

Simulering af covid-19

Kaare Græsbøll

Klassisk SIR model

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

$$\frac{dI}{dt} = \beta SI - \gamma I$$

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

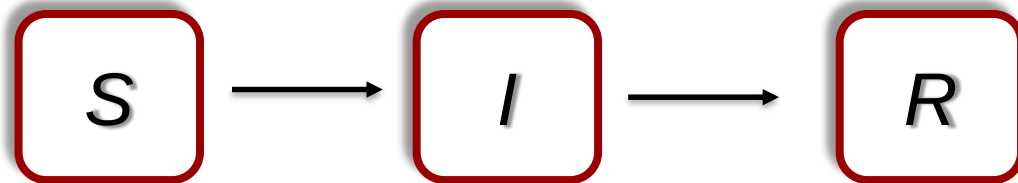
Susceptibles (S) – modtagelige for sygdom

Infectious (I) – kan smitte videre

Recovered (R) – har overstået sygdom + immune

Beta beskriver # antal kontakter * risiko for smitte

Gamma er 1/"gennemsnitlig længde af sygdom"



Aldersgrupper

$$\frac{dS_1}{dt} = -\beta_{11}S_1I_1 - \beta_{12}S_1I_2$$

$$\frac{dS_2}{dt} = -\beta_{21}S_2I_1 - \beta_{22}S_2I_2$$

$$\frac{dI_1}{dt} = \beta_{11}S_1I_1 + \beta_{12}S_1I_2 - \gamma_1I_1$$

$$\frac{dI_2}{dt} = \beta_{21}S_2I_1 + \beta_{22}S_2I_2 - \gamma_2I_2$$

$$\frac{dR_1}{dt} = \gamma_1I_1$$

$$\frac{dR_2}{dt} = \gamma_2I_2$$

Der indføres to aldersgrupper 1 og 2, og disse grupper smitter mellem hinanden og indbyrdes med forskellige rater.

Idet det vides at unge mennesker har flere kontakter end ældre.

