



Northeastern



Analisi e intelligence epidemiologica nelle prime fasi della pandemia

Alessandro Vespignani

 MOBS LAB

LABORATORY FOR THE MODELING OF BIOLOGICAL
AND SOCIO-TECHNICAL SYSTEMS

Linea temporale

- Definizione delle fasi di analisi per i virus emergenti
- Metodologie di lavoro
- Eventi salienti delle fasi iniziali della Pandemia dovuta al SARS-CoV-2
- Analisi cronologica delle fasi di lavoro di intelligence e risultati durante la prima fase pandemica

Quali problemi

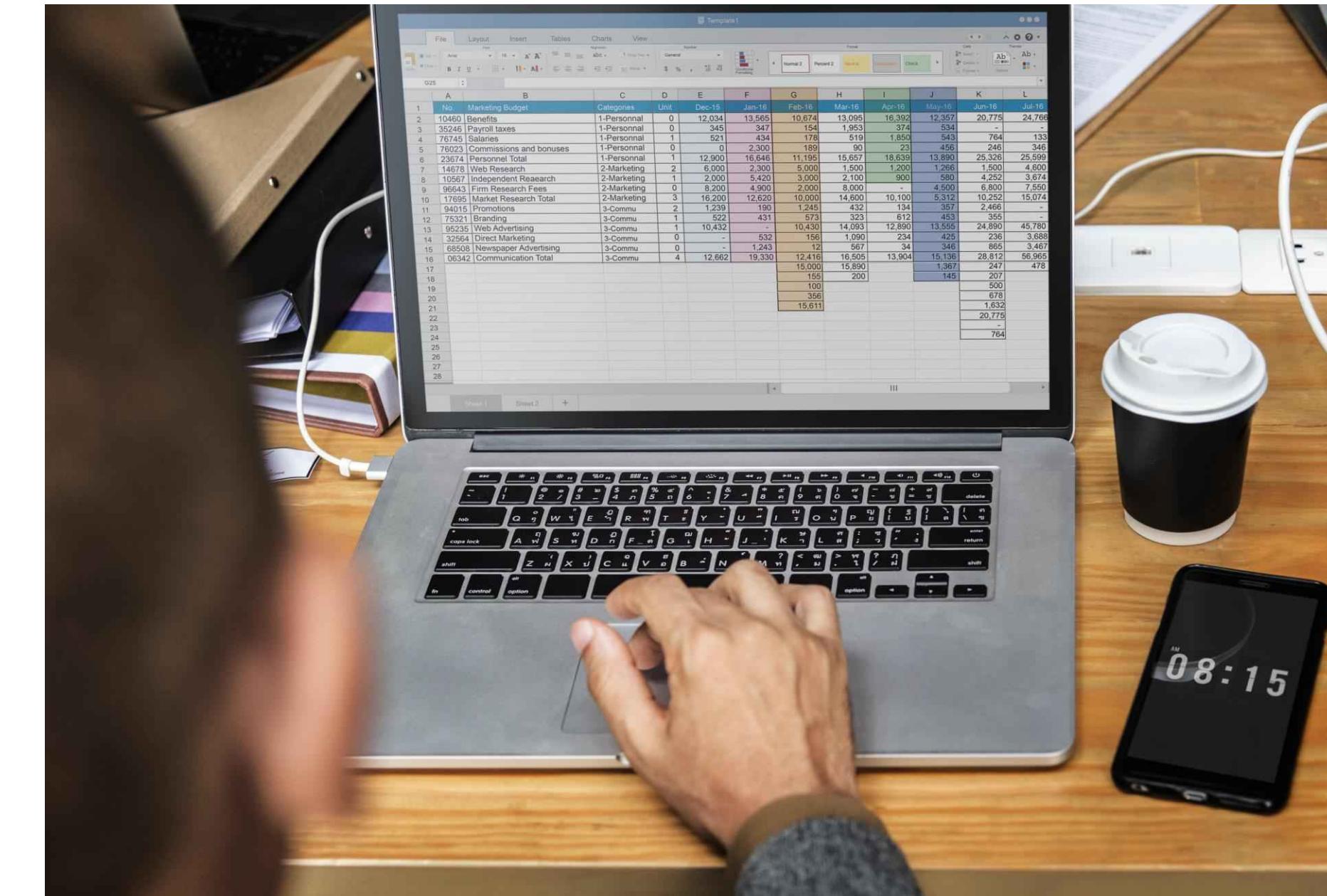
- “Fog of war”: incertezza, non conoscenza dei meccanismi di infezione, mancanza di personale, stress di sistema, etc.
- Definizione e raccolte dati eterogenee (cosa e' un caso? Un decesso? Etc.)
- Sistemi di monitoraggio e raccolta non comunicanti
- Impreparazione dei sistemi di sorveglianza
- Privacy and ethical issues
- Mancanza di framework algoritmici (quali database e gestito da chi?)

