

## PANDEMIA COVID-19 - BOLLETTINO DEL 3 Aprile 2020 (giorno #42)

A cura di Davide Manca - Politecnico di Milano  
email: davide.manca@polimi.it - cellulare: +39 328 5690.430

Dati REALI alle 18:00 (Ministero della Salute)	ITALIA	LOMBARDIA	LOMBARDIA/ITALIA
Pazienti ICU oggi	4,068	1,381	33.95%
Pazienti ICU ieri	4,053	1,351	33.33%
Incremento ICU rispetto al giorno precedente	15	30	200.00%
Decessi oggi	14,681	8,311	56.61%
Decessi ieri	13,915	7,960	57.20%
Incremento decessi rispetto al giorno precedente	766	351	45.82%

### Resoconto breve

#### I MEDICI ANESTESISTI E RIANIMATORI INSISTONO AFFINCHÉ OGNUNO INDOSSI LA MASCHERINA QUANDO NON IN CASA E SI RELAZIONA CON ALTRE PERSONE

Purtroppo oggi in Lombardia c'è stato un significativo incremento di pazienti ICU (+30) rispetto ai giorni precedenti. Tale incremento sorpassa quello dell'Italia di 15 unità. Ciò sta a significare che in tutte le restanti regioni di Italia c'è stato un decremento complessivo di 15 unità (ossia -15 ICU).

I modelli continuano a calcolare che questi sono i giorni del tanto atteso pianoro del numero massimo di pazienti ICU. Ciò deve avvenire per la Lombardia che è addirittura "partita" prima dell'Italia e che più del resto dell'Italia ha adottato misure restrittive per il contenimento della popolazione (*social-distancing*).

La variazione giornaliera di decessi in Lombardia (+351) ed Italia (+766) è ancora elevata anche se per la Lombardia è il quarto giorno consecutivo che vede un calo dei decessi quotidiani. I modelli stimano che sia già stato raggiunto il punto di massimo incremento dei decessi su base giornaliera. Tale incremento massimo arriva con circa 15 giorni di ritardo rispetto al massimo incremento (sempre su base giornaliera) di pazienti ICU e fornisce una spiegazione riguardo i numeri di decessi ancora così elevati cui stiamo assistendo in questi giorni.

I due modelli logistico e Gompertz appaiono racchiudere al loro interno i dati reali di ICU e decessi. Nel caso dei pazienti ICU in Italia il valore reale si pone addirittura leggermente sotto la curva logistica.

I due modelli prevedono una forchetta di circa 38-40 giorni per poter assistere ad un pratico azzeramento dei decessi su base giornaliera (ossia tra metà Aprile e fine Maggio).

Le otto Figure relative alla comparazione tra valori reali e modelli previsionali permettono di chiarire i concetti di (i) massimo incremento giornaliero di pazienti ICU e decessi e (ii) raggiungimento del pianoro (i.e. asintoto, plateau).

<b>ITALIA - ICU</b>	<b>MODELLO #1</b>	<b>MODELLO LOGISTICO (abbastanza affidabile)</b>	<b>MODELLO GOMPERTZ (affidabilità da verificare)</b>
Predizione per il giorno seguente	3,971	4,096	4,129
Incremento atteso rispetto al dato reale di oggi	-97	28	61
Il modello di ieri prevedeva per oggi	3,975	4,087	4,124
Errore % del modello di ieri rispetto ai dati reali di oggi	-2.29%	0.47%	1.38%
Massimo numero di pazienti ICU in futuro (non affidabile)	n.d.	4,286	4,920
Data massimo incremento di pazienti ICU su base giornaliera (non affidabile)	n.d.	17/03/2020	15/03/2020
Data di metà cammino	n.d.	17/03/2020	19/03/2020
Data raggiungimento 98% plateau pazienti ICU	n.d.	07/04/2020	23/04/2020

<b>LOMBARDIA - ICU</b>	<b>MODELLO #1</b>	<b>MODELLO LOGISTICO (abbastanza affidabile)</b>	<b>MODELLO GOMPERTZ (affidabilità da verificare)</b>
Predizione per il giorno seguente	1,351	1,387	1,394
Incremento atteso rispetto al dato reale di oggi	-30	6	13
Il modello di ieri prevedeva per oggi	1,324	1,358	1,366
Errore % del modello di ieri rispetto ai dati reali di oggi	-4.13%	-1.67%	-1.09%
Massimo numero di pazienti ICU in futuro (non affidabile)	n.d.	1,408	1,539
Data massimo incremento di pazienti ICU su base giornaliera (non affidabile)	n.d.	14/03/2020	11/03/2020
Data di metà cammino	n.d.	14/03/2020	15/03/2020
Data raggiungimento 98% plateau pazienti ICU	n.d.	06/04/2020	18/04/2020

<b>ITALIA - DECESSI</b>	<b>MODELLO #1</b>	<b>MODELLO LOGISTICO (abbastanza affidabile)</b>	<b>MODELLO GOMPERTZ (affidabilità da verificare)</b>
Predizione per il giorno seguente	15,168	15,219	15,478
Incremento atteso rispetto al dato reale di oggi	487	538	797
Il modello di ieri prevedeva per oggi	14,462	14,481	14,738
Errore % del modello di ieri rispetto ai dati reali di oggi	-1.49%	-1.36%	0.39%
Data massimo incremento di decessi su base giornaliera (non affidabile)	28/03/2020	27/03/2020	31/03/2020
Data di metà cammino	n.d.	27/03/2020	05/04/2020
Data raggiungimento 98% plateau decessi	n.d.	17/04/2020	27/05/2020

