



## **ANALIZA NUMERYCZNA ROZWOJU POŻARU I ROZPRZESTRZENIANIA SIĘ DYMU**

**OBIEKT:** PARKING PODZIEMNY  
ETAP III - CZĘŚĆ PARKU CENTRALNEGO  
MIĘDZY ISTNIEJĄCYM PAWILONEM - STREFA C, D

**ADRES :** GDYNIA PRZY SKATEPARKU A UL. ŚWIĘTOJAŃSKĄ

Opracował:  
mgr inż. Arkadiusz Mikulski

Sprawdził:  
mgr inż. Robert Blicharz

KIEROWNIK BUDOWY  
  
Sebastian Michalski

Gdynia, lipiec 2020 r.

"FSC" Sp. z o.o.  
ul. Solna 38C/3  
81-571 Gdynia  
<http://www.fsc.biz.pl/>

NIP 5862243542  
REGON 220859232  
KRS 0000336059

Współwłaściciele:  
Robert Blicharz, tel. 601 639010  
Feliks Mikulski, tel. 502 427002

DOCUMENTACJA  
POWYKONAWCZA

## SPIS TREŚCI

1.	PRZEDMIOT I CEL SYMULACJI .....	3
2.	PODSTAWY FORMALNE OPRACOWANIA MODELU.....	3
3.	MODEL MATEMATYCZNO – FIZYCZNY UŻYTY DO OBLICZEŃ CFD .....	4
4.	CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU .....	4
5.	ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE DANYCH WEJŚCIOWYCH .....	5
6.	ZAŁOŻENIA DO SCENARIUSZA POŻAROWEGO .....	6
6.1.	Przyjęte kryterium akceptowalności .....	6
6.2.	Zainicjowanie pożaru .....	6
6.2.1.	Parametry opisujące rozwój i moc pożaru.....	7
6.2.2.	Materiał palny.....	7
6.3.	Czas detekcji.....	8
6.4.	Czas alarmowania.....	9
6.5.	Czas ewakuacji.....	9
6.5.1.	Czas rozpoznania i reakcji .....	9
6.5.2.	Czas przejścia.....	9
6.6.	Przewidywany czas rozpoczęcia działań ratowniczo - gaśniczych.....	10
6.7.	Koncepcja systemu oddymiania.....	10
6.7.1.	Pożar SP1.....	12
6.7.2.	Pożar SP2 SD1 .....	17
6.7.3.	Pożar SP2 SD2.....	21
6.8.	Margines bezpieczeństwa.....	27
7.	PODSUMOWANIE WYNIKÓW SYMULACJI - WNIOSKI.....	27
8.	ZALECENIA .....	28
9.	SPIS TABEL I RYSUNKÓW.....	29
10.	ZAŁĄCZNIKI .....	29

KIEROWNIK BUDOWY  
  
Sebastian Michalski

DOKUMENTACJA  
POWYKONAWCZA

## 1. PRZEDMIOT I CEL SYMULACJI

Przedmiotem symulacji jest analiza skuteczności systemu samoczynnych urządzeń oddymiających na wypadek pożaru i rozprzestrzeniania się dymu w garażu w inwestycji pt. " BUDOWA PARKU CENTRALNEGO z PARKINGIEM PODZIEMNYM na ok. 270 ( $\pm 5$ ) SAMOCHODÓW w GDYNI. ETAP III - CZĘŚĆ PARKU CENTRALNEGO między istniejącym pawilonem przy skateparku a ul. ŚWIĘTOJAŃSKĄ - strefa C, D".

Zgodnie z § 207. 1. Rozporządzenia [5] Budynek i urządzenia z nim związane powinny być projektowane i wykonane w sposób ograniczający możliwość powstania pożaru, a w razie jego wystąpienia zapewniający:

4) możliwość ewakuacji ludzi lub ich uratowania w inny sposób;

5) uwzględnienie bezpieczeństwa ekip ratowniczych.

§ 270. 1. Instalacja wentylacji oddymiającej powinna:

1) usuwać dym z intensywnością zapewniającą, że w czasie potrzebnym do ewakuacji ludzi na chronionych przejściach i drogach ewakuacyjnych nie wystąpi zadymienie lub temperatura uniemożliwiająca bezpieczną ewakuację;

2) mieć stały dopływ powietrza zewnętrznego uzupełniającego braki tego powietrza w wyniku jego wypływu wraz z dymem.

Celem symulacji jest ocena skuteczności działania systemu oddymiania, zgodnie z Rozporządzeniem [6] z rozumie się tu § 2. ust.1 pkt. 10) ... 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 w czasie potrzebnym na ewakuację WCBE<sup>1</sup> oraz porównanie z Dostępnym Czasem Bezpiecznej Ewakuacji (DCBE<sup>2</sup>).

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.

KIEROWNIK BUDOWY

  
Sebastian Michalski

## 2. PODSTAWY FORMALNE OPRACOWANIA MODELU

Podstawy opracowania stanowią:

1. Zlecenie wykonania analizy,
2. Projekt budowlany architektoniczny przedmiotowego garażu,
3. Koncepcja systemu wentylacji oddymiającej,

DOKUMENTACJA  
POWYKONAWCZA

<sup>1</sup> WCBE (z ang. RSET Required Safe Escape Time), to wyliczony czas dostępny pomiędzy zainicjowaniem pożaru a czasem, w którym użytkownicy, w określonych przestrzeniach w budynku, są w stanie osiągnąć bezpieczne miejsce

<sup>2</sup> DCBE (z ang. ASET - Available Safe Escape Time), to oszacowany czas dostępny pomiędzy zainicjowaniem pożaru a czasem, w którym tolerowane, graniczne kryteria bytowe nie są przekroczone w określonej przestrzeni w budynku.



4. NEN 6098: 2012 Smoke control systems for powered smoke exhaust ventilators in car parks,
5. Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U.2019.0.1065).
6. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. Nr 109, poz. 719)
7. Handbook of building materials of fire protection" Charles A. Harper, 2004,
8. KG PSP, PROCEDURY organizacyjno-techniczne (...), Warszawa 2008 r.
9. Fire Dynamics Simulator Version 5 – Technical Reference Guide, NIST 2009.
10. Fire Dynamics Simulator Version 5 – Users Guide, NIST 2009.
11. PD 7974-6:2004 The application of fire safety engineering principles to fire safety design of buildings – Part 6: Human factors: Life safety strategies – Occupant evacuation, behavior and condition (Sub-system 6),

### **3. MODEL MATEMATYCZNO – FIZYCZNY UŻYTY DO OBLICZEŃ CFD**

Na podstawie projektu z pkt. 2 został wykonany model. Trójwymiarowy model geometryczny obiektu (obszar rozprzestrzeniania się dymu) wykonano w programie PyroSim 2011. Do obliczeń numerycznych wykorzystano program FDS 5.3.3 w którym zaimplementowana została metoda obliczeniowa Large Eddy Simulation (LES), metoda wielkich wirów.

Wszelkie szczegółowe dane dotyczące wykorzystanych w analizach programów znajdują na stronie <https://www.thunderheadeng.com/pyrosim/resources/>

Wizualizacja otrzymanych wyników wykonana została w oprogramowaniu SmokeView. Wyniki symulacji zostały przedstawione za pomocą przekrojów poziomych badanych parametrów pożaru. Przekroje przedstawiają analizowane parametry w odstępach czasowych dla zobrazowania rozwoju warunków jakie mogą panować w analizowanej przestrzeni na wypadek powstania pożaru. Skala barw jest do odczytania z panelu bocznego rysunku, kolorem czarnym zostały zaznaczone parametry krytyczne.

### **4. CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU**

Poniższa charakterystyka obiektu obejmuje opis cech, istotnych dla rozwoju pożaru i rozprzestrzeniania się dymu w symulacji komputerowej. Na podstawie rysunków z pkt. 2 wykonano model geometryczny obiektu. Geometria obiektu uwzględnia parametry techniczne obiektu, istotne z punktu widzenia rozwoju pożaru i rozprzestrzeniania się dymu. Wszystkie założenia początkowe wynikające z projektu architektonicznego w zakresie architektury obiektu, wprowadzone zostały na podstawie informacji przekazanych przez Zlecającego zawarte w niniejszym punkcie.

Garaż przeznaczony jest dla samochodów osobowych. Przedmiotowy garaż zajmuje kondygnację -1, i jest podzielony na dwie strefy pożarowe SP1, SP2. Strefa pożarowa SP2 jest podzielona na dwie strefy dymowe (SD1, SD2) kurtyną o wysokości 2,1 m nad posadzką. Wysokość garażu wynosi 3,0 m. Wysokość garażu w modelu zaokrąglono z uwagi na dopasowanie do sieci obliczeniowej. Lokalizacja elementów systemu znajduje się w części graficznej opracowania. Długość drogi ewakuacyjnej wynosi maksymalnie 60 m.



Garaż wyposażony w:

- Instalację systemu sygnalizacji pożaru,
- Instalacja SSP będzie posiadała syreny alarmowe,
- Użytkownicy zostaną zaalarmowani w przypadku powstania pożaru.

Uwzględniając powyższe zastosowano następujące kategorie:

- Jakość systemu zarządzania bezpieczeństwem (poziomy M1 do M3),
  - o Poziom Zarządzania **M2**: System alarmowy i praca urządzeń oddymiających są automatyczne.
- Złożoność budynku (poziomy B1 do B3),
  - o Poziom budynku **B1** proste powierzchnie jednokondygnacyjne zapewniające łatwą orientację (rozpatruje się tu jedynie ewakuację z garażu - opuszczenia strefy pożarowej).
- Jakość systemu sygnalizacji pożarowej (poziomy A1 do A3),
  - o Poziom **A1** system sygnalizacji pożarowej obejmuje cały garaż, automatyczne wykrycie pożaru i uruchomienie niezbędnych urządzeń w zagrożonej strefie za pomocą sygnałów alarmowych II stopnia, przy czym za alarm drugiego stopnia jest uznawany sygnał alarmowy z dwóch czujek dymu w tej samej strefie detekcji dymu.

## 5. ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE DANYCH WEJŚCIOWYCH

Warunki brzegowe i początkowe w symulacji:

- Temperatura powietrza zewnętrznego i wewnętrznego +20 °C,
- Wilgotność względna powietrza wewnętrznego 40%,
- Ciśnienie atmosferyczne 101 325 Pa,
- Czas symulacji 1320 s., dla 3 samochodów ,
- Granicę siatki obliczeniowej stanowi żelbet tj. ściany zewnętrzne, posadzka, strop,
- Do dyskretyzacji modelu użyto siatki regularnej sześcienniej o długości boku 0,3 m dla geometrii budynku.
- Dobór ten został zweryfikowany poprzez kalkulator doboru sieci dostępny na: <http://www.koverholt.com/fds-mesh-size-calc/>
- Założono sprawność współdziałających instalacji oraz urządzeń ochrony przeciwpożarowej w analizowanej części budynku.

KIEROWNIK BUDOWY  
  
Sebastian Michalski

Tabela 1 Właściwości materiałów budowlanych

Materiał	Gęstość [kg/m <sup>3</sup> ]	Ciepło właściwe [kJ/kgK]	Współczynnik przewodzenia ciepła [W/mK]
Żelbet	2500	0,84	1,70
Mór z betonu	800	0,84	0,35
Szkło	2500	0,84	0,80
Stal	7850	0,44	58

Uproszczenia w modelu:

- Ze względu na dokładność domeny obliczeniowej modelu grubość ścian, wysokość oraz wymiary słupów zostały zaokrąglone do szerokości komórek.

DOKUMENTACJA  
POWYKONAWCZA

- Uproszczenie polega na wyrównaniu przegród budowlanych do równej dla bardziej niekorzystnych warunków, w przypadku nie pokrycia się ścian, okien, drzwi lub innych elementów konstrukcyjnych budynku z siatką programu FDS - został przyjęty bardziej niekorzystny przypadek z uwagi na rozprzestrzenianie się dymu,
- W bilansie powietrza kompensującego nie uwzględniono uzupełnienia:
  - o przez otwarte drzwi podczas ewakuacji,
  - o i innych nieszczelności wpływających na proces napowietrzania.
- Opis elementów systemu wentylacji został dobrany wyłącznie na potrzeby niniejszego opracowania.

