



Centre for Economic and Regional Studies
Institute of World Economics

Közgazdaság- és Regionális Tudományi Kutatóközpont
Világgazdasági Intézet

Kihívások

237.

2020 április

Fleischer Tamás

MEGÁLLAPÍTÁSOK A KORONAVÍRUS TERJEDÉSÉRŐL

ÉS A TEENDŐKRŐL

Kih

Közgazdaság- és Regionális Tudományi Kutatóközpont
Világgazdasági Intézet

Kihívások 237. szám (2020) 2020. április 18.

Megállapítások a koronavírus terjedéséről és a teendőkről



Fleischer Tamás

kutató

Közgazdaság- és Regionális Tudományi Kutatóközpont
Világgazdasági Intézet

Jelen elemzésben kifejtett vélemények és következtetések nem minden esetben tükrözik a Világgazdasági Intézet, illetve a Közgazdaság- és Regionális Tudományi Kutatóközpont kutatóinak véleményét.



Megállapítások a koronavírus terjedéséről és a teendőkről

Fleischer Tamás¹

Bevezetés

Naponta találkozunk a híradásokban az előző lapon feltüntetett, és más, koronavírus-járványra vonatkozó fogalmakkal. Mindegyiknek értjük, vagy érteni véljük a jelentését, többségüket eddig is ismertük. Mégis azt tapasztaljuk, hogy a segítségükkel leírt folyamatok bizonytalanok, az elmagyarázott tennivalók és forгатókönyvek sűrűn változnak, szinte országról-országra eltérőek, és nemegyszer egymásnak ellentmondóak.

Ez az összeállítás néhány szubjektív módon kiválasztott, meggyőzőnek talált írás alapján készült. Közös jellemzőjük, hogy a járványterjedési folyamatokat rendszerösszefüggésükben vizsgálják, friss adatokra támaszkodnak, ugyanakkor tárgyilagosan figyelembe veszik az adatforrások hiányosságait, az elérhető adatok megkérdőjelezhető megbízhatóságát, esetenként manipulált voltát.

További jellemzője a forrásoknak, hogy többségükben nem estek át tudományos publikációkra jellemző bírálati eljáráson, hanem kéziratok, blogbejegyzések, esetenként nyers adatok első interpretációi. Ennek megfelelően jelen összeállítás sem több, mint egy kísérlet a gyorsan változó események néhány pillérének összerendezésére, összefüggéseik megértésére. Nem célja egyedi adatok pontosítása, új adatok közzétevése.

Az áttekintés tanulságai nyolc kulcs-megállapításban összegezhetők, ezek tagolják az írást. Az első öt megállapítás a járvány kezelésére vonatkozó forгатókönyveket megalapozó építőelemekre vonatkozik: adathiányokra, függvényekre, időcsúszásra, térbeli terjedésre, statisztikákra. A hatodik megállapítás magukat a forгатókönyveket áttekintve emel ki egyet a legfőbb elérendő célok közül, míg az utolsó kettő a kapcsolatokat, illetve a kontakt-személyek szűrésének az eljárására vonatkozik.

Kulcs megállapítások

- 1 Van amire kíváncsiak vagyunk,
de helyette azt mérjük, amire van adatunk.
A kettő nem ugyanaz.
- 2 Eltérő populációmodell figyelembevételére van szükség
a gyorsulóan növekvő vagy a stabilizálódó populációk,
– illetve a kiirtandó kártevők esetében.

¹ kutató, Közgazdaság- és Regionális Tudományi Kutatóközpont Világgazdasági Intézet, Tóth Kálmán utca 4, H-1097 Budapest, Hungary. Email: fleischer.tamas@krtk.mta.hu

- 3 Amikorra regisztrálni tudjuk a változást – a jövő egy időre már determinált.
- 4 Egyelőre a koronavírus nem annyira földrajzi szomszédság, mint inkább települési hierarchia szerint terjed.
- 5 A koronavírus kiemelkedően veszélyes azokra, akiknek egyéb betegségeik vannak, így különösen a 80 / 70 / 60 éven felüliekre.
- 6 Fő cél a járvány minden eszközzel történő gyors megfékezése, – majd a reprodukciós ráta *egy* alatt tartása.
- 7 Nem általában a kapcsolatokat, hanem a szuper-terjesztők kapcsolatait, továbbá a találkozásokat koncentráló helyszíneket és tömegrendezvényeket célszerű ellenőrizni, illetve korlátozni.
- 8 A fertőzési út lenyomozása egyelőre az egyedi fertőzések időszakában illetve a tömeges megbetegedések leszorítása után lehetséges.

1. Alapmennyiségek és mutatók

Van, amire kíváncsiak vagyunk, de helyette azt mérjük, amire van adatunk.

A kettő nem ugyanaz

Naponta meghallgatjuk a tájékoztatást a fertőzöttek és az elhunytak számáról és elborzadunk. Ez rendben is van, az információ ezt szolgálja. Ugyanakkor problémát jelent, ha ezeket a számokat összekeverjük azokkal, amelyek helyett, jobb híján használni próbáljuk őket. Múltbeli járványokról ex-post adataink vannak, jelenlegi, közbenső felméréseinket nem lehet ezekkel közvetlenül összehasonlítani. Példák:

Alapmennyiségek		Hozzáférés az adathoz
Népesség	P	elérhető
Összes fertőzöttek száma	I	utólag is csak becsülhető
Tesztelések száma	T	elérhető
Igazolt fertőzöttek száma	I*	elérhető
Összes elhunytak száma	D	utólag megállapítható
Eddig elhunytak száma	D*	elérhető

Mutatók: *Crude Mortality Rate, Infected Fatality Rate, Case Fatality Rate*

$\frac{\text{Összes elhunytak}}{\text{Népesség}}$

$\frac{\text{Összes elhunytak}}{\text{Összes fertőzöttek}}$

$\frac{\text{Összes elhunytak}}{\text{Igazolt fertőzöttek}}$

Amit tudunk:

$\frac{\text{Eddig elhunytak}}{\text{Népesség}}$

$\frac{\text{Eddig elhunytak}}{\text{Igazolt fertőzöttek}}$

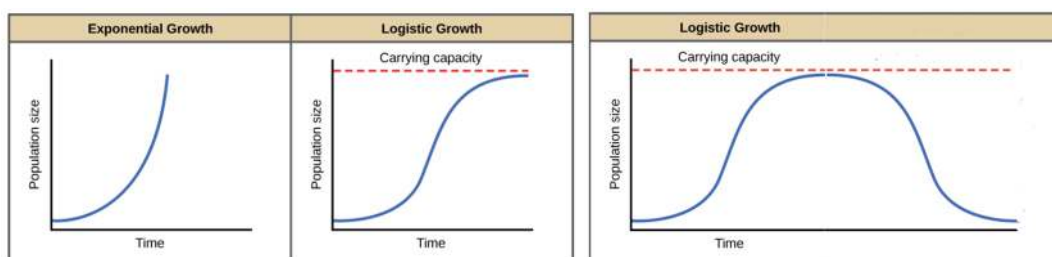
$\frac{\text{Eddig elhunytak}}{\text{Igazolt fertőzöttek}}$

Az igazolt fertőzöttek száma nagy mértékben függ attól, hogy mennyi tesztelés történt, és milyen alapon történt a teszteltek kiválasztása. Becslések szerint a fertőzöttek jelentős többsége egyáltalán nem kerül regisztrálásra, így a valódi szám utólag is csak bizonytalanul becsülhető marad. Ennél jobban megbecsülhető torzítást okoz a COVID-19 vírus exponenciális terjedése során a fertőzés mintegy kéthetes lappangási ideje, amivel a következő két blokk foglalkozik.

2. Exponenciális növekedés

Eltérő populációmodell figyelembevételére van szükség a gyorsuló növekvő vagy a stabilizálódó populációk, – illetve a kiirtandó kártevők esetében

A populáció-biológia két markánsan eltérő szelekciós mechanizmus alapján két természetes populáció-növekedési pályát különböztet meg. Az egyiket fix r növekedési ráta jellemzi, így a populáció alakulását *exponenciális függvény* írja le. A fix rátáról *r-szelekciónak* elnevezett stratégiát követő élőlények teljesen fölélnek a környezetüket, majd ennek hatására a populáció összeomlik (jellegzetes példája a sáskajárás). – A másik pálya ugyanígy indul, de a környezete eltartóképességi korlátjára reagálva a populáció változtatni képes a növekedési rátáján, egészen a korláthoz adaptálódó létszám-stabilitás kialakulásáig (*K-szelekció*). A második esetben kialakuló S-alakú görbe elnevezése *logisztikai függvény*. (Két baloldali diagram, 1. ábra)



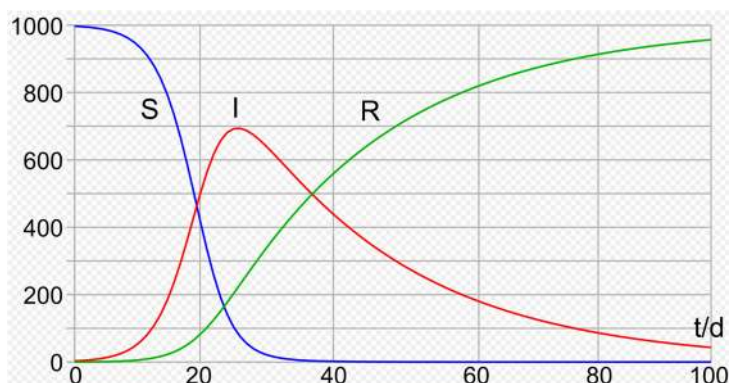
Forrás: OpenStax (é.n.) Environmental Limits to Population Growth és saját kiegészítés

1. ábra. Exponenciális (*r*-selection) és logisztikai (*K*-selection) görbe szerint növekvő, – illetve összeomló populáció

A vírussal való küzdelemben nyilvánvalóan nem elegendő a természetes szelekció modelljeire támaszkodni, esetünkben a cél a vírusok elterjedésének visszaszorítása, minél teljesebb kiirtása. Ezt szimbolizálja az 1. ábra jobboldali diagramja, illetve a 2. ábra I -vel jelzett piros vonala.