Ældre har dog væsentlig højere risiko for alvorlig sygdom

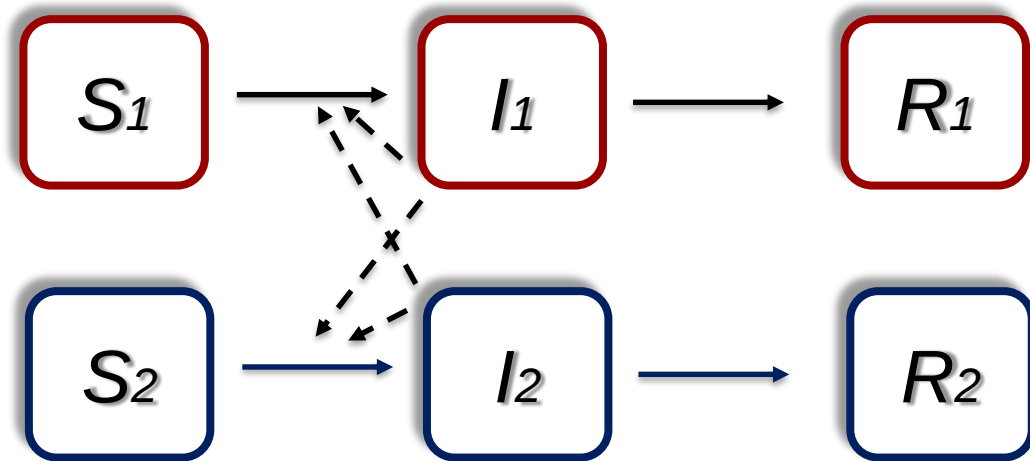
Aldersgrupper

$$\frac{dS}{dt} = -\bar{\beta}IS$$

$$\frac{dI}{dt} = \bar{\beta}IS - \gamma I$$

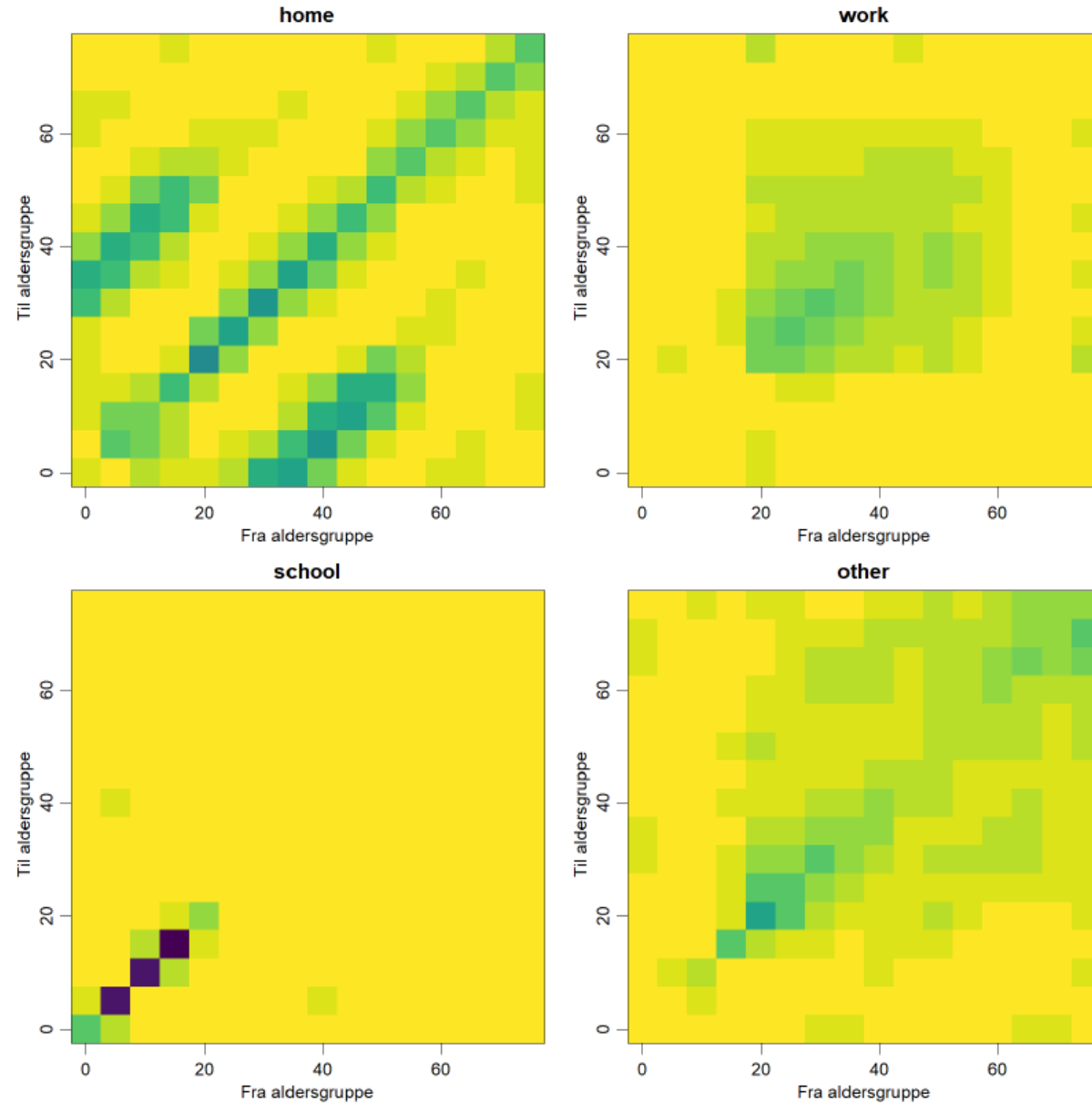
$$\frac{dR}{dt} = \gamma I$$

Beta er en matrice



Kontaktmatricer

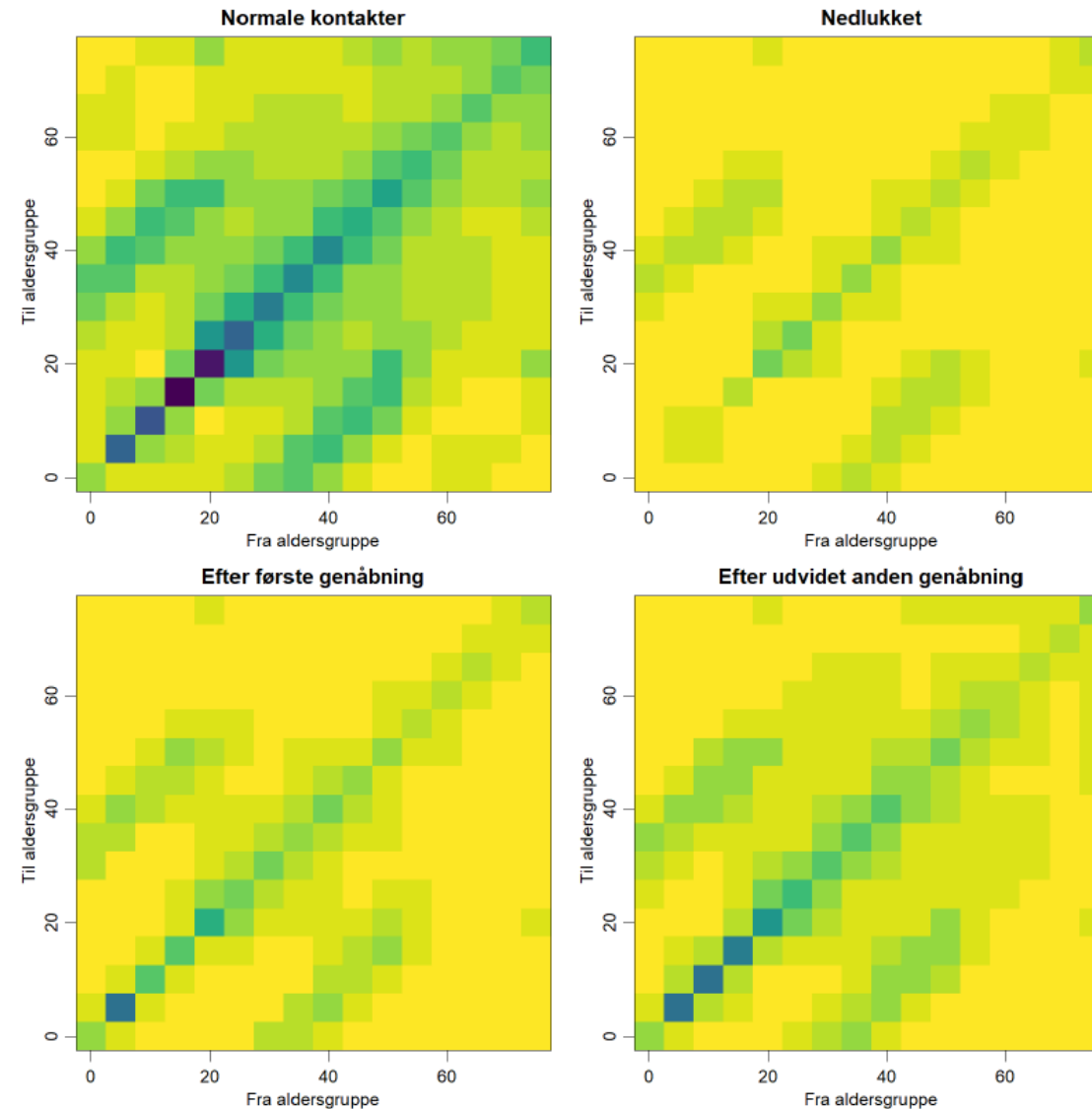
Figur 1: Kontaktmatricer: Fordelingen af kontakter på de fire kontakttyper ved normalt kontaktniveau. Lys betyder relativt få kontakter og mørk betyder relativt mange kontakter.



