

## **Pożar Biura w Biurowcu**

### **(układ pomieszczeń: pomieszczenie, korytarz, klatka schodowa)**

Pożar wybuchu gwałtownie na środku pomieszczenia nr 1, na poziomie podłogi. Zapaleniu ulega śmietnik, ogień szybko obejmuje papiery pionowo poukładane w drucianych segregatorach na biurku. Przyjmujemy krzywą intensywności wydzielania ciepła charakterystyczną dla szybkiego wzrostu pożaru (szybki rozwój).

Na klatce schodowej zainstalowano automatyczny system oddymiania, składający się z czujki dymu, która po włączeniu automatycznie otwiera klapę oddymiającą tworząc otwór wentylacyjny.

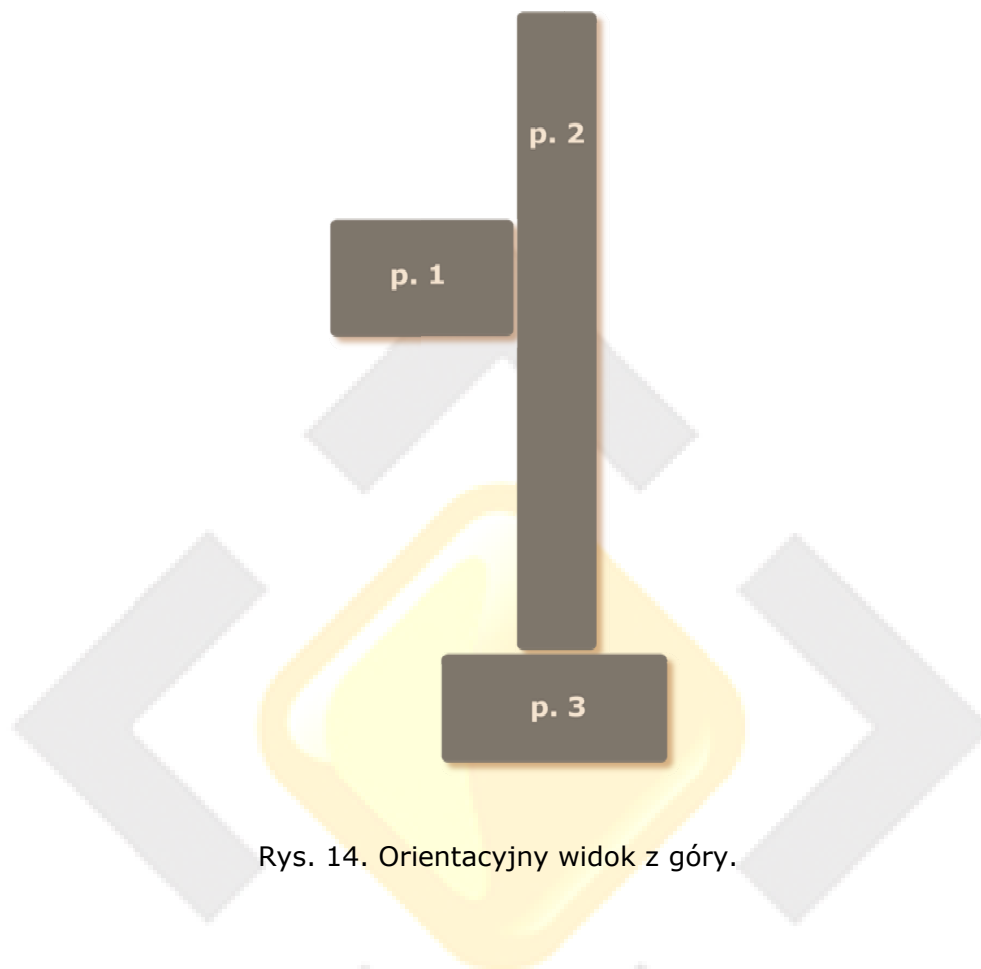
Oddymianie na klatce schodowej przeciwdziała rozgorzeniu w pomieszczeniu biurowym znajdującym się w znacznej odległości od otworu oddymiającego.

System jest uproszczony, a zadziałanie czujki znacznie opóźnione z powodu jej odległej lokalizacji (w górnych 5 proc. wysokości klatki schodowej) od ogniska pożaru. Mimo to efekt działania jest znaczący, we wszystkich pomieszczeniach powoduje zmiany korzystne dla bezpieczeństwa.

### **Wymiary wewnętrzne pomieszczeń**

- Pomieszczenie nr 1 (biuro): głębokość 3.5 m / szerokość 3 m / wysokość 2.5 m / poziom 5.5 m;
- Pomieszczenie nr 2 (korytarz): głębokość 30 m / szerokość 2.3 m / wysokość 2.5m / poziom 5.5 m;
- Pomieszczenie nr 3 (klatka schodowa): głębokość 2.4 m / szerokość 4 m / wysokość 11 m / poziom 0 m;

Hazards Control



Rys. 14. Orientacyjny widok z góry.