A 2. ábra a járványok lefolyásának leírására kialakított egyszerű elméleti modellt mutatja be. A *S I R-modell* háromféle embert különböztet meg: – S – a vírusveszélynek kitett, érzékeny emberek (susceptible) [az ábrázolt esetben ez kezdetben a teljes népesség], – I – a fertőzöttek (infectious), – R – felgyógyult vagy elhunyt népesség (recovered). $S + I + R$ értelemszerűen minden időpillanatban a teljes népesség (az ábrán a függőleges tengelyen 1000). A vírus terjedésével I fertőzöttek száma kezdetben exponenciális ütemben nő, S veszélyeztetettek rovására. A populáció véges volta fokozatosan fékezni kezdi a vírus változatlan ütemű terjedésének a lehetőségét: a megfertőzöttek egymás közötti érintkezése is, de különösen a felgyógyultak növekvő száma akadályát

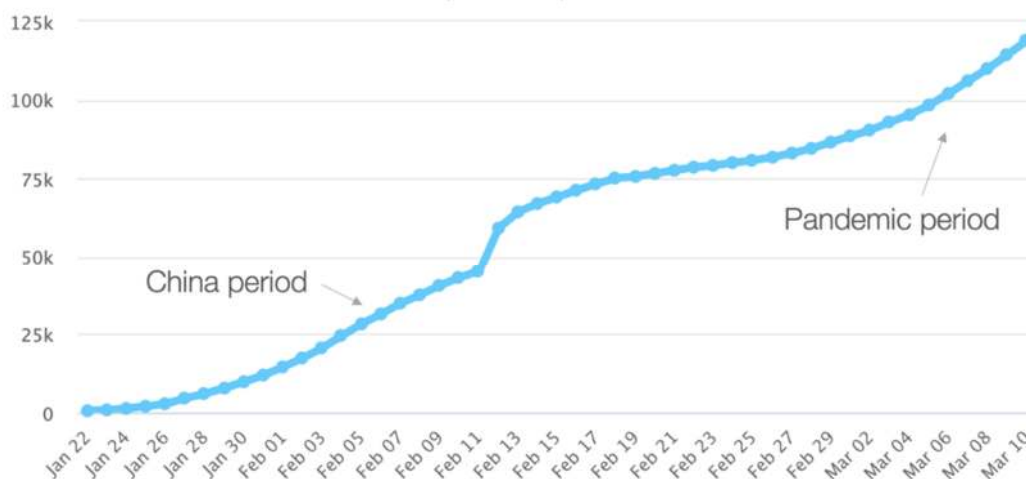
képezi annak, hogy továbbra is minden találkozás potenciális fertőzés-átadással járjon. A modellel szemléltethető az, hogy ha sikerül időben lassítani a folyamat lefutását, miközben a felgyógyulás időtartama nem változik, akkor a fertőzési függvény ellaposítható, az egyidőben fertőzöttek száma csökkenthető – de az is demonstrálható, hogy a lassítás önmagában nem elegendő a folyamat társadalmilag elviselhetővé tételéhez.



Forrás: Modelling epidemics

2. ábra. A járvány lefolyása a S I R-modell szerint, azaz a népesség megoszlása a veszélyeztetettek, a fertőzöttek és a fertőzésen túlesettek (és halottak) között

Az elméleti modell után a 3. ábra a koronavírus járvány során bejelentett fertőzöttek számának egy negyven napos szakaszát mutatja be (binnen egy feltehetően adat-szolgáltatási korrekcióra utaló lépcsővel).



Source: Tomas Pueyo, based on worldometers chart and data: <https://www.worldometers.info/coronavirus/coronavirus-cases/>

Forrás: Pueyo, Tomas (2020) Coronavirus: Why You Must Act Now

3. ábra. A világyárvány nekilódulásai márc. 10-ig: kínai és pandémiás szakasz

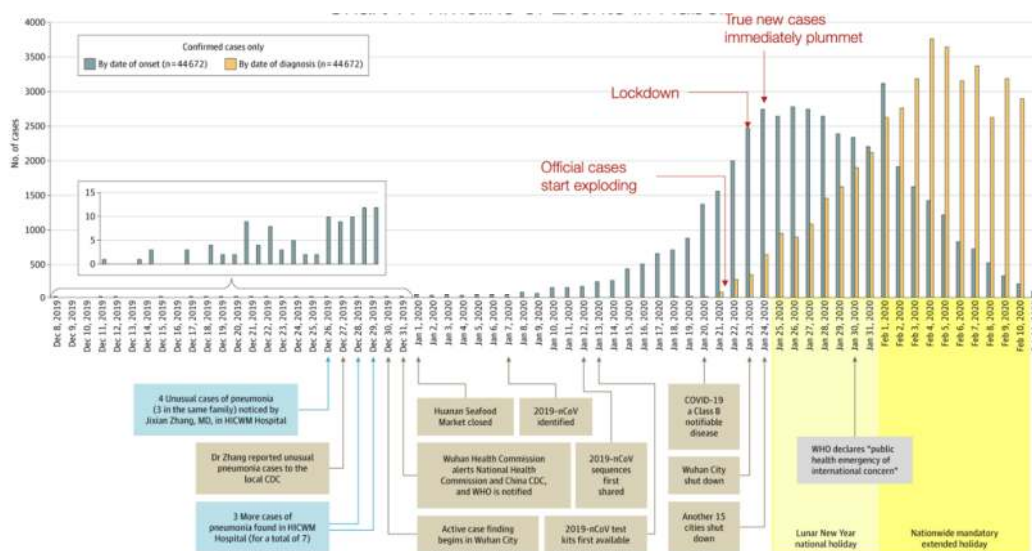
A kínai periódus exponenciálisan növekvő görbéje február 7.-e körül kezd ellaposodni, ami a beavatkozás sikerességére utal. Két héttel később a járvány mégis elszaba-

dul: a Kínán kívüli gócpontok kialakulásával létrejövő világjárvány megint exponenciálisan növekvő szakaszba fordult. Ez arra hívja fel a figyelmet, hogy még ha sikeres is a növekedést előidéző hajtóerők felmért részére irányuló beavatkozás, a **figyelman kívül hagyott tényezők a folyamatot újra berobbantathják.**

3. A tényadatok késlekedése

Amikor regisztrálni tudjuk a változást – a jövő egy időre már determinált

A 4. ábra azt mutatja be Hubei tartomány adatainak segítségével, hogy exponenciális növekedés esetén a fertőzés lappangási ideje milyen eltérést jelent a felmérésekből kiolvasható helyzet és az adott időben ténylegesen fennálló helyzet között. Az ábra jobb oldalán látható vörös oszlopok mutatják a felmérések szerinti fertőzési számokat. A hatóságok a január 20-a után megjelenő magas értékek hatására vezettek be radikális lépéseket a járvány megfékezésére. Valójában ekkor a négy-tizennégy nappal korábban megfertőződött emberekről derült ki a fertőzöttségük, és ebből visszakövetkeztetve a kék oszlopok mutatják a feltételezhető valóságos helyzet szerinti értékeket. Ennek köszönhetően még két hétig a felmérések (vörös oszlopok) szerint a beavatkozásnak látszólag nem volt hatása, folytatódott a fertőzés terjedése. A valóságban (kék oszlopok) a beavatkozás hatására leállt a napi fertőzések számának a növekedése (kék 'fennsík') majd az értékek csökkenni kezdtek. Ez a csökkenés azonban a felmérésben ugyancsak elkésve, csak február 5-e után mutatkozott meg.



Forrás: Pueyo, Tomas (2020) Coronavirus: Why You Must Act Now

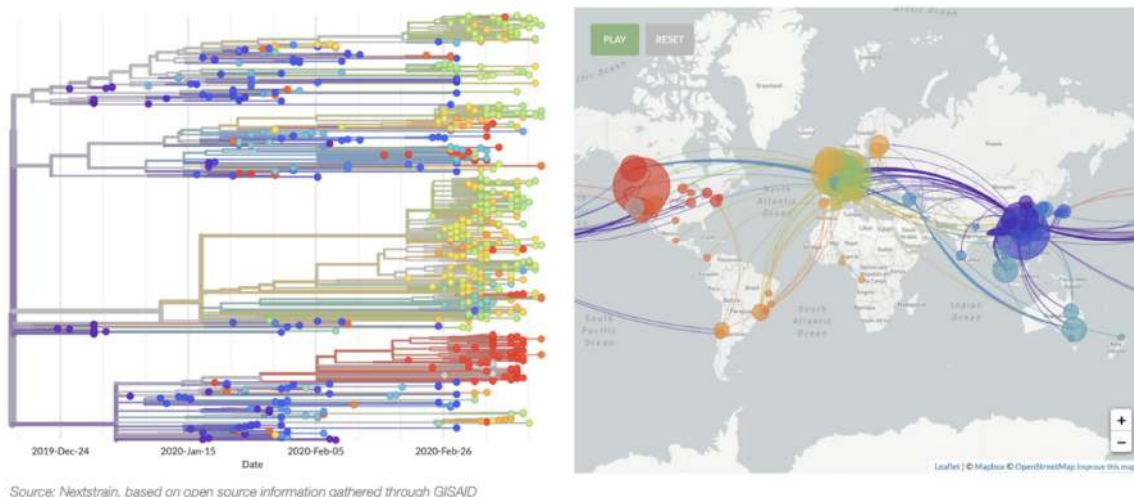
4. ábra. Hubei: a diagnosztizált (vörös) és a feltételezett tényszerű (kék) megfertőződések közötti eltolódás

Az időbeli eltolódás mellett a térbeli terjedés a járvány ismertebb hatása: a következő blokk az ezzel kapcsolatos következményeket tárgyalja.