<https://files.ssi.dk/teknisk-gennemgang-af-modellerne-10062020>

Kontaktmatricer

Figur 2: Kontaktmatricer: Antal kontakter (sammenlagt for både hjem, arbejde, skole og øvrige kontakter) i forskellige faser: Øverst til venstre ses ved fuldt åbent samfund, øverst til højre ses antal kontakter under nedlukningen. Nederst ses antal kontakter efter første fase og den udvidede anden fase af genåbningen. Lys farve betyder relativt få kontakter, mørk farve betyder relativt mange kontakter.



<https://files.ssi.dk/teknisk-gennemgang-af-modellerne-10062020>

Restriktioner

$$\frac{dS}{dt} = -\bar{\bar{\beta}}(t)IS$$

$$\frac{dI}{dt} = \bar{\bar{\beta}}(t)IS - \gamma I$$

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

$\bar{\bar{\beta}}(t)$

Beta er afhængigt af tiden (t) idet antallet af kontakter justeres med gældende restriktioner. Dette er svært at parameterisere, men kan repræsenteres med en liste indeholdende matricer (vektor med skaleringsfaktorer).

SEIR model

$$\frac{dS}{dt} = -\bar{\beta}IS$$

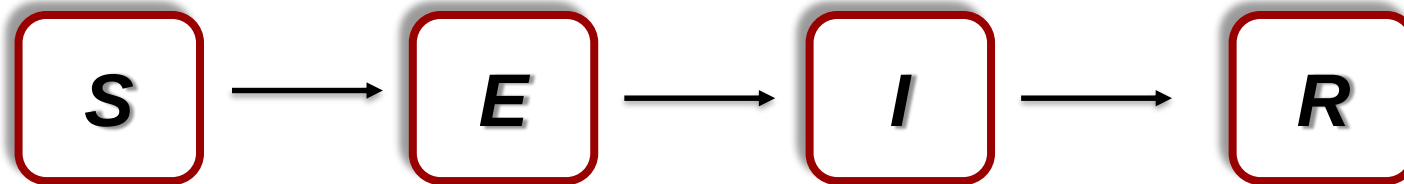
$$\frac{dE}{dt} = \bar{\beta}IS - \mu E$$

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

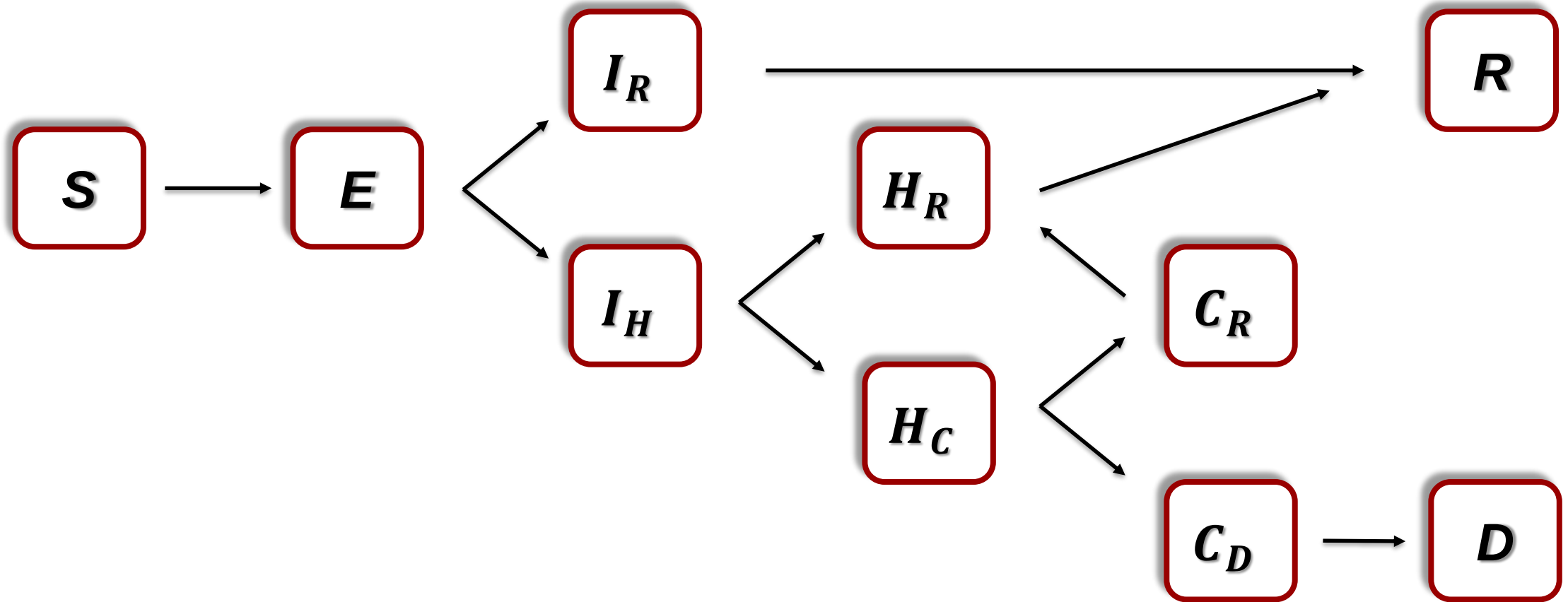
$$\frac{dR}{dt} = \gamma I$$

E = Exposed.

