

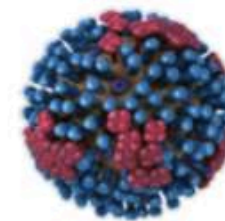
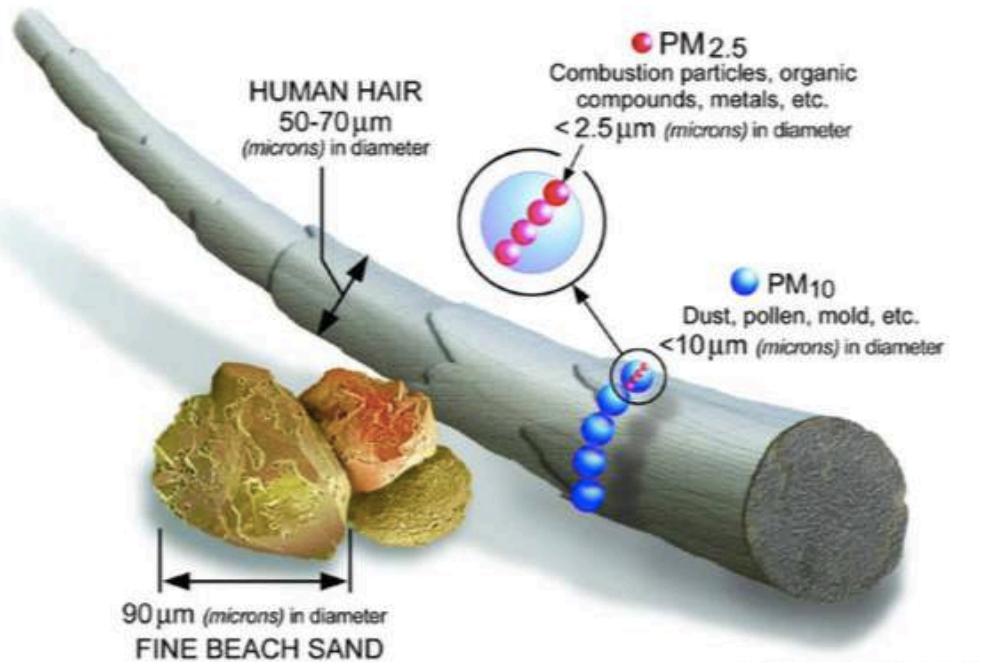