### **Otwory wentylacyjne**

#### Pomieszczenie nr 1 :

Drzwi wysokości 2.1 m, uchylone na szerokość 0.2 m, prowadzące na korytarz.  
Okno całkowicie otwarte o wymiarach 1m szerokości, 1.2 m wysokości, dolna krawędź okna na wysokości 1 m.

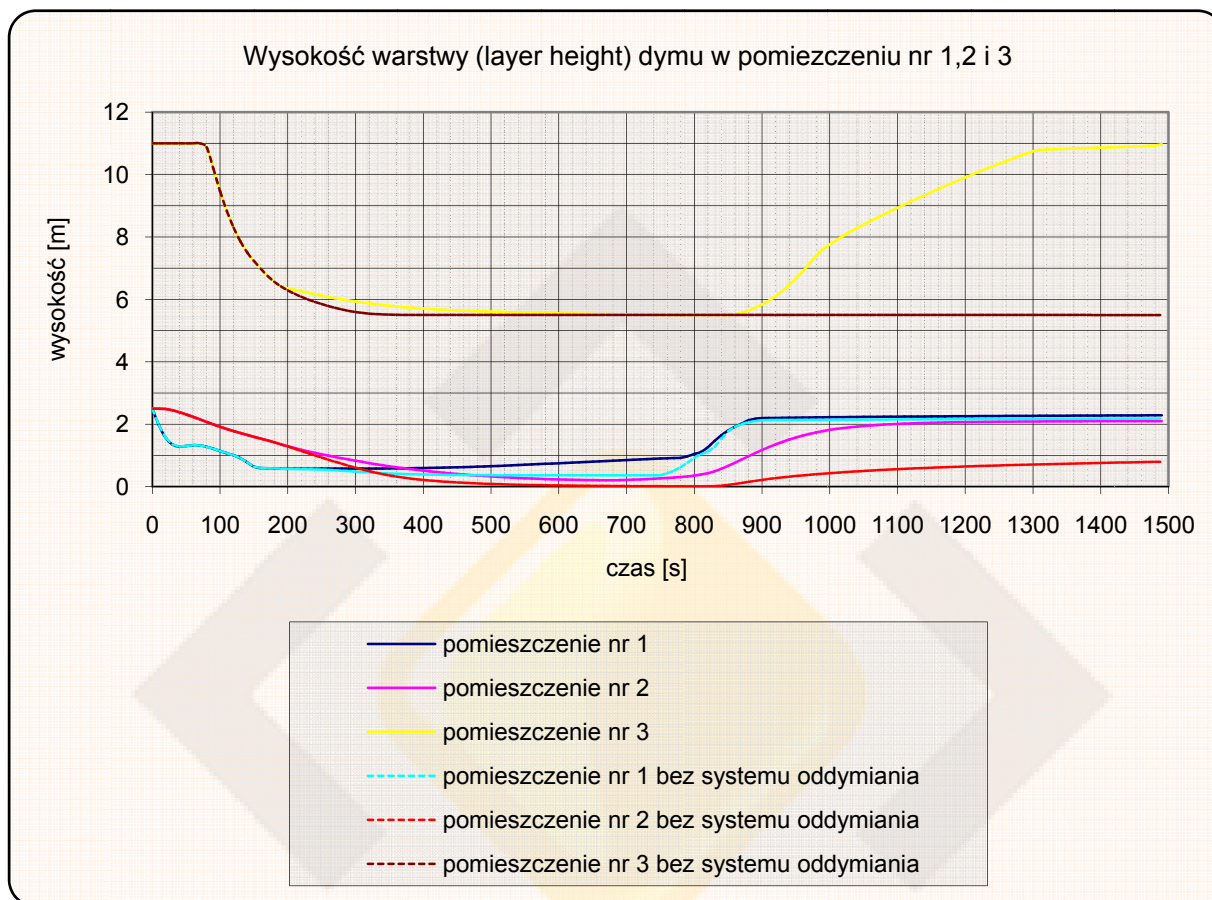
#### Pomieszczenie nr 2 :

Drzwi wysokości 2.1 m, uchylone na szerokość 0.2 m, prowadzące do biura.  
Drzwi 0.9 m na 2.1 m, otwarte, prowadzące na klatkę.

#### Pomieszczenie nr 3 :

Drzwi 0.9 m na 2.1 m, otwarte, prowadzące na korytarz  
Kłapa oddymiająca o powierzchni równej 1 m<sup>2</sup> otwarta automatycznie w 192 s.

