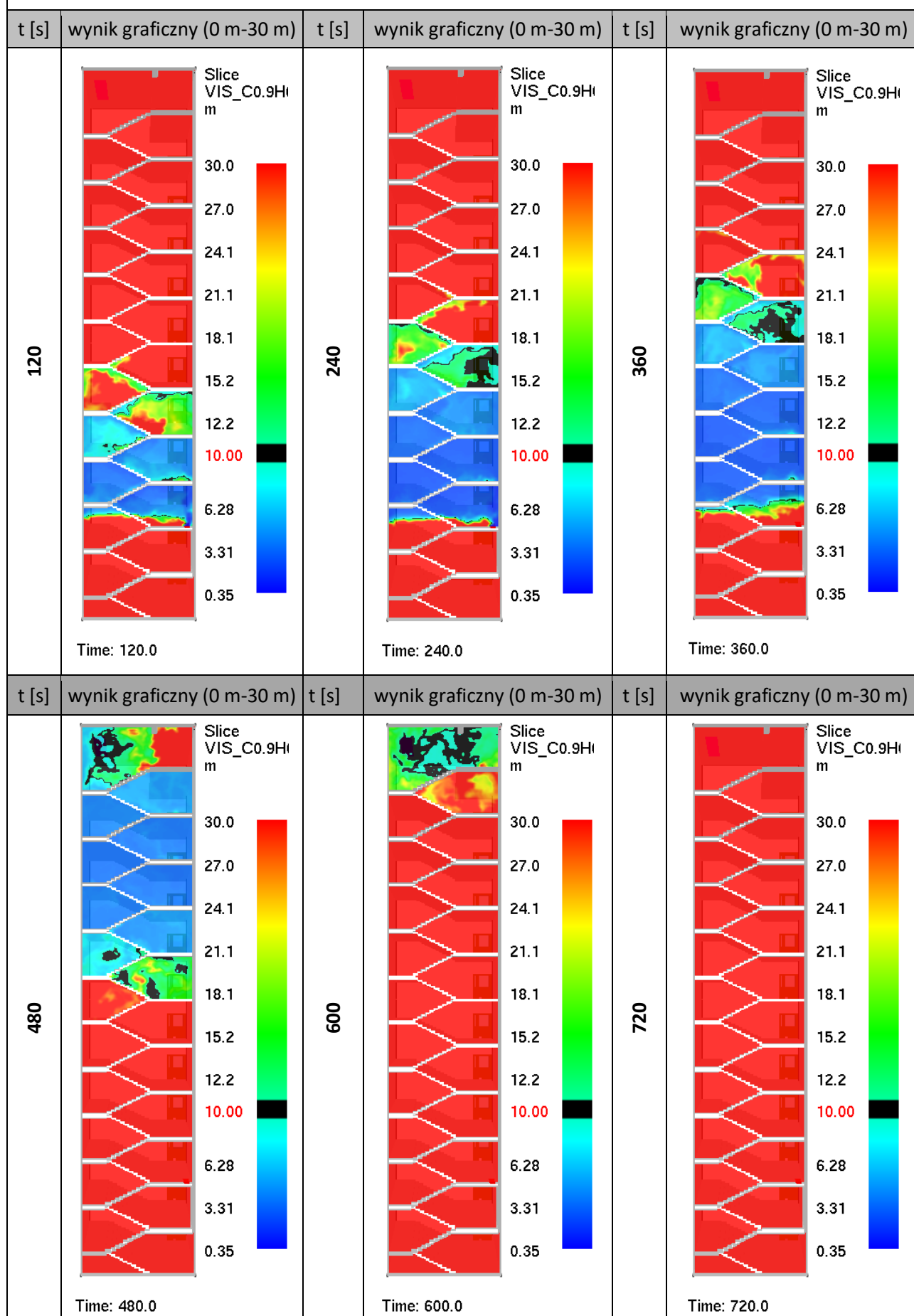
3.1.1 Charakterystyka i założenia do scenariusza S1

Charakterystyka scenariusza		
Wytyczne podstawowe		
Nazwa pomieszczenia objętego scenariuszem		Klatka schodowa:
Powierzchnia obliczeniowa klatki schodowej		18,02 m ²
Kondygnacje objęte opracowaniem		od -1 do +11
Zakres czasowy scenariusza		0 s – 780 s (0-13 min)
System oddymiania		
Nawiew	Wydajność wentylatora nawiewnego	13 000 m ³ /h
	Uruchomienie napowietrzania	360 sekunda
Wywiew	Wydajność wentylatora wywiewnego	13 000 m ³ /h
	Uruchomienie oddymiania	360 sekunda
Warunki początkowe		
Warunki		Izotermiczne
Temperatura wewnętrzna		+20°C
Temperatura zewnętrzna		+20°C

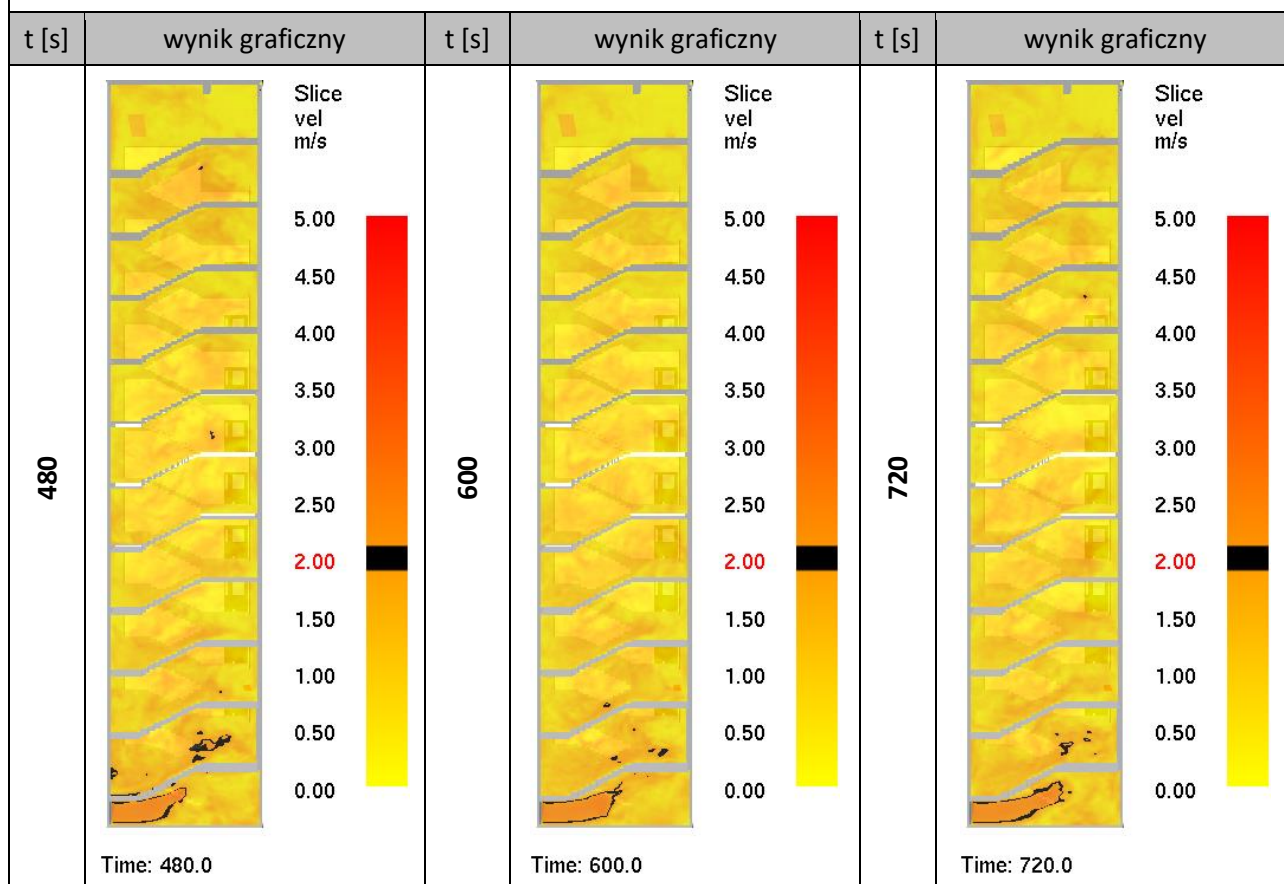
3.1.2 Opis analizowanego scenariusza

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 – wentylator napowietrzający na wydajność 13 000 m³/h oraz wentylator wywiewny na wydajność 13 000 m³/h.

