



Creative Methods
in Fire Protection

Analiza systemu wentylacji oddymiającej klatki schodowej

OBIEKT:

**PRZEBUDOWA I ROZBUDOWA BUDYNKÓW C i E
CAMPUSU UNIwersYTETU SZCZECIŃSKIEGO
O PAWILON Z PODNOŚNIKIEM DLA OSÓB
NIEPEŁNOSPRAWNYCH RUCHOWO**

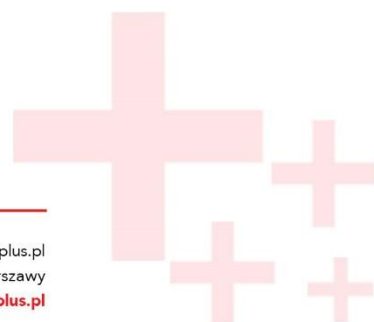
ul. Krakowska 71-79,
71-017 Szczecin

Opracował:

mgr inż. Paweł Wróbel
Rzecznik do spraw zabezpieczeń
przeciwpożarowych nr upr. 521/2009

A_1027_2023

Warszawa, marzec 2023 r.



SPIS TREŚCI

1. Cel i zakres opracowania	3
2. Analizy CFD	4
2.1. Model przestrzenny	4
2.2. Przyjęte scenariusze rozwoju pożaru	7
2.3. Analizowane parametry pożaru	7
3. Opis programu SMARTFIRE	8
4. Wyniki symulacji	9
5. Wnioski i podsumowanie dla symulacji	18
6. Literatura	27
7. Załączniki	28

1. Cel i zakres opracowania

Celem opracowania było wykonanie analizy CFD, weryfikującej skuteczność działania systemu oddymiania klatki schodowej w Campusie Uniwersytetu Szczecińskiego, zlokalizowanym przy ul. Krakowskiej 71-71 w Szczecinie. Przedmiotowa klatka schodowa wraz z nowoprojektowanym pawilonem z podnośnikiem dla osób niepełnosprawnych ruchowo, stanowi połączenie budynków C i E Campus Uniwersytetu.

Budynek w części objętej opracowaniem jest zróżnicowany pod względem wysokości. W obszarze przedmiotowej klatki schodowej, wysokość mierzona od najniższego poziomu do stropodachu wynosi ok 16 m.

Analiza wykonana została dla klatki schodowej z napowietrzaniem mechanicznym realizowanym za pomocą dwóch niezależnie działających wentylatorów o wydajności 8 000 m³/h (łącznie wydajność 16 000 m³/h). Napływ powietrza kompensacyjnego do klatki schodowej zlokalizowano w dwóch punktach nawiewnych usytuowanych na poziomie -4.75 oraz -3.25. Przyjęto dwie kraty nawiewne o wymiarach 0,6 x 1,2 m, usytuowane bezpośrednio nad posadzką danego poziomu.

Zgodnie z informacjami przekazanymi przez Zamawiającego, ze względów konstrukcyjnych nie ma możliwości zastosowania klapy dymowej w dachu budynku. W związku z powyższym, odprowadzenie dymu z klatki schodowej przewidziano za pomocą okien oddymiających o wymiarach 2,2 x 1,6 m i powierzchni czynnej 1,99m², uchylnych do kąta 90 stopni w kierunku zewnętrznym. Z uwagi na układ architektoniczny przedmiotowej klatki schodowej, okna oddymiające przewidziane zostały w ścianach prostopadłych względem siebie. W analizie przyjęto scenariusz uwzględniający otwarcie jednego z okien oddymiających, co odpowiada sytuacji, w której jedno z okien zostanie zamknięte z uwagi na niekorzystny kierunek wiatru.

Na potrzeby analizy, zgodnie z wytycznymi CNBOP-PIB W-0003:2016, Wydanie 2, maj 2019 przyjęto, że system oddymiania aktywowany zostanie po czasie ok 360 s od powstania pożaru.

Analizowana przestrzeń obejmuje klatkę schodową ze wszystkimi niezbędnymi elementami systemu oddymiania.

W opracowaniu analizie podlega skuteczność systemu oddymiania w kontekście parametrów pożarowych krytycznych dla zdrowia i życia ludzi, tj. współczynnika ekstynkcji światła (widzialność) w czasie bezpośrednio po zadymieniu przestrzeni klatki schodowej. Dodatkowo analizowana była ogólna skuteczność systemu w zakresie usuwania dymu, z uwzględnieniem charakterystyki obiektu.

Do zrealizowania celu opracowania wykorzystany został program komputerowy Smart Fire, służący do modelowania warunków panujących w budynku w czasie trwania pożaru.

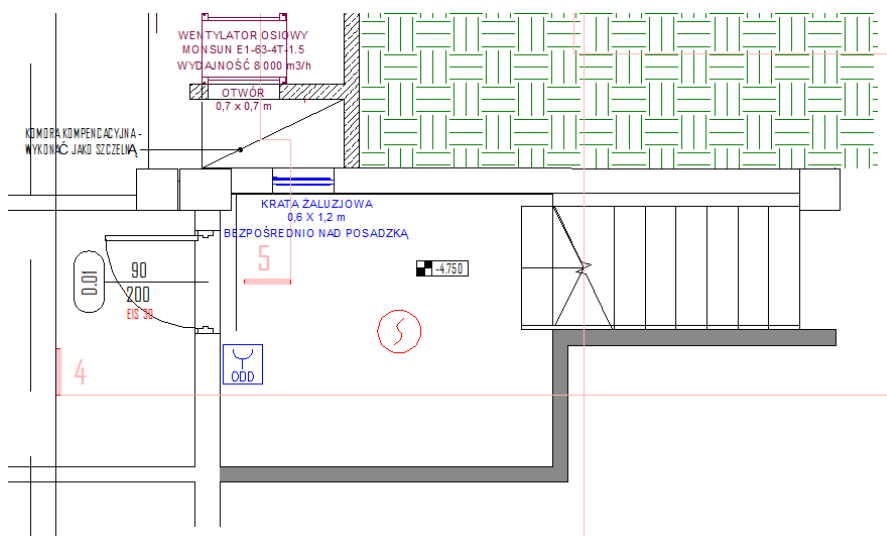
Zrealizowana symulacja wentylacji pożarowej przeprowadzona została na podstawie otrzymanych danych, w tym rzutów architektonicznych i przekrojów klatki schodowej a także koncepcji systemu oddymiania oraz wstępnych analiz CFD, uwzględniających różne wydajności oraz lokalizacje punktów napowietrzających.

2. Analizy CFD

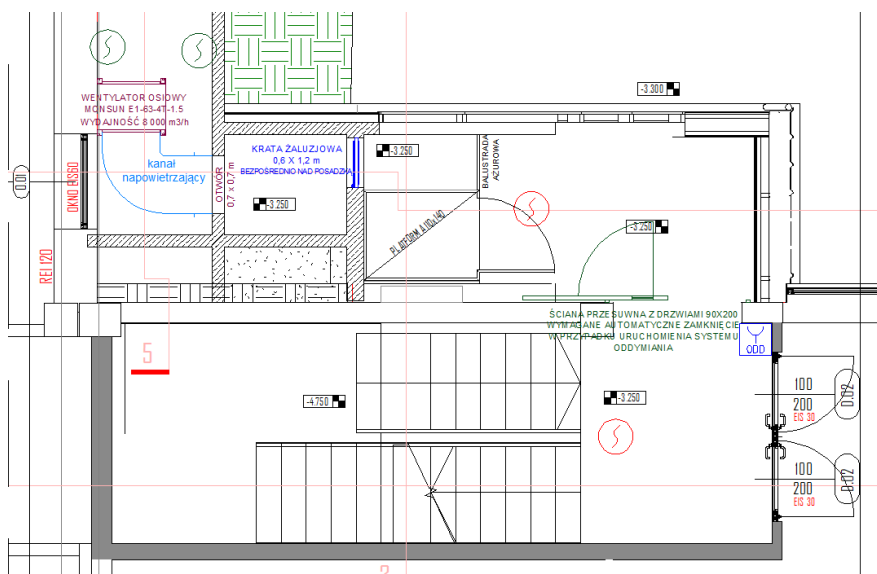
2.1. Model przestrzenny

Do przeprowadzenia analizy CFD wykorzystano trójwymiarowy model analizowanej klatki schodowej. Rysunki nr 1a – 1e ilustrują geometrię analizowanej przestrzeni. Układ architektoniczny przyjęty w analizie CFD uwzględnia przesłane przez Zamawiającego rysunki wykonane przez firmę C+HO aR Sp. z o.o.

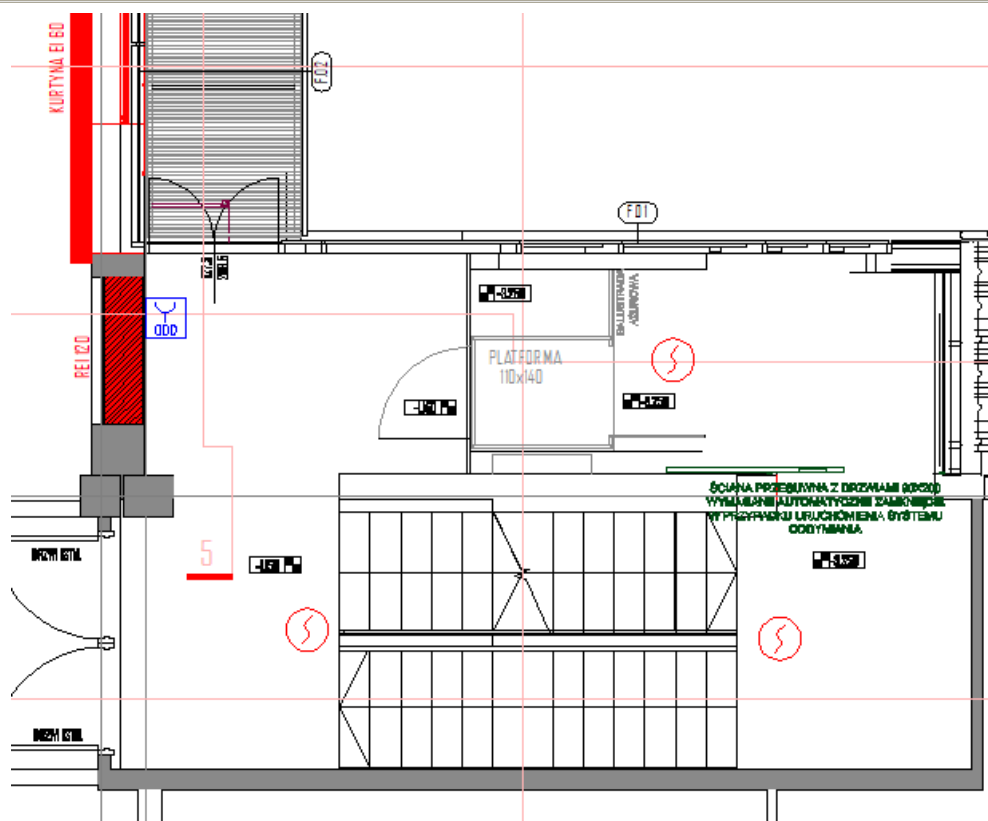
Rysunek nr 2 przedstawia opracowany na potrzeby analizy model 3D. W modelach 3D zostały zastosowane uproszczenia w architekturze obiektu, wynikające z możliwości dostosowania projektu architektonicznego do modelu w środowisku programu komputerowego.