# Trasmissione aerea del SARS-CoV-2 negli ambienti chiusi

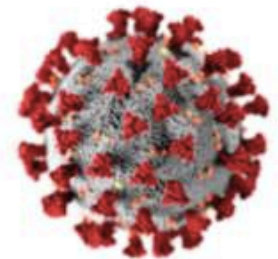
PROF. GIORGIO BUONANNO

# Dimensioni di un virus

## Virus Size



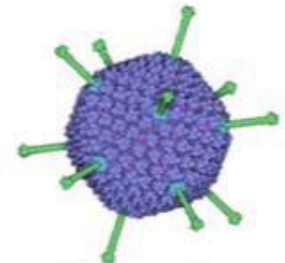
influenza  
0.1  $\mu\text{m}$



SARS-CoV-2  
0.12  $\mu\text{m}$

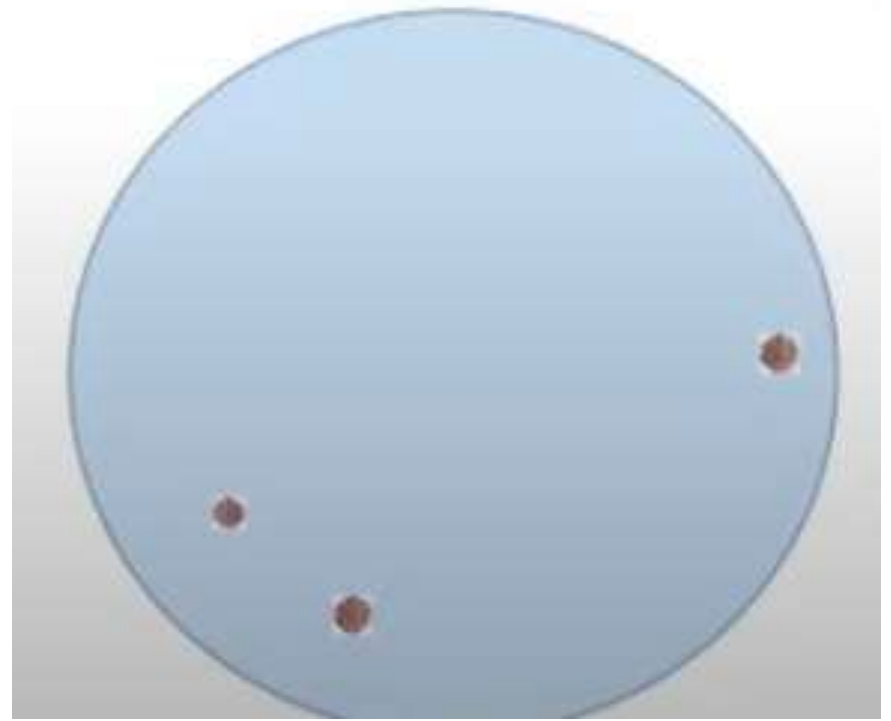
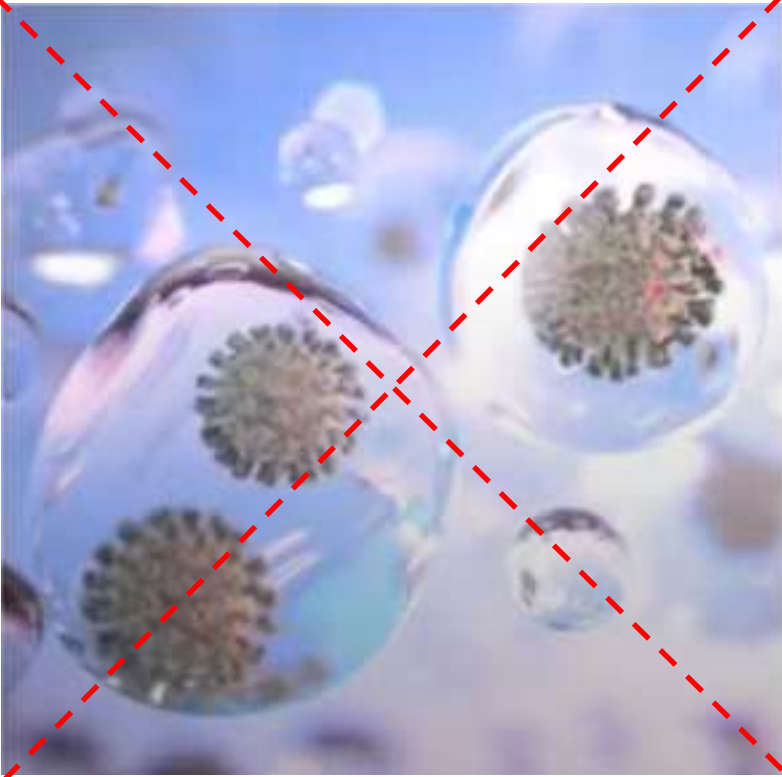


