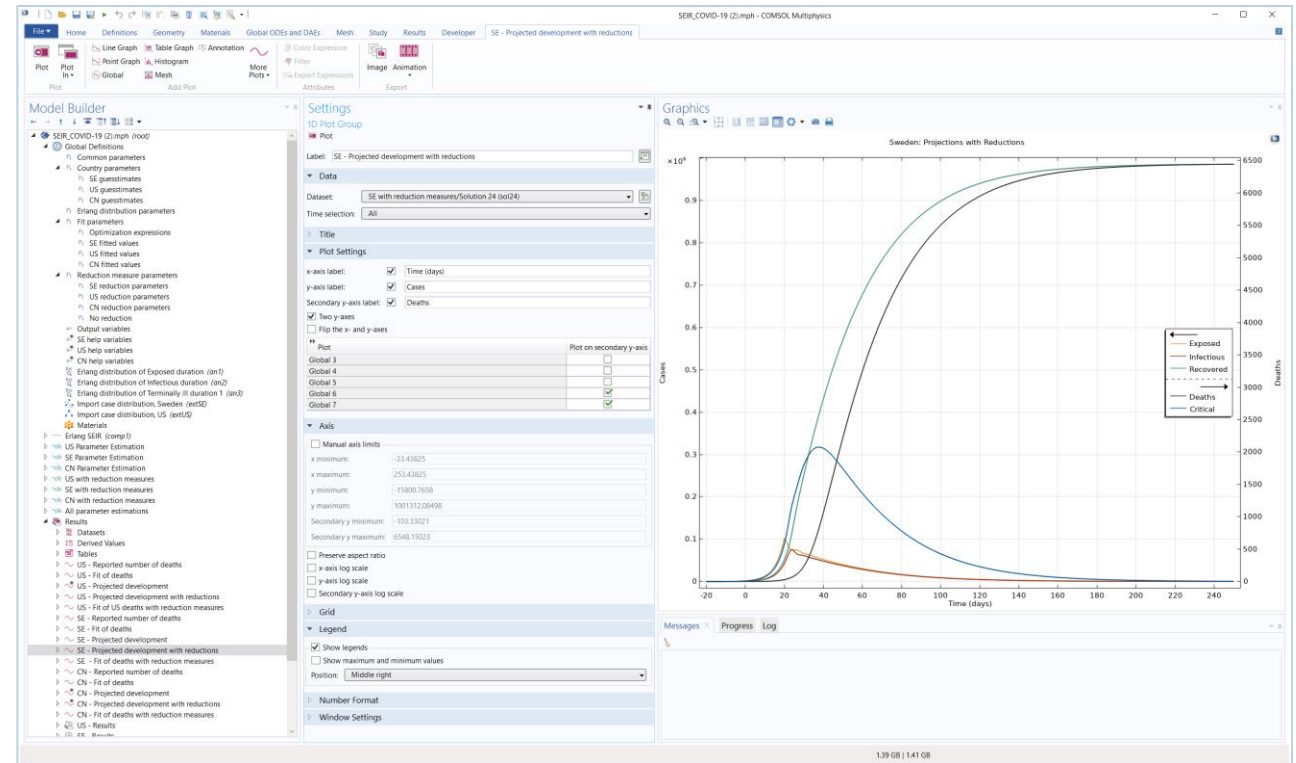


Model epidemiologiczny COVID-19

Michał Krzus, Kinga Banasiak, Joanna Łucka

Wprowadzenie

- Modele:
 - SEIR
 - Erlang–SEIR
- Kwarantanna w Chinach
- Szwedzi zachowują dystans
- W USA kwarantanna