I dati

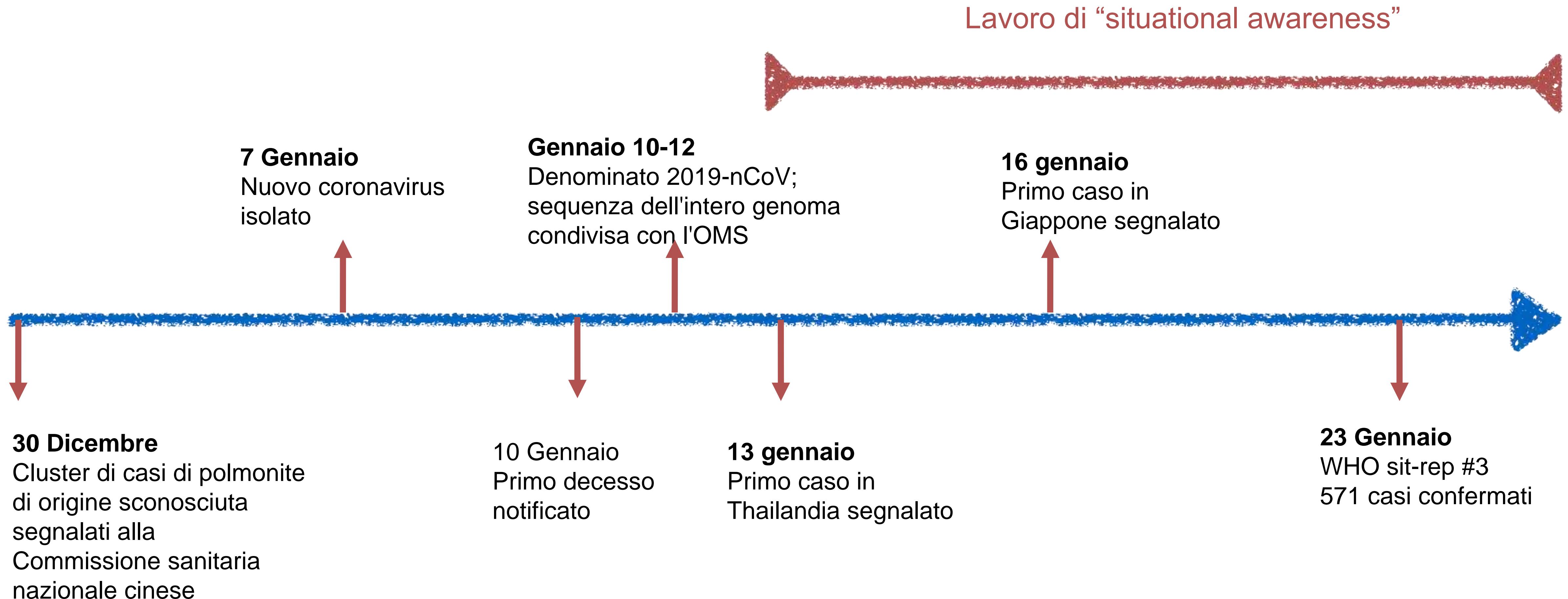
- Come il pubblico immaginava



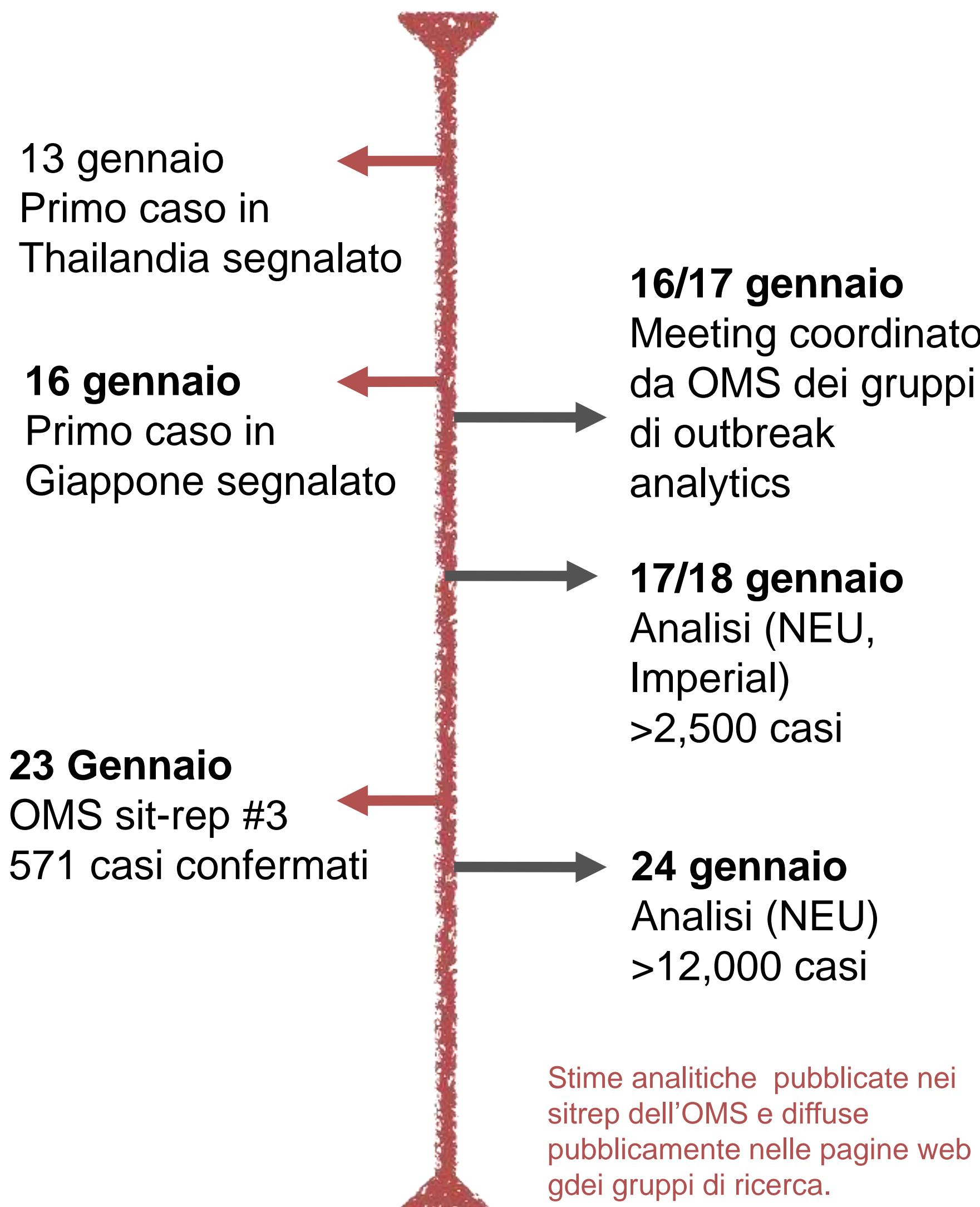
- Come è andata davvero



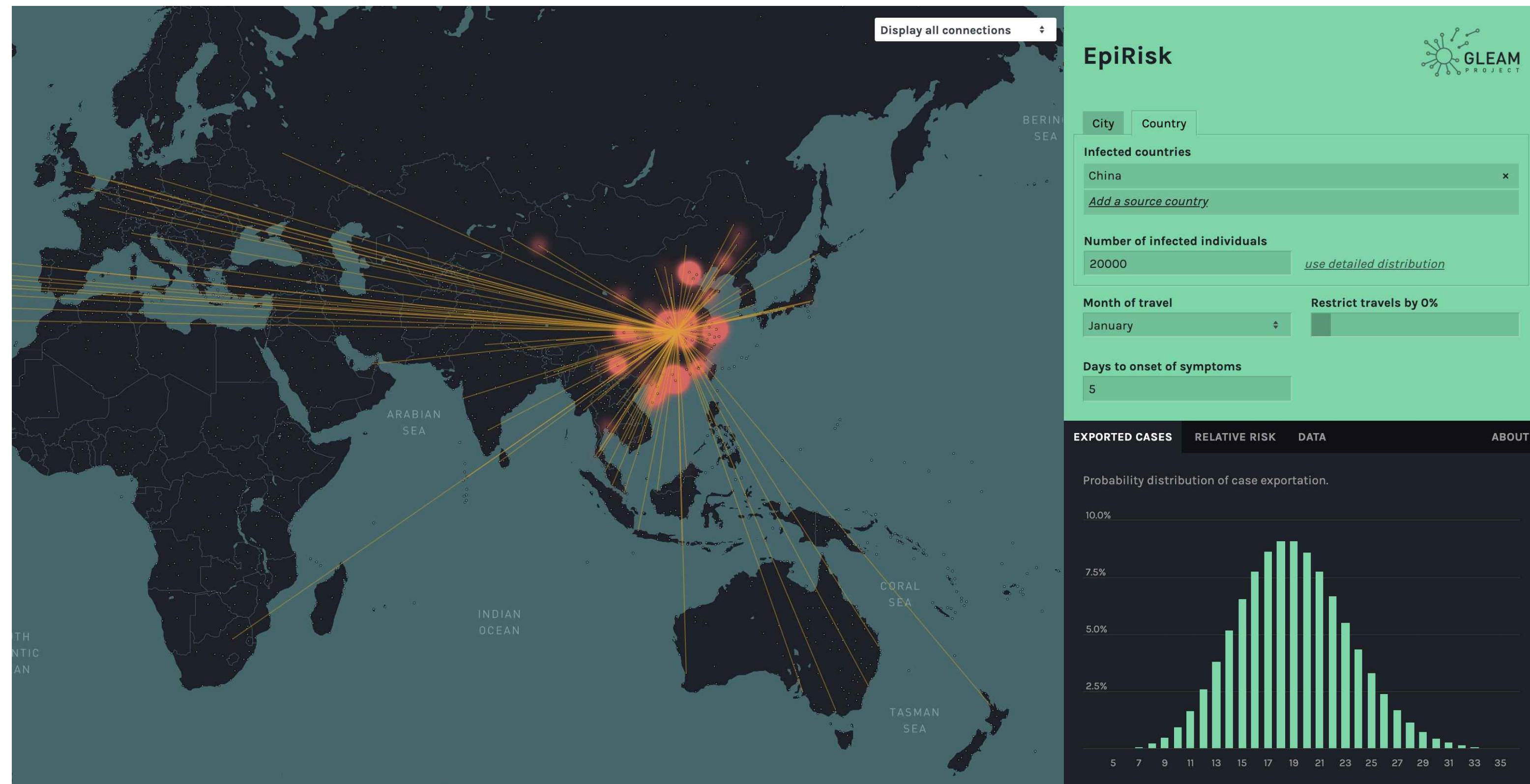
1. Rilevamento



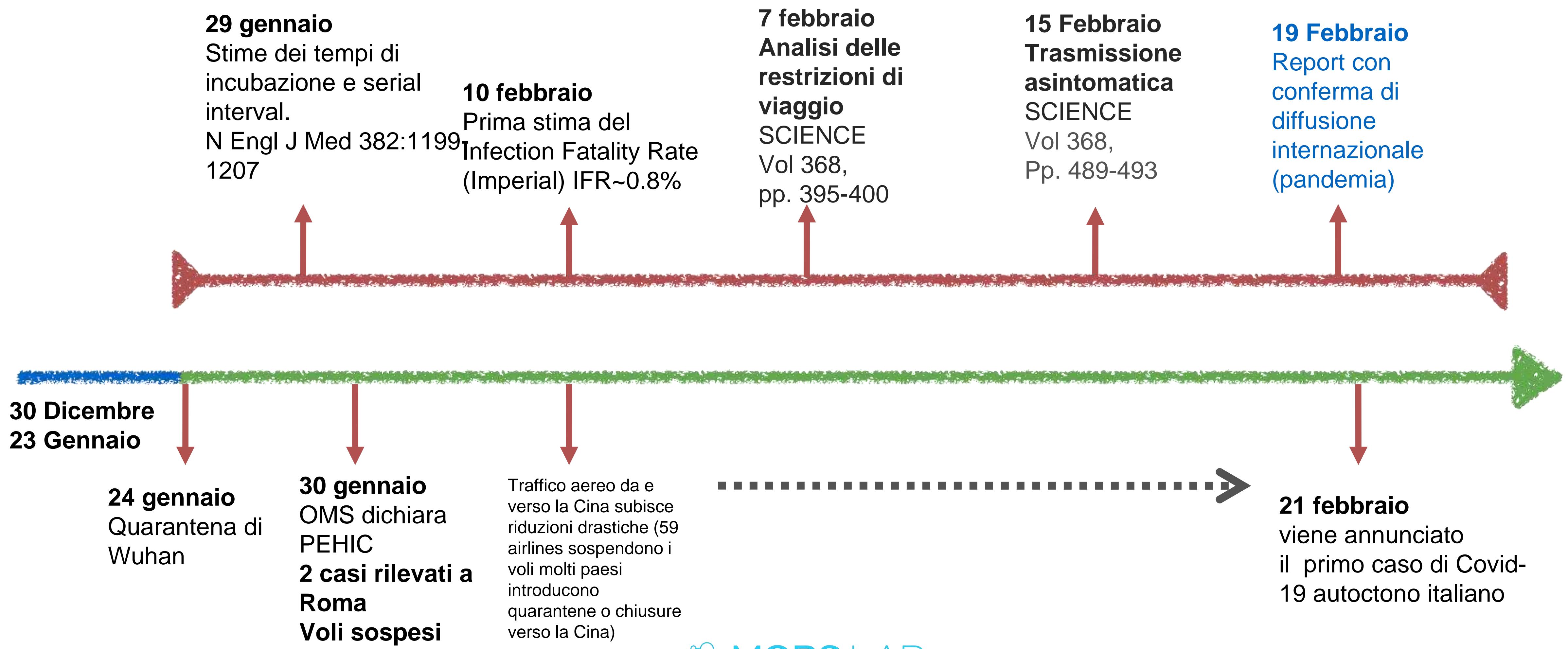
Lavoro di “situational awareness”



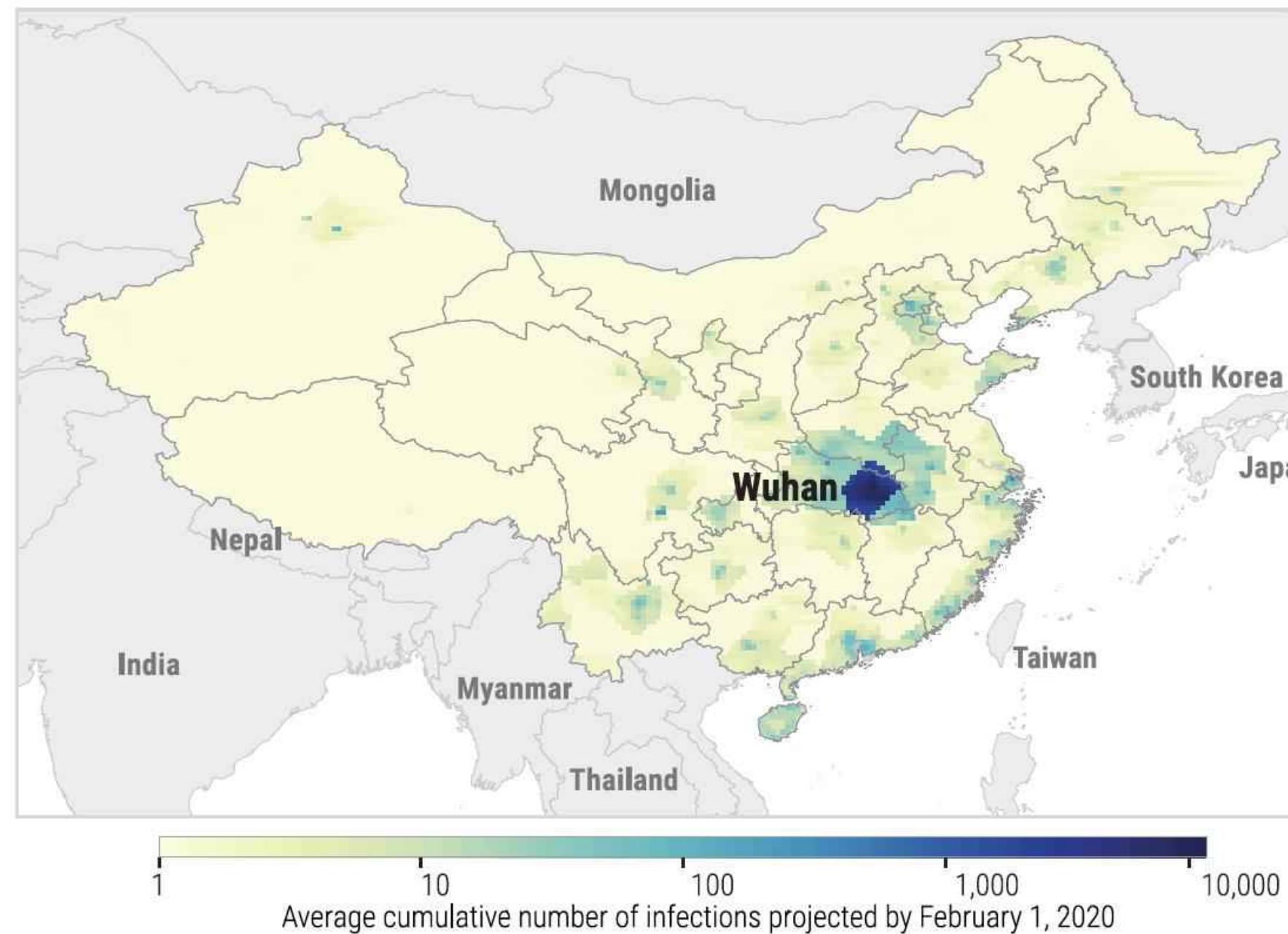
Analisi ottenute dai casi osservati in ambito internazionale usando i dati di traffico aereo ufficiali. Le analisi prescindono dalla descrizione dettagliata della malattia e la sua trasmissibilità.