4. A járvány terjedése

Egyelőre a koronavírus nem annyira földrajzi szomszédság, mint inkább települési hierarchia szerint terjed

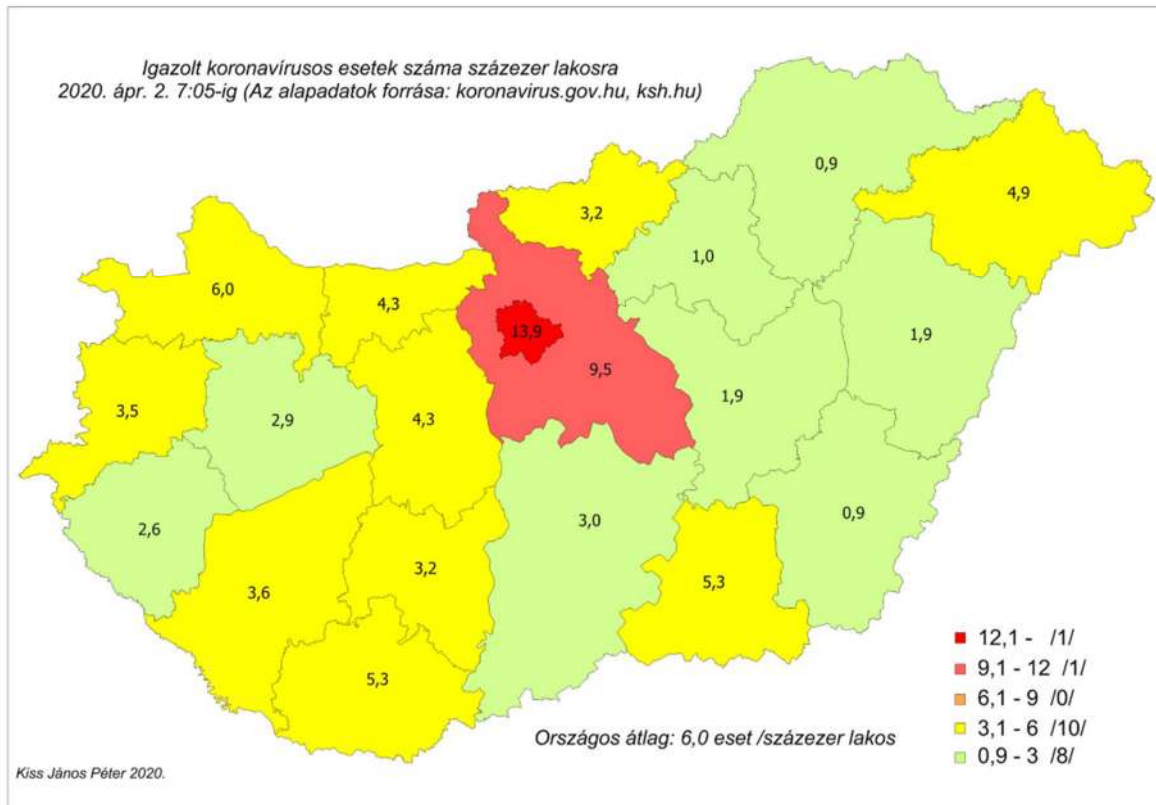
Az 5. ábra bal oldala arra mutat rá, hogy a vírus globális elterjedése és a nagyszámú sokszorozódás következtében felmerül a vírus mutálódásának a problémája. A leszármazási / mutálódási folyamatot érzékeltető ábra három eltérő színnel jelzett markáns eltérést különböztet meg – az ábra jobb oldala ezeket, mint a távol-keleti, az európai és az amerikai színtéren megjelenő változatokat mutatja be. A mutánsok viselkedése, hatása is eltérhet egymástól, és az oltóanyag megjelenésekor is nehézséget fog jelenteni, ha például az Egyesült Államokban kikísérletezett szer esetleg nem lesz hatásos a többi mutáns esetében.



Forrás: Pueyo, Tomas (2020) Coronavirus: The Hammer and the Dance

5. ábra. A koronavírus mutálódása, és ennek területi megjelenése

Egészen más területi jelenségre hívja fel a figyelmet Kiss János Péter. A tőle átvett 6. ábra a hazai igazolt fertőzöttek sűrűségét ábrázolja: az április második állás szerint (átlag 6 fertőzött százezer lakosonként). Az ország 18 megyéje átlag alatti mutatót produkál, míg Pest megye és főként Budapest húzza felfelé az átlagot; utóbbi jóval meghaladva az átlag kétszeresét is.



Forrás: Kiss János Péter (2020) A magyar koronavírus-térkép – és ami ebből következik.

6. ábra. A fertőzöttség területi elterjedtsége Magyarországon 2020. 04. 02.

A hazai tapasztalat, a fertőzések fővárosra koncentrálódása egybevág a nemzetközi trenddel: a járvány a globális kapcsolati/kereskedelmi láncok mentén terjed, és a fertőzési göcöket egyelőre nagyobb városok és üdülőközpontok képezik.

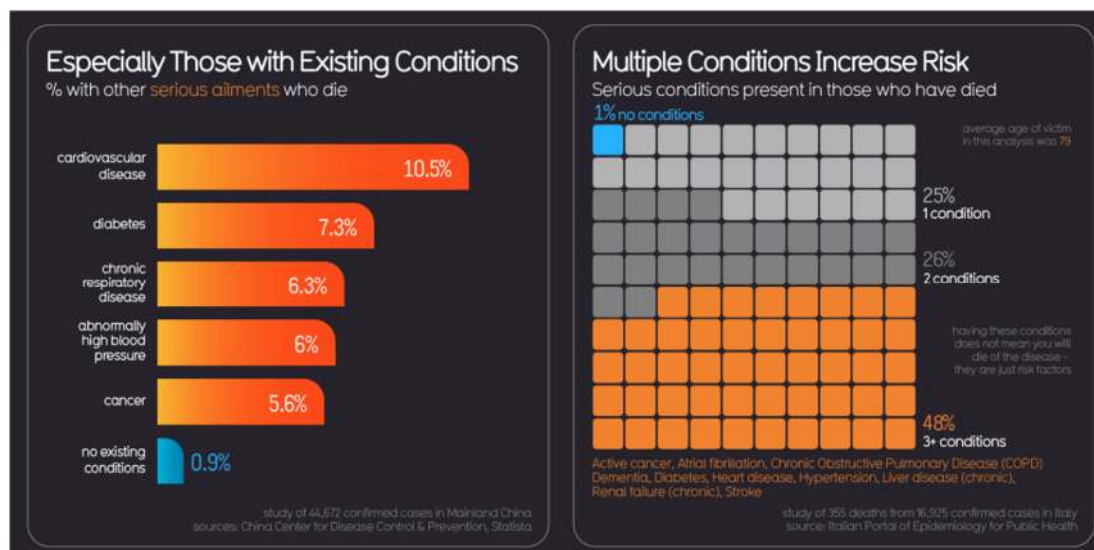
5. Közbenső statisztikák:

A koronavírus kiemelkedően veszélyes azokra, akiknek

egyéb betegségeik vannak, így különösen a 80 / 70 / 60 éven felüliekre

A sajnálatosan növekvő esetszámok nyomán már a járvány közben is láthatóvá válnak markáns arányok – amelyek akkor is figyelemre méltók, ha tudjuk, hogy a végleges statisztikák ettől el fognak térni.

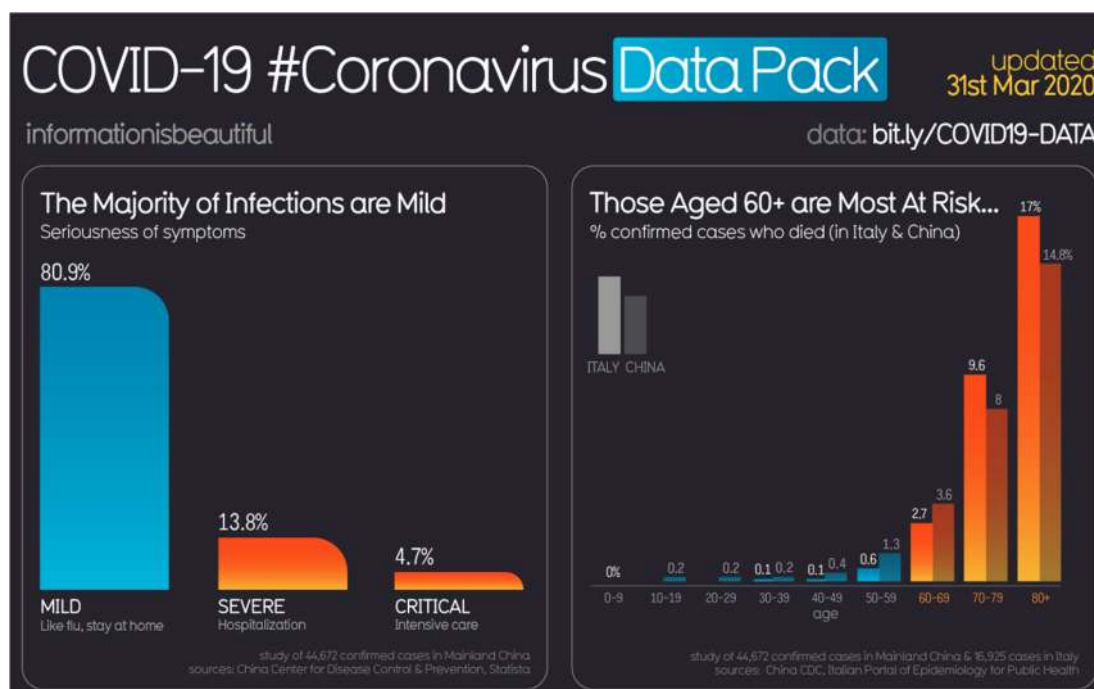
A 7. ábra bal oldala a fertőzöttek a vírusfertőzés mellett fennálló egyéb betegségeinek kockázati hatását mutatja a halálozásban. Az elhunytak 10.5 százaléka szív- és érrendszeri betegségben, 7,3 százaléka cukorbetegségben szenvedett, és nagyjából 6-6 százaléka légzőszervi betegséggel, magas vérnyomással vagy rákbetegséggel volt diagnosztizálva. Az összes fertőzésben elhunyt személynek mindössze nem egészen egy százalékánál nem mutattak ki semmilyen egyéb betegséget.