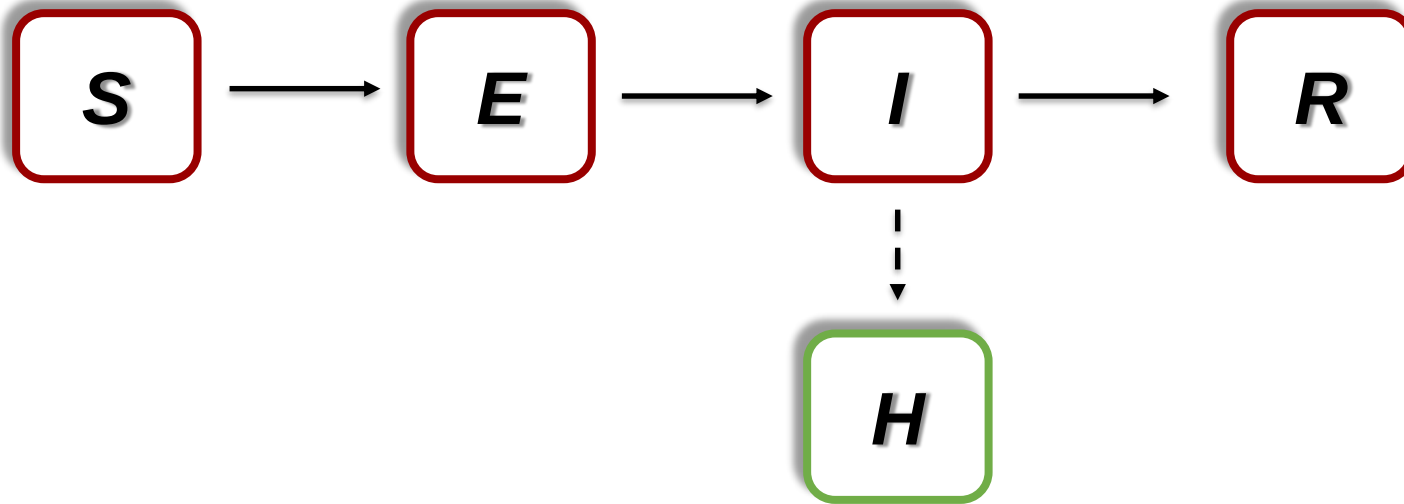
Angiver en periode fra man bliver smittet til man kan smitte videre.