2. Fenomenologia epidemiologica e strategie di contenimento

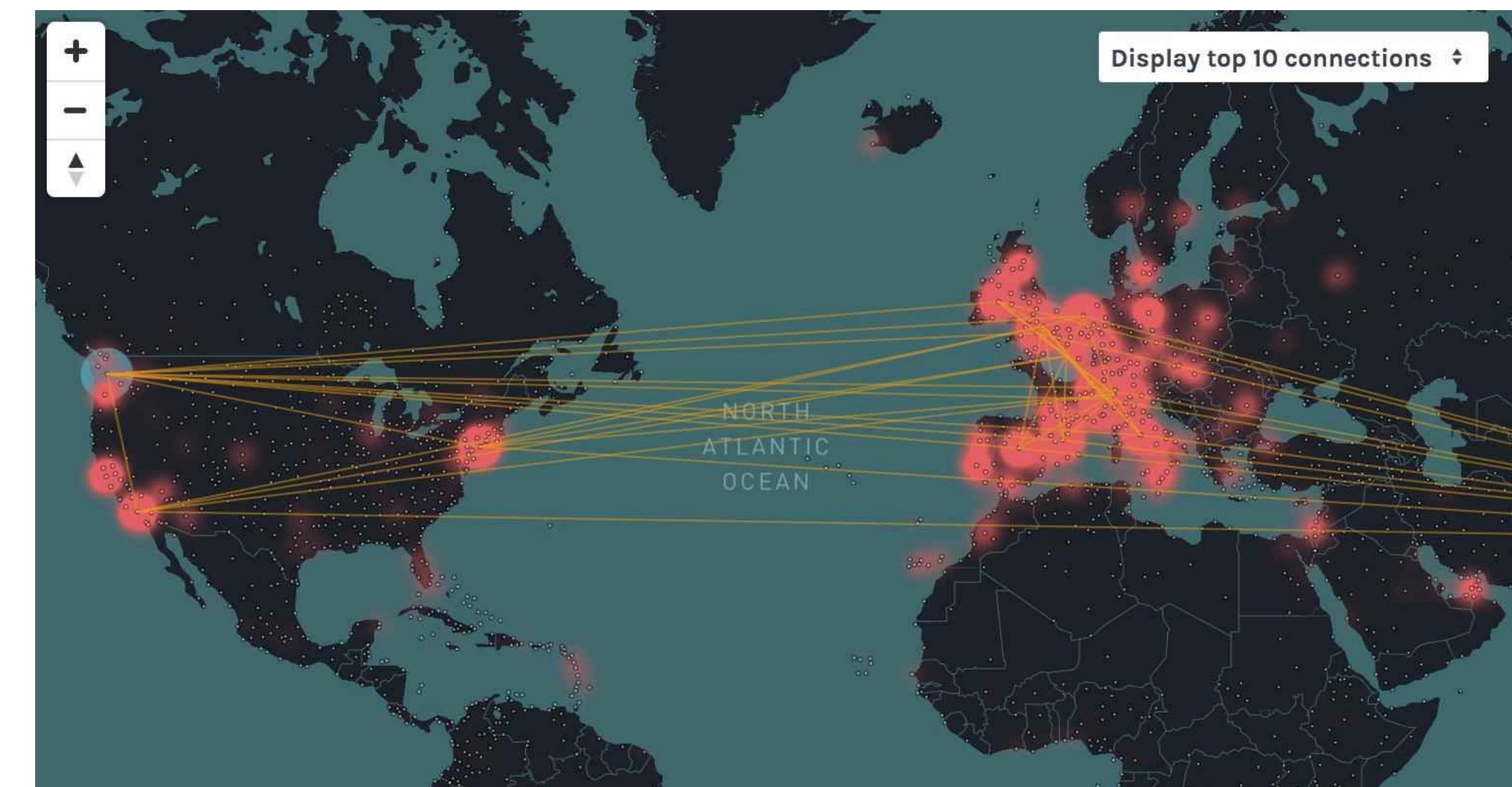


Analisi restrizioni di viaggio

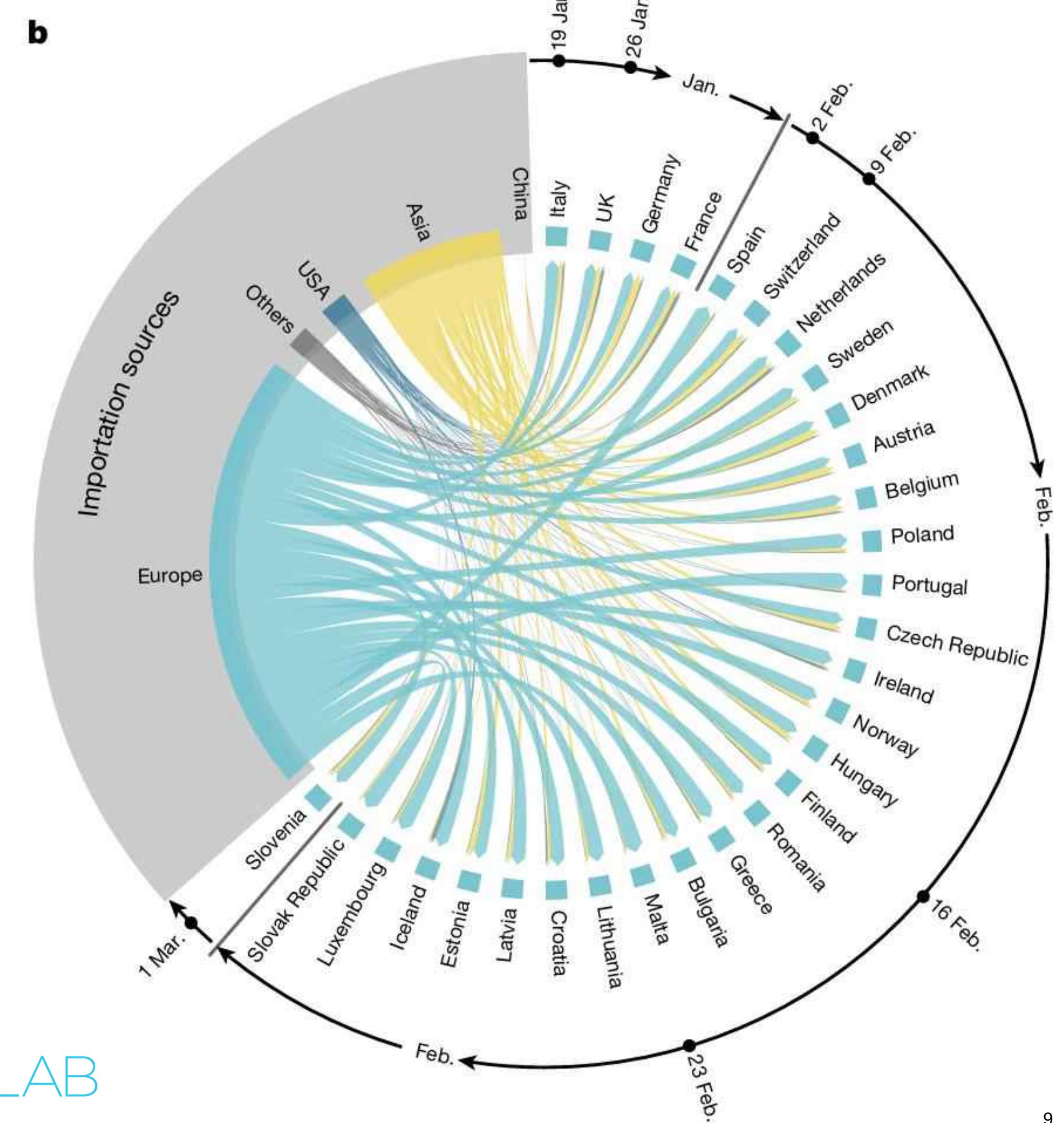
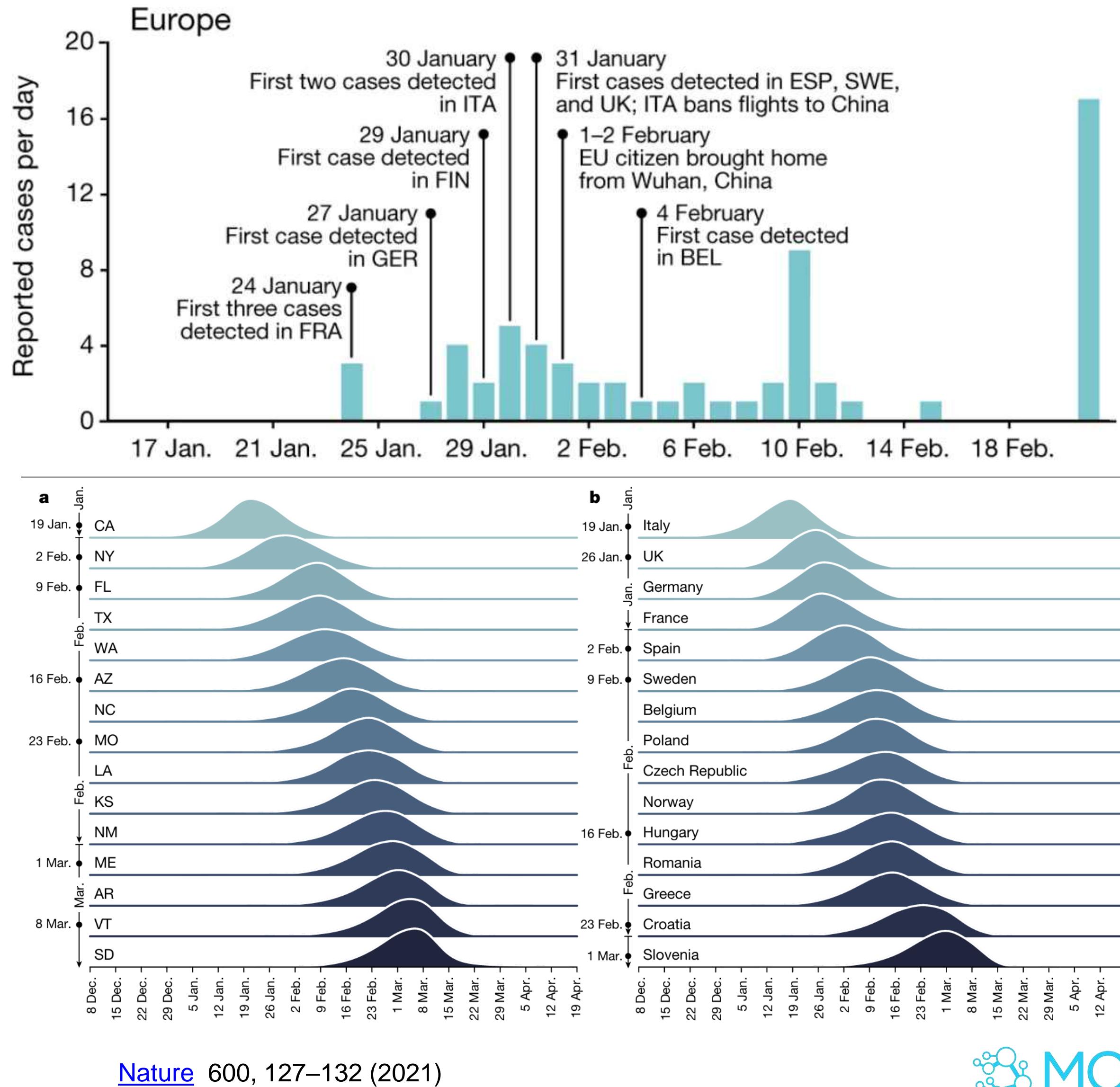


locations. By 1 February 2020, in the strong transmissibility reduction scenario, the model estimates 101 (90% CI: 50 to 173) importation events, with one or more potential infections that could seed multiple epidemic outbreaks across the world, potentially leading to the international expansion of the COVID-19 epidemic. This finding is consistent with the

