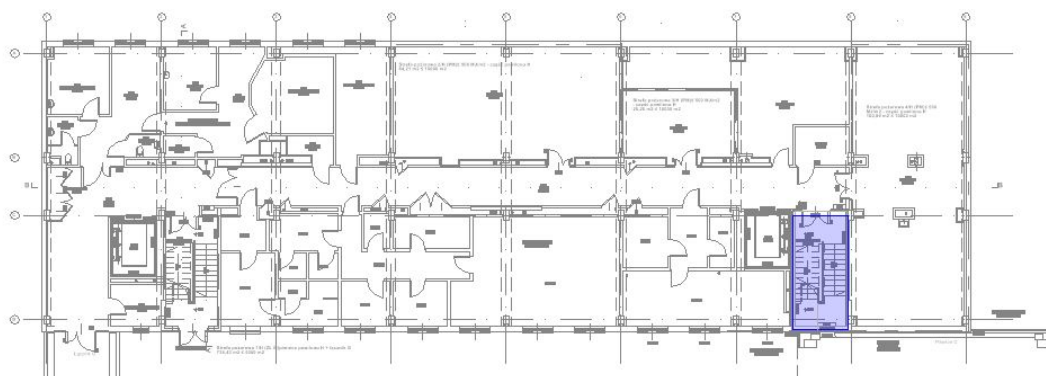


**RAPORT Z KOMPUTEROWEGO MODELOWANIA
ODDYMIAANIA KLATKI SCHODOWEJ
ABI.24.52**



Obiekt:	KLATKA SCHODOWA K12 Szpital Wojewódzki im. Kardynała Stefana Wyszyńskiego ul. Piłsudskiego 11, 18-400 Łomża	
Jednostka opracowująca:	 ABILWISE	
Opracowujący:	mgr inż. Ewelina Bączek CNBOP 512/2021	CERTYFIKAT KWALIFIKACJI CNBOP-PIB w zakresie projektowania systemów wentylacji pożarowej  mgr inż. Ewelina Bączek nr 512/2021

Kraków, czerwiec 2024 r.

Spis treści

	Strona
1. Wprowadzenie	5
2. Podstawy opracowania	5
3. Charakterystyka obiektu	6
4. Założenia projektowe	6
4.1. Cel analizy	7
4.2. Metoda realizacji	8
4.3. Kryteria oceny	9
5. Założenia do symulacji CFD	10
5.1. Charakterystyka użytego programu CFD	10
5.2. Rodzaj i gęstość siatki obliczeniowej	11
5.3. Model turbulencji	12
5.4. Model spalania	12
5.5. Model promieniowania	12
5.6. Czas symulacji	13
5.7. Warunki początkowe i brzegowe	13
6. Wyniki symulacji	14
6.1. Krzywa mocy pożaru	14
6.2. Transmitancja	15
7. Analiza CFD dla klatki schodowej KL1	17
7.1. Scenariusz 1 (warunki izotermiczne) - poziom zadymienia	17
7.2. Scenariusz 2 (warunki letnie) - poziom zadymienia	20
7.3. Scenariusz 3 (warunki zimowe) - poziom zadymienia	23
8. Podsumowanie	26
9. Wnioski	27
Bibliografia	28

1. Wprowadzenie

Niniejsze opracowanie stanowi raport z analizy CFD instalacji grawitacyjnego oddymiania klatki schodowej wspomaganego nawiewem mechanicznym zlokalizowanej w budynku Szpitala Wojewódzkiego im. Kardynała Stefana Wyszyńskiego przy ul. Piłsudskiego w Łomży.

Celem opracowania jest sprawdzenie skuteczności zaprojektowanego systemu oddymiania klatki schodowej oraz określenie warunków jakie wystąpią w jej przestrzeni podczas ewakuacji przy wykorzystaniu wentylatora nawiewnego o wydajności mniejszej niż minimalna obliczeniowa wydajność wymagana standardem projektowym CNBOP [1].

Skuteczność systemu oddymiania została zweryfikowana z wykorzystaniem komputerowych symulacji CFD (ang. Computational Fluid Dynamics). Metodę wykonania analizy przyjęto zgodnie z wymaganiami stawianymi przez wytyczne CNBOP [1].

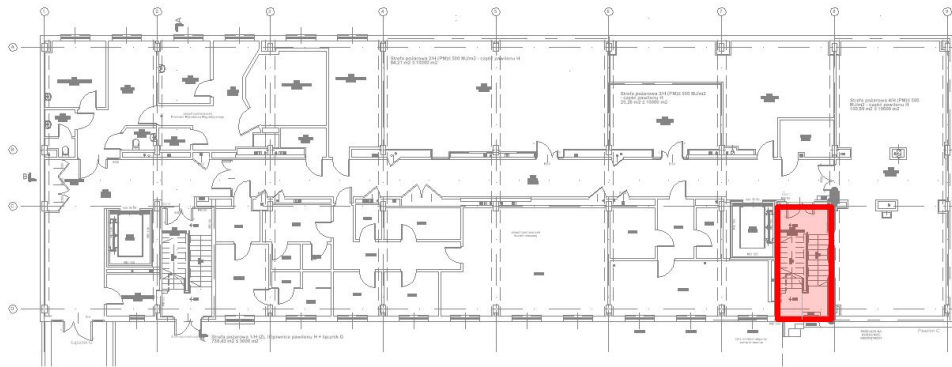
2. Podstawy opracowania

Analizę przeprowadzono na podstawie następujących norm i aktów prawnych, a także materiałów dostarczonych przez Inwestora:

- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych jakim odpowiadać budynki i ich usytuowanie z dnia 12 kwietnia 2002 r (tekst jednolity Dz.U. 2022, poz. 1225) [2] – w zakresie określenia wymaganych warunków ochrony przeciwpożarowej;
- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 21 marca 2023 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. 2023 poz. 822) [3] – w zakresie wymaganych technicznych systemów zabezpieczeń;
- CNBOP - PIB. Systemy oddymiania klatek schodowych - wydanie 2, 2019 [1] – w zakresie kryteriów oceny warunków panujących wewnątrz klatki schodowej podczas inicjacji pożaru i poprawności przyjętych parametrów instalacji oddymiania;
- PN-EN ISO 6946:2004 [4] – w zakresie przyjętych właściwości fizykochemicznych przegród budowlanych w symulacji;
- PN-EN 12831 Projektowana temperatura zewnętrzna. Średnia roczna temperatura zewnętrzna. Projektowa temperatura wewnętrzna [5] – w zakresie parametrów temperaturowych użytych w symulacjach;
- Rysunki branżowe z informacjami o parametrach systemu oddymiania w formacie dwg (rysunek: *2024-05-24-koncepcja2-odd-klatki*).

3. Charakterystyka obiektu

Budynek jest obiektem użyteczności publicznej. Obiekt jest podpiwniczony. Lokalizację analizowanej klatki schodowej w budynku przedstawiono czerwonym kolorem na rysunku 1.



Rysunek 1: Lokalizacja klatki schodowej w obiekcie – rzut piwnicy

4. Założenia projektowe

Budynek zgodnie z *Rozporządzeniem Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (tekst jednolity Dz.U. 2022, poz. 1225) § 8.* należy do grupy budynków średniowysokich (SW).