3.1.3 Wyniki — przewidywany rozkład widoczności w przekroju [m]

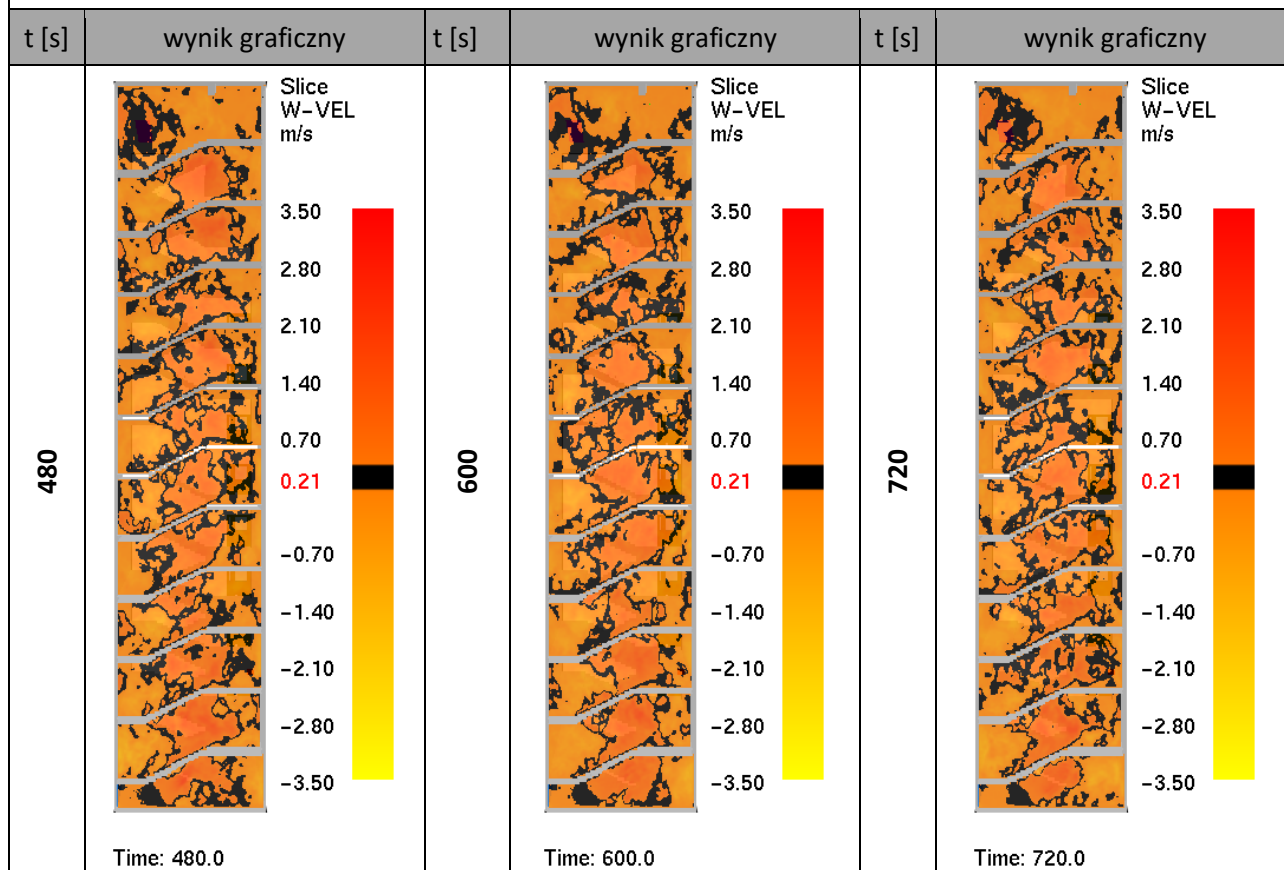


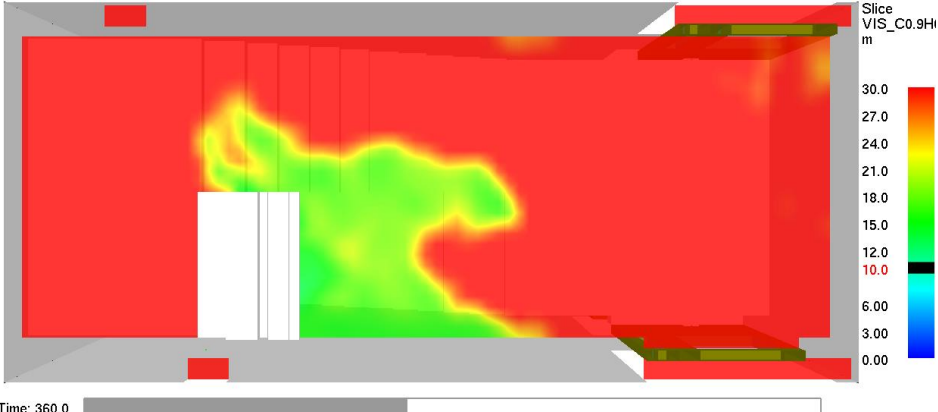
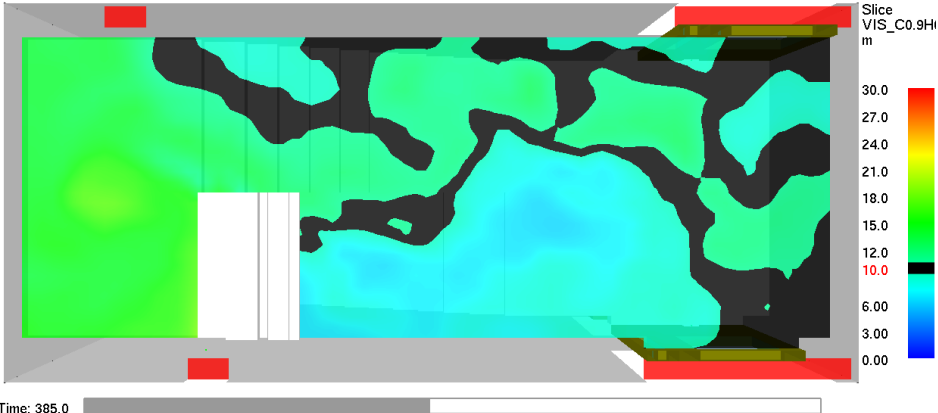

3.1.4 Wyniki — przewidywany rozkład prędkości [m/s]



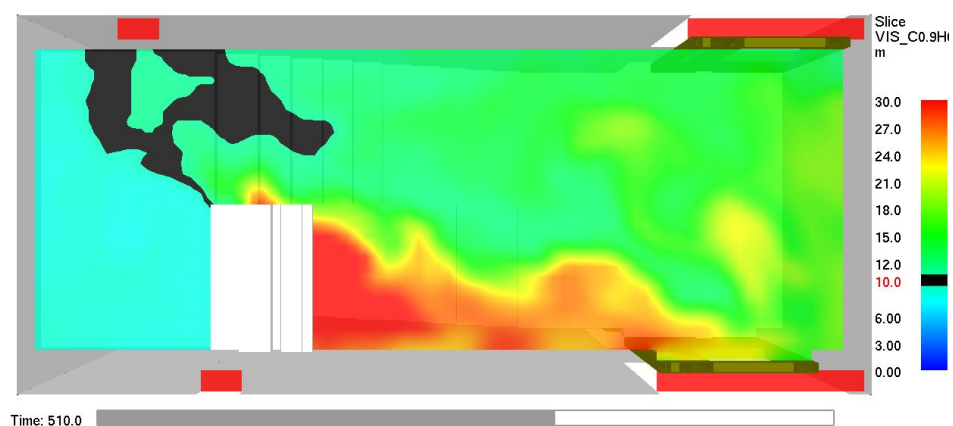
3.1.5 Wyniki — przewidywany rozkład prędkości w kierunku z [m/s]

Kierunek „z” jest prostopadły do pow. obliczeniowej klatki schodowej. Dodatnia wartość oznacza - w górę.

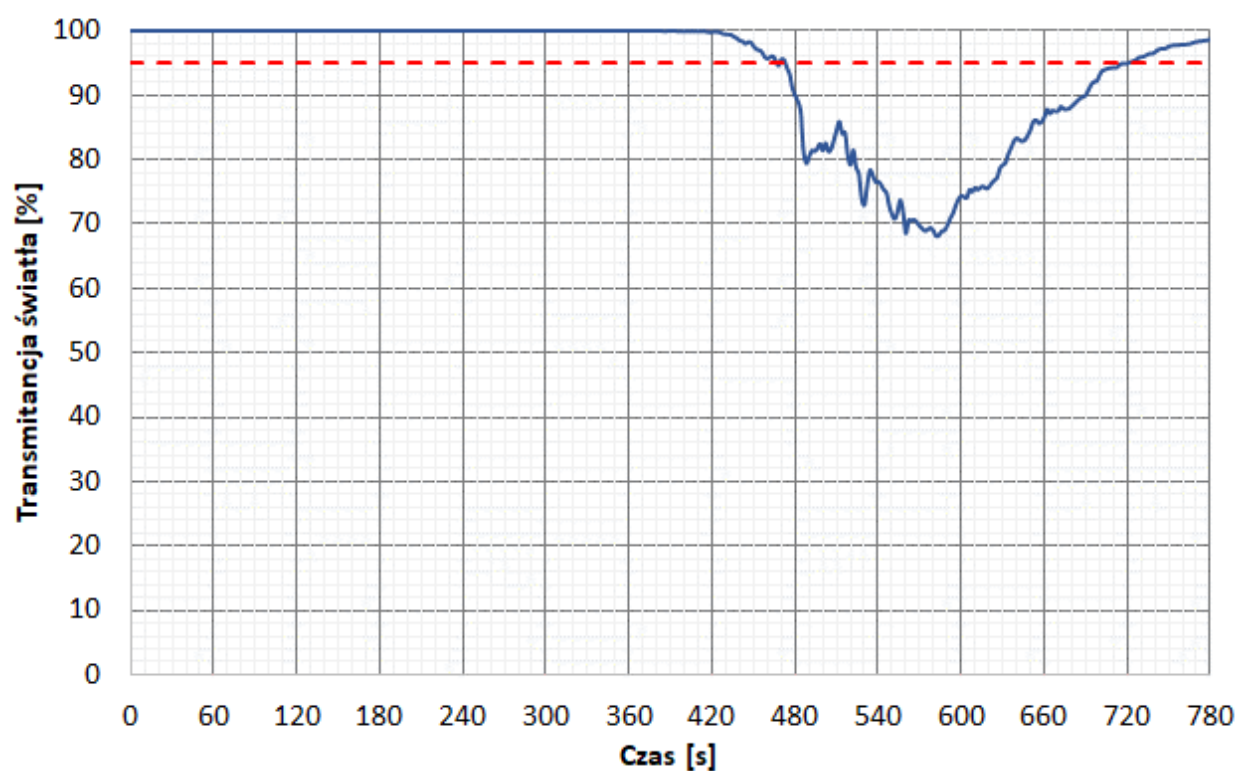


3.1.6	Wyniki — przewidywany rozkład widoczności na kondygnacji +9, wysokość 2,0 m pow. spocznika[m]
t [s]	wynik graficzny (0 m-30 m)
360 – brak dymu na spoczniku	 <p>Time: 360.0</p>
385 – początek zadymienia spocznika	 <p>Time: 385.0</p>
450 – spocznik całkowicie zadymiony	 <p>Time: 450.0</p>