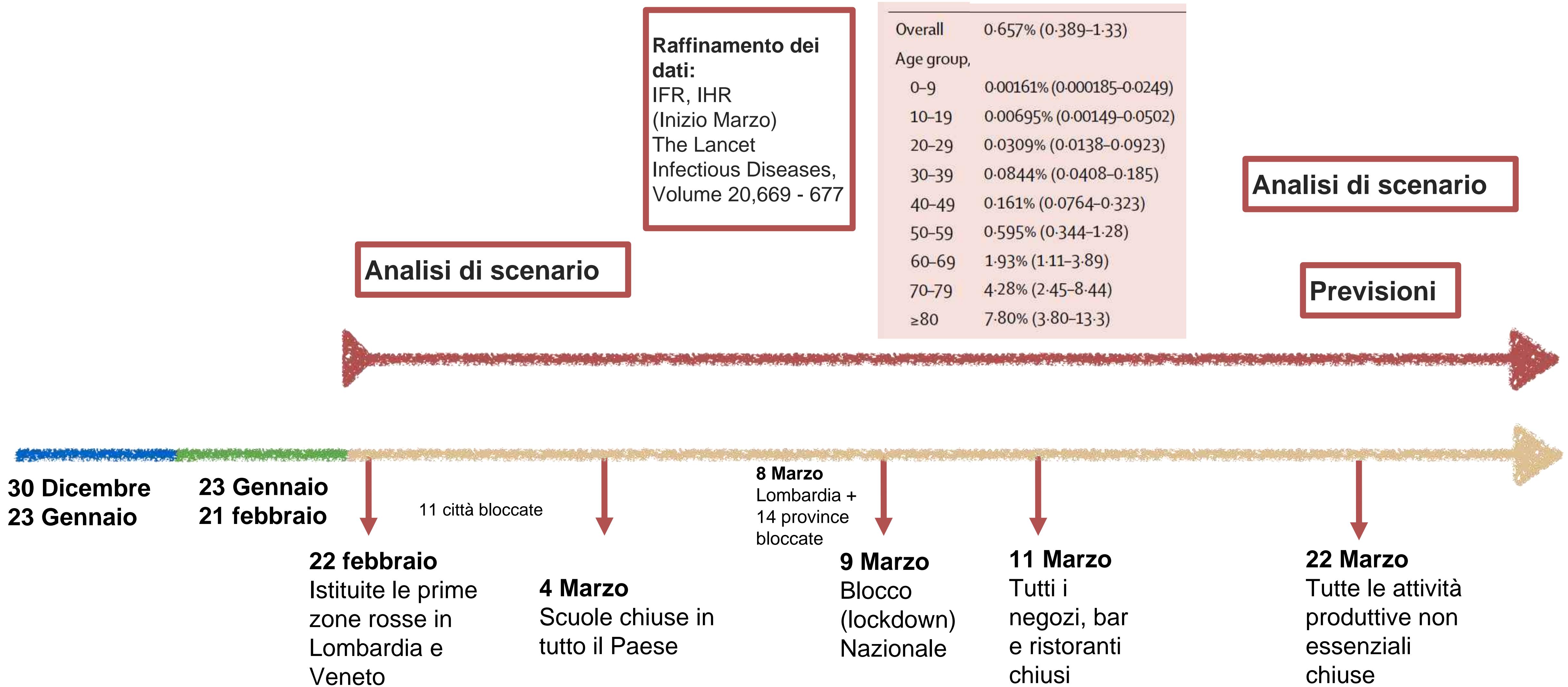
- **Tempo di raddoppio 4.2 days (90% CI: 3.8 to 4.7 days)**
- Reproductive number 2.57 [90%(CI): 2.37 to 2.78]
- Infezioni a Wuhan (Gennaio 22) 117,584 (90% CI: 62,468 to 199,581)
- Oltre il 70% di casi non sono notificati.
- **Inizio della Pandemia tra il 1 Novembre ed il 1 Dicembre 2019.**



Fase “criptica” di diffusione



2. Espansione e Mitigazione

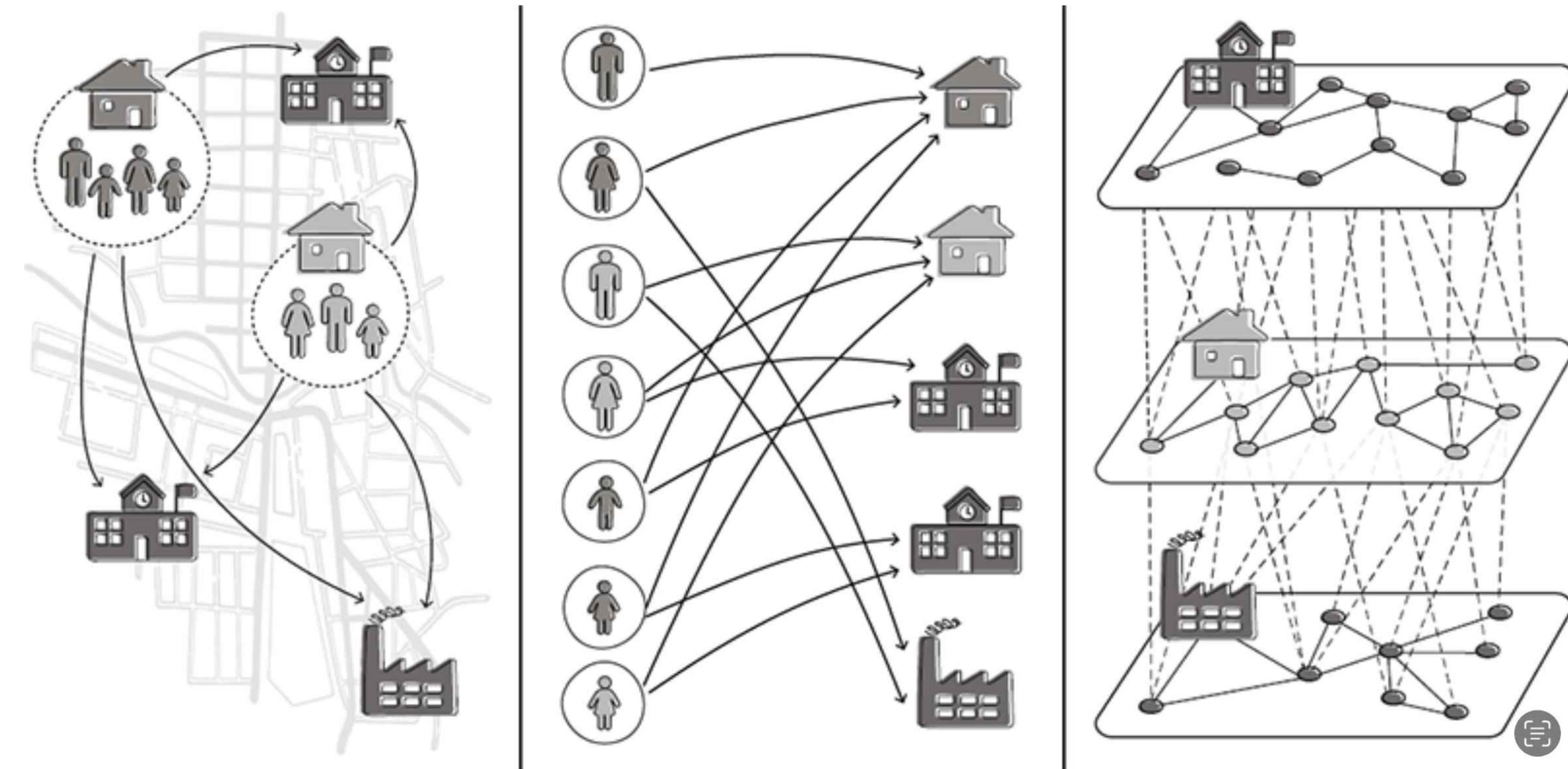


Approcci analitici per la previsione delle epidemie e l'analisi degli scenari

- Modelli meccanicistici per le dinamiche a livello di popolazione
 - Compartimentali (SIR, SEIR, ecc.)
 - Compartimentali estesi stratificati per età, geografia, rischio
 - Modelli basati su agenti (ABM)
 - Metapopolazione
 - Reazione-diffusione con reti di mobilità
- Modelli statistici e di serie temporali (efficaci per previsioni di tendenze a breve termine)
- Approcci di apprendimento automatico e intelligenza artificiale
- Modelli ibridi
 - Combinano elementi meccanicistici e basati sui dati per una migliore accuratezza e interpretabilità

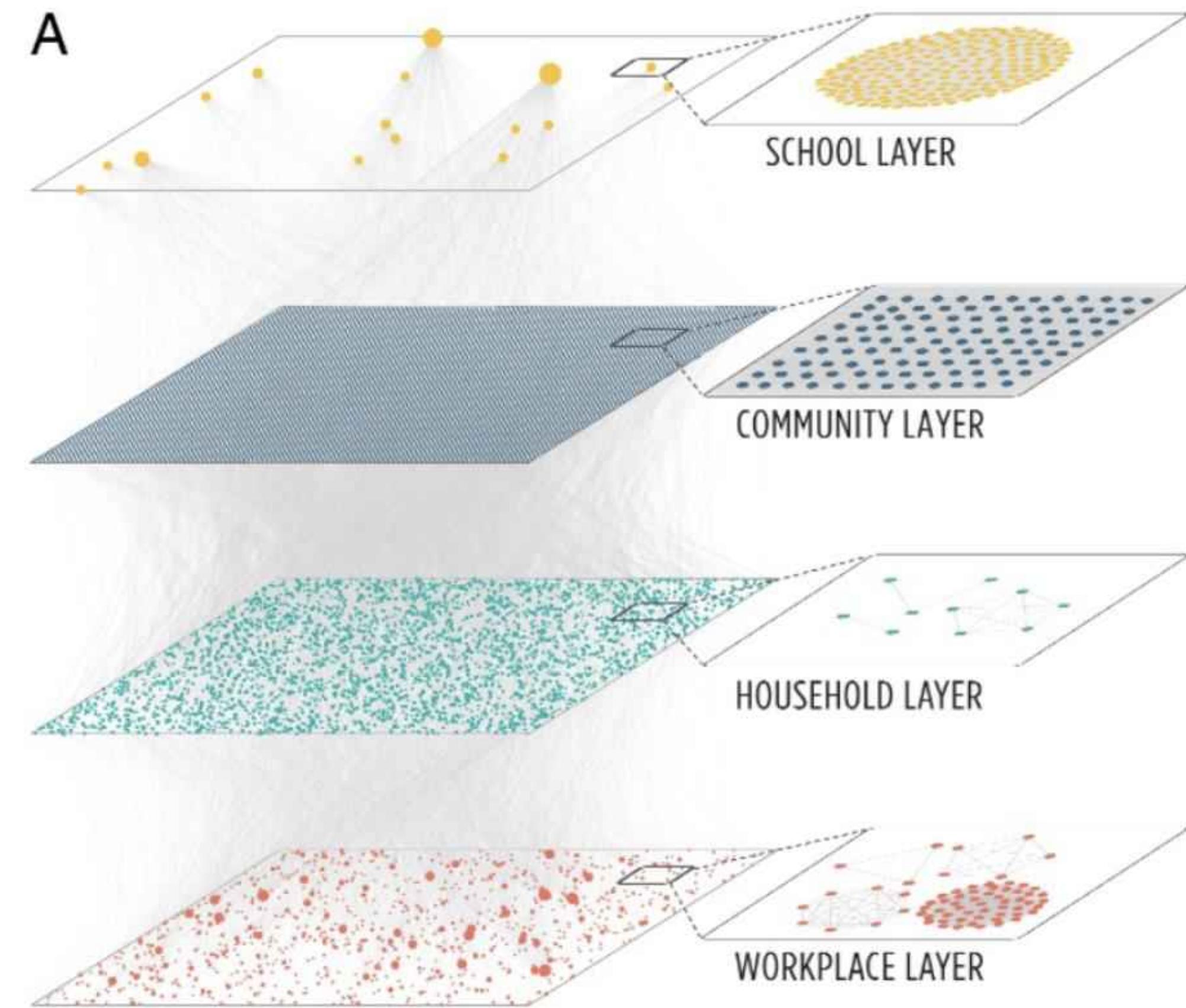
Interventi non farmacologici

Fig. 10.1: Illustrazione schematica della costruzione delle reti di contatto che governano la dinamica della trasmissione delle epidemie. P... Done



Razionale

- Teoria della percolazione dinamica
- Multiplex networks, “contact matrices”