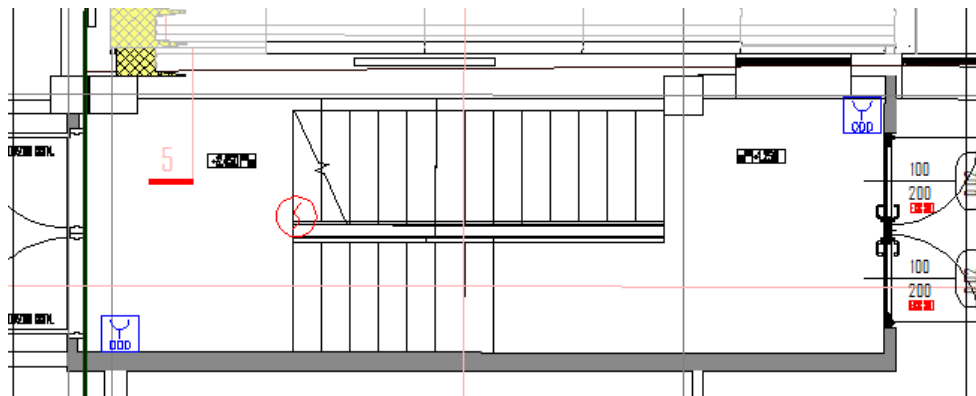
Rys. 1a. Rzut poziomu -4.74



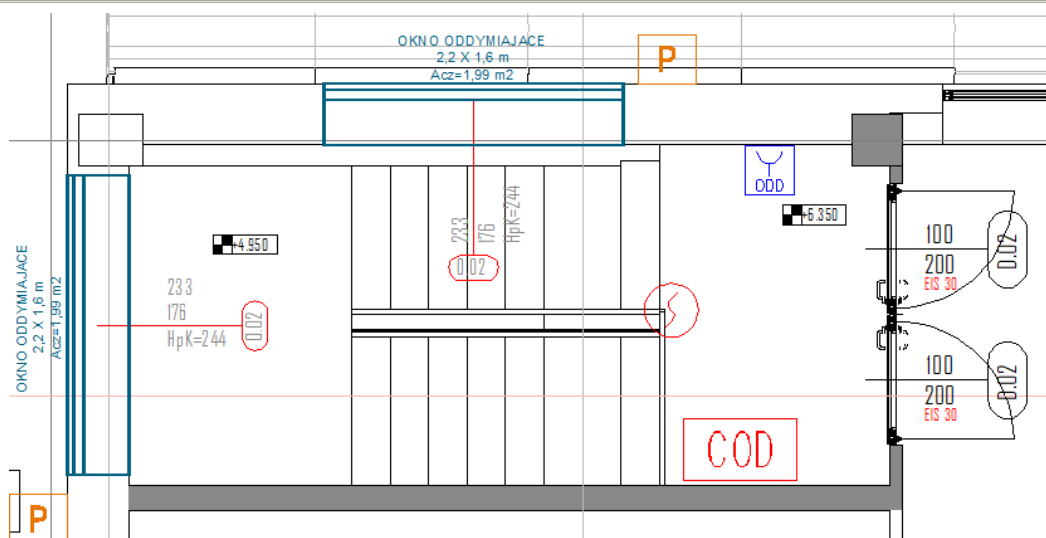
Rys. 1b. Rzut poziomów -4.75 i -3.25



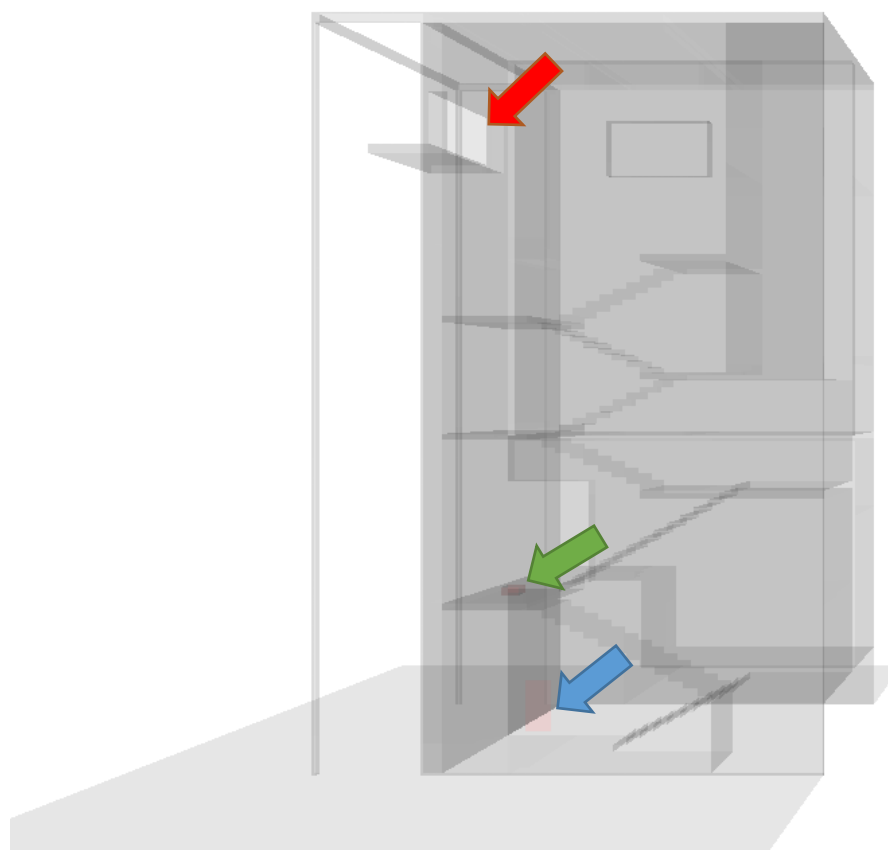
Rys. 1c. Rzut poziomów -3.25 i -1.15



Rys. 1d. Rzut poziomów +1.25 i +2.45



Rys. 1e. Rzut poziomów +4.95 i +6.35



SMARTFIRE
Data View

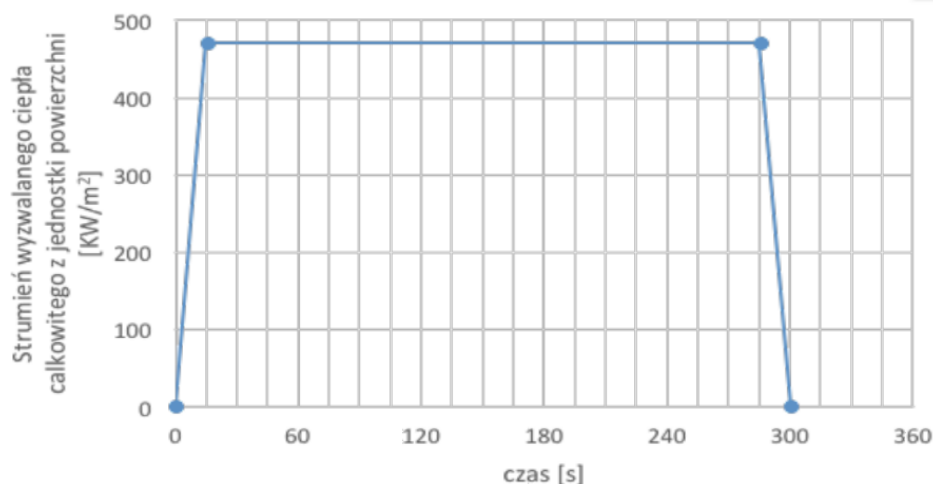
Rys. 2. Model 3D analizowanej klatki schodowej. Lokalizacja pożaru (strzałka zielona), krat napowietrzających (strzałki niebieskie) i okna oddymiającego wykorzystywanego do oddymiania w analizowanym scenariuszu (strzałka czerwona).

2.2. Przyjęte scenariusze rozwoju pożaru

Zgodnie z wytycznymi CNBOP, analiza powinna zostać wykonana dla lokalizacji źródła pożaru na 2 kondygnacji nadziemnej. Z uwagi na charakterystykę przedmiotowego budynku, uwzględniając również oddymianie kondygnacji podziemnej, lokalizację źródła pożaru przewidziano na poziomie -1.15, stanowiącym drugą kondygnację licząc od najniższego poziomu klatki schodowej.

Parametry pożaru:

1. Wymiar: 0,3 m x 0,4 m x 0,17 m;
2. Współczynnik dymotwórczości: 0,05 kg/kg
3. Ciepło spalania: 30MJ/kg;
4. Strumień wyzwalania ciepła: 63,6 kW
5. Strumień wyzwalania ciepła z jednostki powierzchni: zgodnie z rysunkiem poniżej¹



2.3. Analizowane parametry pożaru

W celu określenia skuteczności działania systemu oddymiania przeanalizowano skuteczność usuwania dymu z przestrzeni klatki schodowej oraz czasu jaki system potrzebował do zapewnienia warunków umożliwiających bezpieczną ewakuację czasu.

Jako wartości krytyczne przyjęto:

- współczynnik ekstynkcji (pochłaniania światła) = 0,5 [m⁻¹] na wysokości 2,0m – który odpowiada szacowanemu zasięgowi widzialności elementów konstrukcyjnych² = 5 [m], dla iloczynu widzialności i współczynnika ekstynkcji $K \cdot S = 5$;
- wartość współczynnika ekstynkcji 0,3 m⁻¹, która pozwala przyjąć występowanie bezpiecznych warunków ewakuacji pod względem toksyczności,
- czas oddymiania klatki schodowej, który zgodnie z wytycznymi CNBOP-PIB W-0003:2016, Wydanie 2, maj 2019, nie powinien być dłuższy niż wynik poniższego iloczynu:

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

gdzie:

¹ Wytyczne CNBOP-PIB W-0003:2016 „Systemy oddymiania klatek schodowych”, Wydanie 2, maj 2019

² Przyjęte kryterium oceny uwzględnia ograniczone gabaryty analizowanej przestrzeni

Widoczność, S (m)

Współczynnik ekstynkcji, K (m^{-1})

$KS = 3$

$KS = 8$

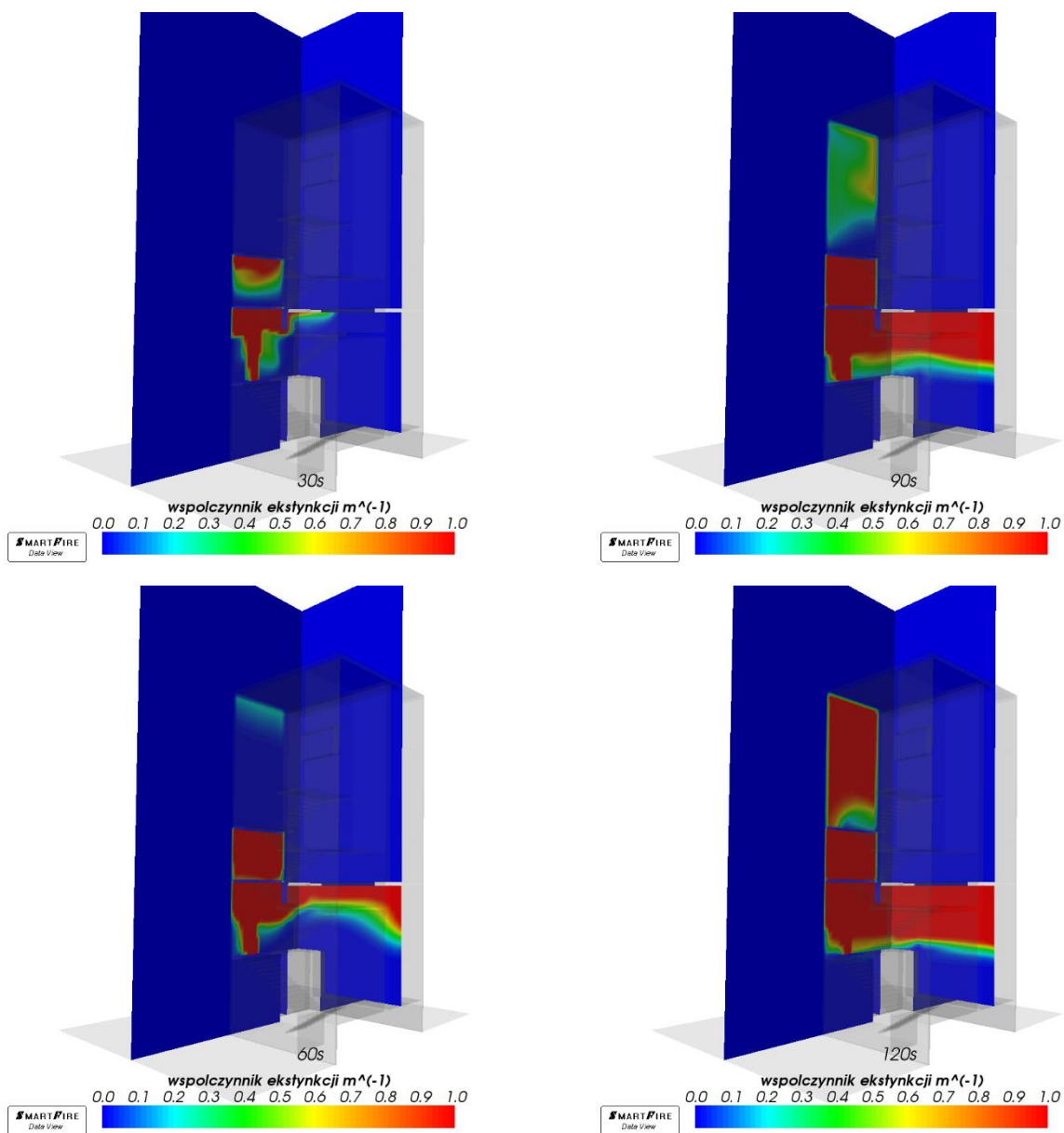
Współczynnik ekstynkcji, K (m^{-1})	Widoczność, S (m) ($KS = 3$)	Widoczność, S (m) ($KS = 8$)
0.25	15.5	-
0.28	10.5	-
0.45	5.5	-
0.55	-	15.5
0.70	-	12.5
0.90	-	9.0
1.10	-	7.0
1.65	-	5.5

