

# Cel i metodyka prowadzenia analiz CFD

**dr inż. Grzegorz Sztarbała**  
ARDOR, ekspert CNBOP-PIB

Warszawa, 12 stycznia 2017 r.

## Cel prowadzenia analiz CFD

Celem analiz CFD jest sprawdzenie skuteczności działania zaprojektowanego systemu oddymiania klatki schodowej.

Skutecznie funkcjonujący system oddymiania klatki schodowej w warunkach pożaru powinien zapewniać:

- przemieszczanie się ku górze mieszaniny dymu i powietrza, jaka może napłynąć do klatki schodowej;
- nieopadanie mieszaniny dymu i powietrza poniżej kondygnacji, na której wybuchł pożar;
- wspomaganie działań ratowniczo – gaśniczych;
- usunięcie mieszaniny dymu i ciepła z klatki schodowej po ograniczeniu jej napływu lub ugaszeniu pożaru.

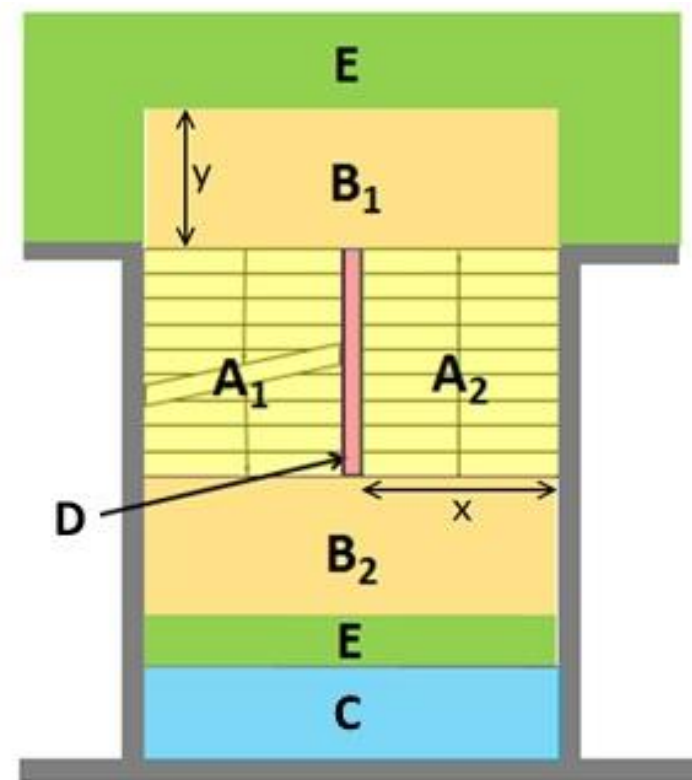
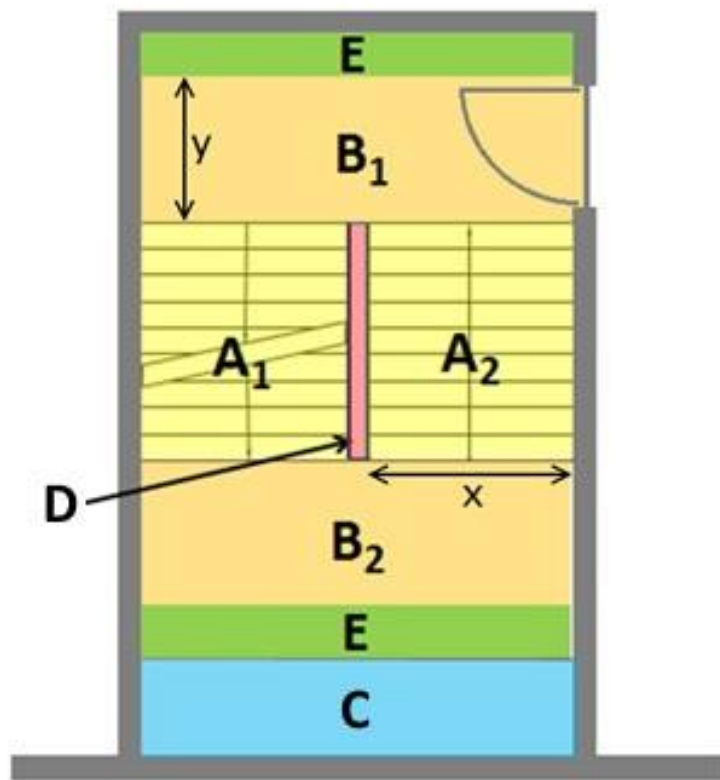
## Kiedy należy wykonać analizy CFD ?

