

# Teoria pożarów

---

Ćwiczenie nr 1 – wstęp, moc pożaru

kpt. mgr inż. Mateusz Fliszkiewicz

# Plan ćwiczeń – 14 godzin

---

- Moc pożaru
- Urządzenia detekcji pożaru, elementy pożaru
- Wentylacja pożarowa
- Czas ewakuacji
- CFAST – wprowadzenie
- CFAST – porównanie z modelami empirycznymi
- Zaliczenie ćwiczeń

# Moc pożaru - definicja

$$\dot{Q} = \dot{m} \Delta H_{eff}$$

Moc pożaru (kW)

Ubytek masy w jednostce czasu (kg/s)

Efektywne ciepło spalania (kJ/kg)

$$\chi = \frac{\Delta H_{eff}}{\Delta H_c}$$

Całkowite ciepło spalania (kJ/kg)

Efektywność spalania

$$\dot{Q} = A_f \dot{m}'' \Delta H_{eff}$$

Ubytek masy na jednostkę powierzchni w jednostce czasu (kg/(s m<sup>2</sup>))

Powierzchnia pożaru

- Moc pożaru jest jednym z najważniejszych parametrów opisujących zjawisko pożaru [1]
- Moc pożaru definiowana jest jako zmiana entalpii w jednostce czasu wywołana przez przemianę energii chemicznej paliwa na ciepło w wyniku procesu spalania [2]
- Najczęściej jednostką mocy pożaru jest kW = kJ/s

[1] Babrauskas, V., and Peacock, R. D., Heat Release Rate: The Single Most Important Variable in Fire Hazard, Fire Safety J. 18, 255-272 (1992)

[2] Karlsson, B. and Quintiere, J. G., Enclosure Fire Dynamics, CRC Press LLC (2000)

# Zadania:

---

## Zadanie 1:

Założmy, że spalaniu ulega szkło akrylowe (PMMA). Podczas trwania pożaru przez cały czas mierzono ubytek masy. Średnia prędkość ubytku masy wyniosła 3 g/s. Całkowite ciepło spalania dla PMMA wynosi 25 000 kJ/kg. Oszacuj ilość energii uwalnianej w jednostce czasu z pożaru pleksi przy założeniu efektywności spalania równej 70%. Oszacuj powierzchnię pożaru zakładając średnią prędkość ubytku masy na jednostkę powierzchni równą 25 g/(m<sup>2</sup>s).

## Zadanie 2:

Spalaniu uległo 0,3 kg pianki poliuretanowej. Całkowity czas trwania pożaru wyniósł 60 sekund. Oszacuj powierzchnię pożaru zakładając średnią prędkość ubytku masy na jednostkę powierzchni równą 0,023 kg/(m<sup>2</sup>s). Oszacuj efektywne ciepło spalania, jeżeli średnia prędkość uwalniania ciepła równa była 43,38 kW.

