

ANALIZA NUMERYCZNA CFD
SKUTECZNOŚCI ODDYMIANIA GRAWITACYJNEGO
KLATKI SCHODOWEJ K2
w budynku Dom Pomocy Społecznej w Pelplinie
ul. Szpitalna 2

Inwestor: Dom Pomocy Społecznej w Pelplinie
ul. Szpitalna 2

Opracował:

Czerwiec 2024 r.

SPIS TREŚCI

	STRONA
1 Podstawa opracowania.	3
2. Przedmiot opracowania i lokalizacja.	3
3. Zakres opracowania.	4
4. Opis systemu oddymiania grawitacyjnego klatki schodowej.	5
5. Rzuty oddymianej klatki schodowej.	7
6. Obliczenia.	9
7. Sprawdzenie skuteczności zastosowanych rozwiązań.	12
8. Lokalizacja źródeł testowych.	13
9. Przebieg analizy.	15
10. Ocena skuteczności systemu oddymiania klatki schodowej.	18
11. Wizualizacja wyników analizy CFD klatek schodowych.	17
11.1. Warunki letnie.	17
11.2. Warunki izotermiczne.	20
11.3. Warunki zimowe.	23
12. Wnioski.	26

1. Podstawa opracowania.

Podstawą opracowania są:

- [1] Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej (tekst jednolity Dz.U. z 2024 r. poz. 275 ze zmianami).
- [2] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo Budowlane (Dz.U. z 2023 r. poz. 682 ze zmianami).
- [3] rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. 2023 r. poz. 822 ze zmianami).
- [4] rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. z 2022 r. poz. 1225).
- [5] 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).
- [6] Wytyczne CNBOP-PIB W-0003:2016. Wydania 2, maj 2019. SYSTEMY ODDYMIANIA KLATEK SCHODOWYCH.
- [7] PN-B-02877- 4 „Instalacje grawitacyjne do odprowadzania dymu i ciepła”
- [8] Rysunki – inwentaryzacja budynku sporządzona przez : GAP Pracownia Architektoniczna Patrycja Stainke – Odebralska ; 83-200 Starogard Gdański Al. Jana Pawła II 11d.

2. Przedmiot opracowania i lokalizacja.

Przedmiotem opracowania jest symulacja **CFD** systemu samoczynnego oddymiania grawitacyjnego klatki schodowej K2 w budynku Dom Pomocy Społecznej w Pelplinie ul. Szpitalna 2 .

Opracowanie zawiera część opisową dotyczącą ogólnej charakterystyki klatki schodowej, zasadę funkcjonowania samoczynnego urządzenia służącego do usuwania dymu z przestrzeni klatki schodowej oraz założenia i metodykę wykonywania symulacji CFD.

Ponadto raport zawiera zasady prowadzenia analizy numerycznej z wnioskami z przeprowadzonej symulacji .

3. Zakres opracowania

Zakresem opracowania dotyczy ocena skuteczności samoczynnego oddymiania grawitacyjnego.

Zakres opracowania obejmuje:

- analizę symulacji **CFD** skuteczności urządzenia służącego do usuwania dymu z przestrzeni klatki schodowej,
- opis techniczny wraz z częścią graficzną wyników symulacji **CFD**.

Zgodnie z § 207. 1. rozporządzenia [4] budynek i urządzenia z nim związane powinny być projektowane i wykonane w sposób ograniczający możliwość powstania pożaru, a w razie jego wystąpienia zapewniający, m. innymi:

- możliwość ewakuacji ludzi lub ich uratowania w inny sposób;
- uwzględnienie bezpieczeństwa ekip ratowniczych.

W myśl rozporządzenia [3] za zabezpieczenie przed zadymieniem dróg ewakuacyjnych należy rozumieć zabezpieczenie przed utrzymywaniem się na drogach ewakuacyjnych dymu w ilości, która ze względu na ograniczenie widoczności, toksyczność lub temperaturę uniemożliwiałaby bezpieczną ewakuację.

Celem symulacji jest ocena skuteczności działania systemu oddymiania, zabezpieczenie przed utrzymywaniem się na drogach ewakuacyjnych dymu w ilości, która ze względu na ograniczenie widoczności, toksyczność lub temperaturę uniemożliwiałaby bezpieczną ewakuację; tj. ocena warunków krytycznych zadymienia i temperatury.

Przez uwzględnienie bezpieczeństwa ekip ratowniczych rozumie się tu ocenę warunków krytycznych temperatury i promieniowania.

Analiza warunków i możliwości bezpiecznej ewakuacji ludzi z analizowanego obszaru oraz skuteczności systemu wentylacji oddymiającej dla uwzględnienia bezpieczeństwa ekip ratowniczych oparte są o wyniki obliczeń komputerowych CFD warunków rozwoju pożaru dla założonego scenariusza pożarowego.

Wyniki zostaną przedstawione oraz ocenione pod kątem wymagań ochrony przeciwpożarowej.

4. Opis systemu oddymiania grawitacyjnego klatki schodowej

Dom Pomocy Społecznej zlokalizowany na skrzyżowaniu ul. Starogardzkiej i Szpitalnej. Obiekt znajduje się w południowej części miejscowości Pelplin na dz. nr 443/5 oraz 442/3.

Dom Pomocy Społecznej powstał w 1974 roku na bazie byłego sanatorium, jako Dom dla osób przewlekle chorych.

Dane techniczne budynku :

Kondygnacje nadziemne – 3

Kondygnacje podziemne – 1

Pow. zabudowy – 1200,67 m²

Pow. użytkowa – 2890 m²

Kubatura - 10500,26 m³

Wysokość budynku: 11,5 m – budynek niski / N / .

Przeznaczenie : budynek zamieszkania zbiorowego, z możliwością przebywania osób o ograniczonej zdolności poruszania się.

Budynek podzielony na cztery strefy pożarowe:

Strefa pożarowa SP 1 – część administracyjno-biurowa budynku głównego.
Zakwalifikowano do kategorii ZL III.

Strefa pożarowa SP 2- część kwaterunkowa i socjalno-bytowa budynku głównego.
Zakwalifikowano do kategorii ZL II.

Strefa pożarowa SP3 – pomieszczenie kaplicy zakwalifikowano do kategorii ZL II.

Strefa pożarowa SP 4 – kotłownia na paliwo gazowe w wydzielonym pomieszczeniu w kondygnacji podziemnej budynku głównego

Wymagana klasa odporności pożarowej budynku „B”.

Projektowane wydzielenie klatki schodowej poddanej analizie ścianami wewnętrznymi o klasie odporności ogniowej REI 60 oraz zamknięcie drzwiami EIS30.

Wyjście z klatki schodowej K2 bezpośrednio na zewnątrz budynku, korytarzem obudowanym ścianami w klasie odporności ogniowej REI60 , zamykanych drzwiami EI 30. Zachowano obudowy ścian zewnętrznych przylegających do klatek schodowych w klasie odporności ogniowej REI 60 jak dla stropów budynku, w pasie co najmniej 4m dla ścian zewnętrznych pomieszczeń przylegających do wyjścia z klatki schodowej usytuowanych pod kątem 90 st.

Dobór urządzeń przeciwpożarowych w obiekcie: stałych urządzeń gaśniczych, systemu sygnalizacji pożarowej, dźwiękowego systemu ostrzegawczego, instalacji wodociągowej przeciwpożarowej, urządzeń oddymiających, dźwigów przystosowanych do potrzeb ekip ratowniczych, o ile to możliwe z podanie informacji o ich sprawności technicznej.

stałe urządzenia gaśnicze

Stosowanie stałych urządzeń gaśniczych, związanych na stałe z obiektem, zawierających zapas środka gaśniczego i uruchamianych samoczynnie we wczesnej fazie rozwoju pożaru - nie jest wymagane. Nie projektowane.

systemu sygnalizacji pożarowej.