Celem analiz CFD jest sprawdzenia skuteczności działania zaprojektowanego systemu oddymiania klatki schodowej, w przypadku, gdy występuje choćby jeden z poniższych warunków:

- powierzchnia klatki schodowej ( $A_{KS}$ ) na dowolnej kondygnacji jest większa niż 40 m<sup>2</sup>;
- przestrzeń klatki schodowej jest połączona z przyległymi korytarzami lub holami, i długość dojścia z najbardziej oddalonych drzwi do granicy powierzchni obliczeniowej klatki schodowej jest większa niż 5,0 m;
- przestrzeń klatki schodowej jest połączona z przyległymi korytarzami i holami o długości dojścia od granicy powierzchni obliczeniowej klatki schodowej do końca korytarza większej niż 10,0 m;
- szerokość korytarzy połączonych z niewydzieloną klatką schodową przekracza 3,0 m;

## Kiedy należy wykonać analizy CFD ?

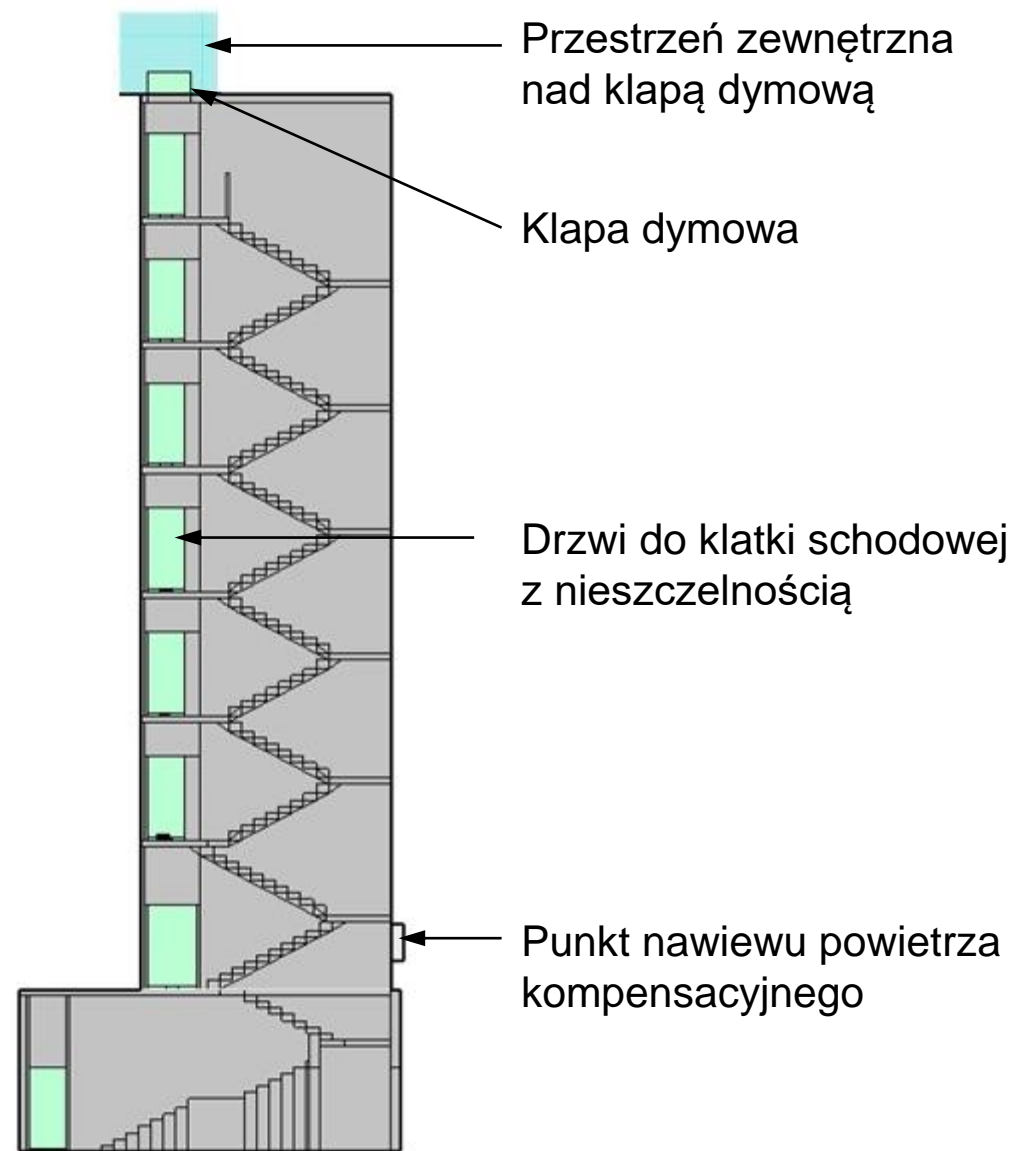
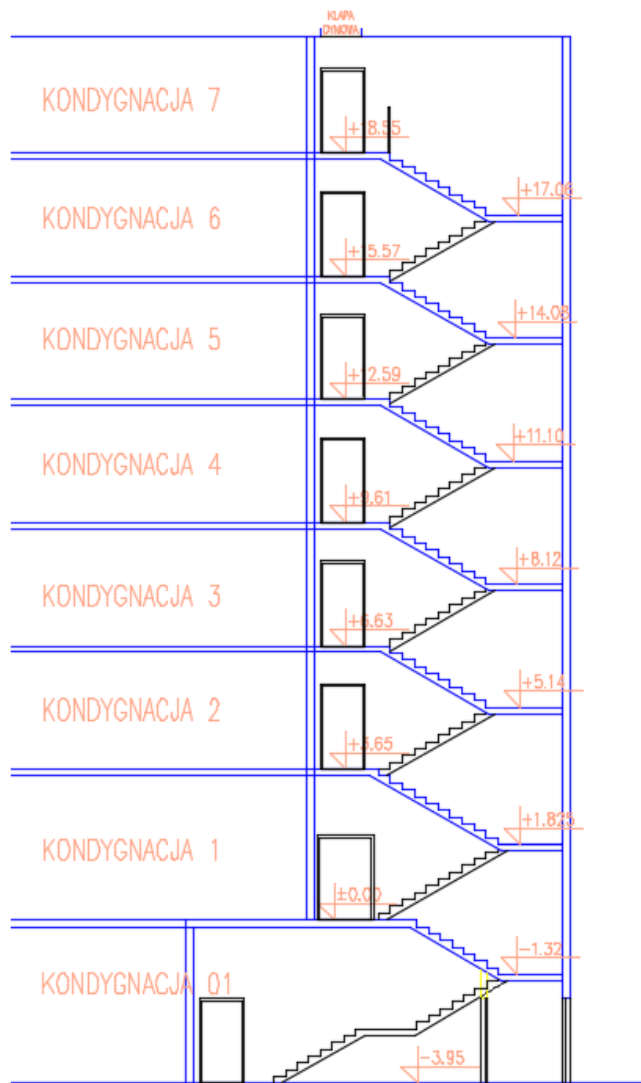
- powierzchnia pozostałych otworów międzykondygnacyjnych nie spełnia warunku:  $C \leq 10\% (A+B)$ ;
- powierzchnia duszy schodów nie spełnia warunku:  $D \leq 25\% (A+B)$  (patrz rozdział 6.2);



