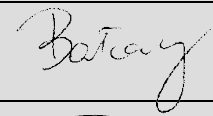

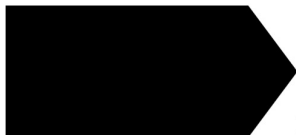


<b>TYTUŁ OPRACOWANIA</b>	Analiza działania systemu oddymiania klatki schodowej w budynku WIEiK Politechniki Krakowskiej przy ul. Warszawskiej w Krakowie.
<b>RODZAJ DOKUMENTU</b>	Raport CFD
<b>OZNACZENIE</b>	POL_KRK_CFD_07/2021_W1_OP
<b>NAZWA I LOKALIZACJA OBIEKTU</b>	POLITECHNIKA KRAKOWSKA BUDYNEK W-3 (10-21) WIEiK PRZY UL. WARSZAWSKIEJ 24, 31-155 KRAKÓW
<b>DATA</b>	07/2021
<b>ZLECENIODAWCA</b>	P+S Architekci Pracownia Projektowa Paweł Binek Gen. Wieniawy Długoszowskiego 10/8, 31-398 Kraków
<b>WYKONANIE</b>	mgr inż. Aneta Bałazy 
<b>ZATWIERDZIŁ</b>	mgr inż. Szymon Płonczyński 





**SMAV**  
VENTILATION SYSTEMS



OŚRODEK  
CERTYFIKACJI  
SITP



+48 12 378 18 00



zapytania@smay.eu



www.smay.eu

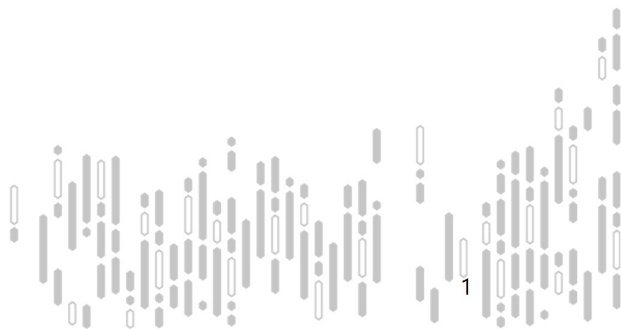
**SMAY Sp. z o.o.**

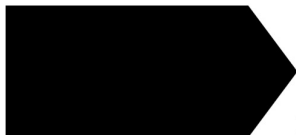
ul. Ciepłownicza 29, 31-587 Kraków

NIP: **678-282-18-88**, Regon: 356295933,

KRS: **0000007764**, BDO: **000042468**,

Kapitał zakładowy Spółki 50.000 PLN



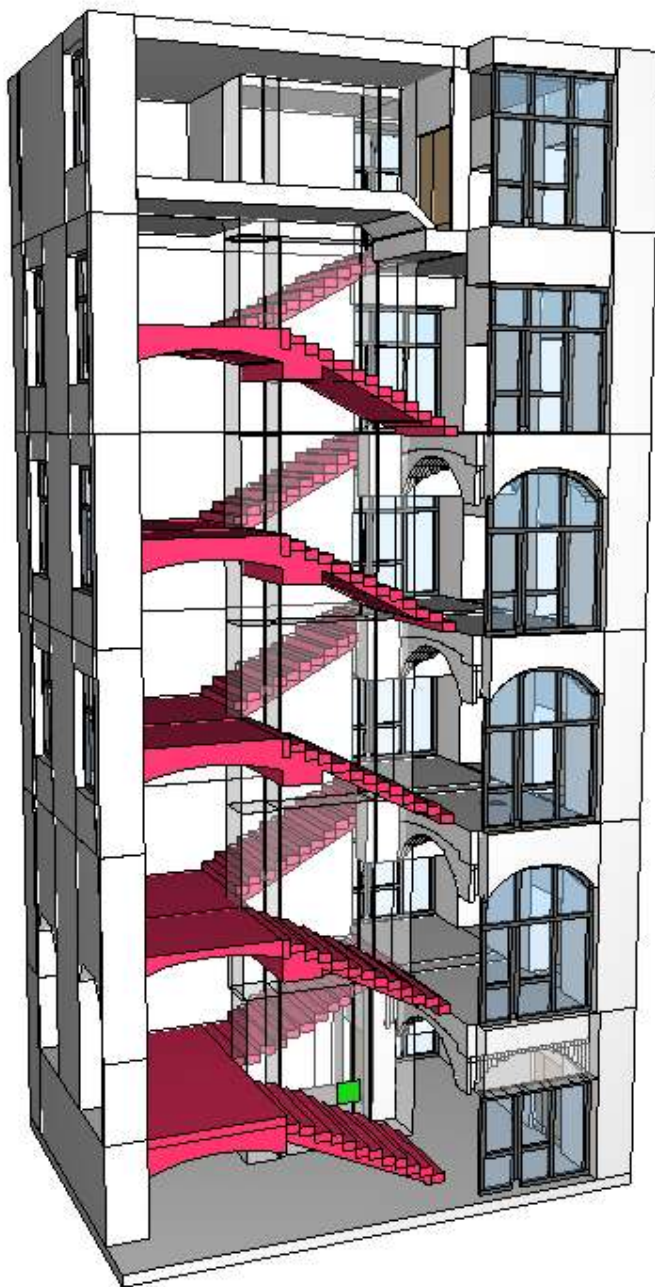


**SMAV**  
VENTILATION SYSTEMS



OŚRODEK  
CERTYFIKACJI  
SITP

## Analiza działania systemu oddymiania klatki schodowej w WIEiK Politechniki Krakowskiej.



Lipiec 2021



+48 12 378 18 00



zapytania@smay.eu



www.smay.eu

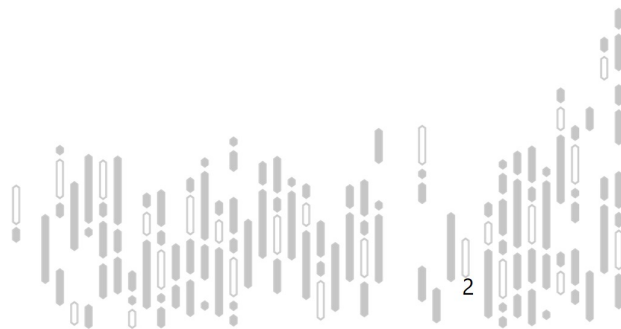
**SMAY Sp. z o.o.**

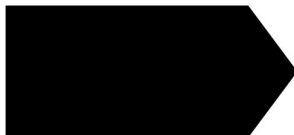
ul. Ciepłownicza 29, 31-587 Kraków

NIP: 678-282-18-88, Regon: 356295933,

KRS: 0000007764, BDO: 000042468,

Kapitał zakładowy Spółki 50.000 PLN





OŚRODEK CERTYFIKACJI STOWARZYSZENIA INŻYNIERÓW  
I TECHNIKÓW POŻARNICTWA  
IM. ZENONA PRACZYKA, SP. Z O.O.  
60-867 POZNAŃ, UL. NORWIDA 14



**CERTYFIKAT**  
**JAKOŚCI USŁUG**  
**Nr 17/03/2016**



AC 124

Ośrodek Certyfikacji Stowarzyszenia Inżynierów i Techników  
Pożarnictwa im. Zenona Praczyka Sp. z o.o.  
na podstawie przebiegu procesu certyfikacji stwierdza, że Firma

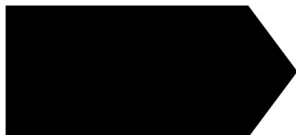
**SMAY Sp. z o.o.**  
**ul. Ciepłownicza 29, 31-587 Kraków**

spełnia kryteria techniczne  
określone w programie certyfikacji usług SITP PCU –O3  
w zakresie  
**projektowania, montażu i konserwacji**  
**instalacji wentylacji pożarowej**

Ważność certyfikatu przedłuża się do 22.11.2021 roku.