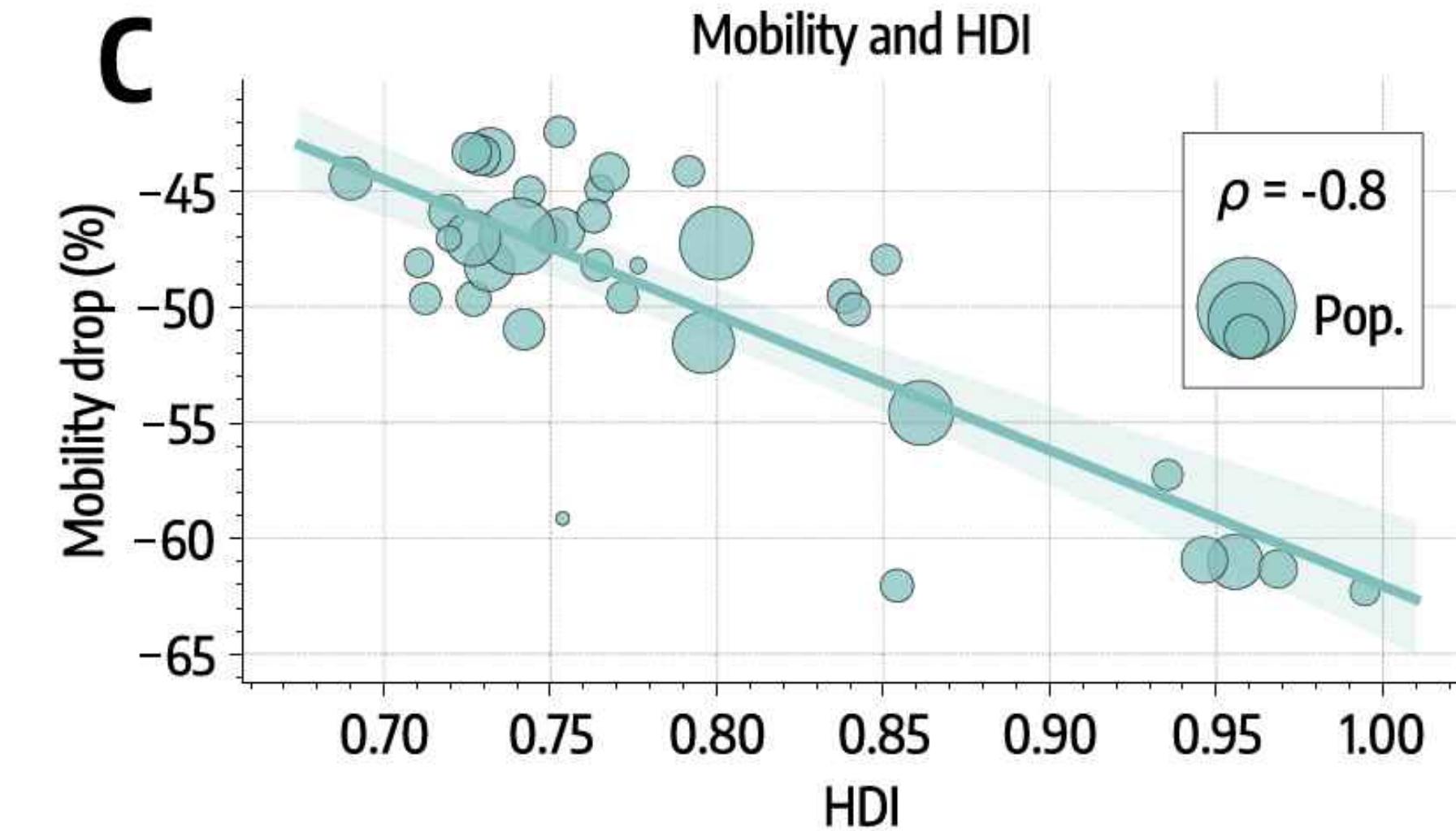
Realtà

- Strutture complesse, effetti non-lineari.
- Acquisizione dati (privacy-preserving)

“Trade-offs” ed eterogeneità

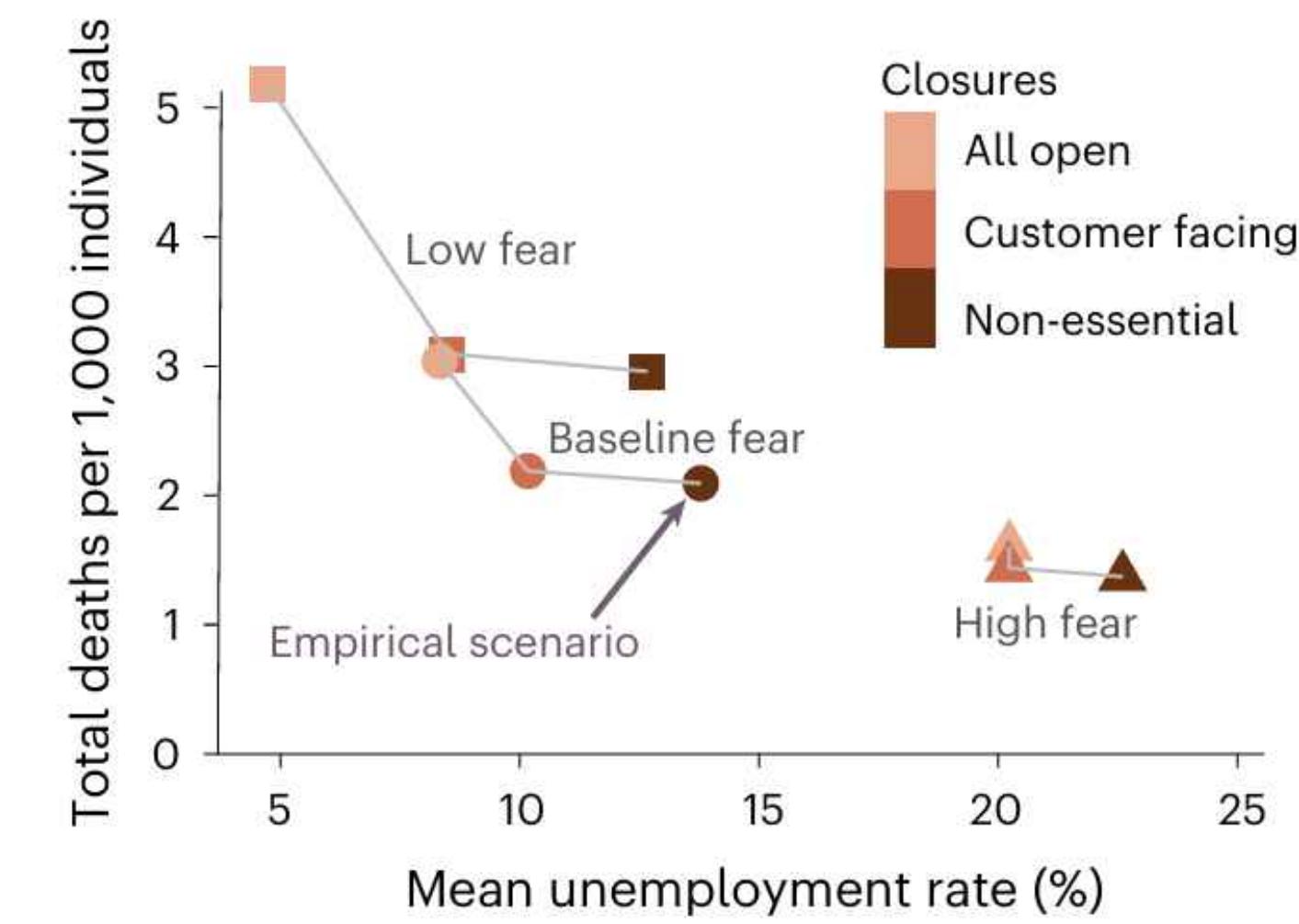
- Le aree più sviluppate e ricche sono diventate più isolate dopo gli interventi governativi e hanno sperimentato un impatto significativamente inferiore sulla pandemia

[Nature Communications 12,
Article number: 2429 \(2021\)](#)

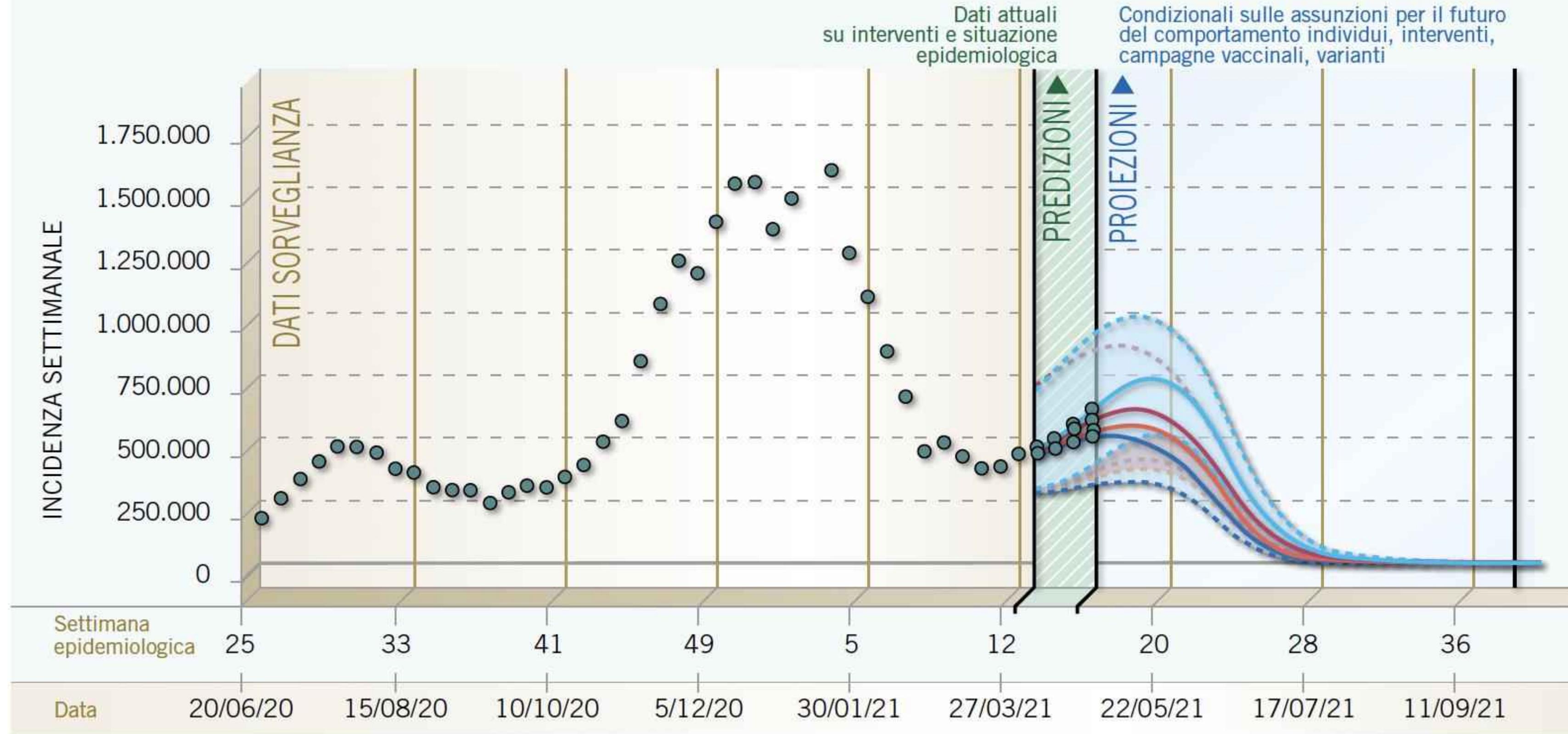


- La chiusura di settori non rivolti al cliente, come l'industria manifatturiera e l'edilizia, determina un aumento considerevole della disoccupazione, con una diminuzione solo marginale dei decessi.
- per i lavoratori a basso reddito, il trade-off è molto forte (vite salavate-vs- unemployment)