## Wyniki symulacji środowiska pożaru

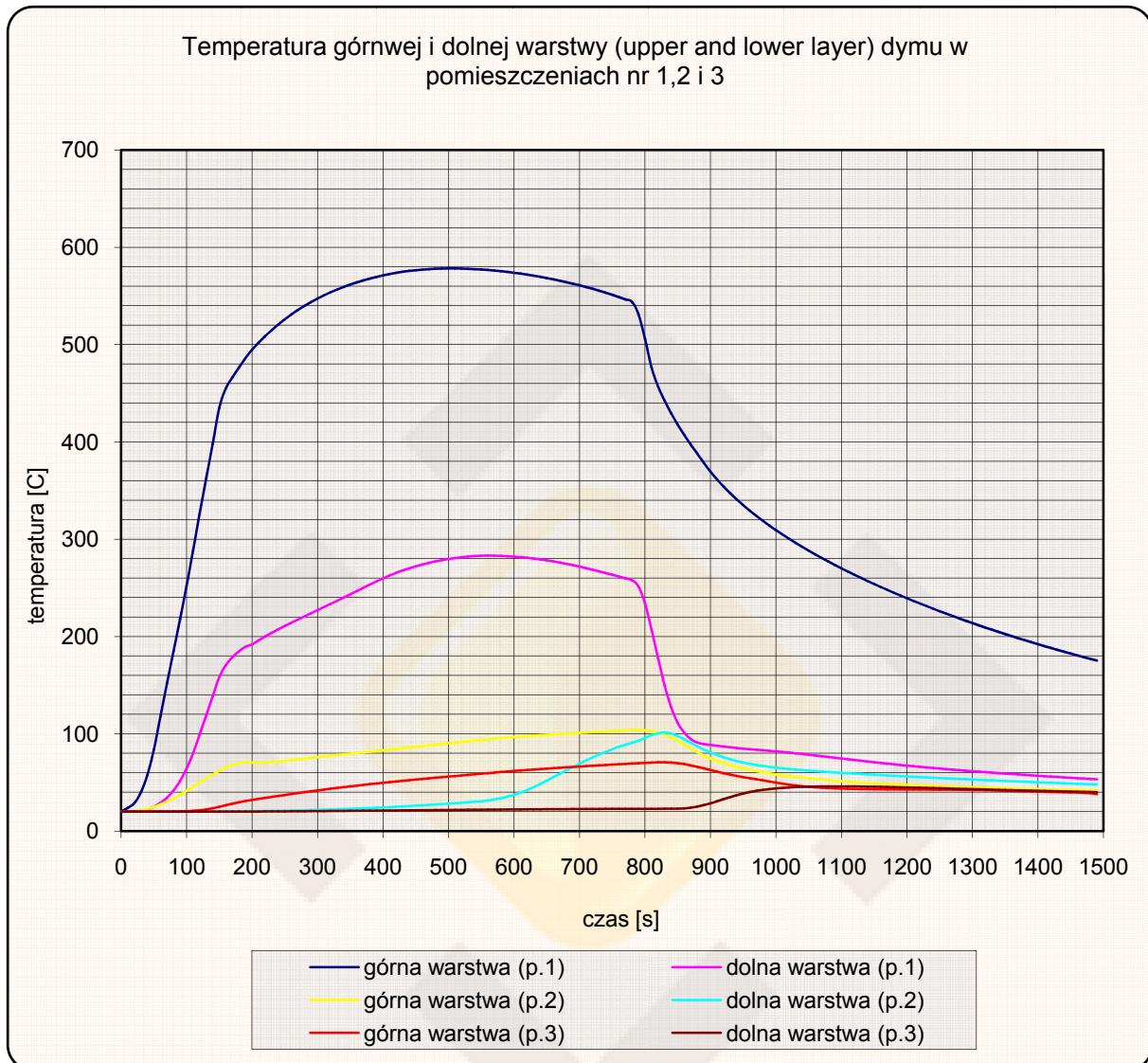


Rys. 15. Zależność wysokości warstwy dymu od czasu.

Gorąca warstwa w pomieszczeniu nr 1 obniża się do poziomu 1.7 m już po 20 s. 0.9 m osiąga w 130 s. W 150 s uzyskuje minimum równe 1m. Potem warstwa dymu zaczyna się powoli wznosić jednak tylko w przypadku zadziałania instalacji oddymiania na klatce schodowej. Od 800 s do 900 s warstwa osiąga poziom górnej wysokości otworów wentylacyjnych.

W pomieszczeniu nr 2 gorąca warstwa obniża się do poziomu 1.7 m po upływie 140 s. 0.9 m osiąga w 280 sekundzie. Minimalny poziom gorącej warstwy to 30 cm, jednak bez systemu oddymiania warstwa utrzymuje się przy samej podłodze w czasie od 500s do 860 s potem powoli (znacznie wolniej niż w przypadku działającego systemu oddymiania) unosi się.

Warstwa dymu w pomieszczeniu nr 3 (klatka schodowa) osiąga wysokość podłogi (5.5 m) pomieszczeń nr 1 i 2 po 500 s, w przypadku bez systemów oddymiania dzieje się tak o 200 s wcześniej. Po 80 s warstwa dymu osiąga najwyższy punkt w budynku. Coraz większe ilości dymu zbierają się pod sufitem. Gorąca warstwa zwiększając swoją objętość obniża się odcinając drogę ewakuacji najpierw z wyższych pięter budynku a następnie z rozpatrywanego układu pomieszczeń (1.7 m w 150 sekundzie w 0.9 m w 200 sekundzie).