<b>LOMBARDIA - DECESSI</b>	<b>MODELLO #1</b>	<b>MODELLO LOGISTICO (abbastanza affidabile)</b>	<b>MODELLO GOMPERTZ (affidabilità da verificare)</b>
Predizione per il giorno seguente	8,532	8,580	8,719
Incremento atteso rispetto al dato reale di oggi	221	269	408
Il modello di ieri prevedeva per oggi	8,220	8,251	8,389
Errore % del modello di ieri rispetto ai dati reali di oggi	-1.09%	-0.72%	0.94%
Data massimo incremento di decessi su base giornaliera (non affidabile)	28/03/2020	26/03/2020	29/03/2020
Data di metà cammino	n.d.	26/03/2020	03/04/2020
Data raggiungimento 98% plateau decessi	n.d.	17/04/2020	25/05/2020

## Note

- I dati ICU fanno riferimento a pazienti ricoverati in terapia intensiva
- ICU = Intensive Care Unit
- In **BLU** i dati numerici reali (ossia misurati)
- In **ROSSO** i dati dei modelli previsionali
- In **VIOLA** i dati del modello logistico o comunque critici nella interpretazione
- n.d. = non disponibile

## Commento risultati

### Introduzione

Da alcuni giorni il Bollettino riporta sia per i posti in terapia intensiva che per i decessi un ulteriore modello previsionale. È il modello di Gompertz che in prima istanza appare sovrastimare il fenomeno e quindi può essere interpretato come limite superiore e conservativo (i.e. pessimista). Qualitativamente il modello di Gompertz è simile a quello logistico ma non è simmetrico (come quest'ultimo) rispetto al punto di flesso (i.e. cambio di concavità e momento di massimo incremento giornaliero). La curva di Gompertz sale inizialmente più lentamente, poi anticipa il momento di massima crescita (i.e. anticipa il punto di flesso rispetto alla curva logistica) e infine cresce più lentamente verso valori comunque più alti rispetto al modello logistico. È quindi decisamente più lento a raggiungere il valore massimo (i.e. asintoto orizzontale, plateau). Si consiglia estrema cautela e analisi critica delle stime proposte dal modello di Gompertz soprattutto nel periodo iniziale della sua adozione.

La data di metà cammino (*halfway*) indica il giorno in cui il modello prevede un valore pari alla metà del massimo asintotico, ossia del plateau finale.

La data di raggiungimento del 98% del fenomeno indica il giorno in cui il modello stima il raggiungimento del 98% del plateau finale.

### Sezione pazienti ICU

L'incremento di pazienti ICU in **Lombardia** è stato significativo se contestualizzato all'attuale periodo di approccio al plateau. In Lombardia il punto di massimo incremento giornaliero risulta essere stato raggiunto attorno al 11-14 Marzo. Il modello logistico prevede il raggiungimento del numero massimo di pazienti ICU in regione pari a 1408 per il 6 Aprile. Il modello di Gompertz più conservativo (stima per eccesso) prevede un massimo numero di pazienti ICU pari a 1539 per il 18 Aprile.

Analogo discorso può essere fatto per l'**Italia** che mostra un leggero tempo di ritardo. Il flesso risulta essere stato raggiunto il 15-17 Marzo. Il valore asintotico (ossia a plateau) è pari a 4286 pazienti ICU per l'Italia<sup>3</sup> previsto per il 7 Aprile. La stima conservativa del modello di Gompertz è pari a 4920 posti ICU per il 23 Aprile. Per la settima volta consecutiva il modello #1 prevede un calo dei posti di terapia intensiva in **Lombardia** rispetto al giorno precedente. Il modello logistico invece prevede un lieve aumento pari a 6 posti letto ICU. Il modello di Gompertz infine prevede un incremento di 13 posti letto ICU. Ciò sta ad indicare che i modelli stimano il prossimo raggiungimento del plateau.

Questi sono i numeri rispetto cui gestire l'emergenza e prendere decisioni a riguardo. Al contempo tali numeri (proprio perché asintotici) sono da considerarsi una stima approssimata e quindi debbono essere valutati con estrema cautela.

Una considerazione generale valida quando si considera la qualità predittiva di un modello: se l'errore da questi commesso assume valore negativo ciò significa che c'è stato un aumento del dato reale maggiore rispetto a quello atteso. Al contrario se l'errore è positivo allora il modello ha sovrastimato il valore reale.

### Sezione decessi

La sezione di analisi dei dati dei decessi adotta tre tipologie di modelli previsionali analoghi, per struttura, a quelli della sezione ICU. I modelli implementati forniscono previsioni quantitative sufficientemente accurate sia per la Lombardia che per l'Italia. La forchetta proposta dai tre modelli, relativa alla data in cui si stima sia stato raggiunto il massimo incremento giornaliero di decessi, individua l'intervallo 27 Marzo – 31 Marzo per l'Italia e l'intervallo 26 Marzo – 29 Marzo per la Lombardia. I giorni di incremento massimo giornaliero di decessi dovrebbero quindi essere ormai alle spalle. D'ora in avanti è atteso un calo progressivo dei decessi giornalieri.