Dyrektor  
Ośrodka Certyfikacji SITP  
*Jerzy Bronowicz*  
Jerzy Bronowicz

Poznań, 22.11.2018 roku



## Spis treści:

1. Przedmiot i zakres opracowania.....	5
2. Podstawa opracowania.....	5
3. Model matematyczny – fizyczny użyty w obliczeniach.....	6
4. Parametry poddane analizie.....	7
5. Założenia przyjęte do analizy.....	7
6. Parametry opisujące pożar oraz krzywą rozwoju pożaru.....	8
7. Opis działania systemu oddymiania.....	9
8. Rysunki.....	10
9. Cele, które spełnia system.....	12
10. Wyniki symulacji CFD.....	13
10.1. Wyniki symulacji CFD dla scenariusza 1 - warunki letnie.....	13
10.2. Wyniki symulacji CFD dla scenariusza 2- warunki izotermiczne.....	16
10.3. Wyniki symulacji CFD dla scenariusza 3 – warunki zimowe.....	19
11. Wyniki.....	21



## 1. Przedmiot i zakres opracowania.

Analiza działania systemu oddymiania klatki schodowej w budynku WIEiK Politechniki Krakowskiej przy ul. Warszawskiej w Krakowie, której celem jest określenie czasu oddymiania klatki schodowej.

Opracowanie obejmuje analizę 3 scenariuszy, zgodnie z poniższą tabelą (Tab.1.1.)

*Tab.1.1. Zestawienie scenariuszy dla klatki schodowej.*

Numer scenariusza	Warunki temperaturowe	Wydajność systemu oddymiania [m³/h]
<b>Scenariusz 1</b>	Warunki letnie	22 000
<b>Scenariusz 2</b>	Warunki izotermiczne	22 000
<b>Scenariusz 3</b>	Warunki zimowe	22 000

### Charakterystyka obiektu:

- Rodzaj budynku: budynek użyteczności publicznej
- Klasyfikacja budynku pod względem wysokości: budynek średniowysoki (SW).
- Ilość kondygnacji które obsługuje klatka schodowa: 6
- Wysokość klatki schodowej od poziomu piwnicy do stropu ostatniej kondygnacji: 23,6 m.
- Sposób oddymiania klatki: zastosowana wentylator wyciągowy oddymiający o klasie odporności F600 w górnej części klatki schodowej. W celu kompensacji oddymiania na kondygnacji podziemnej zaprojektowano wentylator nawiewny o klasie odporności F300.

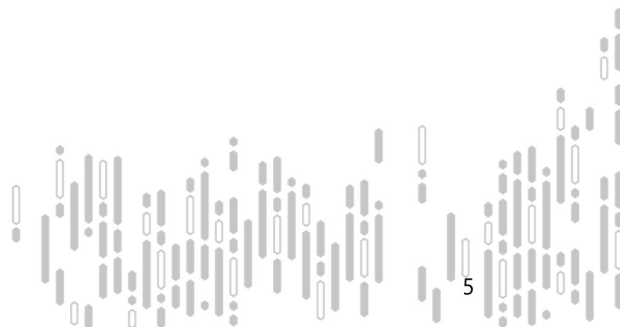
## 2. Podstawa opracowania.

### Podstawę opracowania stanowi:

- Materiały (rzuty, przekroje) przesłane dnia 30.06.2021 r. przez firmę Blok P+S Architekci;
- Uzgodnienia z Projektantem Sanitarnym panem Paweł Śmiechem odnośnie rozwiązań projektowych, materiały (rzuty, przekroje) przesłane dnia 23.06.2021;

### Raport został sporządzony w oparciu o:

- Rozporządzenia:





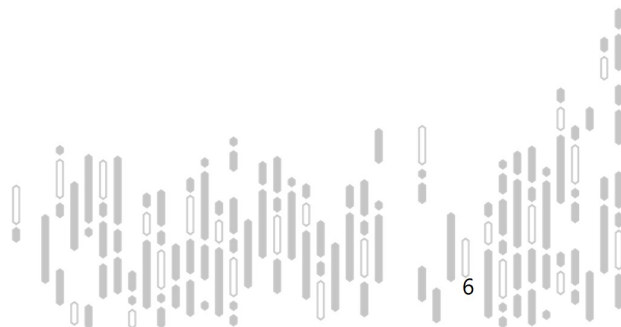
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2002 nr 75 poz. 690) z późniejszymi zmianami.
- Zasady wiedzy technicznej:
  - Wytyczne CNBOP-PIB W-0003:2016 (wydanie 2, maj 2019) – Systemy oddymiania klatek schodowych.
- Literaturę fachową:
  - SFPE Handbook of Fire Protection Engineering.
  - NIST Special Publication 1018-5, Fire Dynamics Simulator (Version 5) Technical Reference Guide, Volume 1: Mathematical Model.
  - NIST Special Publication 1018-5, Fire Dynamics Simulator (Version 5) Technical Reference Guide, Volume 3: Validation.
  - Przewodnik - Systemy oddymiania klatek schodowych ZODIC – SMAY, maj 2017.
- Uzgodnienia z Klientem/Zamawiającym

### 3. Model matematyczno – fizyczny użyty w obliczeniach.

Do obliczeń wykorzystano program FDS 6.6.0 - Fire Dynamic Simulator jest programem wykorzystującym metody obliczeniowe numerycznej mechaniki płynów (Computational Fluid Dynamics), rozwiązującym równania opisujące rozwój pożaru. Program opisuje ruch cząsteczek płynu za pomocą równań różniczkowych Naviera-Stokesa.

Przyjęto domyślny model turbulencji LES (Large Eddy Simulation) – metodę wielkich wirów.

Szczegółowe dane dotyczące wykorzystanych w symulacji metodologii znajdują się w opracowaniach wymienionych w przywołanej literaturze.







#### 4. Parametry poddane analizie.

**W scenariuszach zbadano:**

- Kierunek przemieszczania się dymu w klatce schodowej.
- Czas oddymiania klatki schodowej od momentu uruchomienia systemu (system uruchamia się po czasie 360 s od momentu rozpoczęcia pożaru czyli od uruchomienia źródła testowego), do momentu oczyszczenia przestrzeni obliczeniowej klatki schodowej z dymu poprzez urządzenia oddymiające. Jako graniczne kryterium do określenia czasu oczyszczenia klatki z dymu przyjęto 95% wartości liniowego współczynnika transmitancji światła, odniesionego do długości 1 m. Pomiar transmitancji wykonano wewnątrz powierzchni obliczeniowej  $A_{KS-O}$  na wysokości 2 m powyżej spocznika ostatniej kondygnacji klatki schodowej.

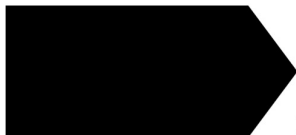
#### 5. Założenia przyjęte do analizy.

**Do analizy przyjęto parametry obliczeniowe:**

- Ciśnienie atmosferyczne – 1013,25 hPa.
- Wilgotność względna powietrza:
  - Dla warunków letnich i izotermicznych: 40%,
  - Dla warunków zimowych: 100%.
- Temperaturę otoczenia:
  - Dla warunków letnich: 30°C,
  - Dla warunków izotermicznych: 20°C,
  - Dla warunków zimowych: -20°C.
- Temperaturę przegród budowlanych oraz powietrza wewnątrz budynku:
  - Dla warunków letnich: 24°C,
  - Dla warunków izotermicznych: 20°C,
  - Dla warunków zimowych: 16°C.
- Podstawowe materiały do budowy modelu - żelbet, stal, szkło, aluminium.
- Metoda obliczeniowa Large Eddy Simulation (LES), metoda wielkich wirów.
- Do budowy modelu przyjęto sieć obliczeniową o wymiarach 0,1 x 0,1 x 0,1 m, co daje około 2,3 mln komórek w pojedynczym scenariuszu obliczeniowym.





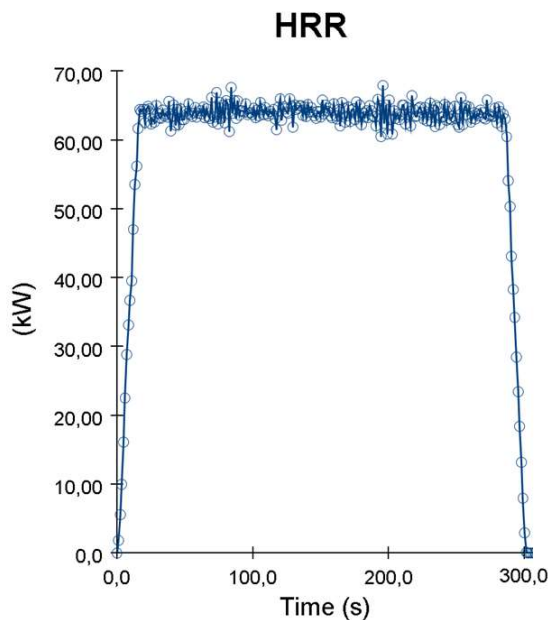


- Czas trwania analizy – do całkowitego oddymiania klatki schodowej.