Forrás: COVID-19 #CoronaVirus Infographic Datapack—Information is Beautiful 2020.

7. ábra. Plusz kockázat: elhunytak alapbetegségei ill. az alapbetegségek halmozódása

A 7. ábra jobb oldala a különböző betegségek halmozódásának a kockázati hatását mutatja. A vírusfertőzésben elhunytak közel felének volt három vagy több egyéb betegsége, a másik felének kettő vagy egy; mindössze a már említett egy százaléknak nem volt egyetlen más kimutatott betegsége sem.



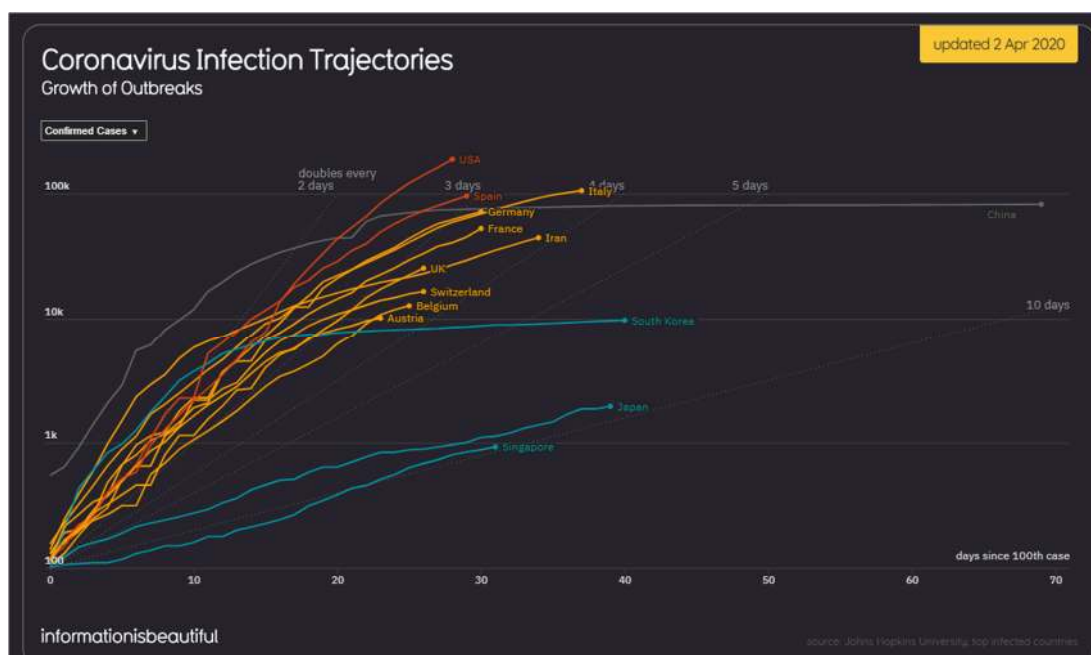
Forrás: COVID-19 #CoronaVirus Infographic Datapack—Information is Beautiful 2020.

8. ábra. Enyhe, súlyos és kritikus fertőzöttek ill. életkor szerinti halálozási statisztika

A 8. ábra jobb oldala a vírushatás következtében elhunyt áldozatok életkor szerinti veszélyeztetettségét mutatja, ami nyilvánvalóan nem független a másodlagos betegségek bemutatott halmozódási hatásától. 50 éves kor alatt tízed százalékban fejezhető ki koronavírus-fertőzéssel járó halálozási kockázat, innentől viszont az életkorral rohamosan emelkedik: 70 és 80 év között megközelíti a 10%-ot, 80 év felett eléri, sőt meghaladja a 15%-ot. Érdekes, hogy az utóbbi két kategóriában az olaszországi számok kb. két százalékponttal magasabbak a kínai adatoknál.

A 8. ábra bal oldala a fertőzések súlyosság szerinti megoszlását mutatja: a kínai tapasztalatok szerint 81%-ban a vírushatás enyhe lefolyású, a regisztrált esetek közel 19%-a igényel kórházi ápolást, utóbbiak negyede intenzív ellátást. (Magyarországon az intenzív ellátást igénylő fertőzöttek aránya április elején ennél sokkal magasabb volt: ez nyilván a fertőzöttek számának a szórványos tesztelés miatti alulbecslésére vezethető vissza.)

A 9. ábra különböző országok fertőzötteinek a számát mutatja, attól a naptól kezdve, amikor az illető országban a járvány elérte a 100 kimutatott fertőzöttet. Halványan láthatók a logaritmikus értékskálával rendelkező ábrán a rendre 10, 5, 4, 3, 2 nap alatti kétszereződést jellemző sugarak is. Japán és Szingapúr láthatóan kezdettől nagyjából a tíznaponkénti kétszerezésre volt képes leszorítani a járvány terjedését, a többi ország a 2-4 napos tartományon belül javította fokozatosan a pozícióját, innen egyedül Dél-Korea tudott határozottan kitörni és fékezni a járvány terjedését.



Forrás: COVID-19 #CoronaVirus Infographic Datapack—Information is Beautiful 2020.

9. ábra. 100 fertőzöttet követő fertőzöttségi trajektóriák országonként és viszonyítás a kétszereződési napok számához

6. Előzetes stratégiák és realitásuk:

Fő cél a járvány minden eszközzel történő gyors megfékezése, – majd a reprodukciós ráta egy alatt tartása.

Az említésre alig érdemes háritó propagandát leszámítva három jóhiszemű stratégiát érdemes ismertetni, ezeket alább a, b, c betűk jelzik. A felsorolás sorrendje fejlődési pályát is mutat: számos ország fokozatosan kényszerül bele az egyre szigorúbb intézkedésekkel járó forgatókönyvekbe.

Rosshiszemű, indikátorokat manipuláló stratégiák

y. 'Nálunk nincsen fertőzés'

z. 'Nálunk alacsony a halálozás'

Jóhiszemű stratégiák

a. *Nyájimmunitás* megszerzése gyors átfertőzéssel (*do-nothing*) (Svédország)

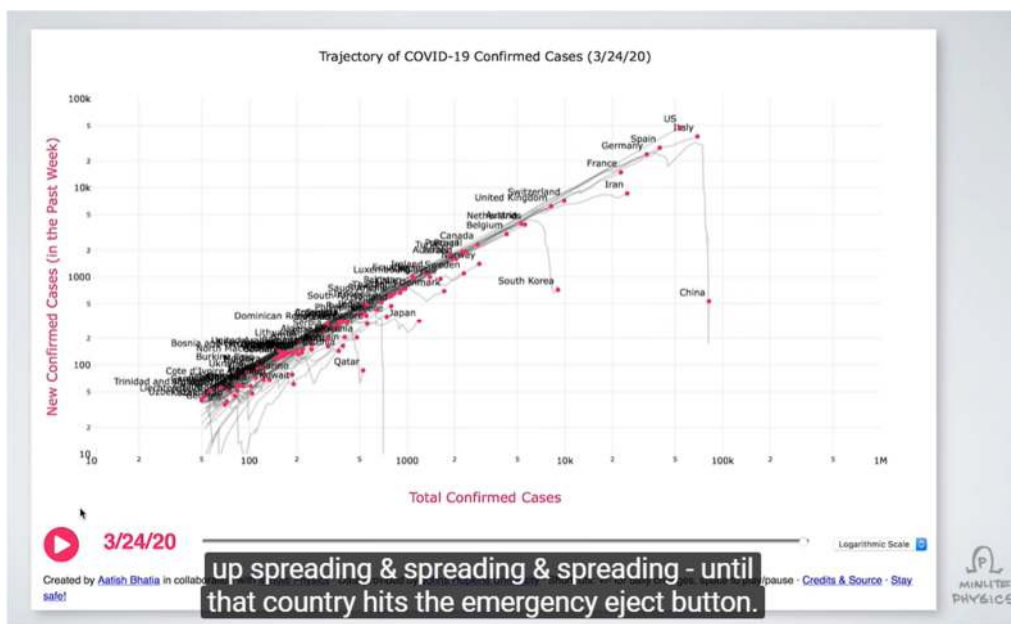
b. *A görbe ellaposítása*, időnyerés, mitigáció, social distancing (Európa zöme)

c. *A terjedés elnyomása*, a reprodukciós ráta leszorítása $R < 1$ (Kína)

Amíg egy járvány csak más országokat ér el, minden ország reménykedik abban, hogy mentes tud maradni a nehézségektől. Néha a reményen túl büszkeség tárgyává is válik ez a gondolat, valamilyen korábbi intézkedésnek tulajdonítva a védettség meglétét. Problémává, sőt kártékonyá akkor válik ez a büszkeség, ha a járvány megjelenésekor is fennmarad, és megakadályozza, késlelteti az egyébként szükséges lépések megtételét, a korrekt tájékoztatást, vagy a szakszerű irányítás kialakítását.

Amikor azután nem csak fertőzöttek jelzik a járvány útját, hanem halottak is, akkor visszájára fordul a játszadozás a statisztikai adatokkal. Amíg az alacsony fertőzöttszám kezdetben a védekezés hatásosságát próbálja demonstrálni, a továbbiakban a kevés fertőzöthöz képest a halálozások magas aránya az egészségügyre vet rossz fényt, és ilyenkor a propaganda szempontjából is jobb, ha a fertőzöttek száma nő és láthatóvá válik.

Még kevés a tapasztalat rá, de nyilván hasonló nyomást fognak érzékelni az egyes kormányzatok a szigorú intézkedések feloldása irányában is, ahol viszont nem a késlekedés, hanem az elhamarkodott lépések megtétele válhat a sikerpropaganda veszélyes következményévé.