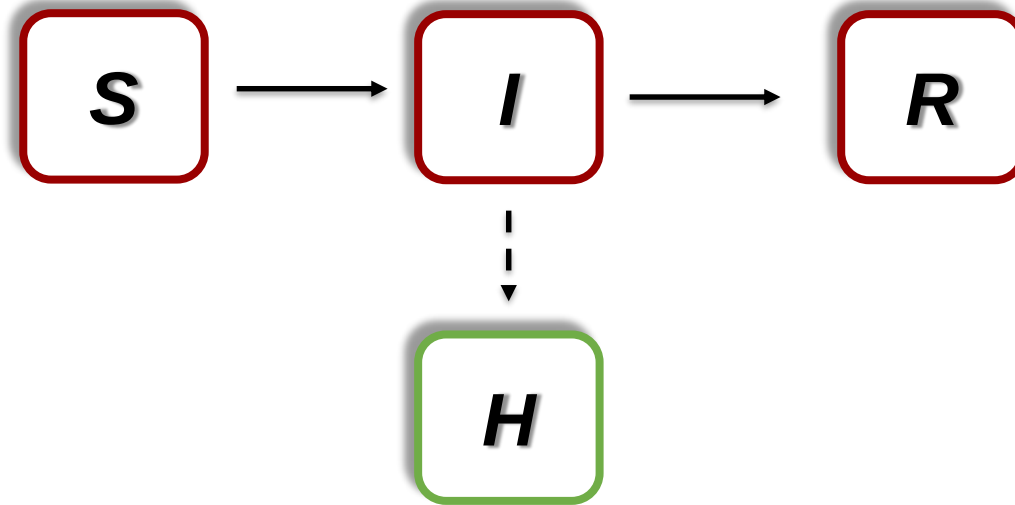
Model struktur – C19DK



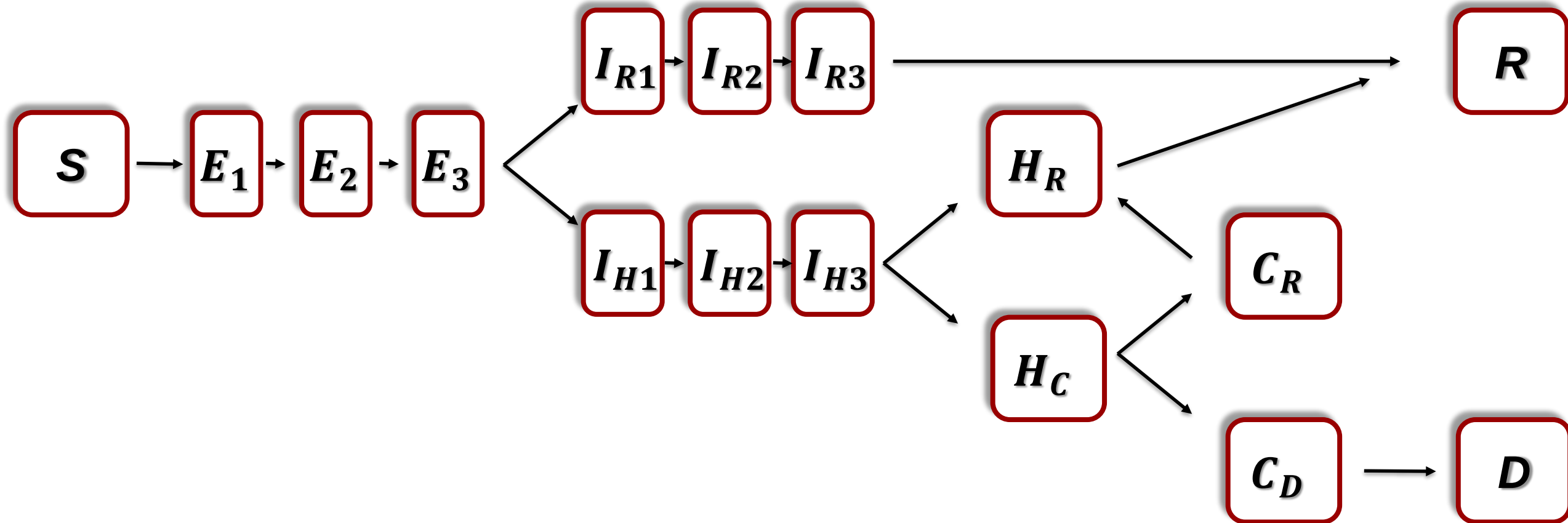
Model struktur – Simpler



Model struktur – Simpler

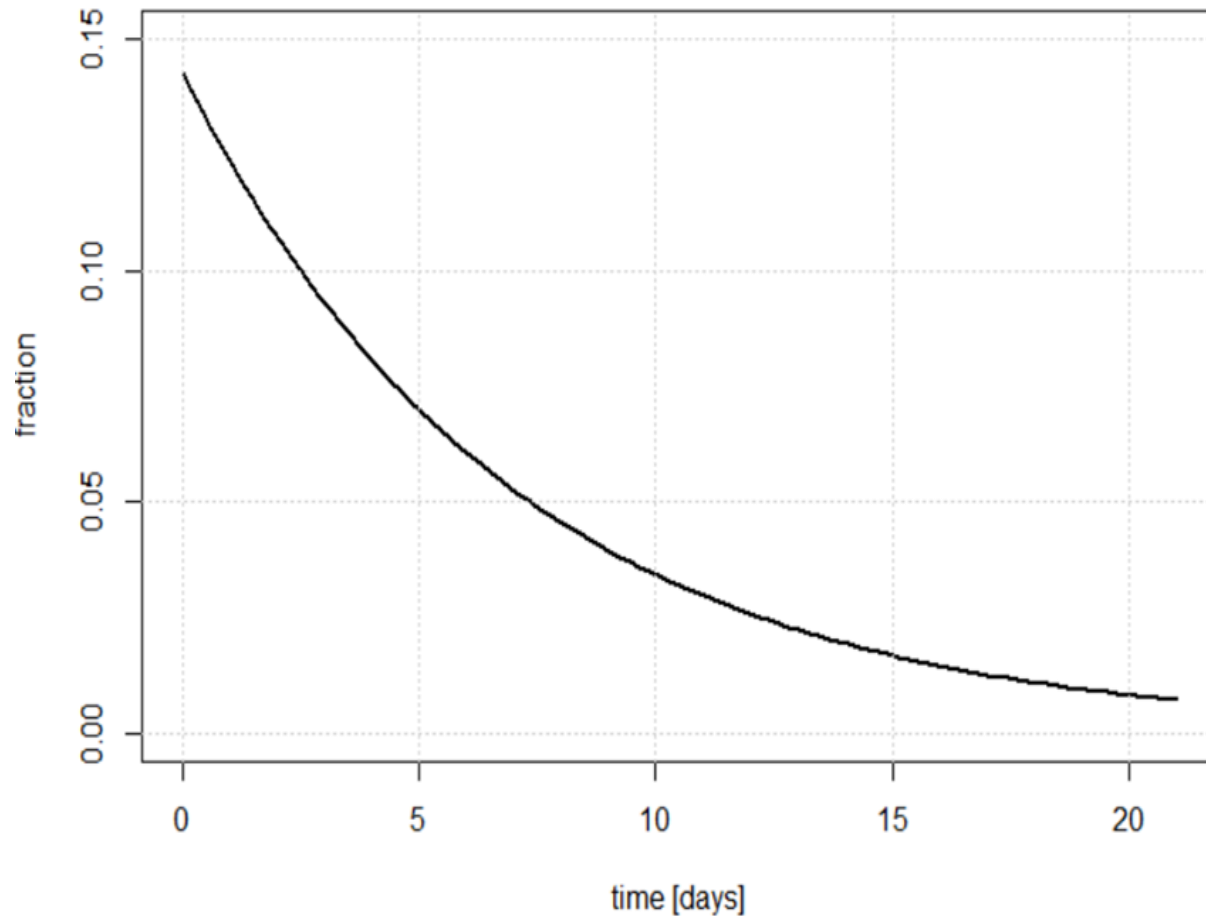


Model structure – C19DK



Effekten af flere stadier

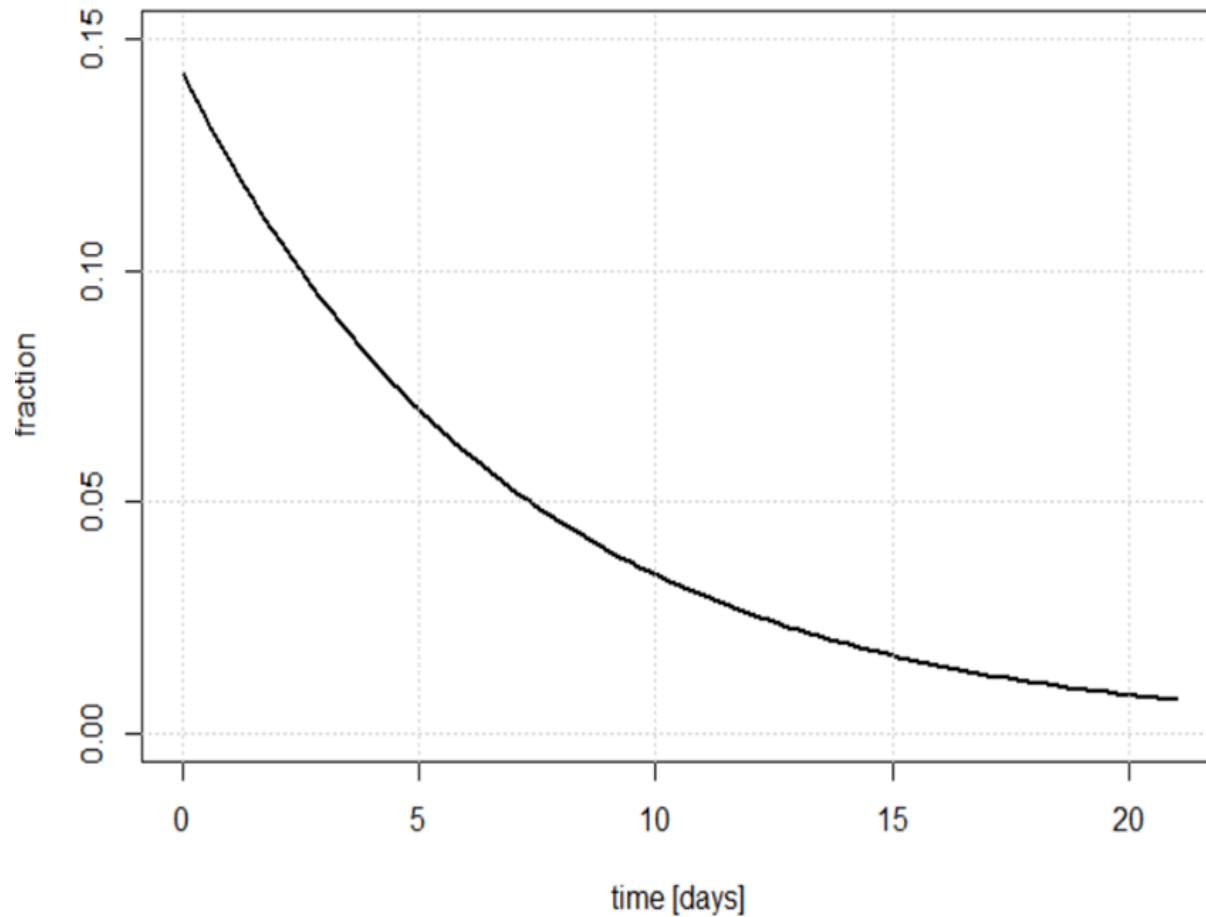
Andel som bliver infektiøse til et given tidspunkt med 1 E stadiet



