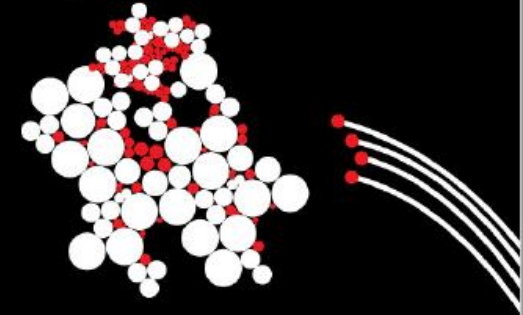




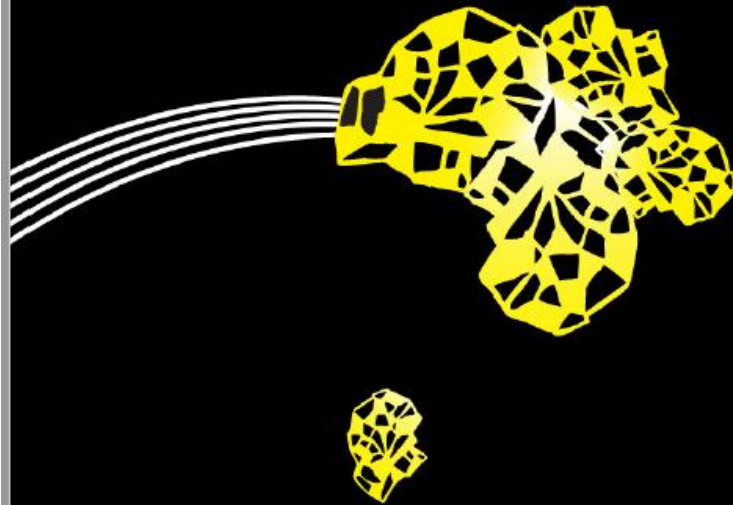
Eerlijke spreiding van COVID-19 patiënten

Center for Healthcare Operations Improvement and Research

Richard J. Boucherie

Stef Baas, Sander Dijkstra, Aleida Braaksma

8 januari 2021



Real-time voorspellen aantal opgenomen patiënten



COVID-19 predictie ROAZ West



Datum filter

1-9-2020 31-12-2020

Afdeling type

- ☐ IC
☐ Kliniek

Geslacht

- ☐ Man
☐ Vrouw

Leeftijd

- ☐ 19-30
☐ 31-65
☐ 66+

Ziekenhuis

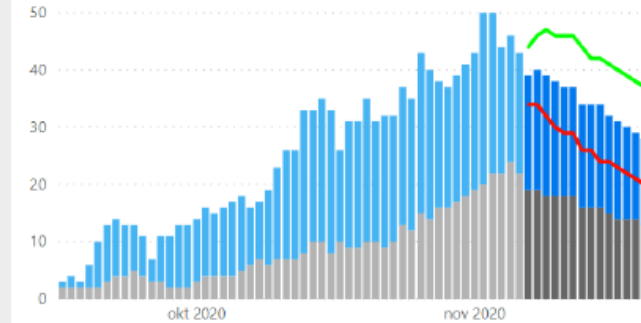
- ☐ Alrijne
☐ GHZ
☐ Haga
☐ HMC
☐ LLZ
☒ LUMC
☐ RdGG

Gemeente

- ☐ Alphen aan den Rijn
☐ Bodegraven-Reeuwijk
☐ Delft
☐ Gouda
☐ Hillegom
☐ Kaag en Braassem
☐ Katwijk

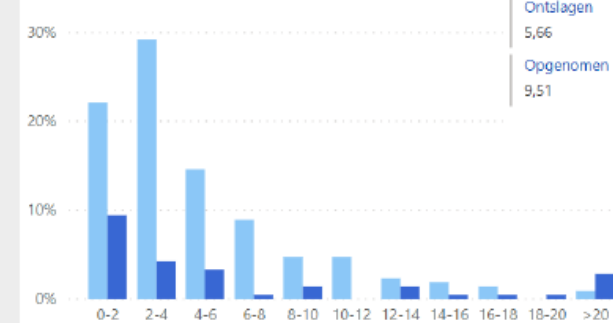
Bedbezetting LUMC

● IC ● Kliniek ● IC forecast ● Kliniek forecast ● Predictie bovengr... ● Predictie ond...



