



Norwegian University of  
Science and Technology

**HARMONI-prosjektet:**  
**Simulering av pasientstrømmer mellom St.  
Olavs hospital og Trondheim kommune**

Anders N. Gullhav and Joe Viana

[anders.gullhav@ntnu.no](mailto:anders.gullhav@ntnu.no) ([anders.nordby.gullhav@stolav.no](mailto:anders.nordby.gullhav@stolav.no)), [joe.viana@ntnu.no](mailto:joe.viana@ntnu.no)

Health2B, 29.04.2026



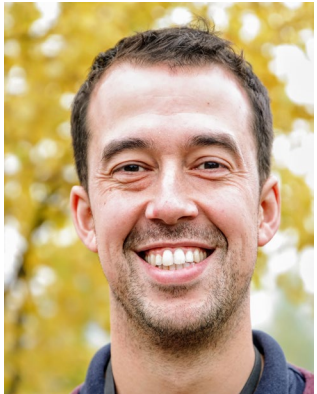
## **Anders N. Gullhav**

Førsteamanuensis ved Institutt for industriell økonomi og teknologiledelse, NTNU.

Prosjektleder ved Tjenesteinnovasjonssenteret, St. Olavs hospital.

PhD i operasjonsanalyse.

>10 års erfaring med ulike problemstillinger innen planlegging og styring i helsetjenestene.



## **Joe Viana**

Postdoc på HARMONI-prosjektet, IØT, NTNU.

Rådgiver, Samhandling, St. Olavs hospital

PhD i operasjonsanalyse; Arbeidet på sykehus i UK og Norge

~20 års erfaring med modellering; pasientflyt, disease; helse/sosialtjenester

Operasjonsanalyse er et fag som baserer seg på utvikling og bruk av kvantitative modeller og metoder for å hjelpe beslutningstakere til å ta bedre beslutninger.

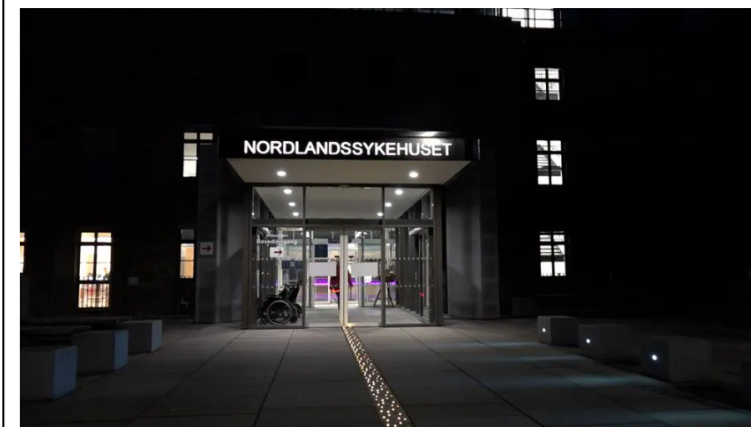
# Trondheim betaler millioner til St. Olav

Trondheim kommune har de siste årene fått skyhøye regninger fra St. Olavs hospital fordi kommunen ikke klarer å ta imot pasienter som er ferdigbehandlet.



# «Friske» pasienter fyller opp norske sykehus

Kommunene klarer ikke å ta imot nok utskrivningsklare pasienter. Det gir lengre ventetid og kan gi dårligere beredskap, ifølge Nordlandssykehuset.



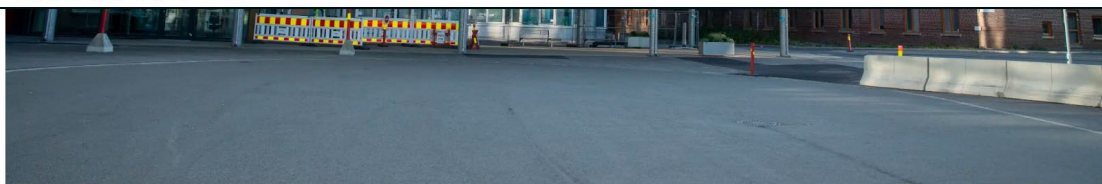
Andreas Nilsen Trygstad  
Journalist

+ 3 til

Publisert 9. jan. 2023 kl. 20:57  
Oppdatert 9. jan. 2023 kl. 21:58

Artikkelen er mer enn to år gammel.

GRØNN BEREDSKAP: Nordlandssykehuset har sett en markant økning i antall liggedøgn.



OVERLIGGENDE PASIENTER: Så lang i 2024 har Universitetssykehuset i Nord-Norge over 10.000 utskrivningsklare liggedøgn fordi kommunene ikke klarer å ta imot ferdig behandlede pasienter. Her fra UNN Tromsø. Foto: Terje Pedersen / NTB