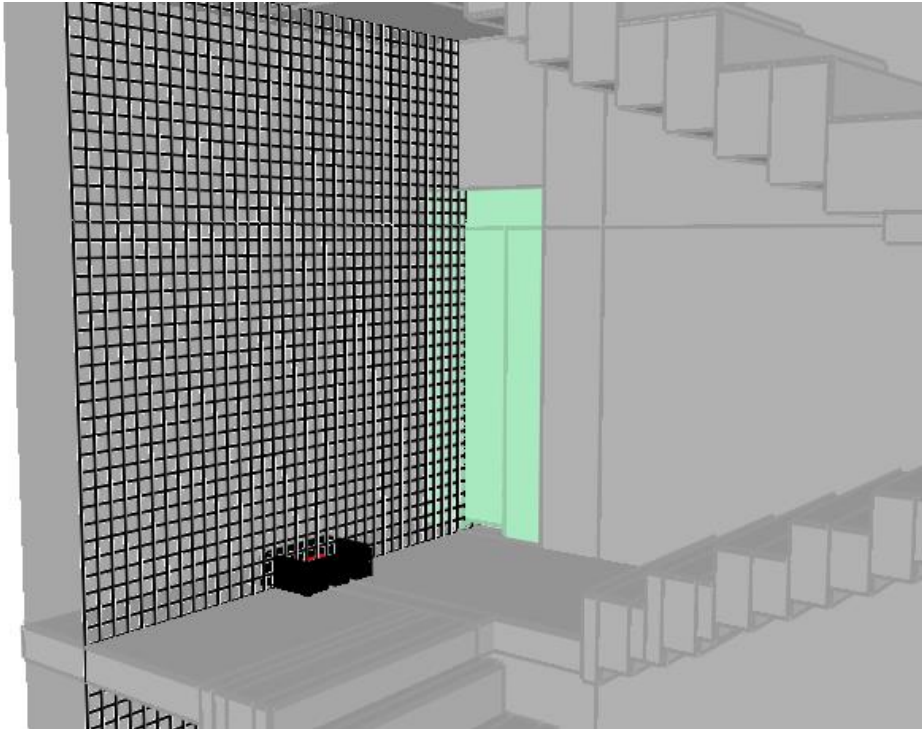
## Kiedy należy wykonać analizy CFD ?