## 6. ZAŁOŻENIA DO SCENARIUSZA POŻAROWEGO

### 6.1. Przyjęte kryterium akceptowalności

#### 1. Analiza możliwości ewakuacji.

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 52°C,
- Zakres temperatury dymu na wysokości 2,4 m od podłogi podstawy warstwy dymu. Jako graniczne kryterium przyjęto 180°C,

#### 2. Analiza warunków bezpieczeństwa

W zakresie analiz, mających w celu uwzględnienie bezpieczeństwa ekip ratowniczych w czasie rozpoczęcia działań ratowniczo - gaśniczych w analizowanym obiekcie, wykonane zostały symulacje promieniowania i temperatury:

- Temperatura na poziomie 1,5 m od podłogi zagrażająca bezpieczeństwu ekip ratowniczych - 100°C, w odległości 10 m od źródła pożaru,
- Promieniowanie cieplne zagrażające bezpieczeństwu ekip ratowniczych wynosi 2,0 kW/m<sup>2</sup>, w odległości 10 m od centrum samochodu będącego źródłem pożaru.

#### 3. Temperatura mieszaniny dymu na wysokości wentylatorów nie wyższa niż 400°C (tj. ok. 340 °C) zagrażająca uszkodzeniem konstrukcji urządzeń systemu oddymiania.

Dla zakresu temperatury i promieniowania przyjęto niższe wartości pomiarowe w związku ze średnią niepewnością dla tych parametrów obliczonych od wartości rzeczywistych.

W przypadku niższych wysokości modelu niż wysokość badanych płaszczyzn wynikowych, wyniki zostaną przedstawione na wysokości pod stropem.

### 6.2. Zainicjowanie pożaru

Założono scenariusz w którym dym i wzrost temperatury towarzyszy każdemu pożarowi, uwzględniając gorsze warunki założono detekcję zjawiska pożarowego przez SSP. Na potrzeby przeprowadzenia analiz przyjęto krzywą rozwoju pożaru z normy NEN6098:2012.

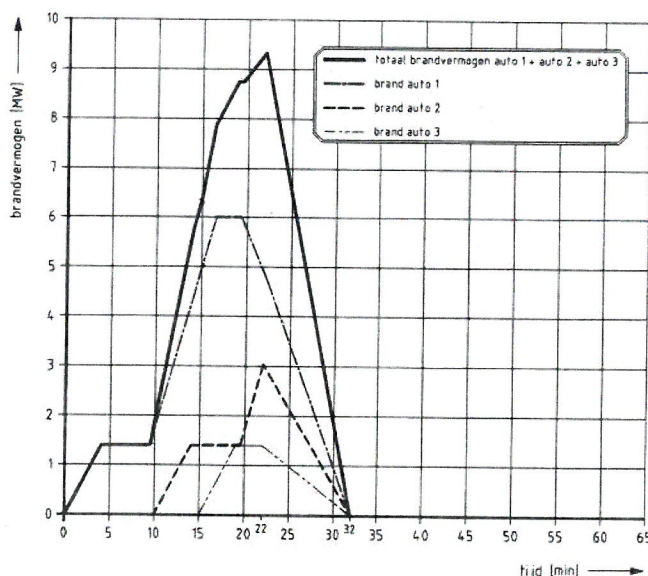
Analiza lokalizacji pożarów wykazała że najniekorzystniejszym miejscem jest środek garażu i/lub w sąsiedztwie powierzchni kompensacji napowietrzania. Lokalizacje pożaru zostały przedstawione przed wynikami symulacji.



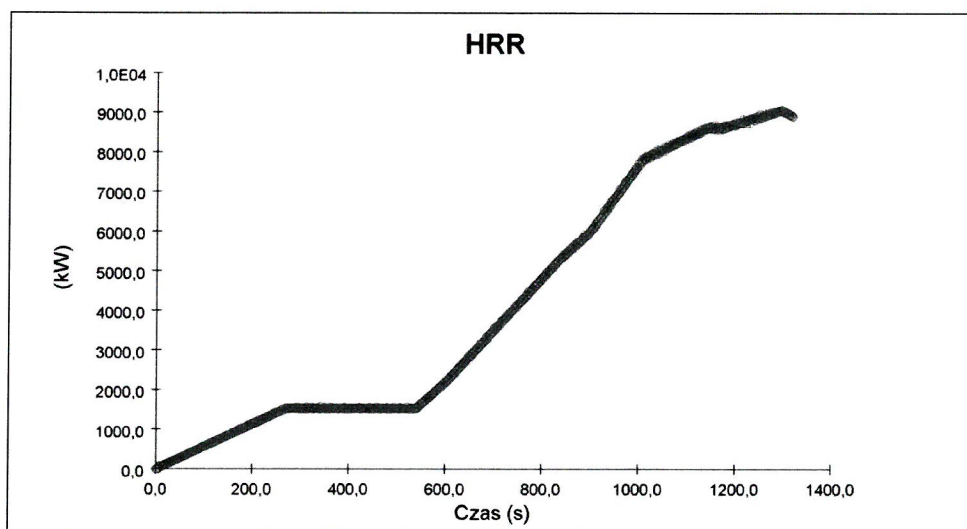
### 6.2.1. Parametry opisujące rozwój i moc pożaru

W garażu założono rozwój pożaru trzech samochodów który przebiega zgodnie z normą NEN 6098:2012. Wykres przedstawiający rozwój i moc pożaru założony i wynikowy przedstawiono poniżej na rysunkach. Maksymalne HRR 9,5 [MW], całkowite ciepło spalania 25000 [kJ/kg].

NEN 6098:2012



Rysunek 1 Wykres mocy powstały ze spalania się 3 samochodów



Rysunek 2 Wykres wynikowy wzrostu mocy pożaru

Na potrzeby wykonywanej analizy zakłada się:

- Możliwość powstania pożaru jedynie na miejscach postojowych.
- Możliwość powstania tylko jednego pożaru na raz.
- Brak instalacji tryskaczowej.

DOKUMENTACJA  
POWYKONAWCZA

### 6.2.2. Materiał palny

Główne materiały palne z pewnym prawdopodobieństwem odzwierciedlają możliwe warunki pożarowe. Palne materiały to tworzywa sztuczne np. zderzaki – PP, siedzenia – pianka poliuretanowa, uszczelki i



listwy ochronne – PVC-m, większość materiałów sztywnych w desce rozdzielczej i elementach wykończeniowych – PP, PC i PCoxidant.

Wypadkowa produkcja dymu jest założoną wartością pośrednią  $Y_{dym} = 0,11$  g/g, materiałów palnych podanych normie [4].

Z uwagi na określone parametry ciepła spalania  $Q_{sp}$  i dymotwórczości w normie [4] w tabeli 2 zestawiono przykładowe materiały i ich parametry wpływające na właściwości.

Tabela 2 Parametry materiałów palnych dla założonego pożaru

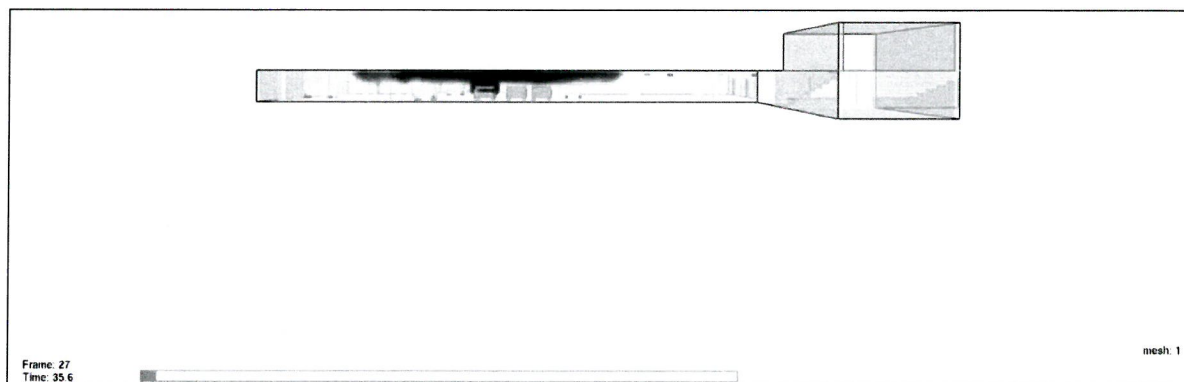
MATERIAŁY	Wzór chemiczny	Ciepło spalania (kJ/kg)	$Y_{CO}$ (kg/kg)	$Y_{dym}$ (kg/kg)
Bawełna / poliester	-	-	0,070	0,091
Sztuczny jedwab	-	21,5	0,043	-
Polietylen, PE	$(C_2H_4)_n$	36,8	0,027	0,077
Drewno	$CH_{1,7}O_{0,73}$	12,6	0,004	0,015
Pleksa PMMA	$CH_{1,6}O_{0,40}$	24,2	0,009	0,028
Poliuretan (gąbka)	$(C_{6,3}H_{7,1}NO_{2,1})$	23,2	-	0,128
PVC	$(CH_{1,5}CL_{0,50})$	-	-	0,099
Polipropylen PP	$(C_3H_6)_n$	37,0	0,025	0,072

### 6.3. Czas detekcji

Pożar rozwijający się przez dym i temperaturę będzie wykryty przez system sygnalizacji pożaru i potwierdzony przez drugą czujkę dymu lub przez osoby znajdujące się w budynku. Uwzględniając gorsze warunki założono aktywację alarmu II stopnia przez system sygnalizacji pożaru.

W symulacjach czas wypełnienia dymem przestani pod stropem na odległości dwóch czujek dymu zawiera się w przedziale czasu do 35 s. w zależności od występujących przeszkód. Założono potwierdzony czas detekcji który wynosi  $D_{td} = 35s$ .

Czas ten został wyznaczony na podstawie odrębnych symulacji.



DOKUMENTACJA  
POWYKONAWCZA

## 6.4. Czas alarmowania

W przypadku automatycznej detekcji zjawiska pożarowego (po koincydencji 2 czujek pożarowych), uruchomiony zostanie alarm za pomocą SSP z sygnałem o ewakuacji. Przekazanie sygnału o wystąpieniu zagrożenia odbywa się w sposób automatyczny.

Założono czas alarmowania który wynosi  $Dt_a = 0s$ .

## 6.5. Czas ewakuacji

### 6.5.1. Czas rozpoznania i reakcji

Analizę przewidywanego czasu rozpoznania i reakcji osób wykonano w oparciu o normę [PD 7974-6:2004]. Czas poprzedzający decyzję o ewakuacji jest różny dla każdego użytkownika obiektu oraz określonej sytuacji i w związku z tym określony jest w postaci rozkładu statystycznego w którym najbardziej istotnym jest moment rozpoczęcia ruchu przez pierwszych użytkowników ( $Dt_{pre1\%}$ ) oraz rozciągnięcie w czasie rozpoczęcia ruchu przez pozostałych użytkowników ( $Dt_{pre99\%}$ ).

Projektowy scenariusz zachowań i rodzaj użytkowników określono jako:

- osoby czuwające i niezaznajomione z obiektem.

Dla kategorii (**A1, B1, M2**) czas do rozpoczęcia ewakuacji, tj. przedział czasu od momentu, w którym zostało przekazane ostrzeżenie o zagrożeniu do momentu, w którym pierwsza osoba przebywająca w obiekcie rozpoczęła ewakuację, wynosi **1 min**, a do momentu, w którym 99% osób przebywających w obiekcie rozpocznie ewakuację wynosi – **3 min**.