Stosowanie systemu sygnalizacji pożarowej, obejmującego urządzenia sygnalizacyjno-alarmowe, służące do samoczynnego wykrywania i przekazywania informacji o pożarze – jest wymagane.

Projektowane jest wyposażenie budynku w system sygnalizacji pożaru obejmujący ochroną cały budynek.

Dźwiękowy system ostrzegawczy

Stosowanie dźwiękowego systemu ostrzegawczego, umożliwiającego rozgłaszanie sygnałów ostrzegawczych i komunikatów głosowych dla potrzeb bezpieczeństwa osób przebywających w budynku, nadawanych automatycznie po otrzymaniu sygnału z systemu sygnalizacji pożarowej, a także przez operatora - nie jest wymagane. Nie projektowane.

Instalacja wodociągowa przeciwpożarowa.

Zaopatrzenie w wodę wewnętrznego gaszenia pożaru – wymagane hydranty wewnętrzne 25.

Budynek wyposażony w hydranty 25 z węzami półsztywnymi.

Hydranty na każdej kondygnacji z zasięgiem obejmującym kondygnację.

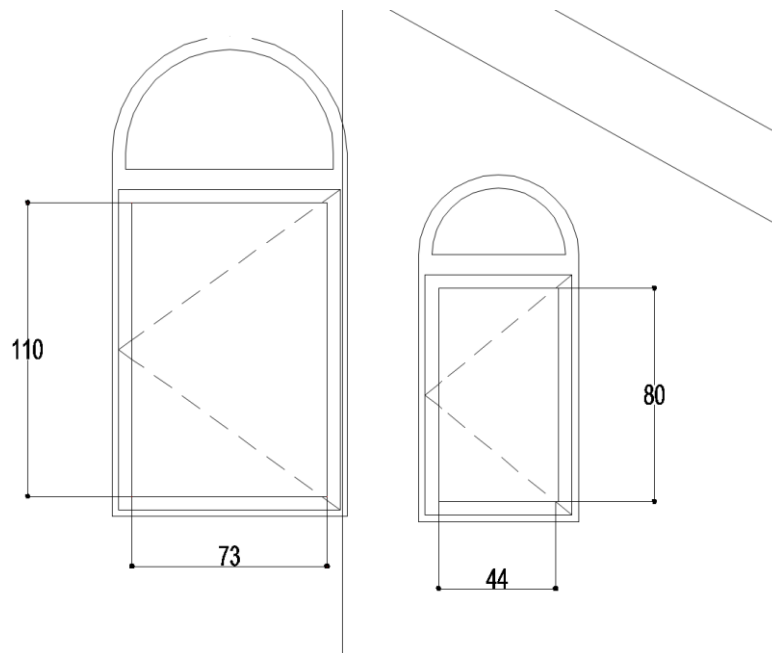
Urządzenia oddymiające.

Wymagane na klatkach schodowych K1 i K2 .

Klatka schodowa K1, z istniejącym wyposażeniem w samoczynne urządzenie do usuwania z niej dymów i gazów pożarowych w oparciu o Polską Normę PN-B-02877 - 4 Ochrona przeciwpożarowa budynków. Instalacje grawitacyjne do odprowadzania dymu i ciepła. Zasady projektowania. Napowietrzanie drzwiami do klatki schodowej na poziomie parteru jako najniższej położonym otworem w obudowie klatki schodowej.

Klatka schodowa K2, z projektowanym wyposażeniem w samoczynne urządzenie do usuwania z niej dymów i gazów pożarowych z przystosowaniem istniejących okien w ścianie zewnętrznej do oddymiania z potwierdzoną skutecznością oddymiania symulacją CFD.

Wymiary okien przystosowanych do oddymiania



Okna uchylne na zewnątrz pod kątem 45 st.



W obliczenia przyjęto współczynniki przepływów, zgodnie ze wskazaniami wiedzy inżynierskiej :

Tabela nr 5. Zestawienie współczynników przepływu C_{vo} okien w systemie mcr OSO w przegrodach pionowych						
Bezwymiarowy współczynnik C_{vo} określony jest w sposób doświadczalny w zależności od zakresu proporcji wymiarów okna, kierunku otwierania i kąta otwarcia skrzydła.						
Zakres proporcji wymiarów	Kierunek otwierania skrzydła	Kąt otwarcia skrzydła				
		20°	30°	45°	60°	90°
$0,5 \leq B/H < 1,0$	do wewnątrz i przechylne	0.39	0.40	0.49	0.57	0.67
	na zewnątrz	0.40	0.43	0.52	0.60	0.69
$1,0 \leq B/H < 2,0$	do wewnątrz i przechylne	0.42	0.43	0.56	0.63	0.68
	na zewnątrz	0.44	0.46	0.58	0.65	0.70
$B/H \geq 2,0$	do wewnątrz i przechylne	0.35	0.39	0.51	0.57	0.67
	na zewnątrz	0.38	0.41	0.55	0.61	0.70

Okno nr 1

Wymiar wewnętrzny ościeżnicy B x H: 0,73 m x 1,1 m

Powierzchnia otworu B x H po otwarciu skrzydła: 0,7 m x 1,1 m = 0,80 m²

Miejsce montażu: Przegroda pionowa (elewacja)

Kierunek otwierania, usytuowania zawiasów: Otwierane górną na zewnątrz, zawiasy na dolnej części okna

Zakres proporcji [B/H]: 0,66

Wartość współczynnika C_{vo} /kąt otwarcia: 0,52/45°

Powierzchnia czynna oddymiania: 0,8 x 0,52 = 0,41 m²

Ilość okien oddymiających: 1

Okno nr 2

Wymiar wewnętrzny ościeżnicy B x H: 0,44 m x 0,8 m

Powierzchnia otworu B x H po otwarciu skrzydła: 0,44 m x 0,8 m = 0,35 m²

Miejsce montażu: Przegroda pionowa (elewacja)

Kierunek otwierania, usytuowania zawiasów: Otwierane górną na zewnątrz, zawiasy na dolnej części okna

Zakres proporcji [B/H]: 0,55

Wartość współczynnika C_{vo} /kąt otwarcia: 0,52/45°

Powierzchnia czynna oddymiania: 0,35 x 0,52 = 0,18 m²

Ilość okien oddymiających: 1

Łączna powierzchnia czynna oddymiania : 0,02 + 0,41 = 0,61 m²

Łączna powierzchnia geometryczna otworów: 0,80 + 0,35 = 1,15 m²

Wymagana powierzchnia napowietrzania 1,15 m² + 30% = 1,49 m²

Realizowana powierzchnia napowietrzania co najmniej 1,49 m²

/ okna w ścianie zewnętrznej klatki schodowej najmniej o powierzchni otworu napowietrzającego co najmniej 1,49 m² /

Przeprowadzone symulacje wykazały, że projektowany układ oddymiania w klatce schodowej jest skuteczny i zapewnia bezpieczeństwo osób ewakuowanych, nie narażając ich w trakcie ewakuacji na zagrożenia wynikające z zadymienia i nadmiernej temperatury.

Proces oddymiania klatek zainicjowany zostanie automatycznie poprzez czujki optyczne dymu, które zainstalowane zostaną na każdej kondygnacji klatki schodowej. Możliwe będzie również ręczne załączenie oddymiania za pomocą przycisków ręcznych. Ręczne przyciski oddymiania zainstalowane zostaną na każdej kondygnacji na klatce schodowej oraz na parterze.

Napowietrzanie samoczynne oknami w ścianie zewnętrznej klatki schodowej w momencie uruchomienia systemu oddymiania.

Stany pracy systemu oddymiania

Alarmowanie

Wykrycie dymu przez czujki lub użycie ręcznego ostrzegacza pożarowego w systemie sygnalizacji pożarowej lub użycie ręcznego przycisku oddymiania spowoduje że centrala sterująca oddymianiem zgłosi alarm i poda napięcie na siłowniki, które otworzą okno oddymiające oraz okno napowietrzające do pozycji pożarowej.