510 – oczyszczenie spocznika z dymu



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



3.2 Scenariusz S2

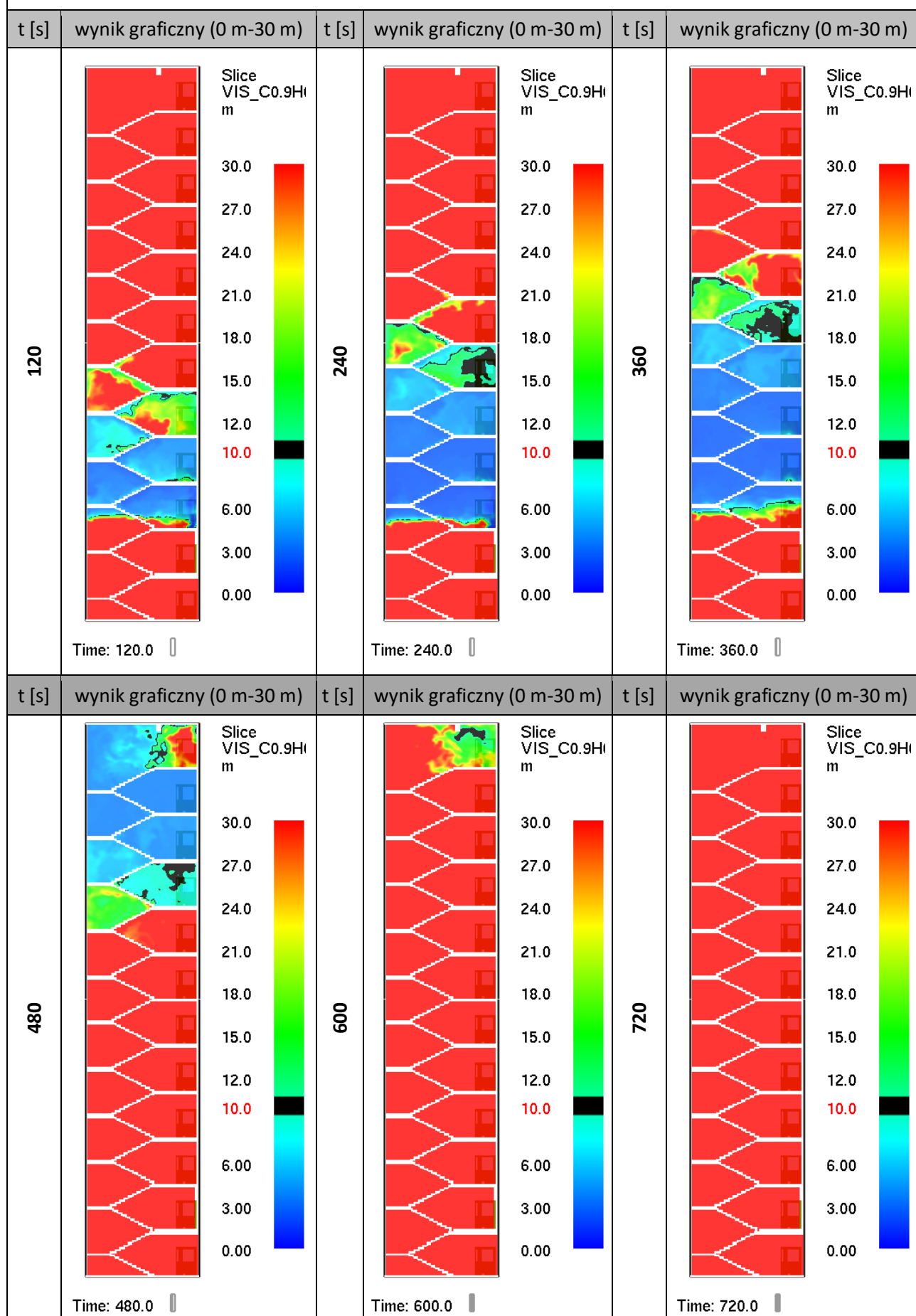
3.2.1 Charakterystyka i założenia do scenariusza S2

Charakterystyka scenariusza		
Wytyczne podstawowe		
Nazwa pomieszczenia objętego scenariuszem		Klatka schodowa:
Powierzchnia obliczeniowa klatki schodowej		18,02 m ²
Kondygnacje objęte opracowaniem		od -1 do +11
Zakres czasowy scenariusza		0 s – 780 s (0-13 min)
System oddymiania		
Nawiew	Wydajność wentylatora nawiewnego	20 000 m ³ /h
	Uruchomienie napowietrzania	360 sekunda
Wywiew	Wydajność wentylatora wywiewnego	13 000 m ³ /h
	Uruchomienie oddymiania	360 sekunda
Warunki początkowe		
Warunki		Izotermiczne
Temperatura wewnętrzna		+20°C
Temperatura zewnętrzna		+20°C

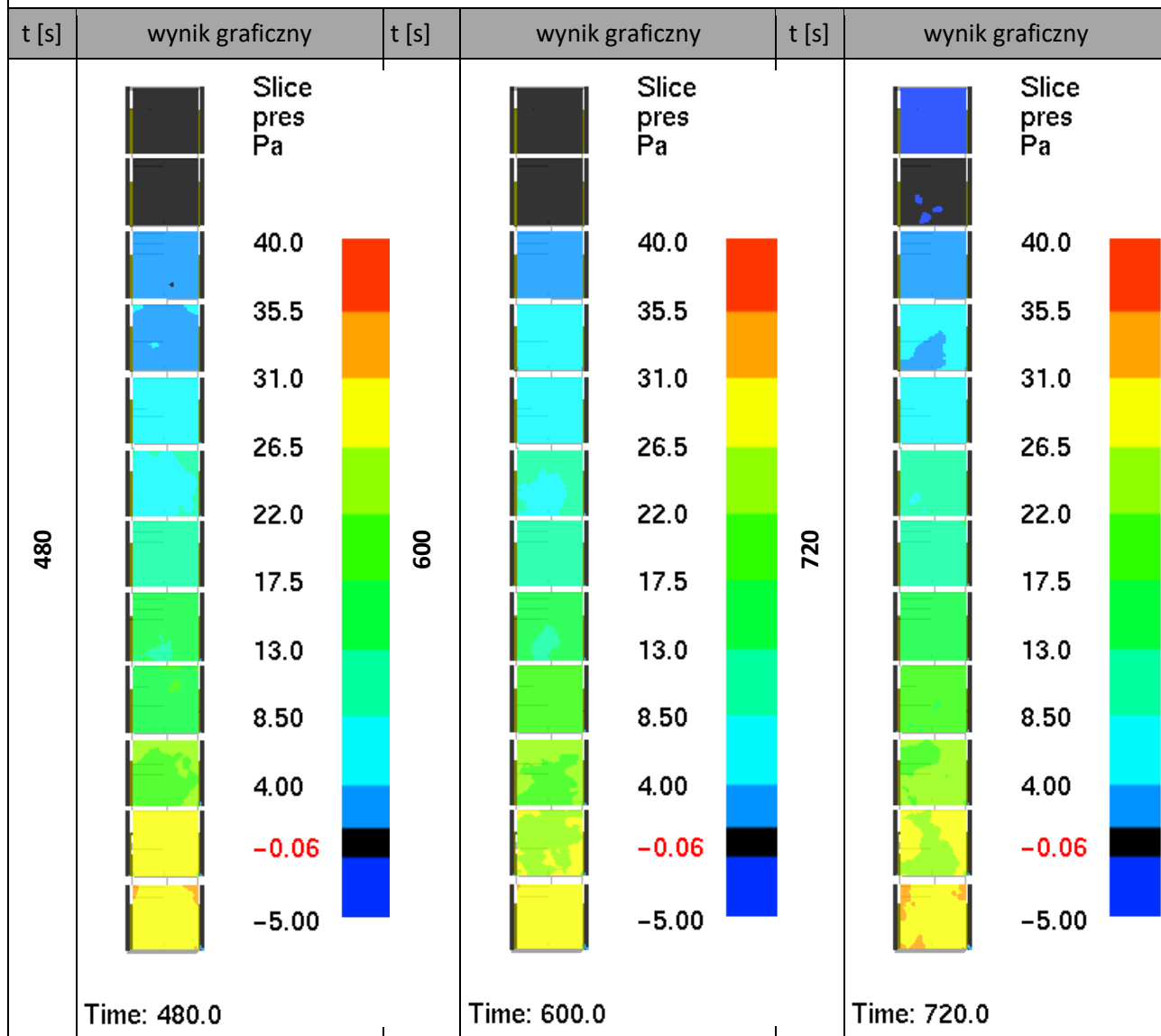
3.2.2 Opis analizowanego scenariusza

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 – wentylator napowietrzający na wydajność 20 000 m³/h oraz wentylator wywiewny na wydajność 13 000 m³/h.