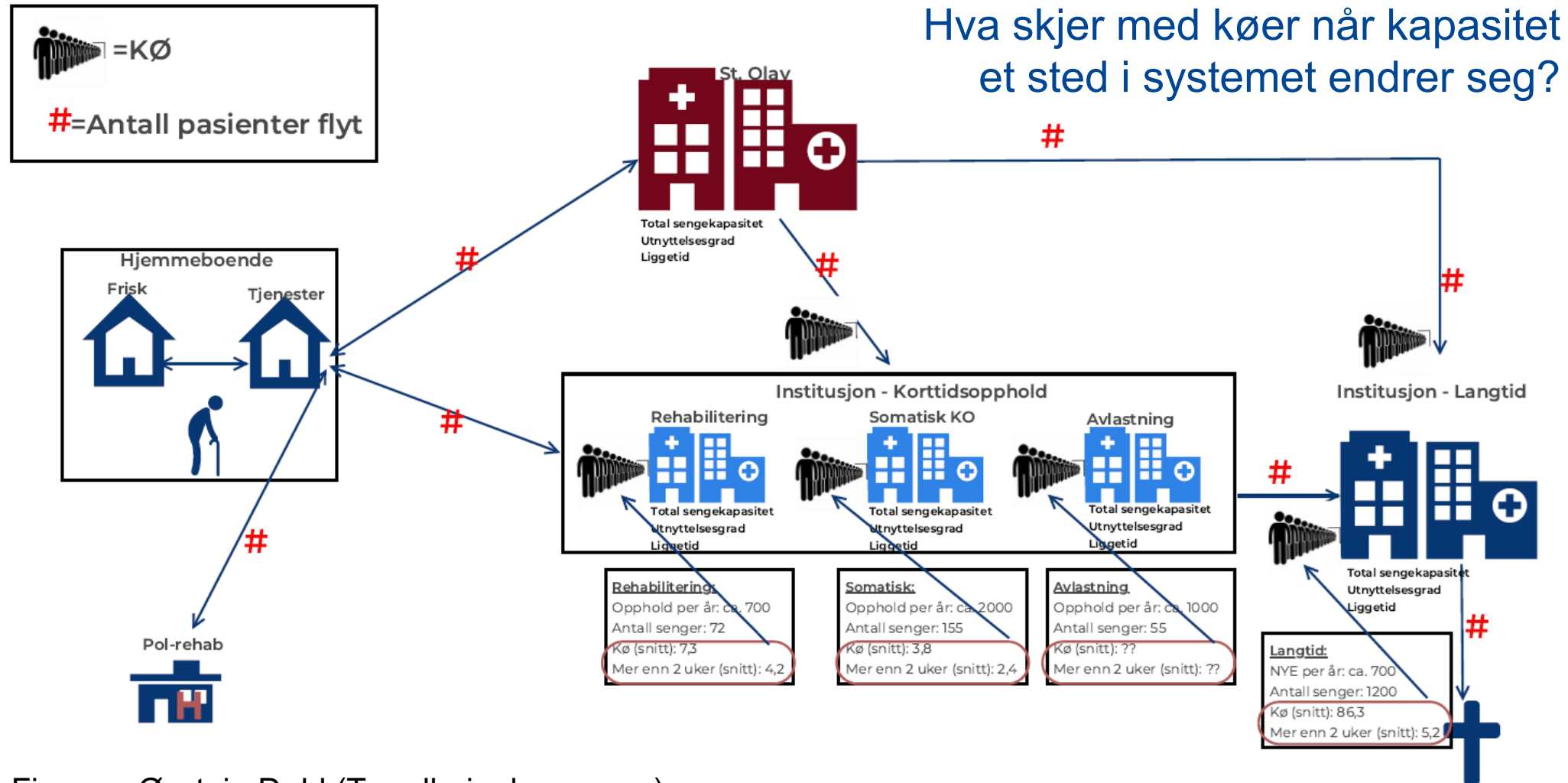
# Må stryke operasjoner på grunn av pasienter som ikke kan skrives ut

UNN må stryke planlagte operasjoner på grunn av manglende sengepostkapasitet. Samtidig har helseforetaket over 10.000 utskrivningsklare liggedøgn så langt i 2024, mens andre pasienter blir stående i kø.

# Klarer ikke å ta imot pasienter fra sykehuset - får bøter i millionklassen



# Pasientstrøm St. Olav / Trondheim kommune



Figur av Øystein Døhl (Trondheim kommune)

# Helhetlig avansert ressursstyring for bærekraftige helse og omsorgstjenester (HARMONI) (NFR prosjekt nr. 349559)

## Organisering

Prosjektleder: Ingebrigt Meisingset (TK)

Arbeidspakkeledere:

- Aud Obstfelder (MH, NTNU)
- Heidi C. Dreyer (ØK, NTNU)
- Anders N. Gullhav (ØK, NTNU/St. Olavs)
- Lars Erik Laugsand (St. Olavs)

Joe Viana (ØK, NTNU/St. Olavs/TK)

Marte Holmemo (ØK, NTNU)



# HARMONI i et nøtteskall

Økt behov for  
helsetjenester.  
Demografisk  
utvikling. Pasienter  
med skrøpelighet.

Mangel på  
helsepersonell.

Begrensede  
ressurser.  
Økonomi.

Utvikle og pilotere et verktøy for helhetlig planlegging av sentrale helse- og omsorgstjenester for pasienter med skrøpelighet

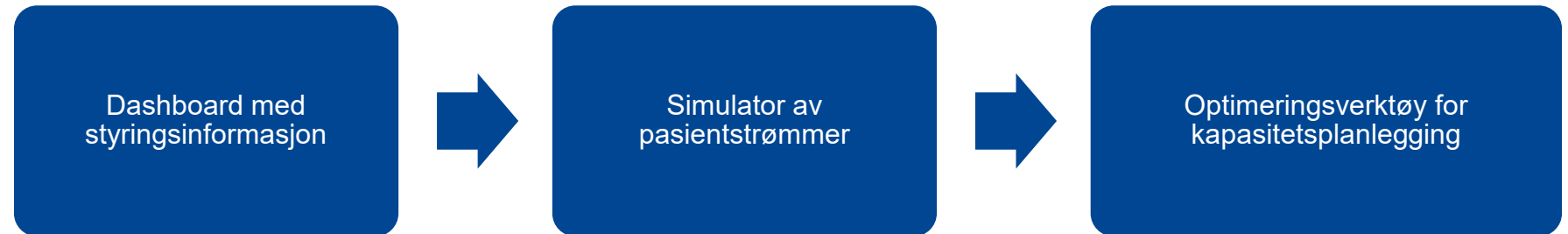
Økt kvalitet for  
pasientene  
gjennom redusert  
ventetid

Bedre bruk av  
knappe ressurser  
og kompetanse og  
økt produktivitet

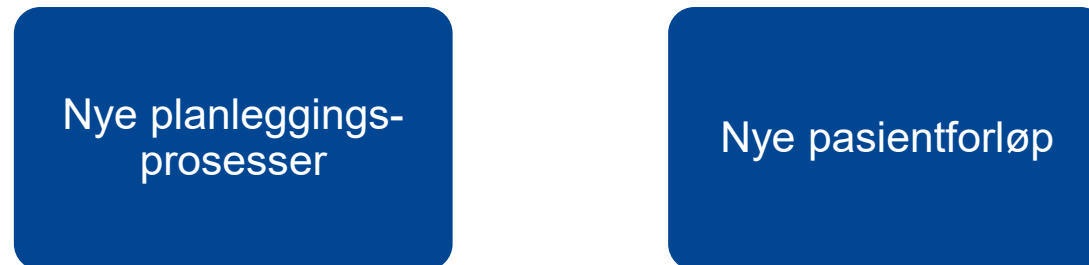
Styrking av  
Universitetskommu  
nesamarbeidet.