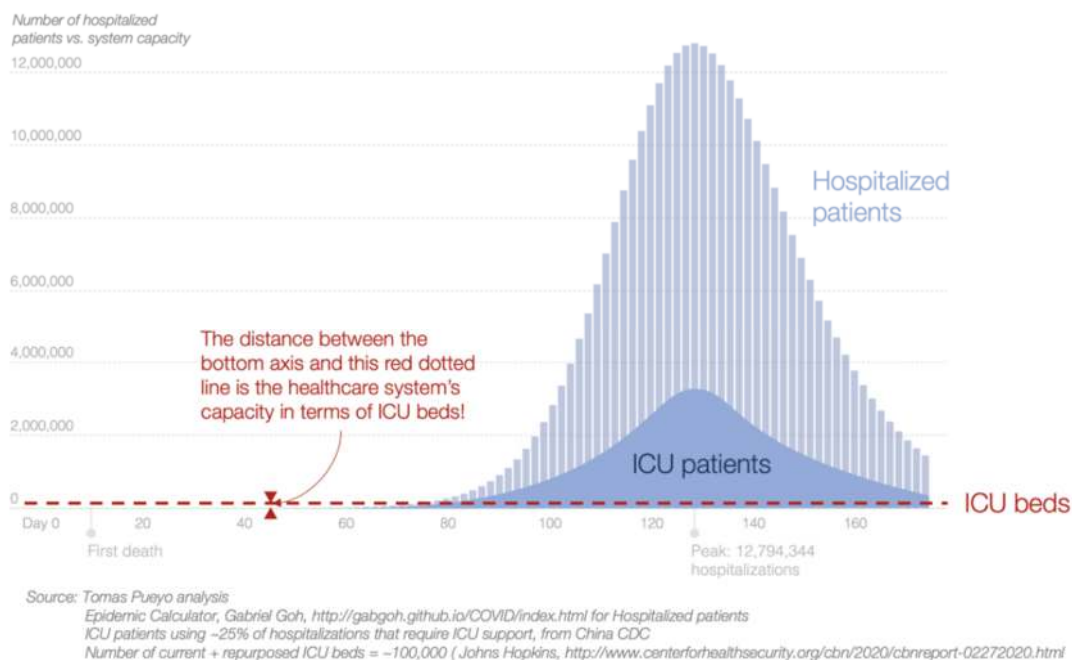
Forrás: Reich, Henry – Bhatia, Aatish (2020) How To Tell If We're Beating COVID-19

10. ábra. Új igazolt esetek az összes igazolt esethez képest – log-log skálán

Szellemes megoldással a hivatalosan közölt statisztika is jól felhasználható az egyes országok lépéseinek minősítésére. A bejelentett, igazolt fertőzések (esetek) statisztikájára alapozza eljárását Reich és Bhatia. (10. ábra) Az új (utolsó heti) esetek és az összes eset viszonya az exponenciális növekedési szakaszban minden országban nagyon hasonlóan alakul. Így az új eseteket nem az idő, hanem az összes eset függvényében ábrázoló diagramon a lekanyarodó vonalakból jól érzékelhetővé válik, hogy az egyes országok mennyire különböző esetszámnál váltak képessé valós eredményeket produkáló beavatkozásra.

a. Nyájimmunitás megszerzése gyors átfertőzéssel (do-nothing)

Nyájimmunitást többféle módon lehet elérni. Ezt biztosíthatja a magas szintű átoltottság, de elérhető átfertőzéssel keresztül is: – ha rendelkezésre áll a fertőzés leküzdését biztosító gyógyszer, akkor ez a megoldás is alacsony kockázattal jár. Amikor azonban még se gyógyszer, se oltás nincs, akkor az átfertőzés igen kockázatos, ezt érzékelteti a 11. ábra. A világosabb, csíkozott terület mutatja a szabadjára engedett járvány kórházi kezelésre szoruló betegeit, ezen belül a sötétebb folt az intenzív ellátást igénylők számát. A vízszintes tengelyhez tapadó szaggatott vonal mutatja ugyanebben a léptékben az intenzív kezelést lehetővé tevő egészségügyi kapacitást. Az ábra azt érzékelteti, hogy a járvány ilyen lefutása esetén az intenzív kezelésre szoruló, (a korábbiak szerint a fertőzöttek mintegy öt százalékát jelentő) betegek többsége ellátás nélkül marad, ami gyakorlatilag a halálukat jelenti.

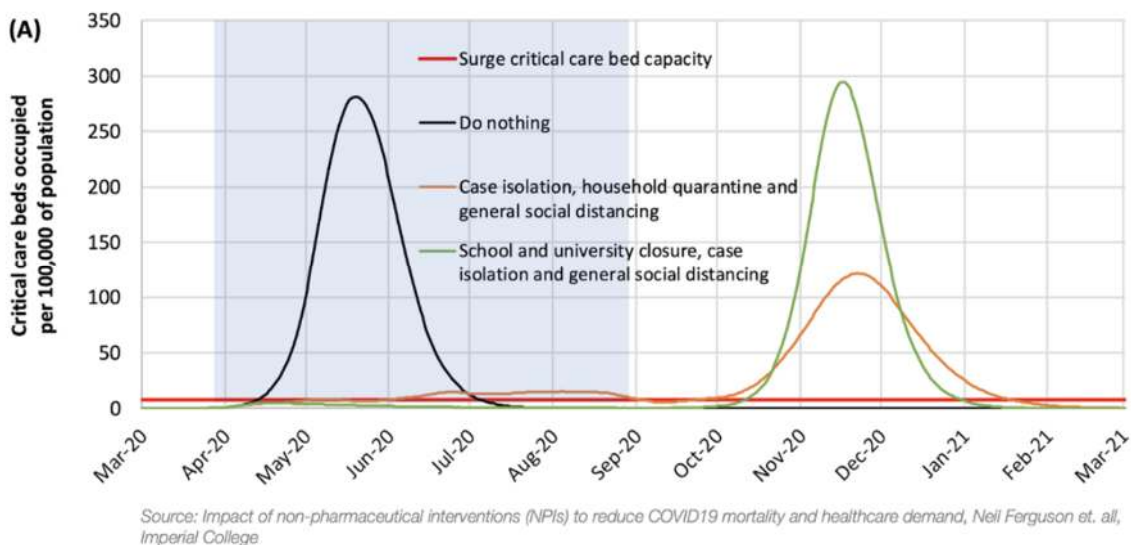


Forrás: Pueyo, Tomas (2020) Coronavirus: The Hammer and the Dance

11. ábra. Kórházi, ill. intenzív kezelést igénylő esetek és az egészségügyi kapacitás

Mi indokolhatja mégis, hogy egyes országok – korábban az Egyesült Királyság, a legutóbbi időkig Svédország – a gyors átfertőzés stratégiája mellett próbálja elkötelezni magát? Az eredeti gondolat az, hogy az elhúzódó, hosszú ideig tartó védőintézkedéseket, karantént, izolációt stb. fenntartani ugyancsak költséges, – itt költség alatt a gazdasági következményeket és az áldozatokat egyaránt értve. Vagyis e gondolkodás szerint a valamennyire kiszámítható néhány hetes felfordulással és öt százalék körüli halálozással szemben egy sokkal hosszabb ideig tartó bizonytalan állapot, és kiszámíthatatlan következmények állnak.

A 12. ábra az Imperial College előrebecslése alapján egy másik lehetséges veszélyt vetít előre: ha sikerül is leszorítani a fertőzés terjedését különböző intézkedésekkel, vagy ezek kombinációjával, – az időszak végén, az intézkedések enyhítésekor ismét a kezdeti helyzet áll elő. Eszerint csak eltolni lehet a következményeket, de megszüntetni nem; hosszabb válságidőszakkal, de végül ugyanazt az áldozatot is meg kellene hozni. Látni fogjuk, hogy a nézetek többsége, és a kényszerű gyakorlat is ettől eltérő kimenetben bizakodik.

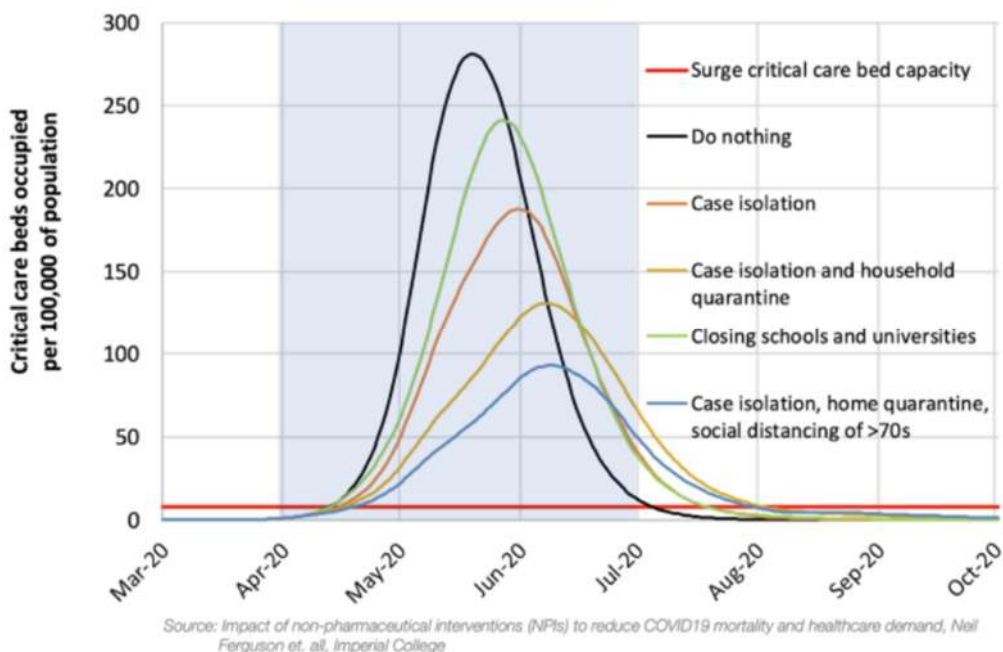


Forrás: Pueyo, Tomas (2020) Coronavirus: The Hammer and the Dance

12. ábra. Szkeptikus előrebecslés a járvány terjedés elnyomása utáni visszacsapásról