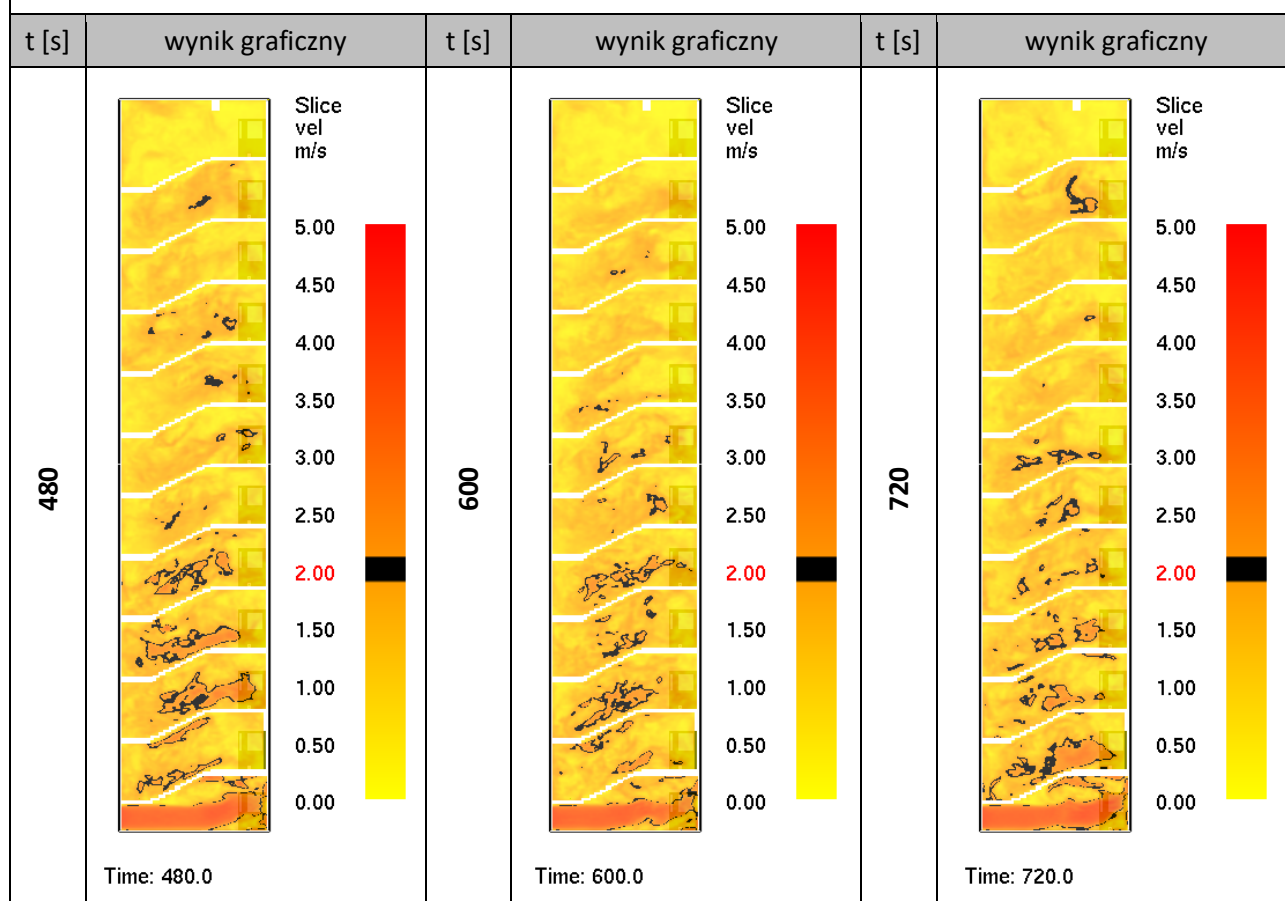
3.2.1 Wyniki — przewidywany rozkład widoczności w przekroju [m]