## 6. Parametry opisujące pożar oraz krzywą rozwoju pożaru.

Na potrzeby wykonywanej analizy założono:

- Paliwo - etanol ( $C_2H_5OH$ ),
- Średnie ciepło spalania 26 780 kJ/kg,
- Całkowity strumień ciepła wyzwalany ze źródła testowego 63,6 kW,
- Promieniowanie cieplne na poziomie 30% całkowitego strumienia wyzwalanego ciepła,
- Średnia dymotwórczość materiału 0,05 kg<sub>dymu</sub>/kg<sub>paliwa</sub>,
- Do przeprowadzenia symulacji przyjęta została krzywa przedstawiająca ilość uwalnianego ciepła względem czasu rys. 6.1.



Rys. 6.1. Krzywa przedstawiająca zmianę mocy pożaru względem czasu dla pożaru testowego znajdującego się w klatce schodowej, wg CNBOP-PIB W-0003:2016.

## 7. Opis działania systemu oddymiania.

### Klatka schodowa:

W rozpatrywanym budynku dla klatki schodowej projektowany jest wentylator oddymiający zlokalizowany na najwyższej kondygnacji, kratkę wyciągową zlokalizowano w przestrzeni klatki na piętrze IV w osiach 0-1/B-C. Oddymianie klatki będzie realizowane przez wentylator typu B AVD 900/4-20 F600 o wydajności 22 000 m<sup>3</sup>/h. Napływ powietrza kompensacyjnego do oddymiania realizowany będzie za pomocą wentylatora kanałowego SEFL 90 B4 A6/3 F300 pracującego z wydatkiem powietrza równym 22 000 m<sup>3</sup>/h. Punkty nawiewne będą zlokalizowane na najniższej kondygnacji w budynku osie 1-2/B-C. Powietrze będzie nawiewane dwupunktowo (dwa punkty nawiewne o wydajności 8000 m<sup>3</sup>/h oraz 14 000 m<sup>3</sup>/h).

W praktyce system oddymiania analizowanej klatki schodowej zostanie uruchomiony w przypadku:

- wykrycia dymu przez koincydencję dwóch czujek dymowych,
- wykrycia dymu przez jedną czujkę i wciśnięcie ręcznego przycisku oddymiania,
- wciśnięcie ręcznego przycisku oddymiania.

Szczegółowy opis działania systemu jest poza zakresem niniejszej analizy, należy go ująć w projekcie instalacji oddymiania klatki schodowej.

### Sposób przeprowadzenia analizy:

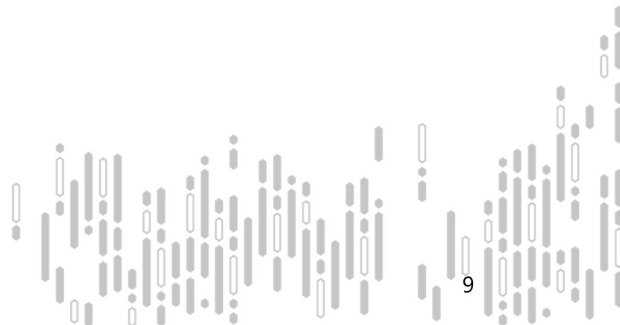
W rzeczywistych warunkach nie zakłada się wystąpienia pożaru na klatce schodowej jednak w celu przeprowadzenia analizy CFD i sprawdzenia działania systemu oddymiania przyjęto testowe źródło pożaru w przestrzeni klatki schodowej (aby niepotrzebnie nie rozpatrywać wielu scenariuszy pożaru i sekwencji otwierania drzwi). Testowe źródło pożaru zlokalizowane zostało na pierwszym piętrze. Analiza służy wyłącznie sprawdzania działania systemu, a nie przedstawia warunków rzeczywistości panujących w obiekcie w przypadku pożaru.

Przedmiotowa klatka schodowa składa się z pięciu kondygnacji nadziemnych i jednej podziemnej. Wejście do budynku możliwe jest z poziomu parteru poprzez drzwi wejściowe.

Przebieg rozwoju pożaru zamodelowano zgodnie z krzywą z rys. 6.1.

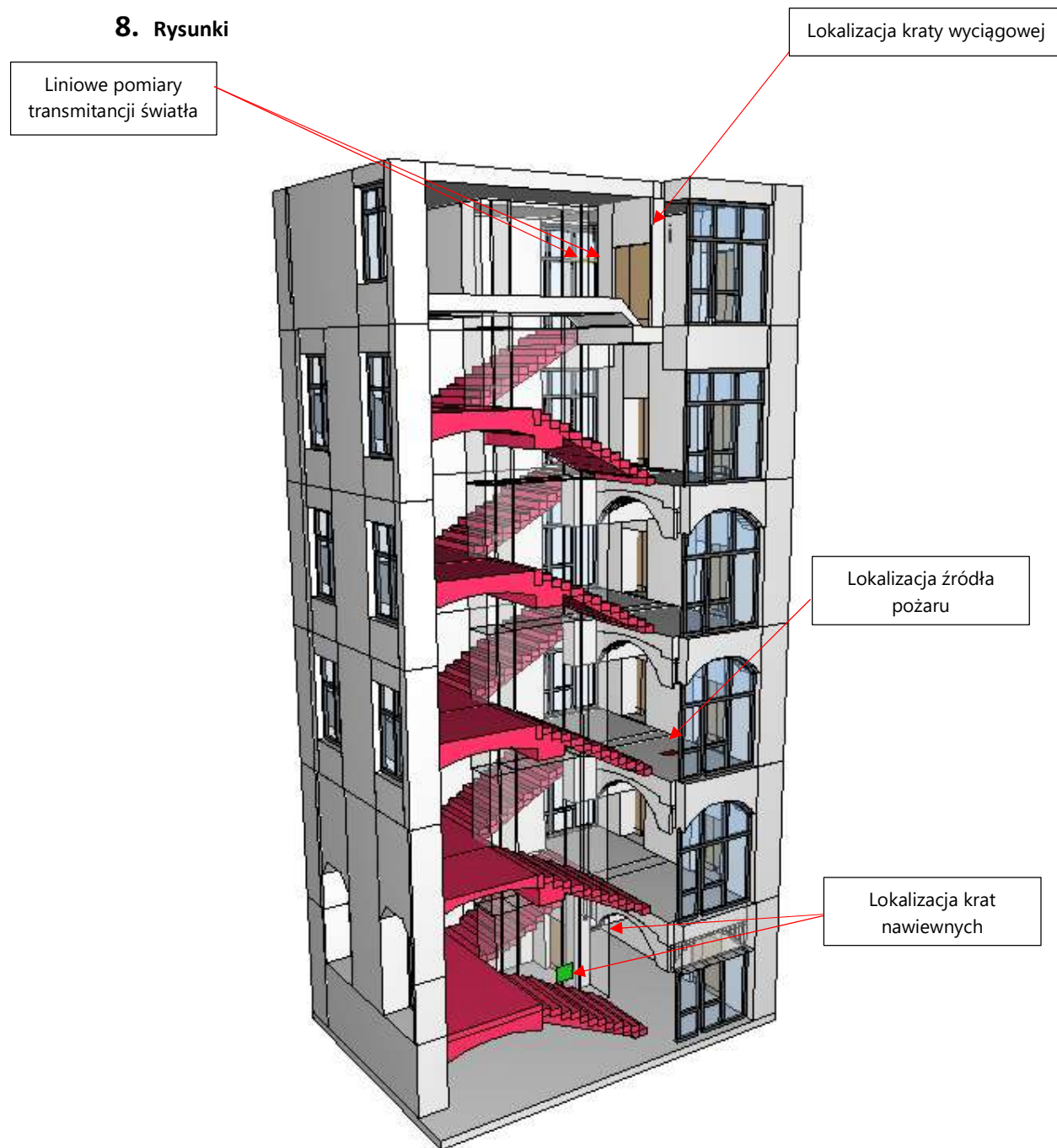
W 300 sekundzie przeprowadzanej analizy źródło pożaru gaśnie. Następnie po 60 s uruchamia się wentylator oddymiający i uruchamia się urządzenie nawiewające powietrze kompensacyjne (świeże) do przestrzeni klatki schodowej.

Wydajność zamodelowanego systemu wynosi 22 000 m<sup>3</sup>/h.