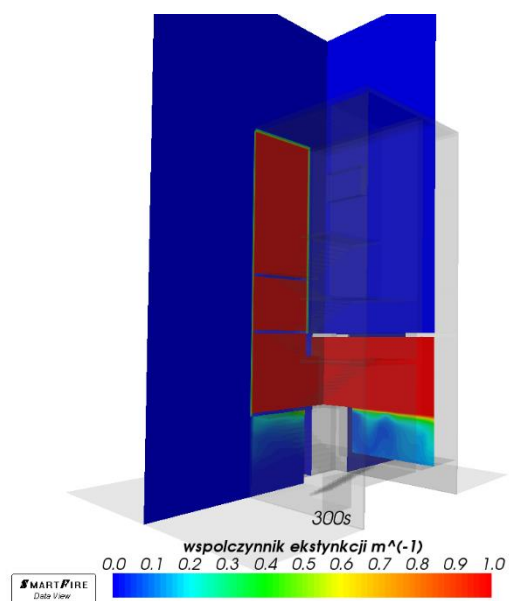
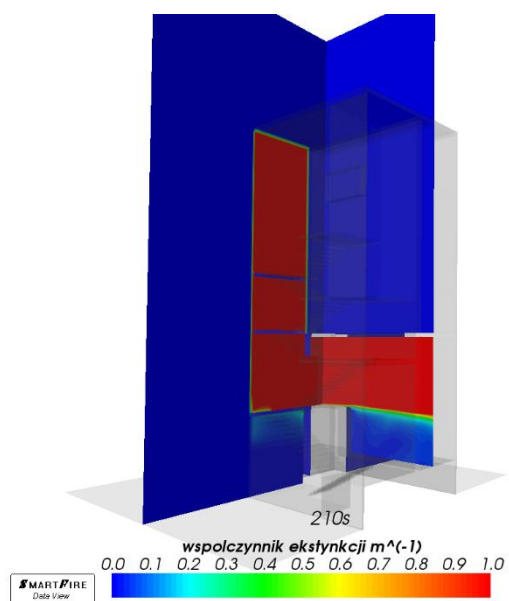
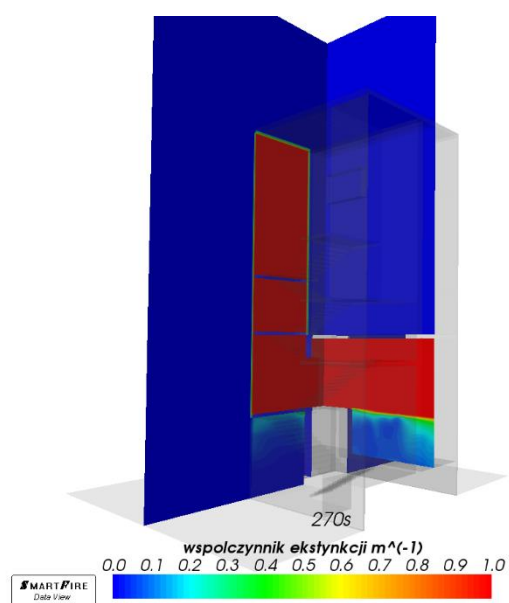
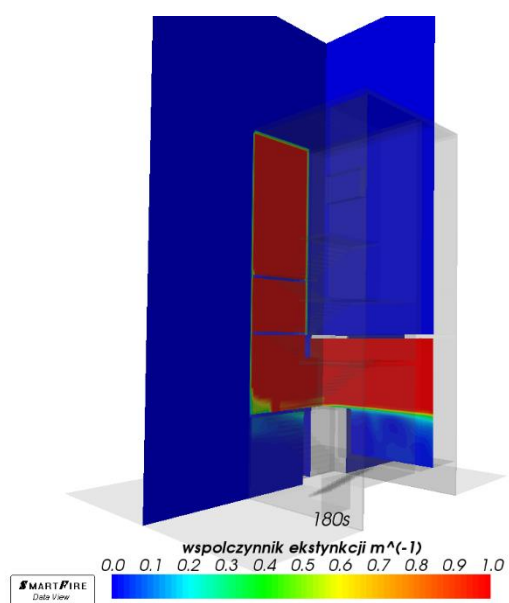
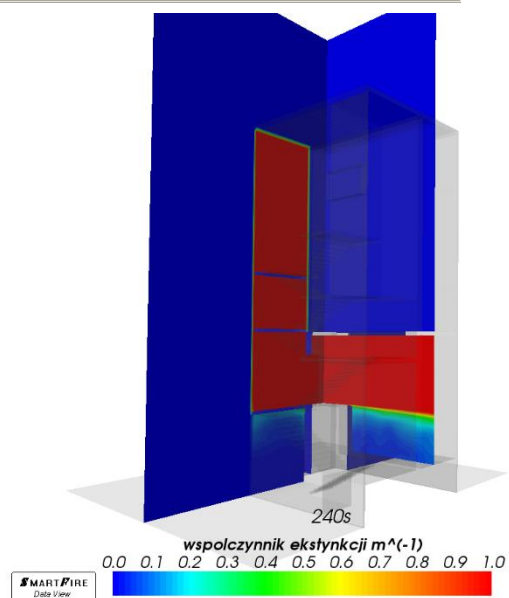
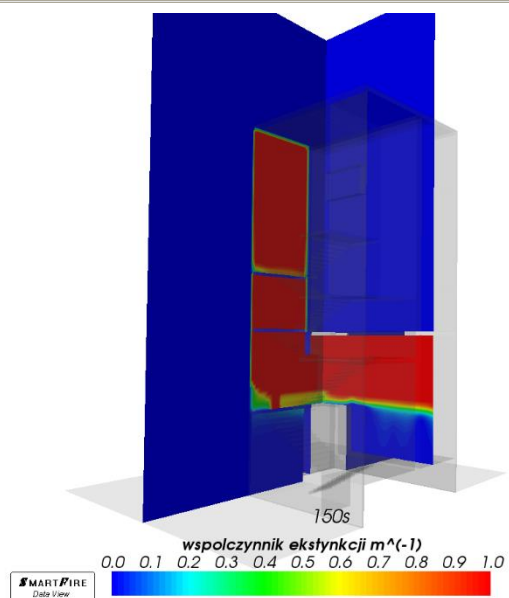
3. Opis programu SMARTFIRE

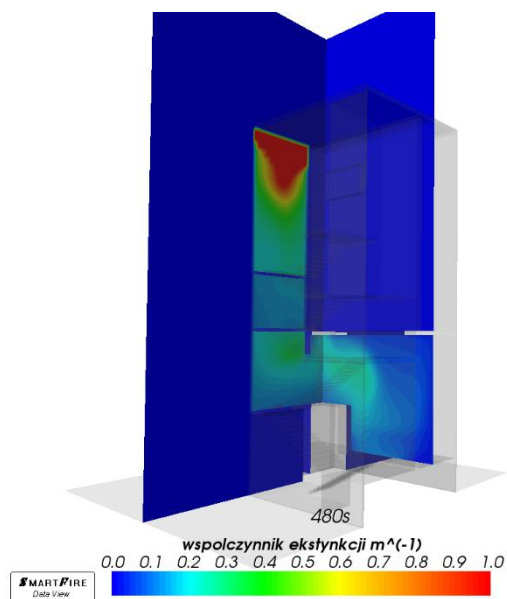
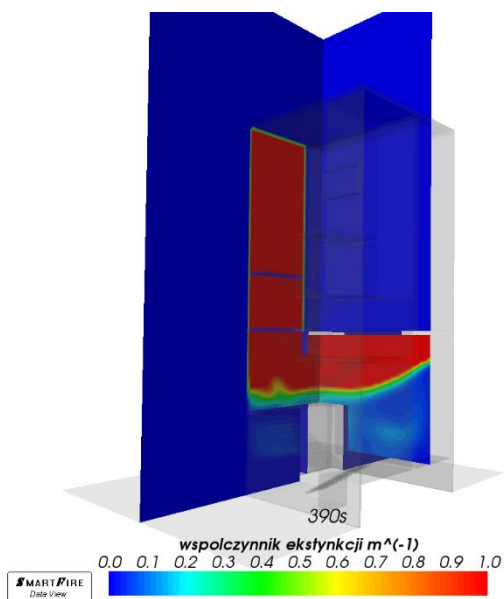
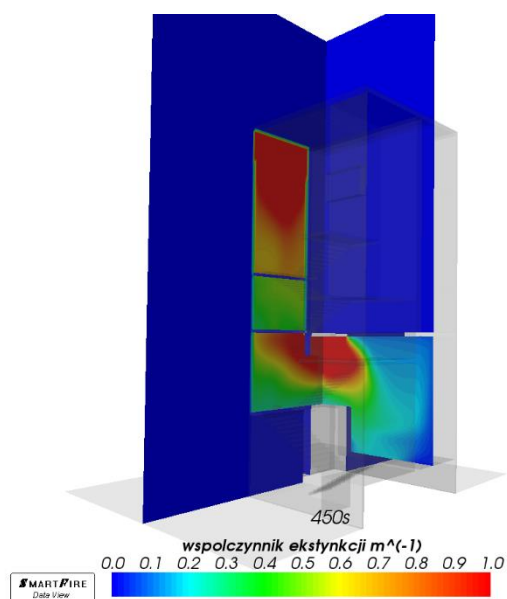
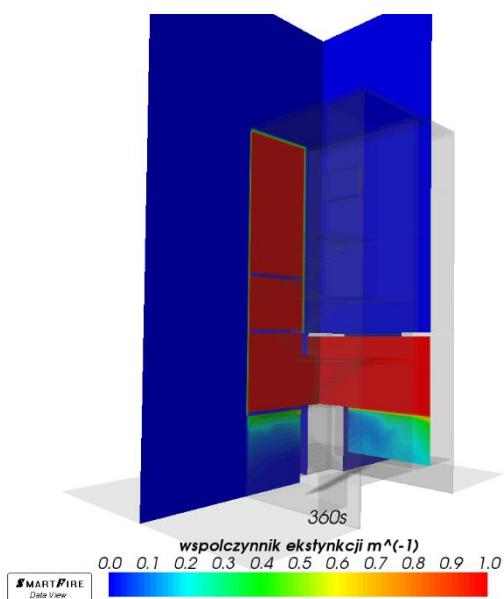
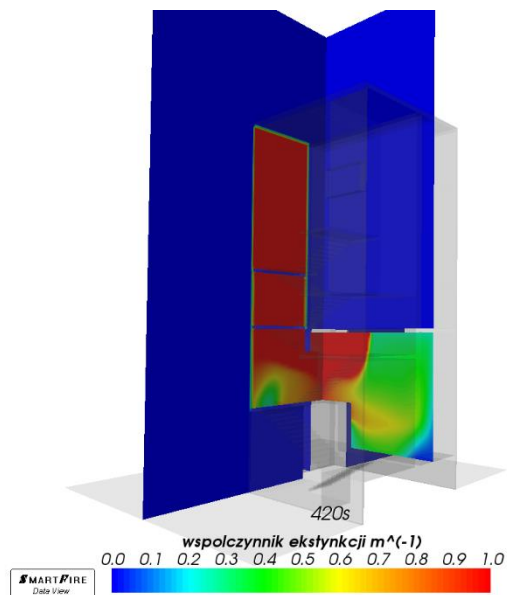
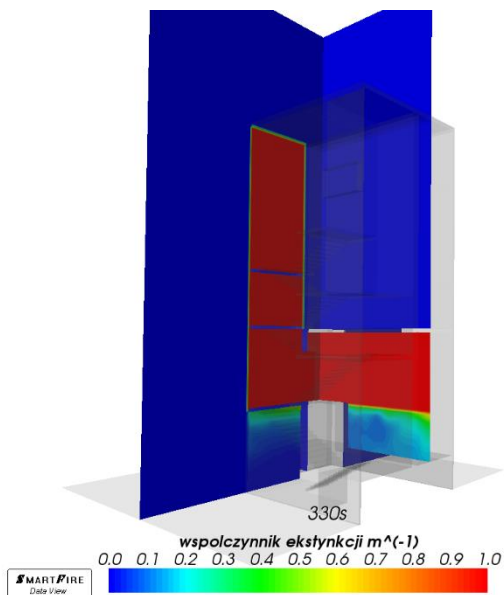
Czas trwania symulacji przewidziano jako 1200 sekund jednak z uwagi na szybsze oczyszczenie się klatki schodowej z dymu, w opracowaniu przedstawiono wyniki do ok 660 sekundy symulacji.