Przyjęto następujące parametry instalacji oddymiania klatki schodowej wg dostarczonej dokumentacji:

- odprowadzenie dymu i ciepła z klatki schodowej będzie się odbywać grawitacyjnie poprzez jedną klapę dymową zamontowaną w dachu klatki schodowej o wymiarach geometrycznych 1,15 x 1,15 m;
- kompensacja powietrza realizowana będzie mechanicznie poprzez wentylator zlokalizowany w przestrzeni klatki schodowej na poziomie -1 w przestrzeni pod schodami. Założono że ściana pod schodami będzie perforowana, aby ułatwić wypływ powietrza do przestrzeni klatki schodowej. Wydatek powietrza nawiewanego do klatki schodowej wynosi $18\,000\text{ m}^3/h$.

4.1. Cel analizy

Podstawowym celem opracowania jest sprawdzenie efektywności zastosowanego systemu usuwania dymu i ciepła z przestrzeni klatki schodowej. Analizie poddano więc czas, po którym warunki w klatce schodowej będą mogły zostać uznane za bezpieczne, zgodnie ze stosowaną w Polsce wiedzą techniczną [1]. Zgodnie z zaproponowaną w wytycznych CBNOP metodą [1], określono czas oddymiania klatki schodowej dla trzech wartości temperatury na zewnątrz jak i wewnątrz budynku, charakterystycznych dla warunków polskich. Odpowiadają one warunkom izotermicznemu (okres wiosenny i jesienny), letnim oraz zimowym.

W związku z tym opracowane zostały trzy scenariusze pożarowe:

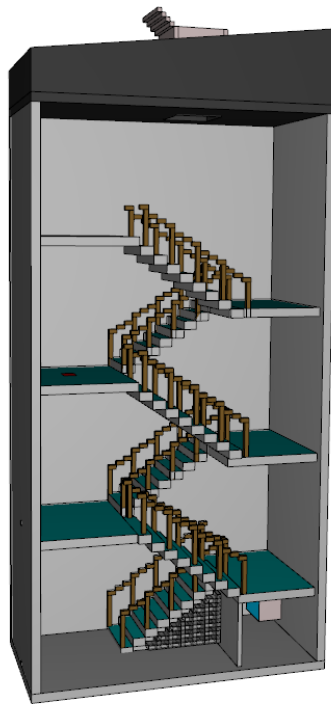
- Scenariusz 1 - Oddymianie klatki schodowej w warunkach izotermicznych ($+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ na zewnątrz i $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ wewnątrz klatki);
- Scenariusz 2 - Oddymianie klatki schodowej w warunkach letnich ($+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ na zewnątrz i $+24\text{ }^{\circ}\text{C}$ wewnątrz klatki).
- Scenariusz 3 - Oddymianie klatki schodowej w warunkach zimowych ($-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ na zewnątrz i $+16\text{ }^{\circ}\text{C}$ wewnątrz klatki);

Temperatury przyjęte w poszczególnych scenariuszach zostały określone na podstawie CNBOP-PIB [1] oraz normy PN-EN 12831 [5] *Projektowa temperatura zewnętrzna. Średnia roczna temperatura zewnętrzna. Projektowa temperatura wewnętrzna*. Na rysunku 2 przedstawiono podział obszaru polski na strefy klimatyczne w okresie letnim oraz zimowym.



Rysunek 2: Podział obszaru Polski na strefy klimatyczne z zaznaczeniem lokalizacji przedmiotowej klatki schodowej

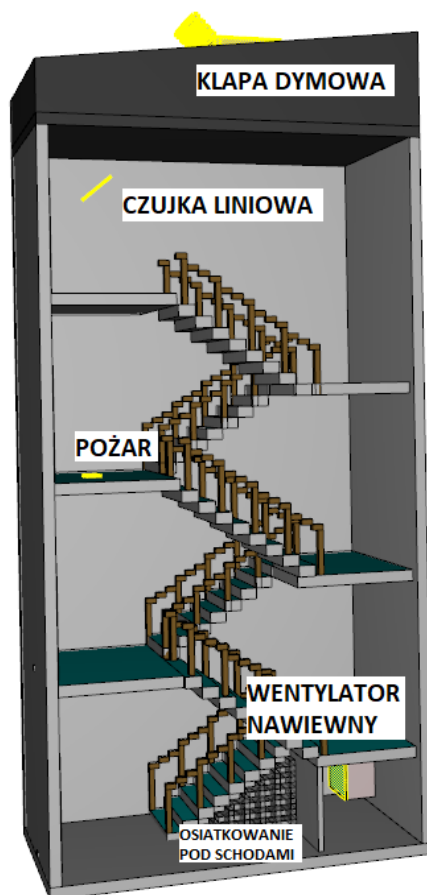
Analizie nie poddano oddziaływania wiatru w żadnym scenariuszu. Rysunek 3 przedstawia model 3D analizowanej klatki schodowej.



Rysunek 3: Model 3D klatki schodowej

4.2. Metoda realizacji

Metodą realizacji była komputerowa analiza CFD. Parametry determinujące oczyszczenie klatki schodowej z dymu przyjęto według wytycznych CNBOP-PIB [1]. Zgodnie z tymi wytycznymi dokonano pomiaru wartości transmitancji światła powyżej spocznika ostatniej kondygnacji. Wartość krytyczna to 95% mierzona na wysokości 2 m od poziomu tego spocznika. Pomiaru dokonano za pomocą jednej czujki liniowej. Lokalizacja urządzenia pomiarowego była stała we wszystkich scenariuszach. Przez pierwsze 300 sekund symulacji, klatka schodowa była zadymiana. Następnie przez 60 sekund dym rozchodził się po przestrzeni klatki. Systemy oddymiania w klatce, zgodnie z metodyką zaproponowaną w wytycznych [1], uruchomiane były w 360 sekundzie symulacji. Od tego momentu liczony jest czas oczyszczania klatki schodowej z dymu. Pożar projektowy, przyjęty został także według wytycznych [1] i umiejscowiony na drugiej kondygnacji nadziemnej. Rysunek 4 przedstawia lokalizację czujki liniowej, pożaru oraz umiejscowienie kratki nawiewnej w klatce schodowej.



Rysunek 4: Lokalizacja przestrzenna czujki pomiarowej, pożaru oraz kratki nawiewnej w analizowanej klatce schodowej

4.3. Kryteria oceny

Do oceny skuteczności usuwania dymu i ciepła z przestrzeni analizowanej klatki schodowej przyjęto następujące kryteria:

1. Po uruchomieniu instalacji oddymiania, zalegający dym ma przepływać w górę klatki, gdzie następnie zostanie usunięty przez zamontowane w dachu urządzenie oddymiające;
2. Przestrzeń klatki schodowej uznaje się za oddymioną, jeżeli zmierzona transmitancja na wysokości 2 m od poziomu najwyższego spoczynka wynosi 95%. Parametr przyjęty zgodnie z zasadami wiedzy technicznej, zawartej w wytycznych CNBOP [1]. Kryterium to jest ilościowym wyznacznikiem całkowitego usunięcia dymu z klatki schodowej;
3. Czas oddymiania klatki schodowej (t_{odd}) 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 sekund na 1 m wysokości. Czas oddymiania określa się na podstawie wzoru:

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

gdzie:

h - różnica wysokości punktu pomiarowego w klatce schodowej i źródła pożaru [m]

Zgodnie z powyższym czas oddymiania nie powinien być dłuższy niż:

$$t_{odd} = 18 \cdot 5,3 = \mathbf{95,4 \text{ [s]}}$$

5. Założenia do symulacji CFD

5.1. Charakterystyka użytego programu CFD

Do przeprowadzenia szczegółowej analizy oraz otrzymania wyników zawartych w niniejszym raporcie, został wykorzystany program Fire Dynamics Simulator wersja 6.7.5, który jest narzędziem opracowanym przez amerykański instytut naukowo-badawczy NIST (National Institute of Standards and Technology). Aplikacja wykorzystuje metody obliczeniowe numerycznej mechaniki płynów CFD. Model CFD, zastosowany w programie FDS pozwala badać rozwój pożaru w złożonych geometriach.