### 6.5.2. Czas przejścia

Wymagany czas bezpiecznej ewakuacji (WCBE) do miejsc bezpiecznych przedstawiono poniżej.

gdzie:

$t_d$  – czas detekcji pożaru,

$t_a$  – czas zaalarmowania,

$t_{rozp}$  – czas rozpoznania sytuacji,

$t_{reak}$  – czas reakcji na zdarzenie,

$t_p$  – czas przemieszczania się,

$$WCBE = t_d + t_a + t_{rozp} + t_{reak} + t_p$$

$t_d$  35 s - czas uruchomienia alarmu II stopnia,

$t_a$  0s. - pożar wykryty przez SSP,

60 s - czas reakcji 1% osób,

120 s - czas reakcji 99% osób,

1,2 m/s - prędkość uciekających osób:

50 s - czas potrzebny na pokonanie dystansu 60 m

Stąd najmniej korzystny czas ewakuacji wynosi:

$$t_{p1\%} \quad \Sigma T_{e1\%} = 35 + 60 + 50 = 145 \text{ s, tj. 2 minuty i 25s.}$$

$$t_{p99\%} \quad \Sigma T_{e1\%} = 35 + 180 + 50 = 265 \text{ s, tj. 4 minuty i 25s.}$$

KIEROWNIK BUDOWY  
  
Sebastian Michalski

DOKUMENTACJA  
POWYKONAWCZA

## 6.6. Przewidywany czas rozpoczęcia działań ratowniczo - gaśniczych

Analiza czasu do podjęcia działań przez Państwową Straż Pożarną w przypadku pożaru ma na celu określenie wymaganego czasu analizy.

Na potrzeby określenia czasu od momentu powstania pożaru do momentu odpowiadającego podjęciu działań przez straż pożarną przyjęto następujące założenia:

1. **Czas detekcji** - czas do alarmu II stopnia w wyniku koincydencji zadziałania co najmniej dwóch czujek – **do 35s**. (W przypadku pożaru rozwijającego się wolniej niż przyjęto w niniejszym opracowaniu czas do alarmu II stopnia może zostać aktywowany w późniejszym czasie. Wolniejszy rozwój pożaru powoduje jednak mniejsze zagrożenie dla ewakuacji oraz ekip ratowniczych).
2. **Czas alarmowania** – czas potrzebny do przekazania sygnału o zagrożeniu oraz czas potrzebny na zadysponowanie jednostek straży pożarnej – **do 60 s.**;
3. **Czas wyjazdu** pierwszej jednostki straży pożarnej – czas od momentu dyspozycji do momentu wyjazdu do pożaru w nocy – **do 120 s.**;
4. **Czas dojazdu** – czas potrzebny na dojazd jednostek straży pożarnej do analizowanego budynku **180 sekundy**. (JRG Władysława IV 12/14, 81-355 Gdynia w odległości ok 2,1 km.)
5. **Czas rozpoznania** i przygotowania linii gaśniczych – **do 180 s.**;
6. **Czas rozpoczęcia działań** - dotarcia straży pożarnej do strefy pożarowej garażu w której wykryty został pożar – **do 180 s.**;

Łączny czas od momentu powstania pożaru (czas  $t=0s$ . w analizie) do dotarcia straży pożarnej do strefy pożarowej garażu w której wykryty został pożar wynosi około 764 sekund. W związku z powyższym założono, że po 12-13 minutach ekipy ratownicze prawdopodobnie powinny rozpocząć działania gaśnicze.

## 6.7. Koncepcja systemu oddymiania

Dym i gorące gazy pożarowe są usuwane poprzez system mechanicznej wentylacji oddymiającej. Wywiew będzie realizowany ze strefy pożarowej, w której nastąpiła detekcja dymu przez system sygnalizacji pożarowej. Poniżej przedstawiono parametry elementów systemu oddymiania.

Tabela 3 Zestawienie parametrów powietrza kompensującego

Lokalizacja	szt.	Sumaryczna powierzchnia* [m <sup>2</sup> ]
N1- SP 1 - brama	1	14,4
N2- SP2	1	2,2

\*Powierzchnia otworów powietrza kompensacyjnego netto została dobrana z uwzględnieniem projektowanej infrastruktury, a podane wymiary geometryczne w tabeli powyżej z uwagi na dopasowanie otworów do siatki obliczeniowej zaokrąglano zawsze do uzyskania sumarycznej powierzchni.

Tabela 4 Zestawienie wydatków powietrza kompensującego

Lokalizacja	Sumaryczny wydatek [m <sup>3</sup> /s]	Sumaryczny wydatek [m <sup>3</sup> /h]
SP2 - SD1	25	90 000
SP2 - SD2	25	90 000

KIEROWNIK BUDOWY  
  
Sebastian Michalski

DOKUMENTACJA  
POWYKONAWCZA



Tabela 5 Zestawienie wydatków wentylacji oddymiającej

Lokalizacja	Sumaryczny wydatek [m <sup>3</sup> /s]	Sumaryczny wydatek [m <sup>3</sup> /h]
SP1	33,33	120 000
SP2 - SD1	33,33	120 000
SP2 SD2	33,33	120 000

Pożar w strefie SP1 garażu - uruchomiono:

- Nawiew kompensacyjny SP1
- Wywiew mechaniczny SP1
- Zamknięcie bramy przeciwpożarowej.

Pożar w strefie SP2 SD1 garażu - uruchomiono:

- Nawiew kompensacyjny SD1 - N2 oraz SD2
- Wywiew mechaniczny SP1
- Zamknięcie bramy przeciwpożarowej.

Pożar w strefie SP2 SD2 garażu - uruchomiono:

- Nawiew kompensacyjny SD1 - N2 oraz SD1
- Wywiew mechaniczny SP2
- Zamknięcie bramy przeciwpożarowej.

Na szachtach wentylacyjnych przeznaczonych do systemu oddymiania założono że klapy, które nie biorą udziału w oddymianiu, są na granicach stref zamknięte.

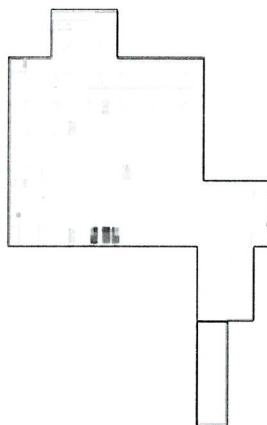
KIEROWNIK BUDOWY  
  
 Sebastian Michalski

DOKUMENTACJA  
 POWYKONAWCZA

### 6.7.1. Pożar SP1

Kolorem czerwonym zaznaczono usytuowanie pożaru w scenariuszu

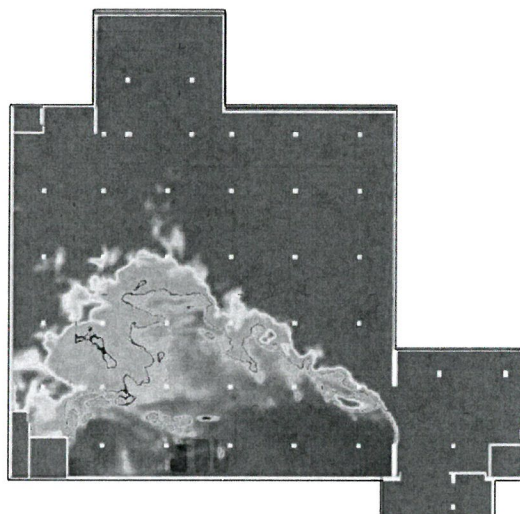
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



mesh 1

Wizualny rozkład zadymiania na wysokości 1,8 m nad posadzką

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Scale  
VIS\_Soo  
m

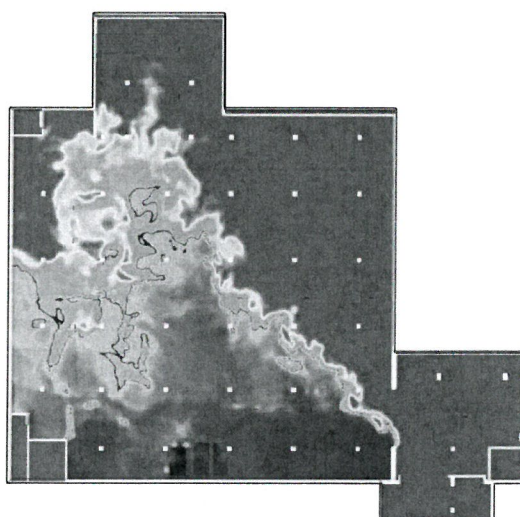
30.0  
27.0  
24.0  
21.0  
18.0  
15.0  
12.0  
10.00  
9.00  
6.00  
3.00  
0.00

mesh 1

Frame: 137  
Time: 180.0

T=180s.

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Scale  
VIS\_Soo  
m

30.0  
27.0  
24.0  
21.0  
18.0  
15.0  
12.0  
10.00  
9.00  
6.00  
3.00  
0.00

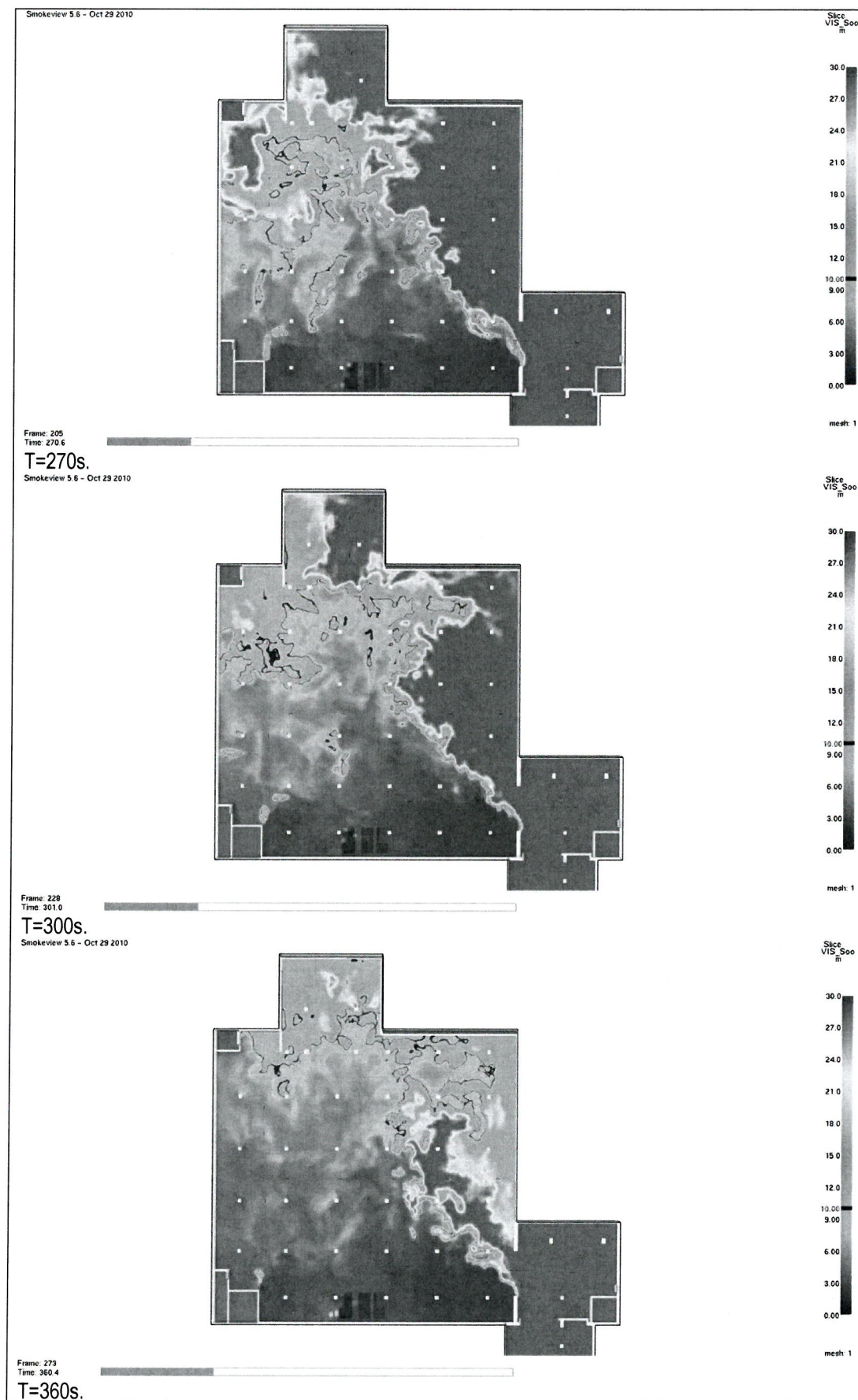
mesh 1

Frame: 182  
Time: 240.2

T=240s.