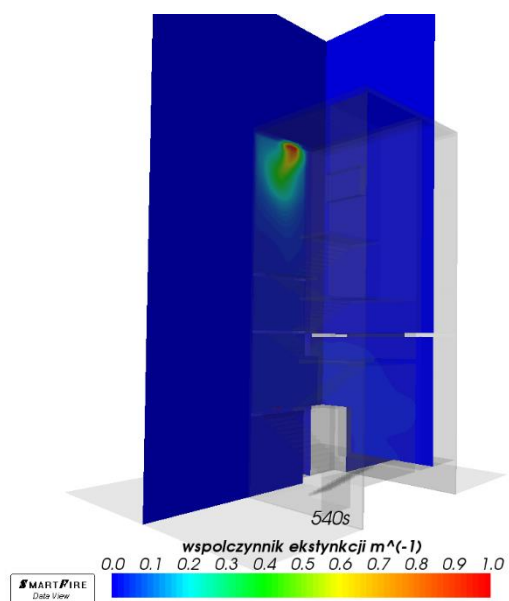
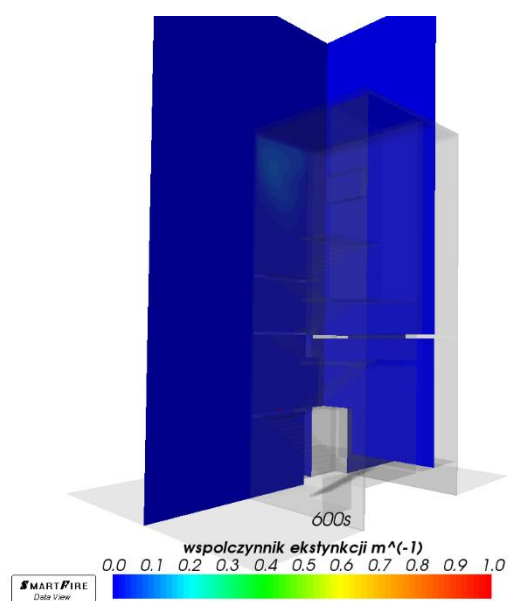
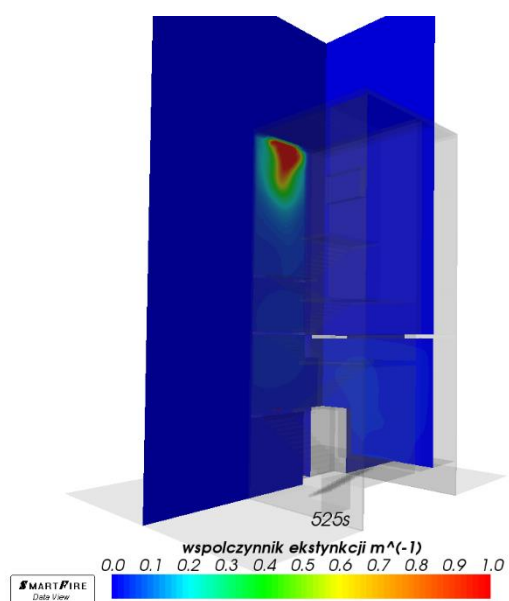
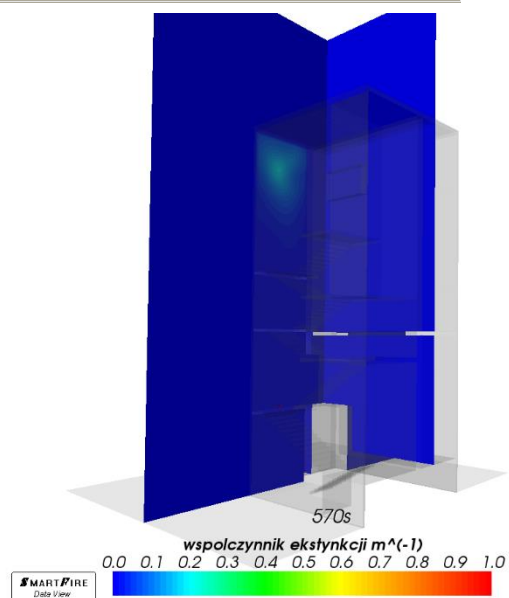
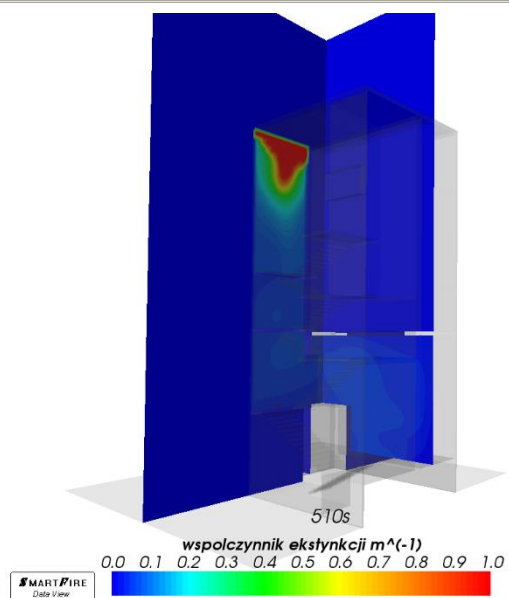
4.1. Wyniki symulacji

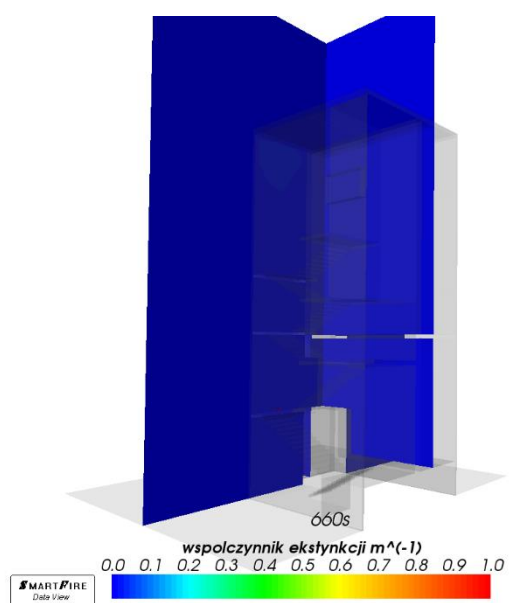
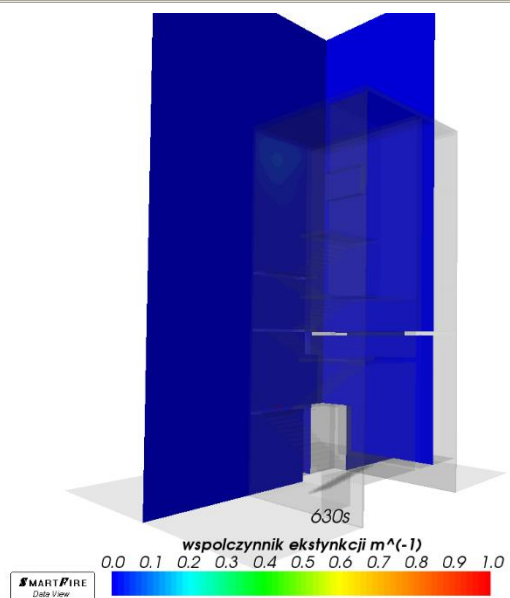
4.1. Współczynnik ekstynkcji światła [m^{-1}] – przekrój pionowy



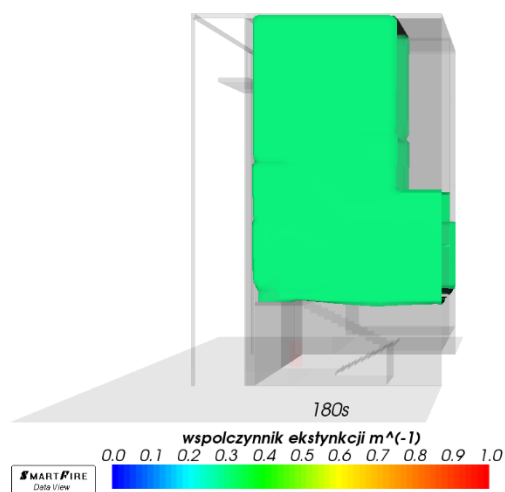
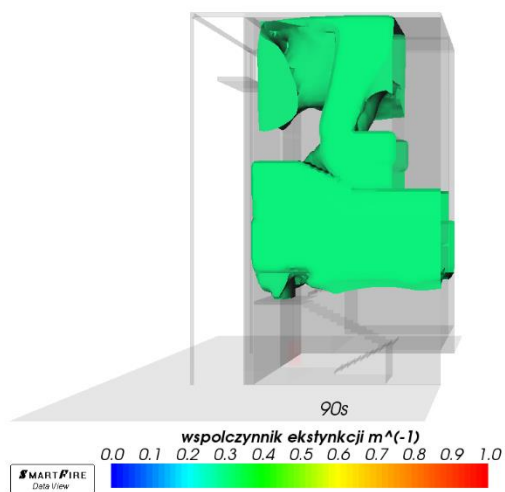
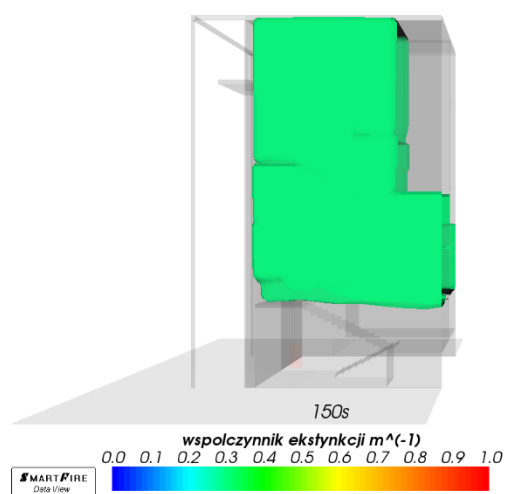
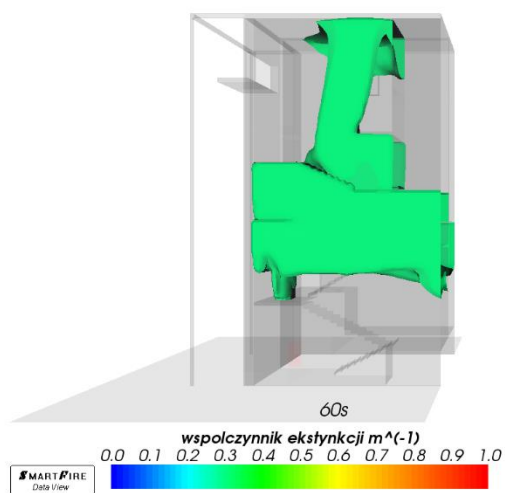
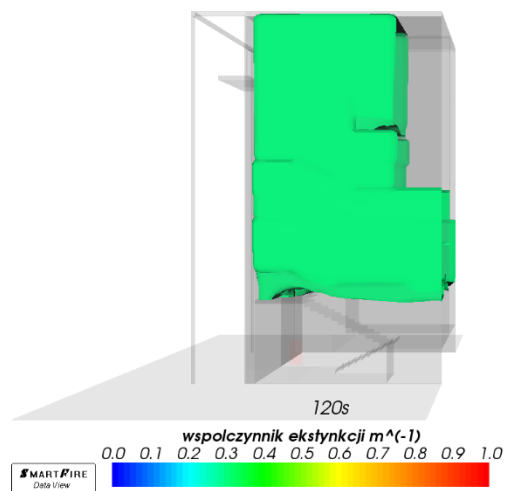
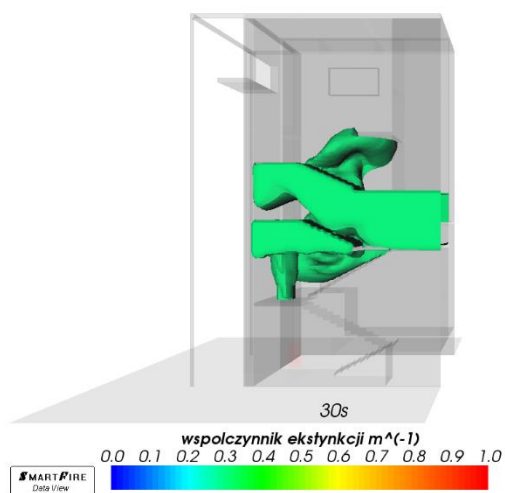