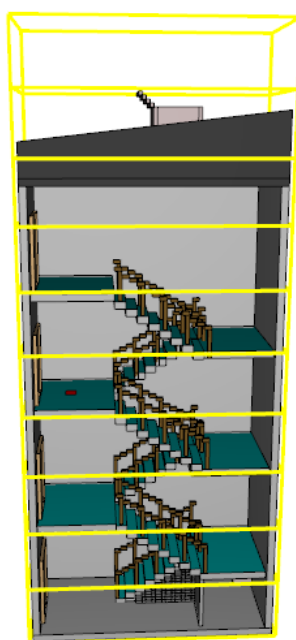
CFD opisuje ruch płynu na podstawie rozwiązań układu równań różniczkowych cząstkowych Naviera-Stokesa. Wykorzystują one zasady zachowania masy, pędu i energii. FDS jest narzędziem przeznaczonym do szczegółowej analizy zagrożeń pożarowych i rozwiązywania problemów związanych z inżynierią bezpieczeństwa pożarowego. Zapewnia tym samym możliwość poznania dynamiki zjawiska pożaru oraz zachodzących tam procesów spalania. Program ten, w zakresie zagadnień związanych z bezpieczeństwem pożarowym, można stosować do modelowania transportu ciepła i produktów spalania powstałych na skutek pożaru, wymiany ciepła poprzez promieniowanie i konwekcję, pirolizy, rozprzestrzeniania się płomieni oraz rozwoju pożaru, aktywacji tryskaczy oraz czujek dymu i ciepła, czy też oddziaływania kropli wody na płomienie.

Program FDS wykorzystuje metodę dużych wirów (Large Eddy Simulations - LES) oraz, po wprowadzeniu odpowiednio gęstej siatki obliczeniowej, bezpośrednią symulację numeryczną (DNS). Model LES uwzględnia wiry o wielkości porównywalnej z wielkością komórek siatki. Metoda ta w ostatnich latach jest intensywnie rozwijana, ponieważ stanowi kompromis pomiędzy dokładnością odwzorowania dynamiki pożaru, a dostępnymi obecnie możliwościami obliczeniowymi.

5.2. Rodzaj i gęstość siatki obliczeniowej

W symulacjach użyto siatki regularne sześciennie. Sieć obliczeniowa obejmująca analizowaną przestrzeń składa się z komórek sześciennych o długości boku równej 0,075 m. Sieć obliczeniową modelu przedstawiono na rysunku 5. Rozmiar sieci obliczeniowej dobrano w oparciu o:

- Wytyczne Health and Safety Laboratory [6];
- Wytyczne NUREG, publikowane również w instrukcji użytkownika FDS6 User's Guide [7]
- Wytyczne CNBOP-PIB [1].



Rysunek 5: Podział domeny obliczeniowej w symulacji

5.3. Model turbulencji

W przeprowadzonej symulacji został wykorzystany model Deardorff LES, odpowiedni dla wolnych przepływów dymu i gazów pożarowych pod wpływem termicznych sił wyporu.

5.4. Model spalania

Użyto modelu mixing-controlled. Model ten przyjmuje następujące uproszczenia:

- skład stechiometryczny mieszaniny palnej jest definiowany przez ułamek masowy gazów palnych i produktów spalania oraz powietrza;
- spalanie następuje natychmiast po zmieszaniu;
- spalanie jest jednoetapowe i całkowite;
- procent powstającego tlenku węgla jest stały i wynika z początkowych założeń symulacji, a nie z aktualnych warunków spalania.

5.5. Model promieniowania

Równanie transportu promieniowania dla gazu szarego, jest rozwiązywane metodą objętości skończonych (FVM - Finite Volume Method). Metoda ta dzieli całe widmo promieniowania na kilka przedziałów częstości (typowo 6) i korzysta w nich z całkowitej postaci równań transportu promieniowania. Przedziały te dobrane są tak, by pokrywały się z pasmami widma substancji występujących w układzie.

Zakłada się, że promieniowanie rozchodzi się jednakowo we wszystkich kierunkach. Powoduje to, że źródło promieniowania można otoczyć hipotetyczną sferą, przez którą przechodzi strumień energii promieniowania. Wielkością charakteryzującą strumień, jest natężenie tego promieniowania w sferze. Dyskretyzacja natężenia promieniowania rozpiętego na sferze, jest przeprowadzona za pomocą metody objętości skończonych przy użyciu kątów bryłowych.

W przypadku symulacji FDS, przestrzeń jest podzielona na prostopadłościennie komórki (zamiast sferycznych). W celu wyznaczenia intensywności promieniowania na ścianach komórki, wektor intensywności jest rzutowany na płaszczyzny prostopadłe do ścian objętości kontrolnej. Dzięki temu, możliwe jest określenie natężenia na ścianach pojedynczej komórki (objętości kontrolnej). Część strumienia mocy pożaru, emitowana w postaci promieniowania jest stała i jest jednym z parametrów symulacji. Przyjęto ułamek promieniowania 30%, zgodnie z wytycznymi CNBOP-PIB [1].

5.6. Czas symulacji

Obliczenia numeryczne prowadzono do momentu całkowitego usunięcia dymu z przestrzeni analizowanej klatki schodowej.

5.7. Warunki początkowe i brzegowe

Właściwości materiałów budowlanych przyjętych w modelu zaprezentowano w tabeli 2. Wartości przyjęto na podstawie normy PN-EN ISO 6946 [4].