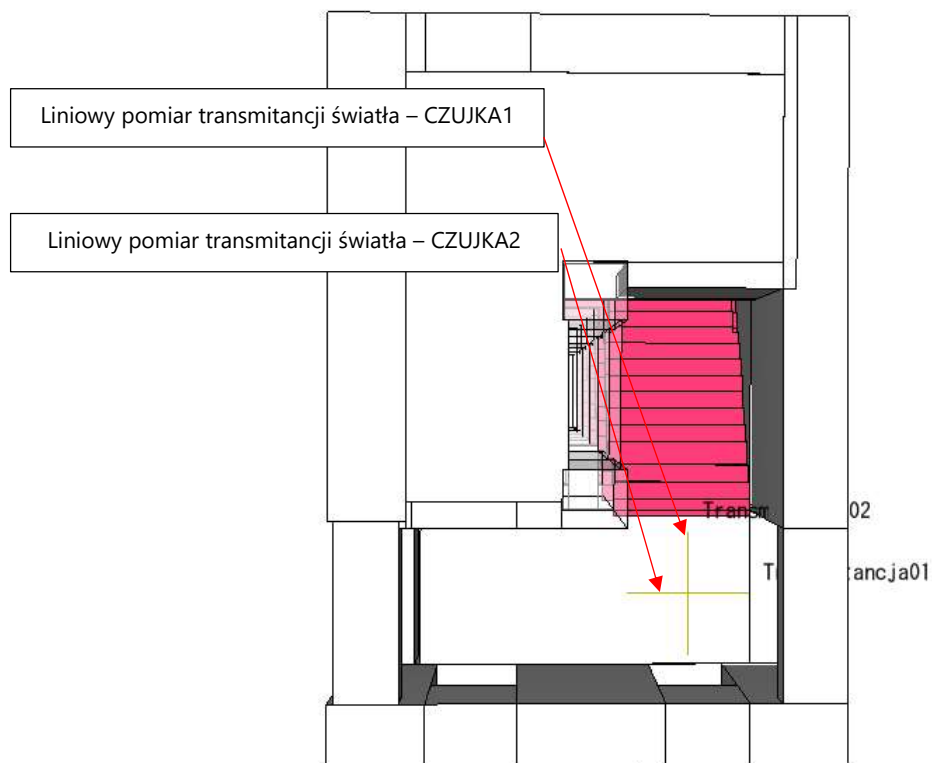


W symulacji założono zamknięcie wszystkich drzwi w przestrzeni klatki schodowej. Model uwzględnia nieuszczelności klatki. Szczegóły doboru urządzeń należy ująć w projekcie systemu oddymiania klatki schodowej.

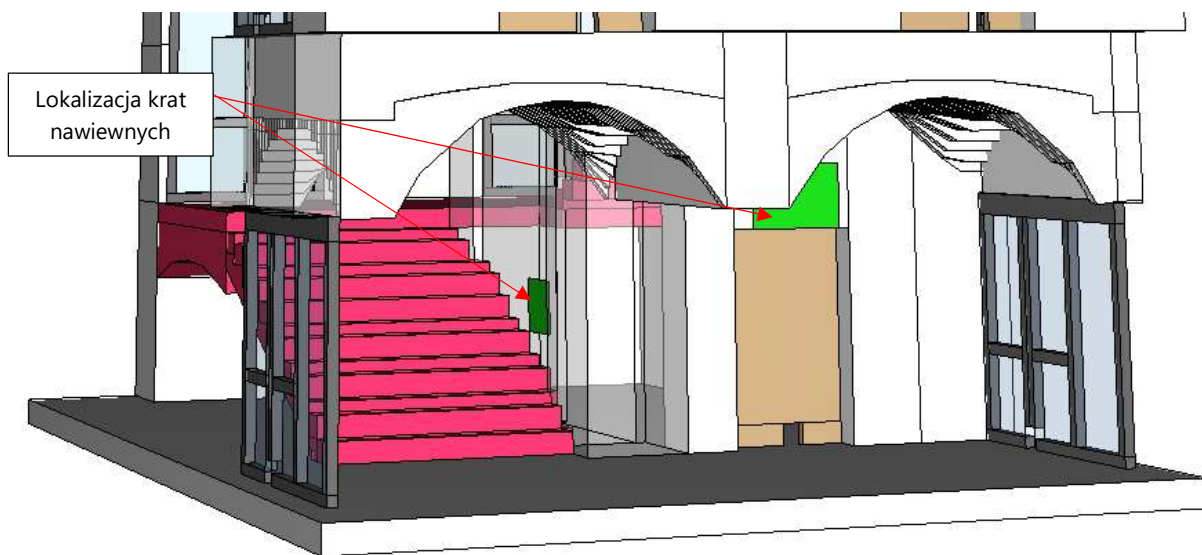
## 8. Rysunki



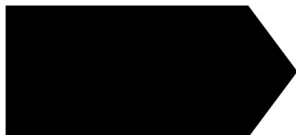
Rys. 8.1. Poglądowy rysunek modelu CFD z wyszczególnionymi istotnymi elementami systemu oddymiania.



*Rys. 8.2. Rzut ostatniej kondygnacji użytkowej (piętro IV) z zaznaczoną lokalizacją liniowych pomiarów transmitancji światła.*



*Rys. 8.3. Lokalizacja krat nawiewnych na najniższej kondygnacjach klatki schodowej.*



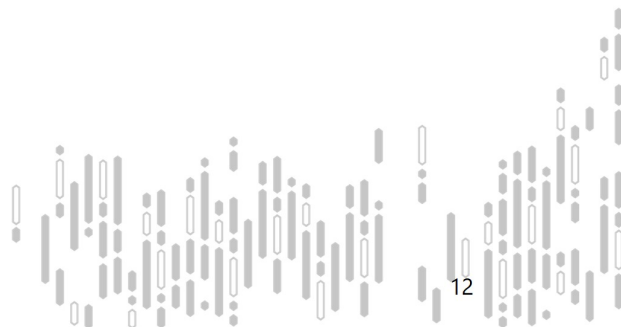
## 9. Cele, które spełnia system.

### Celem przeprowadzenia symulacji CFD jest:

Celem analizy CFD jest wyznaczenie czasu oddymiania klatki schodowej – źródło testowe w klatce schodowej, zostało zlokalizowane na kondygnacji pierwszego piętra.

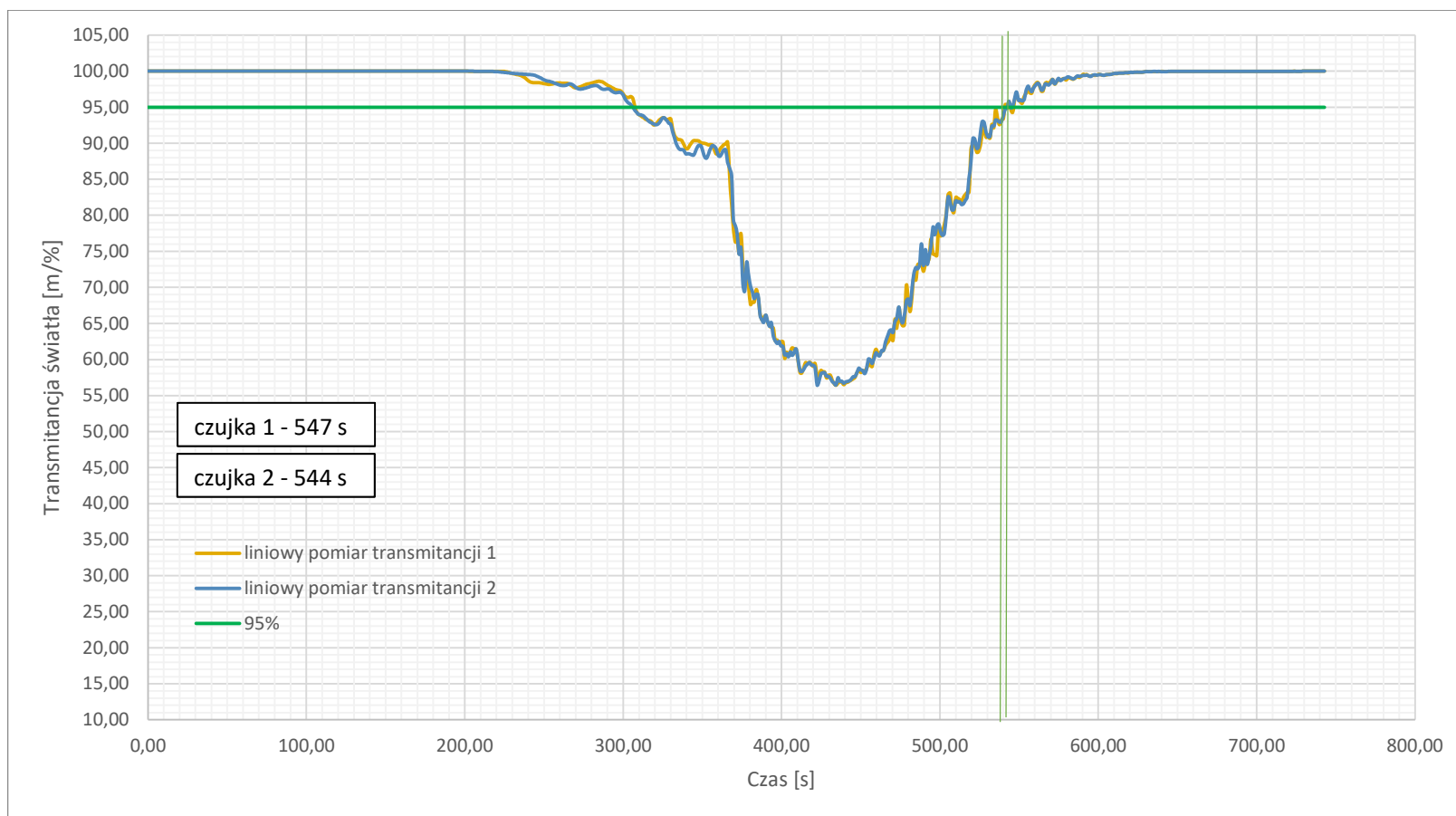
Ze względu na zastosowanie systemu przepływowego- rozwiązania inżynierskiego analiza CFD nie ma na celu określenia skuteczności zaproponowanych rozwiązań technicznych systemu oddymiania, a jedynie określenie czasu oddymiania klatki przy założonych warunkach.