rhinovirus  
0.03  $\mu\text{m}$

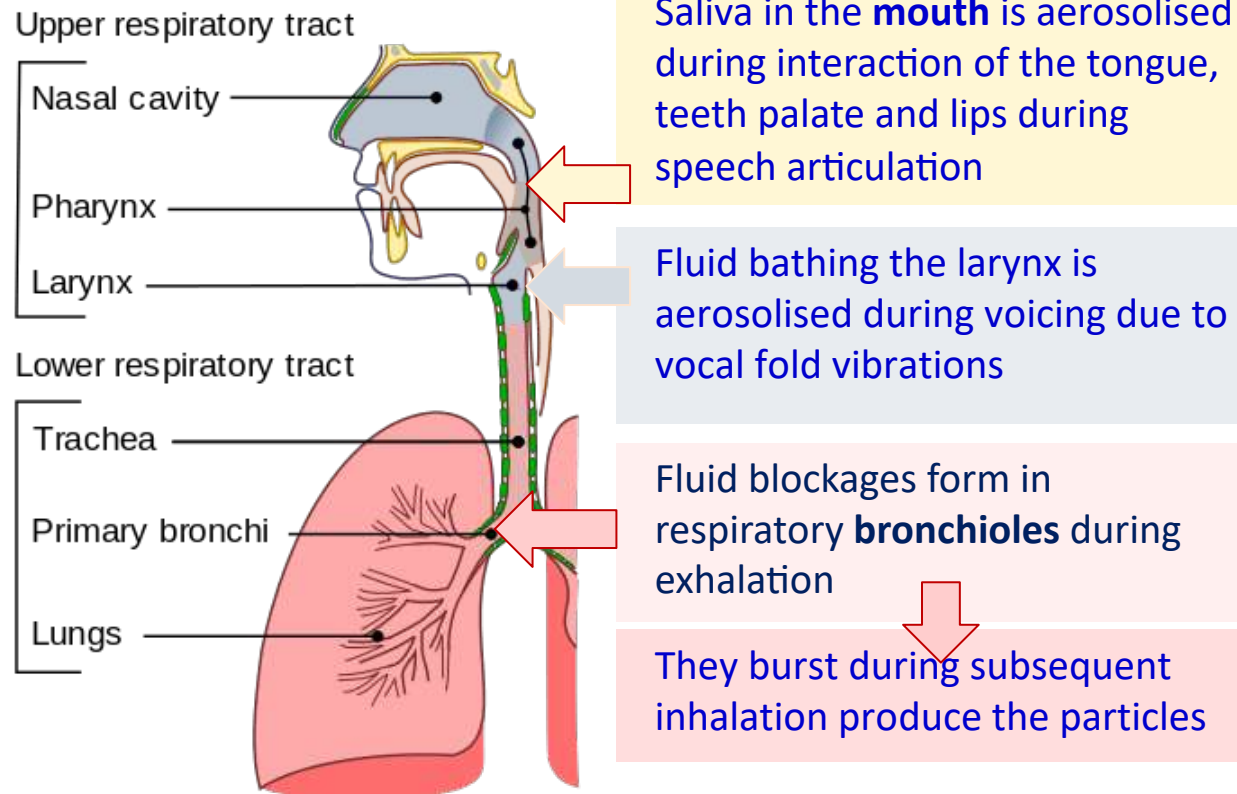


adenovirus  
0.1  $\mu\text{m}$

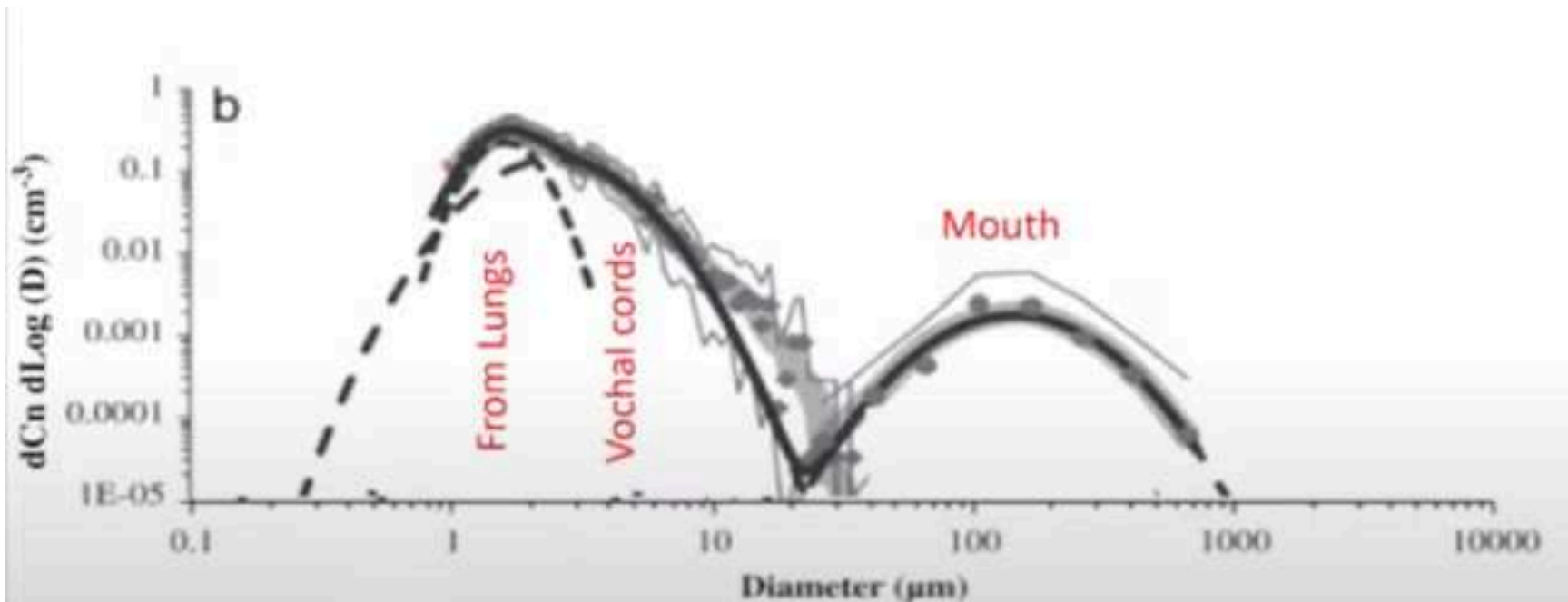
# Dimensioni di un virus



# L'atomizzazione nel corpo umano



# Size distribution and sites of origin of droplets expelled during speaking



From Johnson et al., *J. Aerosol Sci.* (2011)

Black line is best estimate

Emitted respiratory particles when speaking

# Il carico virale emesso (quanta)

$$ER_q = c_v \cdot c_i \cdot IR \cdot V_d = c_v \cdot \frac{1}{C_{RNA} \cdot C_{PFU}} \cdot IR \cdot V_d$$