Ligduur in dagen per categorie LUMC

● Ontslagen ● Opgenomen



Gemiddelde ligduur

Ontslagen
5,66
Opgenomen
9,51

Aantal besmettingen per dag ROAZ West



Bezetting per ziekenhuis



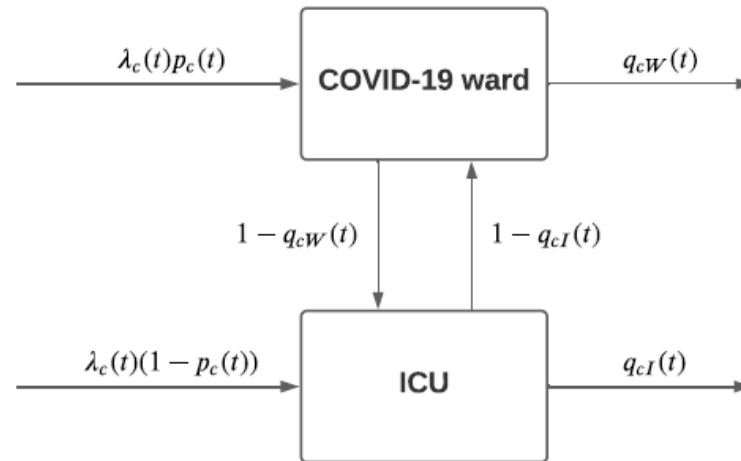
Uitdaging: Eerlijke spreading van patiënten

- ▶ Enkel ziekenhuis: voorspelling van aantal opgenomen COVID-19 patiënten
- ▶ Regio: voorspelling van aantal vrij beschikbare bedden of benodigde extra capaciteit
- ▶ Landelijk: eerlijke spreading van patiënten over regio's en ziekenhuizen
- ▶ Op basis van objectieve maat voor bezetting, rekening houdend met verschillen tussen ziekenhuizen en regio's

Enkel ziekenhuis: voorspelling van aantal opgenomen patiënten

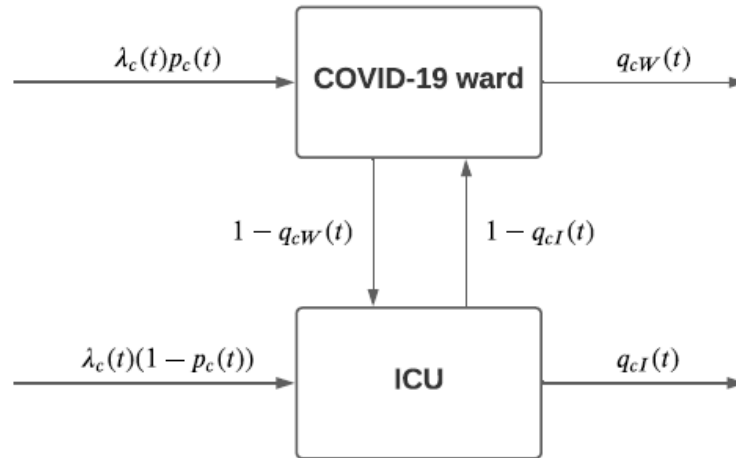


- ▶ Enkel ziekenhuis: real-time voorspelling van COVID-19 bed bezetting kliniek en Intensive Care
- ▶ Maximum aantal bezette bedden komende dagen