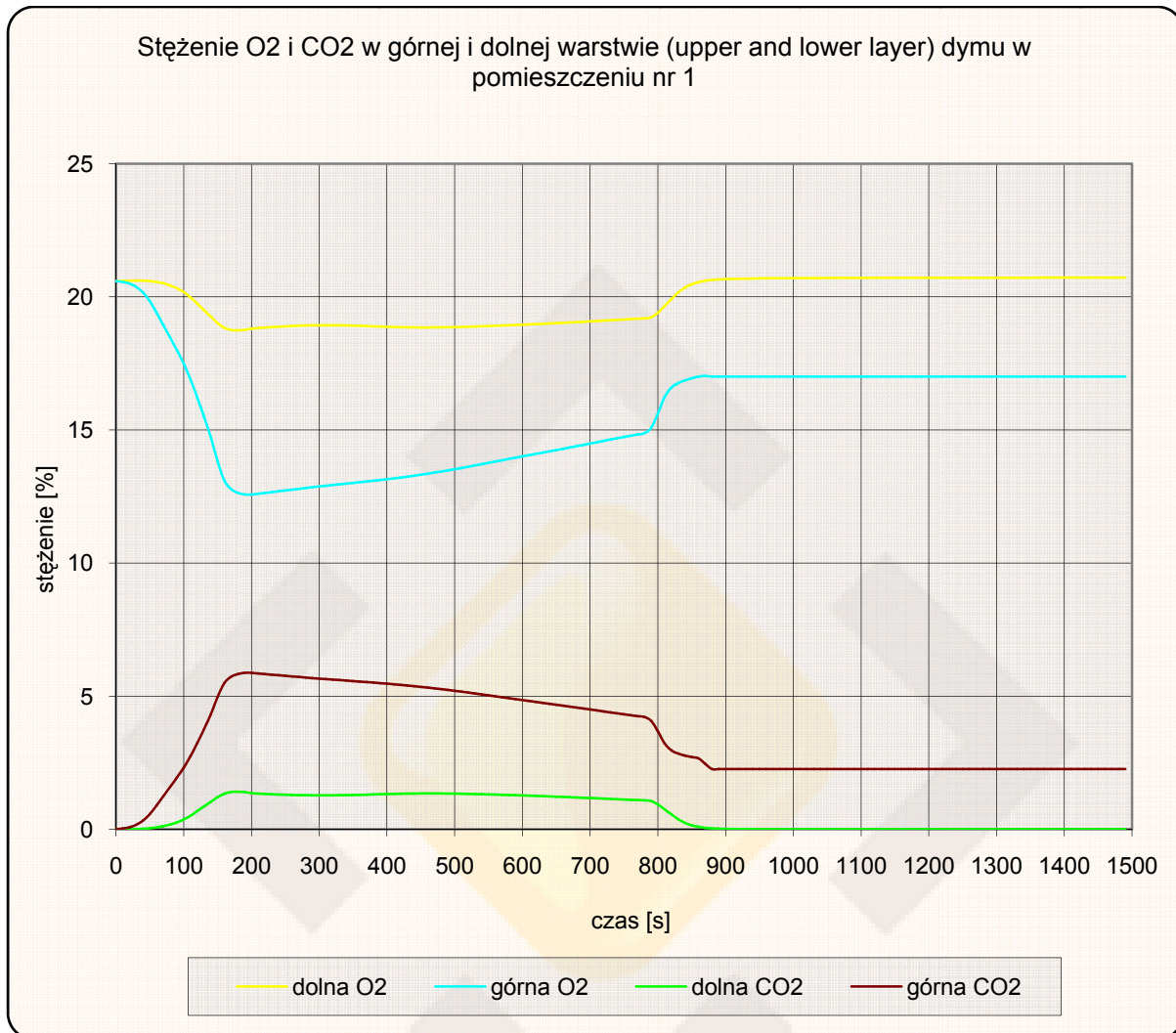


Rys. 16. Zależność temperatury dolnej i górnej warstwy dymu w pomieszczeniach nr 1,2 i 3 od czasu.

Temperatura górnej warstwy dymu w pomieszczeniu nr 1 osiąga 200 °C po czasie 80s, dolna warstwa osiąga 60 °C w 100 sekundzie. Maksymalna wartość temperatury gorącej warstwy wynosi 580 °C w czasie 420-600 s, a zimnej warstwy 280 °C w czasie od 500 s do 640 s.

W pomieszczeniu drugim temperatura górnej warstwy nie przekracza 110°C, dolna warstwa osiąga temperaturę 60 °C w 680 s. Maksymalna temperatura dolnej warstwy dymu wynosi 100 °C tak jak górnej warstwy, jednak wysoka temperatura utrzymuje się znacznie krócej i występuje po dłuższym czasie.