Czas oddymiania zostały obliczone w oparciu o wytyczne CNBOP-PIB W-0003:2016.

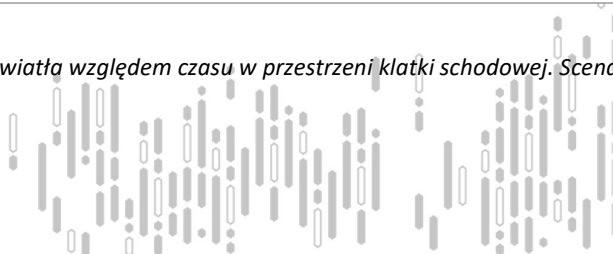


## 10. Wyniki symulacji CFD.

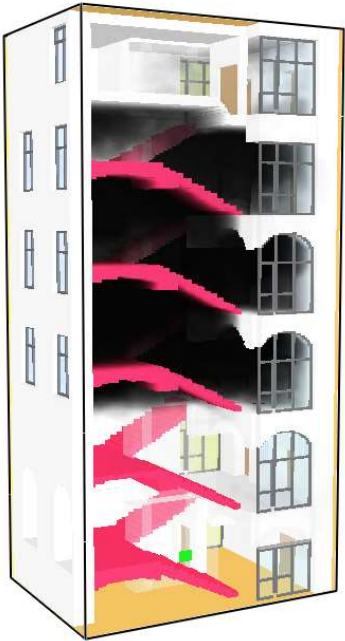
### 10.1. Wyniki symulacji CFD dla scenariusza 1 - warunki letnie.



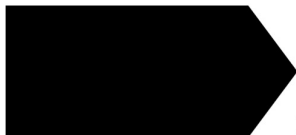
Rys. 10.1.1 Wykres przedstawiający zmianę transmitancji światła względem czasu w przestrzeni klatki schodowej. Scenariusz 1 – warunki letnie.

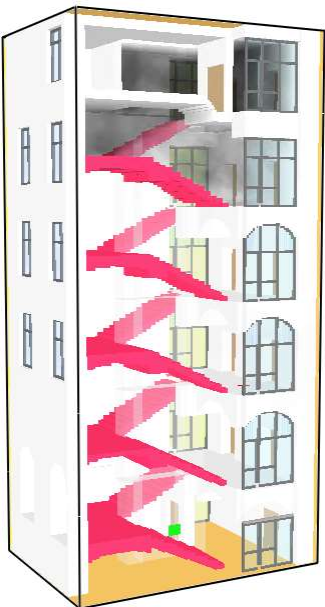
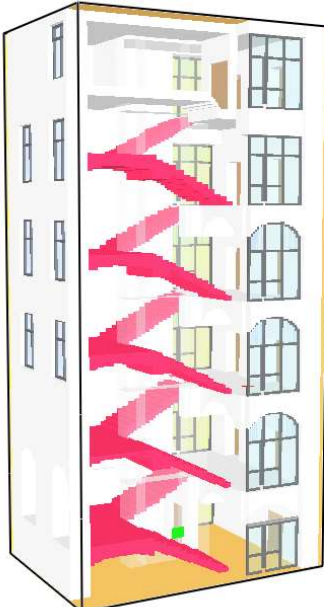


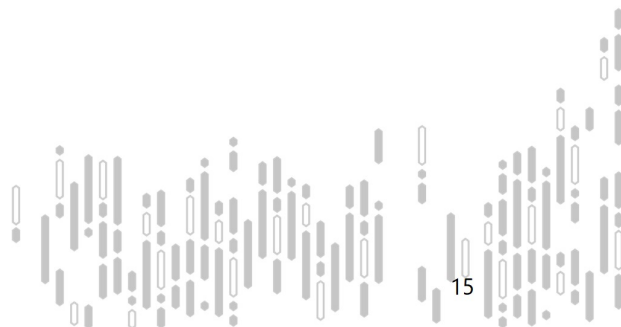


Scenariusz 1 – warunki letnie	Rozkład zadymienia w klatce schodowej	Rozkład zadymienia w klatce schodowej
	Po czasie: 300 [s] (gaśnięcie źródła pożaru)	Po czasie: 361 [s] (uruchomienie systemu oddymiania)
Scenariusz 1 – warunki letnie		
	Rozkład zadymienia w klatce schodowej	Rozkład zadymienia w klatce schodowej
	Po czasie: 400 [s]	Po czasie: 450 [s]
Scenariusz 1 – warunki letnie		