Benodigde data uit ZIS

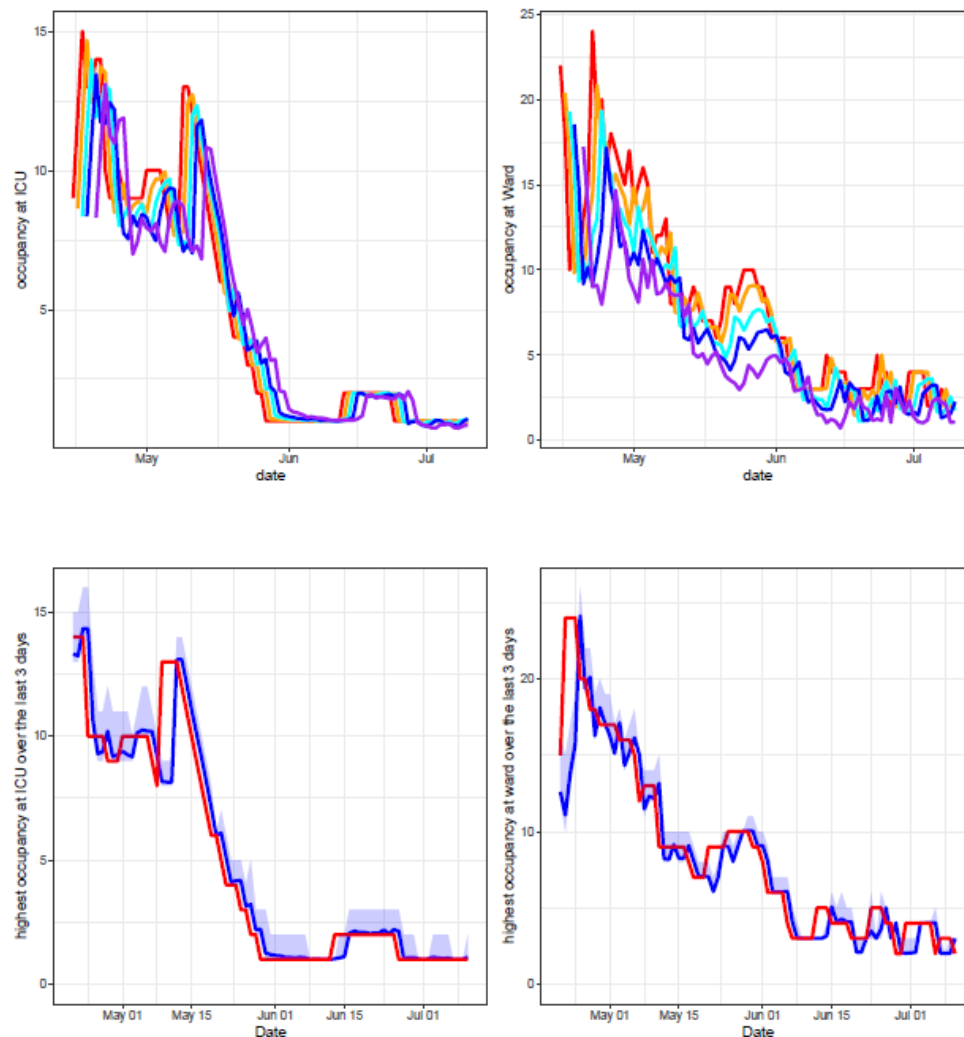
- ▶ Aantal opgenomen patiënten (kliniek, IC) per dag, uur, ...
- ▶ Patiënt karakteristieken (BMI, leeftijd, geslacht, ...)
- ▶ Ligduur (kliniek, IC)
- ▶ Fractie transfer, overlijden, ontslag



- ▶ Aantal opgenomen patiënten (kliniek, IC) per dag, uur, ...
- ▶ Patiënt karakteristieken (BMI, leeftijd, geslacht, ...)
- ▶ Ligduur (kliniek, IC)
- ▶ Fractie transfer, overlijden, ontslag
- ▶ **Geschat uit data in ZIS**
(LUMC, Haga, Rijnstate, ETZ, ZGT, ...)