- klatka schodowa stanowi pionową drogę ewakuacji ludzi w budynku wysokim, zaliczanym do kategorii zagrożenia ludzi ZL IV;
- w budynku wysokim ZL IV występują korytarze przyległe do klatki schodowej (nie oddzielone drzwiami);
- napływ powietrza kompensacyjnego, w systemie oddymiania grawitacyjnego, odbywa się przez dwoje drzwi, łączących przestrzeń klatki schodowej z przestrzenią zewnętrzną, oddalonych od siebie o więcej niż 5,0 m;
- nawiew mechaniczny powietrza jest realizowany inaczej niż zapisano w rozdziale 6.5 wytycznych;
- klatka schodowa charakteryzuje się architekturą inną niż opisane w wytycznych.

## Założenia do analiz CFD



## Założenia na potrzeby analizy CFD – model klatki schodowej



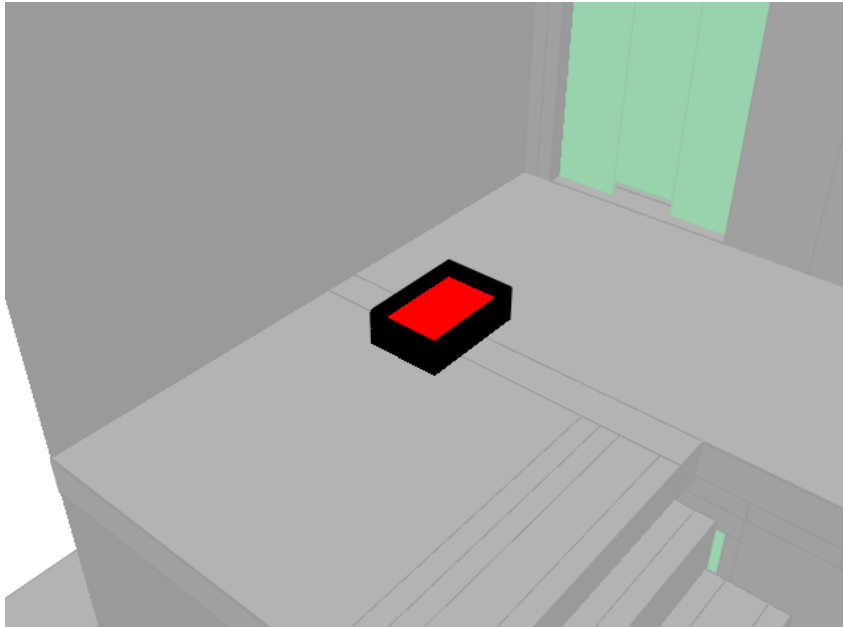
Wielkość siatki obliczeniowej powinna zostać uzależniona od **zastosowanego programu**, przy czym:

- modele z kartezyjską siatką obliczeniową powinny charakteryzować się wymiarem elementów nie większym niż  $0,1 \times 0,1 \times 0,1$  m, co pozwoli na wystarczające dla potrzeb niniejszej analizy odwzorowanie przepływu dymu w przestrzeni klatki schodowej<sup>1</sup>;
- modele z siatką niestrukturalną powinny charakteryzować się wymiarem elementów nie większym niż 0,2 m.

Zaleca się, aby rozmiar elementów został tak dobrany, aby powierzchniowe źródło testowe opisane było przez minimum cztery elementy siatki w każdym kierunku.

Wysokość każdego schodka została pokryta przez co najmniej dwie komórki siatki obliczeniowej.

## Założenia na potrzeby analizy CFD – źródło testowe



- powinno być umieszczone na drugiej kondygnacji nadziemnej;
- powinno mieć wymiary 0,30 x 0,45 m;
- jako paliwo należy przyjąć etanol ( $C_2H_5OH$ );
- ciepło spalania  $\Delta H_c = 26\,780$  kJ/kg;
- całkowity strumień ciepła wyzwalany z jednostki powierzchni źródła testowego powinien wynosić  $471$  kW/m<sup>2</sup>, a jego zmienność w czasie przedstawiono na rysunku;
- należy przyjąć, że promieniowanie cieplne stanowi 30% całkowitej mocy źródła testowego;
- współczynnik dymotwórczości ( $y_{soot}$ ) należy przyjąć jako  $0,05$  kg<sub>dymu</sub>/kg<sub>paliwa</sub>.