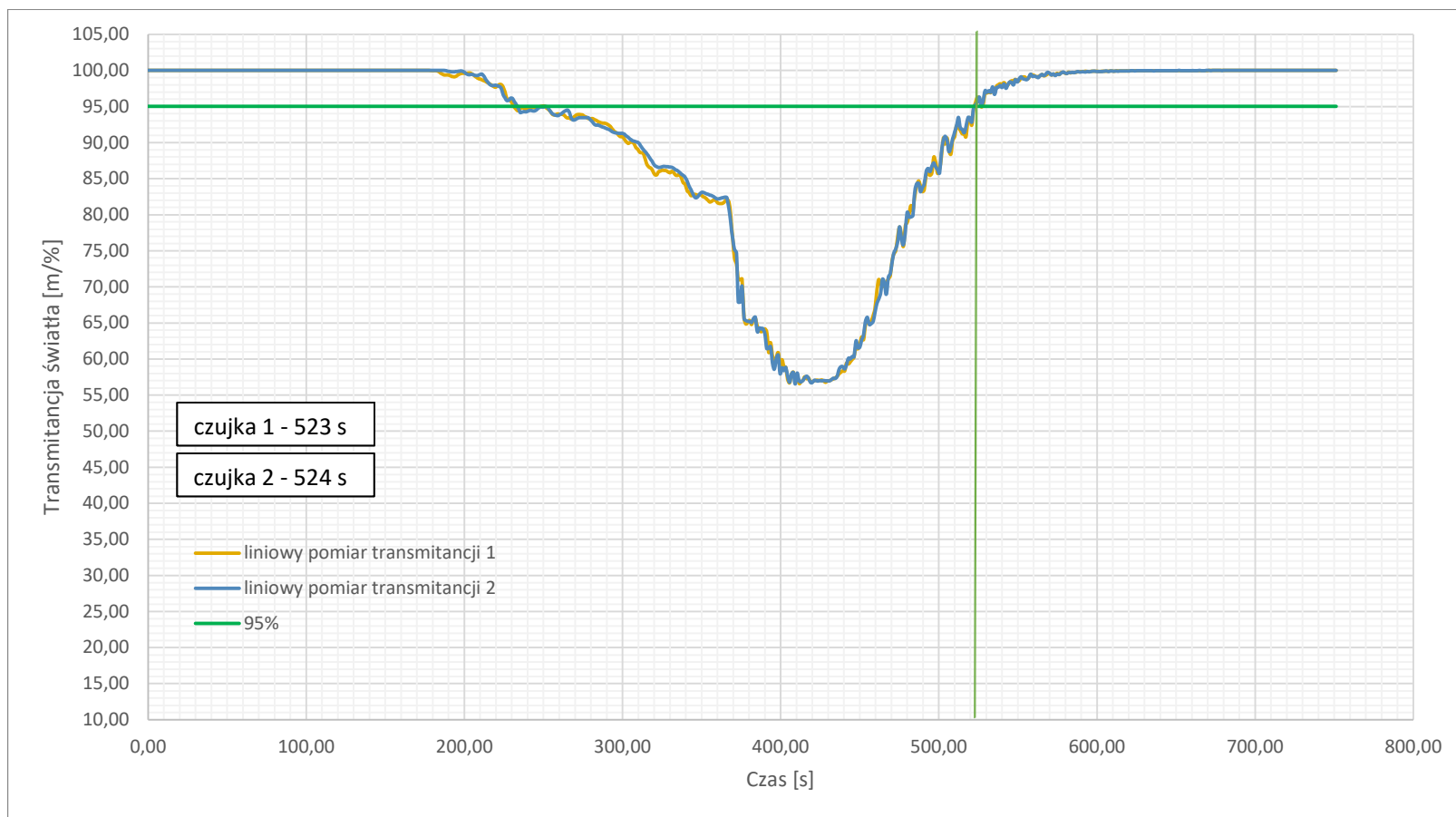




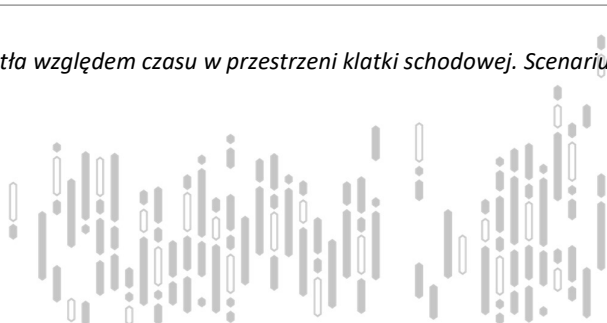
Scenariusz 1 – warunki letnie	Rozkład zadymienia w klatce schodowej	Rozkład zadymienia w klatce schodowej
	Po czasie: 500 [s]	Po czasie: 600 [s]
		

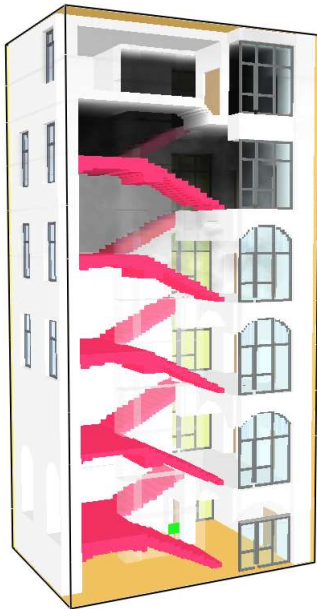


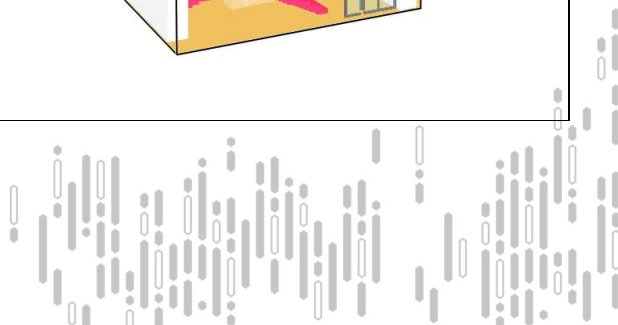
## 10.2. Wyniki symulacji CFD dla scenariusza 2- warunki izotermiczne.

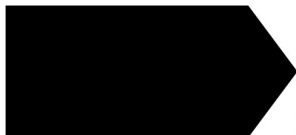


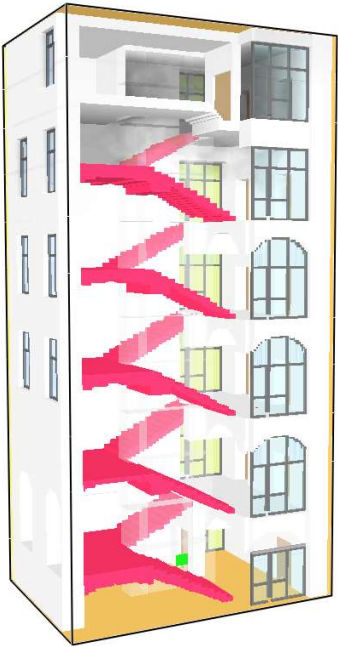
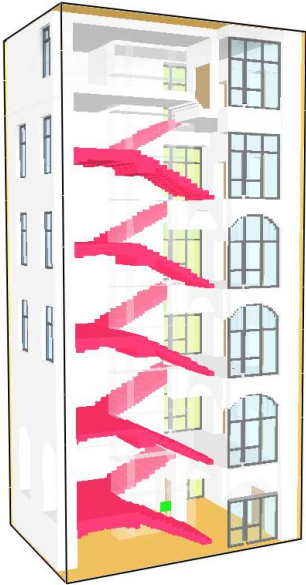
Rys. 10.2.1 Wykres przedstawiający zmianę transmitancji światła względem czasu w przestrzeni klatki schodowej. Scenariusz 2 – warunki izotermiczne.



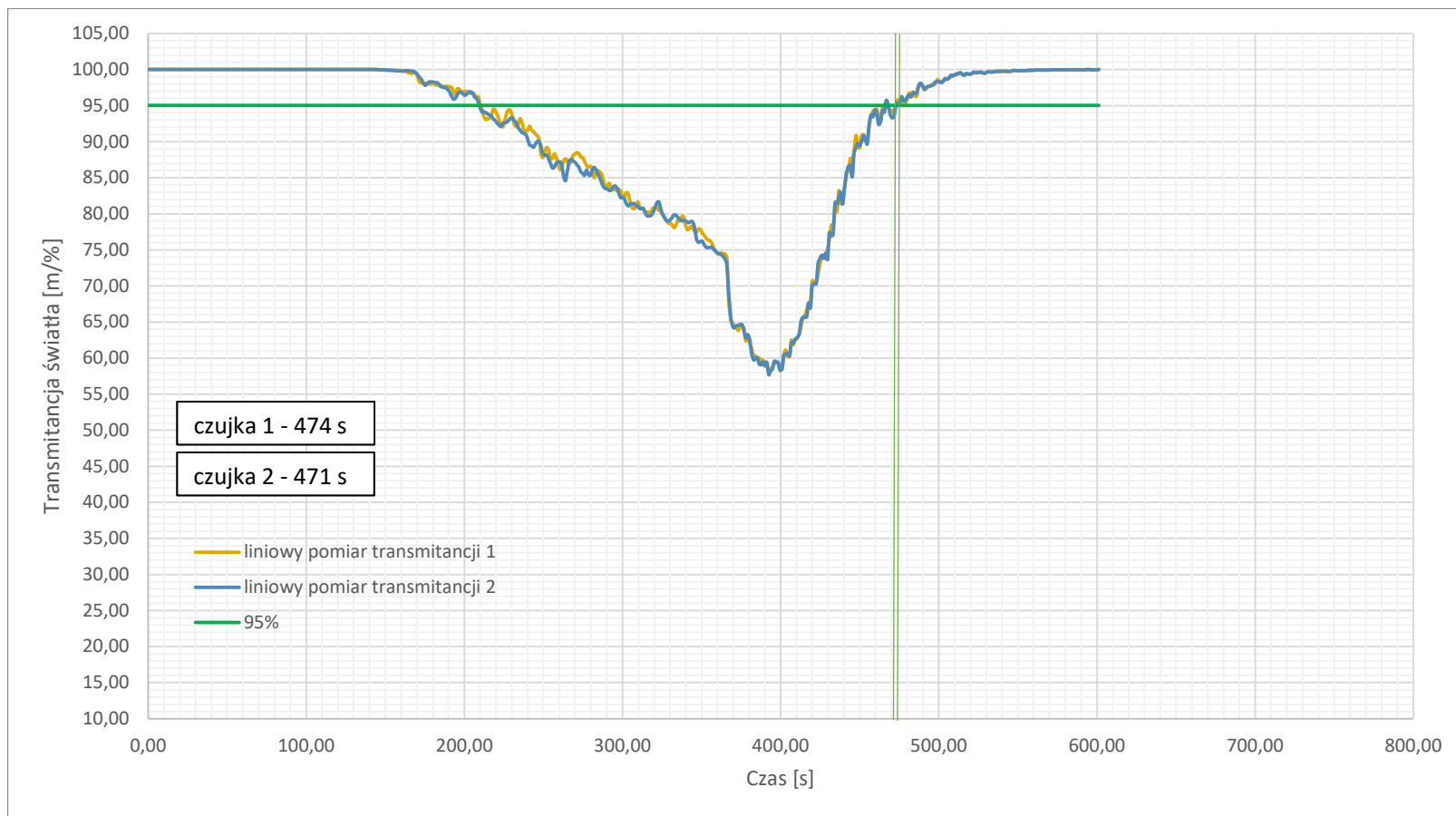
Scenariusz 2 – warunki izotermiczne	Rozkład zadymienia w klatce schodowej	Rozkład zadymienia w klatce schodowej
	Po czasie: 300 [s] (gaśnięcie źródła pożaru)	Po czasie: 361 [s] (uruchomienie systemu oddymiania)
Scenariusz 2 – warunki izotermiczne		
	Rozkład zadymienia w klatce schodowej	Rozkład zadymienia w klatce schodowej
Scenariusz 2 – warunki izotermiczne	Po czasie: 400 [s]	Po czasie: 450 [s]
		