Stan alarmu będzie sygnalizowany w przycisku oddymiania RPO-02 przez pulsujące świecenie czerwonej diody URUCHOMIENIE, orazysterowania wyjścia alarmu w centrali.

Dozorowanie

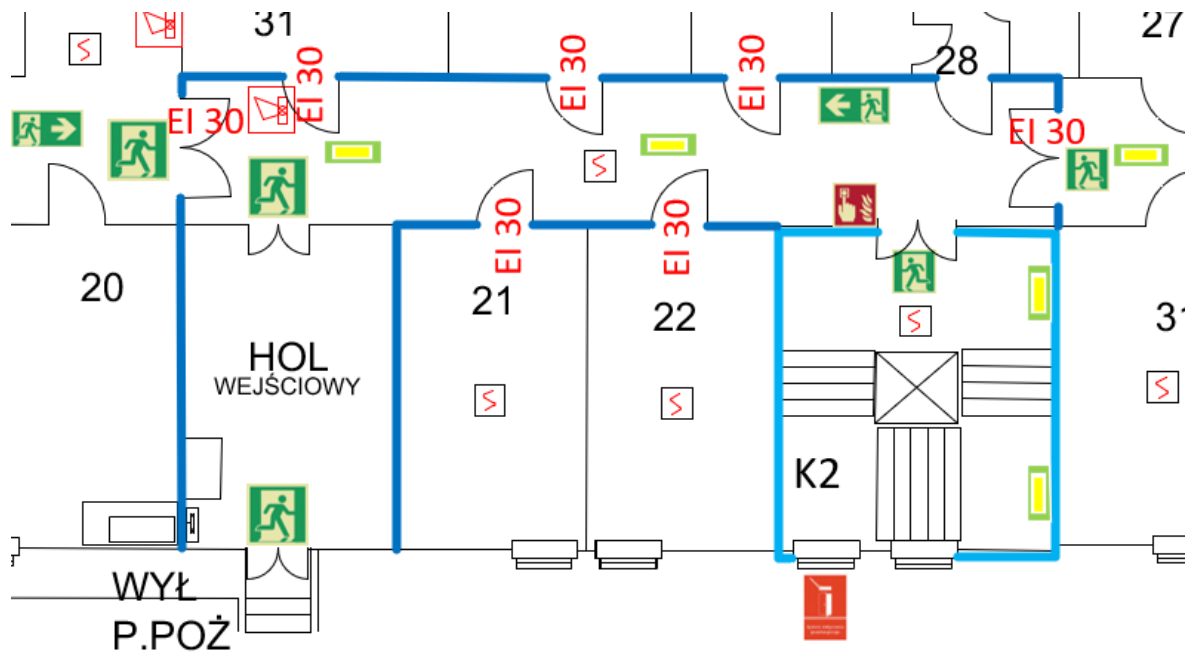
W czasie dozorowania, przy prawidłowo zmontowanym układzie, centrala sterująca wskazuje poprawną pracę świeceniem diody DOZÓR [OK] (zielona) na przycisku oddymiania RPO-02.

Uszkodzenie

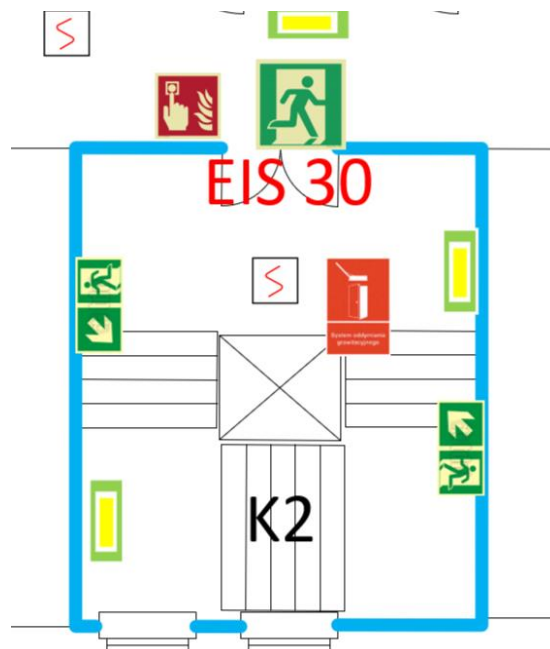
Stan uszkodzenia jest sygnalizowany w przycisku oddymiania RPO-02 przez wygaszenie zielonej diody DOZÓR. Dodatkowo pulsuje żółta dioda USZKODZENIE orazysterowania wyjścia uszkodzenia w centrali.

5. Rzuty oddymianej klatki schodowej.

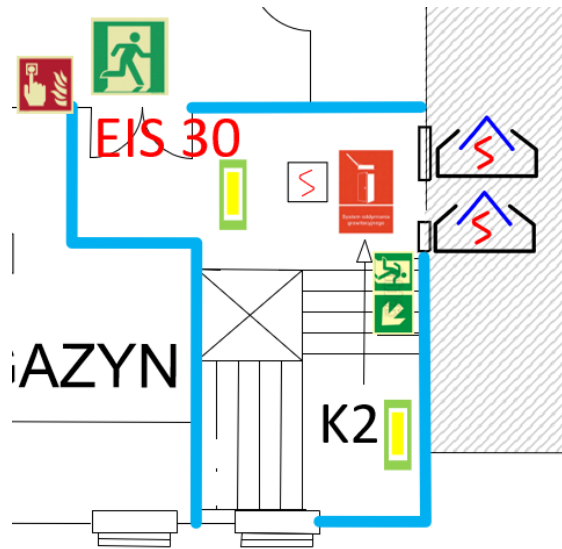
Parter



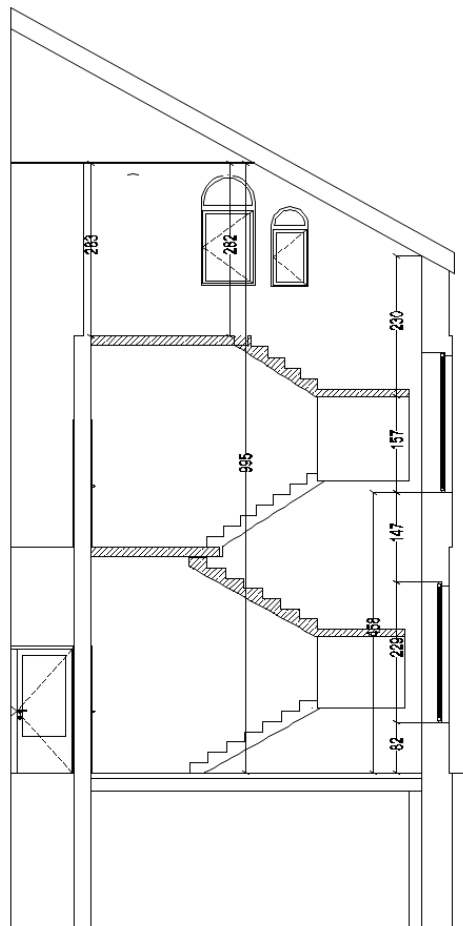
Piętro



Poddasze



Przekrój



6. Sprawdzenie skuteczności zastosowanych rozwiązań.

Sprawdzenie w oparciu o „Wytyczne CNBOP-PIB W-003:2016 / W-2.

Analizę przeprowadzono z wykorzystaniem metody obliczeniowej mechaniki płynów (**CFD** z ang. Computational Fluid Dynamics). Umożliwiających modelowanie zjawisk fizycznych zachodzących podczas pożaru oraz pracy systemu wentylacji oddymiającej. Szczegółowa analiza przy wykorzystaniu metod obliczeniowej mechaniki płynów stanowi rozbudowane narzędzie w inżynierii bezpieczeństwa pożarowego pozwalające na przewidywanie rozchodzenia się dymu i ciepła w rozważanym obiekcie.