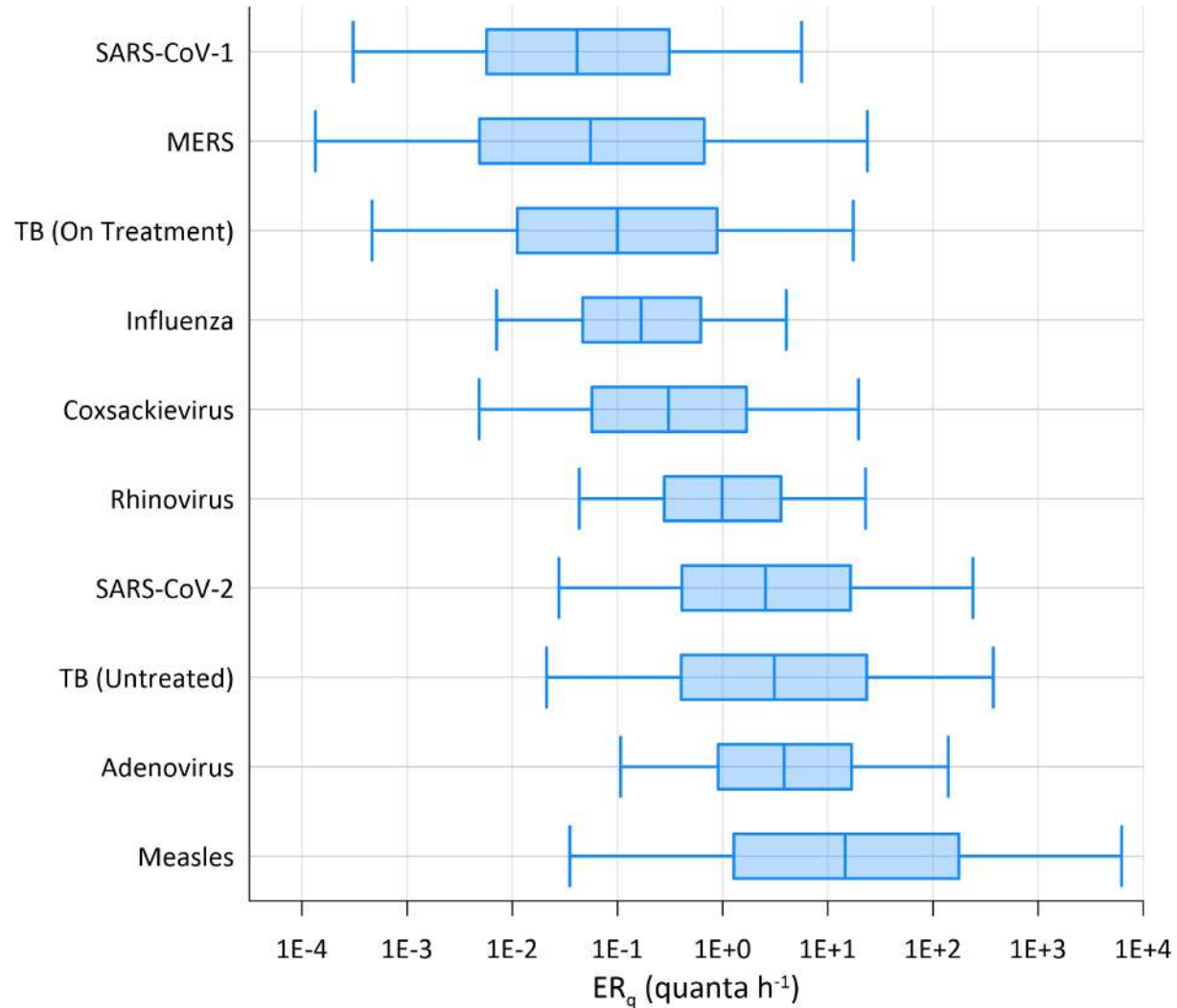
Buonanno et al., 2020. Estimation of airborne viral emission: Quanta emission rate of SARS-CoV-2 for infection risk assessment. *Environment International* 141 - 105794

Morawska et al., 2020. How can airborne transmission of COVID-19 indoors be minimised? *Environment International* 142 – 105832

Buonanno et al., 2020. Quantitative assessment of the risk of airborne transmission of SARS-CoV-2 infection: Prospective and retrospective applications, *Environment International* 145 - 106112

Miller et al., 2020. Transmission of SARS-CoV-2 by inhalation of respiratory aerosol in the Skagit Valley Chorale superspreading event, *Indoor Air*, in press

# Il carico virale emesso



# Modalità di trasmissione di un virus

## DROPLETS ( $D > 100 \mu\text{m}$ )

- proiettili balistici che impattano sugli occhi, narici, bocca
- modalità dominante per OMS e ISS
- contributo rilevante solo per tosse/starnuto