La differenza di stima del raggiungimento del plateau (i.e. asintoto finale) è significativamente elevata per i due modelli logistico e di Gompertz. Si consiglia di usare massima cautela nell'utilizzo di queste previsioni. Nella giornata di oggi il modello di Gompertz risulta essere quello con errore inferiore nella previsione del numero di decessi per l'Italia.

### Note ulteriori

<sup>1</sup>Il fenomeno ha abbandonato l'andamento puramente esponenziale ed è ora descritto da una curva logistica o da una curva di Gompertz (la cui forma ricorda quella di una sigmoide (esse allungata) con partenza esponenziale e concavità verso l'alto, andamento lineare in prossimità del flesso (massima pendenza, ossia massimo incremento giornaliero) e quindi cambio di concavità verso il basso con progressivo rallentamento del fenomeno fino a saturazione). In questo momento siamo oltre il flesso e la concavità è rivolta verso il basso (i.e. derivata seconda negativa).

<sup>2</sup>Il problema della curva logistica (e anche di quella di Gompertz) è che regredisce molto bene i dati sperimentali ma a causa dei tre parametri adattivi che la caratterizzano è fluttuante di giorno in giorno (a valle della procedura di regressione non lineare che ne determina i valori). Col passare dei giorni si sta osservando una accresciuta stabilità del modello che sta riducendo progressivamente le significative fluttuazioni iniziali.

<sup>3</sup>È evidente che nella realtà il numero di ICU Covid-19 sul LUNGO periodo dopo aver toccato un valore massimo inizierà a scendere progressivamente fino a diventare nullo (i.e. estinzione della pandemia). Al contempo, in questo periodo di emergenza, i pazienti ICU, se sopravvivono, permangono circa 15 giorni in cura intensiva e quindi tale tempo è equiparabile al concetto di tempo infinito del fenomeno in un'ottica di pianificazione e gestione dell'emergenza.

Il modello limite inferiore è basato su una regressione quadratica in coordinate semilogaritmiche.

Non vengono fornite estrapolazioni estese ad un numero elevato di giorni futuri in quanto, seppur agevole da implementare, non sarebbero affidabili e potrebbero creare o allarmismo o facile entusiasmo guidando i responsabili per le decisioni a scelte non adeguate.

Il tempo di raddoppio del fenomeno è estremamente conservativo (in termini di progettazione e gestione dell'emergenza) in quanto si basa sull'assunto di fenomeno puramente esponenziale. Fortunatamente da diversi giorni il fenomeno non ha più dinamica esponenziale e quindi i tempi effettivi per il raddoppio dei valori sono decisamente maggiori se non addirittura inapplicabili.

Il numero di decessi fa riferimento ai morti in ospedale dopo che i pazienti hanno percorso il triage del pronto soccorso ed hanno avuto accesso ai reparti dedicati alla cura del Covid-19.

Questo bollettino è pubblicato anche su: <https://pselab.chem.polimi.it/bollettino-pandemia-covid-19/>

Per ulteriori approfondimenti: <https://pselab.chem.polimi.it/pse-lab-on-esa/>

© Davide Manca

La pagina seguente riporta una serie di **diagrammi** esplicativi del fenomeno Covid-19 in termini di pazienti ICU e decessi in Italia e Lombardia.