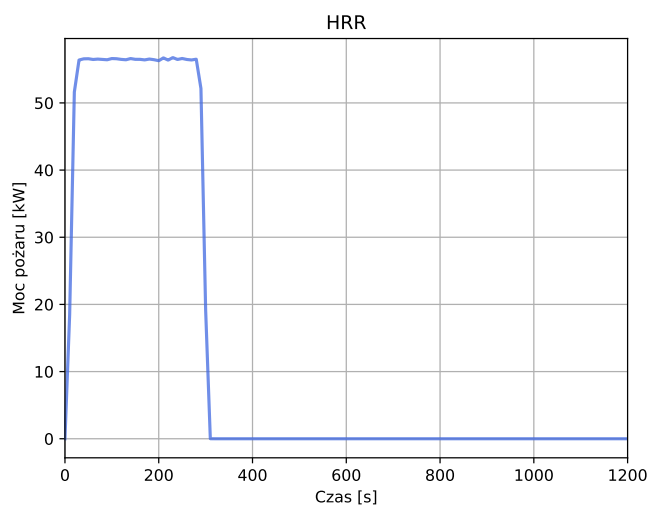
Tabela 1: Właściwości materiałów budowlanych

Materiał	Właściwości materiału		
Żelbet	Gęstość	2500 kg/m^3	
	Współczynnik przewodzenia	$1,7 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$	[?]
	Ciepło właściwe	$0,84 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K)}$	
Bloczki betonowe	Gęstość	800 kg/m^3	
	Współczynnik przewodzenia	$0,3 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$	[?]
	Ciepło właściwe	$0,84 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K)}$	
Tynk wapienny	Gęstość	1700 kg/m^3	
	Współczynnik przewodzenia	$0,7 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$	[?]
	Ciepło właściwe	$0,84 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K)}$	
Płyta gipsowo-kartonowa	Gęstość	1000 kg/m^3	
	Współczynnik przewodzenia	$0,3 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$	[?]
	Ciepło właściwe	$1 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K)}$	
Stal	Gęstość	7850 kg/m^3	
	Współczynnik przewodzenia	$58 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$	[?]
	Ciepło właściwe	$0,44 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K)}$	
Szkło	Gęstość	2500 kg/m^3	
	Współczynnik przewodzenia	$0,8 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$	[?]
	Ciepło właściwe	$0,84 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K)}$	

6. Wyniki symulacji

6.1. Krzywa mocy pożaru

Pożar testowy dobrano w oparciu o wytyczne CNBOP-PIB [8]. Maksymalna moc pożaru to ok. 59 kW. Rozwój pożaru trwał 15 s, następnie aż do 285 s utrzymywano moc maksymalną, by przez ostatnie 15 s wygasić pożar. Krzywa rozwoju pożaru została przedstawiona na rysunku 6.

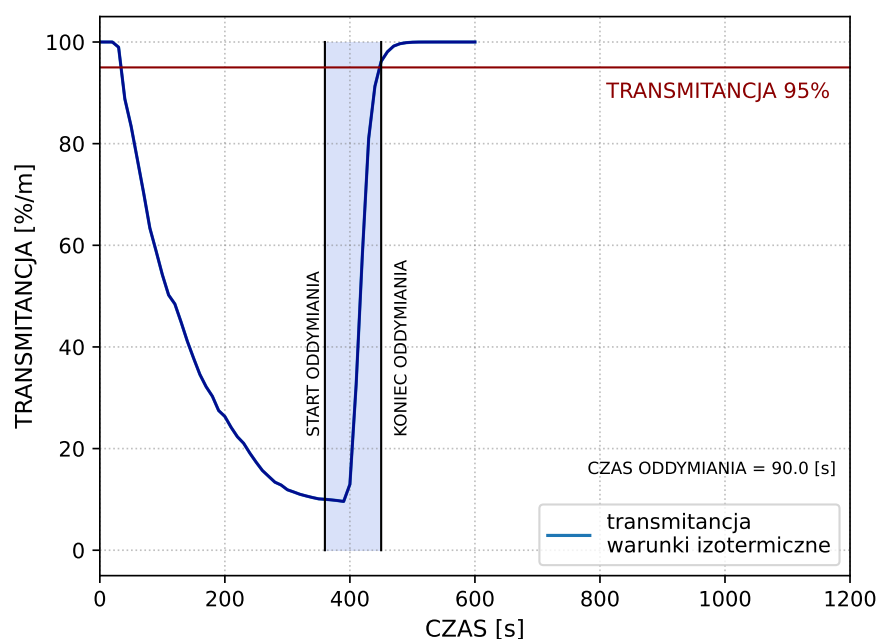


Rysunek 6: Krzywa rozwoju pożaru użyta w scenariuszach 1 – 3

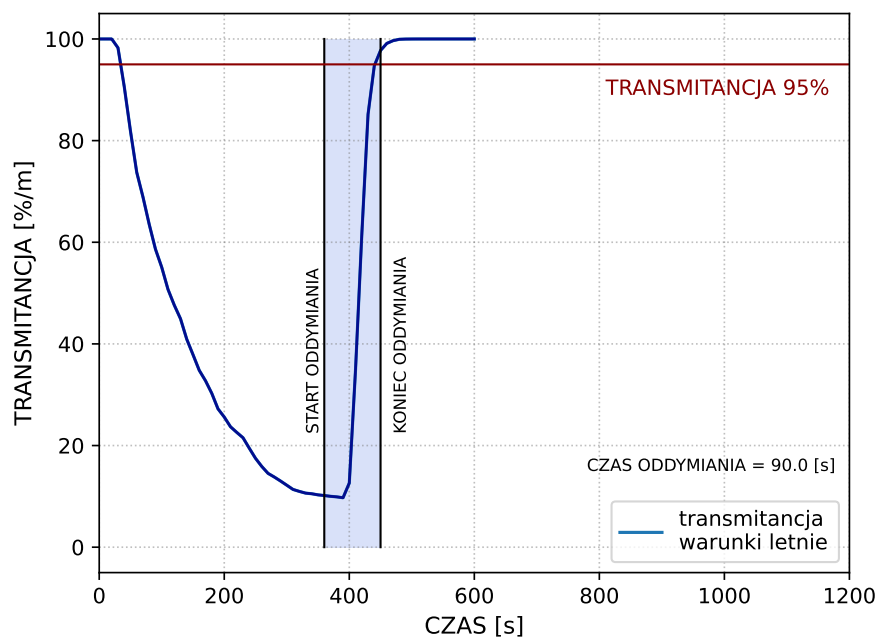
6.2. Transmitancja

Jednym z parametrów, który określa skuteczność oddymiania klatki schodowej była transmitancja światła zmierzona 2 m nad spocznikiem najwyższej kondygnacji. Na rysunkach 7 - 9 przedstawiono zmianę transmitancji w czasie dla analizowanych scenariuszy klatki schodowej. Wartości zostały odczytane z urządzenia pomiarowego umieszczonego w modelach komputerowych (rysunek 4).

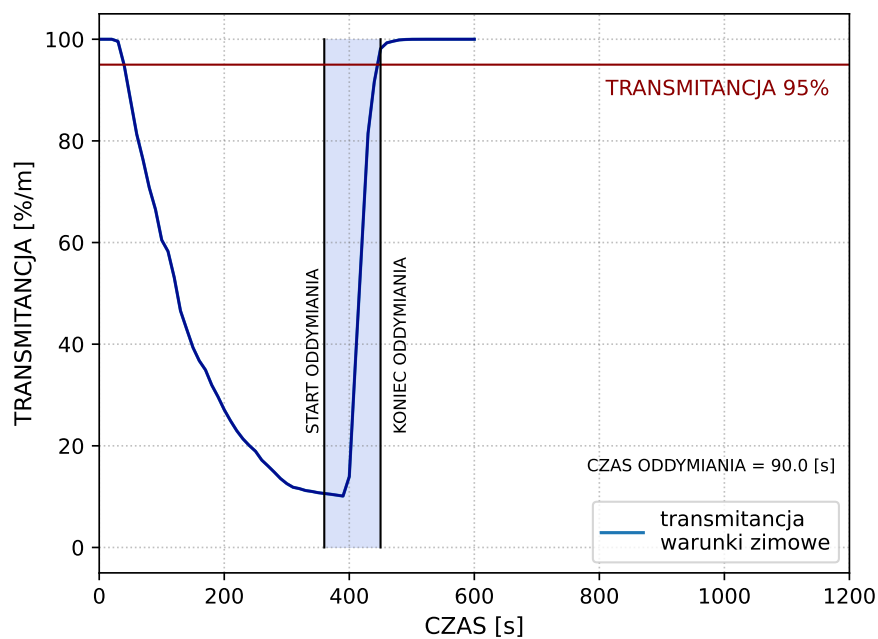
Pozioma czerwona linia wyznacza transmitancję 95%. Czas po jakim instalacja oddymiania zapewnia zasięg widzialności na tym poziomie wyznacza pionowa czarna linia opisana jako: koniec oddymiania. Linia koloru niebieskiego zaznaczono przebieg zmiany transmitancji w czasie trwania obliczeń.