## AEROSOLS ( $D < 100 \mu\text{m}$ )

- come fumo
- modalità di trasmissione dominante

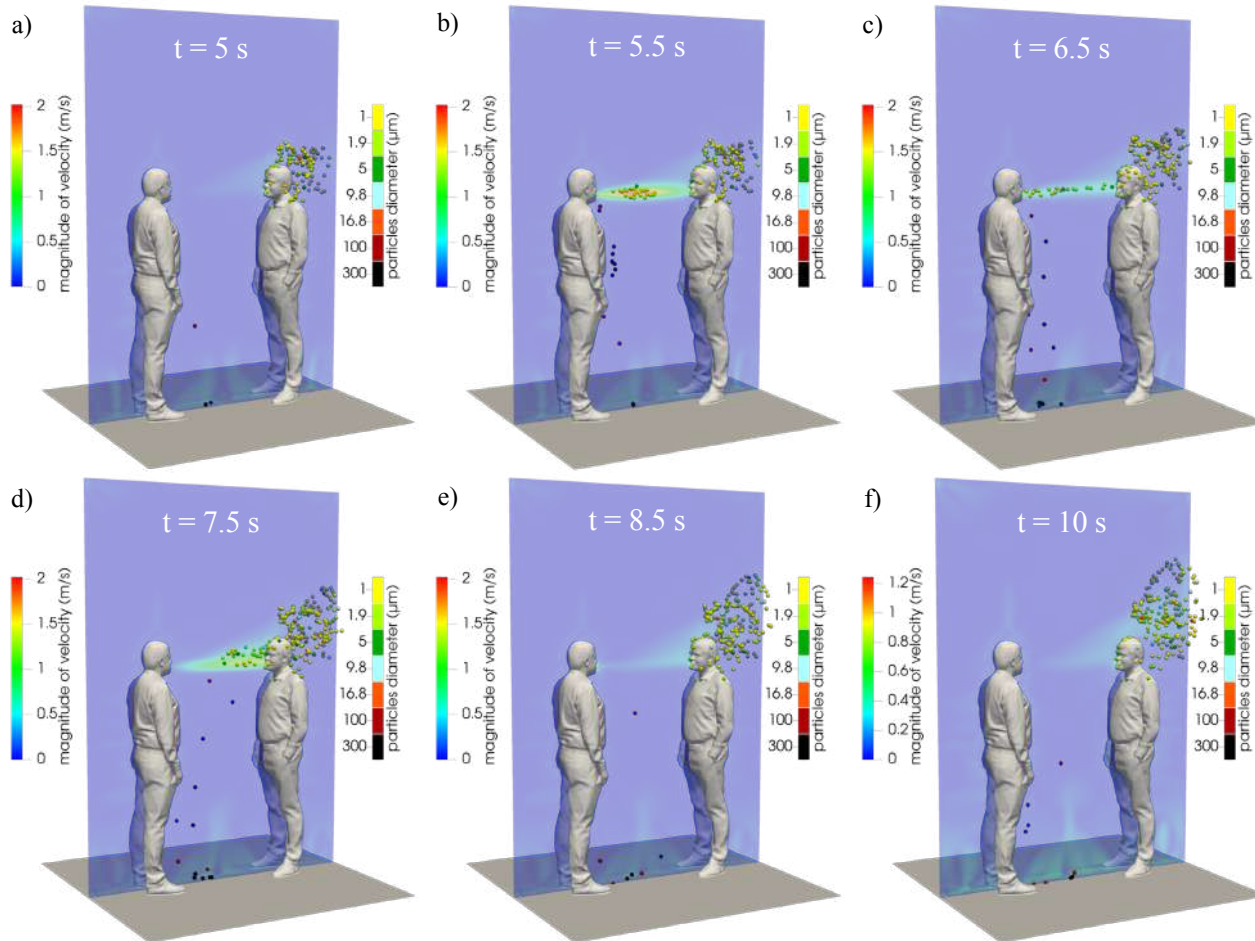
## SUPERFICI (fomiti)

- viene considerato secondario
- studio in UK sul lavaggio mani ha stimato contributo del 16%