KIEROWNIK BUDOWY  
*SM*  
Sebastian Michalski

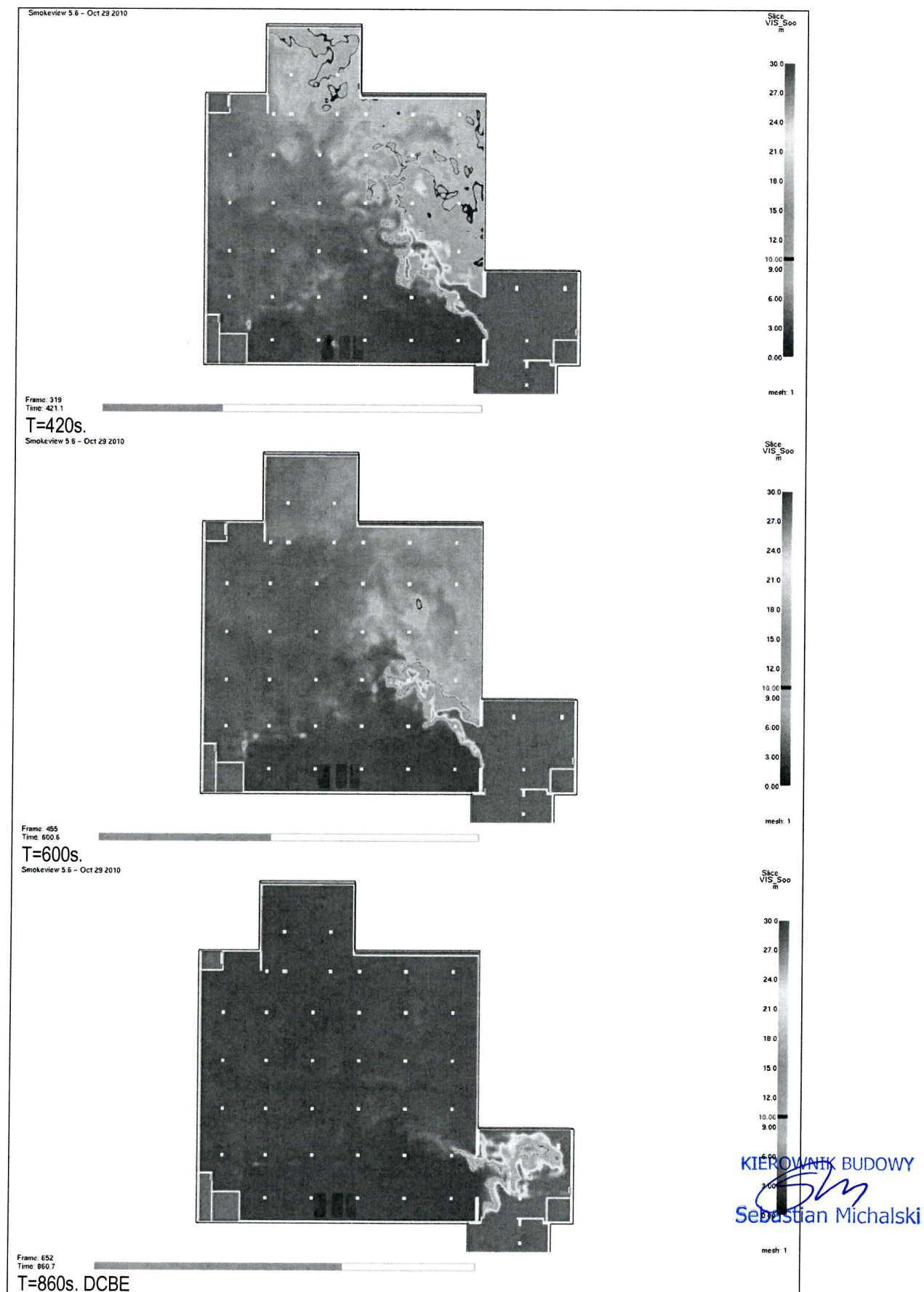
DOKUMENTACJA  
POWYKONAWCZA



KIEROWNIK BUDOWY  
*Sm*  
Sebastian Michalski

DOKUMENTACJA  
POWYKONAWCZA





DOKUMENTACJA  
POWYKONAWCZA

# Wizualny rozkład temperatury na wysokości 1,8 m nad posadzą

Smokeyview 5.5 - Oct 29 2010



Frame: 228  
Time: 301.0

T=300s.

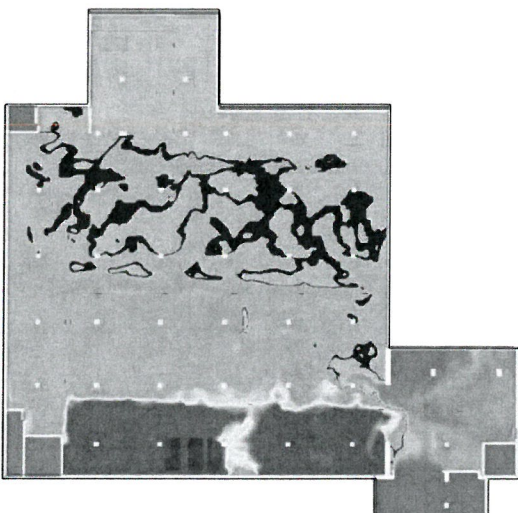
Smokeyview 5.5 - Oct 29 2010



Frame: 455  
Time: 600.6

T=600s.

Smokeyview 5.5 - Oct 29 2010



Frame: 1000  
Time: 1320.0

T=1320s.

Slice  
temp  
C

156  
140  
125  
109  
93.6  
78.0  
62.4  
52.0  
46.8  
31.2  
15.6  
0.00

mesh: 1

Slice  
temp  
C

156  
140  
125  
109  
93.6  
78.0  
62.4  
52.0  
46.8  
31.2  
15.6  
0.00

mesh: 1

Slice  
temp  
C

156  
140  
125  
109  
93.6  
78.0  
62.4  
52.0  
46.8  
31.2  
15.6  
0.00

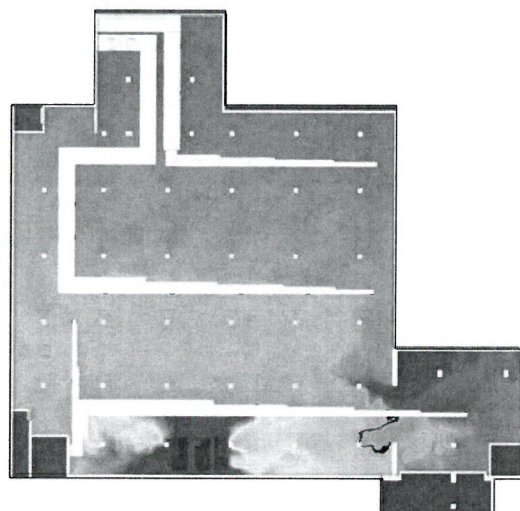
mesh: 1

KIEROWNIK BUDOWY  
Sebastian Michalski

DOKUMENTACJA  
POWYKONAWCZA

T=1320s. Wizualny rozkład temperatury na wysokości 2,4 m nad posadzką

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Scale  
temp  
C

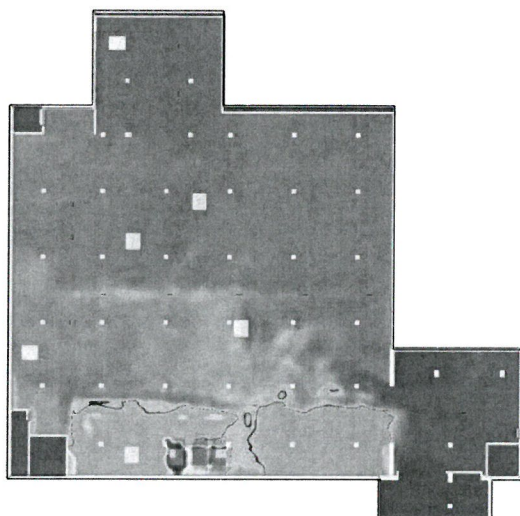
316  
264  
253  
221  
190  
180  
158  
126  
94.8  
63.2  
31.6  
0.00

mesh: 1

Frame: 1000  
Time: 1320.0

T=1320s. Wizualny rozkład temperatury na wysokości 1,5 m nad posadzką

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Scale  
temp  
C

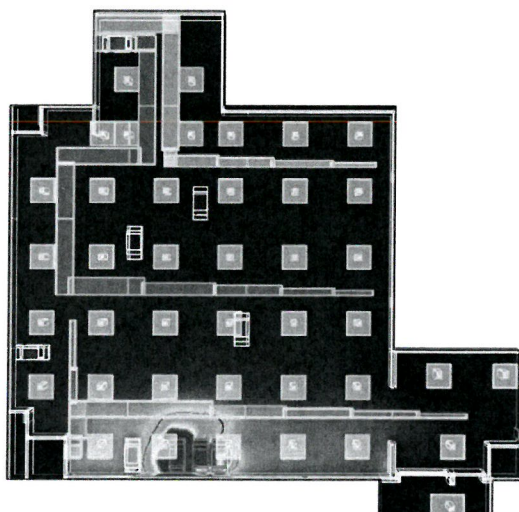
316  
264  
253  
221  
190  
180  
158  
126  
94.8  
63.2  
31.6  
0.00

mesh: 1

Frame: 1000  
Time: 1320.0

T=1320s. Wizualny rozkład zakresu promieniowania

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Brdy  
rad  
kW/m2

6.00  
5.40  
4.80  
4.20  
3.60  
3.00  
2.40  
2.00  
1.80  
1.20  
0.60  
0.00

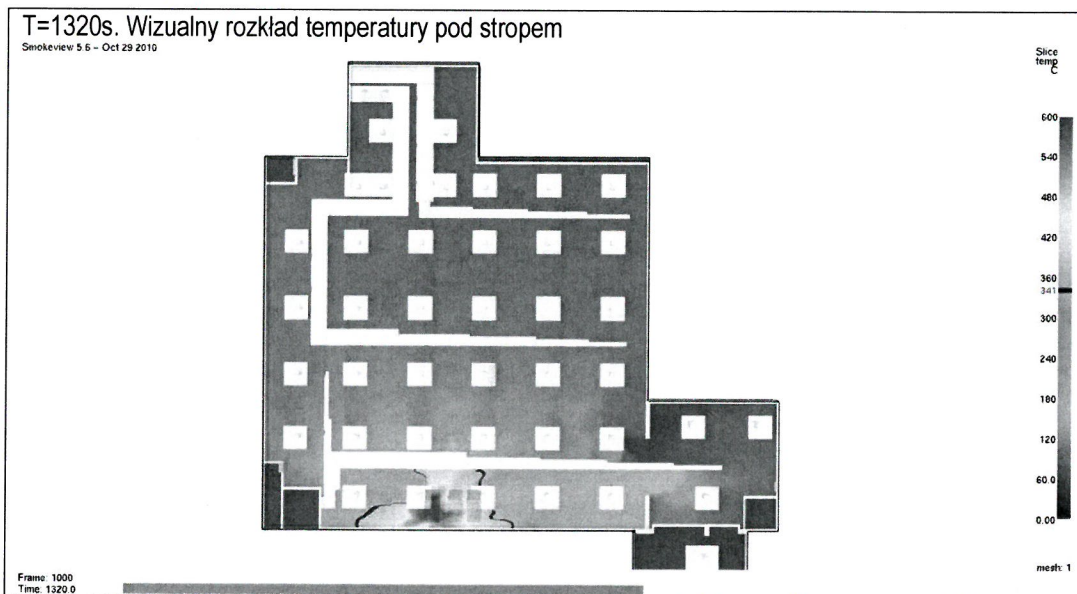
mesh: 13

Frame: 500  
Time: 1320.0

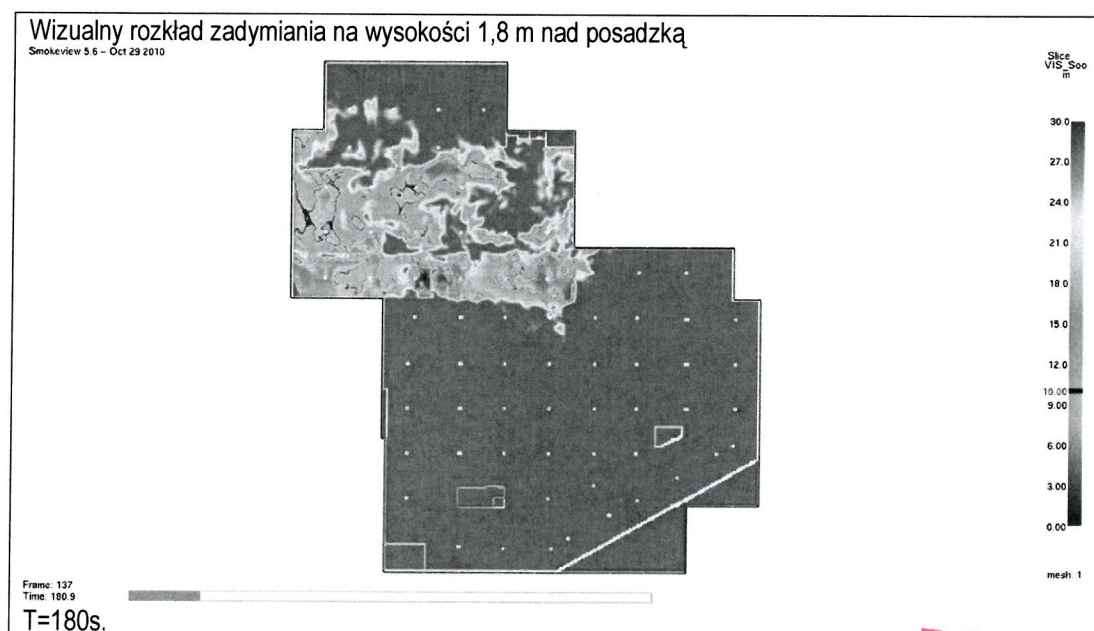
KIEROWNIK BUDOWY  
*SM*  
Sebastian Michalski