Patient	Origin	Destination	datetime start	datetime end	stay at ICU
1	Home	Care facility (other)	5-3-2020 22:06	3-4-2020 11:13	no
2	Home	Care facility (rehabilitation)	15-3-2020 16:38	6-4-2020 11:42	no
3	Home	Home	15-3-2020 16:21	16-3-2020 18:39	no
4	Home	ICU	15-3-2020 20:19	18-3-2020 10:43	no
4	Ward	Deceased (without autopsy)	18-3-2020 10:43	6-4-2020 23:03	yes
5	Home	Ward	15-3-2020 22:15	16-3-2020 13:51	yes
5	ICU	Home	16-3-2020 13:51	18-3-2020 14:49	no
6	Home	Care facility (other)	16-3-2020 18:58	27-3-2020 11:11	no
7	Home	ICU	17-3-2020 02:00	24-3-2020 10:23	no
7	Ward	Other hospital	24-3-2020 10:23	26-3-2020 03:27	yes
8	Home	Home	18-3-2020 01:15	22-3-2020 14:00	no
9	Home	Deceased (without autopsy)	18-3-2020 03:10	5-4-2020 03:00	yes
10	Home	Home	18-3-2020 21:52	19-3-2020 21:08	no
11	Home	ICU	19-3-2020 00:16	30-3-2020 00:08	no
11	Ward	Deceased (without autopsy)	30-3-2020 00:08	7-4-2020 12:25	yes
12	Home	Home	19-3-2020 11:54	27-3-2020 21:43	no

Forecast bedbezetting (LUMC)



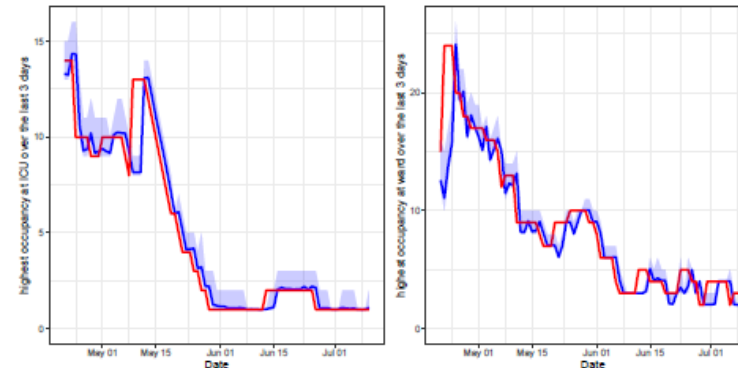
Maximum bezetting komende 3 dagen

Practische implementatie: forecast bedbezetting

- Handleiding voor format invoer

Patient	Origin	Destination	datetime start	datetime end	stay at ICU
1	Home	Care facility (other)	5-3-2020 22:06	3-4-2020 11:13	no
2	Home	Care facility (rehabilitation)	15-3-2020 16:38	6-4-2020 11:42	no
3	Home	Home	15-3-2020 16:21	16-3-2020 18:39	no
4	Home	ICU	15-3-2020 20:19	18-3-2020 10:43	no
4	Ward	Deceased (without autopsy)	18-3-2020 10:43	6-4-2020 23:03	yes
5	Home	Ward	15-3-2020 22:15	16-3-2020 13:51	yes
5	ICU	Home	16-3-2020 13:51	18-3-2020 14:49	no
6	Home	Care facility (other)	16-3-2020 18:58	27-3-2020 11:11	no
7	Home	ICU	17-3-2020 02:00	24-3-2020 10:23	no
7	Ward	Other hospital	24-3-2020 10:23	26-3-2020 03:27	yes
8	Home	Home	18-3-2020 01:15	22-3-2020 14:00	no
9	Home	Deceased (without autopsy)	18-3-2020 03:10	5-4-2020 03:00	yes
10	Home	Home	18-3-2020 21:52	19-3-2020 21:08	no
11	Home	ICU	19-3-2020 00:16	30-3-2020 00:08	no
11	Ward	Deceased (without autopsy)	30-3-2020 00:08	7-4-2020 12:25	yes
12	Home	Home	19-3-2020 11:54	27-3-2020 21:43	no