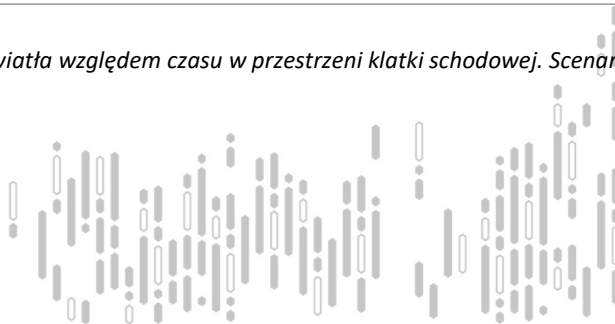


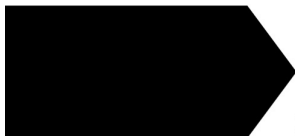
Scenariusz 2 – warunki izotermiczne	Rozkład zadymienia w klatce schodowej	Rozkład zadymienia w klatce schodowej
	Po czasie: 500 [s]	Po czasie: 600 [s]
		

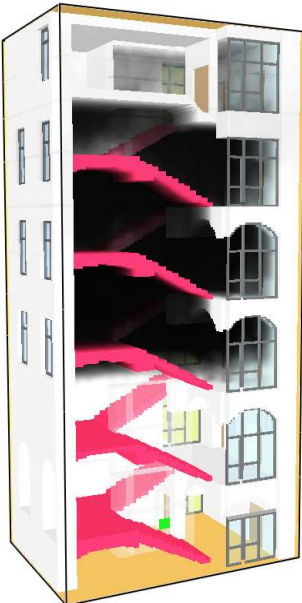


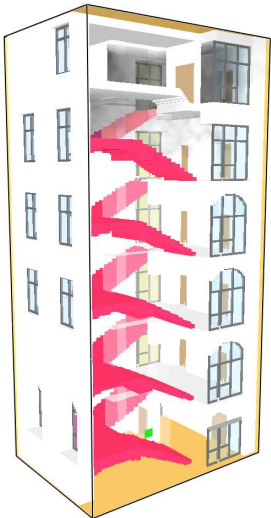
### 10.3. Wyniki symulacji CFD dla scenariusza 3 – warunki zimowe.

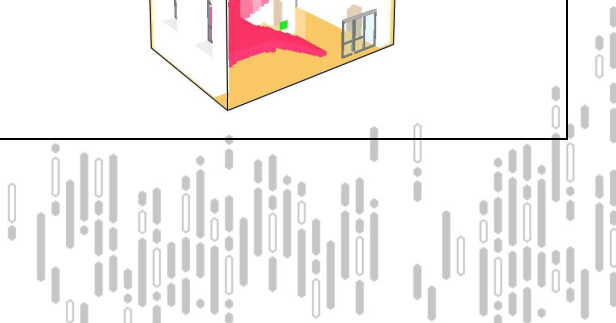


Rys. 10.3.1 Wykres przedstawiający zmianę transmitancji światła względem czasu w przestrzeni klatki schodowej. Scenariusz 3 – warunki zimowe.



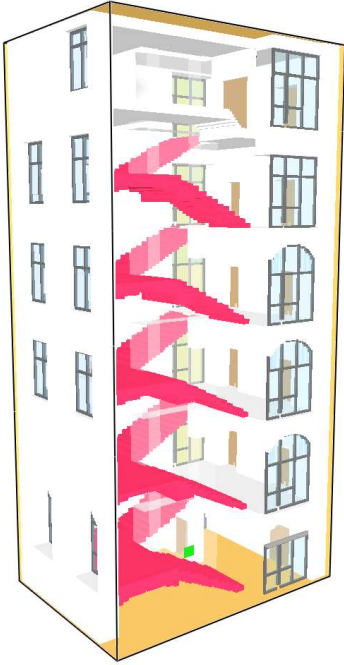
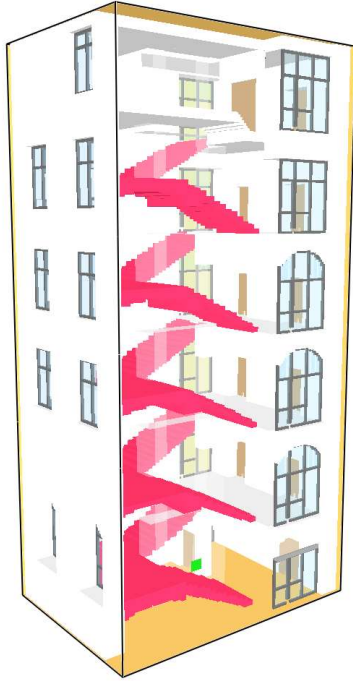


Scenariusz 2 – warunki izotermiczne	Rozkład zadymienia w klatce schodowej	Rozkład zadymienia w klatce schodowej
	Po czasie: 300 [s] (gaśnię źródło pożaru)	Po czasie: 361 [s] (uruchomienie systemu oddymiania)
		
Scenariusz 2 – warunki izotermiczne	Rozkład zadymienia w klatce schodowej	Rozkład zadymienia w klatce schodowej
	Po czasie: 400 [s]	Po czasie: 450 [s]
Scenariusz 2 – warunki izotermiczne	Rozkład zadymienia w klatce schodowej	Rozkład zadymienia w klatce schodowej
	Po czasie: 500 [s]	Po czasie: 600 [s]
		







Scenariusz 2 – warunki izotermiczne	Rozkład zadymienia w klatce schodowej	Rozkład zadymienia w klatce schodowej
	Po czasie: 500 [s]	Po czasie: 600 [s]
		

## 11. Wyniki.

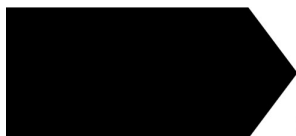
W tabelach 11.1. oraz 11.2 przedstawiono obliczone czasy oddymiania klatki schodowej od momentu uruchomienia systemu (360 sekunda) do momentu oczyszczenia jej przestrzeni z dymu. Przyjęto, że klatka została oddymiona, jeśli współczynnik transmitancji światła wynosi min. 95% przy założeniu, że źródło pożaru znajduje się w przestrzeni klatki schodowej, a liniowe pomiary osłabienia światła przeliczane na 1 m znajdują się na wysokości 2 m powyżej spocznika ostatniej kondygnacji klatki schodowej. Przedmiotową analizę nie należy rozpatrywać jako ocen warunków ochrony przeciwpożarowej w budynku.

Czas oddymiania klatki schodowej został przeliczony na 1 m wysokości. Wysokość została liczona od źródła pożaru do punktu pomiaru transmitancji. Do obliczeń przyjęto wysokość 14,3 m.