3.2.2 Wyniki — przewidywany rozkład ciśnienia w przekroju przez drzwi [m]

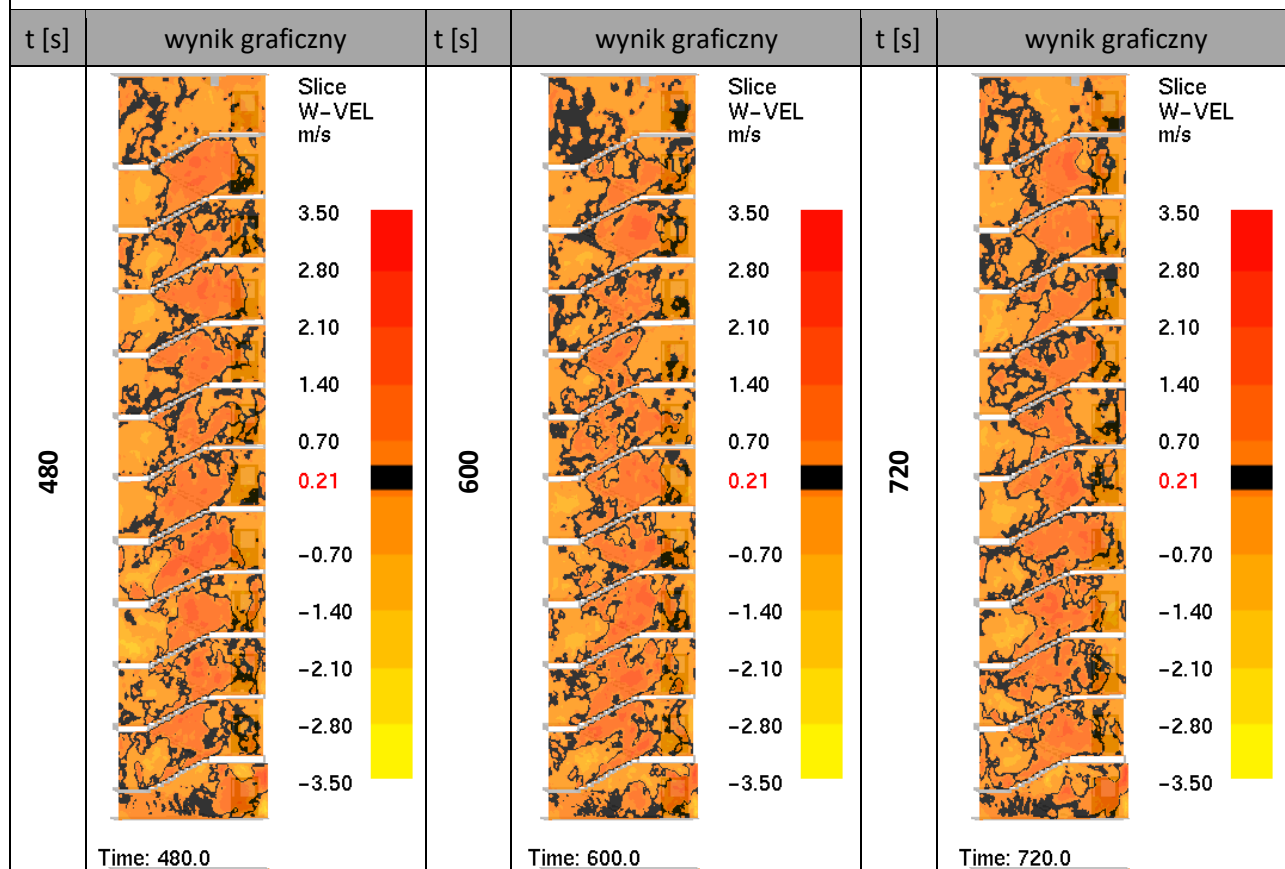


3.2.3 Wyniki — przewidywany rozkład prędkości [m/s]

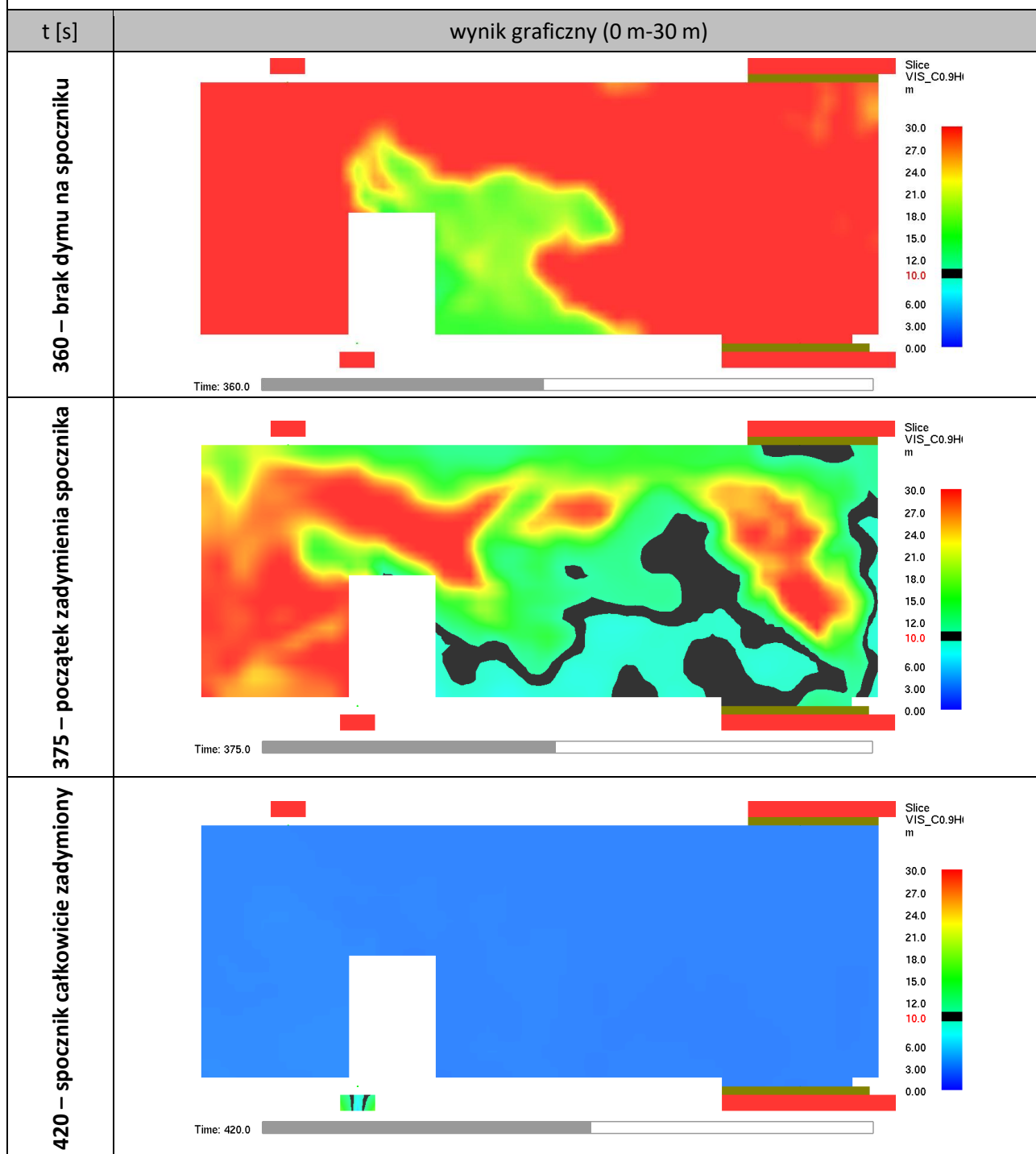


3.2.4 Wyniki — przewidywany rozkład prędkości w kierunku z [m/s]

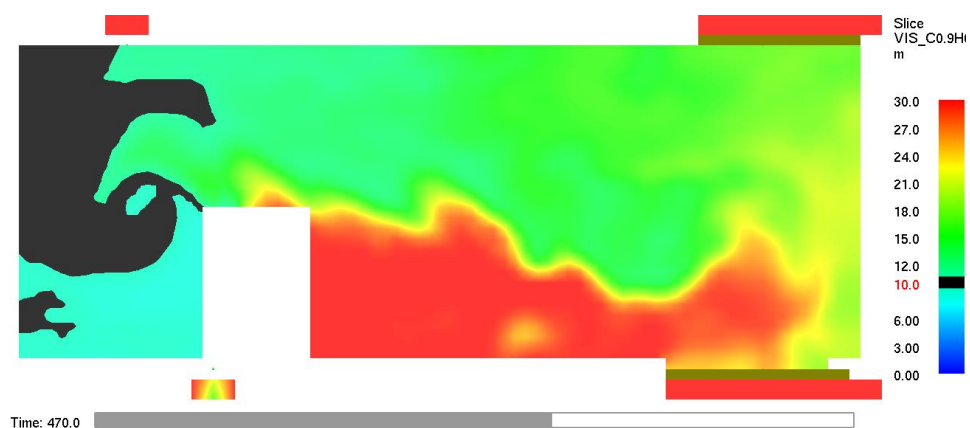
Kierunek „z” jest prostopadły do pow. obliczeniowej klatki schodowej. Dodatnia wartość oznacza - w górę.



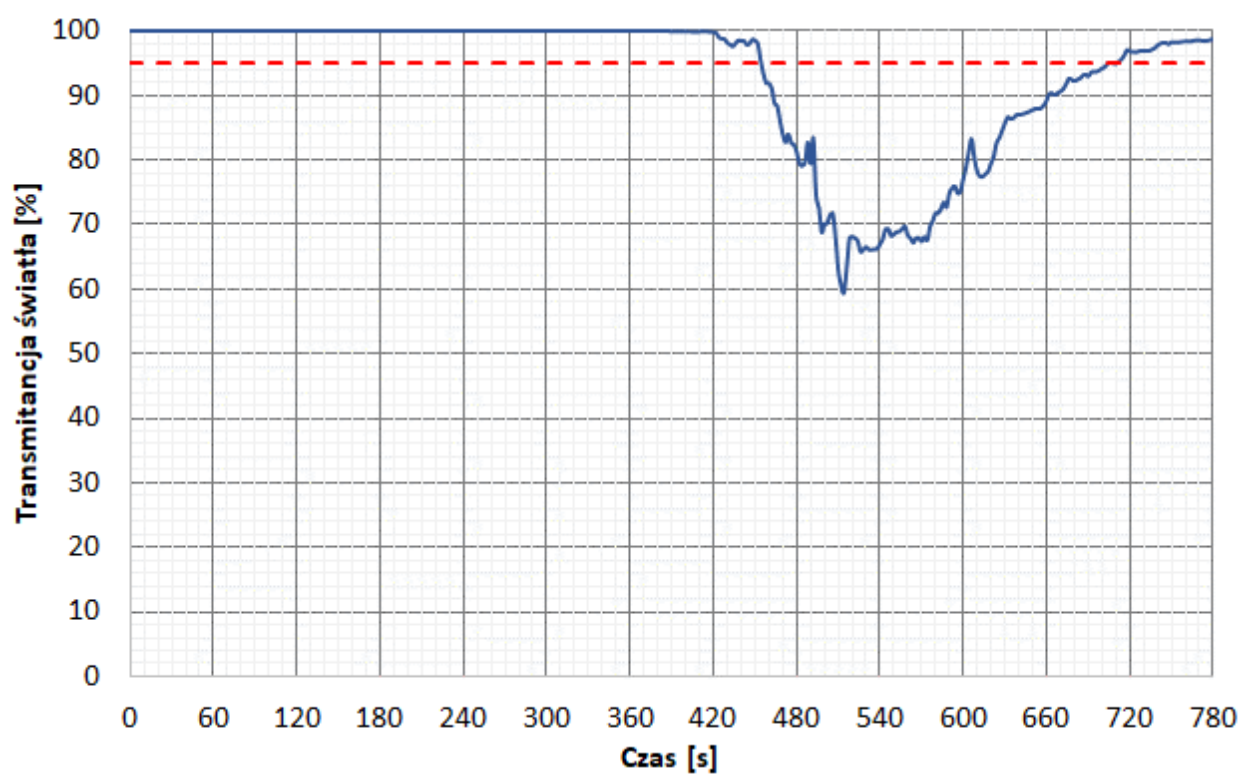
3.2.5 Wyniki — przewidywany rozkład widoczności na kondygnacji +9, wysokość 2,0 m pow. spocznika[m]