Rysunek 7: Scenariusz 1 (warunki izotermiczne) - zmiana transmitancji w czasie trwania obliczeń



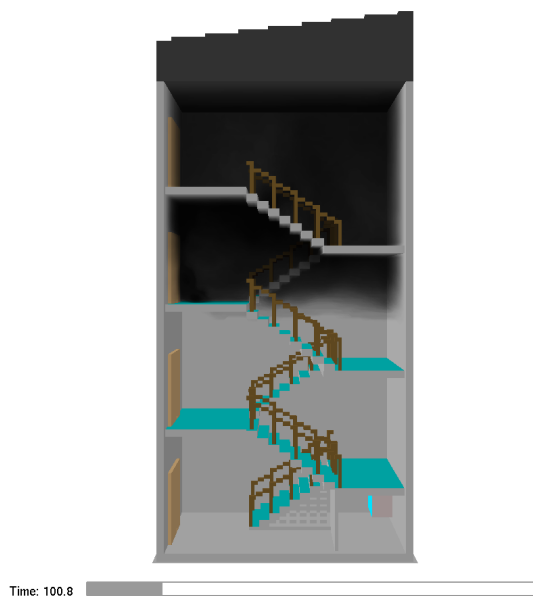
Rysunek 8: Scenariusz 2 (warunki letnie) - zmiana transmitancji w czasie trwania obliczeń



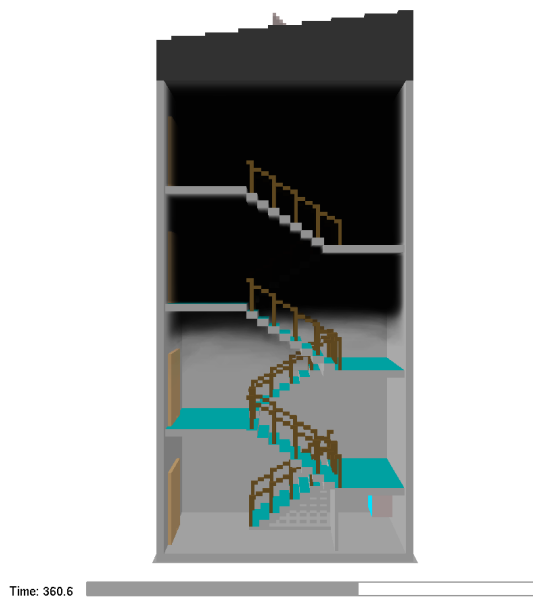
Rysunek 9: Scenariusz 3 (warunki zimowe) - zmiana transmitancji w czasie trwania obliczeń

7. Analiza CFD dla klatki schodowej KL1

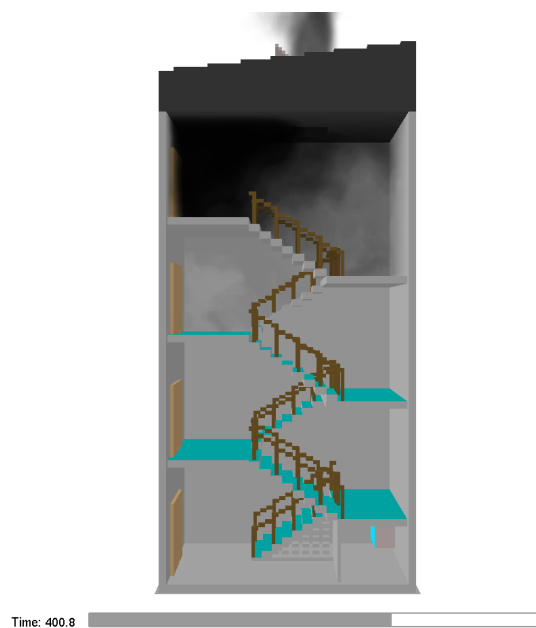
7.1. Scenariusz 1 (warunki izotermiczne) - poziom zadymienia



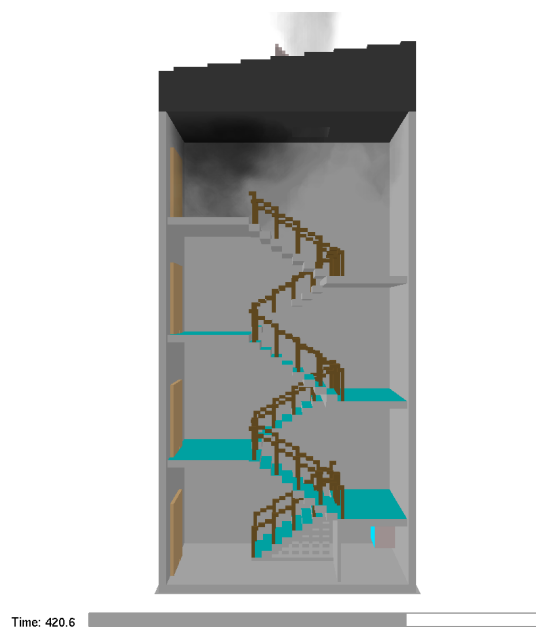
Rysunek 10: Scenariusz 1 - poziom zadymienia po czasie 100 s - napływ dymu do klatki



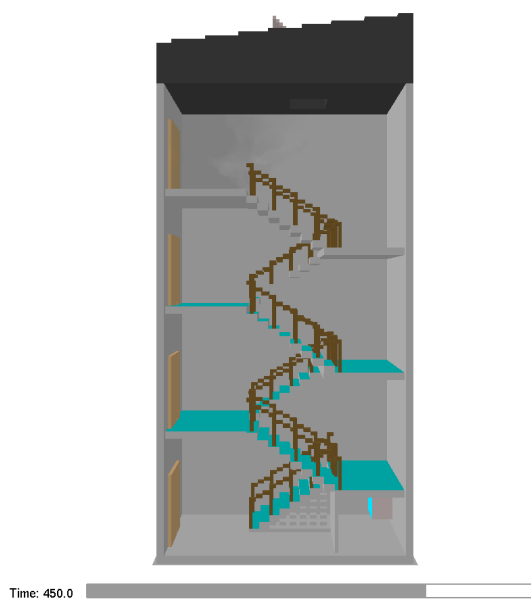
Rysunek 11: Scenariusz 1 - poziom zadymienia po czasie 360 s – tuż przed rozpoczęciem oddymiania