DOKUMENTACJA  
POWYKONAWCZA

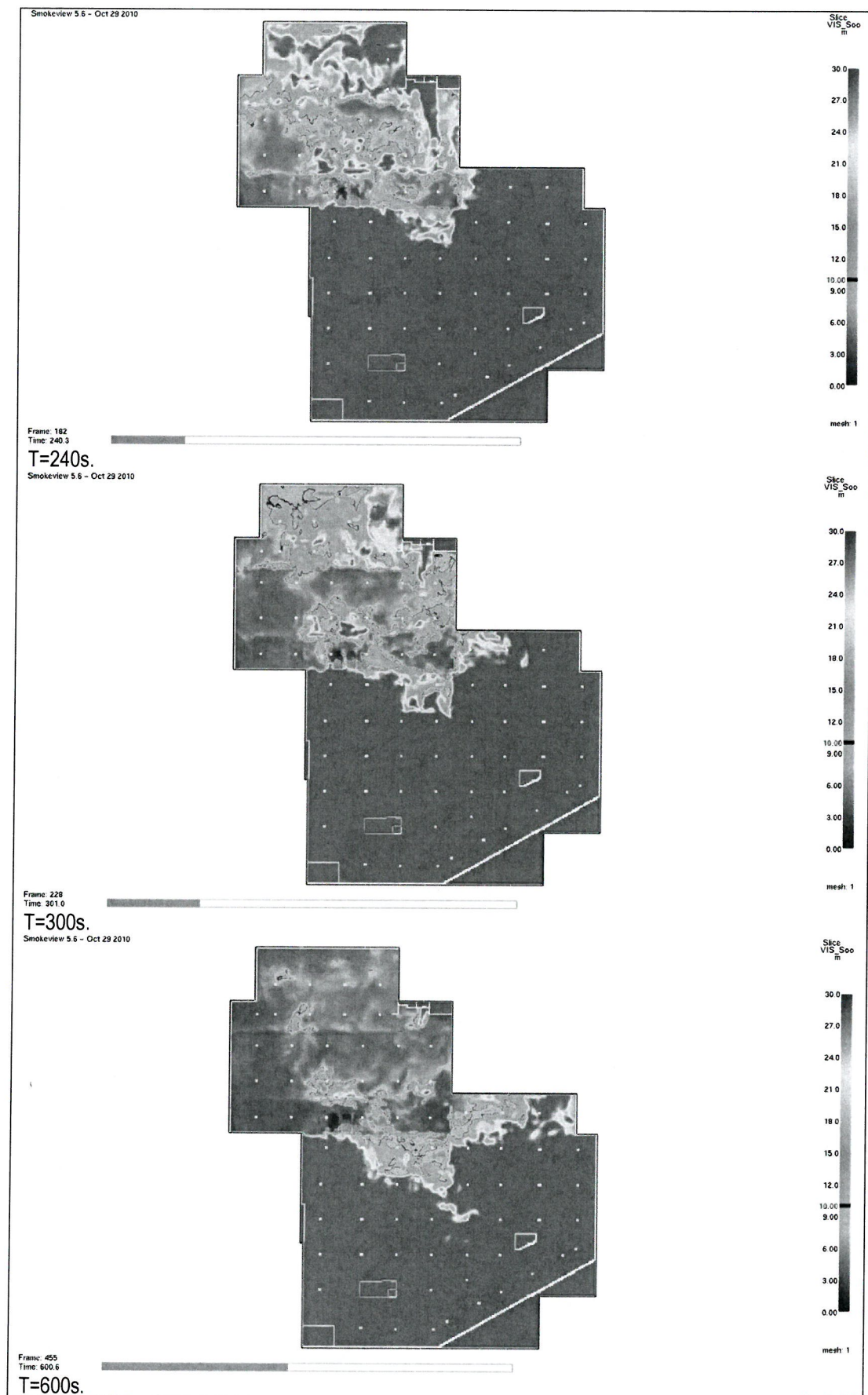


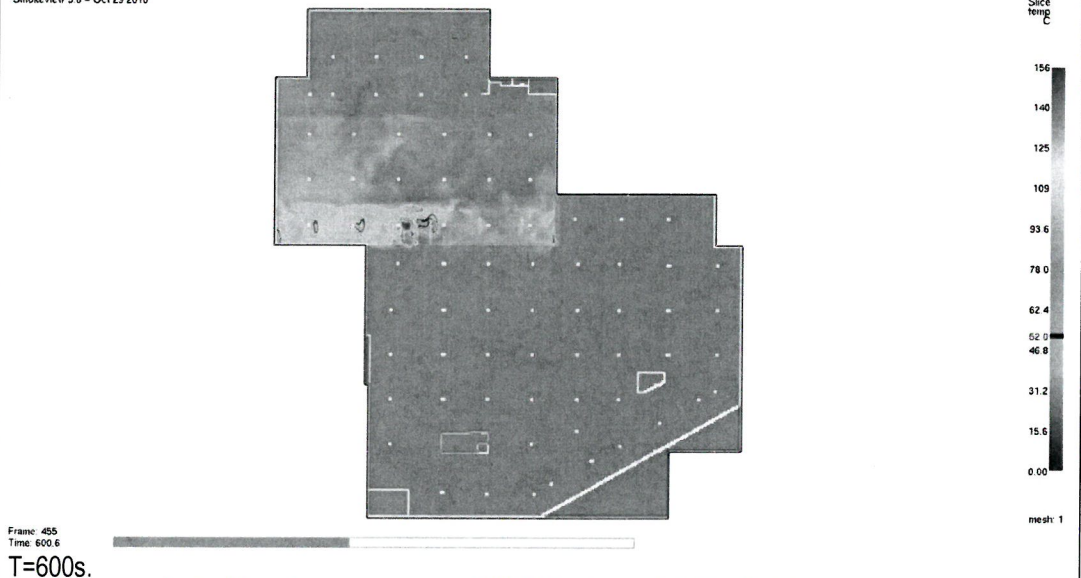
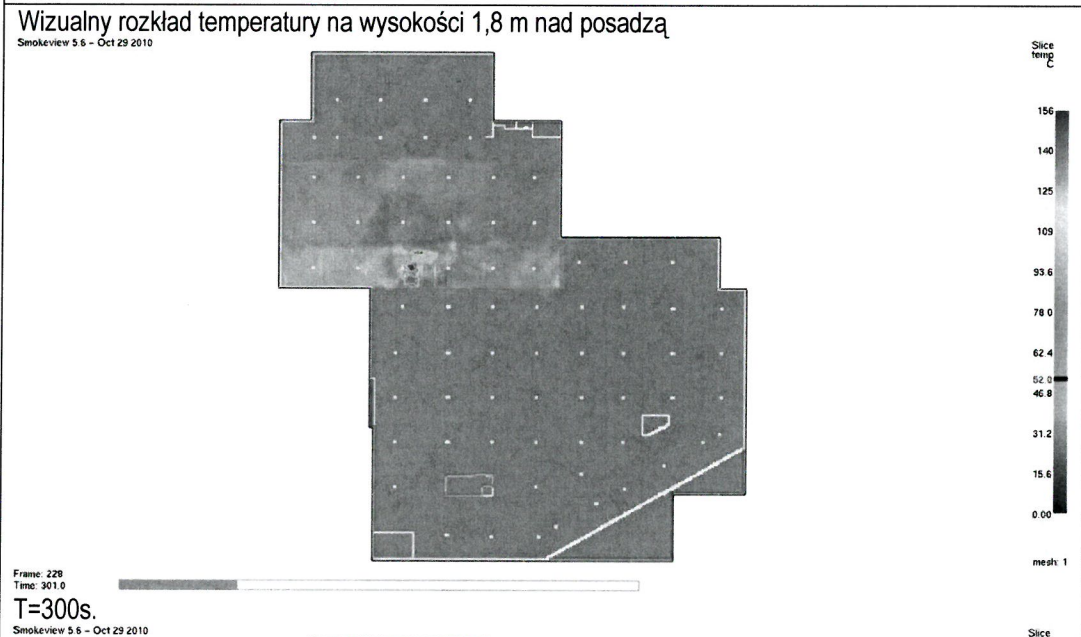
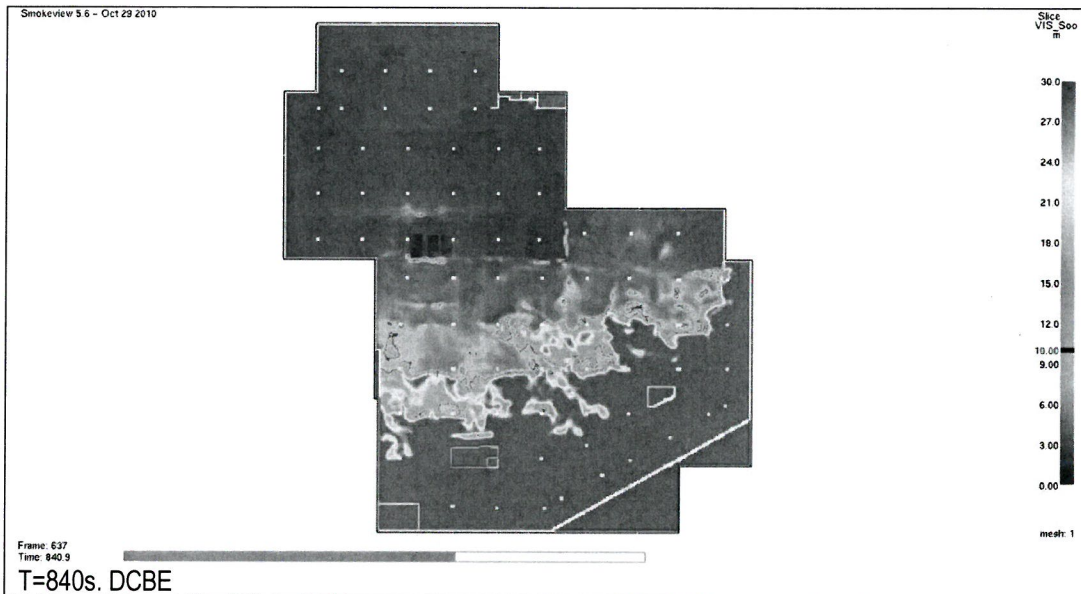