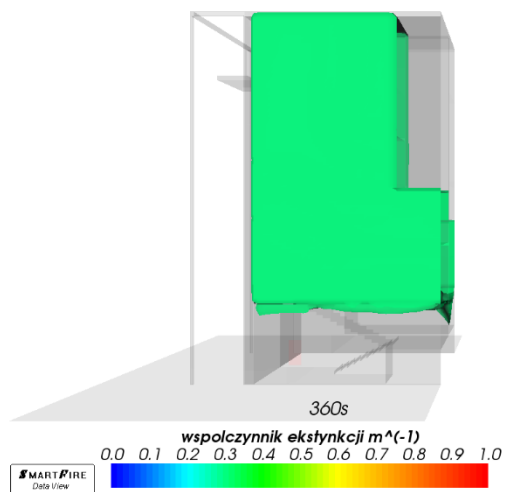
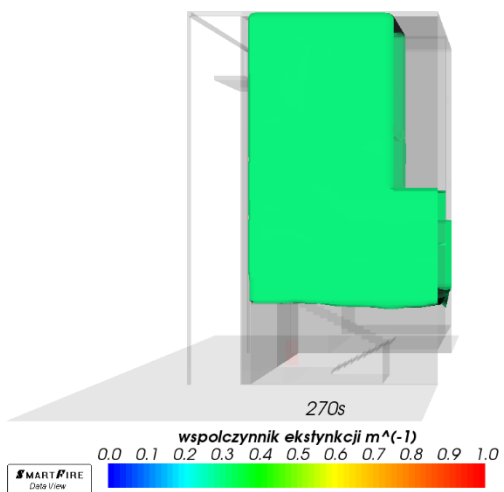
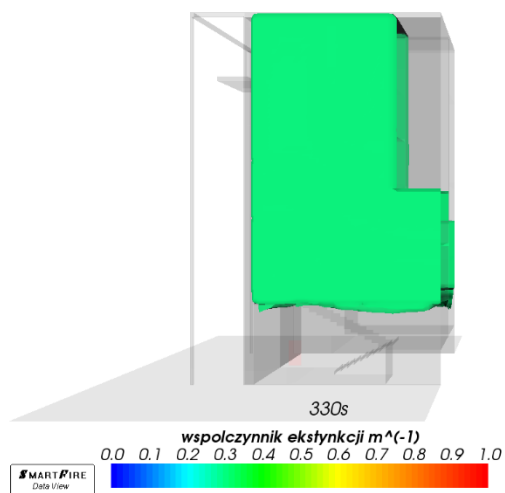
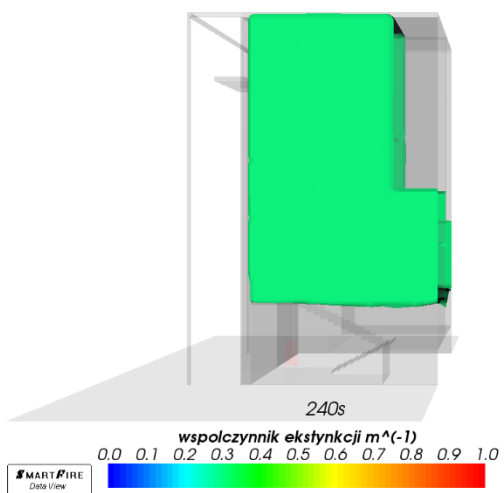
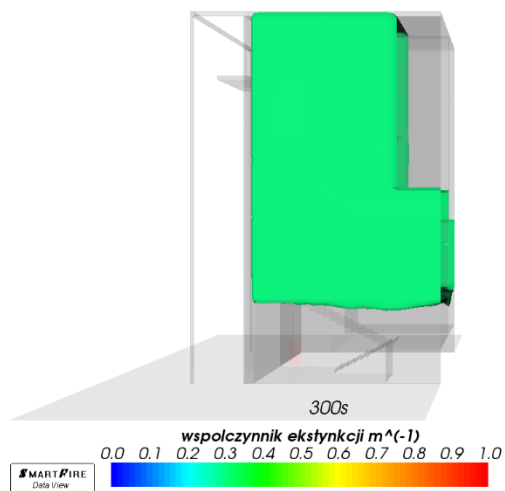
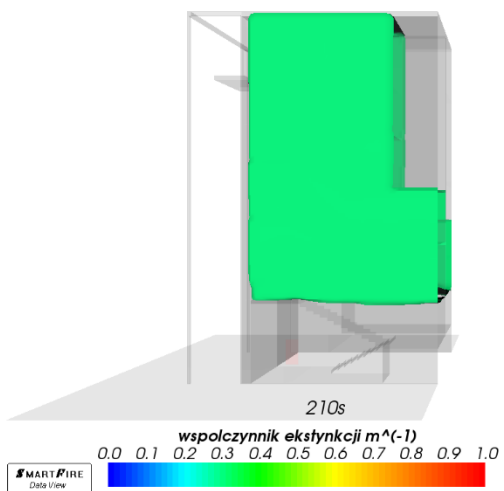


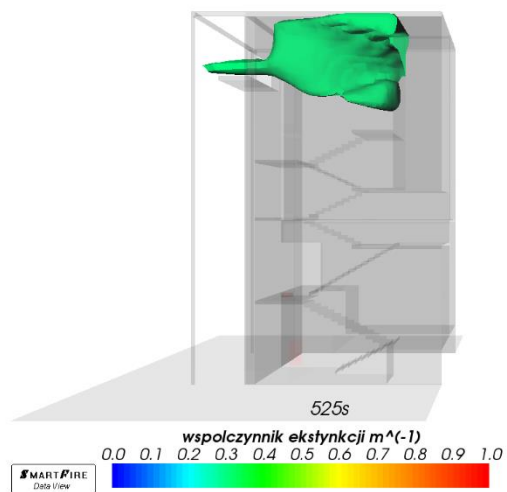
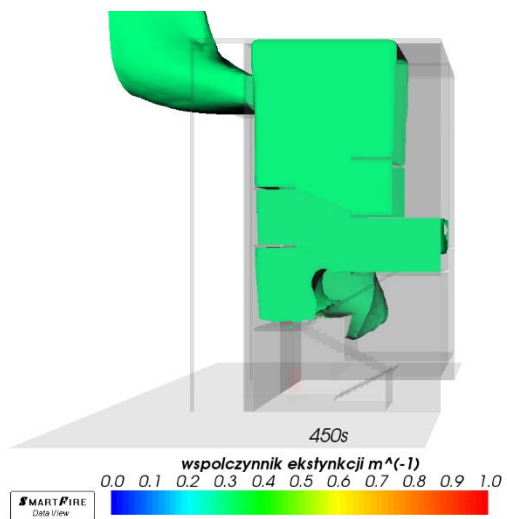
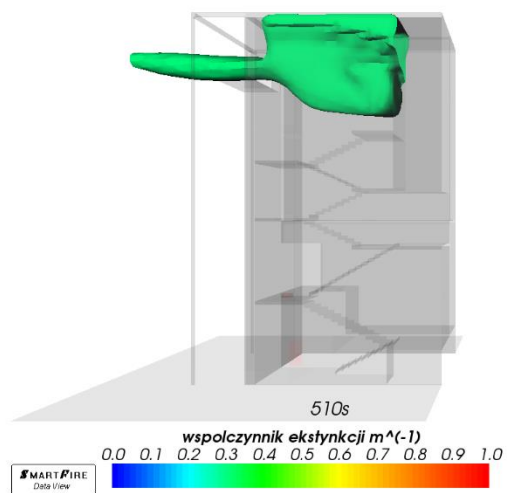
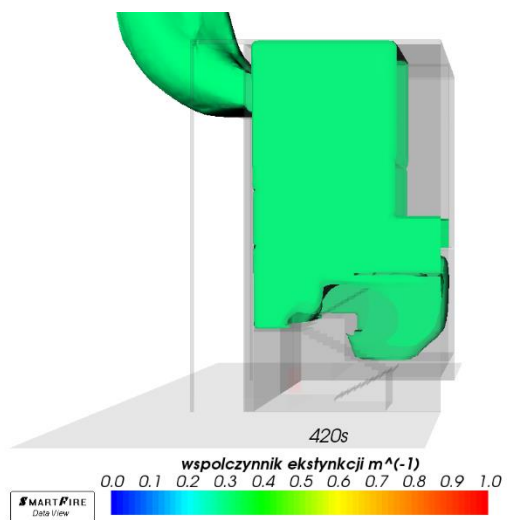
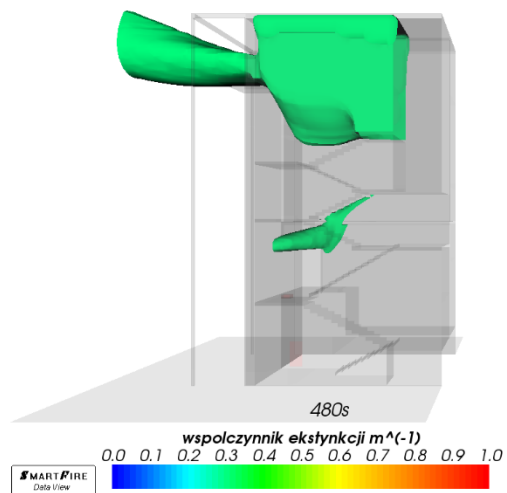
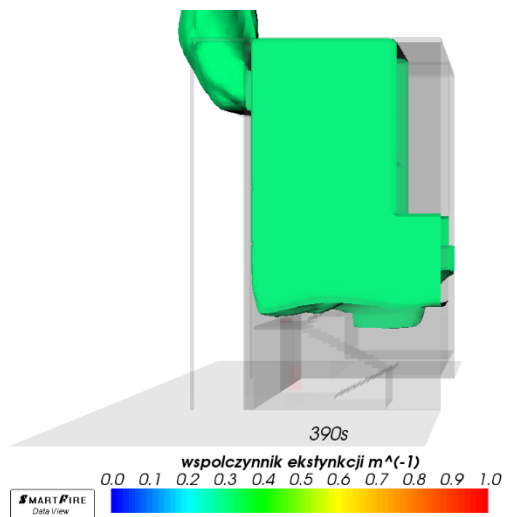


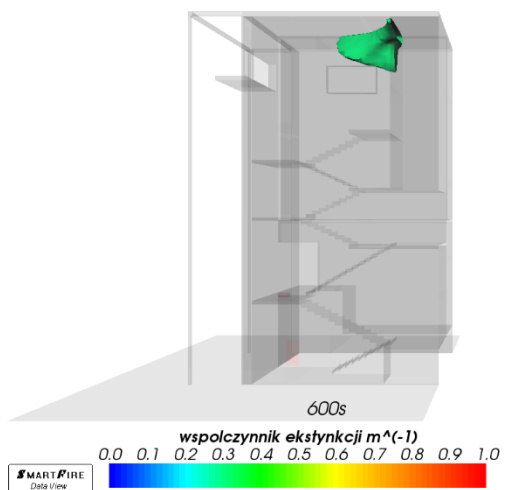
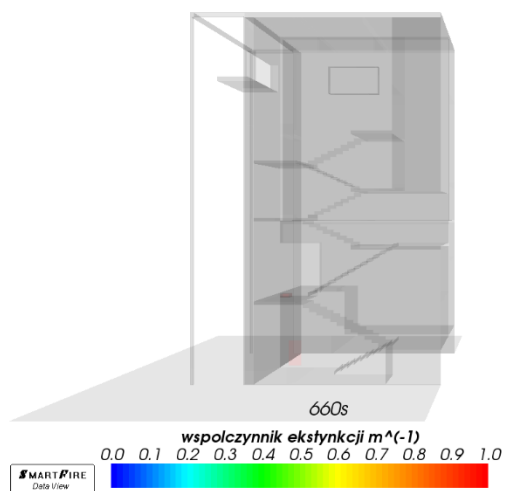
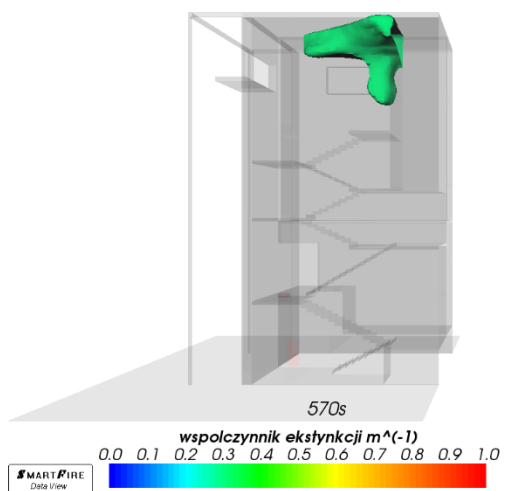
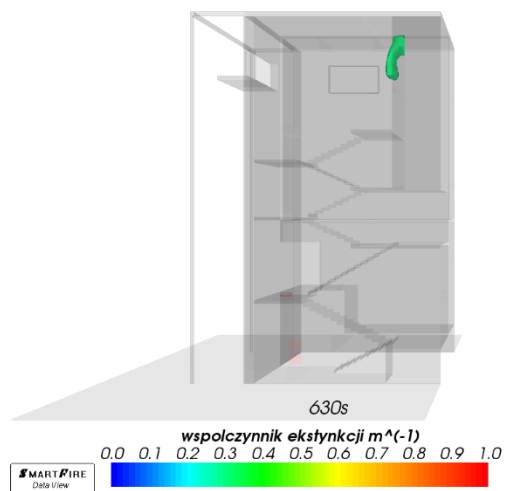
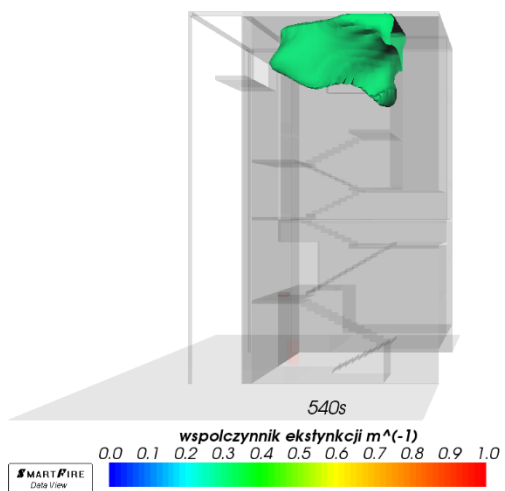