[Nature Human Behaviour,
8, 264–275 \(2024\)](#)



Differenza tra scenari e previsioni



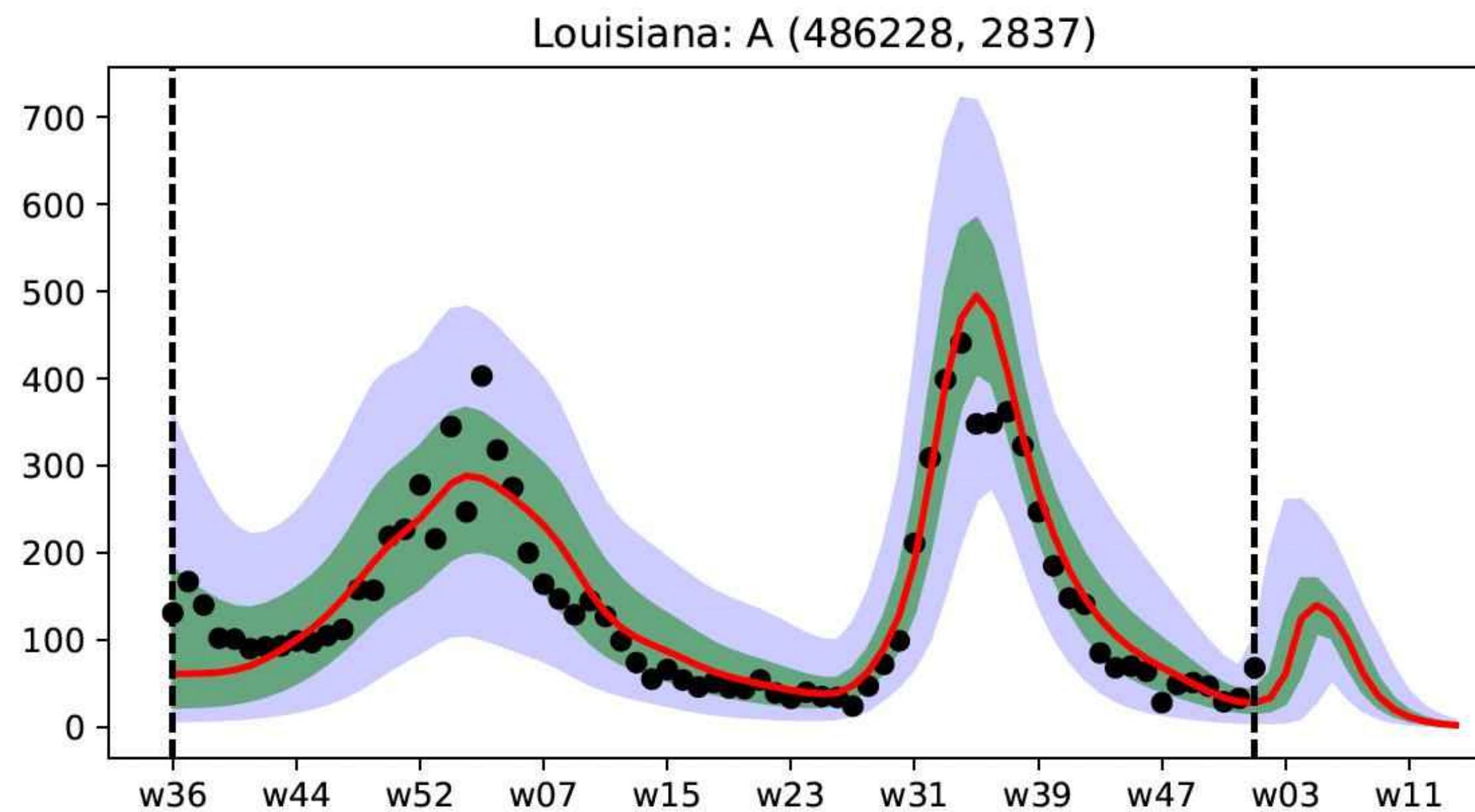
Scenari

- Non sono previsioni !!!
- Sono basati su assunzioni rispetto al futuro (comportamento individui, interventi, situazione internazionale...etc.)
- Generalmente offrono un intervallo di scenari: da quello pessimista (worst-case) a quello più ottimista. Dovrebbero “contenere” i possibili accadimenti non prevederli esattamente.
- Lo scenario pessimista definisce il benchmark rispetto al quale misurare il “successo” degli altri scenari.

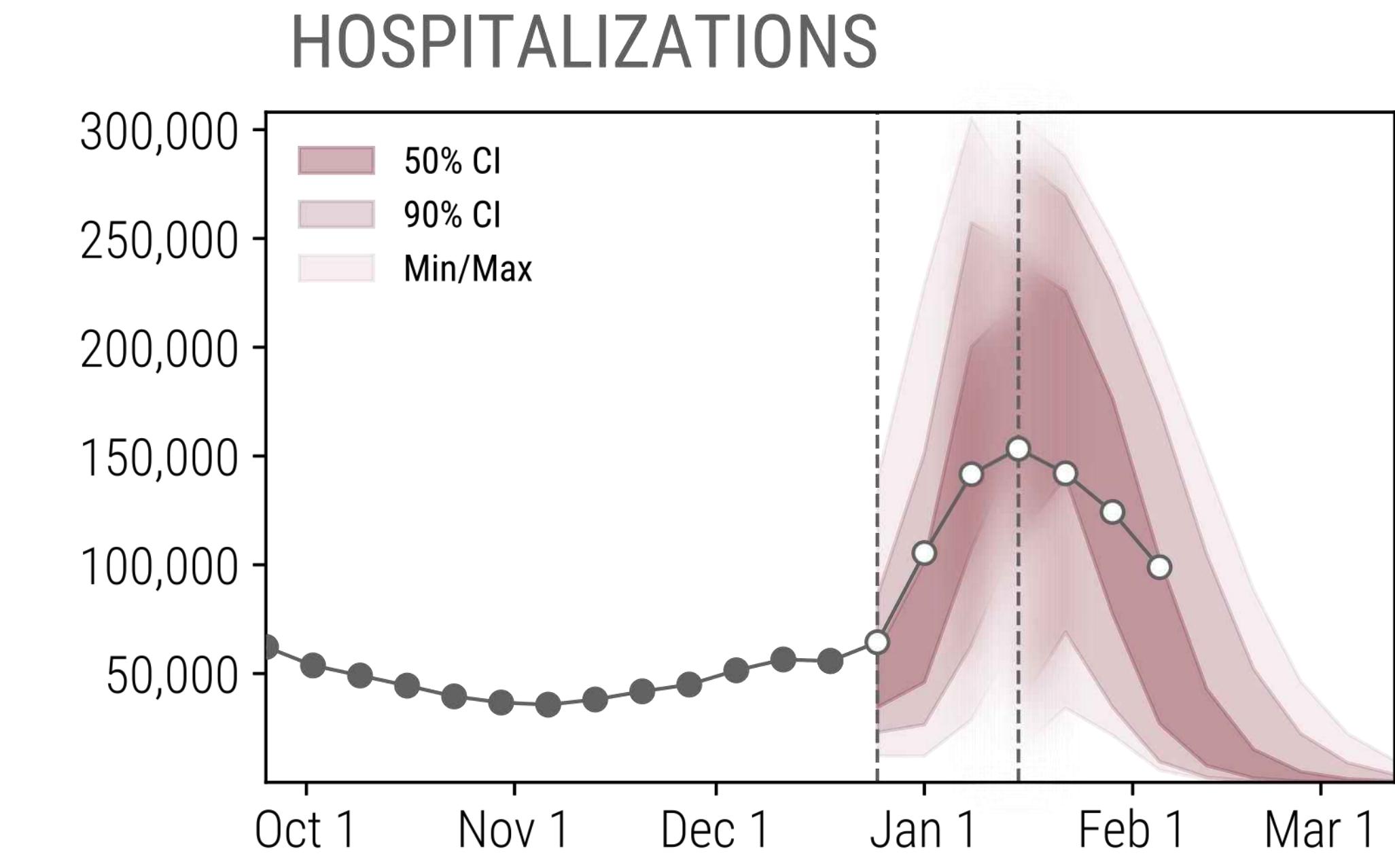
Previsioni

- Sono ad orizzonti temporali corti (da 1 a 4 settimane con progressivo deteriorare)
- Sono basate sulle informazioni disponibile al momento, devono essere costantemente revisionate

Non esiste una taglia unica....