Modele

- Przedziały i zmienne dla osób w każdym przedziale

S = podatni

E = narażeni

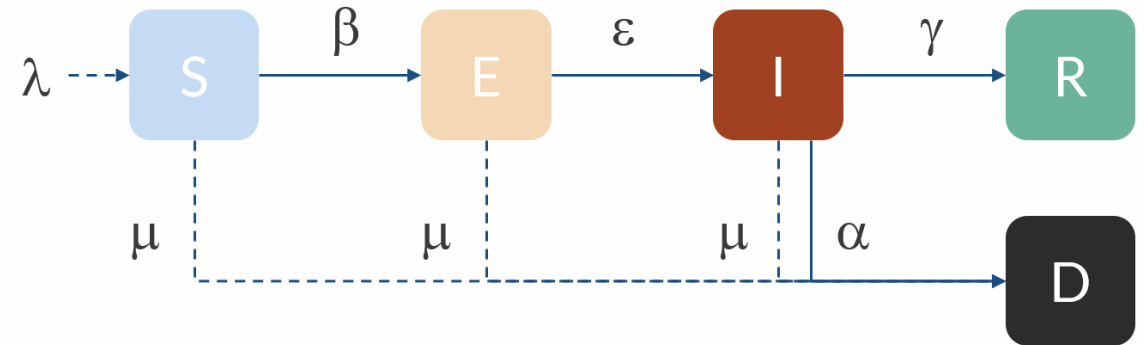
I = zakażeni

R = uzdrowieni

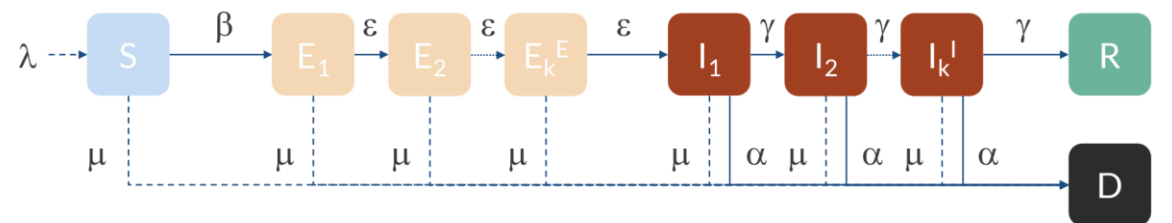
D = zgony

- Erlang–SEIR:

- Modeluje rozkład czasu poszczególnych osób w różnych stanach
- Może uwzględniać napływ osób narażonych lub zakażonych na różnych etapach



SEIR



Erlang-SEIR

Modele

- dzień⁻¹-oznacza, że dany współczynnik jest ustalony dla konkretnego dnia. Współczynniki w trakcie trwania epidemii zmieniają się. Dzieje się tak, ponieważ z racji ograniczenia chociażby kontaktów międzyludzkich lub wprowadzenia obowiązkowej kwarantanny dla ludzi przyjeżdżający z zagranicy odpowiednio współczynnik zakaźności będzie mniejszy, niż przed wprowadzeniem zakazów.

- Rate coefficients or functions between the different states

β = szybkość transmisji (dzień⁻¹)

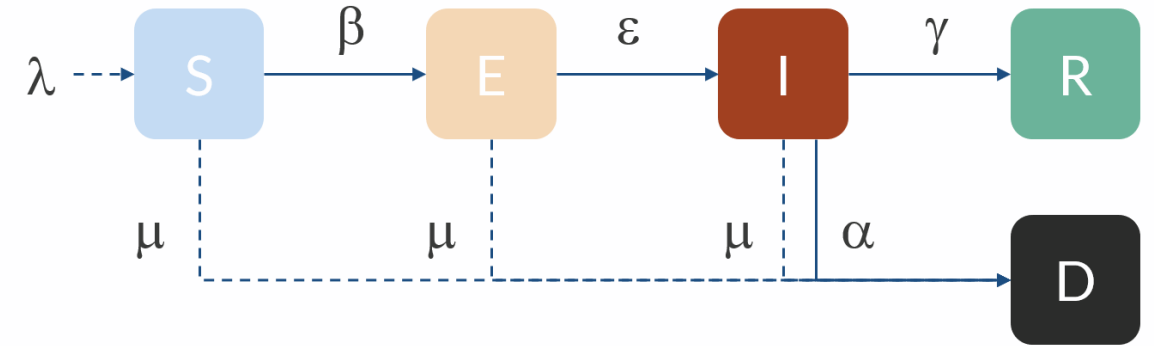
ε = współczynnik od E to I (dzień⁻¹)

γ = współczynnik odległości od I do R (dzień⁻¹)