4.2. Współczynnik ekstynkcji światła [m^{-1}] - izopowierzchnia dla wartości $0,3 \text{ m}^{-1}$

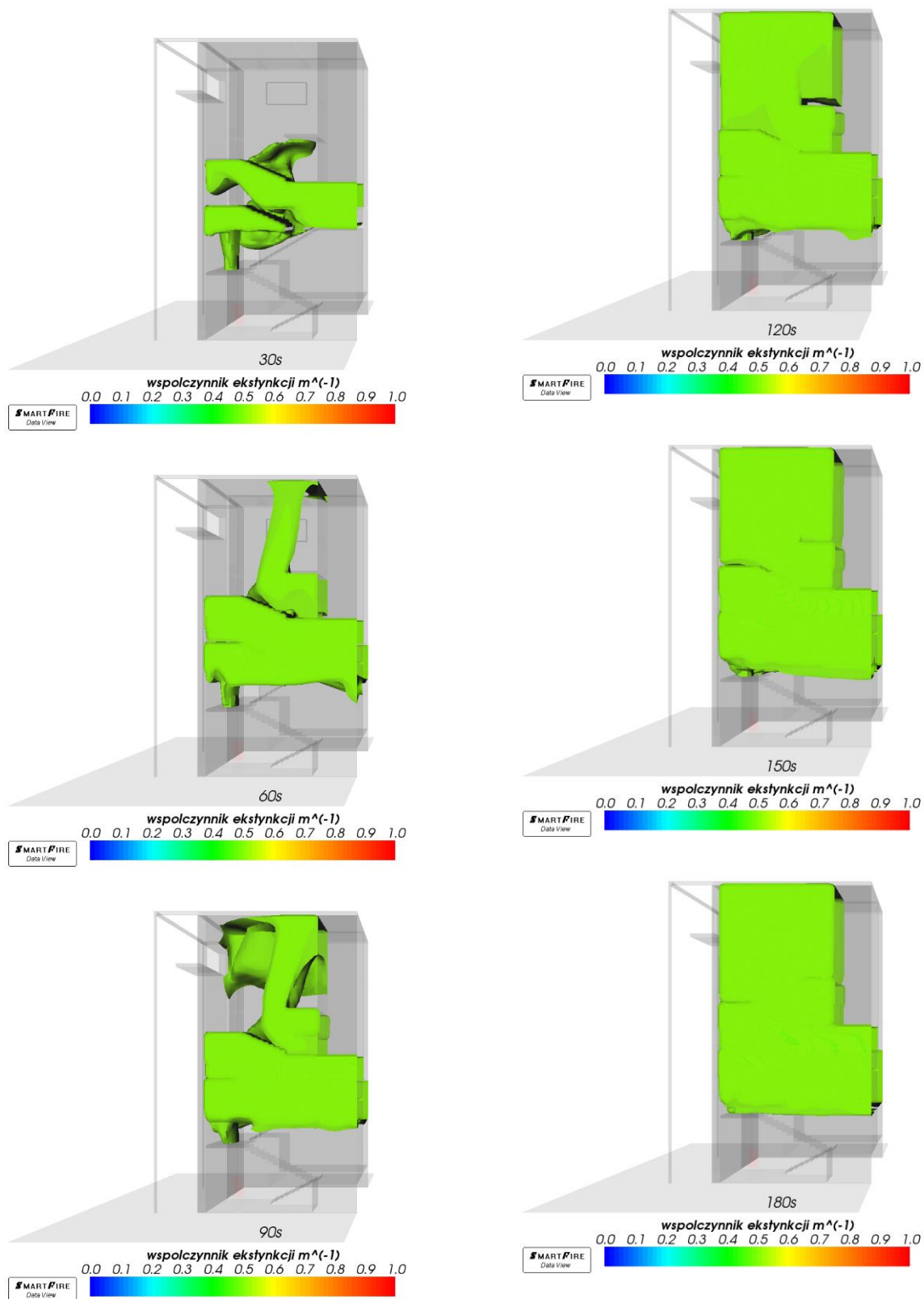


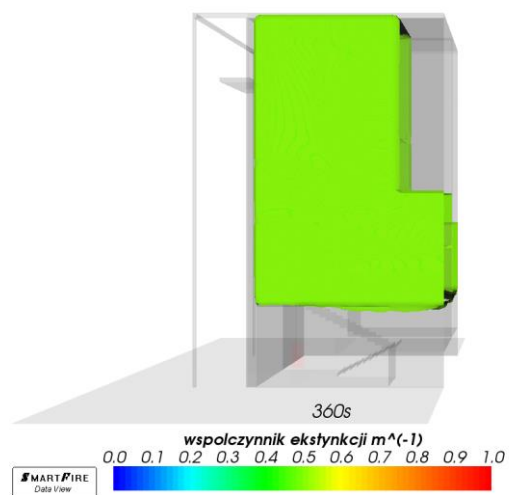
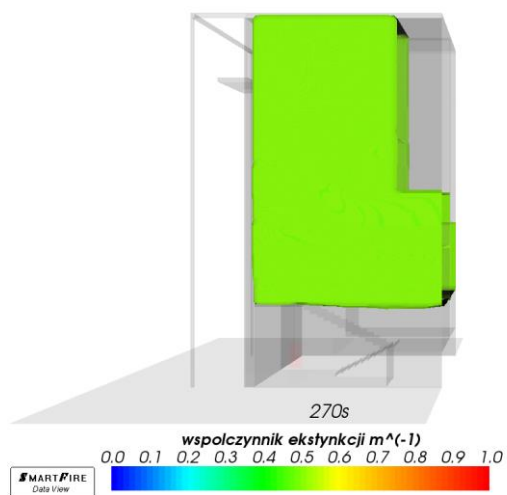
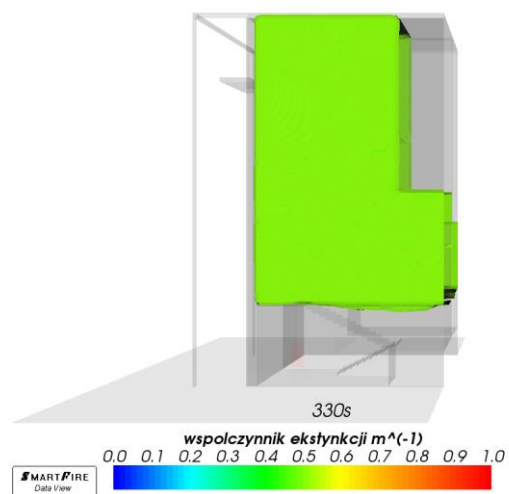
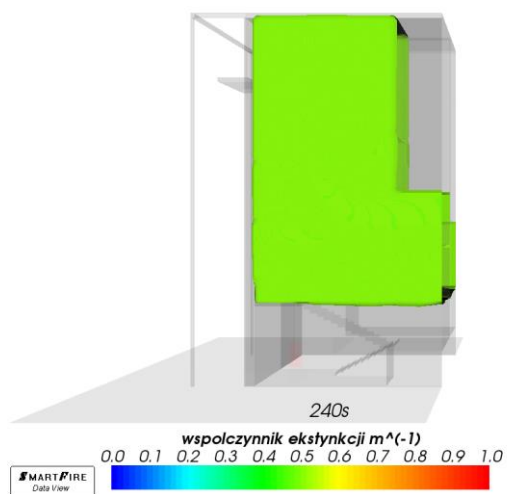
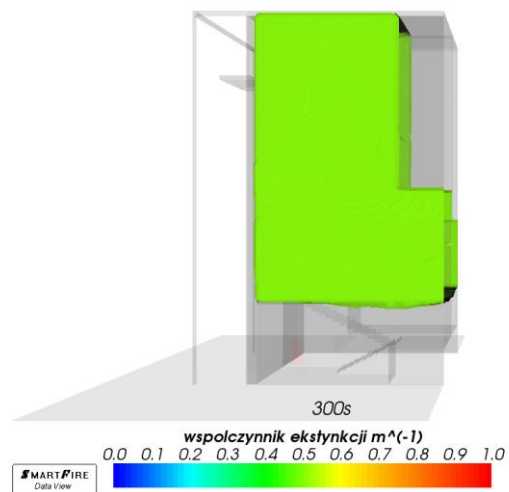
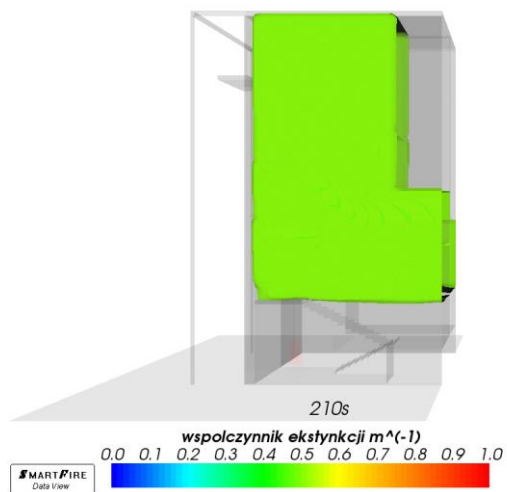


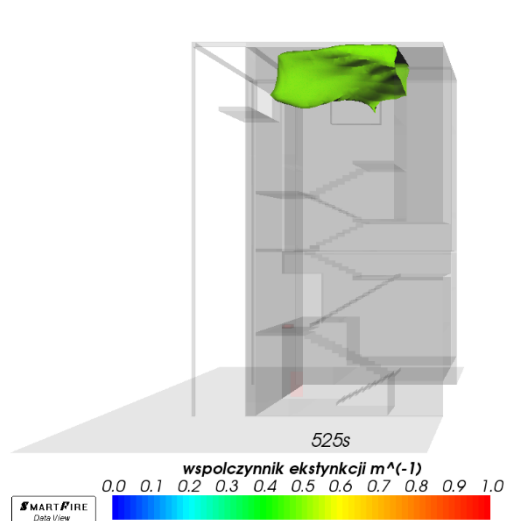
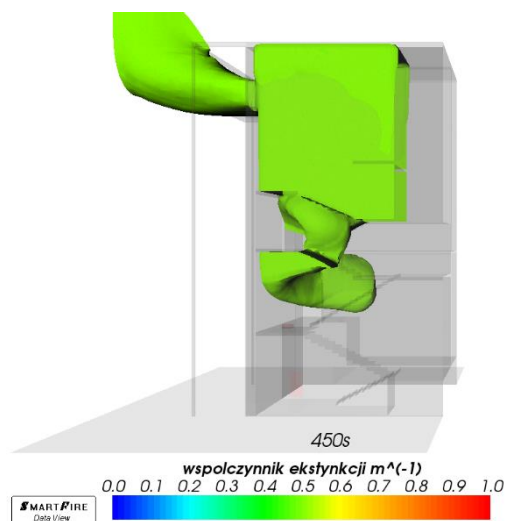
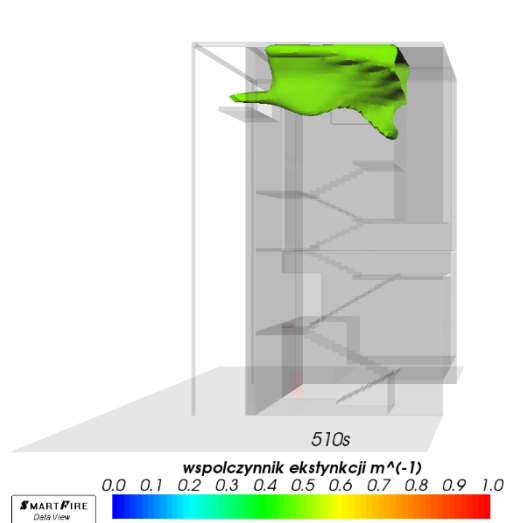
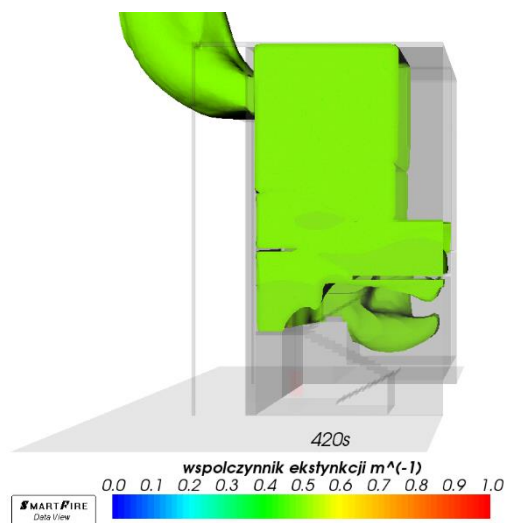
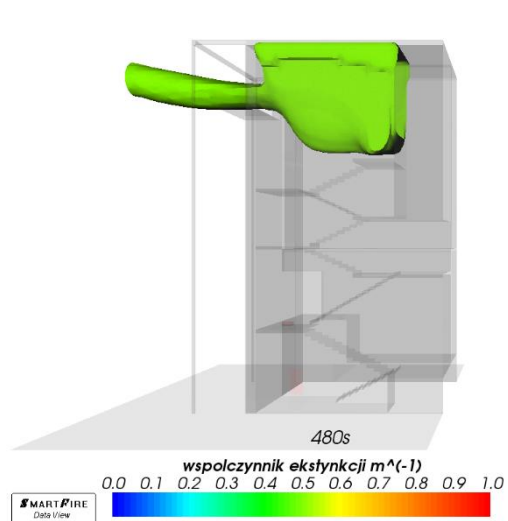
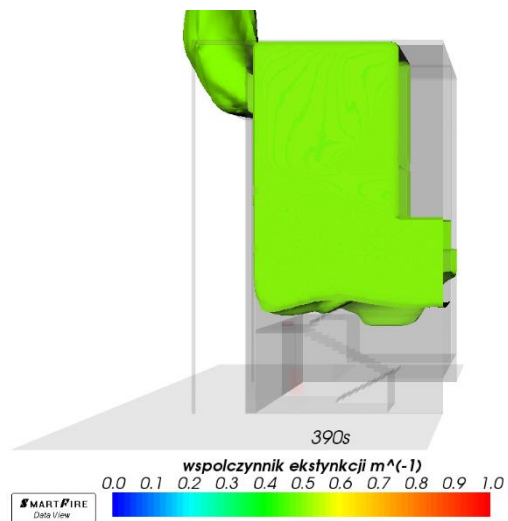