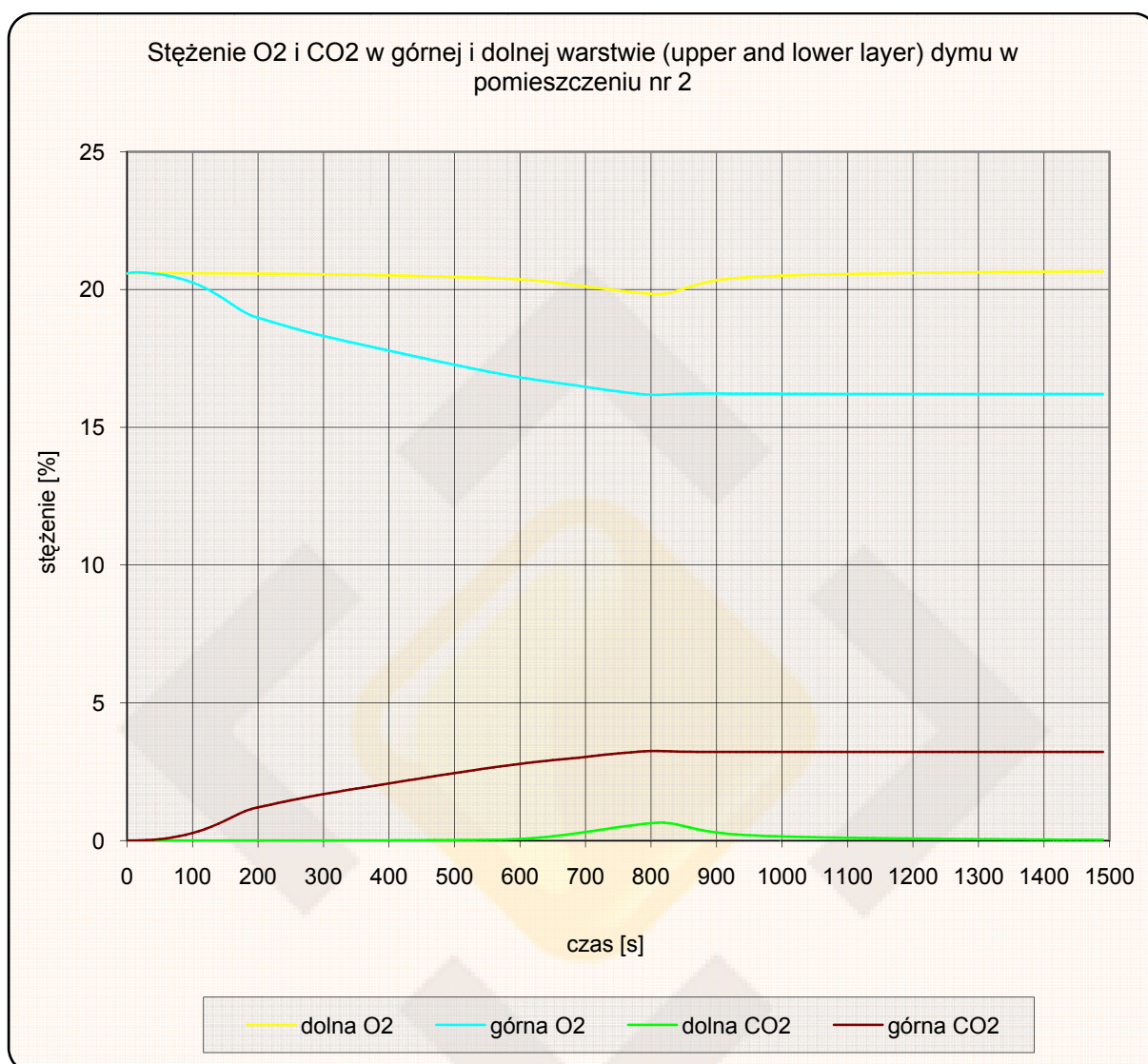
Maksymalna temperatura górnej warstwy 70 °C na klatce schodowej pojawia się w czasie od 800 do 840 s, ponieważ pomieszczenie to jest znacznie oddalone od ogniska pożaru. Istotny fakt stanowi całkowite wypełnienie wyższych pięter klatki schodowej przez gorącą warstwę dymu, która ogranicza widoczność oraz utrzymuje temperaturę (w czasie od 540 s do 910 s) ponad 60 °C.



Rys. 17. Zależność stężenia O<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub> w górnej i dolnej warstwie od czasu.

W 170 s stężenie tlenu w górnej warstwie spada do minimalnego poziomu 12 %, stężenie CO<sub>2</sub> osiąga maksymalną wartość 6 % objętościowych, następnie stężenia powoli maleją.