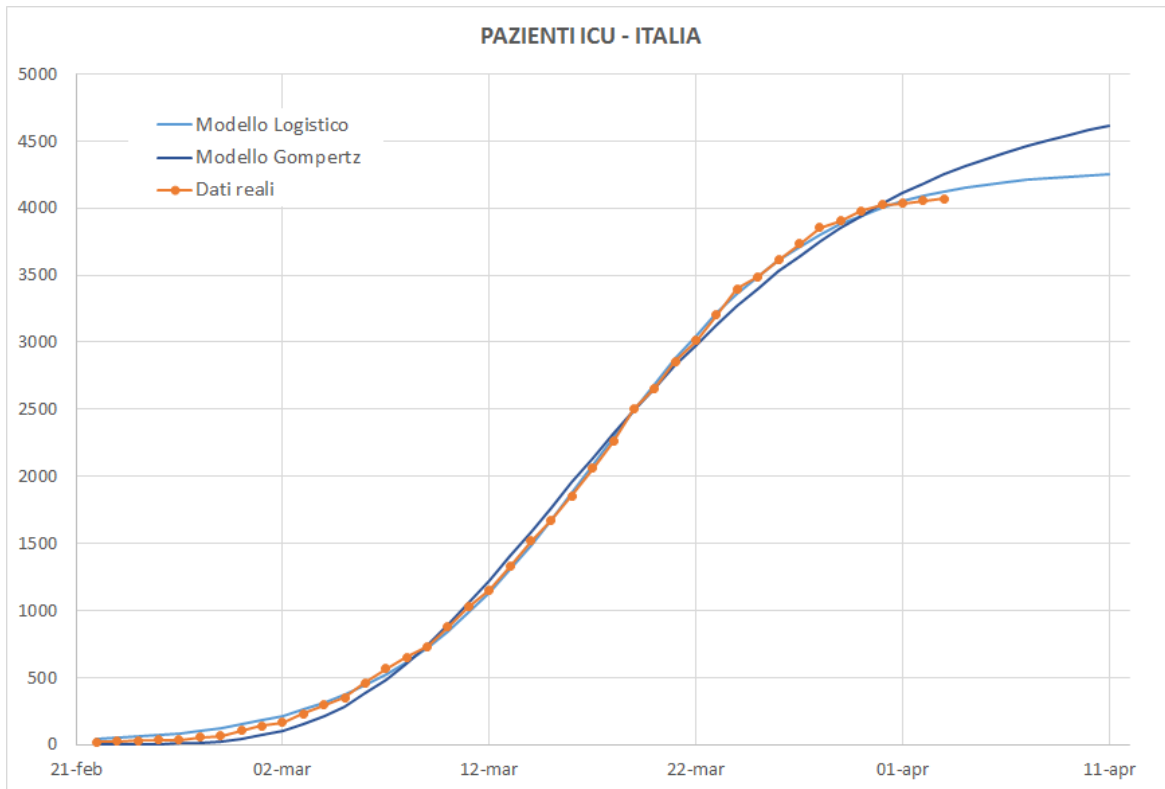


Figura 1: Pazienti ICU in Italia in coordinate lineari.

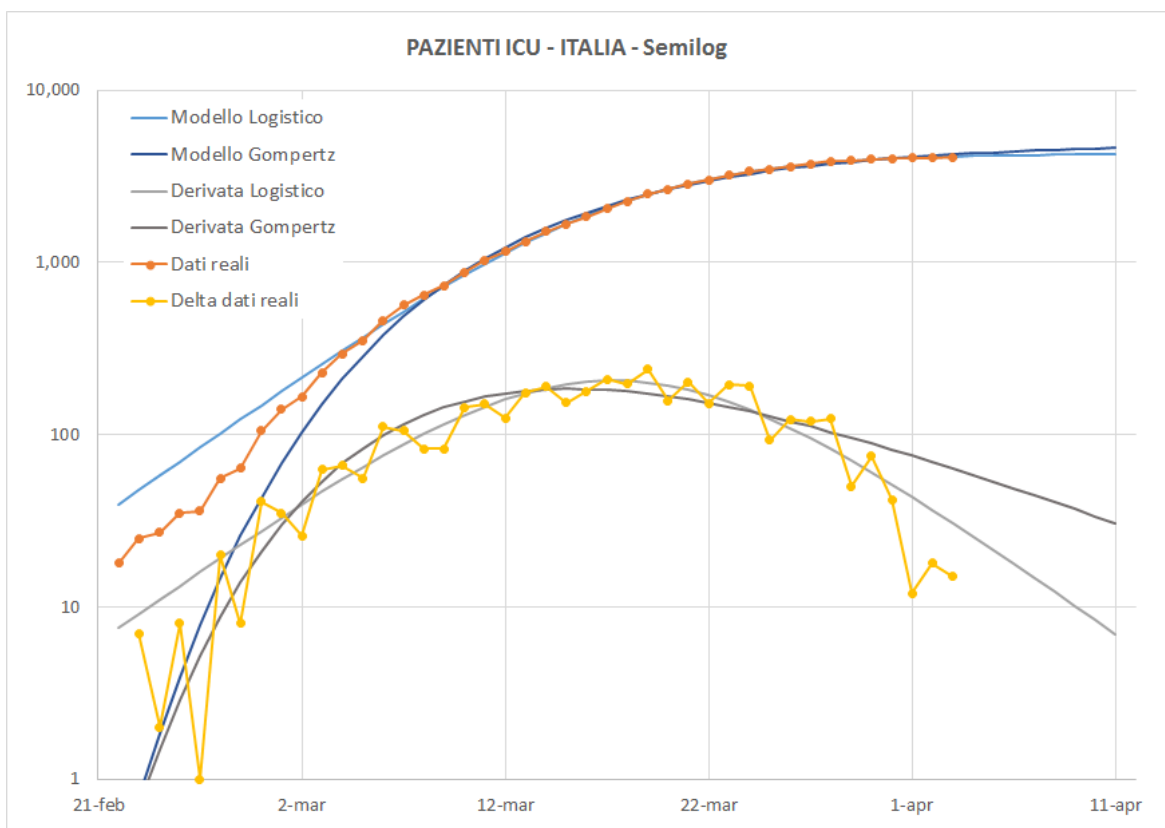


Figura 2: Pazienti ICU in Italia in coordinate semilogaritmiche (i.e. asse ordinate secondo potenze di 10). Le linee continue azzurra e blu mostrano l'andamento del modello logistico e di Gompertz. La spezzata arancione scura (linea e pallini) riporta i dati reali. Le linee continue grigio chiara e scura sono la derivata prima del modello logistico e di Gompertz e mostrano la variazione giornaliera di posti in terapia intensiva. La spezzata giallo-ocra (linea e pallini) indica la variazione giornaliera di posti in terapia intensiva. I massimi delle curve grigie individuano sulle ascisse la data in cui i rispettivi modelli suggeriscono sia stato raggiunto il massimo incremento giornaliero di posti ICU.