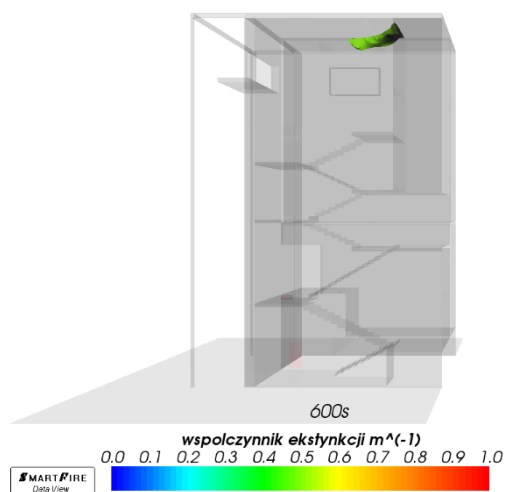
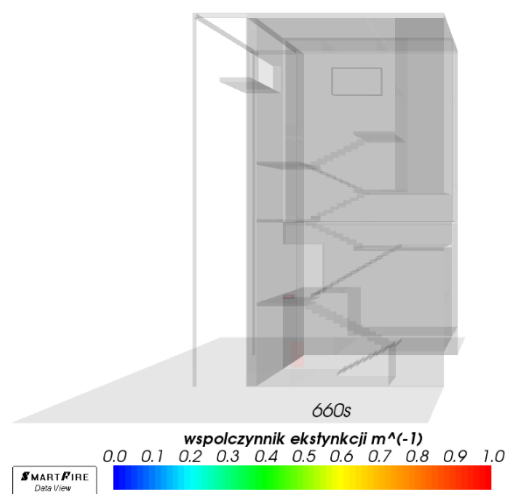
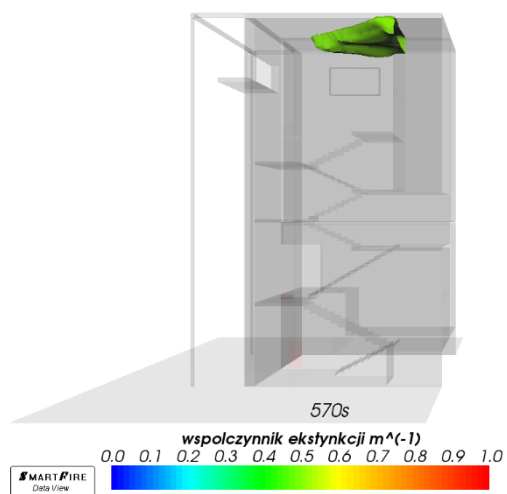
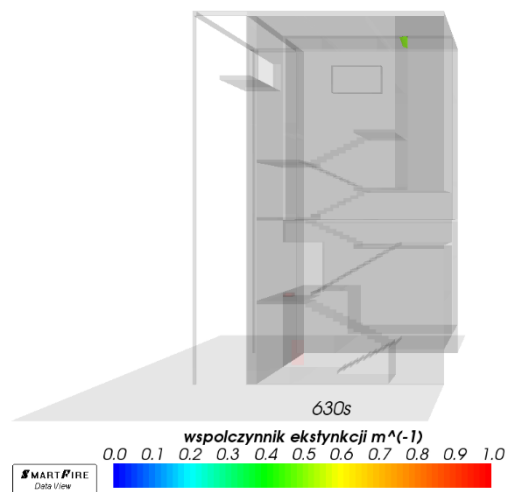
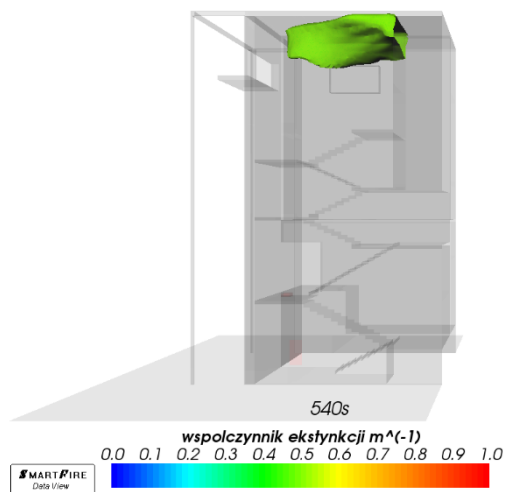