# Innovasjonen

## Produkt

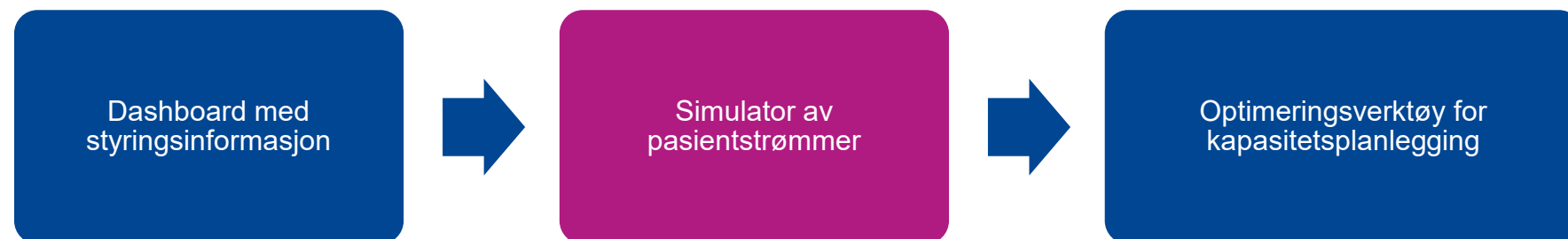


## Prosess/ Tjeneste



# Innovasjonen

## Produkt



## Prosess/ Tjeneste



# FAGLIG PERSPEKTIV: OPERASJONSANALYSE

# Typer av analyser



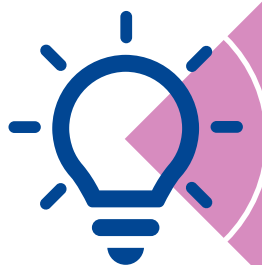
Hva har skjedd?

- Business Intelligence



Hva kommer til å skje?

- Regresjonsanalyse
- Maskinlæring
- Simulering

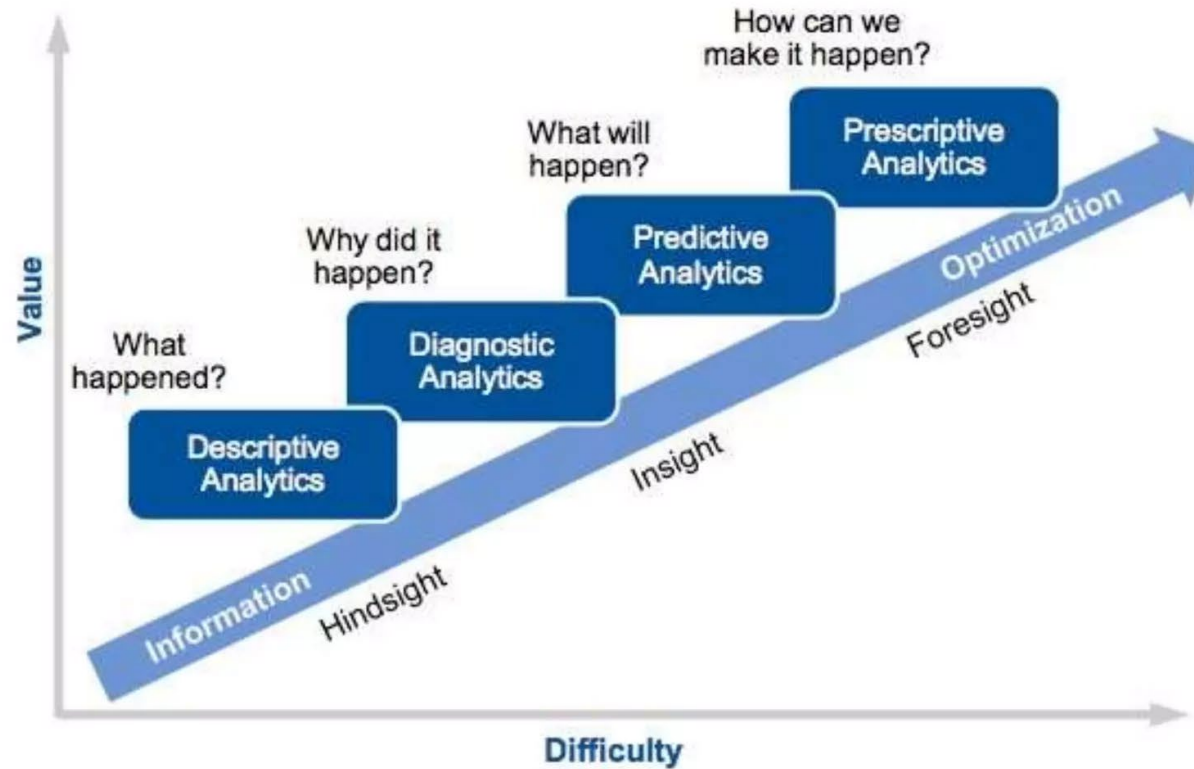


Hva bør vi gjøre?