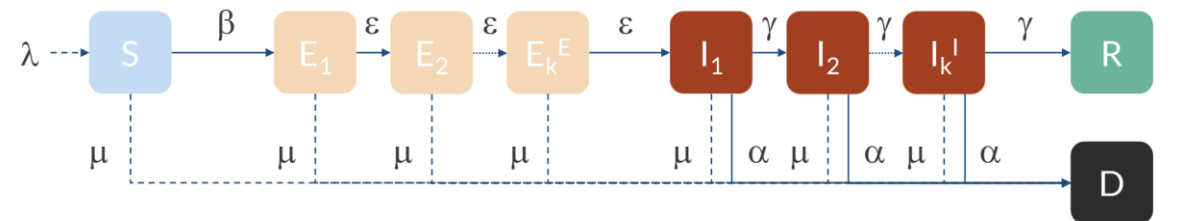
α = wskaźnik do D ze względu na choroby (dzień⁻¹)

μ = wskaźnik śmiertelności (dzień⁻¹)

λ = wskaźnik nowych przypadków



SEIR



Erlang-SEIR

Model równania

Równanie dla S:

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{\beta}{N}SI$$

Równanie for R:

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I$$

Relacje:

$$R_0 \quad \text{Liczba zakażeń}$$

$$n_{id} \quad \text{Dni infekcji}$$

$$\beta = \frac{R_0}{n_{id}} \quad \text{Szybkość rozpowszechniania się wirusa}$$

$$\gamma = \frac{1}{n_{id}} \quad \text{Stawka stanu zakaźnego}$$

Równanie dla E:

$$\frac{dE}{dt} = \frac{\beta}{N}SI - \varepsilon E$$

Równanie dla D:

$$\frac{dD}{dt} = \alpha I$$

Równanie dla I:

$$\frac{dI}{dt} = \varepsilon E - \gamma I - \alpha I$$

Warunki początkowe dla zmiennych

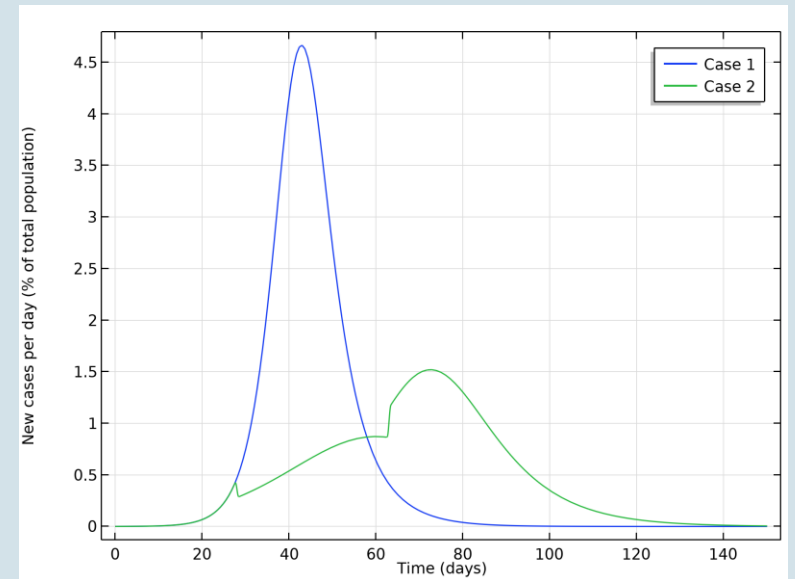
$$S_0, E_0, I_0, R_0, D_0$$

Spłaszczenie krzywej

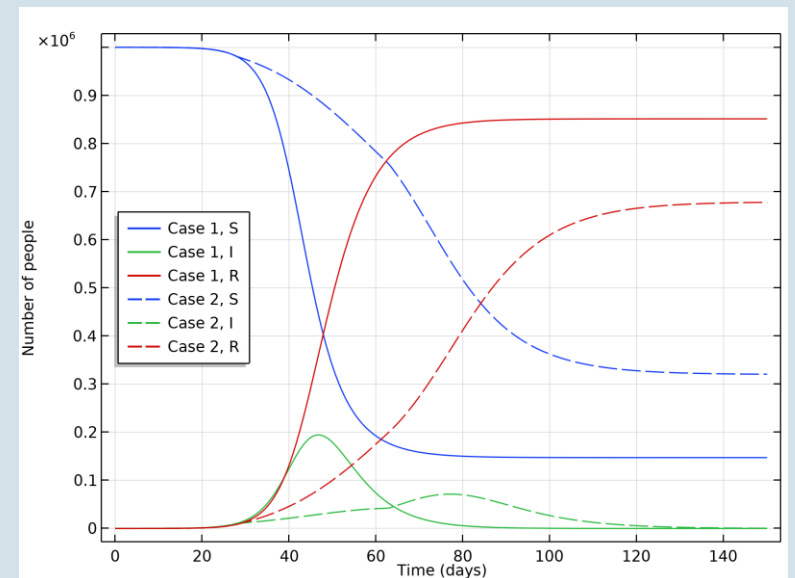
Dwa przypadków:

- Przypadek 1: brak kwarantanny
- Przypadek 2:
 - Kwarantanna
 $R = 0.6R_0$ przez 5 tygodni
 $R = 0.8R_0$; po 5 tygodniach
- Przypadek 2 redukuje stosunek liczb zakażonych w populacji
 - 85% dla przypadku 1
 - 68% dla przypadku 2

Infekcje w porównaniu do dni



Postęp epidemii

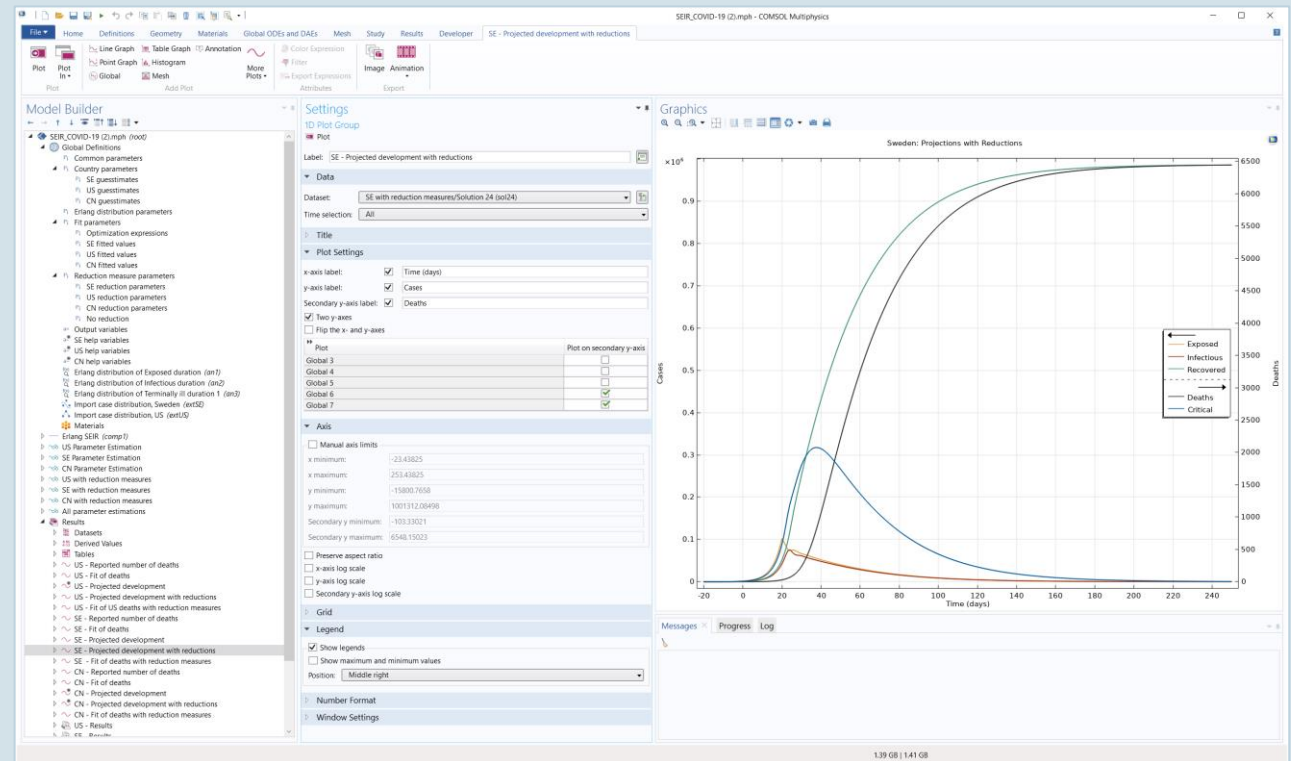


Wnioski

Spłaszczanie krzywej nie tylko kosztuje czas, na przykład na przygotowanie szpitali, ale także zmniejsza całkowitą liczbę osób zarażonych podczas epidemii