W ramach przedmiotowej analizy wykonano prognozy stopnia zadymienia obiektu oraz wzrostu temperatur w kubaturze klatki schodowej, przez którą prowadzi droga ewakuacyjna do wyjścia z budynku.

Geometria rozpatrywanego obiektu oraz wszystkie parametry wymagane do opisu danego scenariusza są wprowadzane do programu w postaci pliku wsadowego, który jest plikiem tekstowym tworzonym przez użytkownika programu dostosowanym do geometrii budynku.

Wszystkie elementy geometrii rozpatrywanego budynku pokrywają się z komórkami siatki obliczeniowej. Poszczególne elementy budynku to ściany, stropy, słupy czy podciągi są reprezentowane przez jeden lub kilka prostopadłościennych „bloków” o cechach materiałowych odpowiadających danemu elementowi.

Warunki brzegowe mogą być przypisywane do zadanych obszarów na granicy domeny obliczeniowej lub do powierzchni „bloków” reprezentujących ściany, strop, itd.

Poprawność działania programu FDS została szczegółowo zweryfikowana przez NIST oraz inne ośrodki naukowo-badawcze.

W ramach weryfikacji programu FDS dokonano min.:

- Porównania wyników symulacji z warunkami eksperymentów w skali naturalnej przeprowadzonych specjalnie na potrzeby weryfikacji programu.
- Porównania wyników symulacji z wynikami innych eksperymentów w skali naturalnej i laboratoryjnej, których wyniki opublikowano w literaturze naukowo-technicznej.
- Porównania wyników symulacji z obserwacjami dokonanymi podczas zaistniałych pożarów.

W przypadku typowych symulacji dla celów inżynierskich, w których rozpatrywany jest jedynie transport dymu i ciepła, program FDS wyznacza prędkości przepływu i

temperatury z dokładnością pomiędzy 5% a 20 %, w zależności od przyjętej rozdzielczości siatki obliczeniowej.

Układ pracy systemu oddymiania automatyczny w wyniku zadziałania systemu sygnalizacji pożarowej (SSP) i lub uruchamiany w sposób ręczny poprzez użycie przycisku RPO [ręczny przycisk oddymiania] lub ROP [ręczny ostrzegacz pożarowy] .

Dla analizy warunków podczas pożaru i spełnienia wymogów zapewniających bezpieczną ewakuację ludzi przyjmuje się nie przekroczenie badanych parametrów zagrażających życiu ewakuowanych:

- Zakres widoczności na poziomie 1,8 m od podłogi. Jako graniczne kryterium przyjęto 10 m,
- Zakres temperatury na poziomie 1,8 m od podłogi. Jako graniczne kryterium przyjęto 60°C,

7. Lokalizacja źródeł pożarów testowych

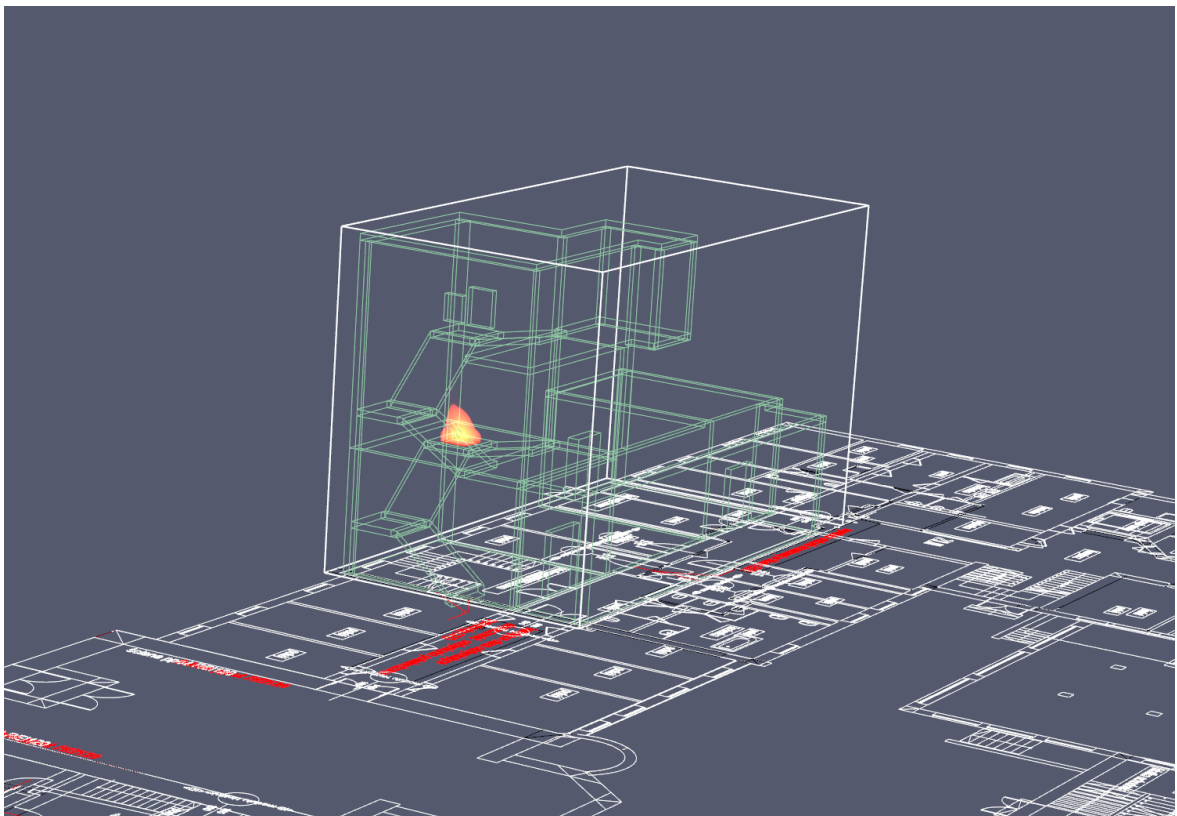
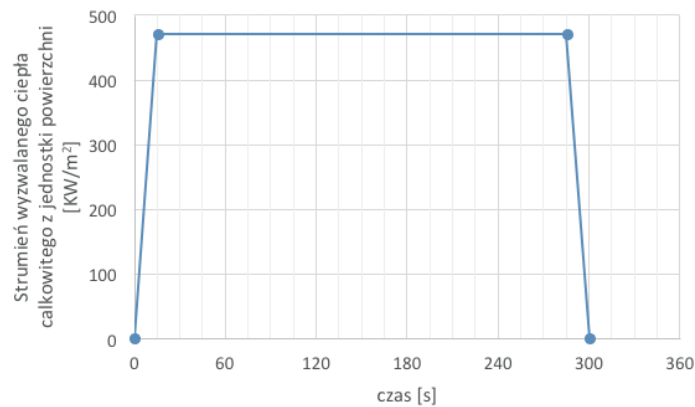
Powyższe wymagania dla źródła testowego, ustalono w oparciu o „Wytyczne CNBOP-PIB W-003:2016 / W-2.

W budynkach nie zakłada się wystąpienia pożaru w klatce schodowej.

Jednak w celu umożliwienia oceny skuteczności systemu oddymiania za pomocą analiz CFD, bez potrzeby rozpatrywania wielu scenariuszy rozwoju pożaru i sekwencji otwierania drzwi z przestrzeni objętej pożarem na klatkę schodową, przewiduje się produkcję ciepła i dymu, o parametrach przedstawionych w wytycznych, przez źródło testowe zlokalizowane w przestrzeni klatki schodowej. Przedmiotowe analizy służą zatem wyłącznie ocenie skuteczności systemu oddymiania i nie należy ich rozpatrywać jako ocen warunków ochrony przeciwpożarowej w budynku.