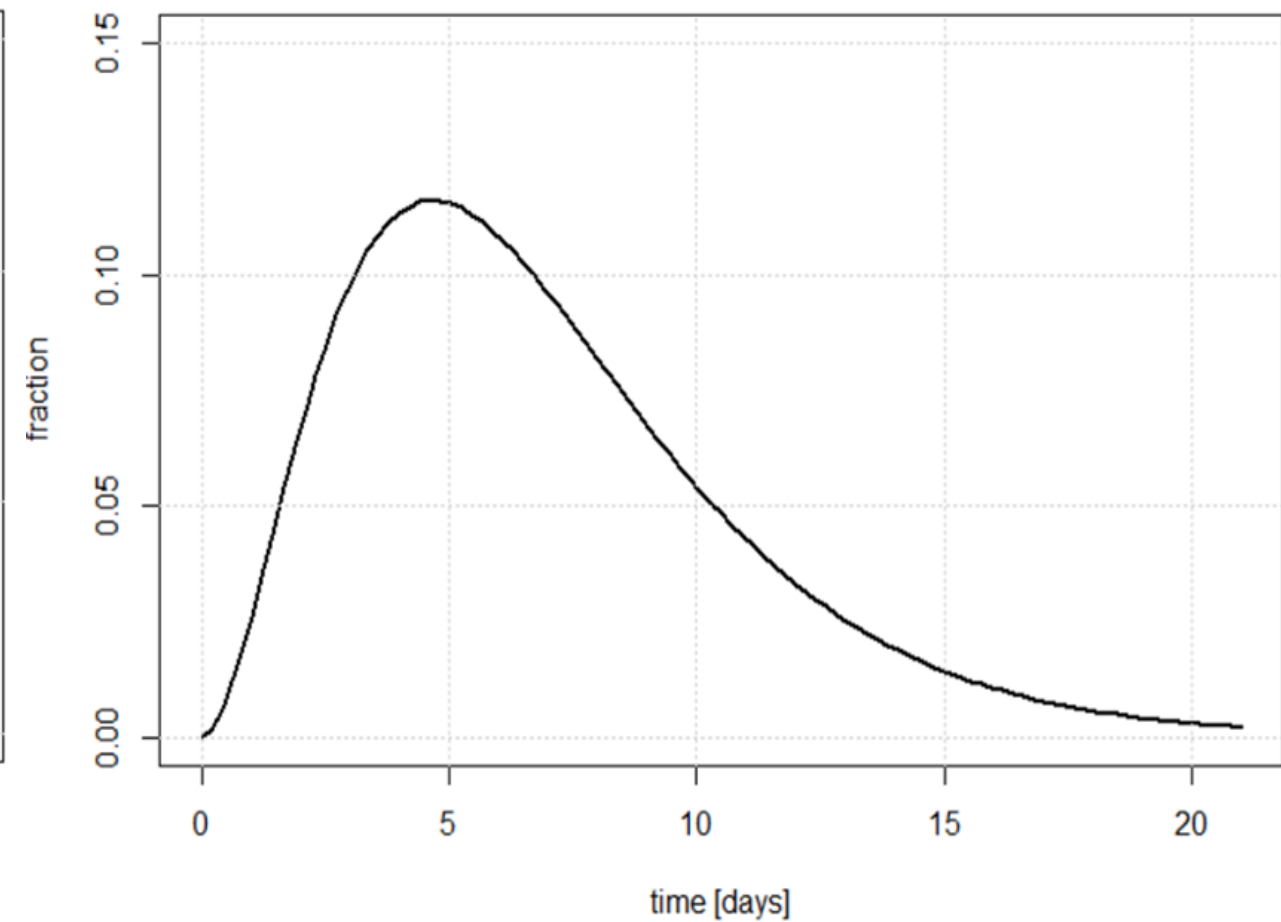
Repræsenterer ikke den biologiske process
(men dog i gennemsnittet epidemiens
forløb)