b. A görbe ellaposítása, időnyerés, mitigáció, social distancing

A meghirdetett forgatókönyvek közül a második a terjedési görbe ellaposítását, a fertőzési folyamat fékezését és elhúzását tűzi ki célul, ahogy azt a 13. ábra mutatja. Ennek a több európai ország által választott útnak az eszközei a tesztelés, a kimutatott esetek elkülönítése, az otthoni karantén, továbbá az iskolák és a felsőoktatás bezárása, az idősek társadalmi elszigetelése – azaz a gazdasági folyamatokat kevésbé közvetlenül érintő lépések meglépése. (Az ábra talán túl optimista módon az ellaposított görbéket nem sokkal hosszabb időtartamúnak mutatja, mint a mintegy három hónapos lefolyású beavatkozás nélküli esetet; korrektebb lenne közel azonos területű foltokat mutatni, amelyek az intenzitás csökkenését időbeli elhúzóással kompenzálják.) Az ábra szerinti arányokat tekintve, de hosszabb időtartam esetén is megállapítható, hogy a felsorolt intézkedésektől várható hatás, azaz az egyidőben jelentkező intenzívág-igény feleződése vagy harmadolódása esetén is keveset változik az igények és a rendelkezésre álló kapacitás viszonya: vagyis az egészségügyi szolgáltatást ez a forgatókönyv is ellehetetleníti.



Forrás: Pueyo, Tomas (2020) Coronavirus: The Hammer and the Dance

13. ábra. Brit becslések a társas távolságot csökkentő különböző intézkedések hatását mutatják az intenzív kezelést igénylők mennyiségére

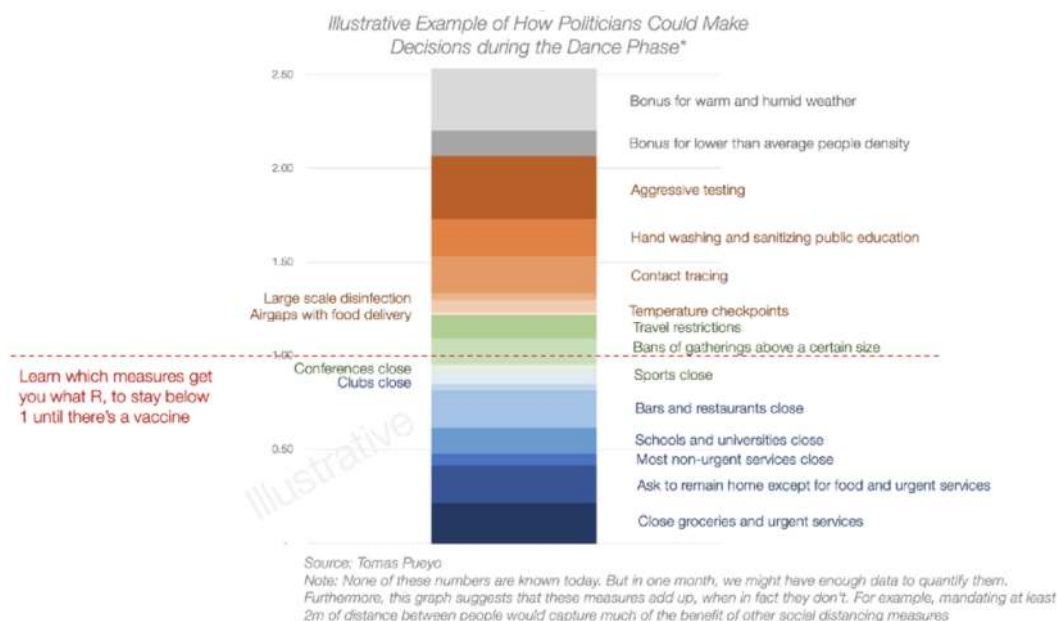
c. A terjedés elnyomása, a reprodukciós ráta leszorítása

A harmadik deklarált forgatókönyv a járvány terjedésének minden eszközzel történő, azaz a közvetlen gazdasági károkkal járó korlátozásoktól sem visszariadó elnyomása, a terjedés intenzitását jellemző reprodukciós ráta leszorításával. Ez a kínai modell, Kelet-Ázsiában egyébként a korábbi SARS vírus tapasztalataiból okulva kevesebb této-vázással álltak át a radikális beavatkozások korai bevetésére.

A 14. ábra fiktív mennyiségekkel mutatja be azt a mérlegelési keretet, ami alapján az R reprodukciós ráta leszorítására alkalmas különböző intézkedések elrendelését és fenntartását vagy enyhítését szabályozni lehet. Az oszlop magassága a koronavírus-terjedés jelenleg feltételezett tapasztalati R értékének, azaz 2,5-nek felel meg. Az oszlopban jelölt rétegek vastagsága a különböző intézkedésektől az R leszorításában várható mértéket érzékelteti. Külön is jelzi az ábra az $R = 1$ szintjét, aminek kiemelt jelentősége van, hiszen ennél az értéknél szűnik meg a fertőzés terjedésének a bővülése. Feltételezve, hogy kutatásokkal és elemzésekkel megállapították az egyes intézkedések reprodukciós rátát csökkentő mértékét, azaz számszerűsítve ismerjük az intézkedések hatását, még két további megfontolás szükséges ahhoz, hogy prioritási sorrendbe legyenek állíthatók a beavatkozások. Nyilvánvalóan számításba kell venni a beavatkozás költségeit, azaz a hatásosságot és a költségeket együttesen kell mérlegelni. Ezen túlmenően (vagy a költség fogalom szélesebb értelmezésével) figyelembe kell még venni az intézkedés 'fenntarthatóságát' is – itt e fogalmat nem ökológiai értelmezésben használva, hanem az időbeli fenntartás társadalmi elviselhetőségét értve alatta. Például az iskolák bezárása

lehet hatásos, és lehet alacsony költségű is, mégsem fogadható el ennek az intézkedésnek a tartós – több hónapra kiterjedő – fenntartása.

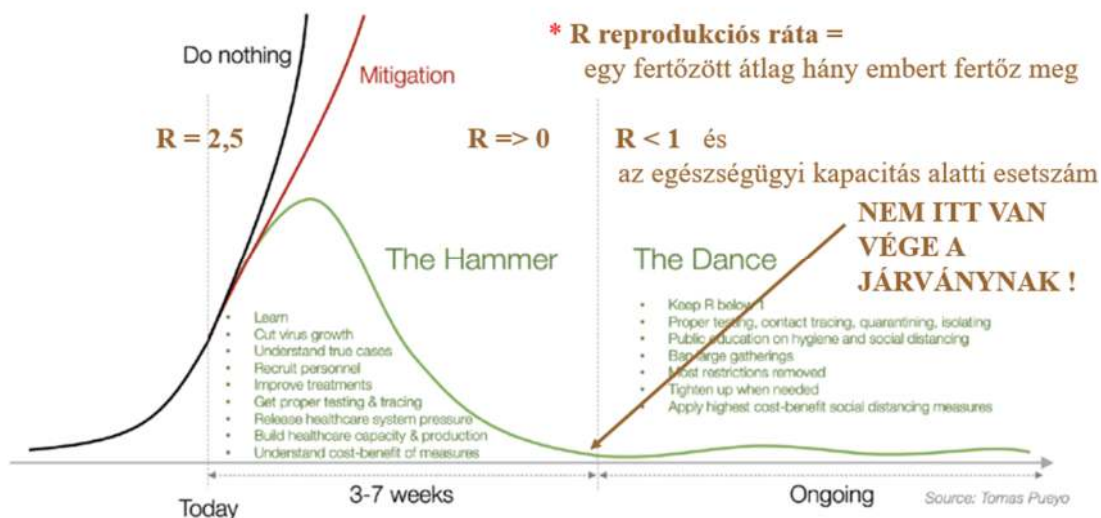
Az elszabaduló járvány leztorításához minden eszközre szükség van, ilyenkor R értékét 0 közelébe kell lenyomni. Az $R = 1$ azt biztosítja, hogy a fertőzöttek száma nem növekszik exponenciális függvény szerint, hanem szinten marad. A már terjedő járvány esetén ez a járvány megőrzését jelentené, (minden meggyógyult/elhunyt fertőzött helyett belép egy másik); nyilván nem ez a cél, plató képzése a görbe felső szintjén, hanem a növekedés visszafordítása. Amikor viszont a leztorítás sikerrel járt, akkor változtatni lehet a stratégián, és meg lehet elégedni az $R = 1$ közeli szinten tartó intézkedésekkel. Ilyenkor lehet elhagyni a prioritási listán az oszlopban az 1-es szint alá sorolt, legfájdalmasabb intézkedéseket. A többit addig fenn kell tartani, amíg a gyógyszeres kezelés vagy az oltás lehetőségét meg nem sikerül teremteni.



Forrás: Pueyo, Tomas (2020) Coronavirus: The Hammer and the Dance

14. ábra. A járvány-terjedés elnyomásának, a reprodukciós ráta leztorításának eszközei és prioritási sorba rendezésük (elmélet, fiktív értékek ábrázolásával)

Mindezek alapján a 15. ábra összefoglalja a tárgyalt forgatókönyvek várható hatásait. A nyájimmunitásban bizakodó forgatókönyv alig avatkozik be, és változatlanul hagyja az exponenciális görbét. Az ellaposítás *mitigációs* forgatókönyve fékez, de nem szünteti meg a terjedés jellegét. A harmadikként tárgyalt radikális beavatkozás visszafordítja az exponenciális folyamatot csökkenéssé. Ennek sikere után enyhébb beavatkozásokkal alacsony szinten kell tartani a folyamatot, amíg gyógyszeres kezelés és/vagy oltás segítségével meg nem teremődnek a feltételek a koronavírus megszelídítésére és beiktatására a többi gyógyítható betegség közé.