W przypadku rozpatrywanej klatki schodowej czasy oddymiania dla czujek 1 i 2 wynoszą:







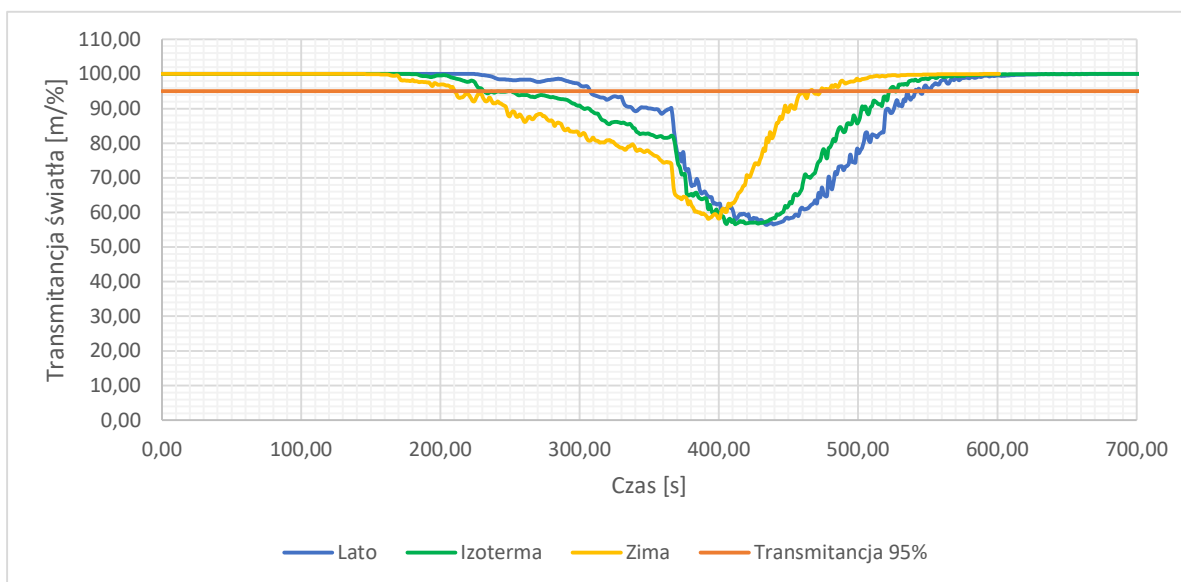
- dla warunków letnich: 547s, 544s.
- dla warunków izotermicznych: 523s, 524s.
- dla warunków zimowych: 474s, 471s.

Poniżej w tabeli 11.1 zestawiono czas oddymiania klatki schodowej oraz poziomu transmitancji dla czujki 1.

Tab. 11.1. Zestawienie czasów oddymiania klatki schodowej oraz poziomów transmitancji światła dla czujki 1.

Numer scenariusza	Warunki temperaturowe	Wydajność systemu oddymiania [m <sup>3</sup> /h]	Czas oddymiania do poziomu 95% [s]	Tempo oddymiania do poziomu 95% [s/m]
<b>Scenariusz 1</b>	Warunki letnie	22 000	547	13,1
<b>Scenariusz 2</b>	Warunki izotermiczne	22 000	523	11,4
<b>Scenariusz 3</b>	Warunki zimowe	22 000	474	8

Na poniższym wykresie (rys. 11.1.) przedstawiono pomiary transmitancji światła dla poszczególnych warunków temperaturowych, zgodnie z tabelą 11.1. (dla czujki 1).



Rys. 11.1. Wykres przedstawiający zmianę transmitancji światła (czujka1) w analizowanej przestrzeni dla różnych warunków temperaturowych: letnich, izotermicznych oraz zimowych (odpowiednio: scenariusz 1, scenariusz 2, scenariusz 3).

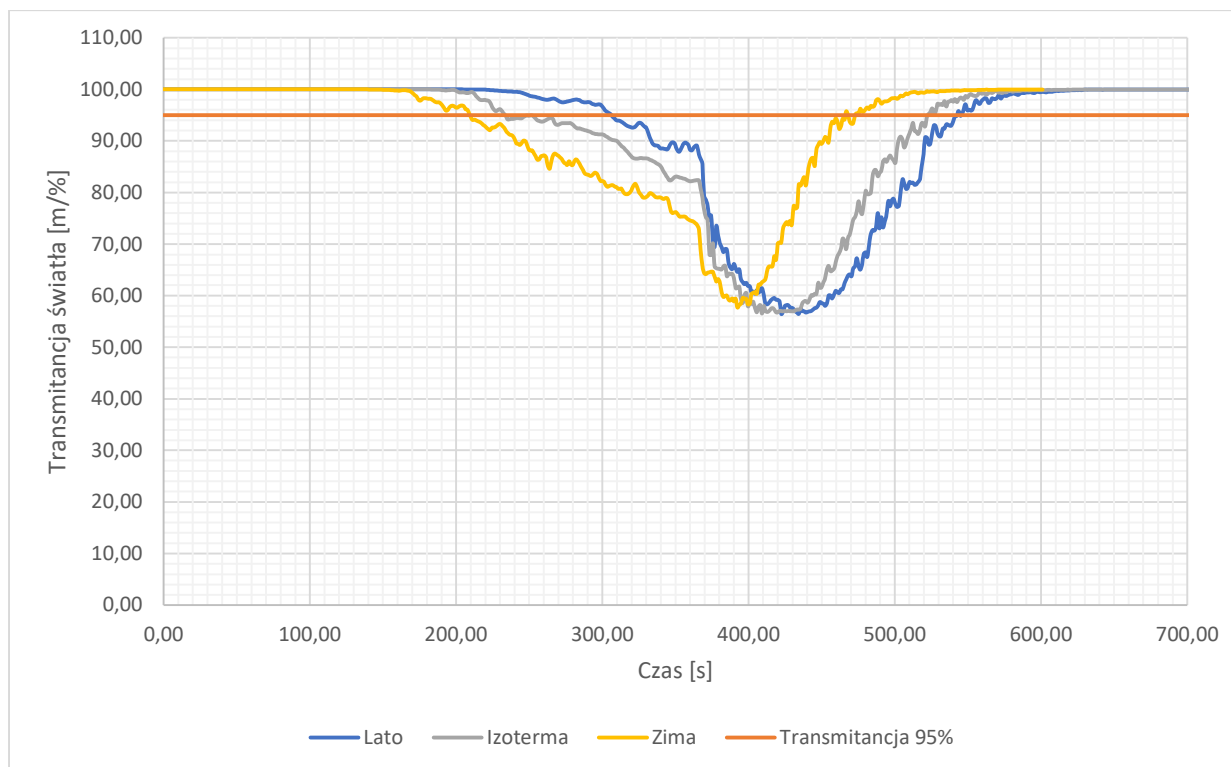


Poniżej w tabeli 11.2 zestawiono czas oddymiania klatki schodowej oraz poziomu transmitancji dla czujki 2.

Tab. 11.2. Zestawienie czasów oddymiania klatki schodowej oraz poziomów transmitancji światła dla czujki 2.

Numer scenariusza	Warunki temperaturowe	Wydajność systemu oddymiania [m <sup>3</sup> /h]	Czas oddymiania do poziomu 95% [s]	Tempo oddymiania do poziomu 95% [s/m]
<b>Scenariusz 1</b>	Warunki letnie	22 000	544	12,9
<b>Scenariusz 2</b>	Warunki izotermiczne	22 000	524	11,5
<b>Scenariusz 3</b>	Warunki zimowe	22 000	471	7,8

Na poniższym wykresie (rys. 11.2.) przedstawiono pomiary transmitancji światła dla poszczególnych warunków temperaturowych, zgodnie z tabelą 11.2. (dla czujki 2).



Rys. 11.2. Wykres przedstawiający zmianę transmitancji światła (czujka 2) w analizowanej przestrzeni dla różnych warunków temperaturowych: letnich, izotermicznych oraz zimowych (odpowiednio: scenariusz 1, scenariusz 2, scenariusz 3).





**SMAV**  
VENTILATION SYSTEMS

OŚRODEK  
CERTYFIKACJI  
SITP

**Opracowanie:**

**mgr inż. Aneta Bałazy**

*Bałazy*  
.....



+48 12 378 18 00



zapytania@smay.eu



www.smay.eu

**SMAY Sp. z o.o.**

ul. Ciepłownicza 29, 31-587 Kraków

NIP: **678-282-18-88**, Regon: 356295933,

KRS: **0000007764**, BDO: **000042468**,

Kapitał zakładowy Spółki 50.000 PLN