470 – oczyszczenie spocznika z dymu



3.2.6 Wykres zmian transmitancji światła na wysokości 2,0 m nad spocznikiem ostatniej kondygnacji



3.3 Scenariusz S3

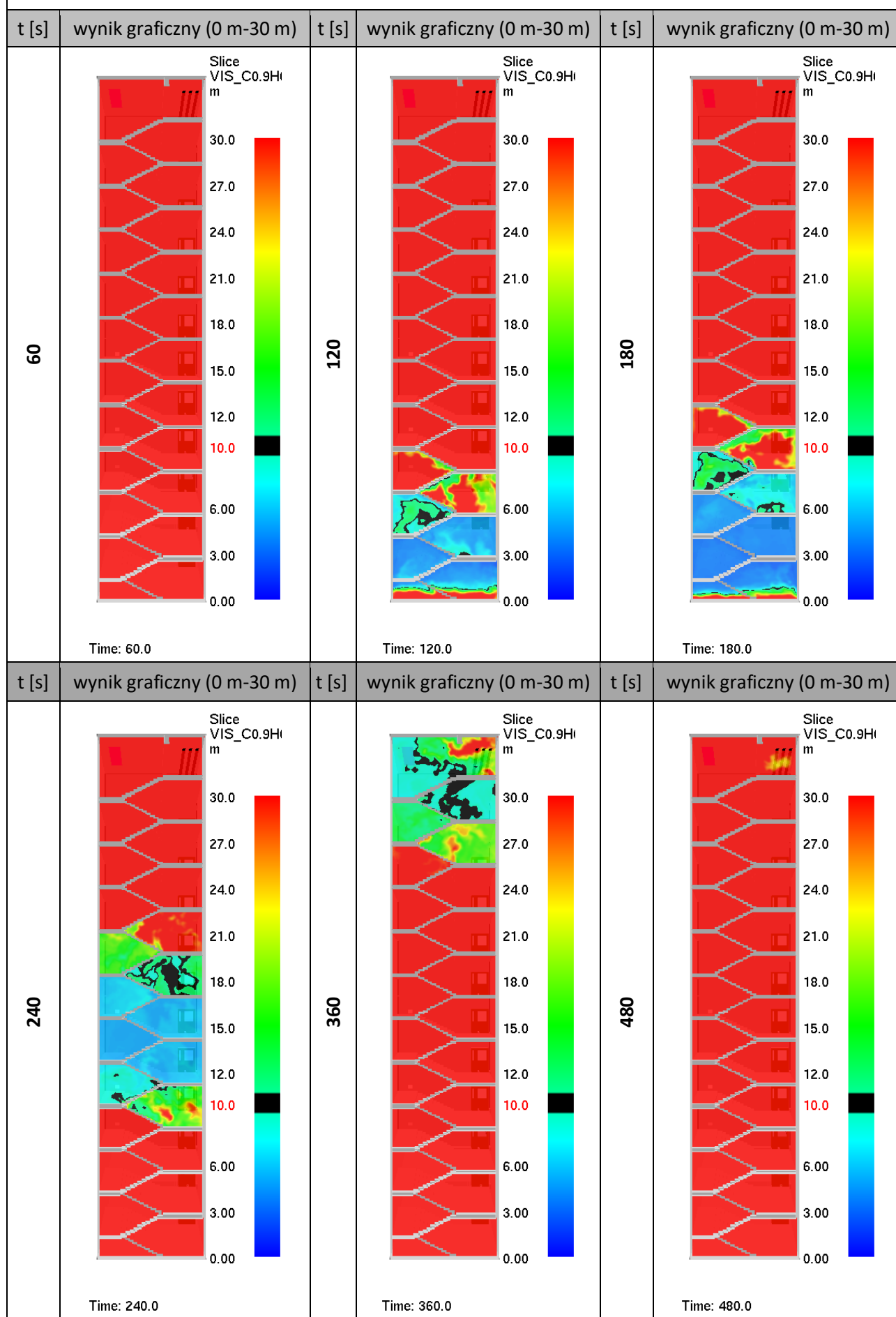
3.3.1 Charakterystyka i założenia do scenariusza S3

Charakterystyka scenariusza		
Wytyczne podstawowe		
Nazwa pomieszczenia objętego scenariuszem		Klatka schodowa:
Powierzchnia obliczeniowa klatki schodowej		18,02 m ²
Kondygnacje objęte opracowaniem		od -1 do +11
Zakres czasowy scenariusza		0 s – 540 s (0-9 min)
System oddymiania		
Nawiew	Wydajność wentylatora nawiewnego	20 000 m ³ /h
	Uruchomienie napowietrzania	180 sekunda
Wywiew	Wydajność wentylatora wywiewnego	13 000 m ³ /h
	Uruchomienie oddymiania	180 sekunda
Warunki początkowe		
Warunki		Izotermiczne
Temperatura wewnętrzna		+20°C
Temperatura zewnętrzna		+20°C

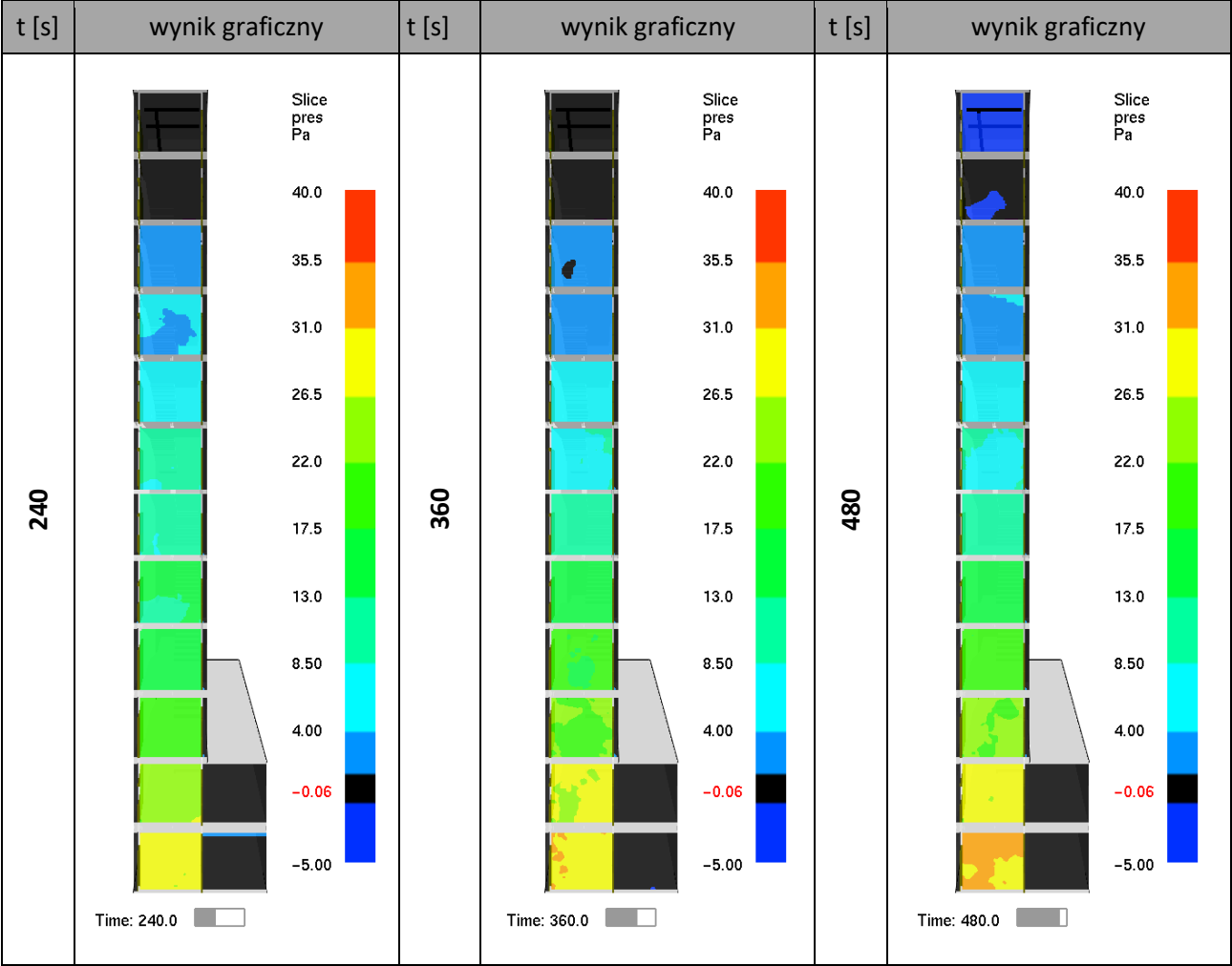
3.3.2 Opis analizowanego scenariusza

Źródło testowe w przyległym do klatki schodowej pomieszczeniu na poziomie -1 jest aktywne od 0 do 180 sekundy. W 60 sekundzie następuje otwarcie drzwi i wydostawanie się dymu na klatkę schodową przez czas 120 sekund (do 180 sekundy czasu trwania symulacji). Zamknięcie drzwi i uruchomienie systemu oddymiania następuje w 180 sekundzie – wentylator napowietrzający na wydajność 20 000 m³/h oraz wentylator wywiewny na wydajność 13 000 m³/h.