- Uploaden naar Big data portal (Rhythm)
- Forecasts

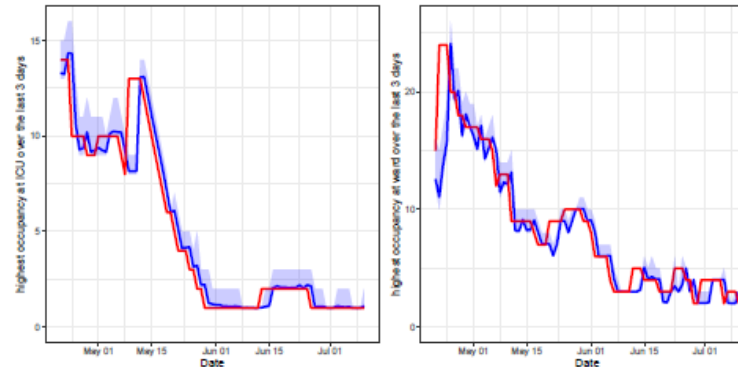


- www.utwente.nl/en/choir/research/Covid19-wardICU/

- ▶ α -kwantielen $n_{\alpha hW}(s, t)$, $n_{\alpha hl}(s, t)$ voor maximale bezetting kliniek en IC ziekenhuis h komende t dagen:

$$n_{\alpha hl}(s, t) = \min \left\{ n : \mathbb{P} \left[\max_{u \in [s, s+t]} N_{hl}(u) \leq n \right] \geq \alpha \right\},$$

- ▶ α is veiligheidsniveau
- ▶ bijvoorbeeld $s = 8$ januari 2021, 9:30, $t = 3$ dagen, $\alpha = 90\%$
- ▶ op veiligheidsniveau α komende 3 dagen niet meer dan $n_{\alpha hl}(s, t)$ bedden nodig voor patiënten op de IC

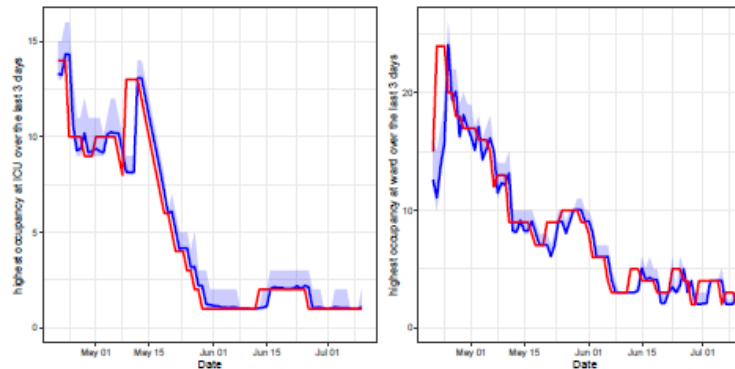


- ▶ op veiligheidsniveau α komende 3 dagen niet meer dan $n_{\alpha hl}(s, t)$ bedden nodig voor patiënten op de IC
- ▶ komende t dagen $n_{hl}^*(s, t)$ COVID-19 IC-bedden beschikbaar
- ▶ als $n_{\alpha hl}(s, t) \leq n_{hl}^*(s, t)$ dan komende t dagen IC bedden “over” voor COVID-19 patiënten in ziekenhuis h :

$$n_{hl}^*(s, t) - n_{\alpha hl}(s, t)$$

- ▶ **Beslisregel:** (af te lezen uit de voorspelling per ziekenhuis) bedden beschikbaar voor inplaatsing van patiënten naar IC:

$$\max\{0, n_{hl}^*(s, t) - n_{\alpha hl}(s, t)\}$$



- ▶ $n_{hW}^*(s, t)$, $n_{hl}^*(s, t)$ bedden beschikbaar in ziekenhuis h
- ▶ $\Lambda_{cr}(u)$ intensiteit aankomst patiënten ter opname uit regio (uit ZIS van de ziekenhuizen of uit regionale infectie data)
- ▶ voor ieder ziekenhuis h fractie $\theta_{\alpha h}$ die komende dagen opgenomen kan worden (veiligheidsniveau α):

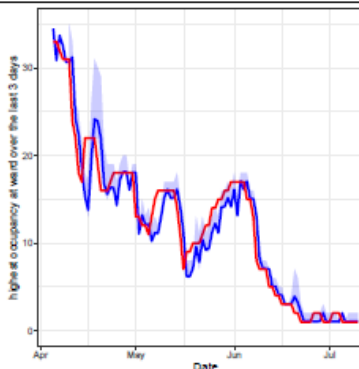
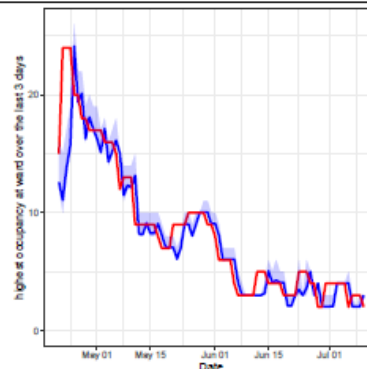
$$\theta_{\alpha h}(s, t) = \max \left\{ \mathbb{P}_{\theta h} \left[\max_{u \in [s, s+t]} N_{hl}(u) \leq n_{hl}^*(s, t) \right] \geq \alpha \right\}$$

- ▶ voldoende voor de patiënten uit de regio:

$$\Theta_r := \sum_h \theta_{\alpha h}(s, t) > 1$$

- ▶ bijvoorbeeld $50\% + 30\% + 25\% = 105\%$ dan “past” het binnen regio, want voor meer dan 100% van de pat. capaciteit
- ▶ verdeel pat. over ziekenhuizen in regio naar rato: $\theta_{\alpha h}(s, t)/\Theta_r$

Regio: benodigde capaciteit

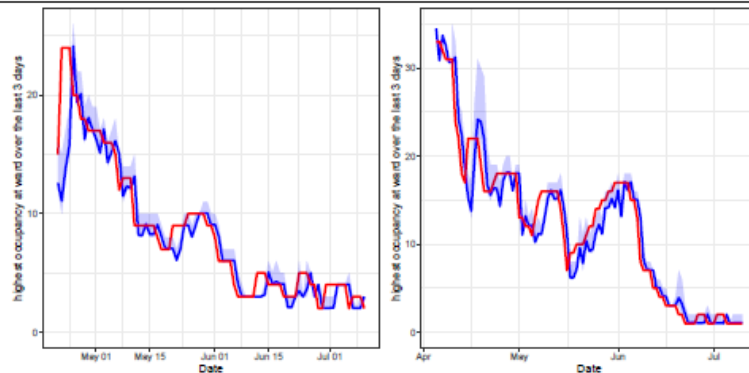


- ▶ bedden beschikbaar in ieder ziekenhuis h
- ▶ regionale instroom
- ▶ voor ieder ziekenhuis fractie die komende dagen opgenomen kan worden (veiligheidsniveau α):
- ▶ voldoende voor de patiënten uit de regio:

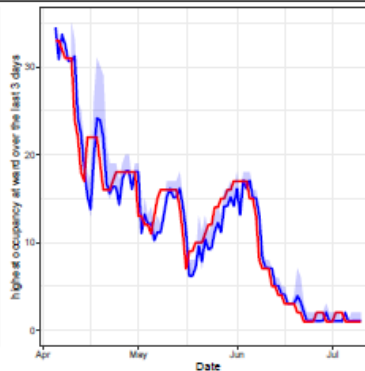
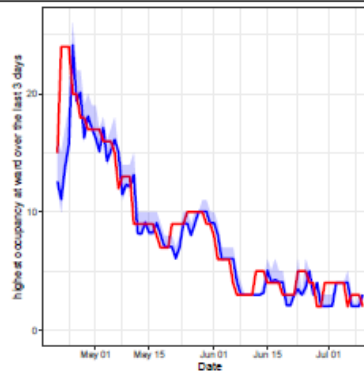
$$\Theta_r := \sum_h \theta_{\alpha h}(s, t) > 1$$

- ▶ verdeel pat. over ziekenhuizen in regio naar rato: $\theta_{\alpha h}(s, t)/\Theta_r$
- ▶ **Beslisregel:** per ziekenhuis in regio aantal beschikbare bedden

Landelijk: eerlijke spreading van patiënten



- ▶ $\Lambda_{cr}(u)$ intensiteit aankomst patiënten ter opname uit regio
- ▶ per regio r : aantal beschikbare bedden per ziekenhuis
- ▶ per regio: voldoende capaciteit? $\Theta_r := \sum_h \theta_{\alpha h}(s, t) > 1$
- ▶ per regio r : vrije bedden ($\Theta_r > 1$), of bedden tekort ($\Theta_r < 1$)?
- ▶ hoe verplaatsen?
 - van grootste tekort naar grootste overschot komende t dagen?
 - rekening houdend met afstand?
 - of met totaal aantal patiënten in de regio?



- hoe verplaatsen?
van grootste tekort naar grootste overschot komende t dagen?
rekening houdend met afstand?
of met totaal aantal patiënten in de regio?

$$\min_{f_{r,r'}, f_{r,R}} \sum_{r,r'} c_{r,r'} f_{r,r'} + \sum_r c_{r,R} f_{r,R}$$

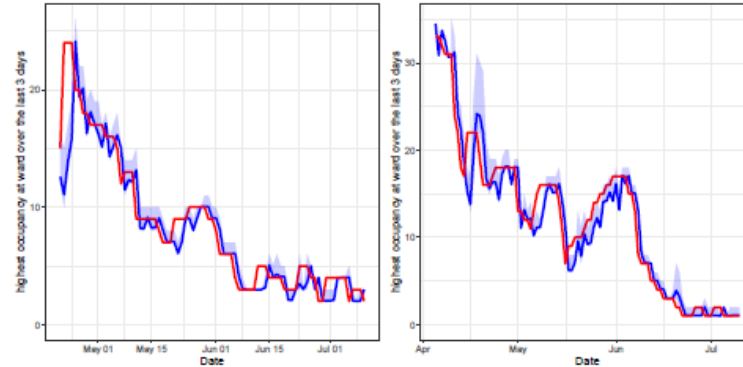
s.t.

$$\tilde{n}_r + f_{r,R} + \sum_{r'} f_{r,r'} - \sum_{r'} f_{r',r} \geq 0 \quad \forall r$$

$$f_{r,r'}, f_{r,R} \in \mathbb{Z}_+$$

$$\forall r, r'$$

Eerlijke spreading van patiënten



- ▶ Enkel ziekenhuis: voorspelling van aantal opgenomen pat.
- ▶ Regio: voorspelling van aantal vrij beschikbare bedden of benodigde extra capaciteit
- ▶ Landelijk: eerlijke spreading over regio's en ziekenhuizen
- ▶ Op basis van objectieve maat voor bezetting, rekening houdend met verschillen tussen ziekenhuizen en regio's
- ▶ model enkel ziekenhuis beschikbaar
- ▶ model landelijke spreading later deze maand

www.utwente.nl/en/choir/research/Covid19-wardICU/