- Simulering
- Optimeringsmetoder
- Beslutningsanalyser

Uke	Dag	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10
1	mandag	NI/BI	F1	F1	NI/BI	NI/BI	Annet	18t	F2	F2	F1
1	tirsdag	F2	F2	NI/BI	NI/BI	NI/BI	NI/BI	F2	18t	Kort_Tarm	Annet
1	onsdag	NI/BI	Annet	NI/BI	NI/BI	F1	F1	18t	F2	F2	Annet
1	torsdag	NI/BI	HøyRisk	NI/BI	18t	NI/BI	NI/BI	F2	F1	F1	F2
1	fredag	NI/BI	Annet	18t	F2	NI/BI	NI/BI	F2	Annet	F2	F2
1	lørdag	F2	F2	F2	F2	Vakt_Lør_Dag	Vakt_Lør_Natt	F2	F2	F2	F2
1	søndag	F1	F2	Vakt_Søn_Dag	F1	Vakt_Søn_Natt	F2	F1	F2	F2	F2
2	mandag	F2	Annet	NI/BI	NI/BI	F2	NI/BI	F1	F1	18t	F2
2	tirsdag	F2	18t	F2	NI/BI	Annet	NI/BI	NI/BI	F2	F1	F2
2	onsdag	Annet	F2	NI/BI	F1	Annet	NI/BI	NI/BI	F2	18t	F1
2	torsdag	18t	F2	F2	NI/BI	Annet	F2	NI/BI	F2	F2	Annet
2	fredag	F2	Barsel	NI/BI	Barsel	F2	NI/BI	18t	F2	F2	F2
2	lørdag	F2	F2	F2	Vakt_Lør_Dag	F2	F2	F2	Vakt_Lør_Natt	F2	F2
2	søndag	F1	F1	F1	Vakt_Søn_Natt	F1	F1	Vakt_Søn_Dag	F2	F2	Ter_VisH
3	mandag	Annet	NI/BI	F1	F2	18t	F2	Annet	F2	F1	NI/BI
3	tirsdag	NI/BI	NI/BI	18t	F2	F2	Kort_Tarm	NI/BI	F1	F2	F1
3	onsdag	F1	NI/BI	F2	F2	18t	Annet	NI/BI	F2	F2	NI/BI
3	torsdag	NI/BI	NI/BI	Annet	Annet	F2	18t	F2	HøyRisk	F2	NI/BI
3	fredag	NI/BI	Barsel	Annet	Annet	F2	F1	NI/BI	F2	18t	NI/BI
3	lørdag	Vakt_Lør_Dag	Vakt_Lør_Natt	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2
3	søndag	Vakt_Søn_Natt	F1	F2	F1	F1	F2	F1	F2	Vakt_Søn_Dag	F2
4	mandag	F2	F2	NI/BI	18t	F1	NI/BI	Annet	F2	F1	NI/BI
4	tirsdag	NI/BI	NI/BI	F2	F2	Kort_Tarm	NI/BI	18t	F2	Annet	NI/BI
4	onsdag	F2	NI/BI	NI/BI	18t	F2	F1	F2	F1	F2	NI/BI
4	torsdag	NI/BI	NI/BI	NI/BI	F2	F2	HøyRisk	Annet	18t	F2	F2
4	fredag	NI/BI	NI/BI	F1	F2	18t	NI/BI	F2	F2	Annet	NI/BI
4	lørdag	F2	F2	Vakt_Lør_Natt	F2	F2	Vakt_Lør_Dag	F2	F2	F2	F2
4	søndag	F1	F1	F2	F1	Vakt_Søn_Dag	Vakt_Søn_Natt	F1	F2	F2	F1
5	mandag	18t	NI/BI	NI/BI	F1	F2	F2	NI/BI	F2	F2	F2
5	tirsdag	F2	NI/BI	Nyfødt_Poli	F2	NI/BI	NI/BI	NI/BI	F2	18t	F2
5	onsdag	18t	NI/BI	NI/BI	F2	LTMV	F2	NI/BI	F1	F2	F1
5	torsdag	F2	18t	NI/BI	Annet	NI/BI	NI/BI	NI/BI	Annet	F2	F2
5	fredag	F2	F2	NI/BI	18t	NI/BI	NI/BI	F1	F2	Annet	F2
5	lørdag	F2	F2	F2	F2	F2	F2	Vakt_Lør_Natt	Vakt_Lør_Dag	F2	Ter_VisH
5	søndag	F1	F1	F1	Vakt_Søn_Dag	F1	F1	F2	Vakt_Søn_Natt	F1	Ter_VisH

# Gartner Analytic Ascendancy Model

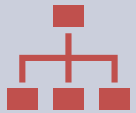


Source: Gartner (March 2012)

# Operasjonsanalyse



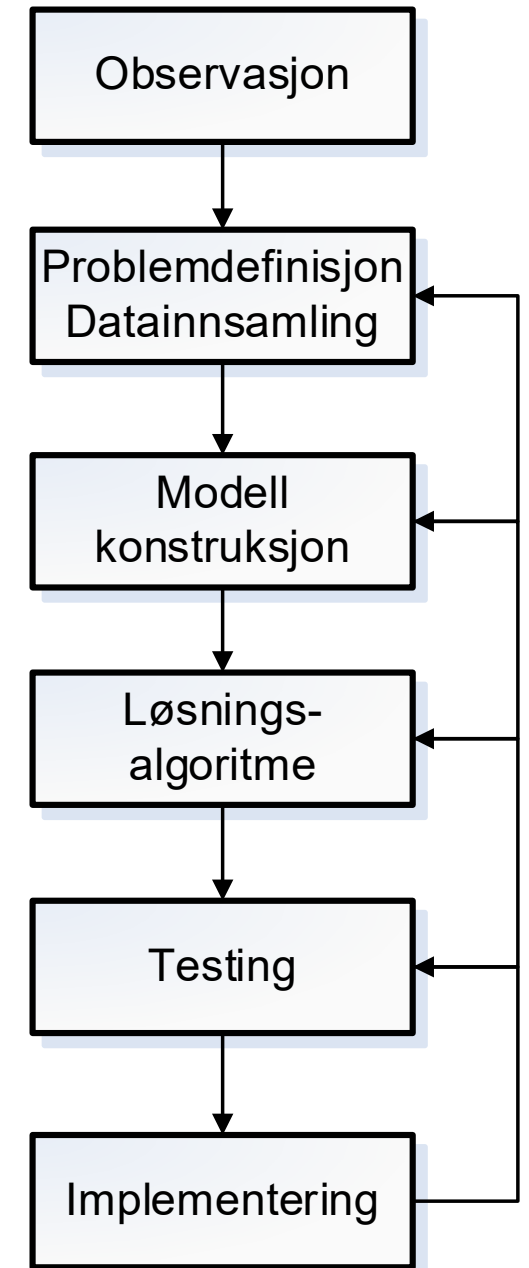
**Operasjonsanalyse** er et fagområde som baserer seg på utvikling og bruk av kvantitative modeller og metoder for å hjelpe beslutningstakere til å ta bedre beslutninger.