Parametry źródła testowego :

- Jako paliwo przyjęto etanol (C_2H_5OH),
- ciepło spalania 26 780 kJ/kg,
- całkowity strumień ciepła wyzwalany z jednostki powierzchni źródła testowego, wynosi 471 kW na powierzchni ok. 1m²,
- należy przyjąć, że promieniowanie cieplne stanowi 30% całkowitego strumienia wyzwalanego ciepła,
- współczynnik dymotwórczości przyjęto 0,05 kgdymu/kgpaliwa



9 . Przebieg analizy

Do przeprowadzenia szczegółowej analizy oraz otrzymania wyników zawartych w raporcie wykorzystany został program Fire Dynamics Simulator wersja 6.7, który jest narzędziem opracowanym przez amerykański instytut naukowo-badawczy NIST (National Institute of Standards and Technology) przy współpracy fińskiego instytutu VTT Technical Research Centre of Finland oraz The Society of Fire Protection Engineers (SFPE). Program posiada liczne eksperymenty walidacyjne i weryfikacyjne.

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. Program FDS wykorzystuje technikę LES (LArge Eddy Simulation). 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.

Model reakcji chemicznej spalania to model spalania wg. „prostej reakcji chemicznej” zakładającej, że w pojedynczej skończonej objętości obliczeniowej znajduje się analizowany składnik, który jest opisany udziałem masowym odniesionym do całej pojedynczej objętości skończonej.

W analizie skuteczności pracy wentylacji pożarowej za pomocą metod CFD dokonano szeregu założeń warunkujących powstanie prawidłowego modelu:

- do stworzenia 3-wymiarowego modelu klatki schodowej wykorzystano projekt budowlany budynku,
- użyto model z siatką niestukturalną charakteryzującą się wymiarem elementów nie większym niż 0,2 m,
- modele zostały podzielony na 24 sieci obliczeniowe.

W analizie system oddymiania aktywowany został po stałym czasie 360 s., co umożliwia ocenę skuteczności oddymiania klatki schodowej. Źródło pożaru testowego zlokalizowane jest na kondygnacji nadziemnej.

Analiza wykonana jest w odniesieniu do trzech wartości temperatury, charakterystycznych dla warunków polskich, odpowiadających warunkom zimowym, izotermicznym oraz letnim.

Warunki początkowe wewnątrz i na zewnątrz.

Do analizy zostały przyjęte następujące wartości temperatury powietrza zewnętrznego i temperatura początkowa przegród i powietrza wewnątrz klatki schodowej:

	temperatury powietrza zewnętrznego	Temperatura początkowa przegród i powietrza wewnątrz klatki schodowej
Warunki letnie	+ 28°C	+ 24°C
Warunki izotermiczne	+ 20°C	+ 20°C
Warunki zimowe	- 20°C	+ 16°C

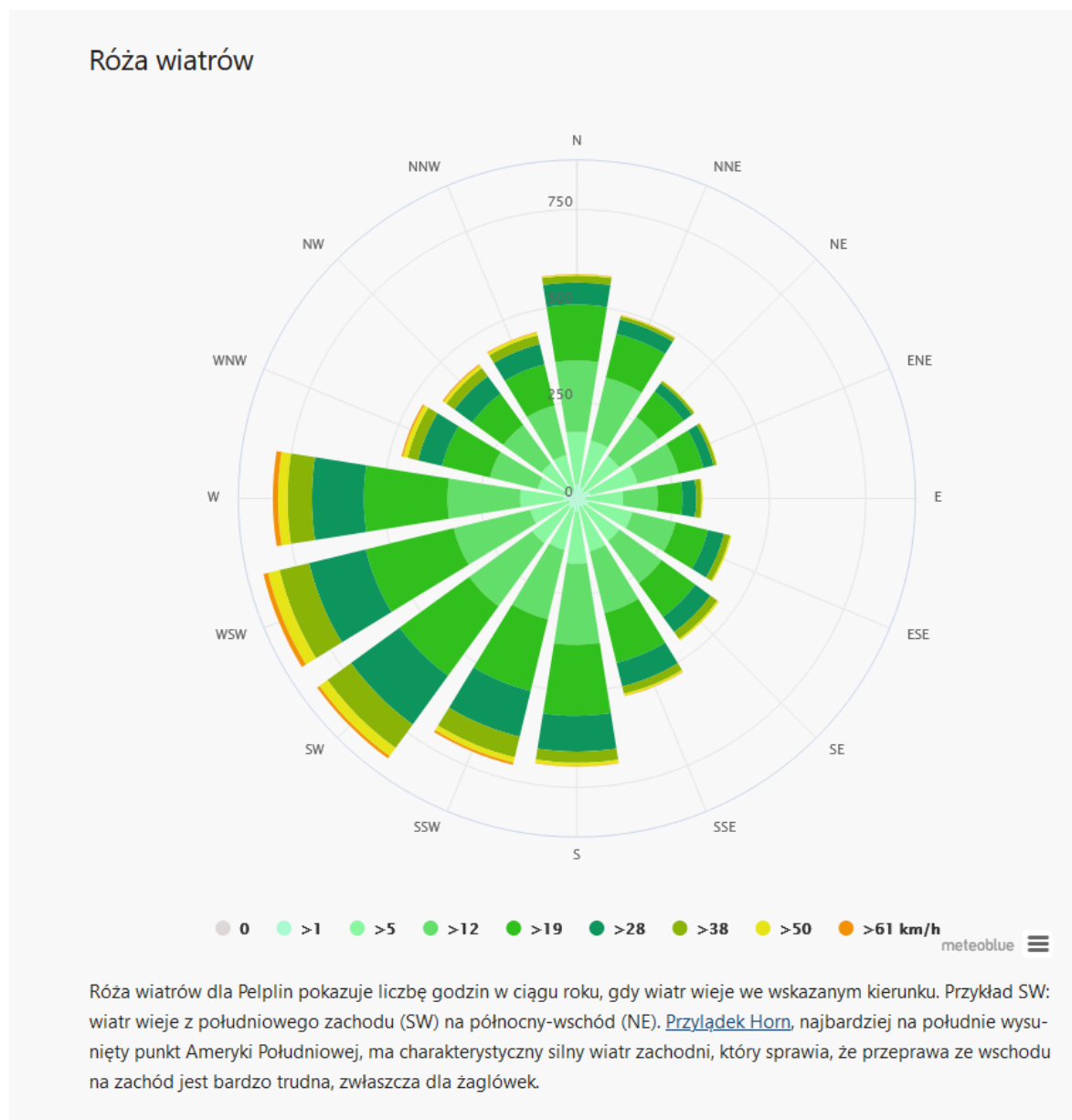
Czas analizy

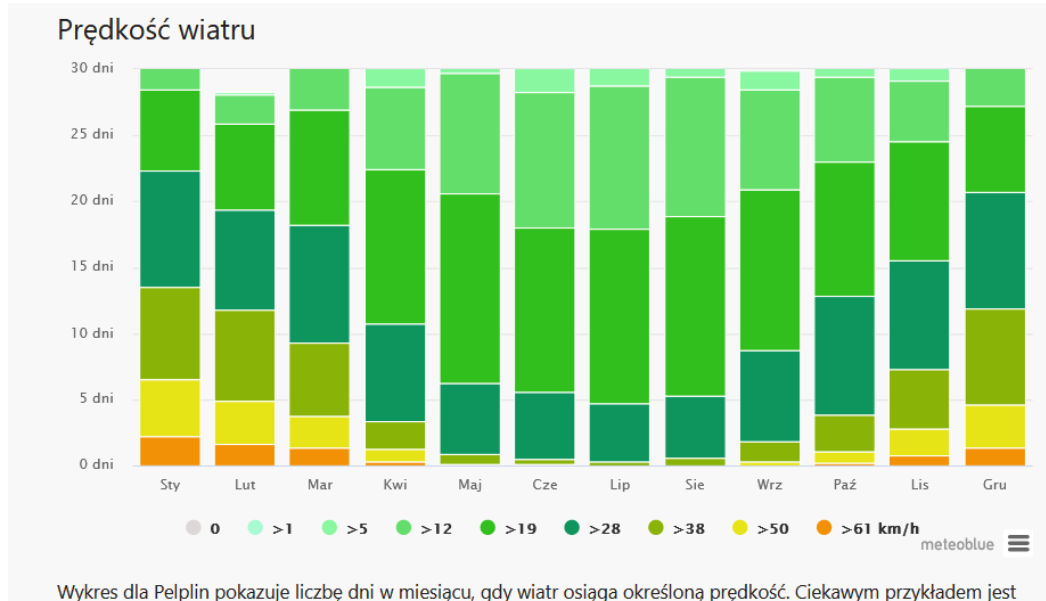
Analiza wykonana dla czasu 15 minut licząc od początku aktywacji źródła testowego.