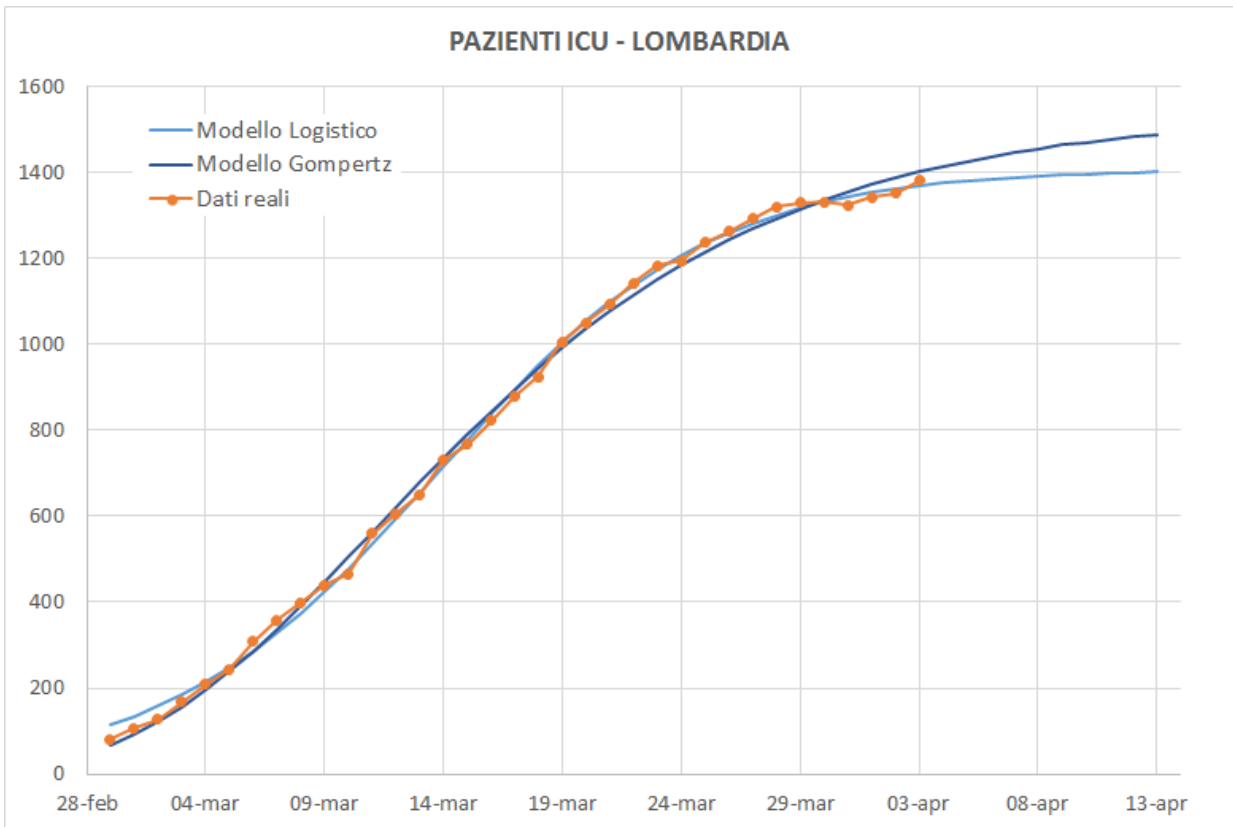


Figura 3: Pazienti ICU in Lombardia in coordinate lineari.