Parametr estymacji

- Parametr estymacji:
 - Zgony, najbardziej wiarygodne dane
 - Pierwszy krok: wykładniczy rozkład
 - Drugi krok: ograniczenia
 - Parametry wyjściowe:
 - Liczba reprodukcji, R_0
 - Szybkość rozpowszechniania, β
 - Średni czas pobytu w stanie E
 - Średnia E , ε
- Wpływ ograniczeń:
 - Redukcja R_0 przez czynnik < 1

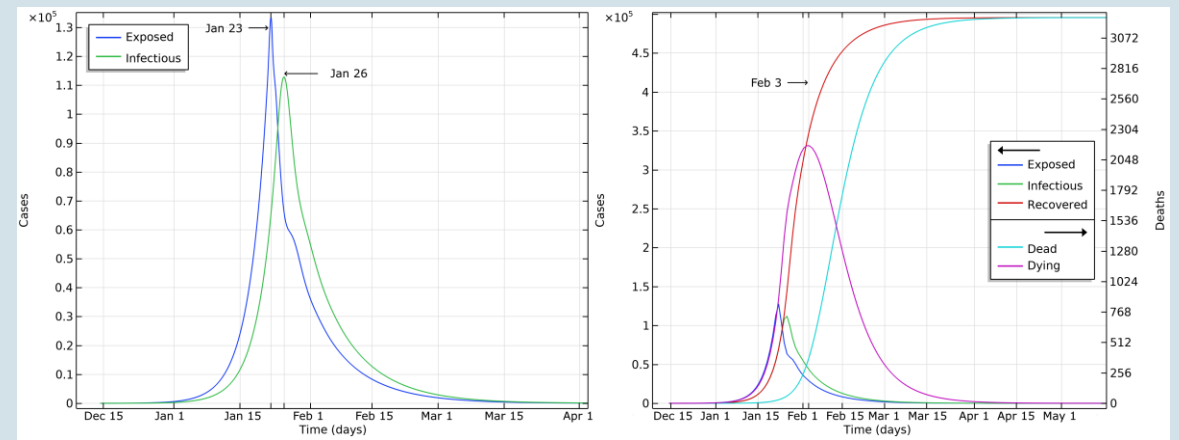
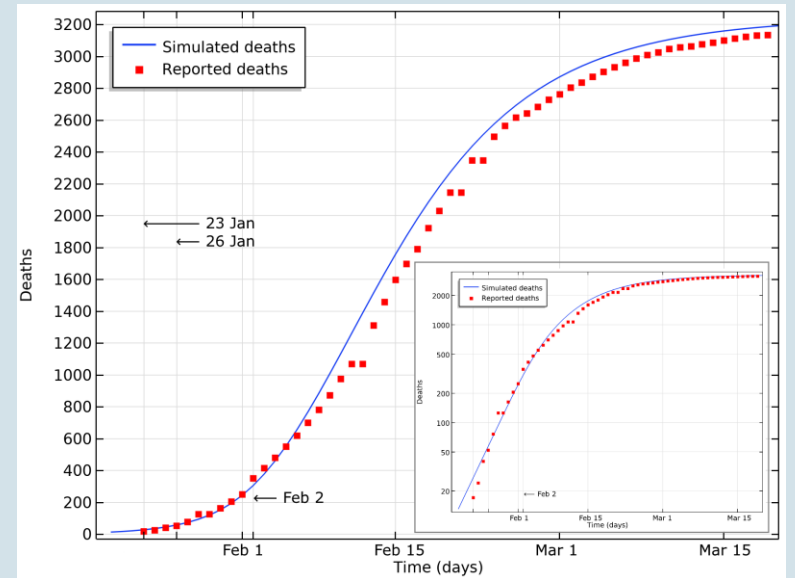