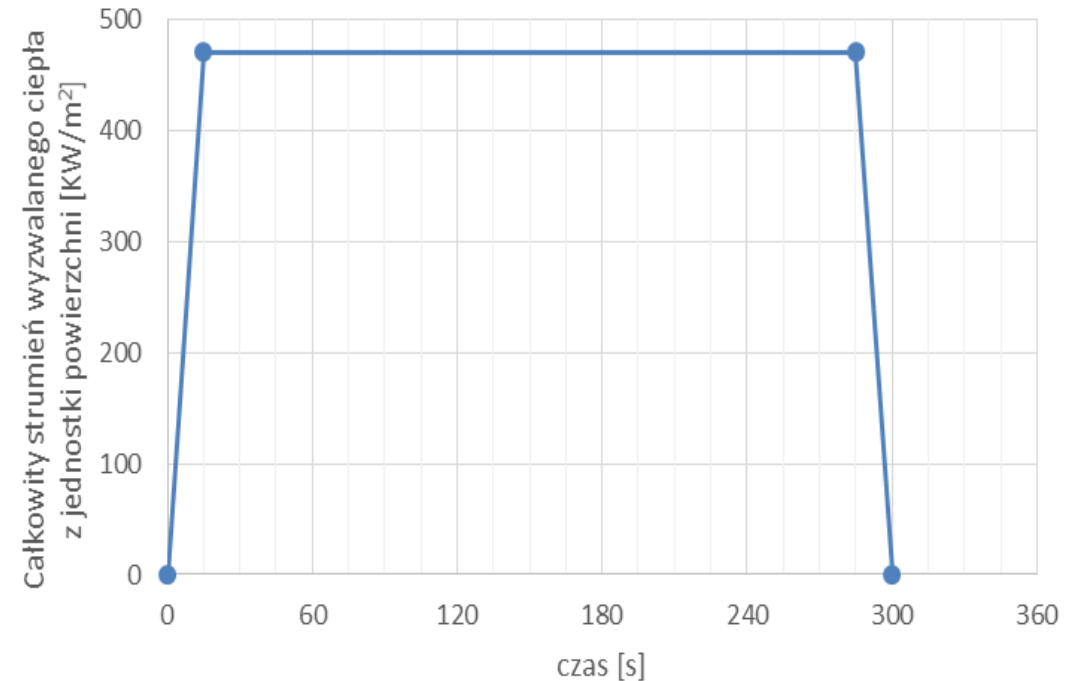


## Założenia na potrzeby analizy CFD – źródło testowe

```
&REAC ID='ETHANOL',
  FUEL='REAC_FUEL',
  FORMULA='C2H6O1',
  SOOT_YIELD=0.05,
  HEAT_OF_COMBUSTION=26780./
```

```
&SURF ID='ZRODLO',
  COLOR='RED',
  HRRPUA=471.0,
  RAMP_Q='FIRE_RAMP_Q'/
```

```
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=0.0, F=0.0/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=15.0, F=1.0/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=285.0, F=1.0/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=300.0, F=0.0/
```



x      y

```
&VENT ID= 'ZRODLO_TESTOWE', SURF_ID='ZRODLO', XB=1.2,1.5,4.8,5.25,3.3,3.3/
```

## Założenia na potrzeby analizy CFD – warunki brzegowe i początkowe

W analizie należy uwzględnić przewodność cieplną przegród budowlanych oraz temperaturę powietrza wewnątrz przestrzeni klatki oraz na zewnątrz budynku, wg 7.3.4.

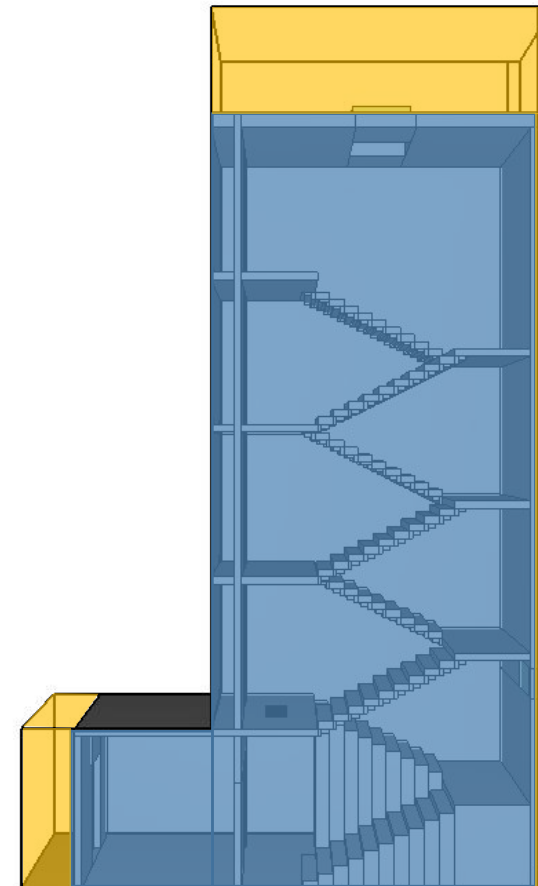
Analizy powinny być wykonane w odniesieniu do trzech wartości temperatury, charakterystycznych dla warunków polskich, odpowiadających warunkom zimowym, izotermicznym oraz letnim.