Uwzględnienie czynnika wiatru na ściany zewnętrzne budynku w której zlokalizowano okna oddymiające.

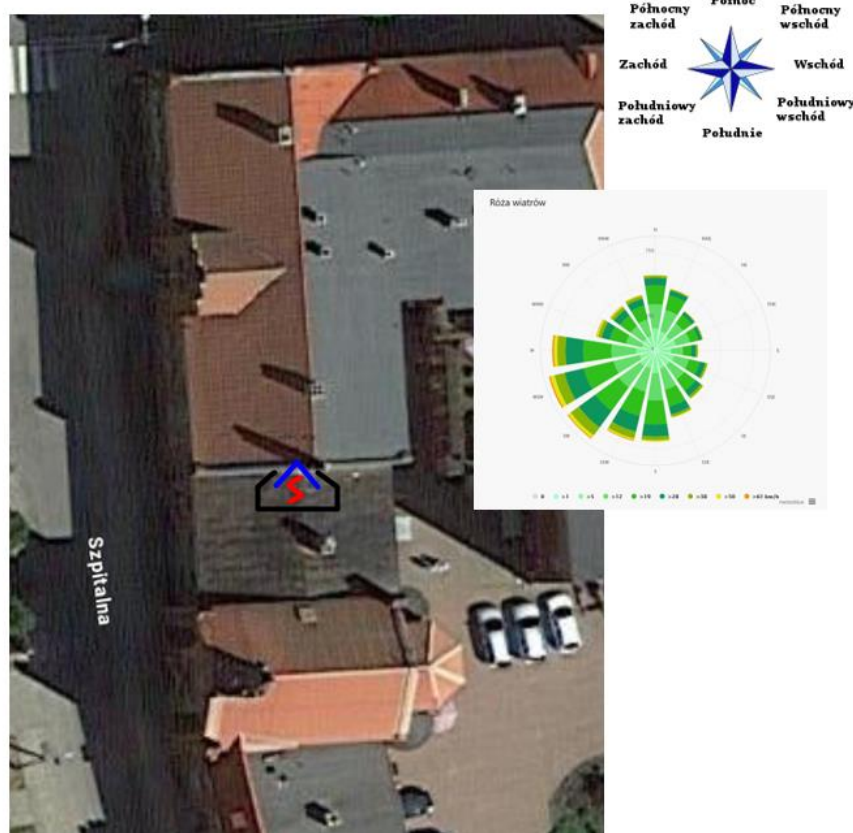
Zdarzenie zasymulowano dla dziennych warunków pogodowych.

Przedstawione dane pozyskano ze strony internetowej meteoblue.com, kierunek wiatru przewidziano w stronę analizowanego budynku jako najbardziej niekorzystną sytuację.





Oddziaływanie wiatru stanowi jedno z podstawowych zagrożeń dla skutecznego funkcjonowania systemów oddymiania klatek schodowych. Parcie wiatru na jedną ze ścian budynku może powodować niekorzystny rozkład ciśnień na jego fasadach, a w konsekwencji może znacząco wpłynąć na kierunek przepływu dymu w przestrzeni klatki schodowej.



Przyjęto wiatr z kierownków WSW do ESE

o średniej prędkości 27 km/h = 7,49 m/s

Ciśnienie wywierane przez wiatr na fasadę budynku (pw) oblicza się na podstawie wzoru:

$$p_w = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot \rho_a \cdot v_w^2 [Pa]$$

gdzie:

v_w - prędkość wiatru [m/s],

ρ_a - gęstość powietrza zewnętrznego [kg/m³],

c_w - współczynnik oporu aerodynamicznego.










Obliczenia :

$$p_w = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot \rho_a \cdot v_w^2 [Pa] \quad (5.2)$$

Cw	1,05
Pa	1,1225 kg/m ³
Vw	7,49 m/s
Pw=	33,06049

gdzie:

v_w – prędkość wiatru [m/s],
 ρ_a – gęstość powietrza zewnętrznego [kg/m³],
 c_w – współczynnik oporu aerodynamicznego.

Shape		Drag Coefficient
Sphere →		0.47
Half-sphere →		0.42
Cone →		0.50
Cube →		1.05
Angled Cube →		0.80
Long Cylinder →		0.82
Short Cylinder →		1.15
Streamlined Body →		0.04
Streamlined Half-body →		0.09
Measured Drag Coefficients		

Przyjęte do obliczeń przez wiatr na fasadę budynku (pw) = 33 Pa

10. Ocena skuteczności systemu oddymiania klatki schodowej.

Powyższe wymagania dla źródła testowego, ustalono w oparciu o „Wytyczne CNBOP-PIB W-003:2016”.

System oddymiania uważa się za skuteczny jeżeli osiągnie się:

- wymaganą widzialność minimum 10 m (mierzoną na wysokości 1,80m nad posadzką),
- prognozowaną temperaturę na wysokości 1,80 m nad posadzką poniżej 60 °C (poza miejscem bezpośrednio nad pożarem lub obszarem bezpośrednio nim objętym).
- po uruchomieniu systemu (po czasie 360 s) dym przemieszcza się w kierunku klapy dymowej;
- czas oddymiania klatki schodowej (t_{odd}), przyjmuje się, że dym został usunięty, gdy wynik liniowego pomiaru transmitancji światła na wysokości 2,0 m powyżej spocznika ostatniej kondygnacji wynosi co najmniej 80% (na odległości 1m).

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

Dla systemu oddymiania grawitacyjnego zgodnie z „Wytycznymi CNBOP-PIB W-003:2016.”, czas oddymiania klatki schodowej (t_{odd}) powinien zostać określony, jednak nie ma ograniczenia co do wymaganego czasu oddymiania. Dla rozpatrywanych scenariuszy rozwoju przyjęto, że pożaru dym został usunięty, gdy wynik liniowego pomiaru transmitancji światła na wysokości 2,0 m powyżej spocznika ostatniej kondygnacji wynosi co najmniej 95% (na odległości 1m).

11. Wnioski

Dla analizowanych scenariuszy po uruchomieniu systemu oddymiania (po czasie 360s) dym przemieszcza się w kierunku klapy dymowej i po czasie :

680s dla warunków letnich,

600 s dla warunków izotermicznych,

630 s dla warunków zimowych ,

uzyskujemy skuteczne usunięcie dymu , do poziomu akceptowalnego.

Potwierdzono, że w tych przedziałach czasowych dym kieruje się ku górze klatki schodowej, a wynik liniowego pomiaru transmitancji światła na wysokości 2,0 m powyżej spocznika ostatniej kondygnacji od zainicjowania pożaru testowego, wynosi co najmniej 95% z wymaganych 10m tj. utrzymuje się na poziomie co najmniej 9,5 m.

Wymagana widzialność powyżej 10 m (mierzona na wysokości 1,80m nad spocznikiem kondygnacji przeznaczanej na pobyt ludzi) jest zapewniona we wszystkich analizowanych przypadkach po wskazanym czasie działania systemu oddymiania.

Podobnie prognozowana temperatura na wysokości 1,80 m nad spocznikiem - dla analizowanych przypadków jest poniżej 60 °C.