Postęp epidemii

Kwarantanna w Chinach

- Parametry estymacji:
 - R_0 : 3.03
 - β : 1.01 (day⁻¹)
 - Średni czas pobytu E : 3.00 (day)
 - Średnia E , ε : 3.33 (day⁻¹)
- Wpływ ograniczeń
 - Data restrykcyj, Jan. 23
 - Numer reprodukcji $R = 0.185R_0$
 - Początek ograniczeń: Styczeń 23

Symulacja śmiertelności

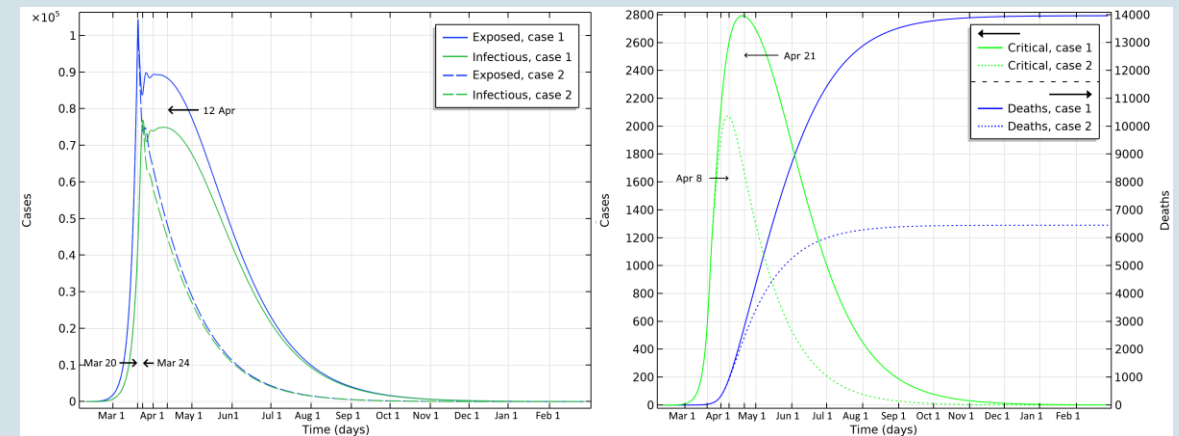
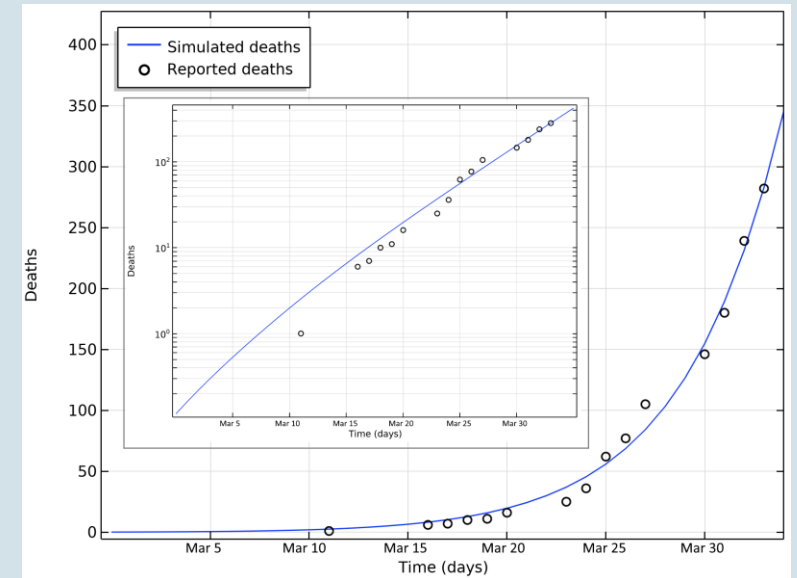


Postęp epidemii

Szwedzi zachowują dystans

- Parametr estymacji:
 - R_0 : 2.95
 - β : 0.98 (day⁻¹)
 - Średni czas trwania E : 3.68 (day)
 - Średnia E , ε : 2.71 (day⁻¹)
- Wpływ ograniczeń
 - Redukcja R_0 :
 - Przypadek 1, $R = 1.03$
 - Przypadek 2, $R = 0.88$
 - Początek restrykcji: Marzec 20