Effekten af flere stadier

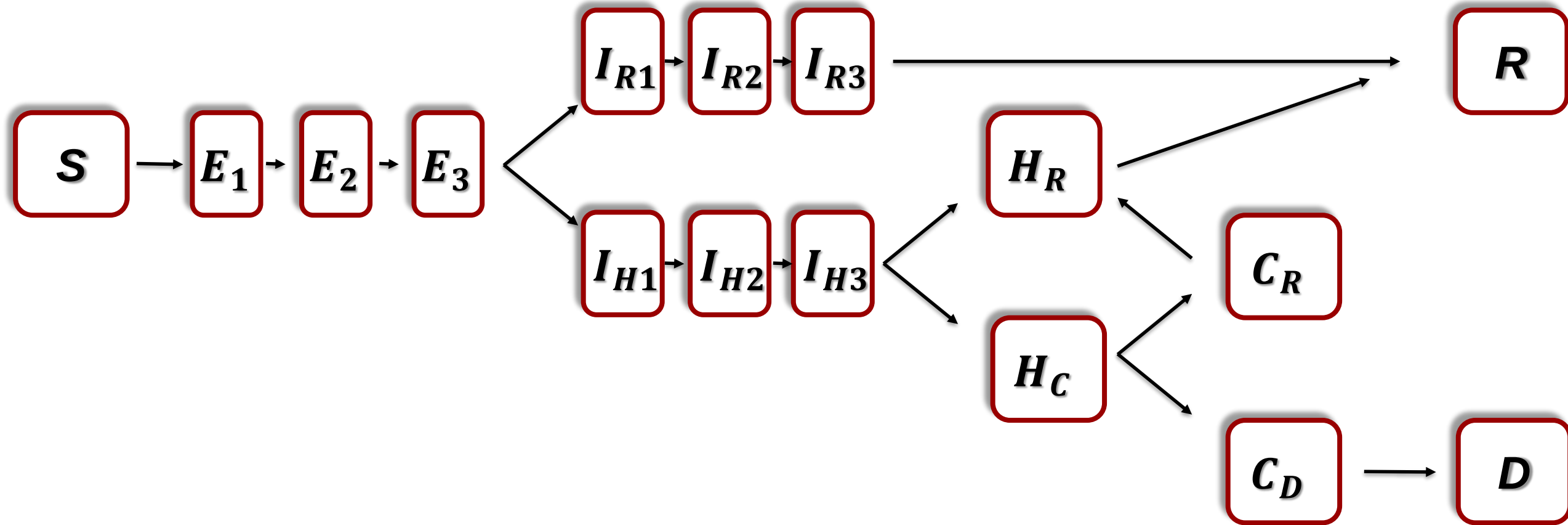
Andel som bliver infektiøse til et given tidspunkt med 1 E stadie



Andel som bliver infektiøse til et given tidspunkt med 3 E stadier



Model structure – C19DK



Vaccination

$$\frac{dS}{dt} = -\bar{\beta}IS - \epsilon S$$

$$\frac{dI}{dt} = \bar{\beta}IS - \gamma I$$

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

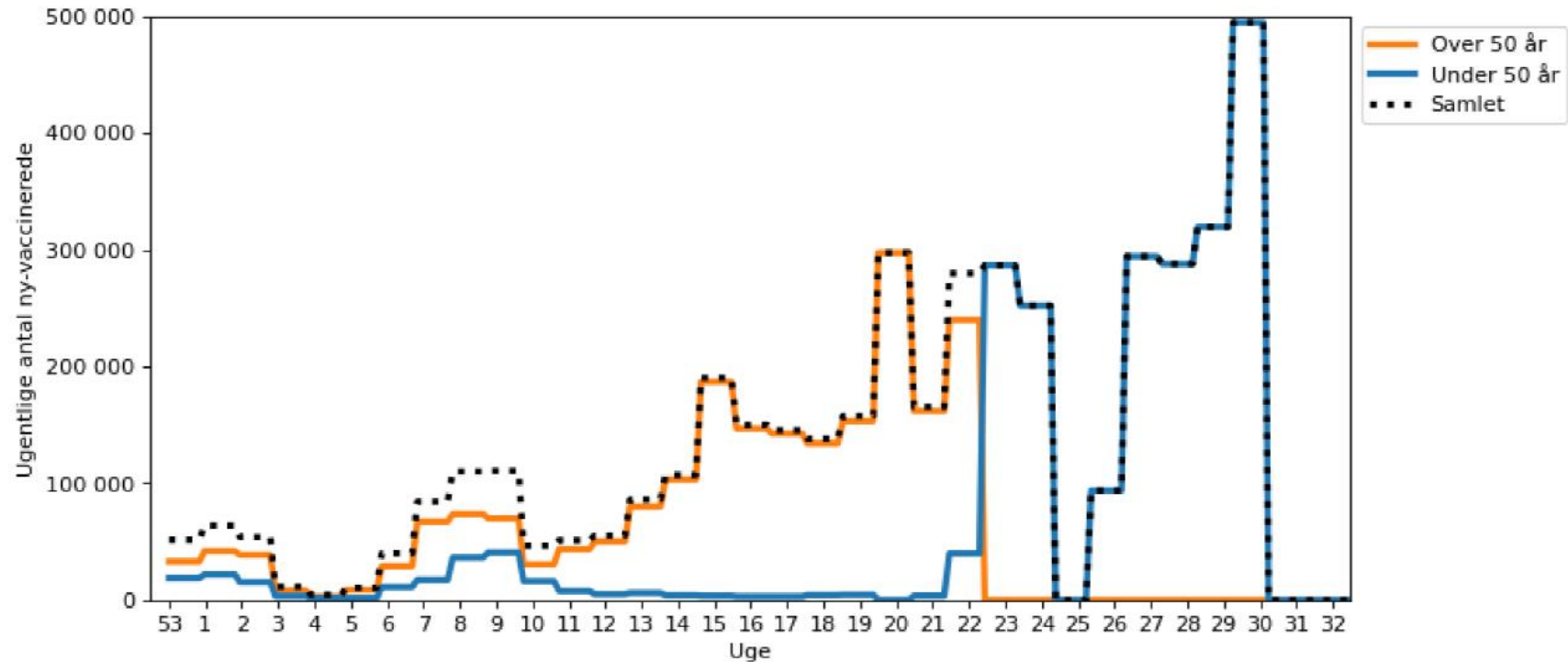
$$\frac{dV}{dt} = \epsilon S$$

Der indføres et stadie som er vaccinerede (V).

Dette kan også gøres for aldersgrupper når der f.eks er forskellige udrulning af vacciner.

Bemærk at der i så tilfælde skal anvendes epsilon som en funktion af tid.