# Moc pożaru – kalorymetr stożkowy

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}T}{\rho_0 T_0}$$

Przepływ objętościowy

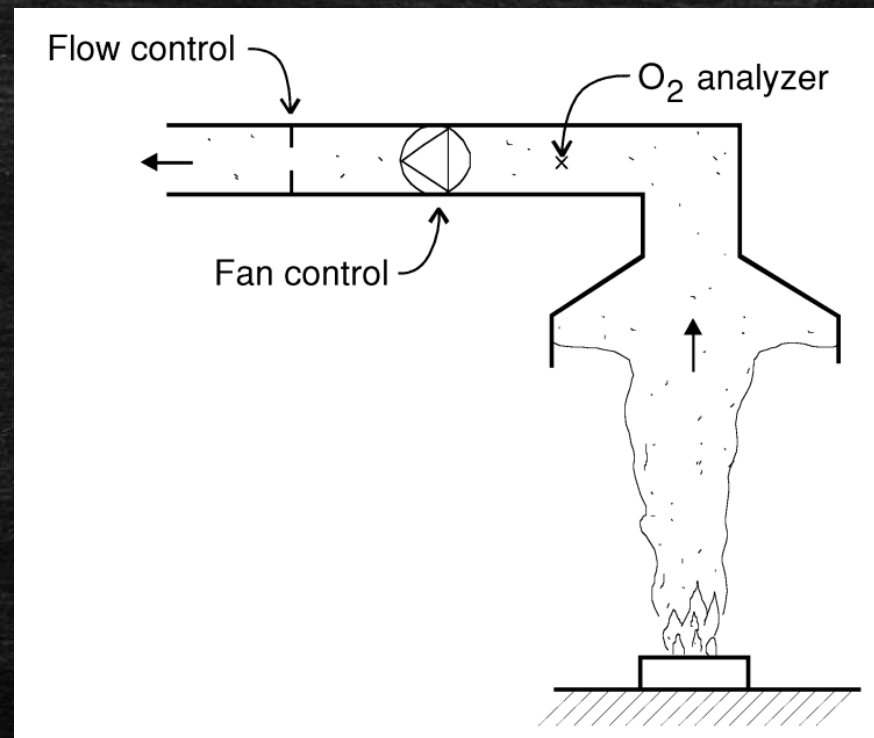
Przepływ masowy

Temperatura gazów pożarowych

Gęstość powietrza

Temperatura otoczenia

- 13 100 kJ/kg zużytego tlenu



# Zadania:

---

## Zadanie 3:

Dym z palącej się sztabki szkła akrylowego (PMMA) gromadzony jest pod okapem kalorymetru, a następnie usuwany przez kanał wyciągowy. Podczas badania mierzona była wydajność z jaką usuwane były gazy pożarowe oraz temperatura produktów spalania. Dzięki tym parametrom oszacowany został średni przepływ masy dymu przez wentylator wyciągowy równy  $0,05 \text{ kg/s}$ . Ułamek masowy tlenu, który zmierzono podczas badania równy był około  $15\%$ . Oszacuj średnią moc pożaru.

## Zadanie 4:

W kalorymetrze meblowym zmierzono temperaturę usuwanego dymu równą  $623 \text{ K}$ . Temperatura otoczenia równa była  $293 \text{ K}$ . Wydajność wentylatora po ustaleniu warunków pożarowych wyniosła  $18\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ , natomiast średni ułamek masowy tlenu równy był  $16\%$ . Oszacuj moc pożaru zakładając gęstość powietrza równą  $1,2 \text{ kg/m}^3$ .

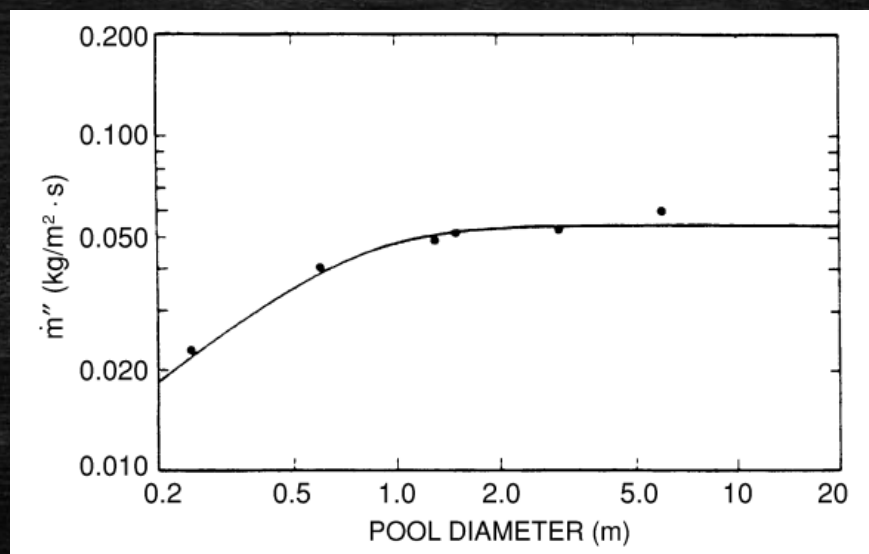
# Moc pożaru – ciecze palne

$$\dot{m}'' = \dot{m}''_{\infty} (1 - e^{-k\beta D})$$

Ubytek masy cieczy palnej dla dużych średnic pożaru ( $\text{kg}/(\text{s m}^2)$ )

Stała empiryczna dla paliw palnych ( $\text{m}^{-1}$ )

- Dla pożarów o średnicy większej niż 0,2 m ubytek masy na metr kwadratowy wzrasta wraz ze wzrostem średnicy pożaru, aż do osiągnięcia stałej wartości



# Zadania:

---

## Zadanie 5:

Agregat prądotwórczy ulega uszkodzeniu powodując rozlanie 20 litrów oleju transformatorowego na okrągłą tacę o powierzchni  $2 \text{ m}^2$ . Rozgrzany olej ulega zapaleniu. Oszacuj wartość mocy pożaru oraz czas trwania pożaru przy założeniu, że prędkość ubytku masy na jednostkę powierzchni dla oleju równa jest  $0,039 \text{ kg}/(\text{m}^2\text{s})$ , całkowite ciepło spalania  $46,4 \text{ MJ/kg}$ , a gęstość  $760 \text{ kg/m}^3$ . Stała empiryczna  $k\beta$  równa jest  $-0,7 \text{ m}^{-1}$ . Przyjmij efektywność spalania na poziomie 70%.