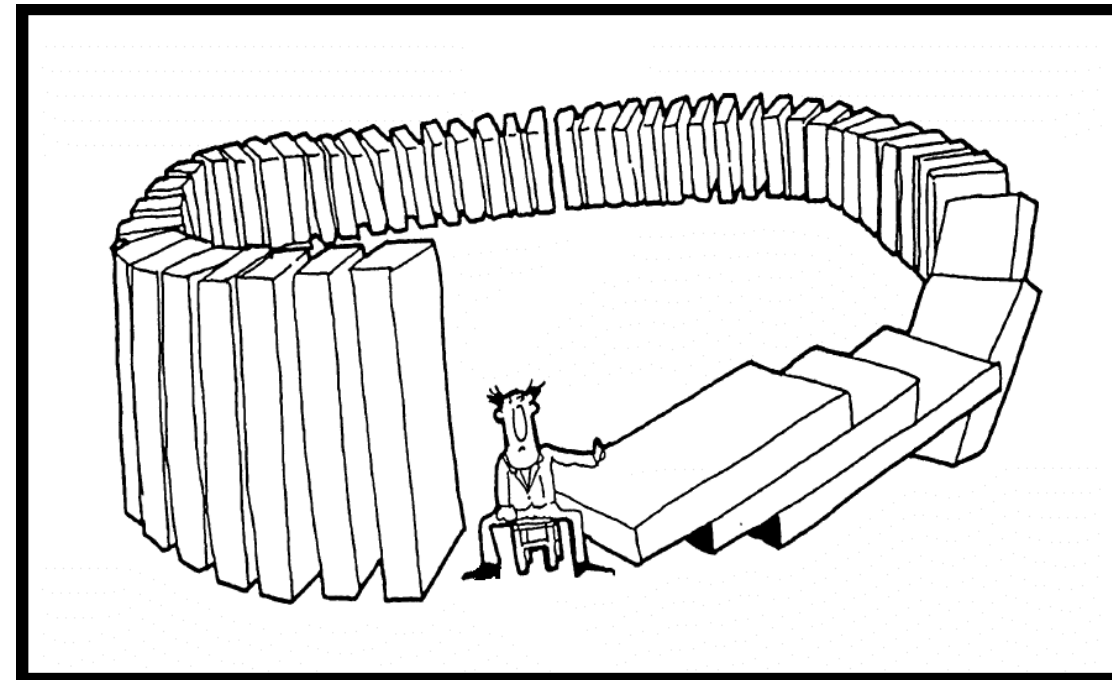
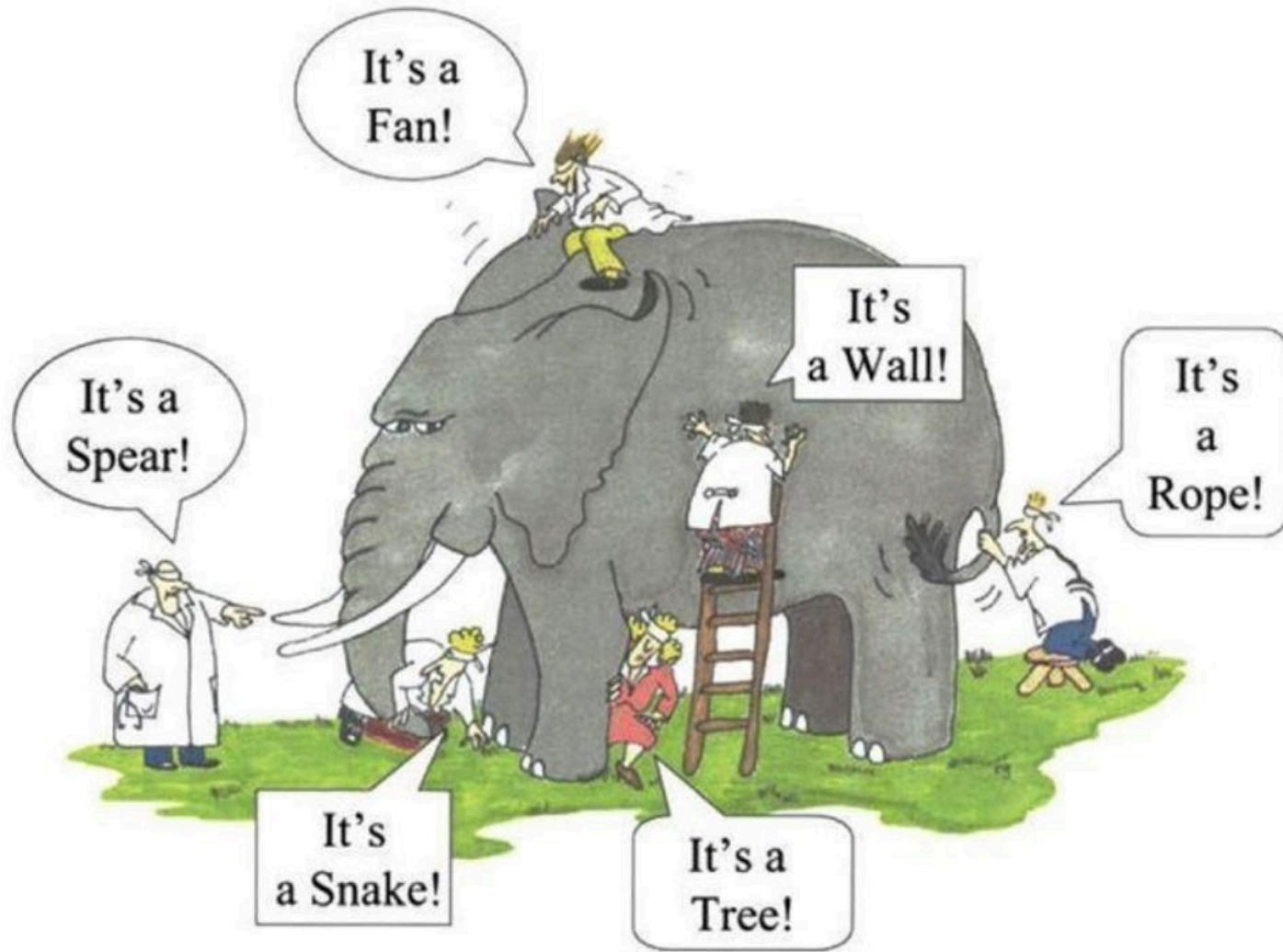
Brukes på problemer som dreier seg om å planlegge og koordinere aktiviteter innen en organisasjon.



Målet: Fordele de tilgjengelige ressursene til de forskjellige aktivitetene slik at resultatet for organisasjonen blir best mulig.