Temperatura powietrza zewnętrznego:

- **warunki letnie: +28°C albo +30°C,**
- **warunki izotermiczne: +20°C,**
- **warunki zimowe: -16°C albo -18°C albo -20°C albo -22°C albo -24°C.**

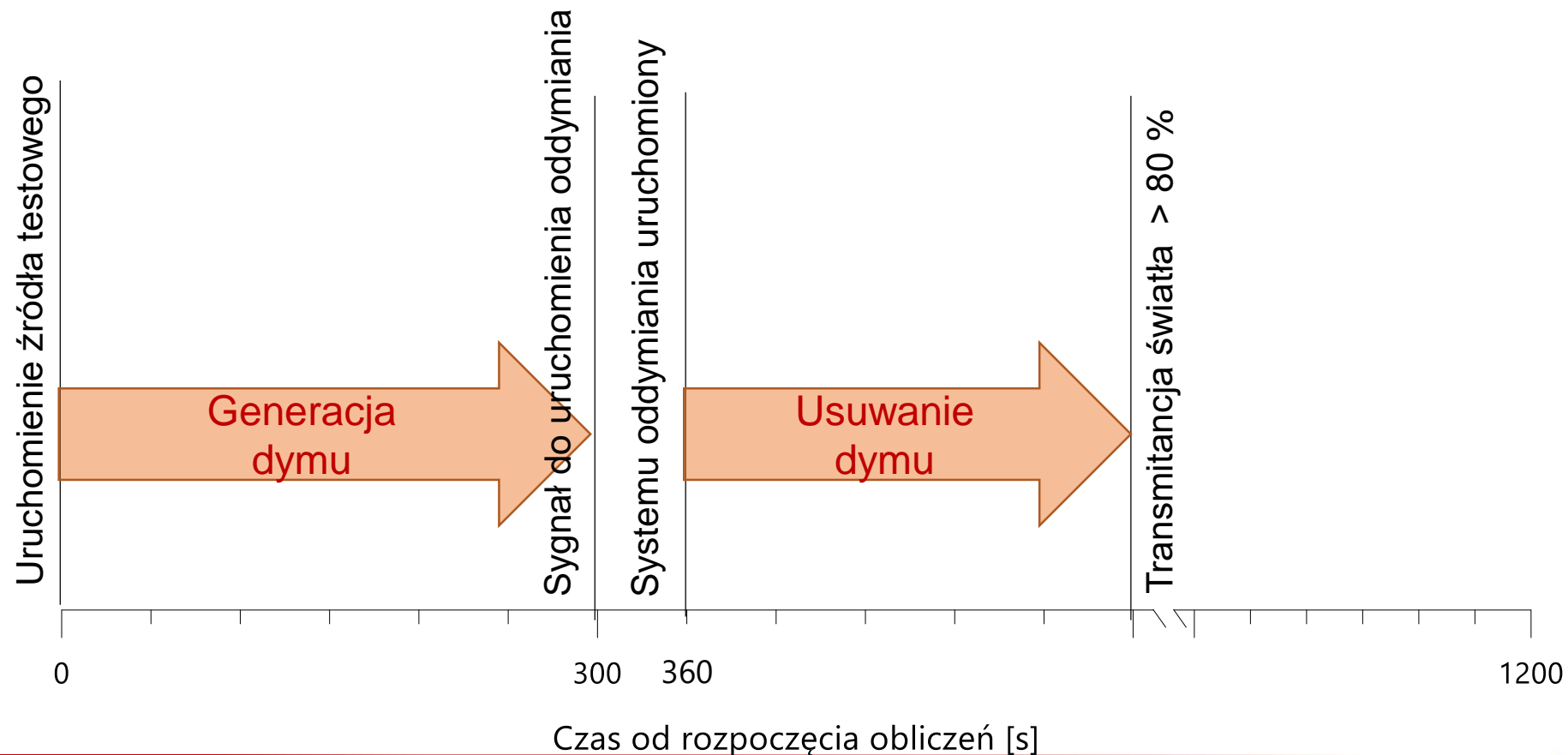
Temperatura początkowa przegród i powietrza wewnątrz klatki schodowej powinna wynosić odpowiednio:

- **warunki letnie: +24°C,**
- **warunki izotermiczne: +20°C,**
- **warunki zimowe: +16°C.**



## Założenia na potrzeby analizy CFD – czas trwania analizy

Analiza powinna być wykonana dla czasu 20 minut licząc od początku aktywacji źródła testowego lub do czasu osiągnięcia kryteriów oceny skuteczności analizowanego systemu oddymiania, wymienionych w rozdziale 7.3.6.