Można podsumować, iż w czasie przeprowadzonej symulacji dla analizowanych przypadków system oddymiania klatki schodowej skutecznie usuwa zadymienie oraz temperaturę z przestrzeni chronionej klatki schodowej zapewniając bezpieczne warunki ewakuacji.

W strefie nie objętej pożarem temperatura w żadnym punkcie nie przekracza warunków krytycznych.

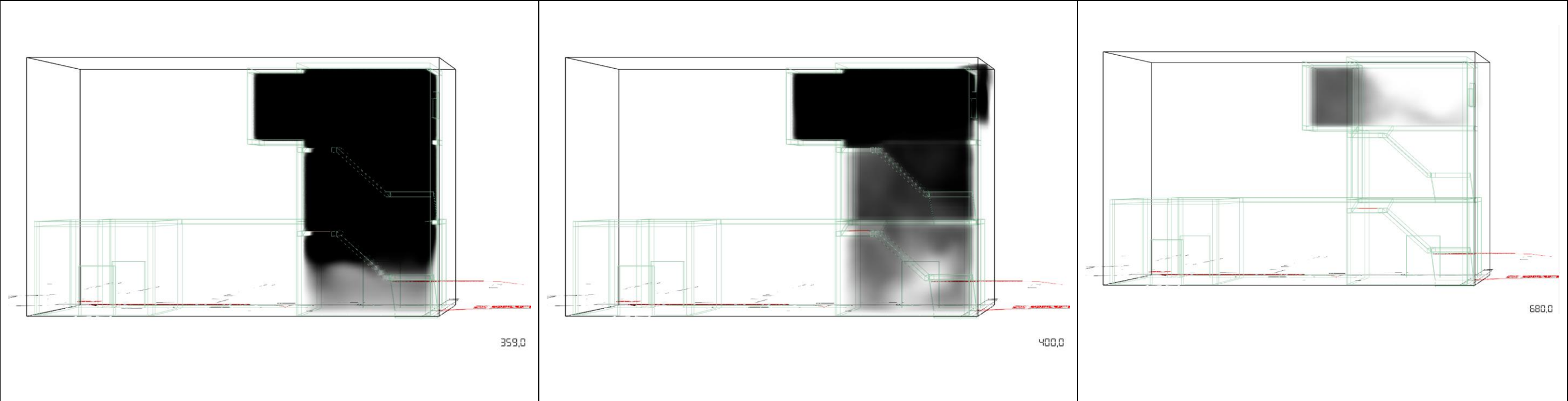
Zaproponowany system oddymiania jako skuteczny w analizowanych przypadkach.

Na podstawie przeprowadzonej analizy można stwierdzić, że zaprojektowany system oddymiania klatki schodowej dla przyjętych założeń jest skuteczny tzn. spełnia postawione cele - warunki przedstawione w rozdziale 7.3.6. wytycznych CNBOP-PIB W-0003:2016. Szybkie i skuteczne usunięcie dymu z danej klatki schodowej znacząco wpłynie na poziom bezpieczeństwa w budynku i ułatwi ewentualne działania ratowniczo-gaśnicze. Biorąc pod uwagę wyniki symulacji CFD przedstawione powyżej należy uznać, że projektowany samoczynny system usuwania dymu zapewnia wymagany poziom bezpieczeństwa, co jest spełnieniem zapisu § 207 rozporządzenia MI z dnia 12 kwietnia 2002 r w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (t. j. Dz.U. z 2022 r. poz. 1225).

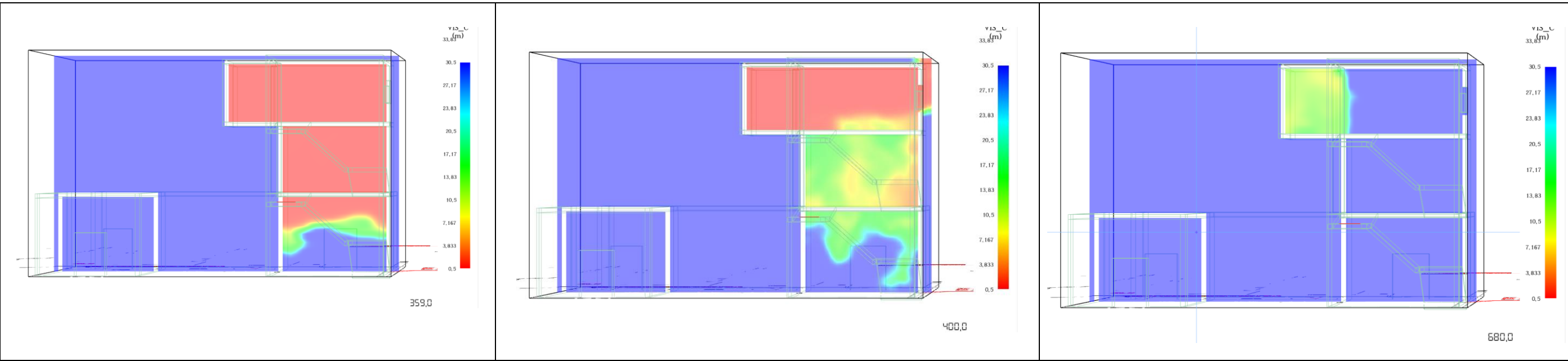
Opracował:

- załączniki : wizualizacja wyników symulacji w zakresie zadymienia ,
poziomu widoczności oraz temperatury .

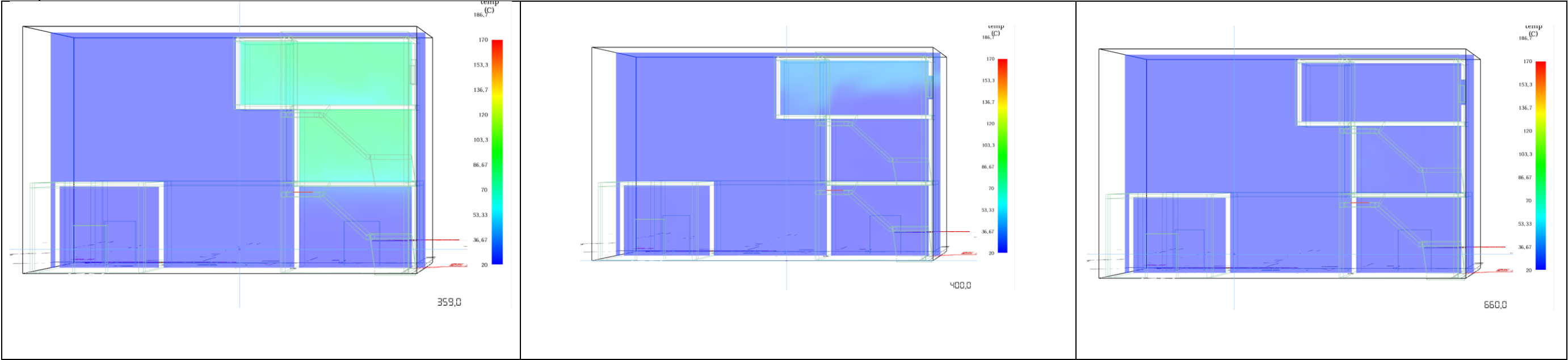
Warunki Letnie
Zadymienie / widoczność : w sekundach (przekrój pionowy).