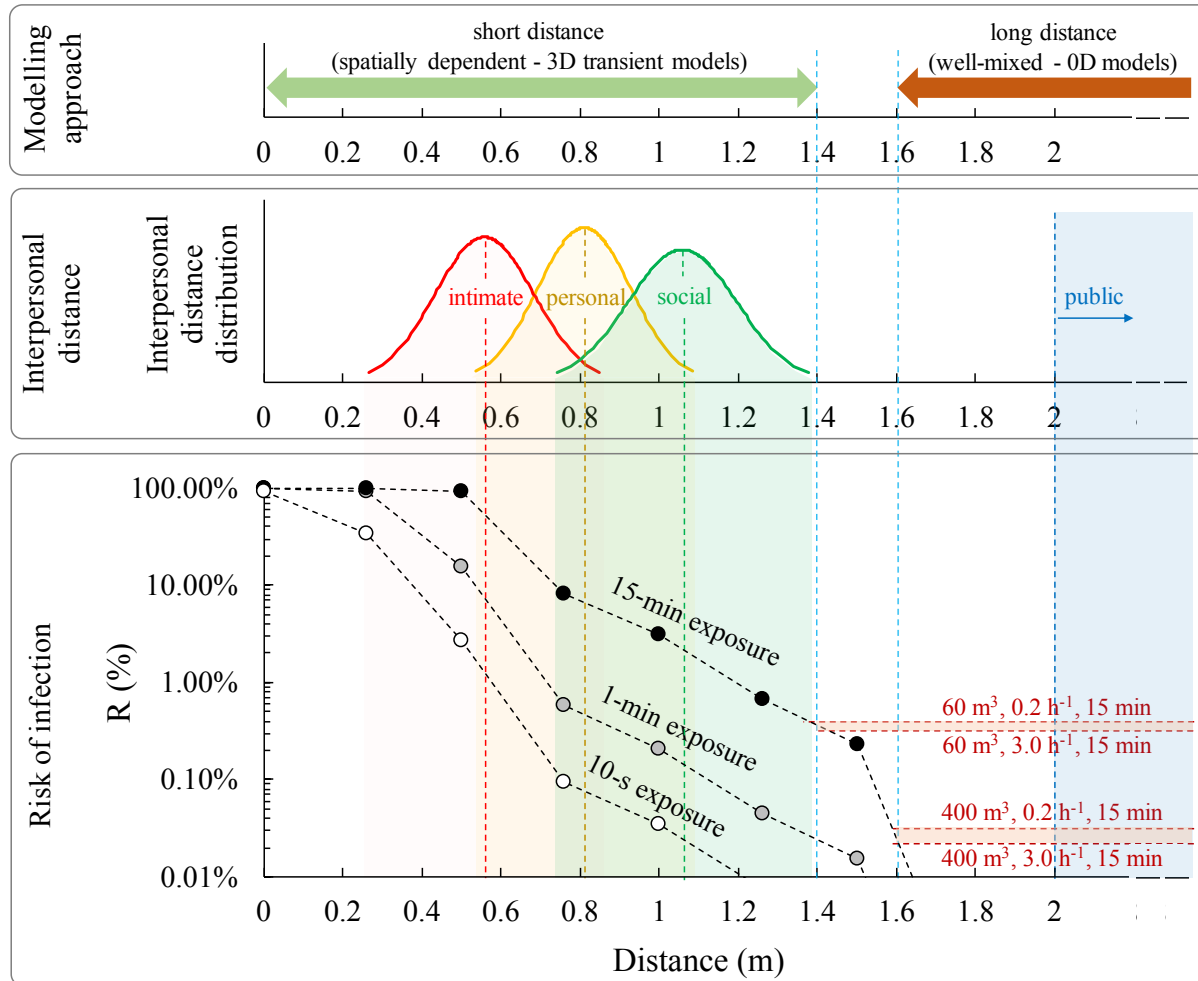




# Close contact

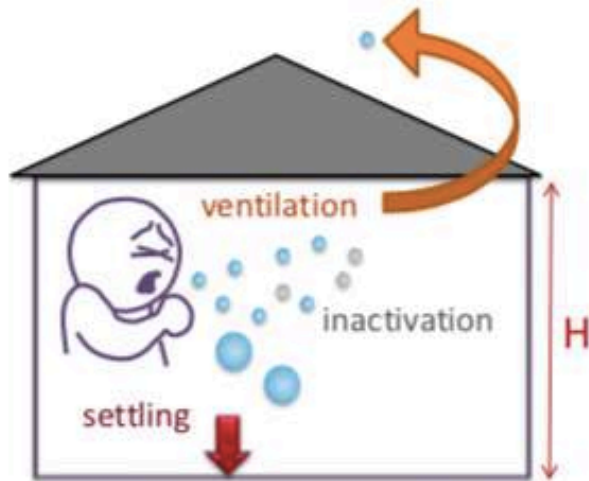


# Close contact



# Deposizione, ventilazione e inattivazione

## Virus Dynamics in Indoor Air



$$\frac{dC_d}{dt} = -\left(\frac{v}{H} + \lambda + k\right)C_d$$

↑  
concentration of infectious virus in aerosols of diameter  $d$

Labels for the equation terms:  
-  $\frac{v}{H}$ : ventilation (air-exchange)  
-  $\lambda$ : settling  
-  $k$ : inactivation

- Settling velocity  $v$  depends on diameter  $d$
- Diameter depends on RH
- Inactivation rate  $k$  depends on RH



relative humidity (RH)

# Raccomandazioni in Giappone



# Prevenzione sulla trasmissione del virus (evitare indoor)

Gli ambienti indoor non sono mai sicuri al 100%

Bisogna evitare:

- Assembramenti
- Di essere senza mascherina
- Indoor
- Scarsa ventilazione
- Prossimità
- Esposizioni prolungate
- Parlare/cantare/strillare



# Approccio per la stima del rischio infezione indoor

Novel approach for quantitative assessment of the individual infection risk of airborne transmission of SARS-CoV-2