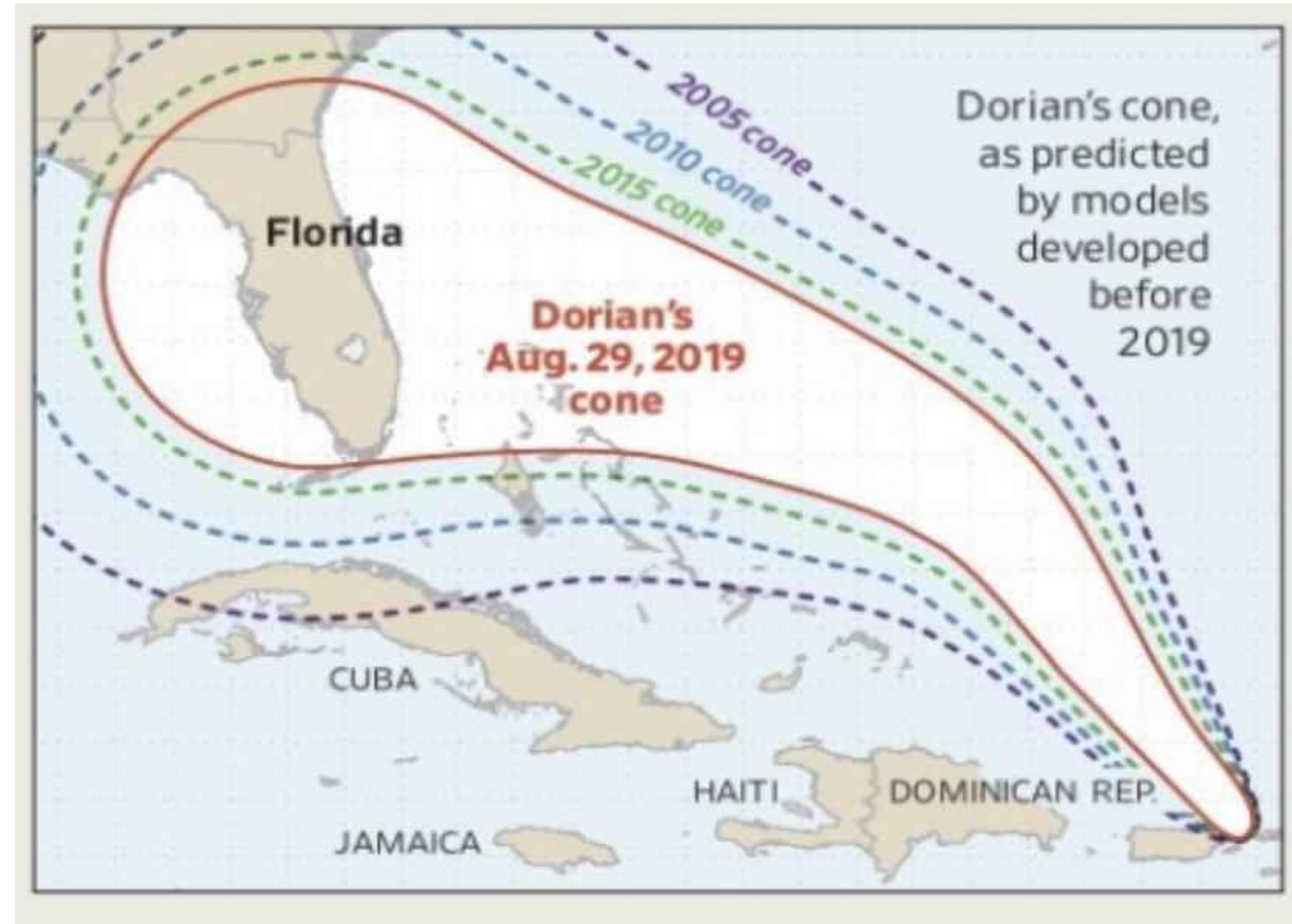


One-week ahead to four-week ahead forecasts



Three months ahead scenarios

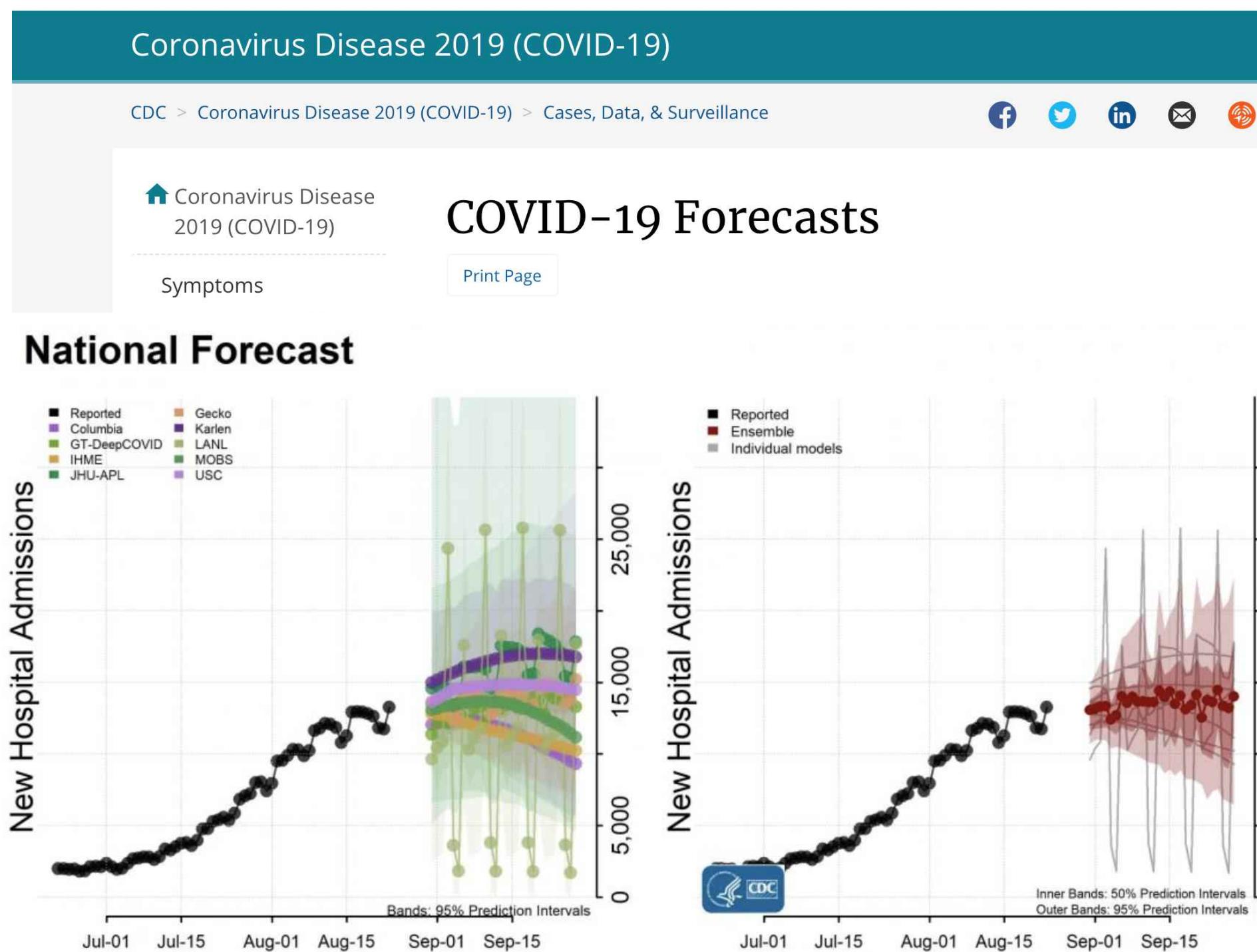
Gestione dell'incertezza



- Ensemble = Comunicazione coerente

Multi-Model Approach (Ensemble/Hub)

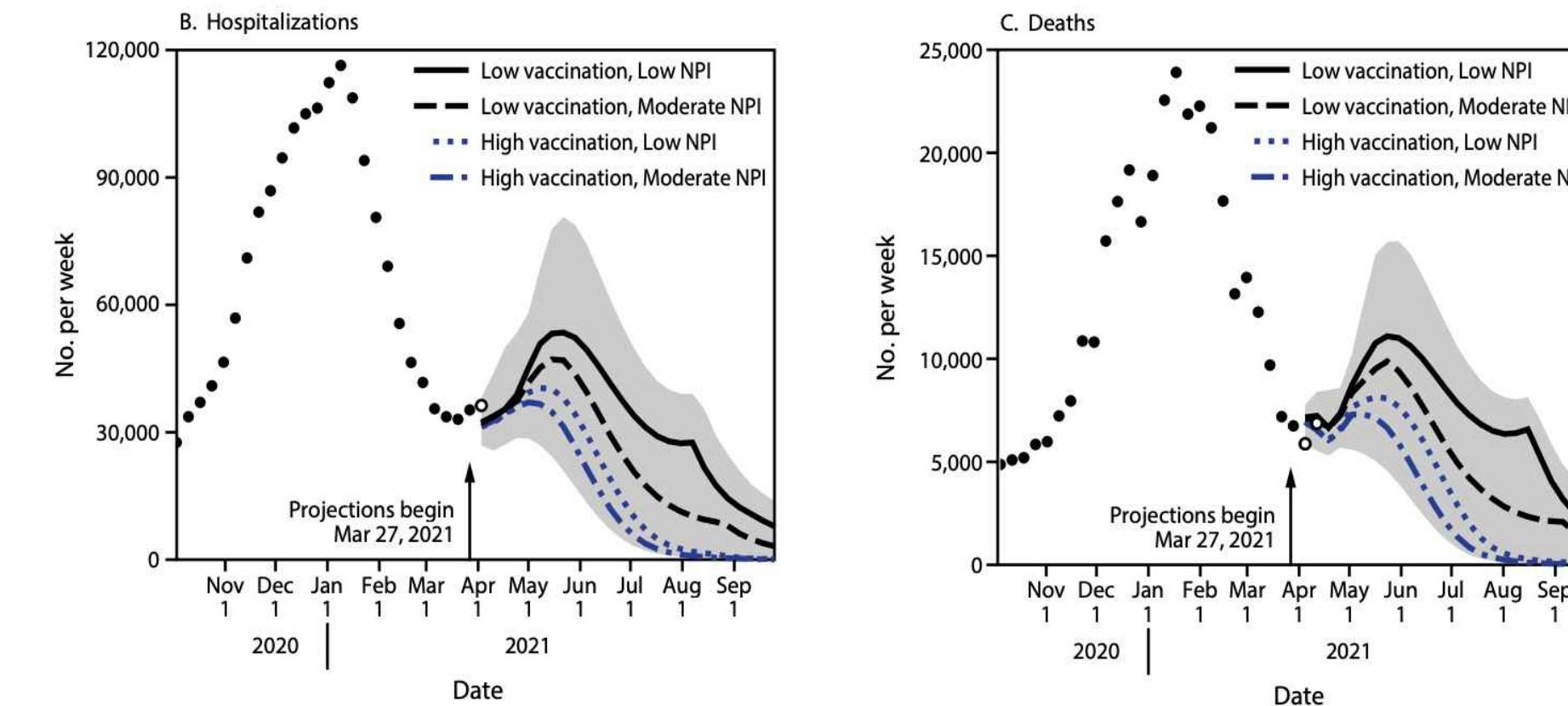
CDC Centers for Disease Control and Prevention
CDC 24/7: Saving Lives, Protecting People™



Morbidity and Mortality Weekly Report

Modeling of Future COVID-19 Cases, Hospitalizations, and Deaths, by Vaccination Rates and Nonpharmaceutical Intervention Scenarios — United States, April–September 2021

Rebecca K. Borchering, PhD^{1,*}; Cécile Viboud, PhD^{2,*}; Emily Howerton¹; Claire P. Smith³; Shaun Truelove, PhD³; Michael C. Runge, PhD⁴; Nicholas G. Reich, PhD⁵; Lucie Contamin, MS⁶; John Levander⁶; Jessica Salerno, MPH⁶; Wilbert van Panhuis, PhD⁶; Matt Kinsey, PhD⁷; Kate Tallaksen, MS⁷; R. Freddy Obrecht, PhD⁷; Laura Asher, MPS⁷; Cash Costello, MS⁷; Michael Kelbaugh⁷; Shelby Wilson, PhD⁷; Lauren Shin⁷; Molly E. Gallagher, PhD⁷; Luke C. Mullany, PhD⁷; Kaitlin Rainwater-Lovett, PhD⁷; Joseph C. Lemaitre, MS⁸; Juan Dent, ScM³; Kyra H. Grantz³; Joshua Kaminsky, MS³; Stephen A. Lauer, PhD³; Elizabeth C. Lee, PhD³; Hannah R. Meredith, PhD³; Javier Perez-Saez, PhD³; Lindsay T. Keegan, PhD⁹; Dean Karlen, PhD¹⁰; Matteo Chinazzi, PhD¹¹; Jessica T. Davis¹¹; Kunpeng Mu¹¹; Xinyue Xiong, MSc¹¹; Ana Pastore y Piontti, PhD¹¹; Alessandro Vespignani, PhD¹¹; Ajitesh Srivastava, PhD¹²; Przemyslaw Porebski, PhD¹³; Srinivasan Venkatraman, PhD¹³; Aniruddha Adiga, PhD¹³; Bryan Lewis, PhD¹³; Brian Klahn, MS¹³; Joseph Oуттен¹³; James Schlitt, PhD¹³; Patrick Corbett¹³; Pyrrhos Alexander Telionis, PhD¹³; Lijing Wang, MS¹³; Akhil Sai Peddireddy¹³; Benjamin Hurt, MS¹³; Jiangzhuo Chen, PhD¹³; Anil Vullikanti, PhD¹³; Madhav Marathe, PhD¹³; Jessica M. Healy, PhD¹⁴; Rachel B. Slayton, PhD¹⁴; Matthew Biggerstaff, ScD¹⁴; Michael A. Johansson, PhD¹⁴; Katriona Shea, PhD^{1,†}; Justin Lessler, PhD^{3,‡}



US Department of Health and Human Services/Centers for Disease Control and Prevention

