Modellizzazione del comportamento di droplets nella diffusione del SARS-CoV-2

Edoardo Barragato 1216836
10 Novembre 2022

Università degli Studi di Padova
800 anni 1222·2022

- Perché questi studi?

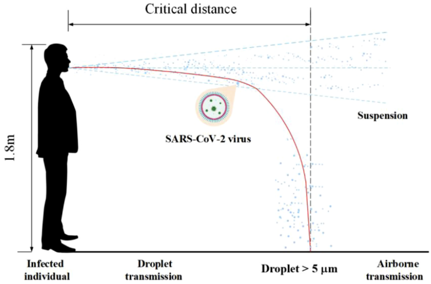


Figura: Trasmissione di droplet con SARS-CoV-2

- $D_d(t) = \sqrt{D_{d,0}^2 - kt}$
  $k = f(T_a, P_a, RH_a)$
- Limiti della D^2-*law*:
  - La presenza di una nuvola turbolenta di aria umida
  - La presenza delle droplet circostanti

Tempi di vita previsti delle goccioline molto più brevi

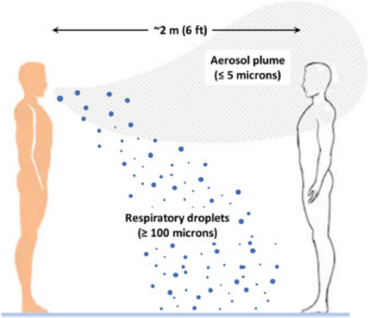


Figura: Trasmissione di droplet con SARS-CoV-2

I modelli convergono sulla forte dipendenza da:

1. Umidità relativa, RH
2. Temperatura ambiente e della droplet, T_a e T_s
3. Condizioni iniziali, D_0 e V_0

Distanza sociale di 1 metro insufficiente

Primo modello - modello analitico

- Scambio di massa:

$$\dot{m} = 2\pi r_s \overline{\rho}_g \Gamma Sh B_M \tag{1}$$

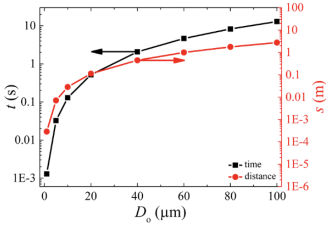
- Scambio di calore:

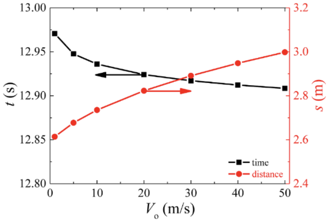
$$4\pi r_s^2 h(T_g - T_s) = \dot{q}_1 + \dot{m} L_V \tag{2}$$

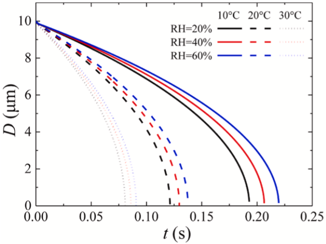
- Scambio di momento:

$$\frac{dV_l}{dt} = -\frac{3\overline{\rho}_g C_D}{8\rho_t r_s}(V_l - V_g)^2 \tag{3}$$

Primo modello - risultati







- a Tempo di sopravvivenza - distanza massima in funzione di D_0
- b Tempo di sopravvivenza - distanza massima in funzione di V_0
- c Diametro in funzione del tempo a diversi RH

Secondo modello - modello analitico

- Tempo di evaporazione:

$$t_e = D_{d,0}^2 / k \tag{4}$$

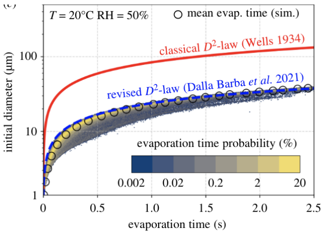
- Tempo di residenza:

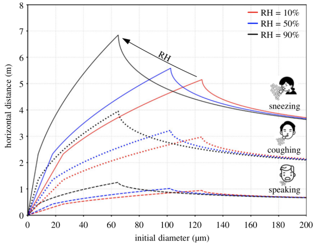
$$t_s = \frac{1}{k}\left(D_{d,0}^2 - \sqrt{D_{d,0}^4 - \frac{36\overline{\mu}kH_d}{(\rho_d - \overline{\rho})gf}}\right) \tag{5}$$