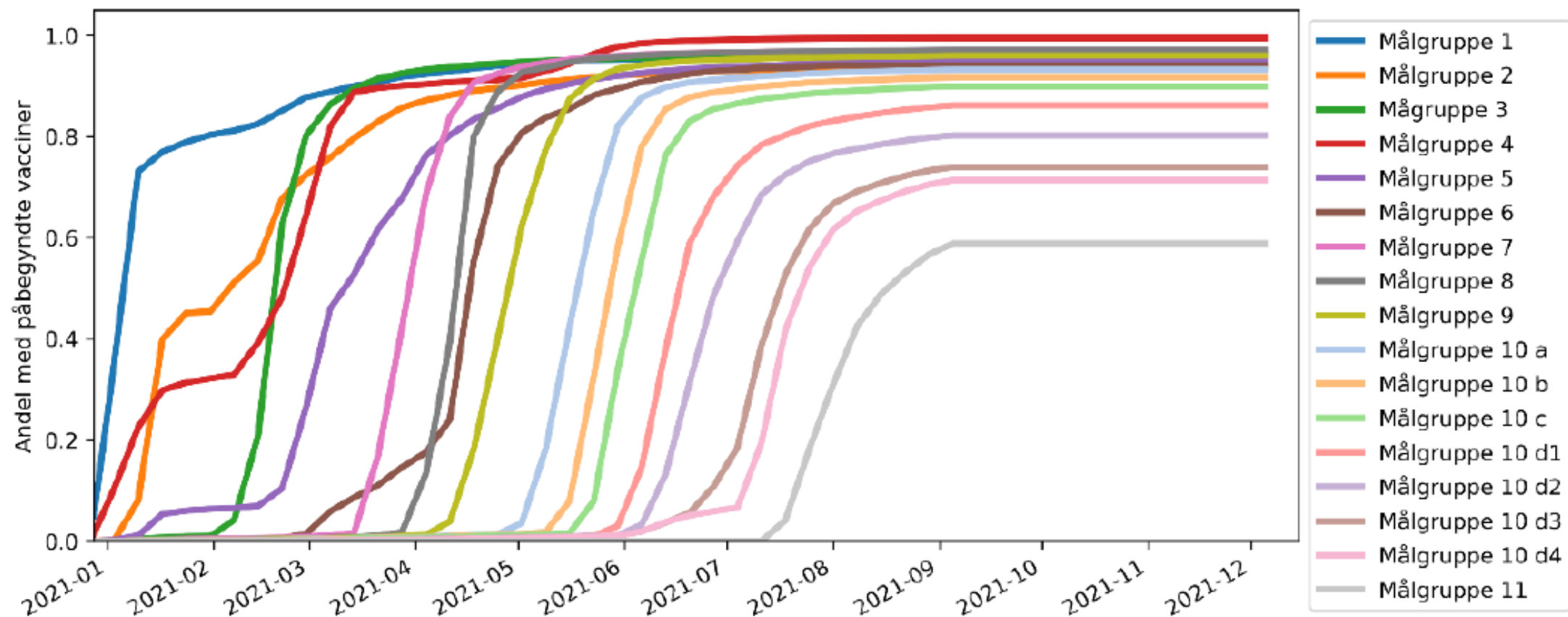
Vaccination



Figur 6: Figuren viser ugentlige opgørelser over, hvor mange der forventes at påbegynde et vaccinationsforløb i den givne uge, fordelt på to aldersgrupper (over / under 50 år) samt for den samlede befolkning.

<https://covid19.ssi.dk/-/media/arkiv/subsites/covid19/modelberegninger/teknisk-baggrundsrapport-den-22-juni-2021.pdf?la=da>

DKs faktiske udrulning skete i målgrupper



https://covid19.ssi.dk/-/media/cdn/files/ekspertrapport-af-d-20-september-2021_scenarier-for-udviklingen.pdf?la=da

Hver målgruppe har egen risiko for indlæggelse

Tabel B.1C: Estimeret risiko for indlæggelse (%) med covid-19 blandt uvaccinerede i alle kombinationer af målgruppe og aldersgruppe. Kombinationer hvor få eller ingen er blevet indlagt er markeret med '-' og kombinationer der ikke er mulige er markeret med grå baggrund.

Målgruppe	0-9	10-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80+
1		-	-	-	-	24,3	25,6	38,4	33,5
2		-	-	-	-	-	46,3	62,3	58,8
3									38,8
4		-	0,9	1,1	1,8	2,3	4	8,9	-
5		6,8	5,8	9,6	12,8	16	25,6	35,2	43,2
6		-	-	-	-	-	-	-	-
7								21,6	25,8
8								16,9	
9							8,2	10,7	
10 a/						5,8	6,5		
10 b/						4,5			
10 c/					4	3,4			
10 /d 1		0,4			2,5				
10 /d 2		1,1	0,7	3,6	2,3				
10 /d 3			0,9	1,9					
10 /d 4			1,7	1,8					
11		0,2							
Øvrige	1	0,2							

Kilde: Baseret på data fra SDS og DIAS pr. 7. september 2021

https://covid19.ssi.dk/-/media/cdn/files/ekspertrapport-af-d-20-september-2021_scenarier-for-udviklingen.pdf?la=da

Sæsoneffekt

$$\frac{dS}{dt} = -\alpha(t, T)\bar{\beta}IS$$

$$\frac{dI}{dt} = \alpha(t, T)\bar{\beta}IS - \gamma I$$

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

$\alpha(t, T)$ Er afhængigt af tiden (t) eller temperatur (T). Kan approksimeres med en cos funktion når den er funktion af tid (reduktion med ca 40% fra top til bund). Anvendes temperatur kan effekter af varme perioder ses. Temperatur data kan downloades fra DMI eller SMHI.

SEIR model med test

$$\frac{dS}{dt} = -\bar{\bar{\beta}}IS$$

$$\frac{dE}{dt} = \bar{\bar{\beta}}IS - \mu E - \tau E$$

$$\frac{dI}{dt} = \mu E - \gamma I - \tau I$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I + \tau(E + I)$$

Tau er også afhængig af tid, idet antallet af test og dermed raten man fjerner ændrer sig.

Her flyttes de til R stadiet. Kan også flyttes til selvstændigt stadie for at holde styr på hvor effektiv strategien er.

Man kan oveveje at anvende to I-stadier til at repræsentere symptomatiske og asymptomatiske tilfælde separat.