## Raport z analizy CFD

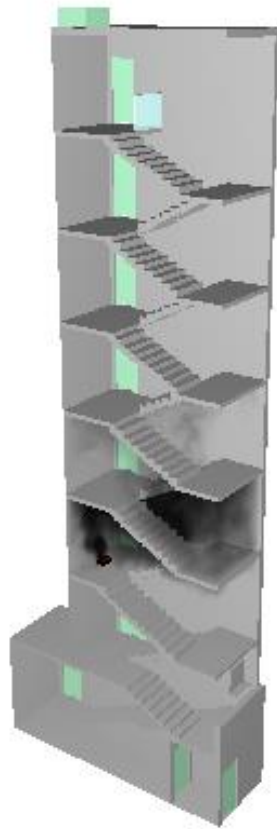
Z przeprowadzonej analizy należy sporządzić raport. Raport powinien zawierać co najmniej następujące informacje:

- dane identyfikujące wykonawcę/-ów symulacji;
- nazwę oraz adres obiektu budowlanego;
- charakterystykę obiektu wraz ze wskazaniem liczby klatek schodowych, ich wysokości oraz kondygnacji, które obsługują;
- opis analizowanego systemu oddymiania klatki schodowej, uwzględniający parametry oraz lokalizację jego podstawowych urządzeń wykonawczych;
- opis modelu numerycznego analizowanej przestrzeni, uwzględniający program zastosowany do wykonania symulacji, charakterystykę wielkości elementów siatki oraz całkowitą liczbę elementów;
- przejęte modele matematyczne do opisu zjawisk fizycznych,
- przyjęte warunki brzegowe i początkowe,

## Raport z analizy CFD

- czas analizy,
- kryteria oceny,
- wyniki obliczeń, pozwalające na określenie czasu, w jakim następuje oddymienie klatki schodowej:
  - w formie graficznej stan zadymienia w poszczególnych chwilach czasowych (np. 60 s, 180 s, 300 s, 420 s licząc od rozpoczęcia obliczeń),
  - wykresy zmian transmitancji światła, mierzonej na wysokości 2,0 m nad poziomem spocznika ostatniej kondygnacji,
- analizę wyników wraz z wnioskami - we wnioskach należy podać czas, w jakim dym został usunięty z analizowanej klatki schodowej ( $t_{\text{odd}}$ ) oraz informację na temat spełnienia lub niespełnienia kryteriów oceny;
- podpisy wykonawcy/-ów symulacji oraz autora/ -ów raportu.