## Zadanie 6:

Oszacuj wartość mocy pożaru oraz czas trwania pożaru dla rozlanego oleju transformatorowego na tacach o wymiarach:

- a)  $2,0 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}$
- b)  $2,5 \text{ m} \times 1,8 \text{ m}$



# Zadania:

---

## Zadanie 7:

Oszacuj wartość mocy pożaru dla pożaru heptanu na tacy o średnicy 1,2 m. Gęstość heptanu:  $675 \text{ kg/m}^3$ , prędkość ubytku masy na jednostkę powierzchni:  $0,101 \text{ kg/m}^2\text{s}$ , całkowite ciepło spalania:  $44,6 \text{ MJ/kg}$ , stała empiryczna  $k\beta$ :  $-1,1 \text{ m}^{-1}$ , efektywność spalania: 80%.

## Zadanie 8:

W pomieszczeniu o wymiarach  $3 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 2,4 \text{ m}$  wysokości umieszczono pożar heptanu na tacy o średnicy 1,2 m. Świeże powietrze dostarczane jest przez drzwi wejściowe o wymiarach  $1 \text{ m} \times 2 \text{ m}$  wysokości. Masa wpływającego powietrza może zostać oszacowana przy użyciu następującej zależności:  $\dot{m}_a = 0,5A_0\sqrt{H_0}$  gdzie  $A_0$  to powierzchnia otworu, a  $H_0$  wysokość otworu. Oblicz maksymalną moc pożaru jaka może zostać osiągnięta w pomieszczeniu.

# Moc pożaru – pożary $t^2$

$$\dot{Q} = \alpha t^2$$

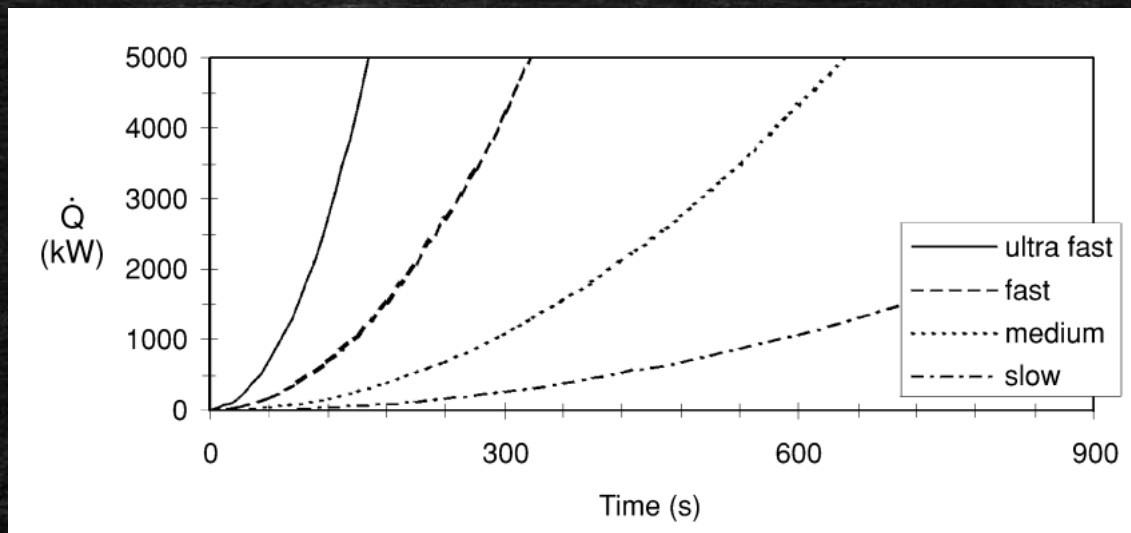
Współczynnik szybkości rozwoju pożaru [kW/s<sup>2</sup>]

Czas trwania pożaru [s]

$$\dot{Q} = \dot{q}\pi r^2$$

Gęstość mocy pożaru [kW/m<sup>2</sup>]

- W większości przypadków pożarów naturalnych moc pożaru rośnie proporcjonalnie z kwadratem czasu



# Zadania:

---

## Zadanie 9:

W pokoju hotelowym wybuchł pożar. Współczynnik  $\alpha$  dla tego typu pomieszczenia równy jest  $0,047 \text{ kW/s}^2$ , co odpowiada szybkiemu rozwojowi pożaru. Po około 180 sekundach uruchamia się instalacja tryskaczowa, która powoduje ograniczenie rozwoju pożaru i ustabilizowanie się mocy pożaru. Oszacuj wartość mocy pożaru po czasie zadziałania instalacji tryskaczowej.