### 6.7.2. Pożar SP2 SD1

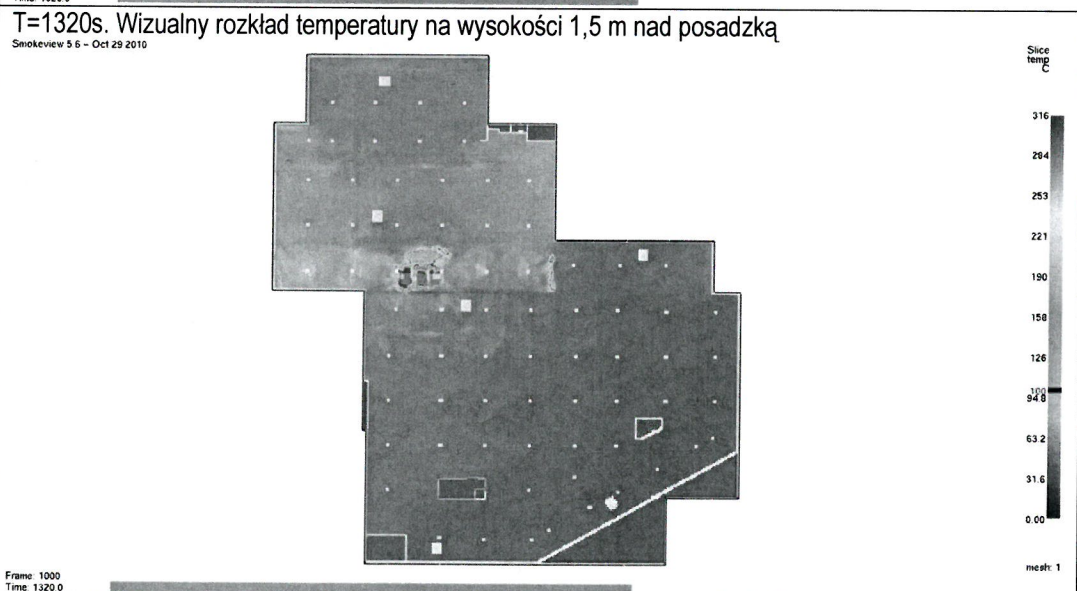
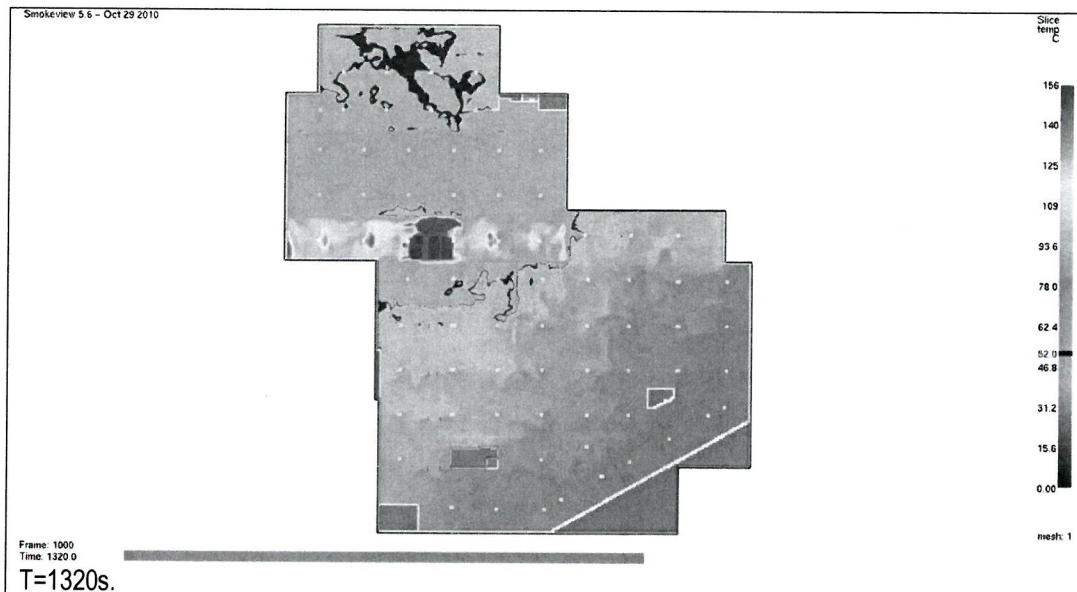


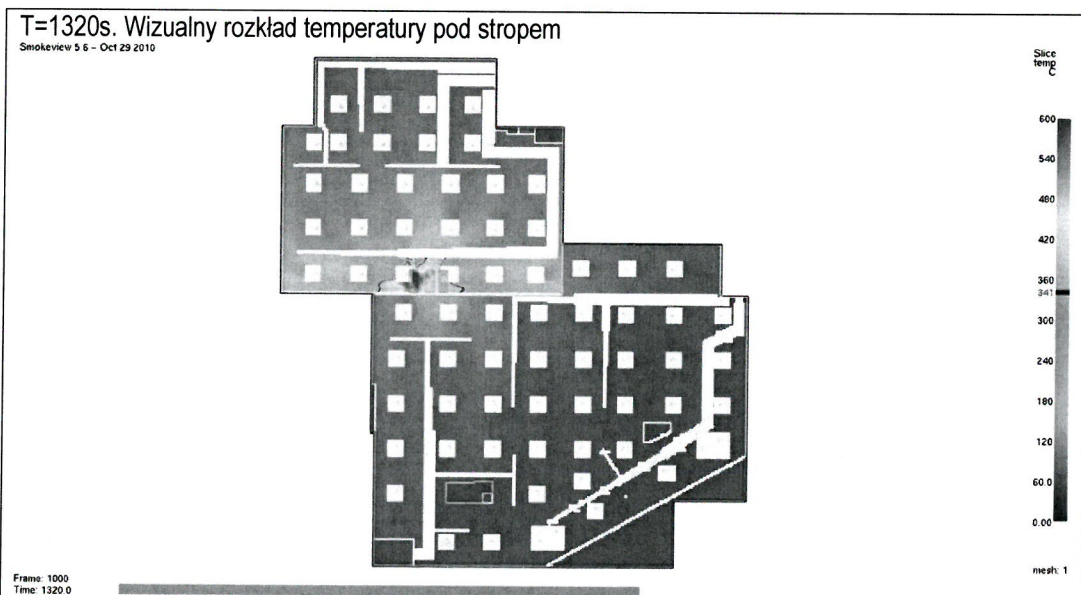
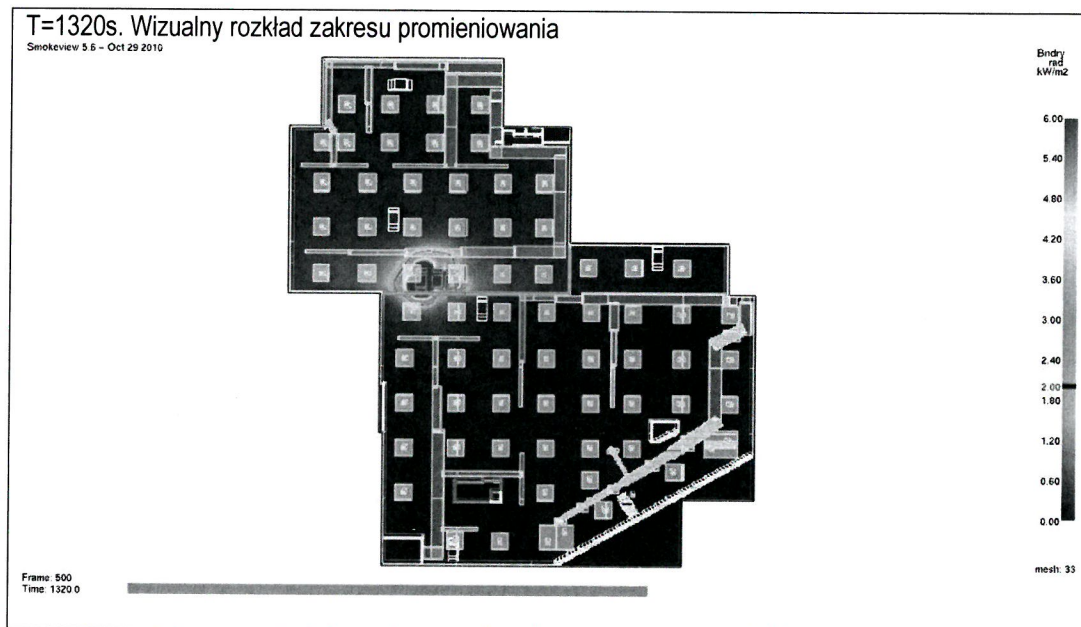
T=180s.





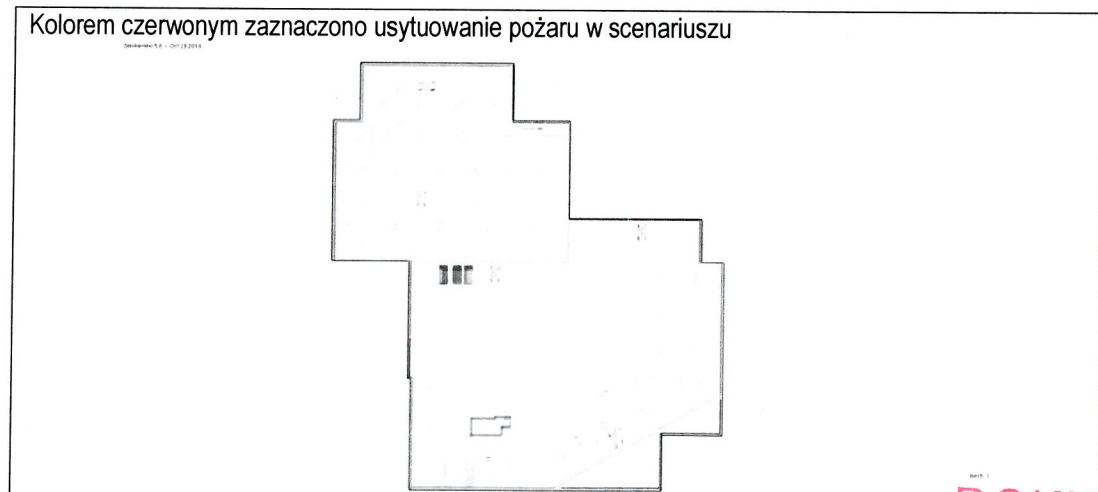






### 6.7.3. Pożar SP2 SD2

Kolorem czerwonym zaznaczono usytuowanie pożaru w scenariuszu

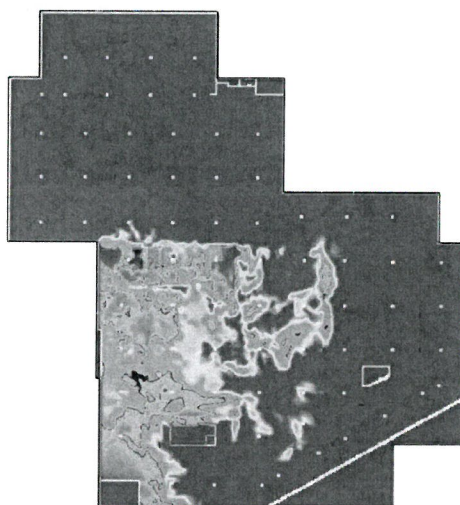


KIEROWNIK BUDOWY  
21 SM  
Sebastian Michalski

DOKUMENTACJA  
POWYKONAWCZA

# Wizualny rozkład zadymiania na wysokości 1,8 m nad posadzką

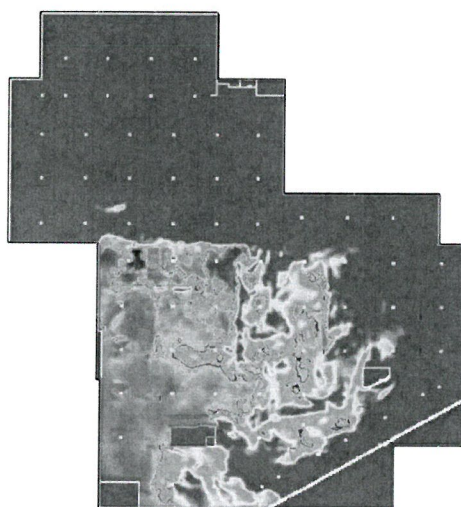
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Frame: 137  
Time: 180.9

T=180s.