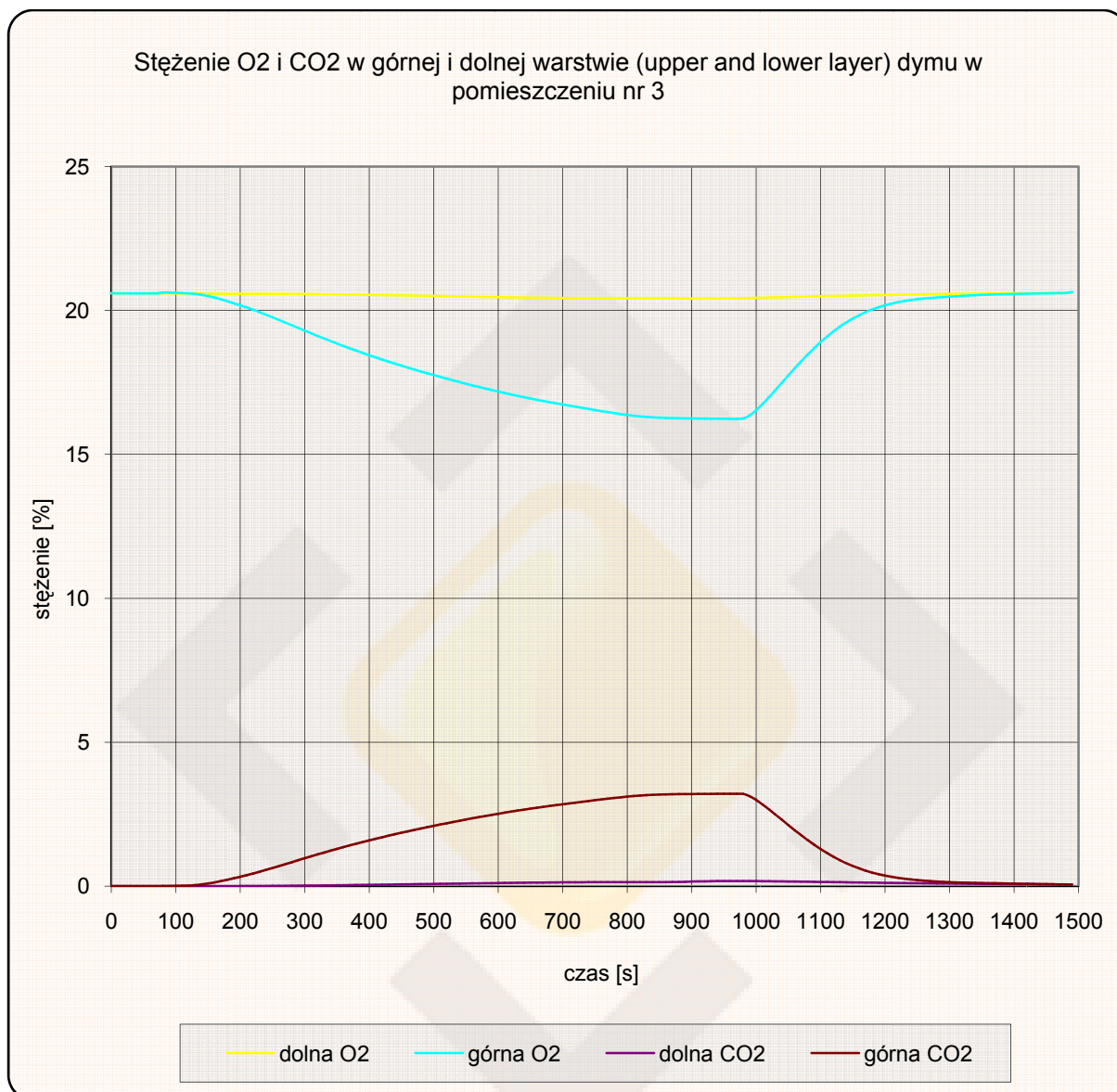
W dolnej warstwie zmiany są znikome z punktu widzenia powodzenia ewakuacji. Minimalne stężenie dla O<sub>2</sub> wynosi 18 % a maksymalne dla CO<sub>2</sub> 3 %.



Rys. 18. Zależność stężenia O<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub> w górnej i dolnej warstwie od czasu.

W 750 s stężenie tlenu w górnej warstwie spada do minimalnego poziomu 17 %, stężenie CO<sub>2</sub> osiąga maksymalną wartość 3 % objętościowych, następnie stężenia powoli maleją.