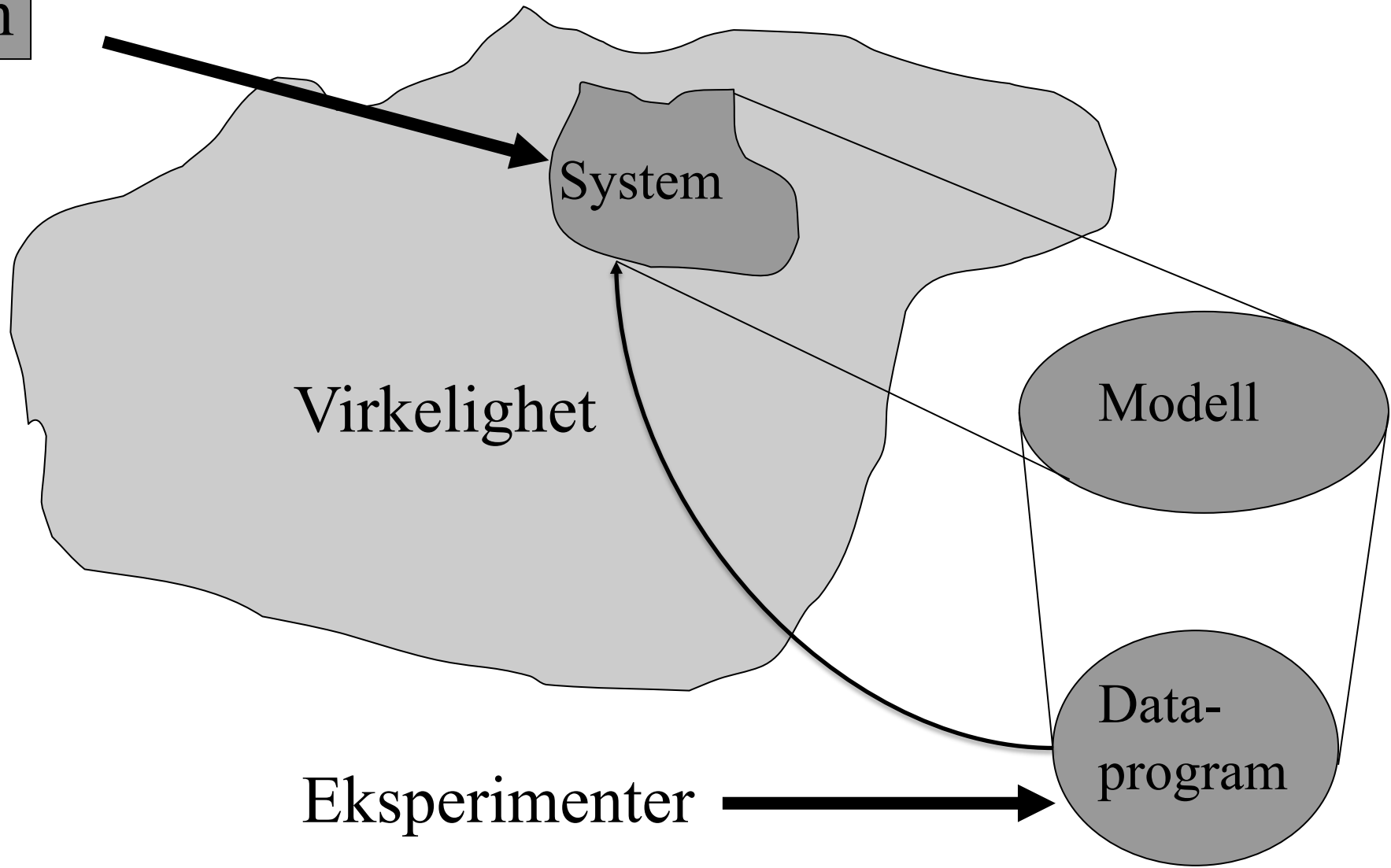


# Complex systems: Systems thinking

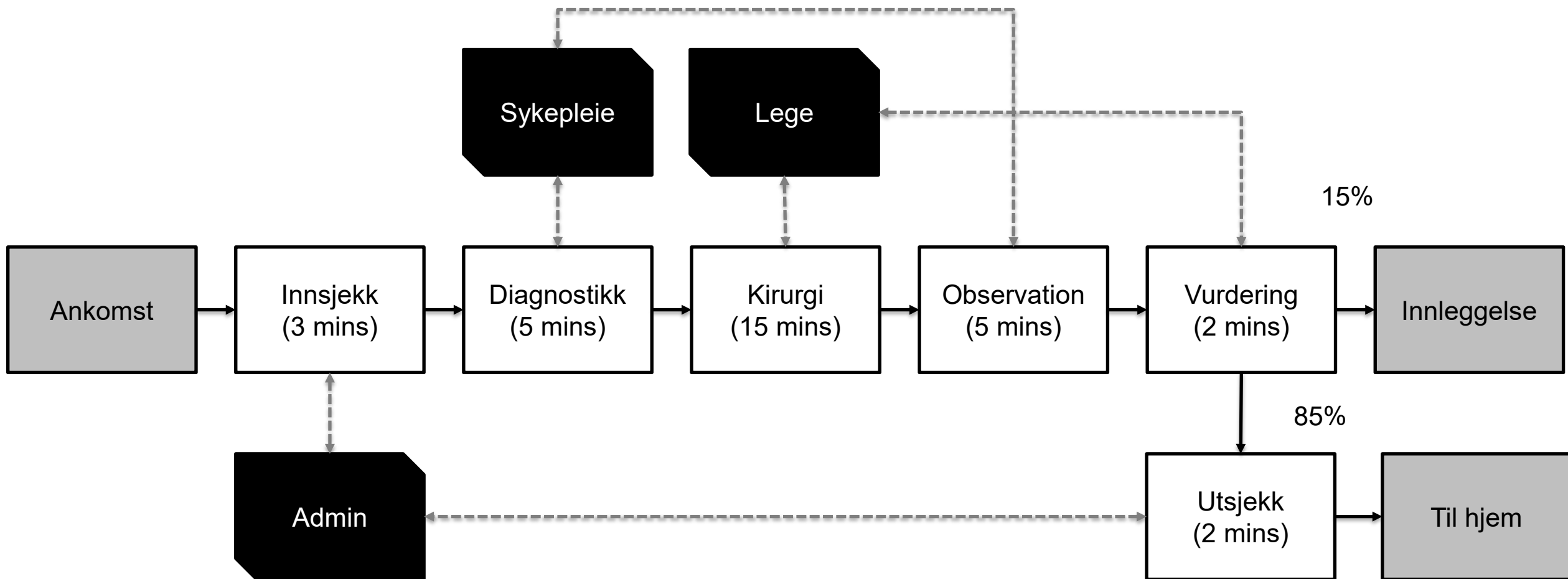


# HVA ER SIMULERING?

Problem



# Eksempel: Pasientflytsimulering