MMWR / May 14, 2021 / Vol. 70 / No. 19

• Si comunica con una singola voce

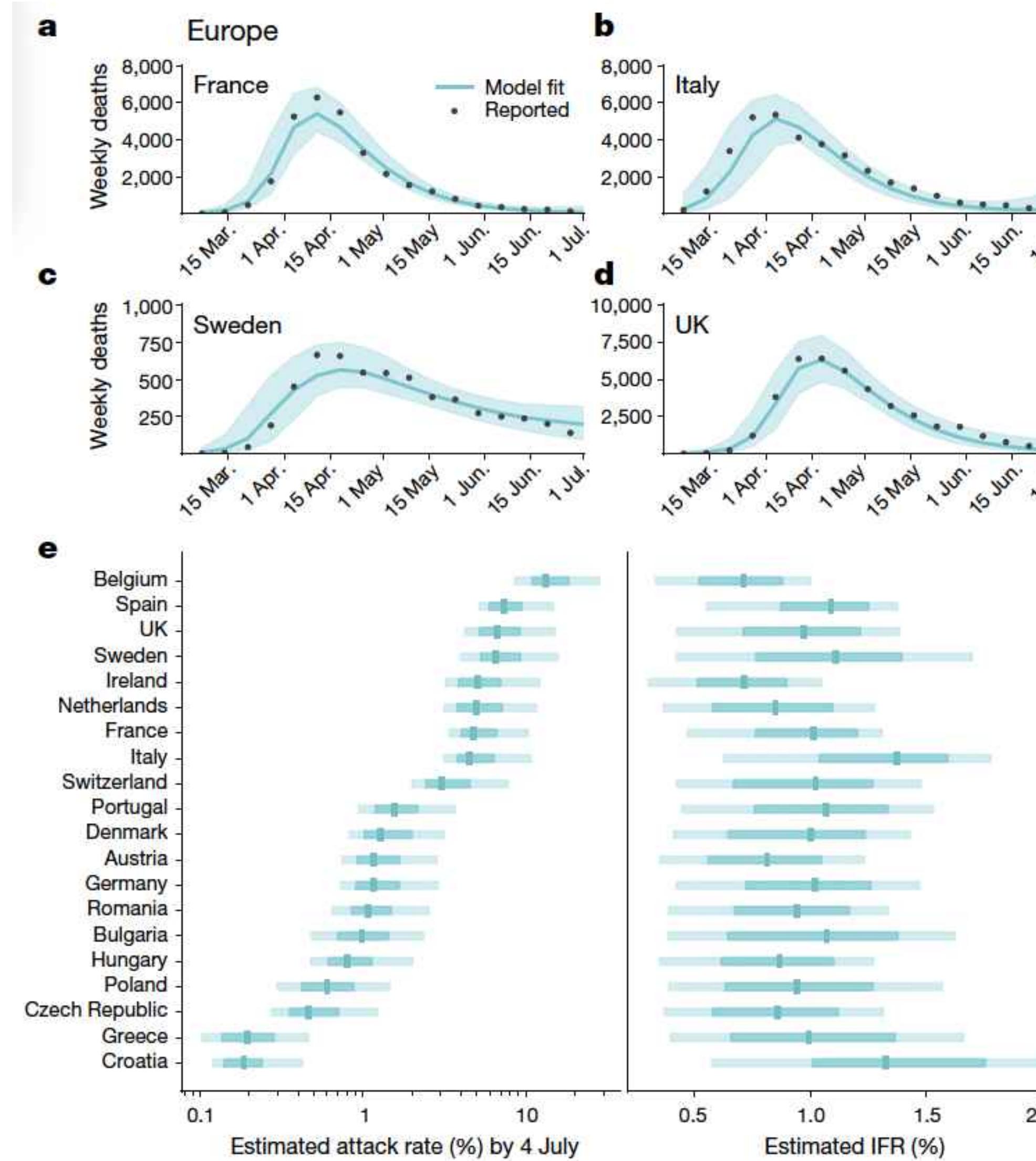
• Analisi comparata dei modelli , Validazione , Consenso, Incertezza



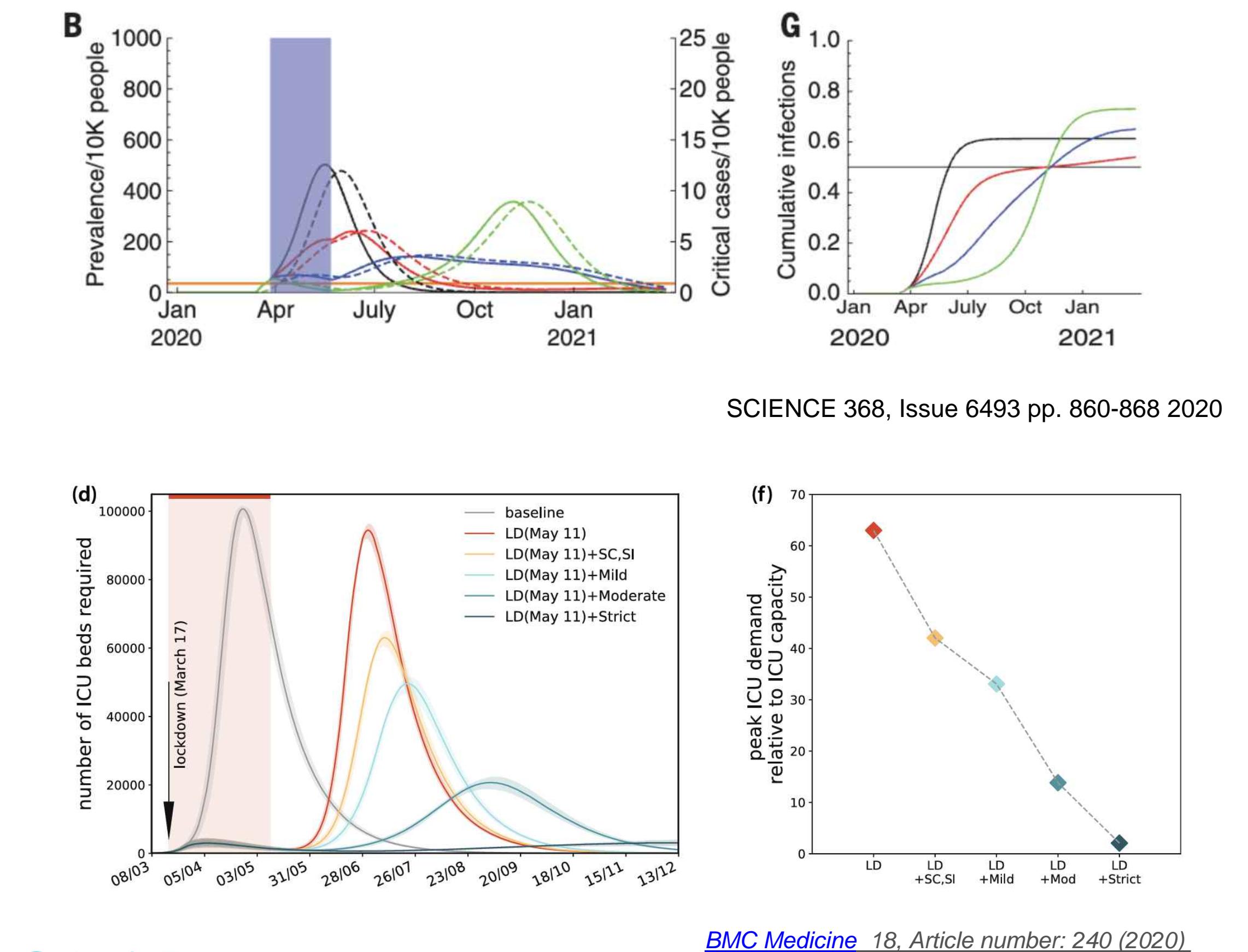
Collaborative Hubs: Making the Most of Predictive Epidemic Modeling,
N. G. Reich et al. Am J Public Health. e1–e4. (2022)

Risultati analitici ulteriori della prima ondata

- Analisi di impatto della prima ondata



ondata: Analisi concordanti sul potenziale epidemico residuo e l'arrivo di ondate successive.



[BMC Medicine 18, Article number: 240 \(2020\)](#)

MOBS LAB

Considerazioni sulla prima fase nel mondo

- La catena delle competenze non ha funzionato
- Mancanza di esercizio nel dialogo intelligence-decisorì.
- Errata valutazione del rischio.
- Errori di comunicazione al pubblico e mancanza di illustrazione del processo decisionale.
- Prova muscolare dei servizi sanitari.

Centri Nazionali di “outbreak analytics”

- Coordinamento di una pluralità di gruppi di lavoro multidisciplinari (accademia, industria) e relativo trasferimento di conoscenza.
- Risorse che definiscono modelli operazionali: non reinventare la ruota ogni pandemia
- Data sharing and pipeline algoritmiche per non imparare “durante” ma “prima” delle emergenze
- Creazioni di centri nazionali per l’analisi dati e previsionale di crisi epidemiologiche

Referenze citate

Severità associata all'infezione (Infection Fatality Rate, Infection Hospitalization Rate)

Estimates of the severity of coronavirus disease 2019: a model-based analysis

Verity, Robert et al. The Lancet Infectious Diseases, Volume 20, Issue 6, 669 - 677

First public release february 10, Medrxiv submission March 13, Published on March 30

Estimates of SARS-CoV-2 Infections and Population Immunity After the COVID-19 Pandemic in Austria: Analysis of National Wastewater Data

Riedmann et al.,

The Journal of Infectious Diseases, published 2025

Variation in the COVID-19 infection–fatality ratio by age, time, and geography during the pre-vaccine era: a systematic analysis

The Lancet, Volume 399, Issue 10334, 1469 - 1488
Published February 2024

Dynamics of SARS-CoV-2 infection hospitalisation and infection fatality ratios over 23 months in England.

Eales et al.

PLoS Biol 21(5): e3002118.

Received: October 20, 2022; Accepted: April 11, 2023;
Published: May 25, 2023

Referenze citate

Clinical features & Characteristic times

Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China

Huang et al.

The Lancet Volume 395, Issue 10223, 15–21 February 2020,
Pages 497-506

Published online January 24, 2020.

Early Transmission Dynamics in Wuhan, China, of Novel Coronavirus–Infected Pneumonia

Li et al.

N Engl J Med 2020;382:1199-1207

Published January 29, 2020

Evolving epidemiology and transmission dynamics of coronavirus disease 2019 outside Hubei province, China: a descriptive and modelling study

Zhang et al.

The Lancet Infectious Diseases 20 (7), 793-802

Posted on Medrxiv February 23, 2020. Published online April 20, 2020

Early Insights from Statistical and Mathematical Modeling of Key Epidemiologic Parameters of COVID-19

Biggerstaff et al.

Emerging Infectious Diseases, online report
<https://doi.org/10.3201/eid2611.201074>
First published online September 2020

Referenze citate

Trasmissione asintomatica

Substantial undocumented infection facilitates the rapid dissemination of novel coronavirus (SARS-CoV-2)

Li et al.

Science Vol 368, Issue 6490 pp. 489-493

15 February 2020; accepted 12 March 2020; Published online PNAS, 117 (13) 7504-7509

16 March 2020

Restrizioni di viaggio

The effect of travel restrictions on the spread of the 2019 novel coronavirus (COVID-19) outbreak

Chinazzi et al.

Science Vol 368, Issue 6489 pp. 395-40

20 January 2020; resubmitted 7 February 2020; Published online 6 March 2020

Impact of international travel and border control measures on the global spread of the novel 2019 coronavirus outbreak

Wells et al.

PNAS, 117 (13) 7504-7509

Cryptic transmission of SARS-CoV-2 and the first COVID-19 wave

Davis et al.

Nature volume 600, 127–132 (2021)

Referenze citate

Trade-offs, mitigazione, scenari

Estimating the effect of social inequalities on the mitigation of COVID-19 across communities in Santiago de Chile

Gozzi et al.

Nature Communications volume 12, Article number: 2429 (2021)

Cocooning is essential to relaxing social distancing

Wang et al.

Emerg Infect Dis. 2020 Dec;26(12):3066–3068

Posted on medrxib May 8, 2020.

The unequal effects of the health–economy trade-off during the COVID-19 pandemic

Pangallo et al.

Nature Human Behaviour, 8, 264–275 (2024)

Impact of lockdown on COVID-19 epidemic in Île-de-France and possible exit strategies

Do Domenico et al.

BMC Medicine volume 18, Article number: 240 (2020)

Published: 30 July 2020

Projecting the transmission dynamics of SARS-CoV-2 through the postpandemic period

Kissler et al.

Science Vol 368, pp. 860-868 (2020).

Submitted 4 March 2020; accepted 9 April 2020 Published online 14 April 2020