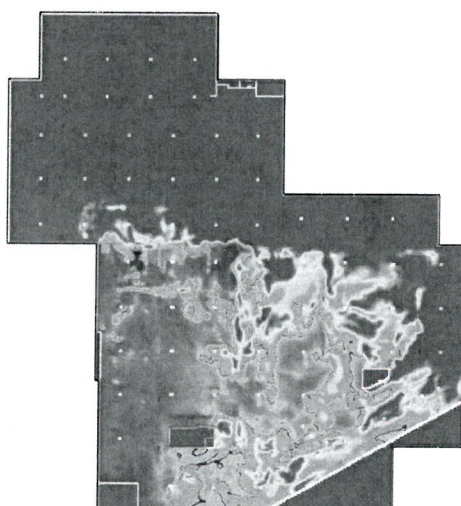
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Frame: 162  
Time: 240.3

T=240s.

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Frame: 228  
Time: 301.0

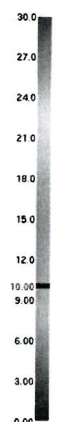
T=300s.

Scale  
VIS\_Soo  
m



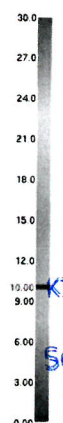
mesh: 1

Scale  
VIS\_Soo  
m



mesh: 1

Scale  
VIS\_Soo  
m

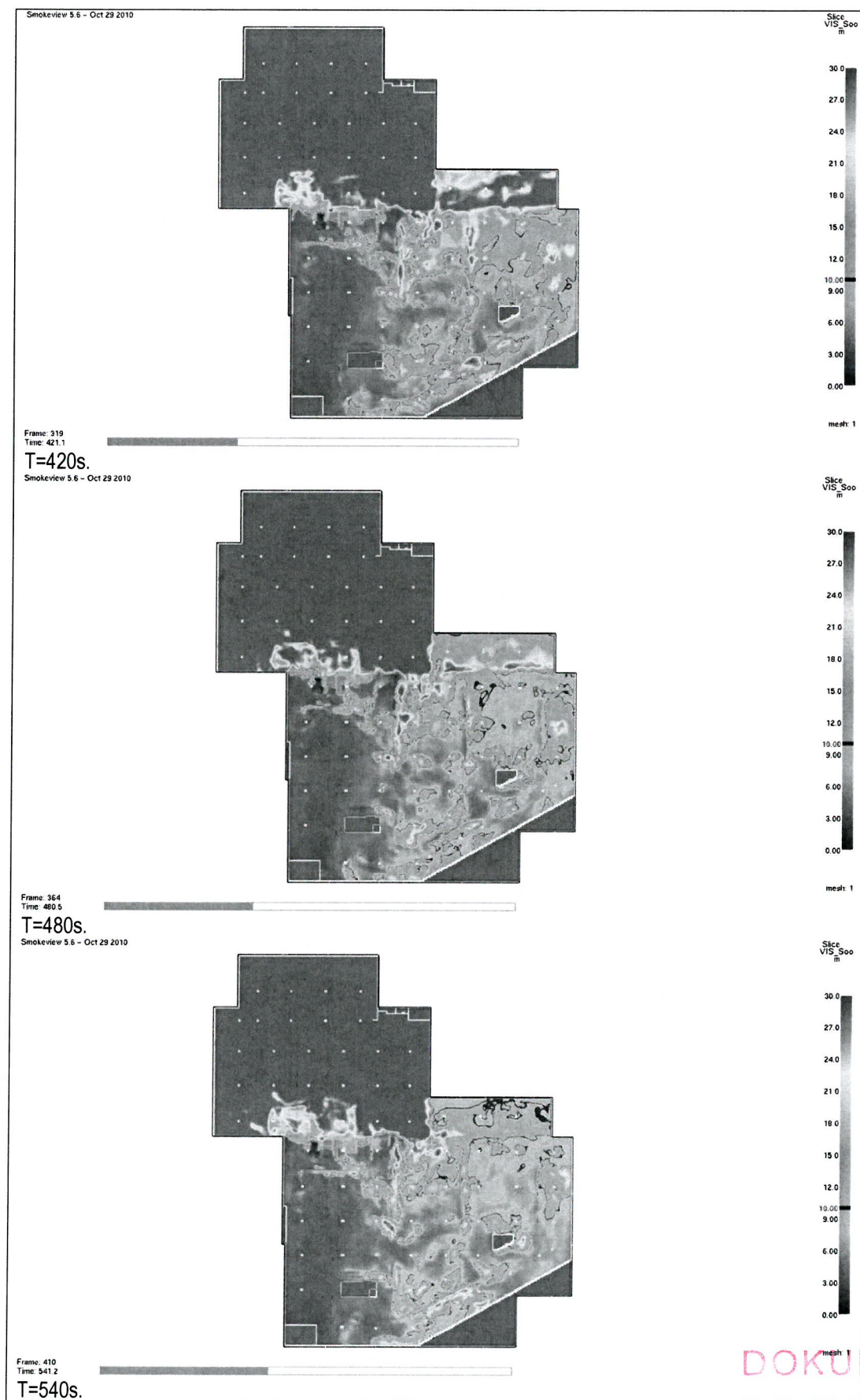


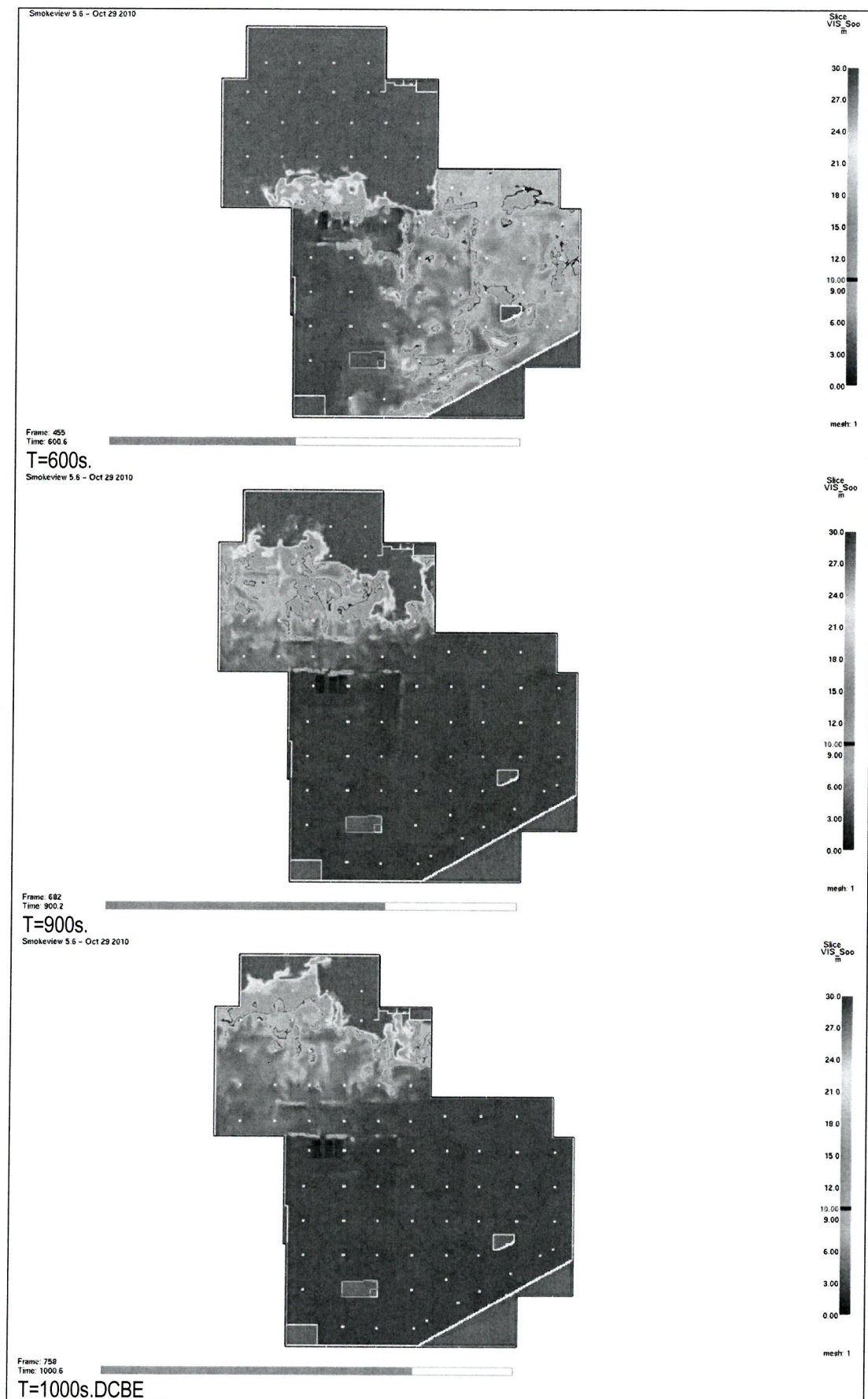
mesh: 1

KIEROWNIK BUDOWY  
*SM*  
Sebastian Michalski

DOKUMENTACJA  
POWYKONAWCZA





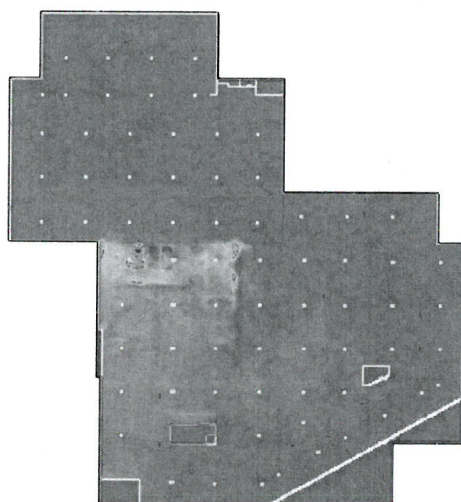


DOKUMENTACJA  
POWYKONAWCZA

KIEROWNIK BUDOWY  
*SM*  
Sebastian Michalski

# Wizualny rozkład temperatury na wysokości 1,8 m nad posadzą

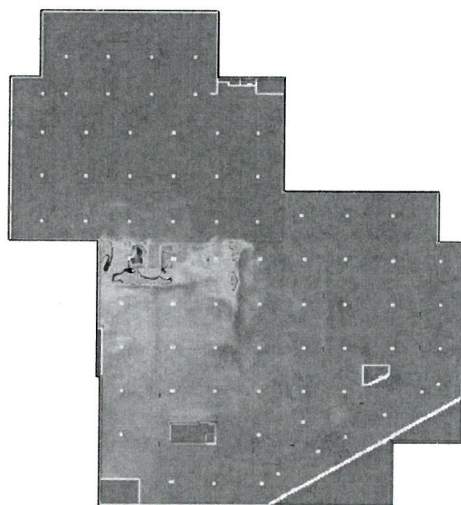
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Frame: 228  
Time: 301.0

T=300s.

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Frame: 455  
Time: 600.6

T=600s.

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Frame: 1000  
Time: 1320.0

T=1320s.