Probability of infection  
“Four step approach”

quanta emission rate

exposure to quanta concentration

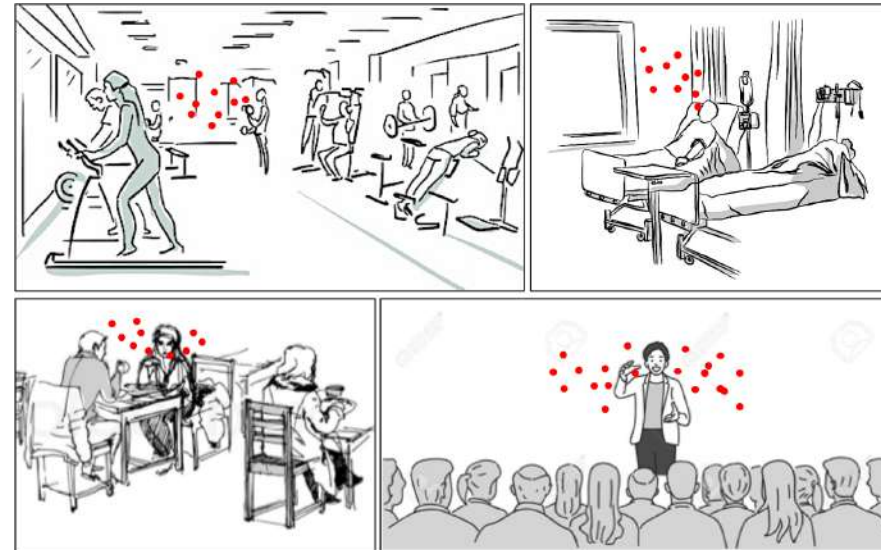
dose of quanta received

dose-response model

Occurrence of the probability of infection

Estimate of the Individual infection risk

Application of the approach to prospective and retrospective assessments



- Determination of the maximum exposure time to guarantee an acceptable individual infection risk
- Identification of “superspreading event”

**Come minimizzare il rischio a scuola:** classe di 50x3 m<sup>3</sup>,  
25 studenti, insegnante infetta su 2 ore che spiega ad alta voce,  
ventilazione naturale, tempo esposizione 300 min

	Rischio individuale infezione (%)	Massimo numero di persone contagiate	Numero massimo di persone per avere $R_0 < 1$
<b>1</b> Zero precauzioni	15	12	2
● Ventilazione forzata (3 vol/h)	4.3	4	5
<b>2</b> Mascherine	7.6	7	3
● Microfono (bassa voce)	2.7	1,4	9
● Mascherine + Ventilazione forzata	2.2	2	11
<b>3</b> Mascherine + ventilazione forzata + microfono	0,8	0,4	30 > 25



# Costi ventilazione vs dispositivi protezione individuale

## Livello di protezione basso

- si può utilizzare un purificatore dell'aria di prestazioni medie ( $1.4 \text{ vol h}^{-1}$ ) oppure l'adozione di mascherine chirurgiche.
- il costo del purificatore risulta inferiore a 1000 €, comprensivo dei costi di esercizio (circa 150 €). Il costo di 25 mascherine chirurgiche per 25 studenti per 200 giorni scolastici è pari a 2500 €.

## Livello di protezione elevato

- si può utilizzare un impianto di ventilazione meccanica controllata ( $10 \text{ vol h}^{-1}$ ) oppure l'adozione di filtri facciali (FFP2/N95).
- il costo dell'impianto risulta inferiore a 5000 €, comprensivo dei costi di esercizio (circa 1000 €). Il costo di 25 filtri facciali per 25 studenti per 200 giorni scolastici è pari a 15000 €.

**In entrambi i casi si può raggiungere con la ventilazione controllata lo stesso livello di rischio rispetto ai sistemi di protezione individuale (che ovviamente non sono controllabili) con un costo totale (impianto + esercizio) pari ad un terzo.**



# Rischio individuale e capienza massima nei principali mezzi di trasporto



Tracing surface and airborne SARS-CoV-2 RNA inside public buses and subway trains

Teresa Moreno<sup>1,2,3</sup>, Rosa María Pínto<sup>3,4</sup>, Albert Bosch<sup>5</sup>, Natalia Moreno<sup>3</sup>, Andrés Alastuey<sup>6</sup>, María Cruz Mingullón<sup>7</sup>, Eduard Anfruns-Estrada<sup>8</sup>, Susana Gaix<sup>9</sup>, Cristina Fuentes<sup>3</sup>, Giorgio Buonanno<sup>10,11</sup>, Luca Stabile<sup>12</sup>, Lidia Morawska<sup>13</sup>, Xavier Querol<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute of Environmental Assessment and Water Research (IDAEA), Spanish Research Council (CSIC), Jordi Girona 18,36, 08034 Barcelona, Spain  
<sup>2</sup> Physics of Plasmas Laboratory, Dept. Chemistry, Metallurgy and Materials, University of Barcelona, Avda. Diagonal 645, 08028 Barcelona, Spain  
<sup>3</sup> Department of Civil and Mechanical Engineering, University of Guelph and Institute Guelph, Canada, G1G  
<sup>4</sup> International Laboratory for Air Quality and Health, Queensland University of Technology, Brisbane, Australia