Forrás: Pueyo, Tomas (2020) Coronavirus: The Hammer and the Dance + kiegészítéssel

15. ábra. Nem-cselekvés, enyhítés, a reprodukciós ráta leszorítása és lenn tartása

7. Szűrés: szuperterjesztők:

Nem általában a kapcsolatokat, hanem a szuperterjesztők kapcsolatait – továbbá a kapcsolatokat koncentráló helyszíneket és tömegrendezvényeket célszerű ellenőrizni, illetve korlátozni

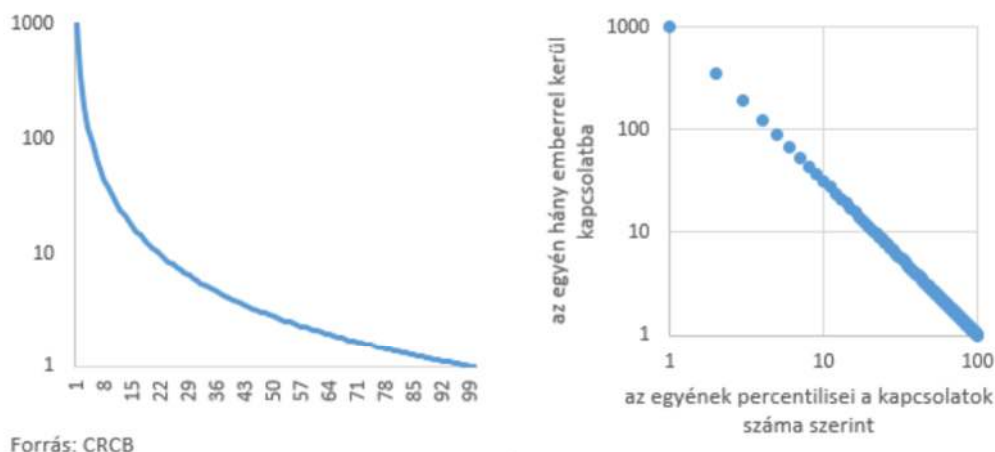
A tesztelés nagyon fontos ahhoz, hogy minél előbb elkülöníthetők legyenek a fertőzöttek azoktól, akiket veszélyeztet a megfertőződés. Mivel a koronavírus cseppfertőzéssel, találkozásokon keresztül terjed, egy még korábbi elővigyázatossági lépcső beiktatható a közvetlen találkozások számának csökkentésével, korlátozásával.

A hálózatkutatás eredményeképpen tudjuk, hogy nagyság szerint sorbaállítva az emberek társas kapcsolatainak a számértékét (16. ábra bal oldala), Zipf-eloszlást követő függvényt kapunk. Viszonylag kevés embernek kiemelkedően nagyszámú kapcsolata van, ennél többnek jóval kevesebb, és így tovább: az összefüggést egy ún. skálamentes függvény írja le, aminek jellegzetessége, hogy log-log skála esetén a diagramja egyenes vonalat követ (16. ábra jobb oldala). Ehhez hasonlóan alakul a szándékolt emberi találkozások megszólása is, azaz ott is érvényesnek tekinthető az ábrázolt diagram.

Ennek alapján megállapítható, hogy e találkozások igen nagy aránya kapcsolódik a népesség viszonylag kis részéhez: őket a kapcsolataik száma alapján szuperaktívoknak nevezhetjük. A koronavírus-járvány szempontjából ők a potenciális szuperterjesztők, hiszen ha megfertőződnek, kiemelkedően nagyszámú további embert veszélyeztetnek. Megjegyzendő, hogy attól függően, hogy egy járvány levegőn, vízen, hulladékon, szexuális úton, állatok révén stb. terjed-e, a 'szuperterjesztő' kifejezésnek eltérő konnotációi lehetnek: a koronavírus esetében ennek semmiféle pejoratív tartalma sincs, értelemszerűen ide sorolhatók például mindazok a szolgáltatások, ahol a munkáját végző dolgozó sok emberrel kerül közvetlen közelségbe (postás, pénztáros, orvos stb.).

Ahogy Tóth és Hajdú (2020) cikkükben rámutatnak, a védőfelszerelések kiosztásával és a rendszeres tesztekkel célszerű a szuperterjesztőkre fókuszálni,

hiszen, ha itt sikerül a fertőzést megakadályozni vagy korán kimutatni, akkor nagyszámú továbbfertőzést lehet elkerülni, ezzel sokkal jobban fékezve a reprodukciós ráta növekedését, mint ugyanezeknek az eszközöknek a véletlenszerű alkalmazásával. Becslések szerint a népesség legtöbb kapcsolattal rendelkező 20%-a a társas kapcsolatok akár 80%-ában lehet érintett!



1. ábra: Az aktív népesség megoszlása aszerint, hogy az egyének a munkájuk során hány emberrel léphetnek kapcsolatba, lesznek egy légtérben. A vízszintes tengelyen az aktív népesség percentilisei, a függőleges tengelyen pedig azok száma, akikkel kapcsolatba kerülnek, vagy lesznek egy légtérben. A bal oldali grafikonon a függőleges tengely beosztása logaritmikus, a jobb oldali grafikonon a függőleges és a vízszintes tengely beosztása is logaritmikus.

Forrás: Tóth István János – Hajdú Miklós (2020) Két példa arra, hogy miért fontos ...

16. ábra. ZIPF-eloszlás: a népesség sorbarendezése aszerint, hogy mennyi kapcsolatuk van

8. Szűrés: kontaktus-nyomozás:

A fertőzési út lenyomozása egyelőre az egyedi fertőzések idején és a tömeges megbetegedések leszorítása után lehetséges

Ugyancsak a hálózatkutatótól várható segítség a fertőzöttség megállapítását megelőző lappangási időre vonatkozó kontaktusok felderítésében. A jelenleg rendelkezésre álló módszerekkel ez igen idő- és munkaigényes folyamat, amit már reménytelen végrehajtani akkor, amikor a fertőzések száma tömegessé válik. A terjedés felfutása előtt a lehetőség adott lenne, – de a legtöbb ország ekkor még nem veszi elég komolyan a veszélyt ahhoz, hogy az alapos nyomozásokat lefolytassák. Fontossá válik viszont a kontakt-követés a fertőzés visszaszorítása után, a járvány újabb fellángolásának megakadályozásában.

Ma már a népesség jelentős része magával hord egy eszközt, ami alkalmas a kapcsolatok és egyáltalán az emberek közötti közelség regisztrálására: ez az okostelefon. Az Apple és a Google eddig példátlan módon együttműködésben dolgoznak azon, hogy egy fertőzés után visszakereshetők legyenek mindazok, akik pl. a megelőző két hétben a fertőzött személy közelében voltak. Addig azonban a szuperterjedés másik forrását, ne-

vezetesen amikor egyébként egymást nem ismerő emberek kerülnek szorosan egymás közelébe, a tömegrendezvények betiltásával és általában a hasonló találkozássokra alkalmat adó helyszínek látogatásának visszaszorításával lehet korlátozni.

A felderített kontaktusok és a szuperterjesztők szűréséhez egyaránt kapcsolódik a *tesztelés* problémája. Egyelőre kétféle tesztelés létezik: a vírus jelenlétét kimutató, illetve a valamikori vagy aktuálisan fertőzöttek immunválaszát kimutató teszt. A kettő kombinációja alapján a tesztelték – a tesztelés időpontjában – a teszteredmények alapján besorolhatók az alábbi csoportok valamelyikébe:

Immunitás-teszt Vírusfertőzés-teszt	Negatív	Pozitív
Negatív	nem fertőz, nem védett	nem fertőz, védett
Pozitív	fertőz, nem védett	fertőz, védett

A tesztelési eljárások fejlesztése (csakúgy, mint az oltás és a gyógyszer kikísérletezésére irányuló munka) nagy erővel folyik (Váradí et al. 2020), az erre vonatkozó részletek nyilvánvalóan nem tárgyai ennek az írásnak. A táblázat arra kíván rámutatni, hogy eltérő tesztelési stratégiákat kell választani például a szuperterjesztők tesztelése, a veszélyeztetett csoportok tesztelése, vagy éppen a fertőzöttek arányának megállapítására irányuló reprezentatív minta vizsgálata alkalmával.

Összegzés és következtetések

Kezdetben sem az európai országok, sem az Egyesült Államok nem vette elég komolyan a felkészülést a Hubei tartományból kiinduló járvány fogadására, – szemben a SARS korábbi tapasztalatainak okuló kelet-ázsiai térséggel. Mindenhol reménykedtek abban, hogy a járvány lefutása a korábbihoz hasonlóan a glóbusz egy korlátozott részére fog szorítkozni. Abban már jelentős különbségek vannak az első csoportba tartozó országok között is, hogy mennyire gyorsan voltak képesek váltani, és felülbírálni a korábbi elképzeléseiket, A védekezés szempontjából rendkívül káros a kezdeti késlekedés, az óvintézkedések és a tesztelés mellőzése, az információk eltitkolása vagy torzítása, mivel mindezek elősegítik a járvány elszabadulását. (Számos katasztrófa esetén kimutatható, hogy a közvetlen áldozatok számához mérhető, esetenként azt meghaladó azoknak a száma, akik a hiányos felkészültség, fejetlenség, kapkodás, alul- és túlreagálás, szakszerűtlen intézkedések következtében válnak áldozattá!)

A fentiek felismerése után, a hibák helyrehozásával – jobb esetben e kitérőt elkerülve – kerülhet sor a járvány levezénylésére. A 6. blokkban ismertetett forgatókönyvek nyújtanak keretet a stratégiai következtetések összegezésére.