## Zadanie 10:

Pożar wybuchła w sklepie z ubraniami w galerii handlowej. Lokal wyposażony jest w tryskacze standardowego reagowania. Do momentu zadziałania instalacji tryskaczowej, tj. 310 sekundy pożar rozwija się szybko. Po zadziałaniu tryskacza pożar rozwija się wolno ( $\alpha = 0,003$ ) przez kolejne 480 sekund, a następnie stabilizuje swoją moc. Oblicz maksymalną moc pożaru.

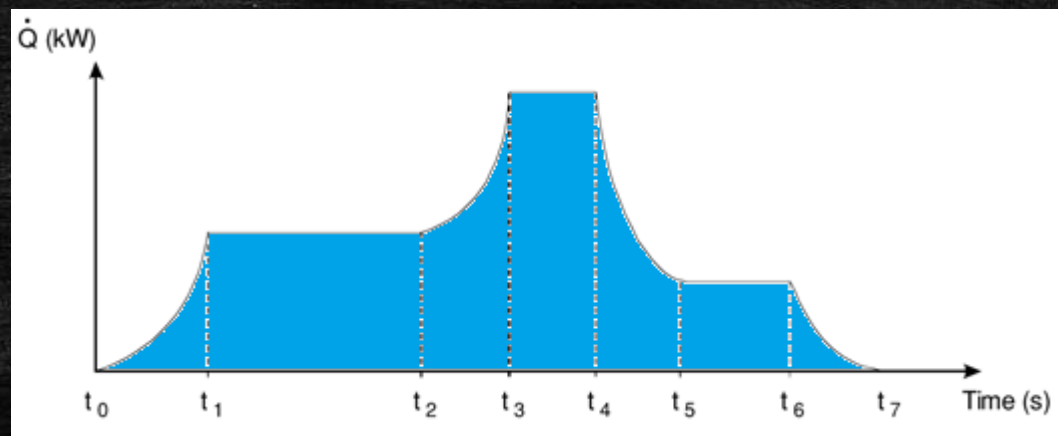
## Zadanie 11:

Pożar wybuchła w galerii handlowej niewyposażonej w instalację tryskaczową (rozwój szybki). Gęstość mocy pożaru równa jest  $625 \text{ kW/m}^2$ . Oszacuj liniową prędkość rozwoju pożaru w  $\text{m/s}$ , zakładając zwiększającą się powierzchnię pożaru osiowo symetryczną (koło).

# Moc pożaru – obciążenie ogniowe

$$Q_d = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{(Q_{ci} G_i)}{F}$$

- W wielu przypadkach możemy spotkać się z gęstością obciążenia ogniowego wyrażonego w jednostce MJ/m<sup>2</sup>
- W jaki sposób odnieść się do mocy pożaru wyrażonej w MW?



# Zadania:

---

## Zadanie 12:

W pomieszczeniu magazynowym o powierzchni  $40 \text{ m}^2$  wyznaczono gęstość obciążenia ogniowego równą  $650 \text{ MJ/m}^2$ . Zakładając pożar o stałej mocy i łącznym czasie trwania pożaru równym  $1,5$  godziny wyznacz maksymalną moc pożaru oraz gęstość mocy pożaru.

## Zadanie 13\*:

Dla poprzedniego zadania określ masę spalonego materiału po czasie  $15$  minut zakładając, że pożar przez ten czas rozwijał się ze średnią prędkością ( $\alpha = 0,012$ ). Dla uproszczenia przyjmij, że w magazynie znajduje się jedynie pianka poliuretanowa, której ciepło spalania równe jest  $26 \text{ MJ/kg}$ .

## Zadanie 14\*:

Ile czasu trwałby pożar dla poprzedniego przypadku, gdyby cały czas rozwijał się bardzo szybko ( $\alpha = 0,19$ )?