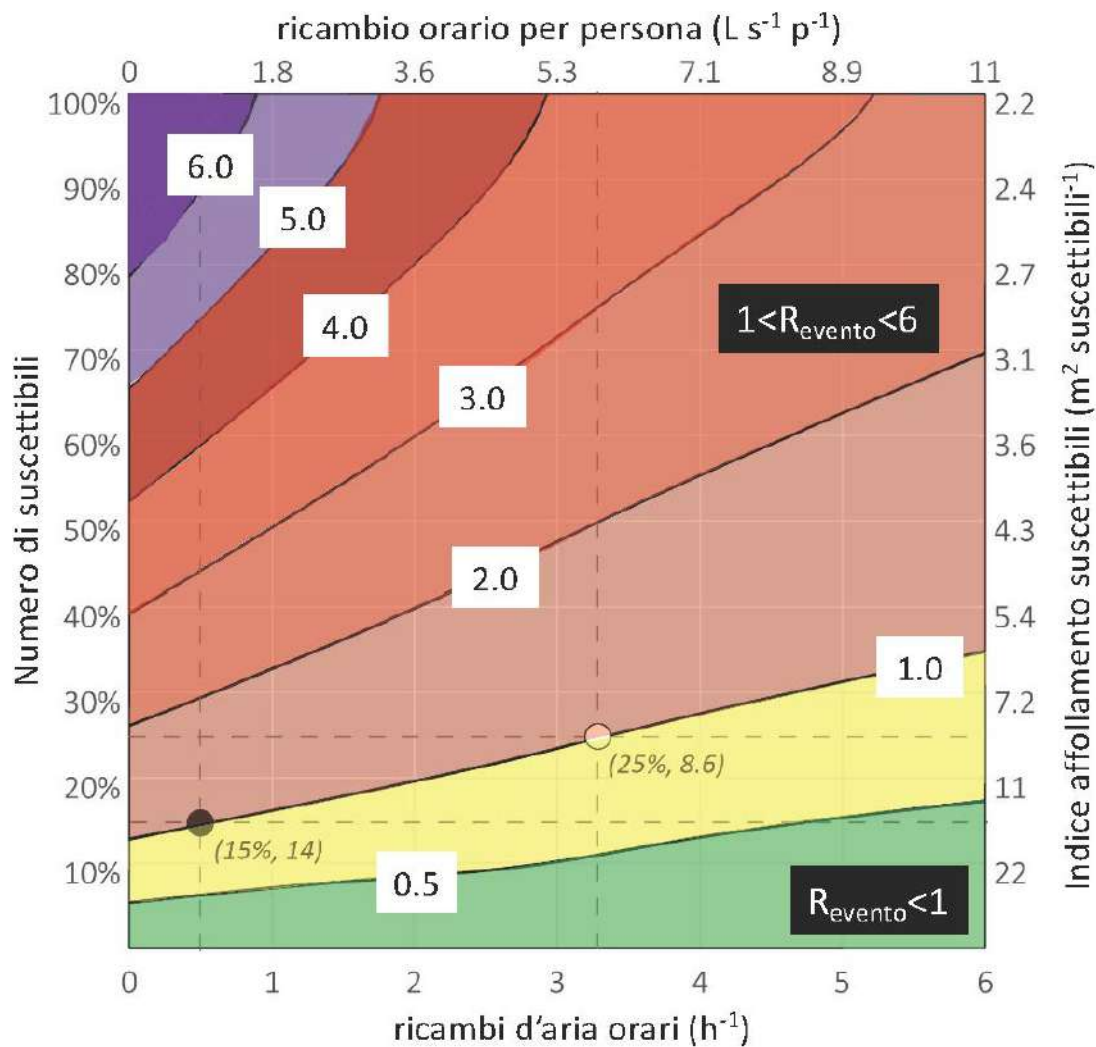


Tempo esposizione (min)	Prevalenza infezione**	Rischio individuale (%)*		Capienza massima per avere R <sub>t</sub> < 1 (%)*	
		Senza mascherine	Con mascherine	Senza mascherine	Con mascherine
30	Bassa	0.2	0.1	25	49
	Media	0.5	0.2	11	22
	Alta	0.7	0.4	8	15
45	Bassa	0.2	0.1	100	100
	Media	0.4	0.2	63	100
	Alta	0.6	0.3	43	85
120	Bassa	0,4	0,2	22	44
	Media	0,7	0,4	13	26
	Alta	1,1	0,6	8	17
180	Bassa	0.3	0.2	71	100
	Media	0.6	0.3	36	70
	Alta	1.0	0.5	24	47

# $R_t$ in ristoranti



Volume = 640 m<sup>3</sup>  
 Tempo di esposizione = 1.5 ore



# 100 anni fa...



BIG CITY

## Schools Beat Earlier Plagues With Outdoor Classes. We Should, Too.

A century ago, children in New York City attended classes during a pandemic. It seemed to work.