Slice  
temp  
C

156  
140  
125  
109  
93.6  
78.0  
62.4  
52.0  
46.8  
31.2  
15.6  
0.00

mesh: 1

Slice  
temp  
C

156  
140  
125  
109  
93.6  
78.0  
62.4  
52.0  
46.8  
31.2  
15.6  
0.00

mesh: 1

Slice  
temp  
C

156  
140  
125  
109  
93.6  
78.0  
62.4  
52.0  
46.8  
31.2  
15.6  
0.00

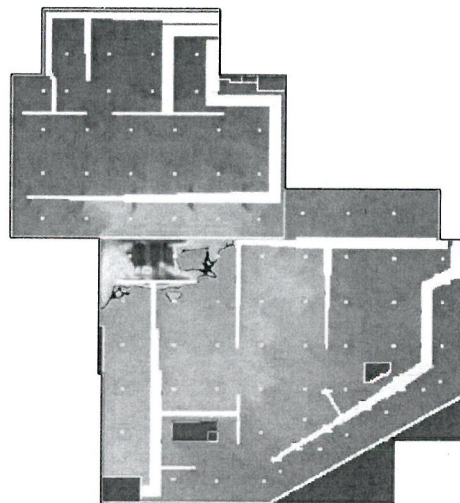
mesh: 1

DOKUMENTACJA  
POWYKONAWCZA



T=1320s. Wizualny rozkład temperatury na wysokości 2,4 m nad posadzką

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Slice  
temp  
°C

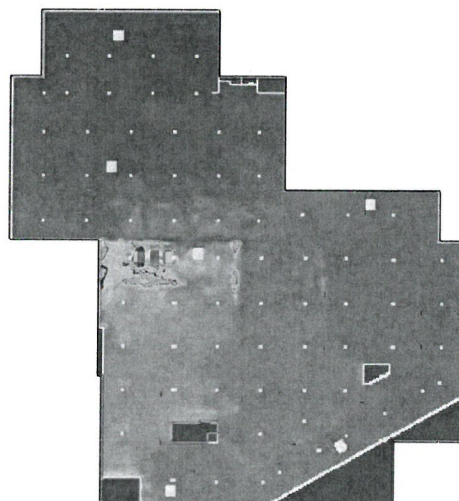
316  
264  
253  
221  
190  
180  
158  
126  
94.8  
63.2  
31.6  
0.00

mesh: 1

Frame: 1000  
Time: 1320.0

T=1320s. Wizualny rozkład temperatury na wysokości 1,5 m nad posadzką

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Slice  
temp  
°C

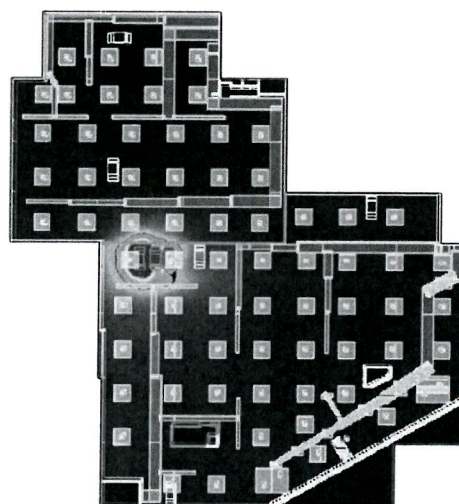
316  
264  
253  
221  
190  
158  
126  
94.8  
63.2  
31.6  
0.00

mesh: 1

Frame: 1000  
Time: 1320.0

T=1320s. Wizualny rozkład zakresu promieniowania

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



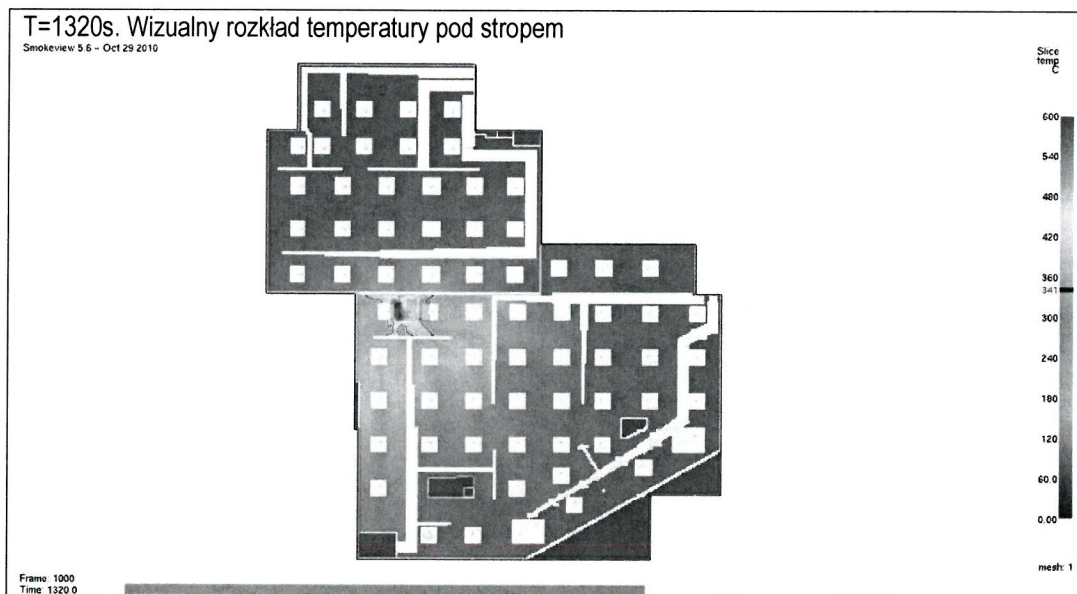
Rad  
rad  
kW/m2

6.00  
5.40  
4.80  
4.20  
3.60  
3.00  
2.40  
2.00  
1.80  
1.20  
0.60  
0.00

mesh: 33

Frame: 500  
Time: 1320.0

DOKUMENTACJA  
POWYKONAWCZA



## 6.8. Margines bezpieczeństwa

Założono że użytkownicy strefy dymowej ewakuują się w czasie ewakuacji „pierwszej osoby” lub szybciej z uwagi na sytuację, gdyż są ostrzegani nie tylko przez alarm ale także przez widok ognia i dymu (zagrożenia) wydobywającego się z palącego się źródła ognia. W związku z powyższym ci użytkownicy budynku którzy znajdują się w takiej strefie dymowej zaczynają przemieszczać się w stronę wyjścia zaraz po usłyszeniu alarmu lub nawet wcześniej gdy dotrze do nich dym.

Określając Dostępny Czas Bezpiecznej Ewakuacji (DCBE) przyjęto maksymalny czas, w którym jest bezpieczny dostęp, do co najmniej jednych drzwi ewakuacyjnych.

Graniczne kryteria bytowe zachowują bezpieczne wartości do czasu:

Pożar SP 1 = 860 s.

Pożar SP2 SD1 = 840 s.

Pożar SP2 SD2= 1000 s.

Co daje najkrótszy margines bezpieczeństwa 575 s. Do powyższych obliczeń przyjęto wskaźniki wg. sugerowanej metody obliczeniowej podanej w PD-7974-6:2004. Osoby znajdujące się w garażu zarówno 1% jak i 99% ewakuują się do obszaru bezpiecznego z uwzględnieniem marginesu bezpieczeństwa.

W wyniku symulacji w niniejszej analizie otrzymano spełnienie kryterium bezpiecznej ewakuacji  $DCBE > WCBE$  w założonych przypadkach.

## 7. PODSUMOWANIE WYNIKÓW SYMULACJI - WNIOSKI

dla garażu podziemnego zlokalizowanym w inwestycji pt. Parking podziemny etap III - część parku centralnego między istniejącym pawilonem - strefa c, d Gdynia przy skateparku a ul. Świętojańską dokonano obliczeń prawdopodobnie dla najgorszej lokalizacji pożaru dla sprawdzenia funkcjonowania

KIEROWNIK BUDOWY

Sebastian Michalski

27

DOKUMENTACJA  
POWYKONAWCZA



wentylacji oddymiającej, pod względem bezpiecznych warunków ewakuacji oraz uwzględnienia bezpieczeństwa ekip ratowniczych.

Na podstawie przyjętych założeń scenariusza rozwoju pożaru do analizy komputerowej metodą CFD wynika, że analizowany system oddymiania jest w stanie zapewnić bezpieczne warunki ewakuacji w WCBE. Głównym parametrem, który pierwszy zagraża bezpiecznej ewakuacji to zadymienie, dlatego przedstawiono szczegółowe wyniki tej płaszczyzny, wzrost temperatury powyżej krytycznej wartości występuję po WCBE w rejonie lokalizacji pożaru. System zapewnia zachowanie bezpiecznej temperatury na badanych wysokościach nad posadzką.

Ponieważ analizy prowadzono przy zaostrzonych założeniach (dużo gęstego i czarnego dymu) można przypuszczać, że faktyczne warunki ewakuacji podczas realnego pożaru mogą być dużo lepsze.

Analizy przewidywanego rozkładu promieniowania cieplnego oraz temperatury na wysokości 1,5 m od posadzki, wykonane w celu uwzględnienia bezpieczeństwa ekip ratowniczych, wykazały, że :

- wartość przewidywanego promieniowania cieplnego, co najmniej z jednej strony od źródła pożaru, w odległości 10 m nie przekracza  $2,5 \text{ kW/m}^2$  ( $2 \text{ kW/m}^2$  wg. wyników CFD),
- wartość przewidywanej temperatury, co najmniej z jednej strony od źródła pożaru, w odległości 10 m nie przekracza  $120^\circ\text{C}$  ( $100^\circ\text{C}$  wg. wyników CFD).

Ponadto otrzymane wyniki obliczeń wykazały, że temperatura gazów pożarowych pod stropem garażu przekraczała  $400^\circ\text{C}$  w promieniu 10 m (tj. 340 wg. wyników CFD).

Wentylatory oddymiające umieszczone na końcach szachtów oddymiających obsługujące kondygnację garażu powinny mieć co najmniej klasę skuteczności działania w wysokiej temperaturze  $F_{400} 120$ .

Wyniki które otrzymano są wynikiem rzeczowej analizy, która została przeprowadzona wedle wiedzy technicznej. Należy jednak pamiętać, że założenia które poczyniono i otrzymane wyniki są jedynie prognozą najbardziej prawdopodobnych wydarzeń jakie mogą zaistnieć. W analizie nie brano pod uwagę wydarzeń niestandardowych związanych z innymi niż założone wykorzystanie i przeznaczenie obiektu, szczególnie jeśli chodzi o występowanie materiałów palnych w tym niebezpiecznych pożarowo.

A zatem przeprowadzona analiza stwierdza spełnienie § 270 ust 1 rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. wraz z późniejszymi zmianami w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, tj. instalacja wentylacji oddymiającej powinna usuwać dym z intensywnością zapewniającą, że w czasie potrzebnym do ewakuacji nie wystąpi zadymienie lub temperatura uniemożliwiająca bezpieczną ewakuację.

Oczywiście przy uwzględnieniu założenia, że ludzie opuszczający obiekt będą się poruszali w kierunku przeciwnym do pożaru.

Analiza uwzględniła również § 207 ust. 1. w.w. rozporządzenia, tj. budynek i urządzenia z nim związane powinny być zaprojektowane i wykonane w sposób zapewniający w razie pożaru możliwość ewakuacji ludzi, a także uwzględniający bezpieczeństwo ekip ratowniczych.

## 8. ZALECENIA

Analiza zakłada prawidłowe funkcjonowanie wszystkich elementów systemów zastosowanych w budynku służących ochronie przeciwpożarowej. Z tego względu właściciel lub zarządca budynku

KIEROWNIK BUDOWY  
*SM*  
Sebastian Michalski

DOKUMENTACJA  
POWYKONAWCZA



powinien dołożyć wszelkich starań by utrzymać urządzenia w wymagalnej sprawności poprzez prace konserwatorskie i przeglądy okresowe. Założono że pracownicy obiektu we właściwy sposób i szybkim czasie zareagują w przypadku pożaru.

W przypadku wprowadzenia zmian architektoniczno – budowlanych oraz zmian w systemach wentylacji pożarowej oraz ich sterowaniu mogących mieć wpływ na rozprzestrzenianie się dymu i ciepła należy ponownie przeprowadzić obliczenia numeryczne z ich uwzględnieniem.

Niniejsze opracowanie stanowi analizę celów z pkt. 1 i może być prezentowany jedynie w całości.

Uruchamianie elementów systemu wentylacji oddymiającej należy zaprogramować w kolejności niezbędnej do uniknięcia fizycznego uszkodzenia elementów systemu.

## 9. SPIS TABEL I RYSUNKÓW

Tabela 1 Właściwości materiałów budowlanych.....	5
Tabela 2 Parametry materiałów palnych dla założonego pożaru .....	8
Tabela 3 Zestawienie parametrów powietrza kompensującego .....	10
Tabela 4 Zestawienie wydatków powietrza kompensującego .....	10
Tabela 5 Zestawienie wydatków wentylacji oddymiającej .....	11
 Rysunek 1 Wykres mocy powstały ze spalania się 3 samochodów .....	7
Rysunek 2 Wykres wynikowy wzrostu mocy pożaru .....	7

## 10. ZAŁĄCZNIKI

### Załącznik nr 1

PARKING PODZIEMNY ETAP III - CZĘŚĆ PARKU CENTRALNEGO MIĘDZY ISTNIEJĄCYM  
PAWILONEM - STREFA C, D GDYNIA PRZY SKATEPARKU A UL. ŚWIĘTOJAŃSKĄ  
SCHEMAT WENTYLACJI ODDYMIAJĄCEJ

DOKUMENTACJA  
POWYKONAWCZA