### Beslutningsvariabler

**Ansatte** Lege SPL Admin

**På vakt**

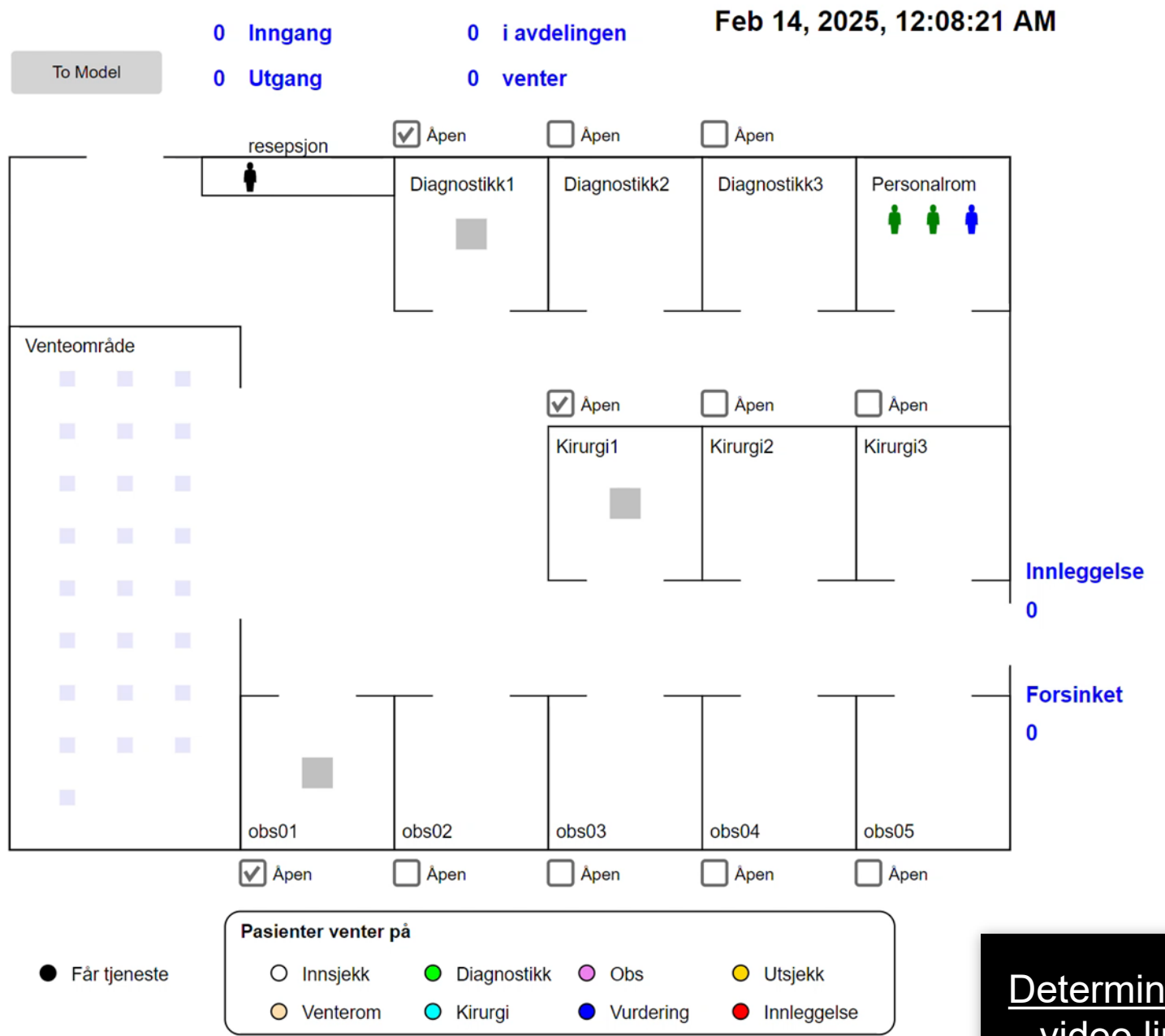
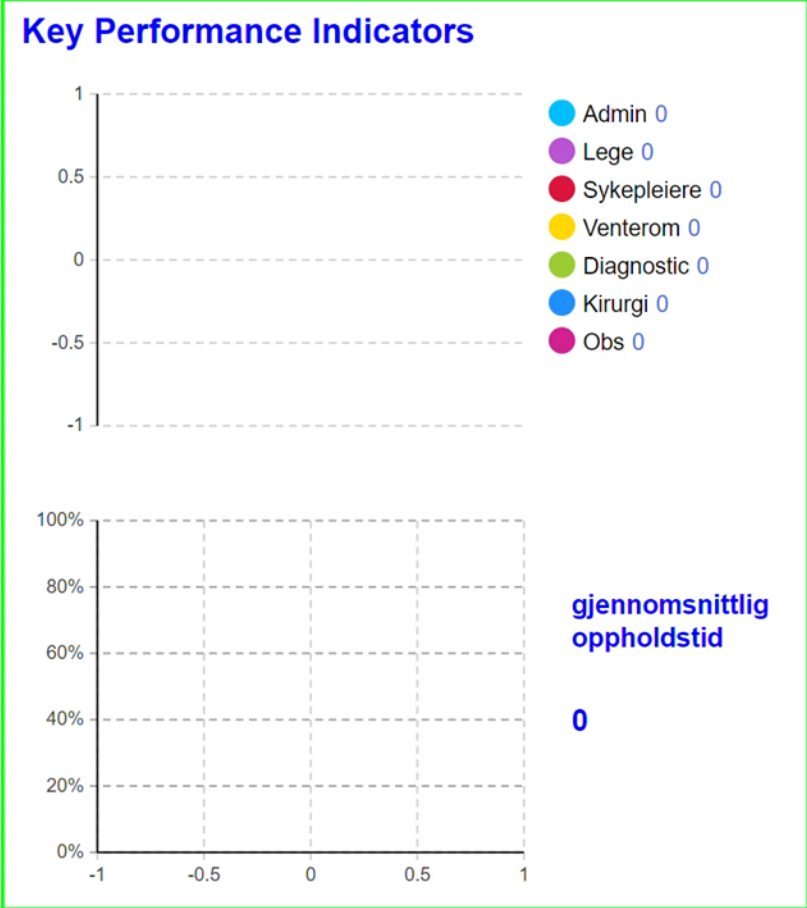
**Tjenestetid**  Fast  Tilfeldig