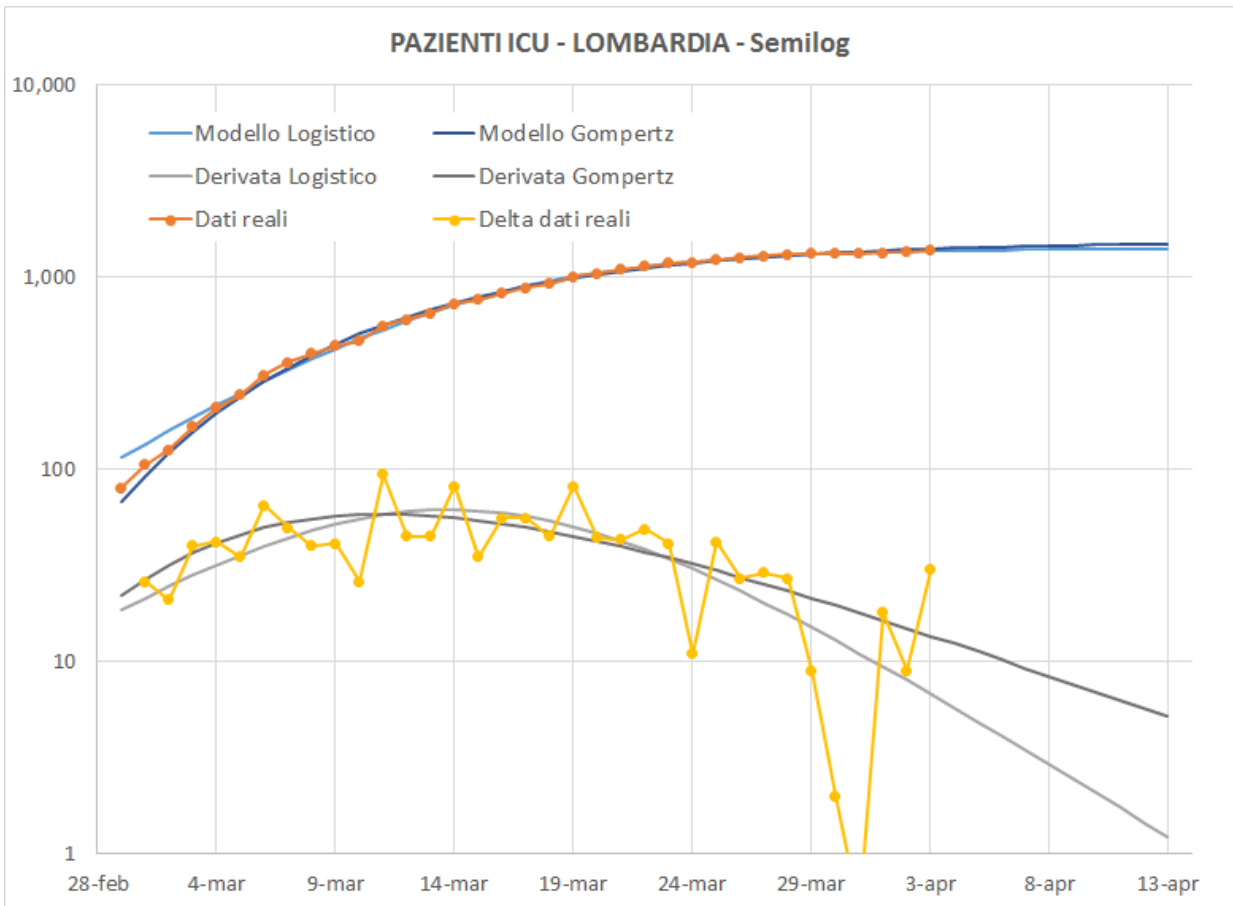


Figura 4: Pazienti ICU in Lombardia. Per i colori e significato delle curve vedasi quelli dettagliati in Figura 2.

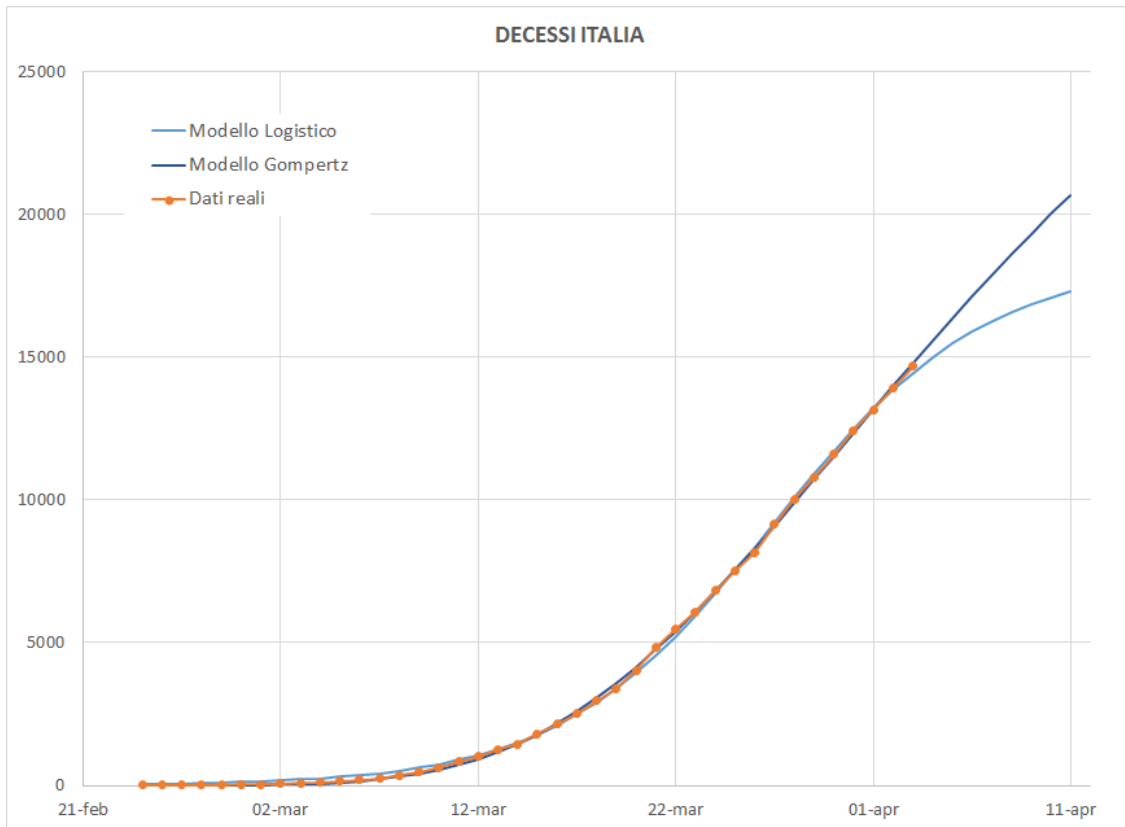


Figura 5: Decessi in Italia in coordinate lineari.