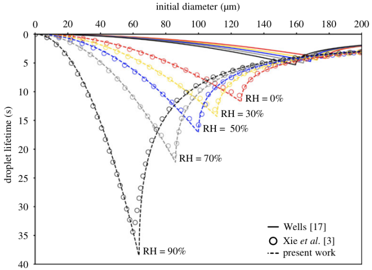
- Distanza percorsa:

$$L_d = \begin{cases} L_{d,1} = \sqrt{4BU_0R_0}\,t^{1/2} & se \quad t < t_{inj} \\ L_{d,2} = \sqrt{4BU_0R_0}\,t^{1/4}t_{inj}^{1/4} & se \quad t > t_{inj} \end{cases} \tag{6}$$

Secondo modello - risultati







- a Tempo di evaporazione in funzione di D_0
- b Distanza orizzontale in funzione di D_0
- c Tempo di sopravvivenza in funzione di D_0

- Tempo di residenza:

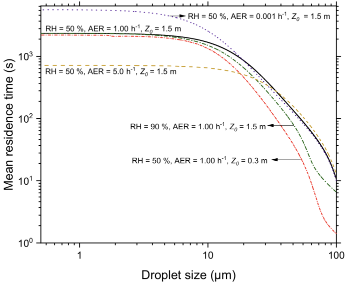
$$\overline{T} = \frac{1}{N_0} \int_{t=0}^{\infty} \int_{z=0}^{H} C(z,t) dz dt \tag{7}$$

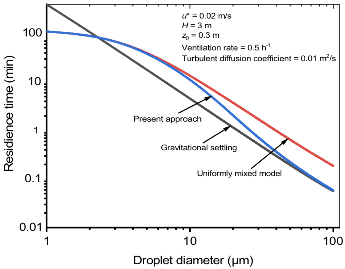
- Moto verticale:

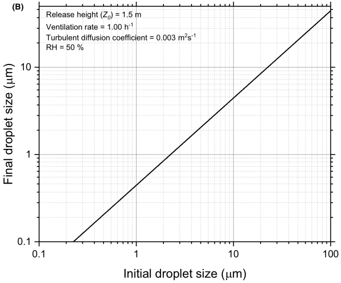
$$\frac{dT_d}{dt} = \frac{12 k_g (T_{amb} - T_d(t)) Nu(t)}{c_{H_2O} m(t)} \frac{dN_W}{dt} \tag{8}$$

$$\frac{dV_g}{dt} = g - \frac{V_g(t)(Stk(t) Drag(t) - m(t))}{m(t)} \tag{9}$$

Terzo modello - risultati







a. Tempo di residenza medio in funzione di D_s
b. Tempo di residenza in funzione di D_s - confronto
c. Diametro finale in funzione di D_0

Quarto modello - modello analitico

- Scambio di massa:

$$\dot{m}_1 = -4\pi \rho_v \alpha_g R_s log(1 + B_T) \tag{10}$$

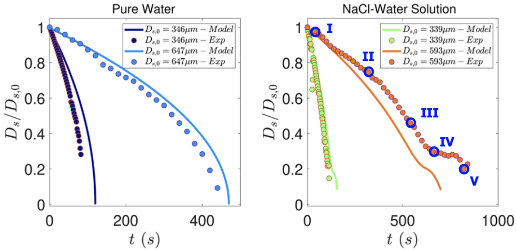
- Bilancio di energia:

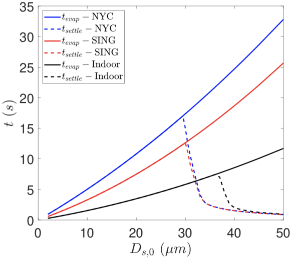
$$m C_{p,l} \frac{\partial T_s}{\partial t} = -k_g A_s \frac{\partial T_s}{\partial r}\bigg|_s + \dot{m}_1 h_{fg} - \dot{m}_1 e_l \tag{11}$$

- Tempo di residenza:

$$\int_0^{t_{settle}} \omega dt = \sigma_H/2 \qquad \omega = (\rho_p - \rho_f) g D_s^2 / 18\mu \tag{12}$$

Quarto modello - risultati





a. Diametro normalizzato in funzione di t per droplet di acqua o soluzione NaCl-acqua
b. Tempo di sopravvivenza in funzione di D_0 in tre ambienti

Confronto dei modelli