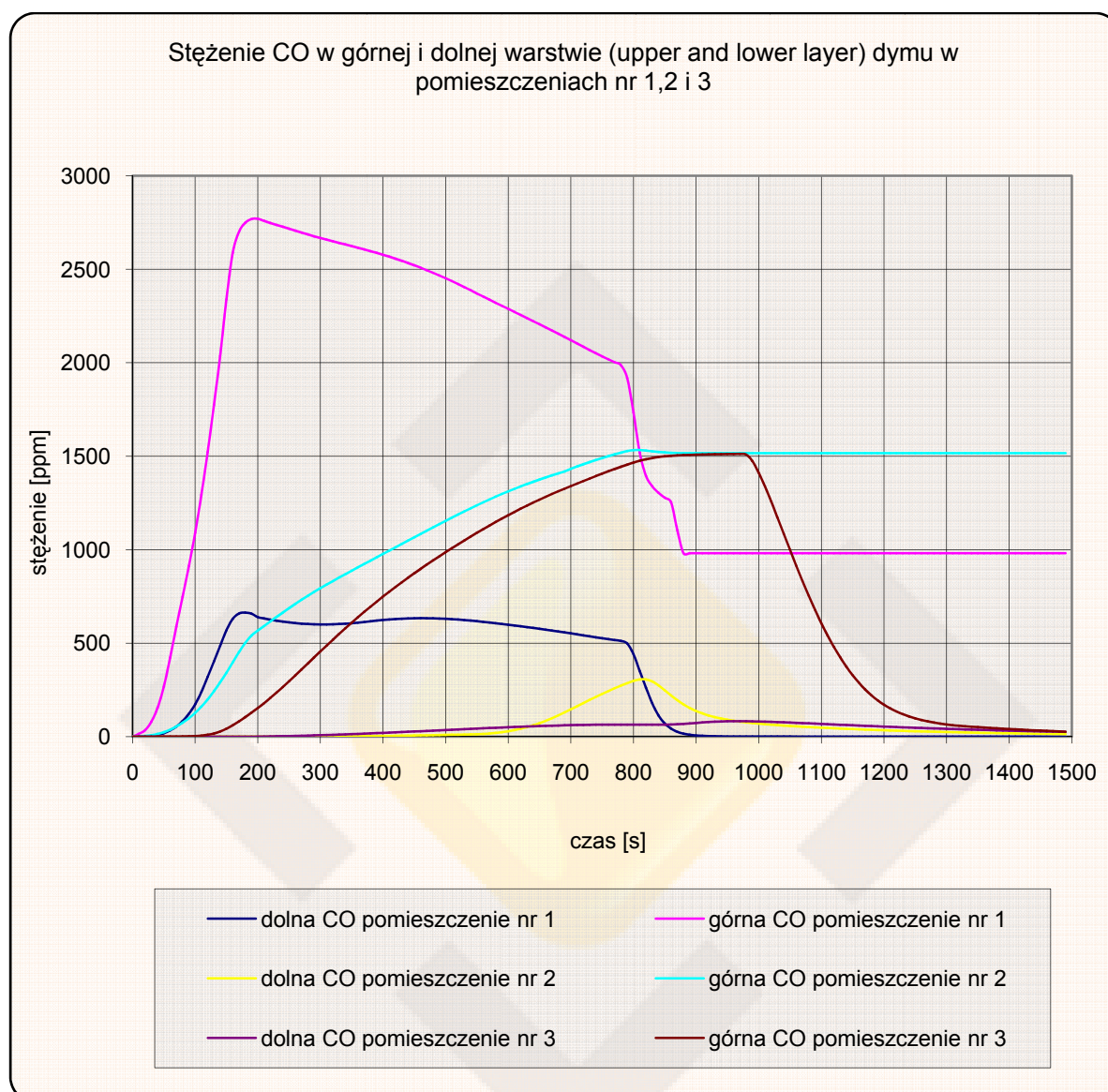
W dolnej warstwie zmiany są znikome z punktu widzenia powodzenia ewakuacji.



Rys. nr 19. Zależność stężenia O<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub> w górnej i dolnej warstwie od czasu.

W 810 s stężenie tlenu w górnej warstwie spada do minimalnego poziomu 17 %, stężenie CO<sub>2</sub> osiąga maksymalną wartość 3 % objętościowych, następnie stężenia powoli maleją.

W dolnej warstwie zmiany są znikome z punktu widzenia powodzenia ewakuacji.



Rys. 20. Zależność stężenia CO w dolnej i górnej warstwie od czasu.

Pomieszczenie nr 1 w 200 s stężenie CO górnej warstwy dymu osiąga maksimum 2750 [ppm], w 180s stężenie CO w dolnej warstwie dymu osiąga maksimum równe 650 [ppm].

Pomieszczenie nr 2, w 810 s stężenie CO w górnej warstwie dymu osiąga maksimum 1500 [ppm]

Pomieszczenie nr 3, w 900 s stężenie CO w górnej warstwie dymu osiąga maksimum 1500 [ppm]

Stężenia CO w dolnej warstwie dymu w pomieszczeniu nr.2 i 3 są mało istotne, z punktu widzenia ewakuacji.

## Podsumowanie

### Pomieszczenie nr 1

- 0 s pożar wybuchu gwałtownie na środku pomieszczenia nr 1, na poziomie podłogi, zapaleniu ulega śmietnik, ogień szybko obejmuje papiery pionowo poukładane w druczianych segregatorach na biurku;
- 20 s przekroczone zostaje kryterium bezpieczeństwa 1.7 m dla wysokości warstwy dymu;
- 80s przekroczone zostaje kryterium bezpieczeństwa temperatura górnej warstwy dymu osiąga 200 °C, powoduje poparzenia w bezpośrednim sąsiedztwie (od promieniowania). Wysokość warstwy w tym czasie to ok. 120 cm;
- 100 s przekroczone zostaje kryterium bezpieczeństwa dla temperatury 60 °C dolnej warstwy dymu;
- 130 s przekroczone zostaje kryterium bezpieczeństwa 0.9 m dla wysokości warstwy dymu;
- 150 s warstwa dymu opada do minimalnej wysokości 0.6 m (w wariacie bez systemu oddymiania opada w dalszym ciągu do poziomu 35 cm nad podłogą);
- 170 s stężenie tlenu w górnej warstwie spada do minimalnego poziomu 12 %, stężenie CO<sub>2</sub> osiąga maksymalną wartość 6 % objętościowych. Są to wartości równe przyjętym kryteriom dla tych czynników;
- 180 s stężenie CO w dolnej warstwie dymu osiąga maksimum 650 [ppm];
- 200 s stężenie CO w górnej warstwie dymu osiąga maksimum 2750 [ppm];
- 220 s zimna warstwa dymu osiąga temperaturę 200 °C;
- 355 s Rozgorzenie, występuje tylko w wariacie bez systemu oddymiania;