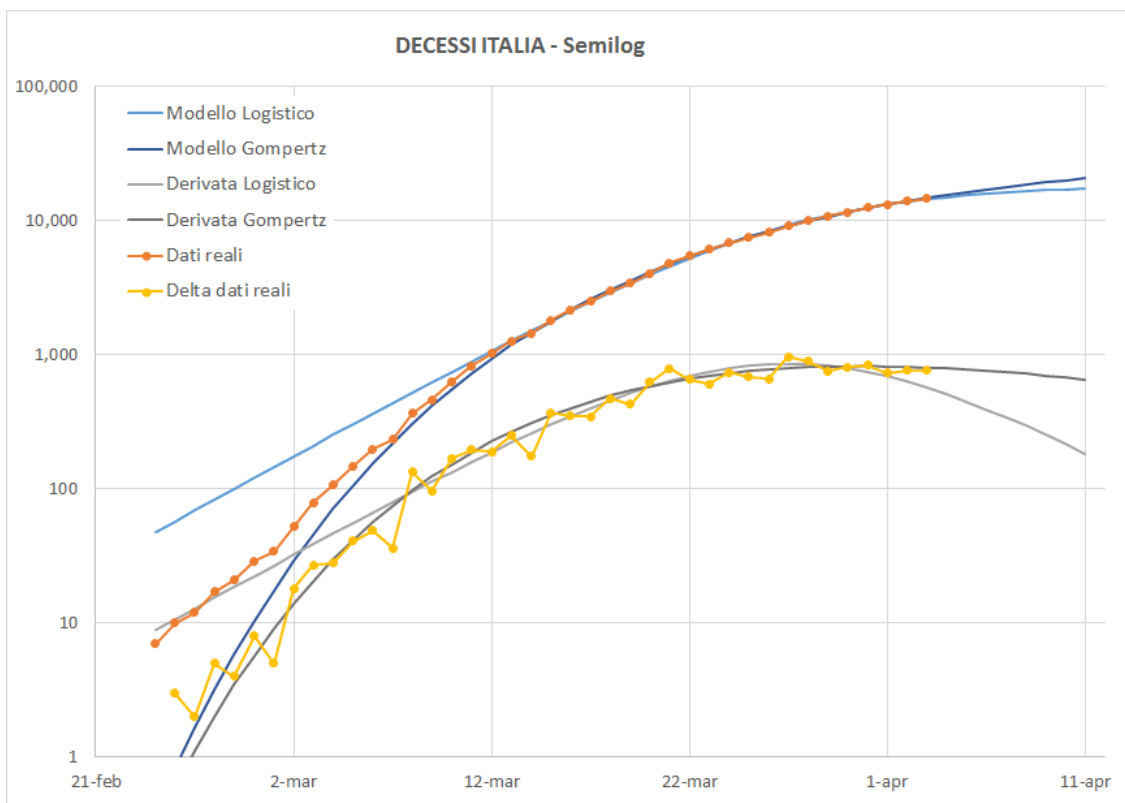


Figura 6: Decessi in Italia in coordinate semilogaritmiche (i.e. asse ordinate secondo potenze di 10). Le linee continue azzurra e blu mostrano l'andamento del modello logistico e di Gompertz. La spezzata arancione scura (linea e pallini) riporta i dati reali. Le linee continue grigio chiara e scura sono la derivata prima del modello logistico e di Gompertz e mostrano la variazione giornaliera dei decessi. La spezzata giallo-ocra (linea e pallini) indica la variazione giornaliera di decessi. I massimi delle curve grigie individuano sulle ascisse la data in cui i rispettivi modelli suggeriscono sia stato raggiunto il massimo incremento di decessi.