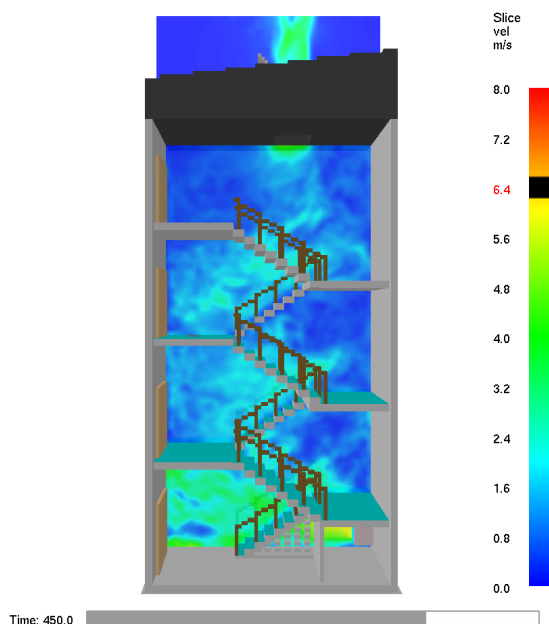
Rysunek 12: Scenariusz 1 - poziom zadymienia po czasie 400 s – usuwanie dymu



Rysunek 13: Scenariusz 1 - poziom zadymienia po czasie 420 s – usuwanie dymu

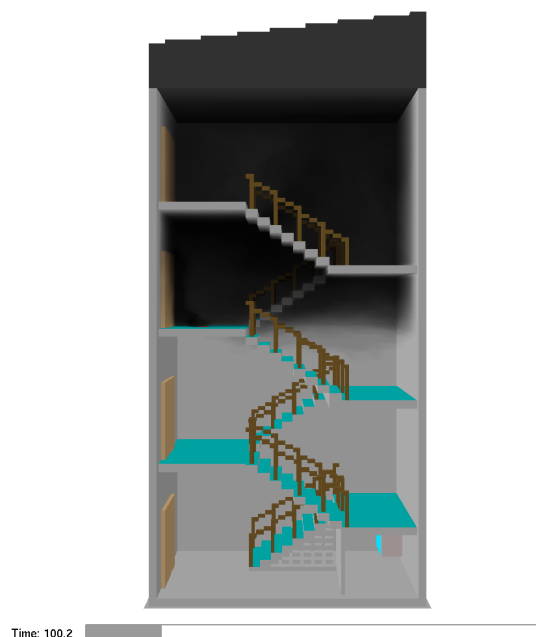


Rysunek 14: Scenariusz 1 - poziom zadymienia po czasie 450 s – osiągnięcie poziomu transmitancji 95% nad ostatnią kondygnacją klatki. Pełne oddymienie

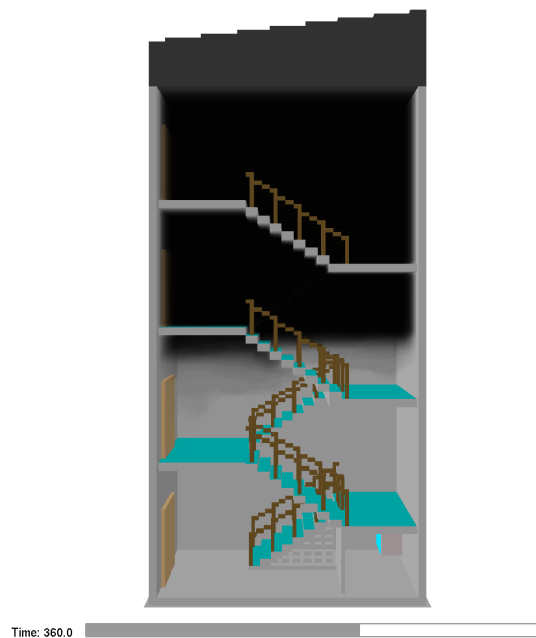


Rysunek 15: Scenariusz 1 - wartość prędkości przepływu powietrza przez klatkę schodową oraz w przekroju wentylatora nawiewnego - prędkość nie jest w zakresie parametrów krytycznych

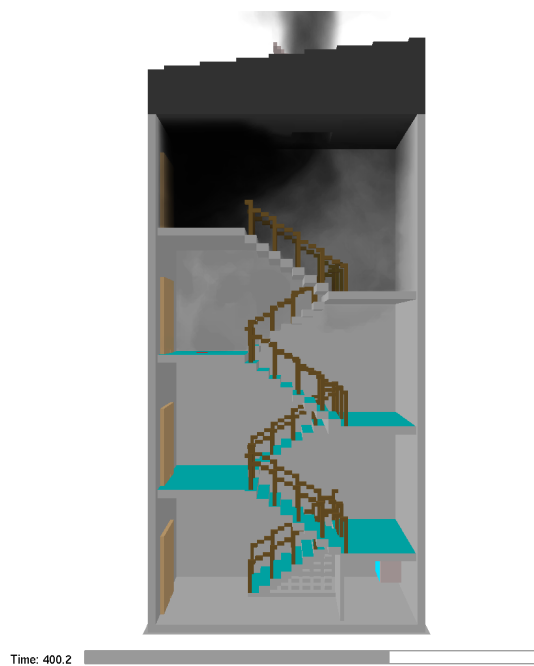
7.2. Scenariusz 2 (warunki letnie) - poziom zadymienia



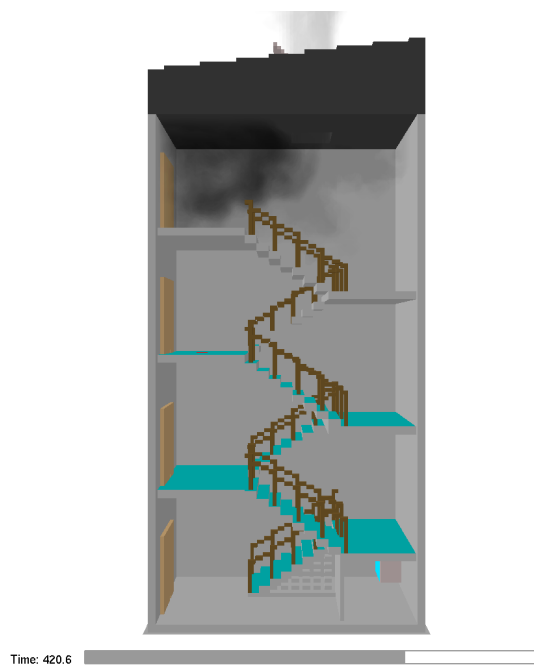
Rysunek 16: Scenariusz 2 - poziom zadymienia po czasie 100 s - napływ dymu do klatki



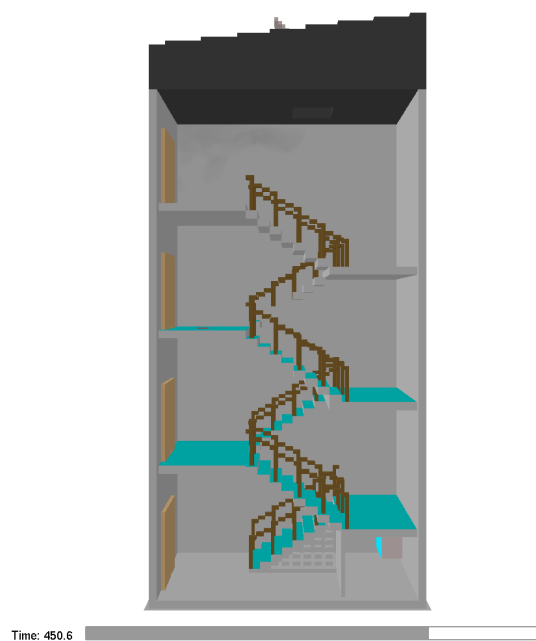
Rysunek 17: Scenariusz 2 - poziom zadymienia po czasie 360 s – tuż przed rozpoczęciem oddymiania