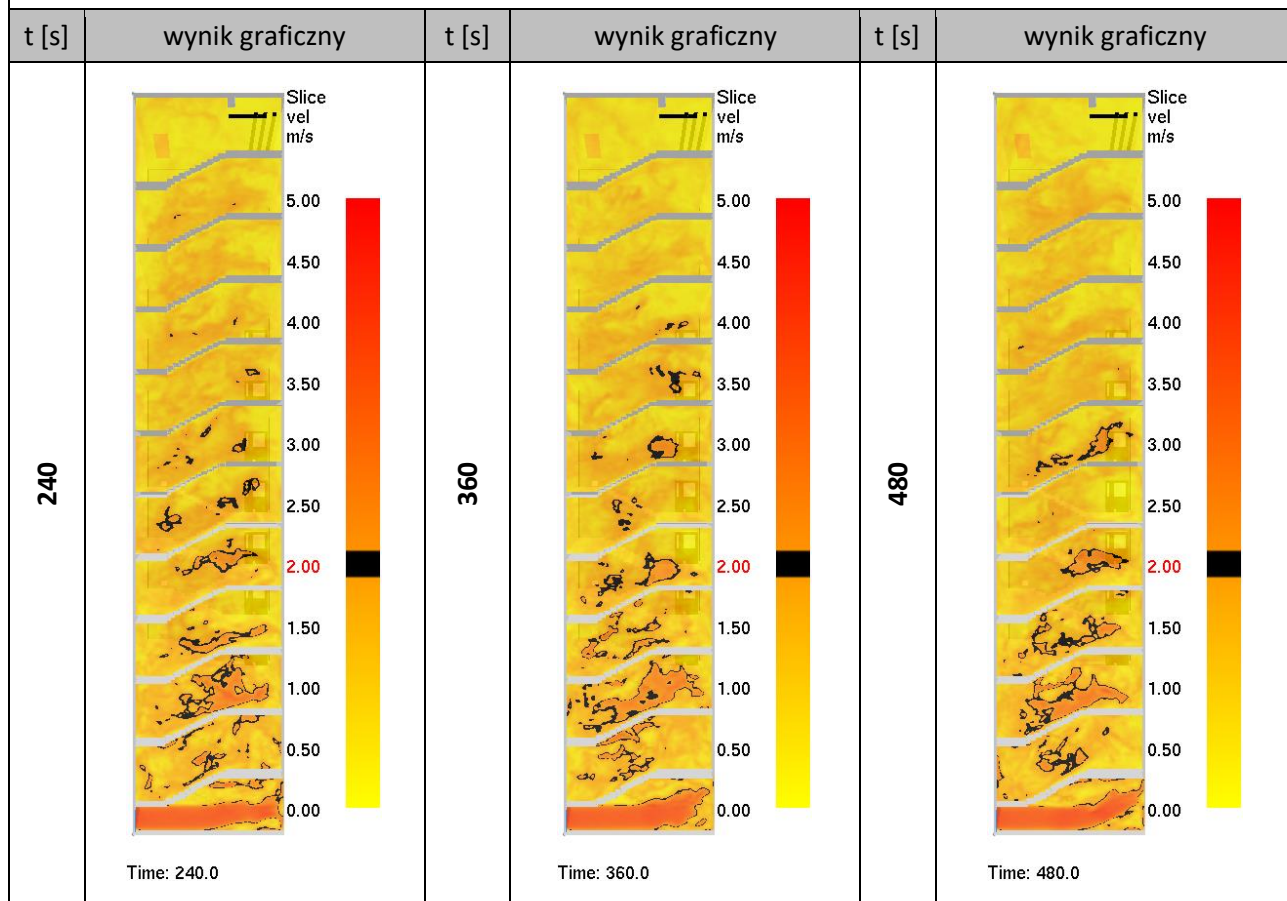
3.3.3 Wyniki — przewidywany rozkład widoczności w przekroju [m]



3.3.4 Wyniki — przewidywany rozkład ciśnienia w przekroju przez drzwi [m]

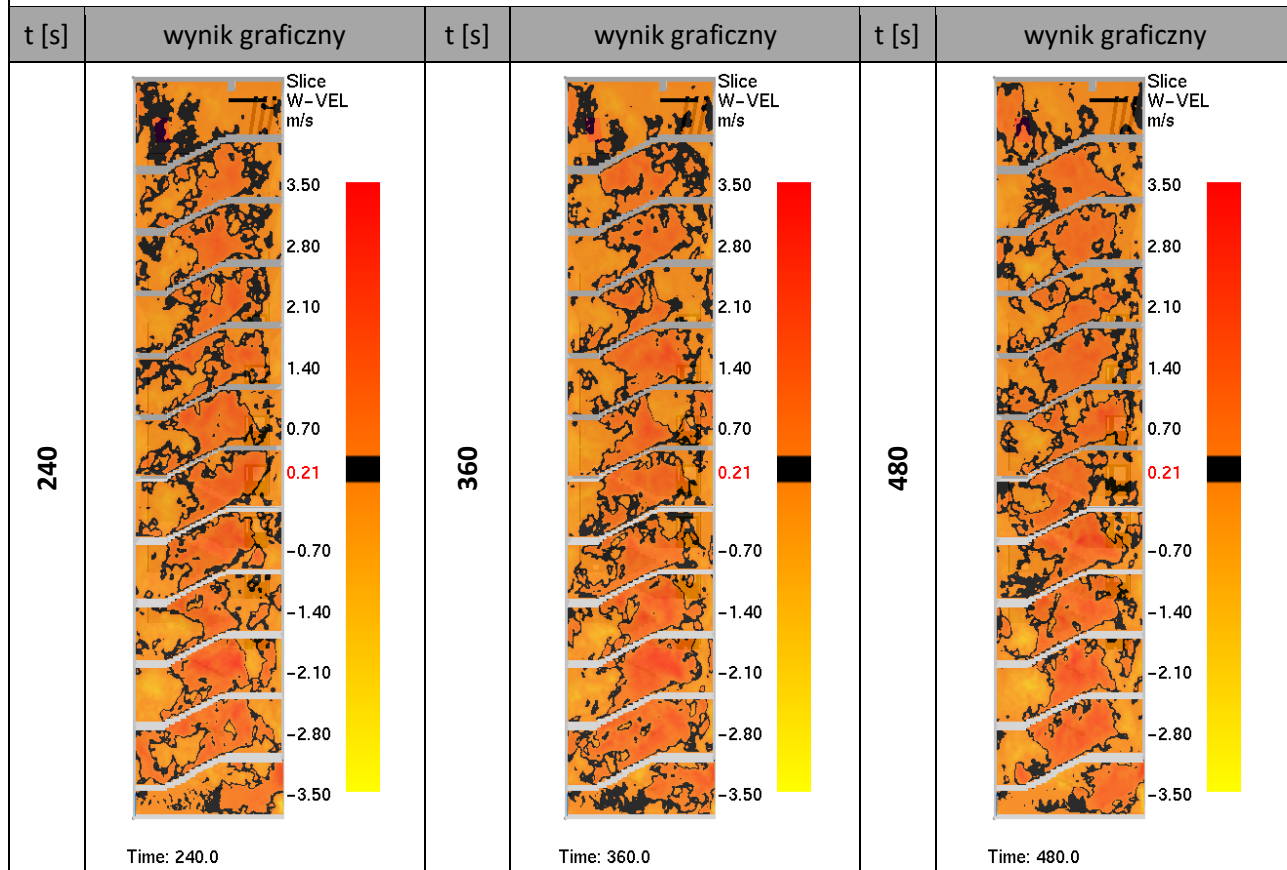


3.3.5 Wyniki — przewidywany rozkład prędkości [m/s]


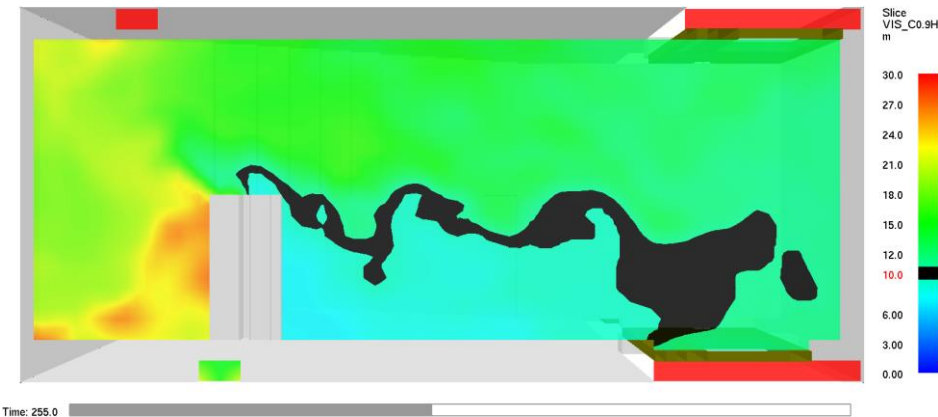



3.3.6 Wyniki — przewidywany rozkład prędkości w kierunku z [m/s]

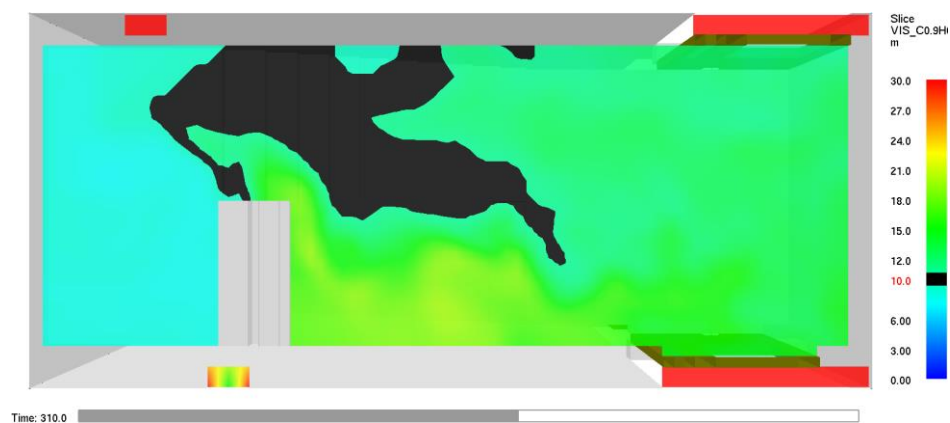
Kierunek „z” jest prostopadły do pow. obliczeniowej klatki schodowej. Dodatnia wartość oznacza - w górę.