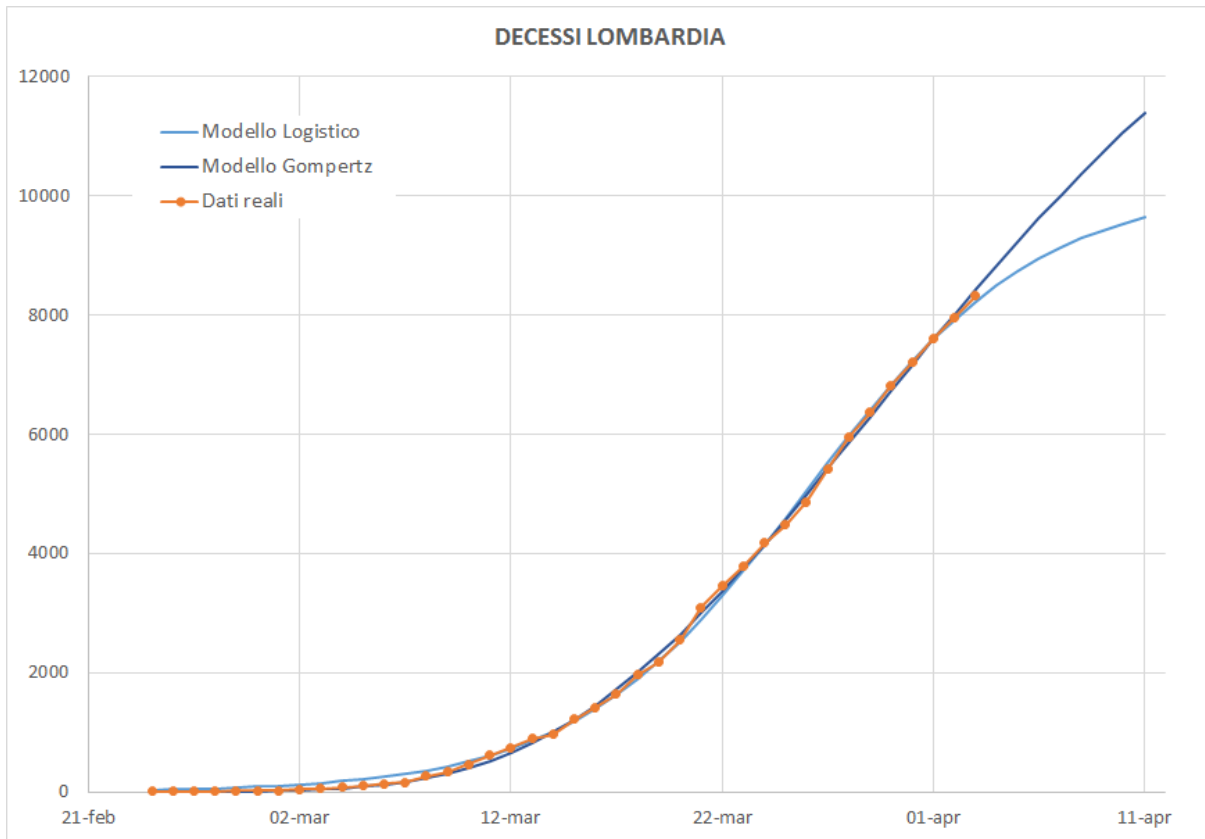


Figura 7: Decessi in Lombardia in coordinate lineari.

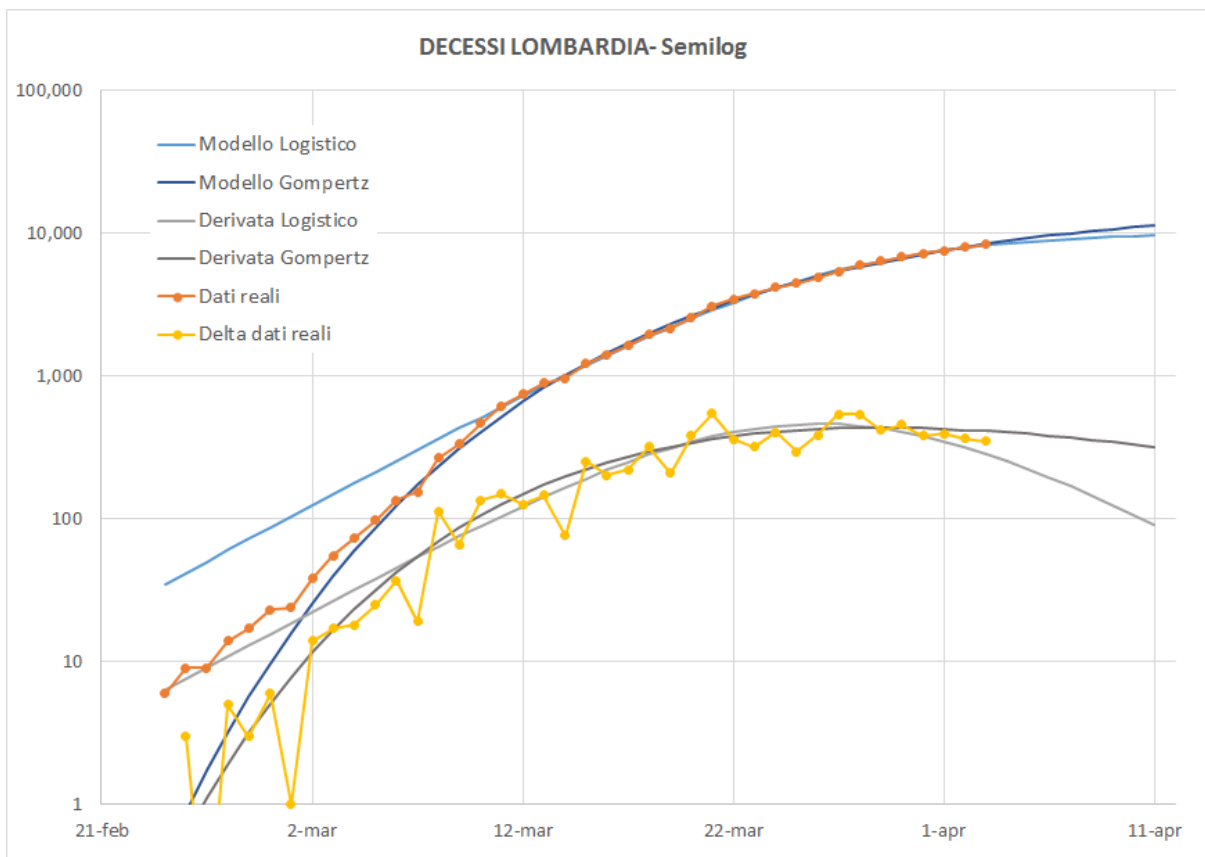


Figura 8: Decessi in Lombardia. Per i colori e significato delle curve vedasi quelli dettagliati in Figura 6.