A mérlegelés tárgya a **járványtól várható közvetlen áldozatok és károk összevetése – a járvány elkerülésére, fékezésére szolgáló intézkedések felbecsült áldozatainak és költségeinek a mértékével.** Ahol az utóbbit szakszerű intézkedések esetén is kockázatosabbnak, költségesebbnek és több áldozattal járónak tekintik (akár azért is, mert esetleg a járvány közvetlen veszélyességét alulbecsülik), ott a 'nyájimmunitás' szlogennel jellemzett stratégia mellé állnak, oltóanyag és gyógyszer hiányában a járvány viszonylag gyors, lényegében fékezetlen lefutásától várva, hogy mielőbb visszaálljon a normális állapot. Itt a tévedés katasztrófális egészségügyi következményekkel jár.

Az egészségügy vészes túlterhelése csökkentéséhez a fertőzés exponenciális felfutásának *ellaposításával*, a járvány lassításával közelíteni kell egymáshoz az egyidejűleg kezelésre szorulókat számát és a rendelkezésre álló egészségügyi kapacitásokat. Alacsony költségű intézkedések bevezetésével (kézmosás és higiénia, maszk viselése, kiterjedt tesztelés, távolság-tartás, ... gyülekezés és tömegrendezvények korlátozása) lehet **csökkenteni a reprodukciós rátát** (az egy fertőzött által megfertőzött további emberek átlagos számát), azonban a tömeges fertőzések időszakában ez már kevés, és továbbra is ellátás nélkül hagyja az intenzív kezelésre szorulókat többségét.

A reprodukciós ráta további csökkentéséhez **radikális és költséges intézkedésekre** van szükség (éttermek, iskolák, különböző szolgáltatások bezárása, kijárási korlátozás stb.). Ezeket csak akkor vezetik be a kormányok, ha belátják, hogy elkerülhetetlen, hiszen közvetlen következményként e lépések visszavetik az egész nemzetgazdaság működését, és ezen keresztül egyre több embert sodornak tarthatatlan helyzetbe. A 15. ábra mutatta be, hogy mégis lépni kell, és minél később ébred rá erre az ország, annál magasabb szintről kell lezörítani a járványt, következésképpen az annál tovább tart.

A radikális intézkedések időszakában nagyon nagy presszió nehezedik a kormányokra a szigorítások feloldása érdekében. Ha ez párosul azzal, hogy a kormányzat is alkalmasnak tekinti a járvány fölött aratott győzelmet *sikerpropaganda* folytatására, akkor különösen nagy az esélye annak, hogy *elhamarkodottan* engedjenek a korlátozásokból. Újra berobbanó járvány, szétszóródó fertőzettekkel igazán súlyos helyzetet hozhat létre.

Ha sikerül a járvány terjedését visszaszorítani, akkor valóban vissza lehet térni az enyhébb intézkedésekhez, – hiszen akkortól nem a visszaszorítás, hanem a szintentartás a cél, azaz a *kedvező helyzet fenntartása*. Fontos tudatosítani, hogy **ez még nem a járvány vége**, csak visszatérés az egyedi esetek szintjére, ahol az esetleges fertőzettek kontaktjai visszanyomozhatók. Gyakorlatilag ugyanazokról a lépésekről van szó, amelyeket a járvány kezdetén, amikor még nem vették a veszélyt komolyan, meg lehetett volna lépni.

Az, hogy **a járványnak vége van** csak akkor mondható ki, amikor legalább egy teljesül az alábbi három feltétel közül:

- a) van gyógyszer és/vagy
- b) van oltóanyag vagy
- c) már a lakosság zöme átfertőződött, (ill. meghalt...)

Ha bízunk abban, hogy az első két feltétel valamelyike néhány hónapon belül teljesül, akkor az enyhébb korlátozással járó időszaknak eddig kell tartania. Ez tehát ideiglenes, átmeneti időszaknak tekinthető, nem pedig a 'járvány utáni' jövőképpnek. Amikor valóban vége lesz a járványnak, akkor (e sorok írójának szubjektív véleménye szerint) **az élet alapvetően vissza fog rendeződni a korábbi mederbe** (ahogy az 1973-as olajválság vagy a 2001-es terrortámadás sokkja után is történt).

Ellene hathat ennek egy bizonyos *nyomakodás*, ugyanis számos érdekcsoport kíséreltet fog tenni arra, hogy a veszélyhelyzeti intézkedések közül mindazt megőrizze, amit megtartásra érdemesnek gondol, – nézetei alapján pozitív címkével ellátva a saját elképzeléseit (fenntartható, élhető, lakosságbarát, versenyképes, profitábilis stb.) és osztorozva másét (technokrata, autóellenes, pazarló, korlátozó, diktatórikus stb.). Azt nehéz megbecsülni, hogy rövid távon hol, melyik irányzat mennyire lesz sikeres. Az összeállítás

készítőjének szubjektív véleménye, hogy azok az országok fognak kedvezőbb helyzetbe kerülni, ahol a változások közül a posztindusztriális értékek maradnak fenn.

Ennél pontosabban felmérhető, hogy a koronavírus-járvány tanulságainak hol kell beépülnie a járvány utáni időszak életébe. Nem a karantént, a maszkot, a távolságtartást, a félig üresen hagyott repülőléseket és hasonló, akkorra már funkcióját veszített intézkedéseket fogunk megőrizni, hanem annak kell tudatosulnia, hogy ugyan **a COVID-19 járványnak vége, de bármikor jöhet egy másik**. Láttuk, hogy a SARS országok (Hubei után Kína is) sokkal gyorsabban és eredményesebben tudtak reagálni az újabb járványra. Ez az, amiről már most el lehet kezdeni gondolkodni: elemezve az elkövetett hibákat, a jó vagy rossz lépéseket, előkészítve, hogy hogyan kellene **felkészülni mai tudásunkkal egy újabb váratlan veszélyre**. Az elemzés akár kezdődhet ennek az írásnak a másik hét blokkjában felvetett témákkal: nevezetesen a járvány közben beszerezhető adatok torzításainak a kérdéseivel, az exponenciális vírusterjedés fékezésének a lehetőségeivel, a lappangási idő okozta ismeret-hézag kezelésével, a városi gócpontokra koncentrálódó vírusterjedés figyelembevételével, a veszélyeztetett csoportok védelmi lehetőségeinek átgondolásával, a fertőzöttek kapcsolatainak a lenyomozására alkalmas módszerek kidolgozásával, a kapcsolati pontok és a szuperterjesztők oldaláról indítható védelem megalapozásával.

Köszönetnyilvánítás

Az írás összeállítója ezúton köszöni meg a korábbi változatra adott hasznos tanácsokat és kiegészítéseket Éltető Andreának, Falus Andrásnak, Kiss János Péternek, Szeszler Zsuzsának, Tóth Attilánének, Tóth István Jánosnak.

Hivatkozások

OpenStax (é.n.) Environmental Limits to Population Growth. OpenStax College Biology CC BY 4.D. https://cnx.org/contents/GFy_h8cu@10.12:eeuvGg4a@4/Environmental-Limits-to-Population-Growth

Information is Beautiful (2020) <https://informationisbeautiful.net/visualizations/covid-19-coronavirus-infographic-datapack/?fbclid=IwAR3Wgv6f95gIfKANqXy7OdXvsrhqB9qztaXjM-f8nKcPLrgUBZQVKFMwpRg>

Kiss János Péter (2020) A magyar koronavírus-térkép – és ami ebből következik. Kézirat 200402 megjelent frissített adatokkal hvg.hu 2020. április 8. [https://hvg.hu/tudomany/20200408_magyar_koronavirus_terkep_jarvany_teruleti_eloszlasi_adatok#utm_source=hvg_top&utm_medium=email&utm_campaign=newsletter2020.04.09&utm_content=top1&type-id=HvgTopHvg&user-id=%7B@\(%22@%22\)sid%7D](https://hvg.hu/tudomany/20200408_magyar_koronavirus_terkep_jarvany_teruleti_eloszlasi_adatok#utm_source=hvg_top&utm_medium=email&utm_campaign=newsletter2020.04.09&utm_content=top1&type-id=HvgTopHvg&user-id=%7B@(%22@%22)sid%7D)

Modelling epidemics

https://en.wikipedia.org/wiki/Mathematical_modelling_of_infectious_disease#Modelling_epidemics

Pueyo, Tomas (2020) Coronavirus: The Hammer and the Dance: What the Next 18 Months Can Look Like, if Leaders Buy Us Time.

<https://medium.com/@tomaspueyo/coronavirus-the-hammer-and-the-dance-be9337092b56>

- Pueyo, Tomas (2020) Coronavirus: Why You Must Act Now: Politicians, Community Leaders and Business Leaders: What Should You Do and When?
<https://medium.com/@tomaspueyo/coronavirus-act-today-or-people-will-die-f4d3d9cd99ca>
- Reich, Henry – Bhatia, Aatish (2020) How To Tell If We're Beating COVID-19. MinutePhysics
<https://www.youtube.com/watch?v=54XLXg4fYsc>
- Ritchie, Hannah – Roser, Max (2020) What do we know about the risk of dying from COVID-19? Our World in Data <https://ourworldin.data.org/covid-mortality-risk>
- Tóth István János - Hajdu Miklós (2020) Két példa arra, hogy miért fontos a hálózatelemzés a koronavírus-járvány megfékezésében 2020. március 27.
<https://g7.hu/kozelet/20200327/ket-pelda-arra-hogy-miert-fontos-a-halozatelemzes-a-koronavirus-jarvany-megfekezeseben/?fbclid=IwAR0sLAzLsuGMglrMIC-1AgFN5QqWzc94P5jsDakVKx3YYh-f-Q3maYUtsfY>
- Váradí András – Ferenci Tamás – Falus András (2020) A koronavírus okozta COVID-19-pandémia: Korábbi tapasztalatok és tudományos evidenciák 2020. március végén. Orvosi Hetilap 161. évf. 17. szám, pp. 644–651. DOI: 10.1556/650.2020.31830
<https://akjournals.com/view/journals/650/161/17/article-p644.xml>