## Pomieszczenie nr 2

- 140 s przekroczone zostaje kryterium bezpieczeństwa 1.7 m dla wysokości warstwy dymu;
- 280 s przekroczone zostaje kryterium bezpieczeństwa 0.9 m dla wysokości warstwy dymu;
- 550 s Warstwa dymu opada do poziomu podłogi (tylko w wariantcie bez systemu oddymiania);
- 580 s Warstwa dymu opada do minimalnego poziomu 25 cm;
- 640 s przekroczone zostaje kryterium bezpieczeństwa dla temperatury dolnej warstwy dymu;
- 650 s do 800 s temp górnej warstwy dymu osiąga maksymalną wartość, jest bliska 100°C;
- 750 s stężenie tlenu w górnej warstwie spada do minimalnego poziomu 17 %, stężenie CO<sub>2</sub> osiąga maksymalną wartość 3% objętościowych;
- 810 s stężenie CO w górnej warstwie dymu osiąga maksimum 1500 [ppm];

Hazards Control

Pomieszczenie nr 3 :

- 90 s warstwa dymu dociera do czujki dymu umieszczonej w górnych 5% wysokości pomieszczenia;
- 150 s przekroczone zostaje kryterium bezpieczeństwa 1.7 m (licząc od podłogi piętra na którym znajduje się badany układ pomieszczeń) dla wysokości warstwy dymu;
- 192 s moment zadziałania czujki dymu i otwarcia kłapy oddymiającej;
- 200 s przekroczone zostaje kryterium bezpieczeństwa 0.9 m (licząc od podłogi piętra na którym znajduje się badany układ pomieszczeń) dla wysokości warstwy dymu;
- 300 s gorąca warstwa dymu obniża się do poziomu podłogi korytarza 5.5 m (tylko w wariantcie bez systemu oddymiania);
- 500 s warstwa dymu obniża się do poziomu podłogi korytarza 5.5 m;
- 540 s do 910 s całkowite wypełnienie wyższych pięter klatki schodowej przez gorącą warstwę dymu, która ogranicza widoczność oraz utrzymuje temperaturę w tym przedziale czasowym ponad 60 °C, uniemożliwiając ewakuację z wyższych pięter;
- 800 s do 840 s maksymalna temperatura górnej warstwy na klatce schodowej wynosi 70 °C;
- 810 s stężenie tlenu w górnej warstwie spada do minimalnego poziomu 17 %, stężenie CO<sub>2</sub> osiąga maksymalną wartość 3 % objętościowych, następnie stężenia powoli maleją;
- 900 s stężenie CO w górnej warstwie dymu osiąga maksimum 1500 [ppm];

Hazards Control

Jak widać na wykresie nr 15, poziom gorącej warstwy dymu na korytarzu (pomieszczenie nr 2) obniża się do wysokości 25cm, jednak w przypadku gdy oddymianie ulegnie awarii i nie zadziała, gorąca warstwa (ok. 100 °C) opadnie, aż do poziomu podłogi. Funkcjonowanie prostego systemu na klatce schodowej powoduje poprawę warunków w każdym pomieszczeniu.

W tym przypadku prosty automatyczny system oddymiania zapobiega rozgorzeniu, podnosi wysokość, do której opada gorąca warstwa dymu i spowalnia proces opadania. Ma to korzystny wpływ na warunki ewakuacji i możliwości akcji ratowniczej a także zwiększa szanse przeżycia nieprzytomnego człowieka. Bez systemu oddymiania, w 355s doszłoby do rozgorzenia a to gwałtowne i niespodziewane zjawisko stanowiłoby zagrożenie dla życia strażaków.

Jak pokazuje tabela nr 7, obydwie założone kryteria wysokości warstwy dymu zostały przekroczone we wszystkich pomieszczeniach. W pomieszczeniu nr 1 kryteria temperatury dolnej i górnej warstwy oraz stężenia CO<sub>2</sub> i O<sub>2</sub> w górnej warstwie zostały przekroczone. W pomieszczeniu nr 2 przekroczone zostało kryterium temperatury dolnej warstwy dymu.

czynnik zagrożenia		kryterium	pomieszczenie nr 1	pomieszczenie nr 2	pomieszczenie nr 3
wysokość warstwy dymu		1.7 m	20 s	140 s	150 s
		0.9 m	130 s	280 s	200 s
temperatura	górnej warstwy dymu	200 °C	80 s	nie występuje	nie występuje
	dolnej warstwy dymu	60 °C	100 s	640 s	nie występuje
stężenie w górnej warstwy dymu	CO	1 %	nie występuje	nie występuje	nie występuje
	CO <sub>2</sub>	6 %	170 s	nie występuje	nie występuje
	O <sub>2</sub>	12 %	170 s	nie występuje	nie występuje
stężenie w dolnej warstwy dymu	CO	1 %	nie występuje	nie występuje	nie występuje
	CO <sub>2</sub>	6 %	nie występuje	nie występuje	nie występuje
	O <sub>2</sub>	12 %	nie występuje	nie występuje	nie występuje

Tabela 7. Czas w którym przekraczane są kryteria czynników zagrożenia.