Symulacja śmiertelności

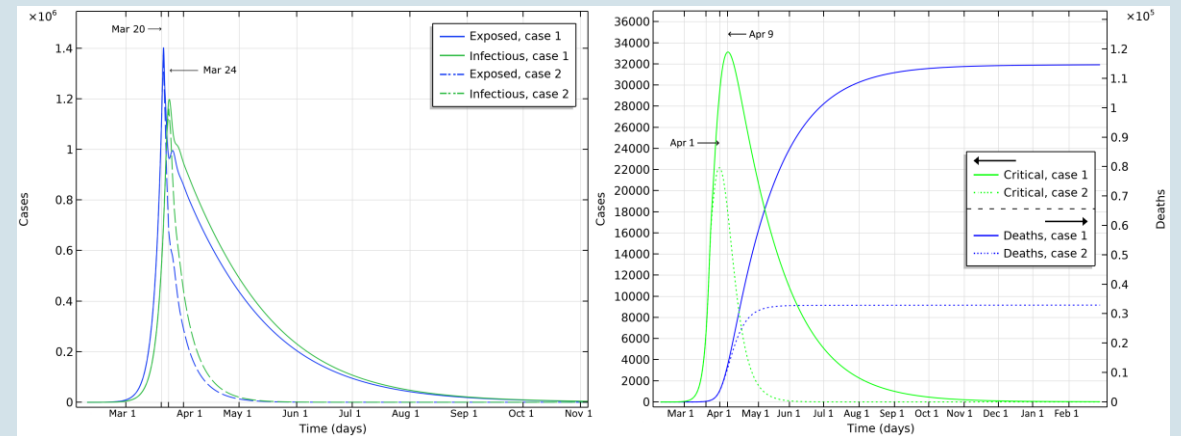
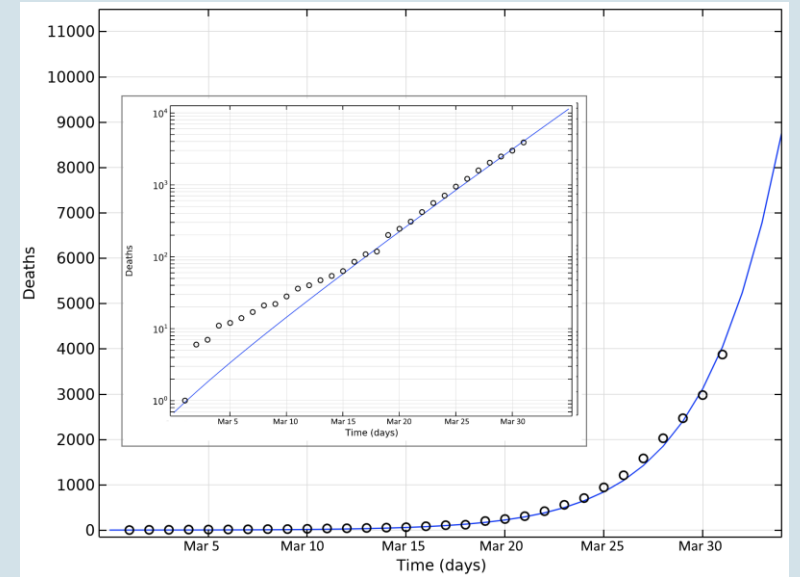


Postęp epidemii

Kwarantanna USA

- Parametr estymacji:
 - R_0 : 2.97
 - β : 0.99 (day^{-1})
 - Średni czas trwania E : 3.68 (day)
 - Średnia E , ε : 3.41 (day^{-1})
- Wpływ ograniczeń
 - Redukcja R_0 :
 - Przypadek 1, $R = 0.89$
 - Przypadek 2, $R = 0.55$
 - Początek restrykcji: Marzec 20

Symulacja śmierci i infekcji



Postęp epidemii

Wnioski

Dystans społeczny i ograniczenia interakcji społecznych skutkują mniejszą liczbą zarażonych i mniejszą liczbą zgonów Jednak to sprawia, że populacja jest bardziej podatna na następny wybuch, dlatego musimy być czujni