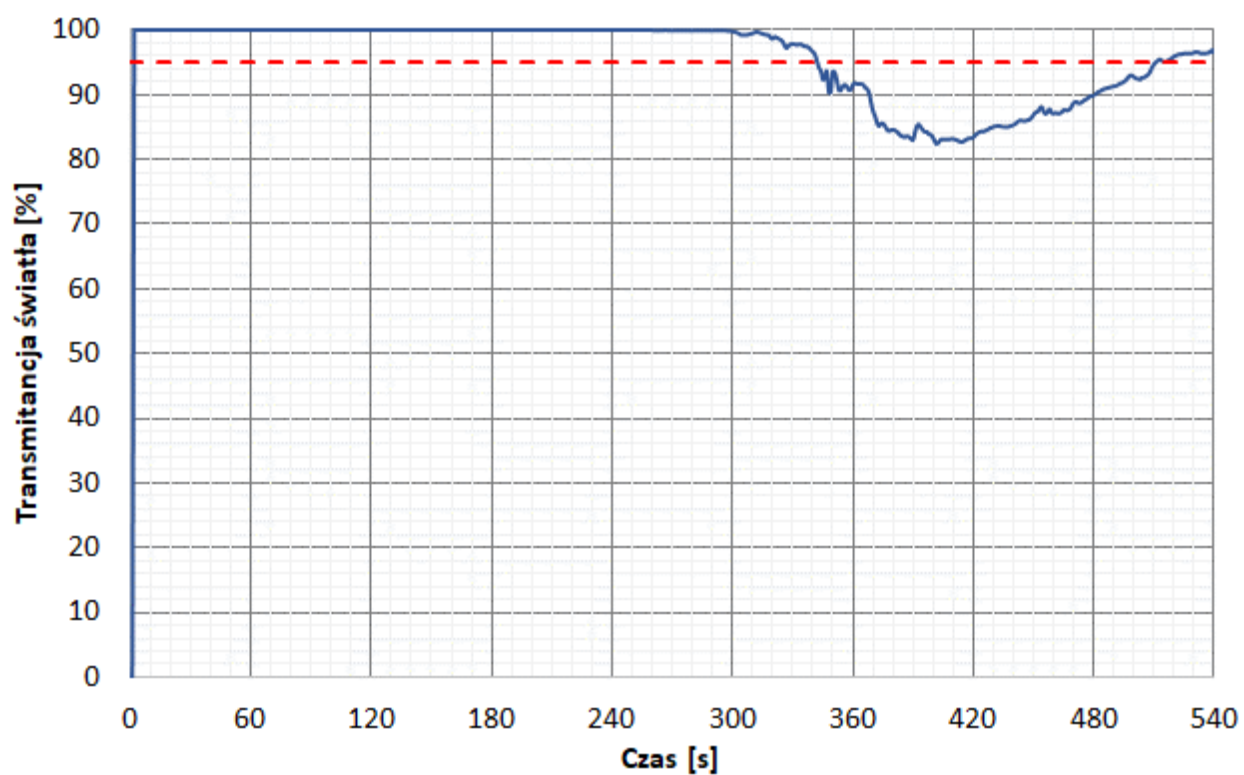
3.3.7 Wyniki — przewidywany rozkład widoczności na kondygnacji +9, wysokość 2,0 m pow. spocznika[m]

t [s]	wynik graficzny (0 m-30 m)
220 – brak dymu na spoczniku	
255 – początek zadymienia spocznika	
285 – spocznik całkowicie zadymiony	

310 – oczyszczenie spocznika z dymu



3.3.8 Wykres zmian 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 osiągnęła poziom powyżej 95%/m dla:

- S1 – w czasie 722 s od początku symulacji, czas oddymiania wyniósł $t_{\text{odd}}=362 \text{ s} < t_{\text{odd,dop}}=570 \text{ s}$, tempo oddymiania: 11,4 s/m;
- S2 – w czasie 712 s od początku symulacji, czas oddymiania wyniósł $t_{\text{odd}}=352 \text{ s} < t_{\text{odd,dop}}=570 \text{ s}$, tempo oddymiania: 11,1 s/m;
- S3 – w czasie 510 s od początku symulacji, czas oddymiania wyniósł $t_{\text{odd}}=330 \text{ s} < t_{\text{odd,dop}}=687 \text{ s}$, tempo oddymiania: 8,6 s/m.

Dla wszystkich analizowanych scenariuszy dym został usunięty z klatki schodowej w czasie ponad 3 minuty krótszym niż dopuszczalny czas oddymiania.

4.1.2 Czas, w którym dym utrzymywał się na pojedynczej kondygnacji

Czas, przez który dym utrzymywał się na kondygnacji dla zadanego pożaru projektowego, określony na podstawie widzialności 10 m na wysokości 2,0 m powyżej spocznika kondygnacji +9 wyniósł:

- S1 – 155 s;
- S2 – 95 s;
- S3 – 55 s.

4.1.3 Prędkość powietrza

Prędkość powietrza w klatce schodowej nie przekroczyła 2 m/s poza lokalnie większymi wartościami - głównie w okolicy punktu nawiewnego i wywiewnego.

4.1.4 Różnicowanie ciśnień

Maksymalne ciśnienie na drzwiach dla poszczególnych scenariuszy wyniosło:

- S1 – 14,1 Pa;
- S2 – 40,0 Pa;
- S3 – 40,0 Pa.

W klatce schodowej wystąpiło nadciśnienie od 0 do +40 Pa, przy czym na najwyższych kondygnacjach może wystąpić podciśnienie, które jest wynikiem działania wentylatora wywiewnego zlokalizowanego w stropodachu najwyższej kondygnacji. W symulacjach maksymalne dopuszczalne ciśnienie wynoszące 40 Pa nie zostało przekroczone. Zaprojektowana gradacja ciśnienia:

- 40 Pa – maksymalne dopuszczalne nadciśnienie w klatce schodowej BK2;
- 45 Pa – system nadciśnieniowy w przedsionku dźwigu dla ekip ratowniczych;
- 50 Pa – system nadciśnieniowy w szybie windowym dźwigu dla ekip ratowniczych;

ma na celu umożliwić przepływ dymu do klatki schodowej BK2, z której dym jest usuwany i zapobiec przepływowi dymu w odwrotnym kierunku do przedsionka chronionego systemem nadciśnieniowym. W związku z powyższym, dla klatki schodowej BK2 zaprojektowano jednostkę napowietrzającą o zmiennym wydatku napowietrzania z układem pomiaru ciśnienia, której zadaniem jest kontrolowanie nadciśnienia panującego w klatce schodowej tak, aby 40 Pa nie zostało przekroczone.

4.2 Podsumowanie.

Na podstawie przeprowadzonych analiz uwzględniających układ nadciśnieniowy zastosowany w przedsionku oraz szybie dźwigowym przy klatce schodowej BK2 stwierdzono, iż zaprojektowany system oddymiania skutecznie usuwa dym z przestrzeni klatki schodowej, spełniając cele wynikające z obowiązujących przepisów, postanowień KW PSP w Poznaniu oraz zasad wiedzy technicznej.

Projekt urządzenia do usuwania dymu z przestrzeni klatki schodowej BK2 Samodzielnego Publicznego Zakładu Opieki Zdrowotnej Ministerstwa Spraw Wewnętrznych i Administracji w Poznaniu” spełnia wymagania określone w postanowieniach KW PSP nr 8/2018, 8-1/2018, 8-2/2018 z dnia 19 marca 2018 r. a w szczególności system oddymiania został zaprojektowany w oparciu o działanie dwóch wentylatorów napowietrzającego (o zmiennym wydatku) i wyciągowego. Uwzględniono współdziałanie projektowanej instalacji oddymiającej z instalacją wentylacji pożarowej dźwigu dla ekip ratowniczych z przedsionkiem poprzez zastosowanie gradacji ciśnień, oraz potwierdzono skuteczność działania systemu analizą CFD.

4.3 Zalecenia wykonawcze:

Na etapie realizacji projektowanego systemu oddymiania, niezbędne jest wykonanie ostatecznej regulacji, skoordynowania i sprawdzenia systemu oddymiania z uwzględnieniem następujących wytycznych:

- maksymalne nadciśnienie generowane w klatce schodowej nie powinno przekraczać 40 Pa, tak aby zachować gradację ciśnień zgodnie z punktem 4.1.4 Różnicowanie ciśnień;
- wentylator wywiewny może działać wyłącznie, gdy uruchomiona jest jednostka napowietrzająca; zatrzymanie jednostki napowietrzającej powinno powodować automatyczne wyłączenie wentylatora wywiewnego.

5 Bibliografia

- [1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2002 r. (Dz. U. z 15.06.02 r. Nr 75, poz. 690 ze zmianami) w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.
- [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 2 grudnia 2015 r. w sprawie uzgadniania projektu budowlanego pod względem ochrony przeciwpożarowej (Dz. U. z 2015 r. poz. 2117).
- [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 7974-6:2004 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 (Subsystem 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: Schemat analizowanej klatki schodowej (klatka oznaczona pomarańczową obwiednią)	6
Ilustracja 2: Krzywa mocy pożaru testowego dla scenariusza S1 [analogiczna dla scenariusza S2]	9
Ilustracja 3: Krzywa mocy pożaru projektowego dla scenariusza S3	9
Ilustracja 4: Przykładowa ilustracja wynikowa z programu SmokeView z legendą	10
Ilustracja 5: Wizualizacja modelu obliczeniowego dla scenariusza S1 i S2 (lewy) i S3 (prawy)	10