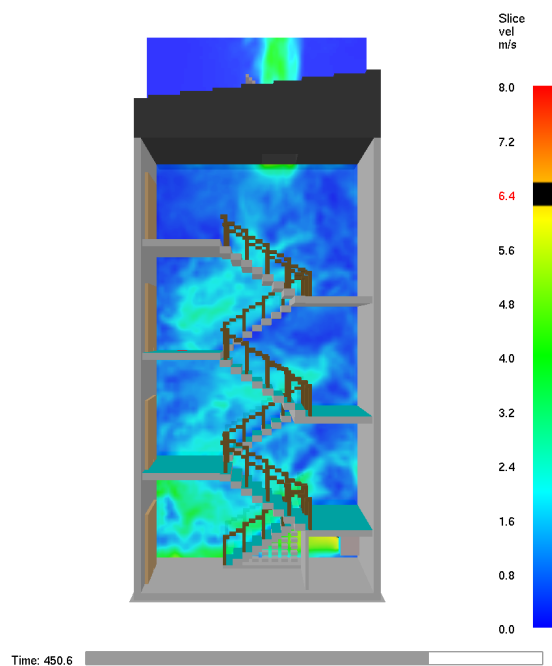
Rysunek 18: Scenariusz 2 - poziom zadymienia po czasie 400 s – usuwanie dymu



Rysunek 19: Scenariusz 2 - poziom zadymienia po czasie 420 s – usuwanie dymu

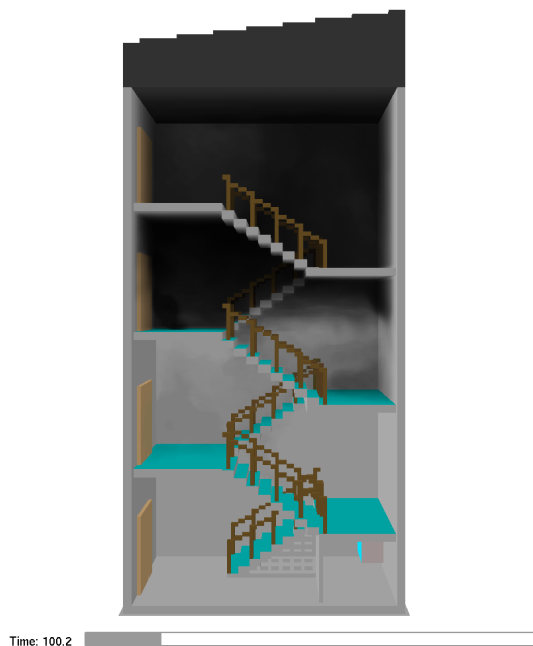


Rysunek 20: Scenariusz 2 - poziom zadymienia po czasie 450 s – osiągnięcie poziomu transmitancji 95% nad ostatnią kondygnacją klatki. Pełne oddymienie

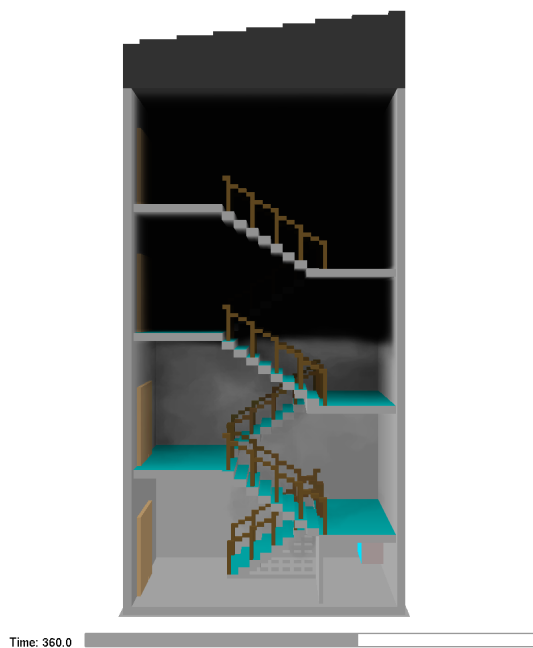


Rysunek 21: Scenariusz 2 - wartość prędkości przepływu powietrza przez klatkę schodową oraz w przekroju wentylatora nawiewnego - prędkość nie jest w zakresie parametrów krytycznych

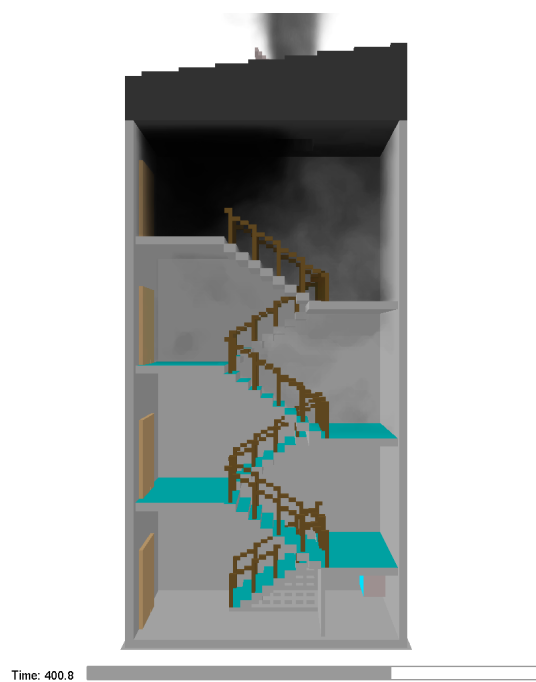
7.3. Scenariusz 3 (warunki zimowe) - poziom zadymienia



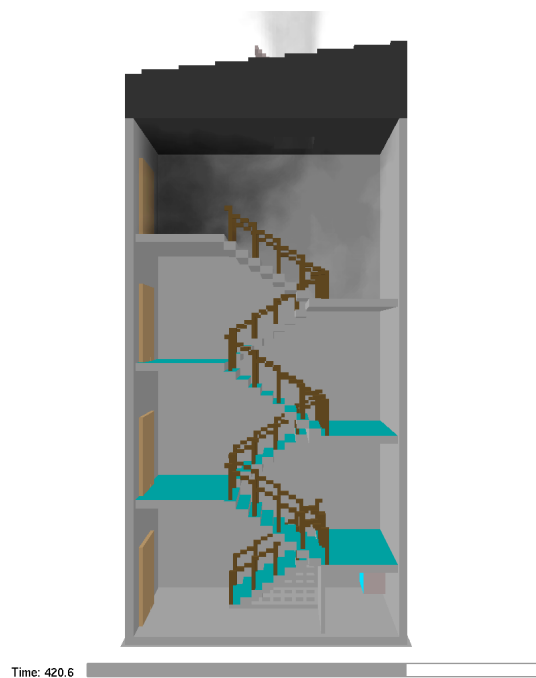
Rysunek 22: Scenariusz 3 - poziom zadymienia po czasie 100 s - napływ dymu do klatki