# Raport z analiz CFD



Time: 30.0



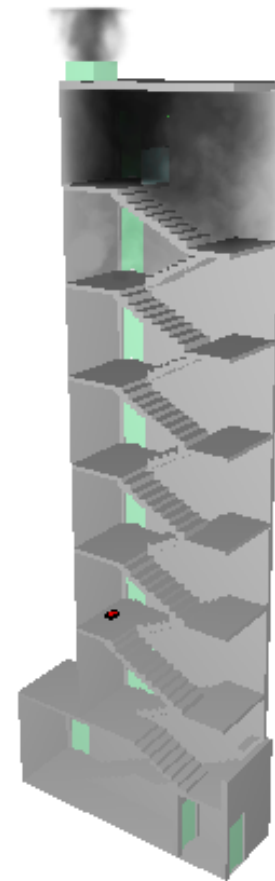
Time: 180.0



## Raport z analiz CFD

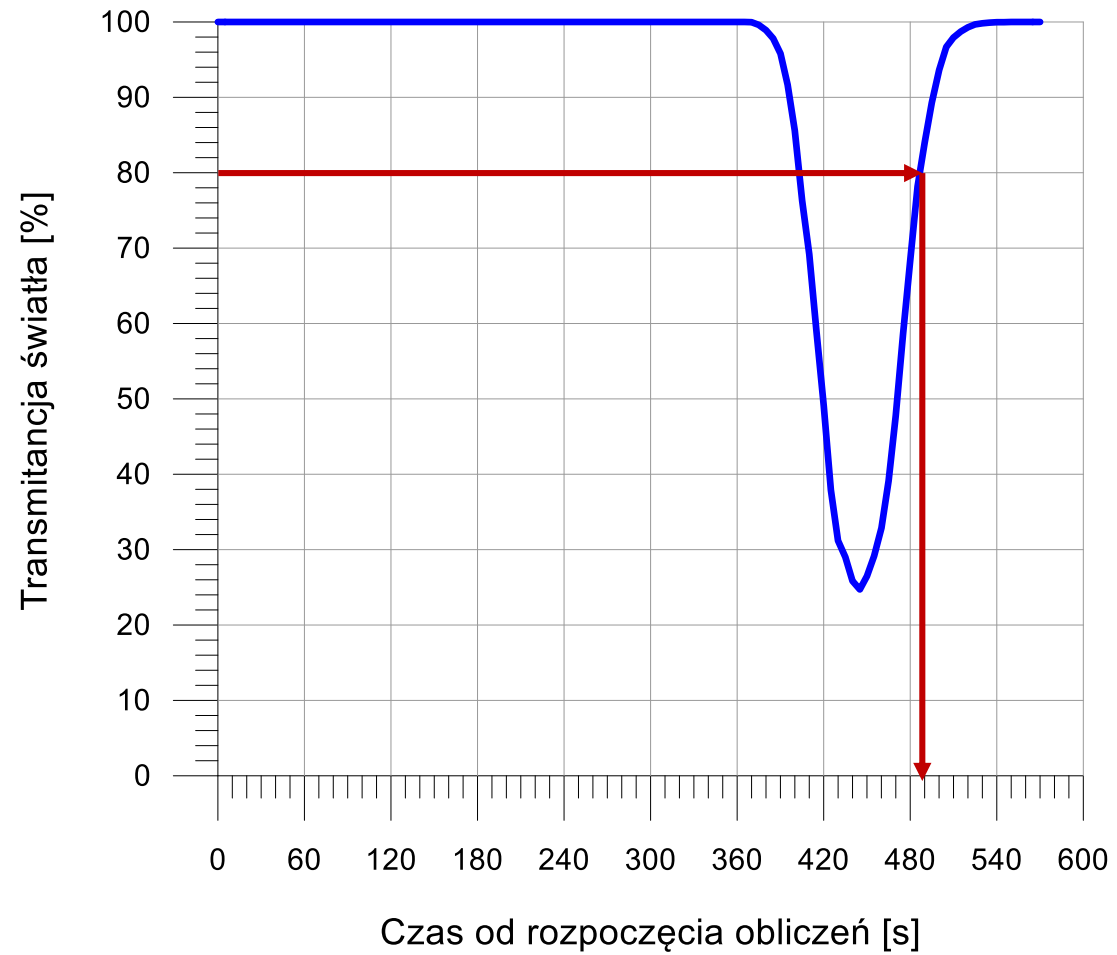


Time: 300.0

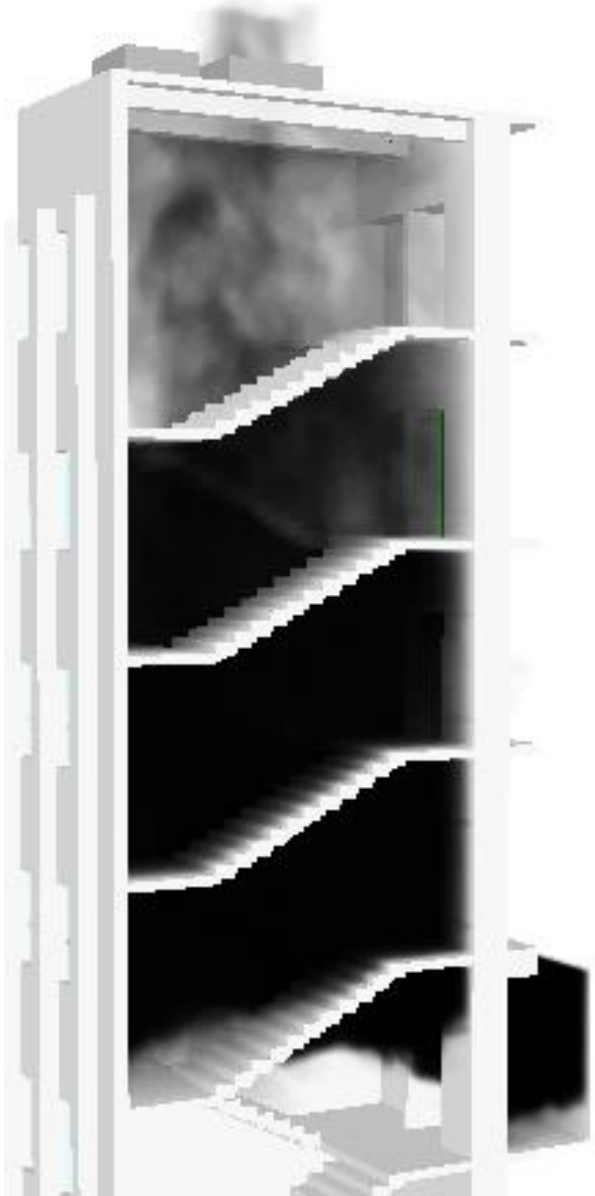


Time: 420.0

# Raport z analiz CFD







# Cel i metodyka prowadzenia analiz CFD

**dr inż. Grzegorz Sztarbała**

[ardor@ardor.waw.pl](mailto:ardor@ardor.waw.pl)