4.3. Współczynnik ekstynkcji światła [m^{-1}] - izopowierzchnia dla wartości $0,5 m^{-1}$

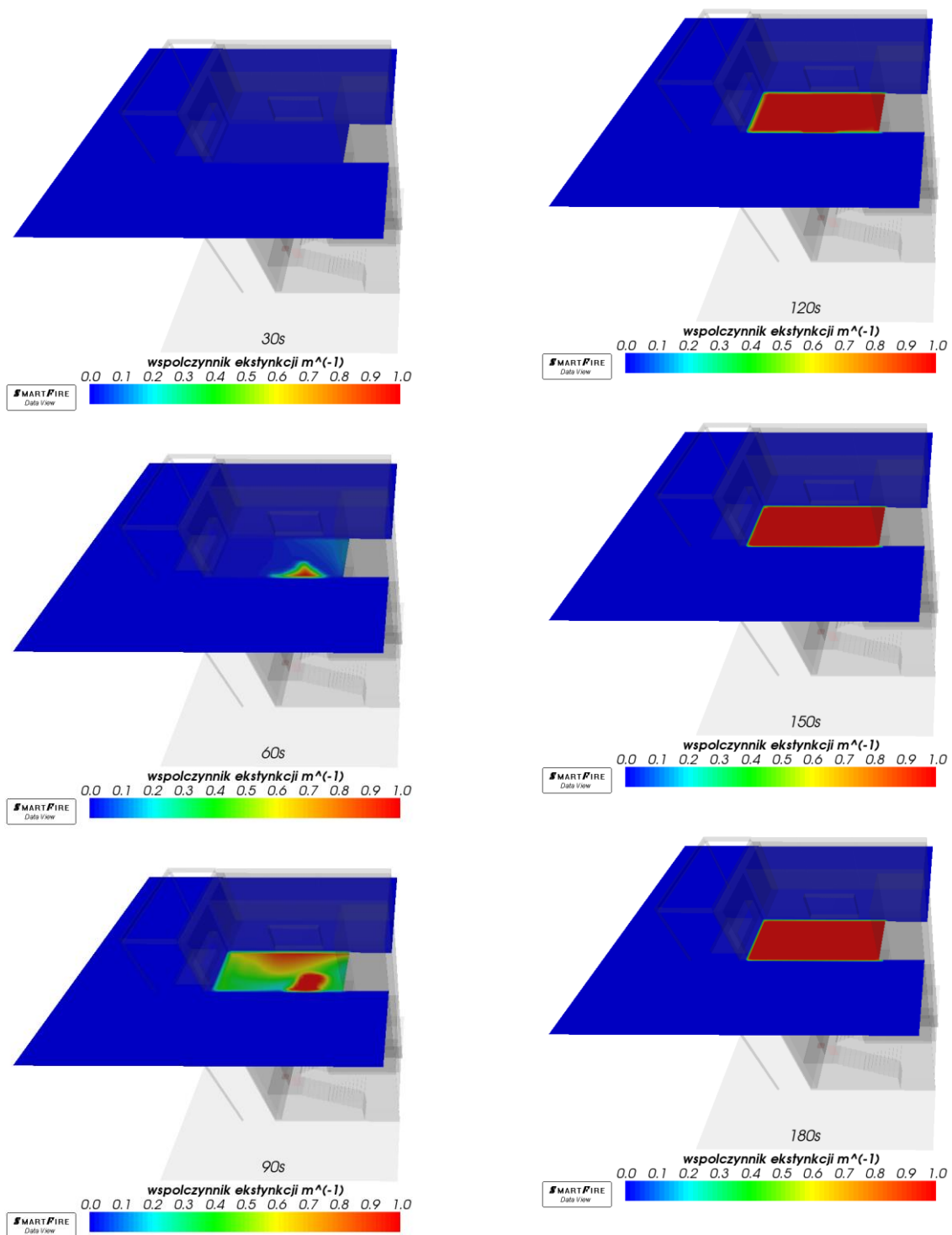


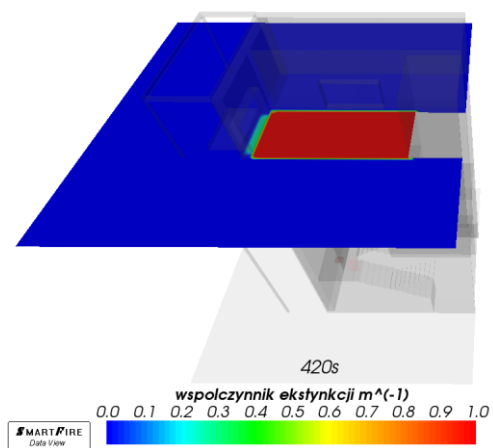
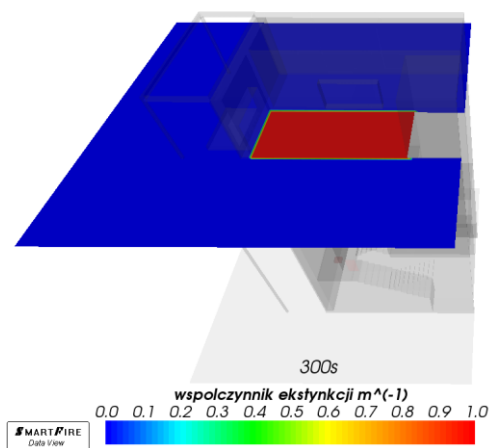
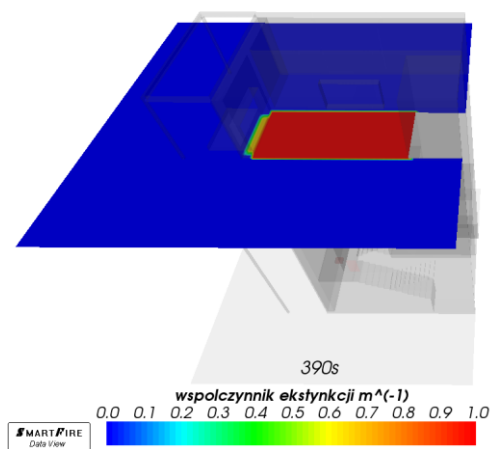
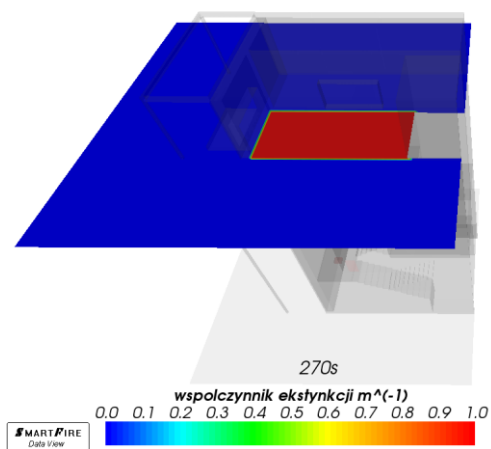
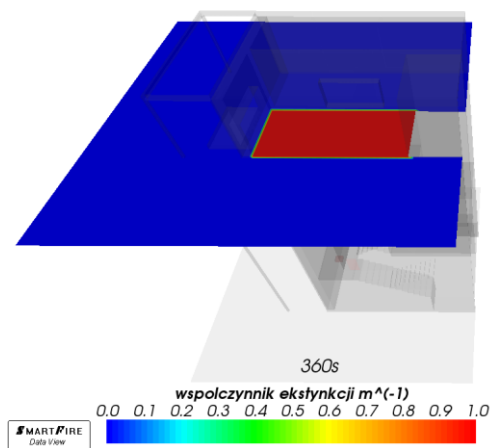
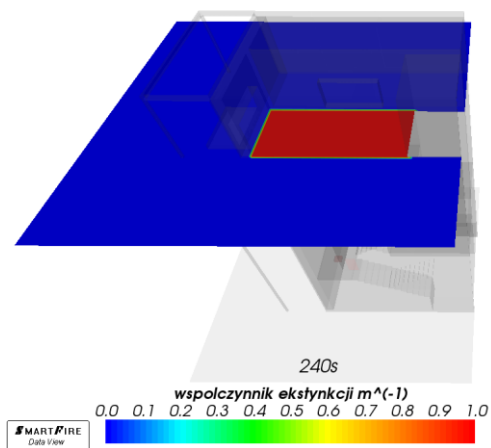
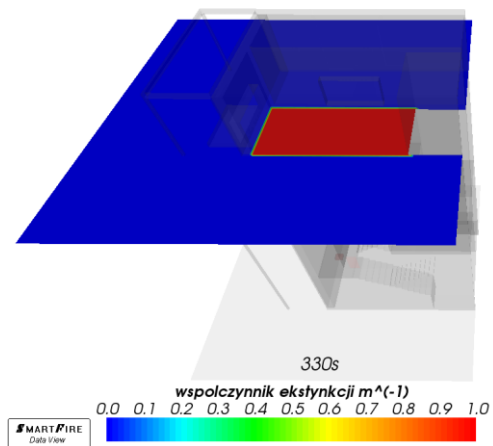
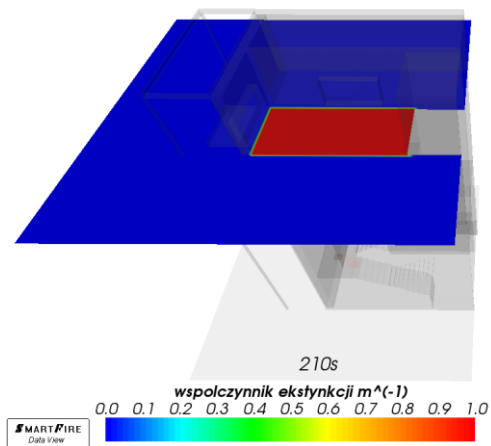


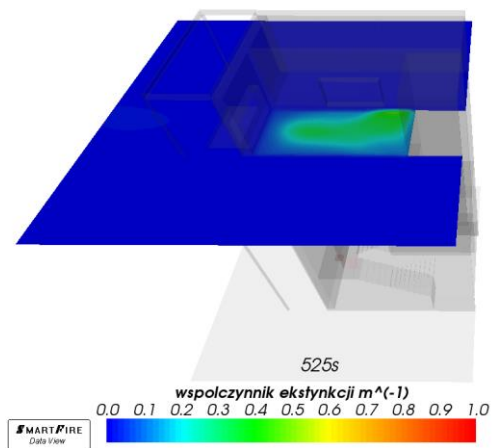
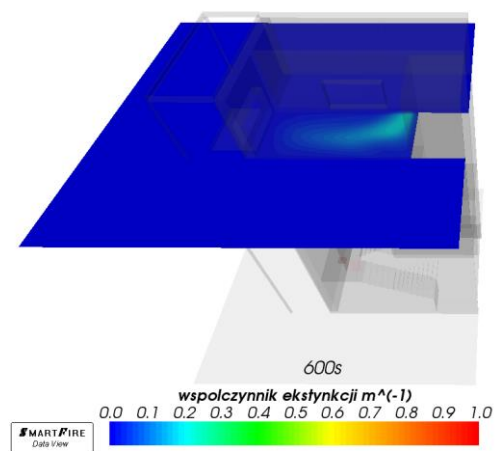
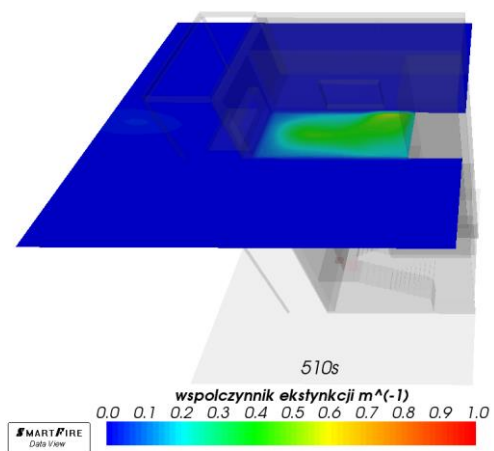
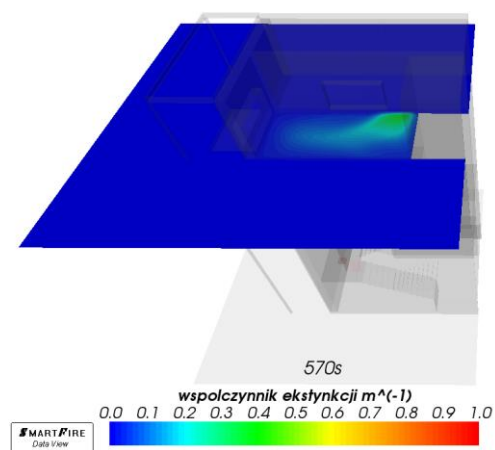
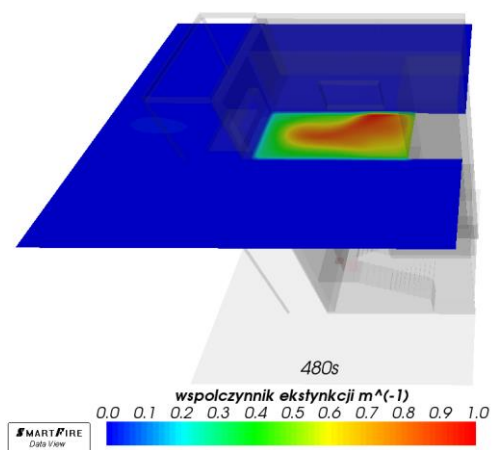
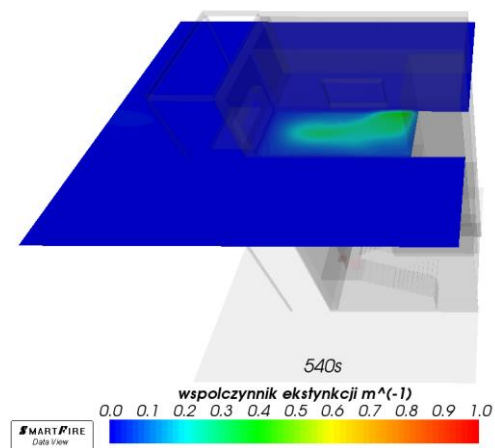
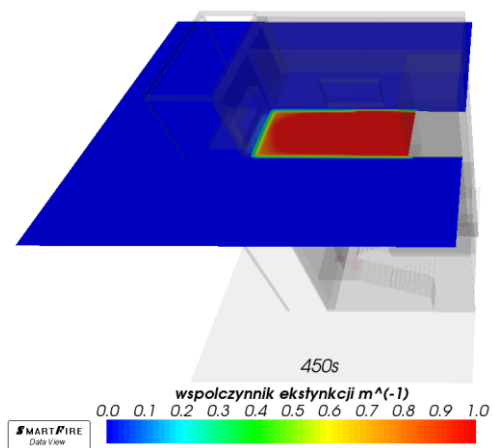


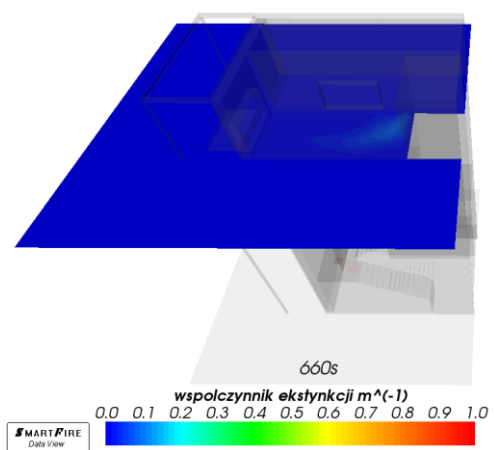
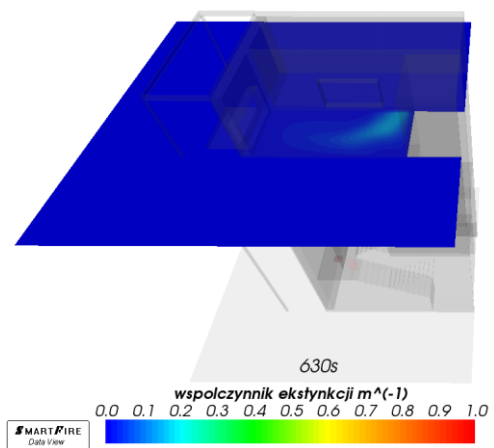


4.4. Współczynnik ekstynkcji światła [m^{-1}] - przekrój poziomy na wysokości 2 m nad poziomem posadzki najwyższej kondygnacji









5. Wnioski i podsumowanie dla symulacji

Analiza wyników symulacji systemu wentylacji oddymiającej analizowanej klatki schodowej pozwala na sformułowanie następujących wniosków:

- Wyniki analizy dla przedmiotowej klatki schodowej wykazały, że system oddymiania z napowietrzaniem o łącznej wydajności 16 000 m³/h zapewnia akceptowalne warunki panujące w klatce schodowej w wymaganym czasie równym 529 sekund (z wyjątkiem lokalnego utrzymywania się dymu pod stropem na poziomie najwyższej kondygnacji);
- Utrzymywanie się dymu pod stropem klatki schodowej (na wysokości 2 m od posadzki najwyższego spocznika) przez czas dłuższy niż 529 sekund od momentu powstania pożaru, wynika z przyjętej geometrii analizowanej przestrzeni klatki schodowej oraz przyjęcia scenariusza z otwarciem jednego okna w mniej korzystnej lokalizacji;
- W związku z utrzymywaniem się zadymienia w klatce schodowej w miejscu istotnym z punktu widzenia ewakuacji, w przypadku sprzyjających warunków pogodowych (brak silnego wiatru) należy przewidzieć jednoczesne otwarcie dwóch okien oddymiających. Zamknięcie jednego z nich dopuszczalne jest wyłącznie w przypadku wzrostu ciśnienia na jednej z elewacji, spowodowanego oddziaływaniem wiatru.

Wykonane symulacje komputerowe systemu oddymiania klatki schodowej w analizowanym budynku, dla przyjętych kryteriów oraz założeń, wykazały konieczność jednoczesnego otwierania dwóch okien oddymiających (w przypadku sprzyjających warunków pogodowych).

6. Literatura

1. Wytyczne CNBOP-PIB W-0003:2016, Wydanie 2, maj 2019
2. NFPA 1 Uniform Fire Code. 2006 Edition. National Fire Protection Association, 2006.
3. SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. Third Edition. Society of Fire Protection Engineers, 2002.
4. Design methodologies for smoke and heat exhaust ventilation. H.P.Morgan, B.K.Ghosh, G.Garrad, R.Pamlitschka, J-C.De Smedt, L.R.Schoonbaert. Building Research Establishment Ltd, 1999.
5. PD 7974 -6: 2004 The application of fire safety engineering principles to fire safety design of buildings. Part6: Human Factors: Life safety strategies – Occupant evacuation, behaviour and condition (SUB-system 6).
6. J. EWER, F. JIA, A. GRANDISON, E. R.GALEA and M.K.PATEL. SMARTFIRE V4.0 Technical Manual, Fire Safety Engineering Group, University of Greenwich, UK, 2004.
7. M. KONECKI, Wpływ szybkości wydzielania ciepła i emisji dymu na rozwój pożaru w układzie pomieszczeń. Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Warszawa 2007.
8. B. Mizieliński, Systemy oddymiania budynków. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1999.
9. NFPA 101. Life Safety Code. 2009 Edition

7. Załączniki

- Załącznik nr 1: Certyfikaty ukończenia kursu w zakresie modelowania pożarów.