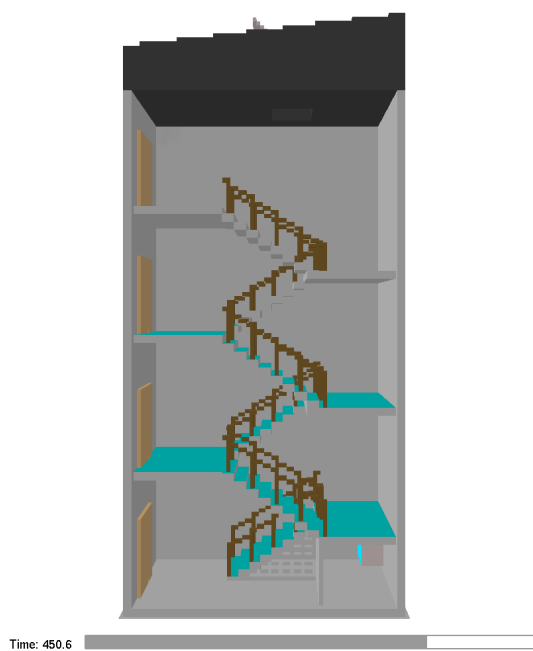
Rysunek 23: Scenariusz 3 - poziom zadymienia po czasie 360 s – tuż przed rozpoczęciem oddymiania



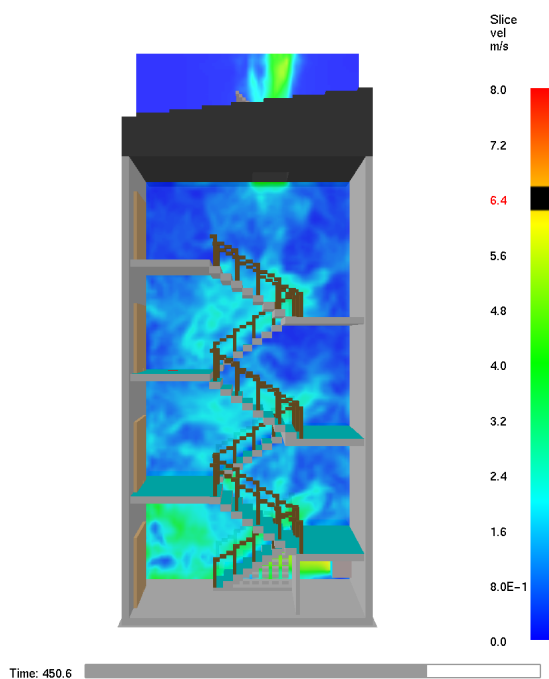
Rysunek 24: Scenariusz 3 - poziom zadymienia po czasie 400 s – usuwanie dymu



Rysunek 25: Scenariusz 3 - poziom zadymienia po czasie 420 s – usuwanie dymu



Rysunek 26: Scenariusz 3 - poziom zadymienia po czasie 450 s – osiągnięcie poziomu transmitancji 95% nad ostatnią kondygnacją klatki. Pełne oddymienie



Rysunek 27: Scenariusz 3 - wartość prędkości przepływu powietrza przez klatkę schodową oraz w przekroju wentylatora nawiewnego - prędkość nie jest w zakresie parametrów krytycznych

8. Podsumowanie

W scenariuszu 1 przyjęto oddymianie klatki schodowej w warunkach izotermicznych (+20 °C na zewnątrz i w środku klatki schodowej). Wygaszenie pożaru nastąpiło po czasie 300 s od początku obliczeń numerycznych. Zgodnie z wytycznymi [1] oddymianie rozpoczęto w 360 s. W scenariuszu 1 czas oddymiania wyniósł 90 s. Nie następowało zjawisko blokowania, bądź opadania dymu, który płynnie przemieszczał się do góry, by następnie wydostać się na zewnątrz przez urządzenie oddymiające zamontowane w dachu.

W scenariuszu 2 przyjęto oddymianie klatki schodowej w warunkach letnich (+30 °C na zewnątrz i +24 °C wewnątrz klatki schodowej). Wygaszenie pożaru nastąpiło po czasie 300 s od początku obliczeń numerycznych. Zgodnie z wytycznymi [1] oddymianie rozpoczęto w 360 s. W scenariuszu 2 czas oddymiania wyniósł 90 s. Nie następowało zjawisko blokowania, bądź opadania dymu, który płynnie przemieszczał się do góry, by następnie wydostać się na zewnątrz przez urządzenie oddymiające zamontowane w dachu.

W scenariuszu 3 przyjęto oddymianie klatki schodowej w warunkach zimowych (-22 °C na zewnątrz i +16 °C wewnątrz klatki schodowej). Wygaszenie pożaru nastąpiło po czasie 300 s od początku obliczeń numerycznych. Zgodnie z wytycznymi [1] oddymianie rozpoczęto w 360 s. W scenariuszu 3 czas oddymiania wyniósł 90 s. Nie następowało zjawisko blokowania, bądź opadania dymu, który płynnie przemieszczał się do góry, by następnie wydostać się na zewnątrz przez urządzenie oddymiające zamontowane w dachu.

9. Wnioski

W oparciu o przeprowadzoną analizę, stwierdza się, że:

1. System grawitacyjnej instalacji usuwania dymu i ciepła z klatki schodowej spełnia postawione wymagania funkcjonalne – dym nie zalega w klatce schodowej i jest usuwany w każdym ze scenariuszy.
2. Czas całkowitego oczyszczania z dymu zadymionej klatki schodowej wynosił:
 - scenariusz 1 - 90 s;
 - scenariusz 2 - 90 s;
 - scenariusz 3 - 90 s.
3. Dym z klatki schodowej jest usuwany niezależnie od wartości temperatury występującej na zewnątrz budynku.
4. Czas oddymiania klatki schodowej t_{odd} we wszystkich scenariuszach jest krótszy niż maksymalny dopuszczalny czas wynikający z wytycznych CNBOP [1]. Maksymalny czas nie może przekraczać wartości wynoszącej 95,4 s.

Na tej podstawie stwierdza się, że urządzenia do usuwania dymu wykonane zgodnie z założeniami projektowymi podanymi w punkcie 4, zapewnią wymaganą sprawność funkcjonalną i zgodną z zasadami wiedzy technicznej.

Bibliografia

- [1] Wytyczne CNBOP -PIB W-0003. System oddymiania klatek schodowych. 2016.
- [2] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (t.j. Dz.U. 2022, poz. 1225).
- [3] Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 21 marca 2023 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. 2023 poz. 822).
- [4] PKN. PN-EN ISO 6946. Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania. pages 1–30, 1999.
- [5] PKN. PN-EN 12831 - Instalacje ogrzewcze w budynkach. Metoda obliczania projektowanego obciążenia cieplnego, 2006.
- [6] Health and Safety Executive (HSE). Reducing risks, protecting people. *Process Safety and Environmental Protection*, pages 1–74, 2001.
- [7] K.McGrattan. *Verification and Validation of Selected Fire Models for Nuclear Power Plant applications, volume 7*. Number April. 2014.
- [8] CNBOP -PIB. *Systemy oddymiania klatek schodowych wydanie 2, 2019*. 2019.