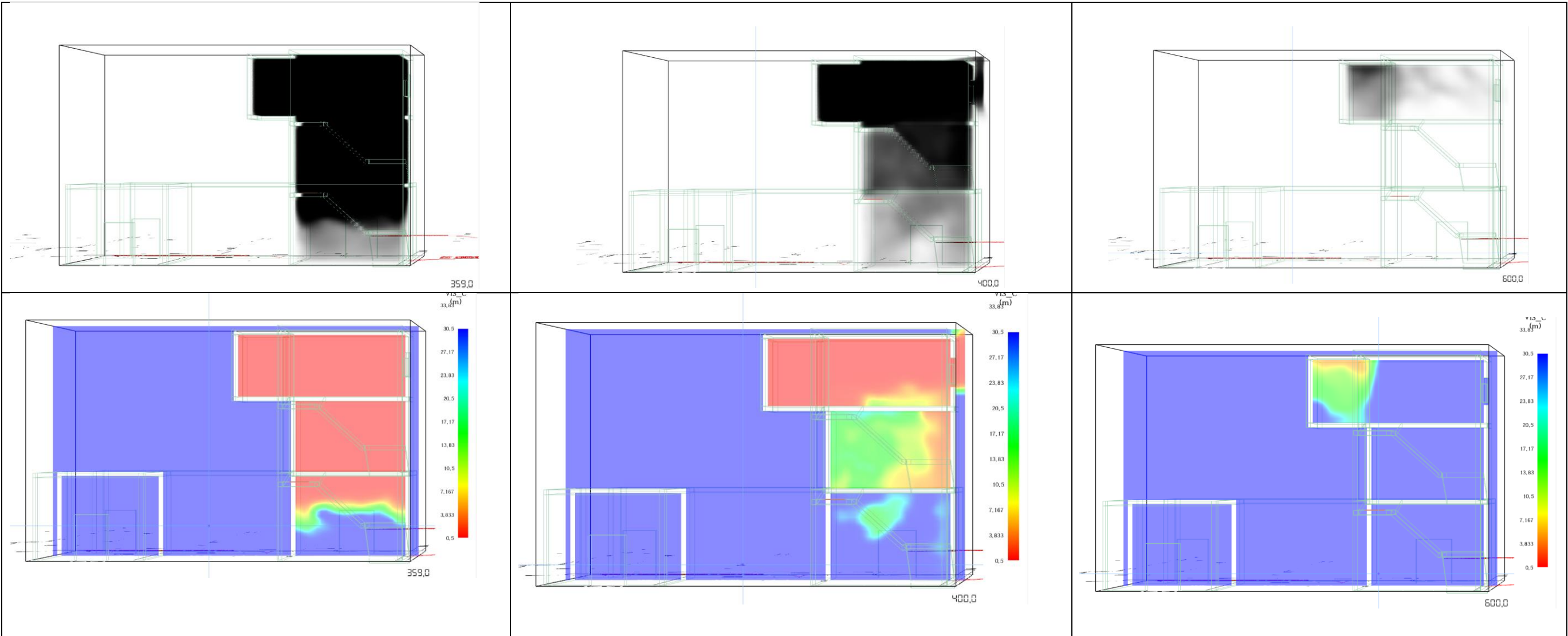
Widoczność w sekundach



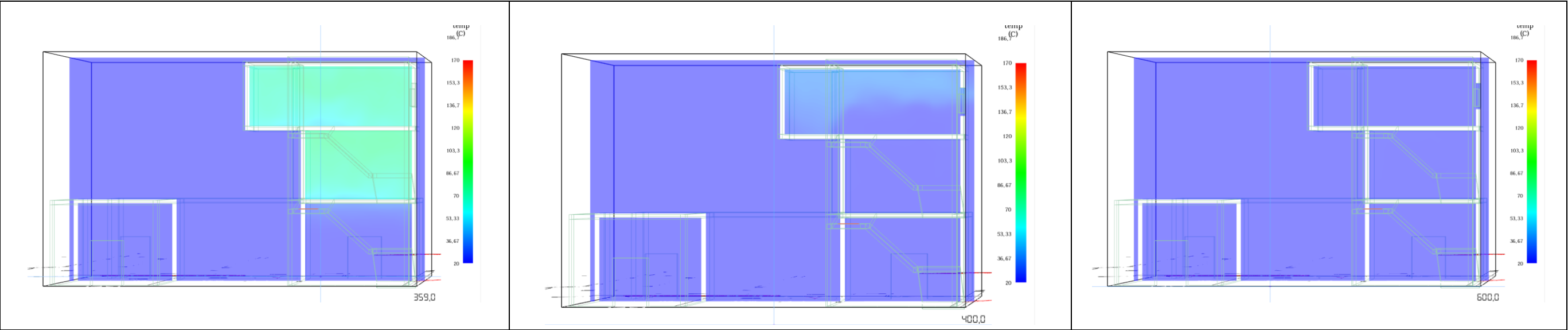
Temperatura



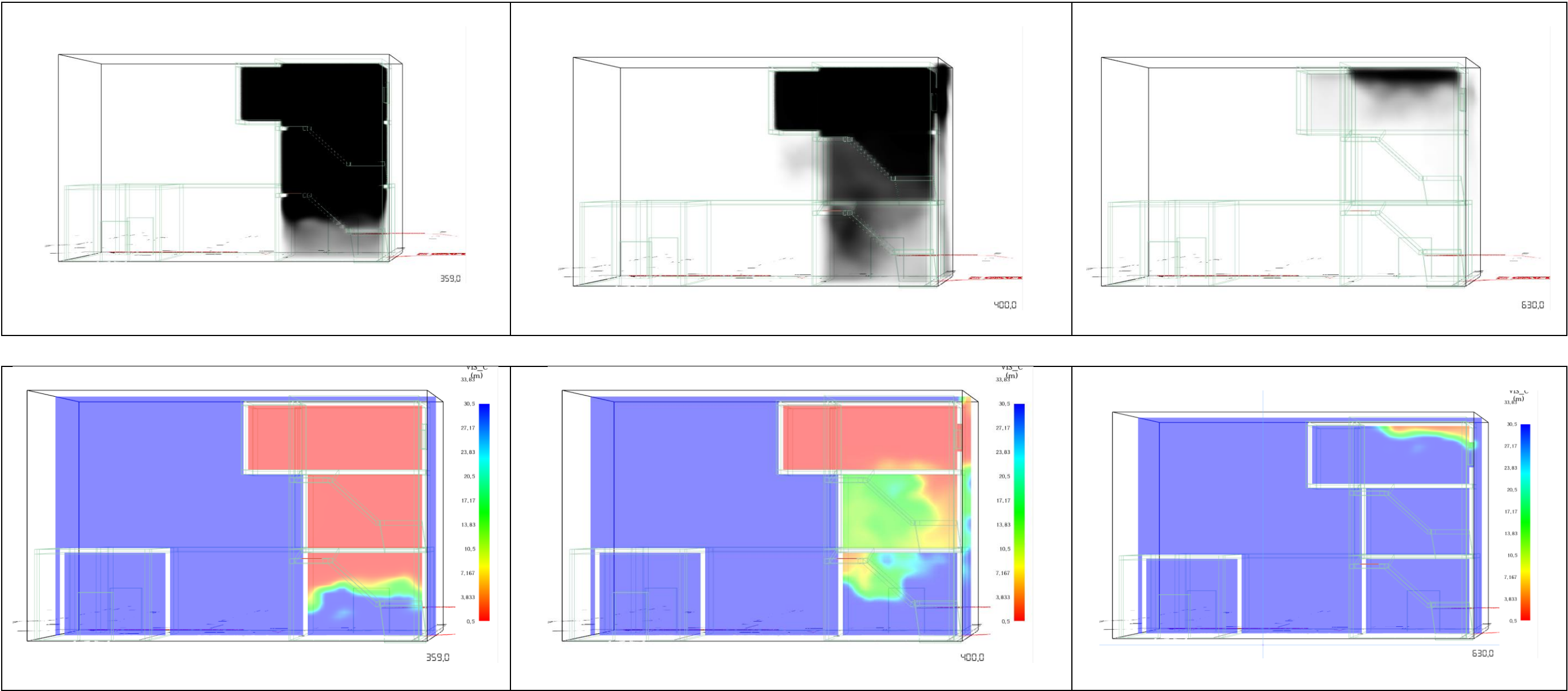
Warunki Izotermiczne
Zadymienie / widoczność



Temperatura



Warunki zimowe
Zadymienie / widoczność



Temperatura