**Ankomst rate**  Fast  Tilfeldig

**Sannsynlighet**

Innleggelse

Innlesselse forsinkelse



**Deterministic  
video link**

### Beslutningsvariabler

**Ansatte** Lege SPL Admin

**På vakt**

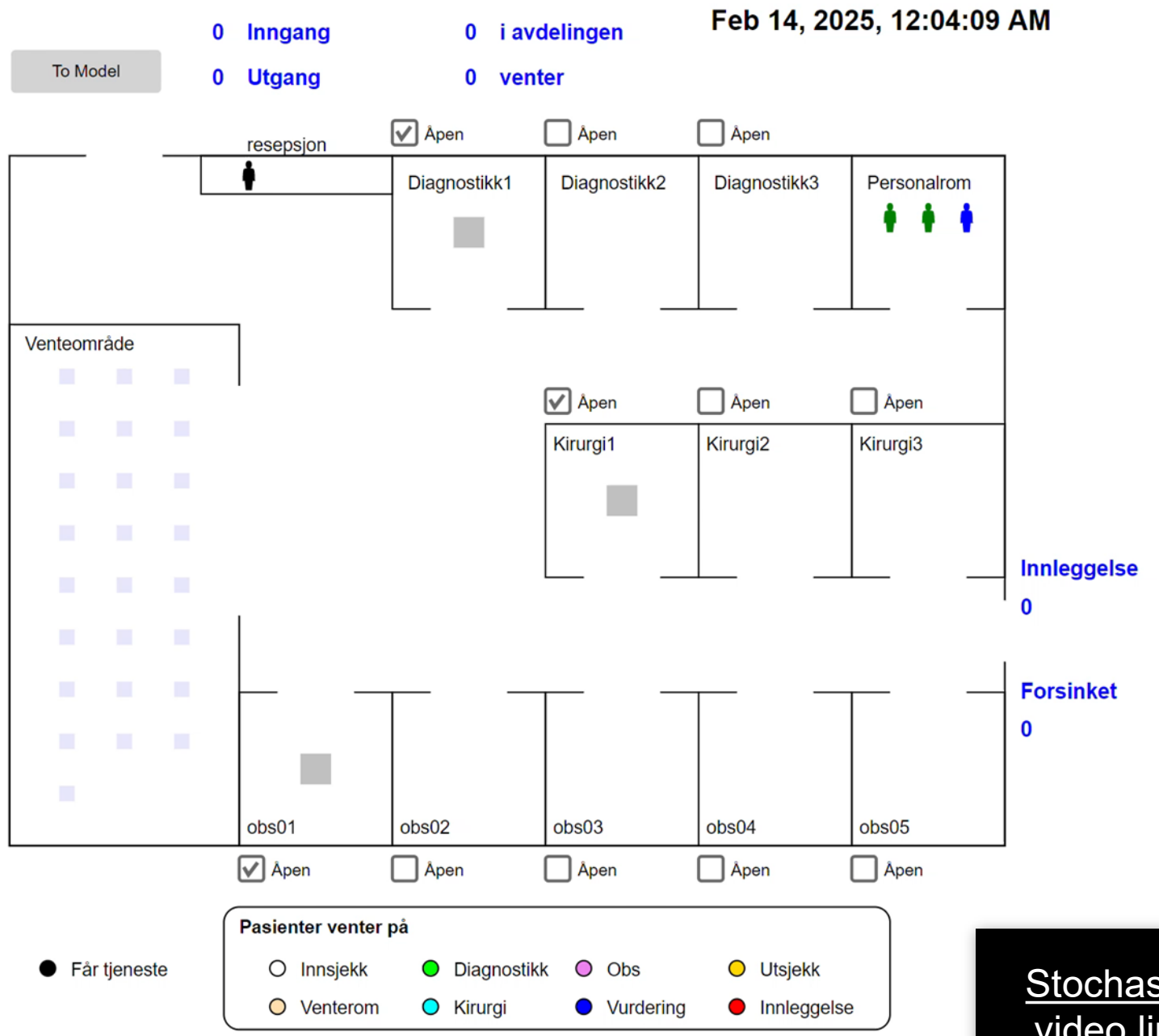
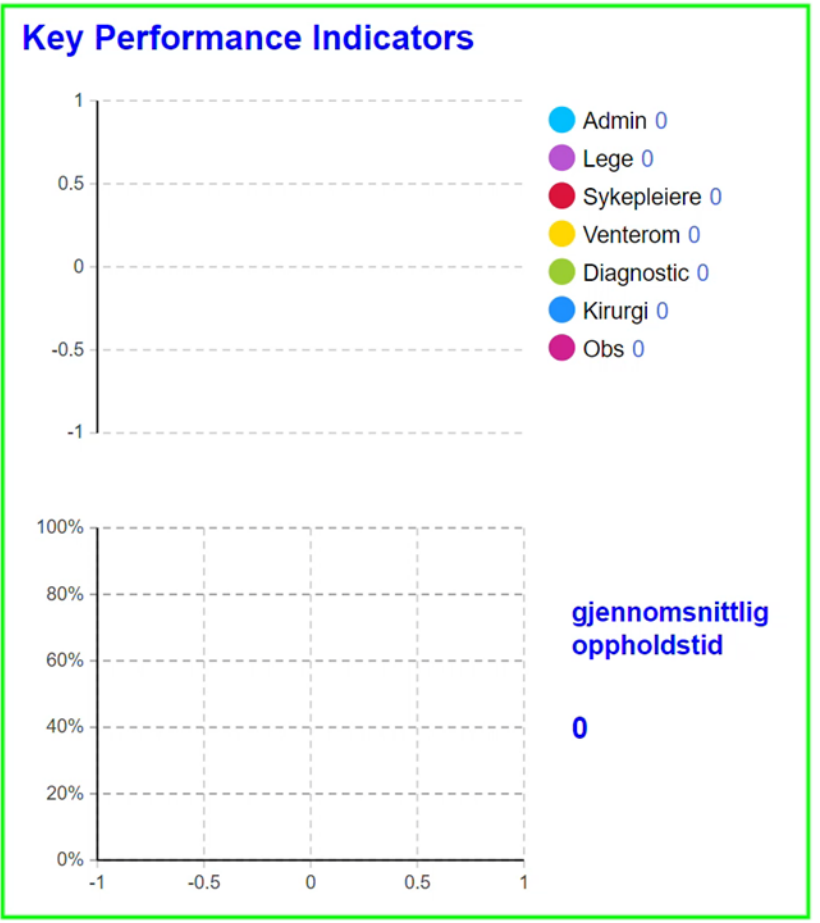
**Tjenestetid**  Fast  Tilfeldig

**Ankomst rate**  Fast  Tilfeldig

**Sannsynlighet**

Innleggelse

Innlesselse forsinkelse



[Stochastic video link](#)

### Beslutningsvariabler

**Ansatte** Lege SPL Admin

**På vakt**

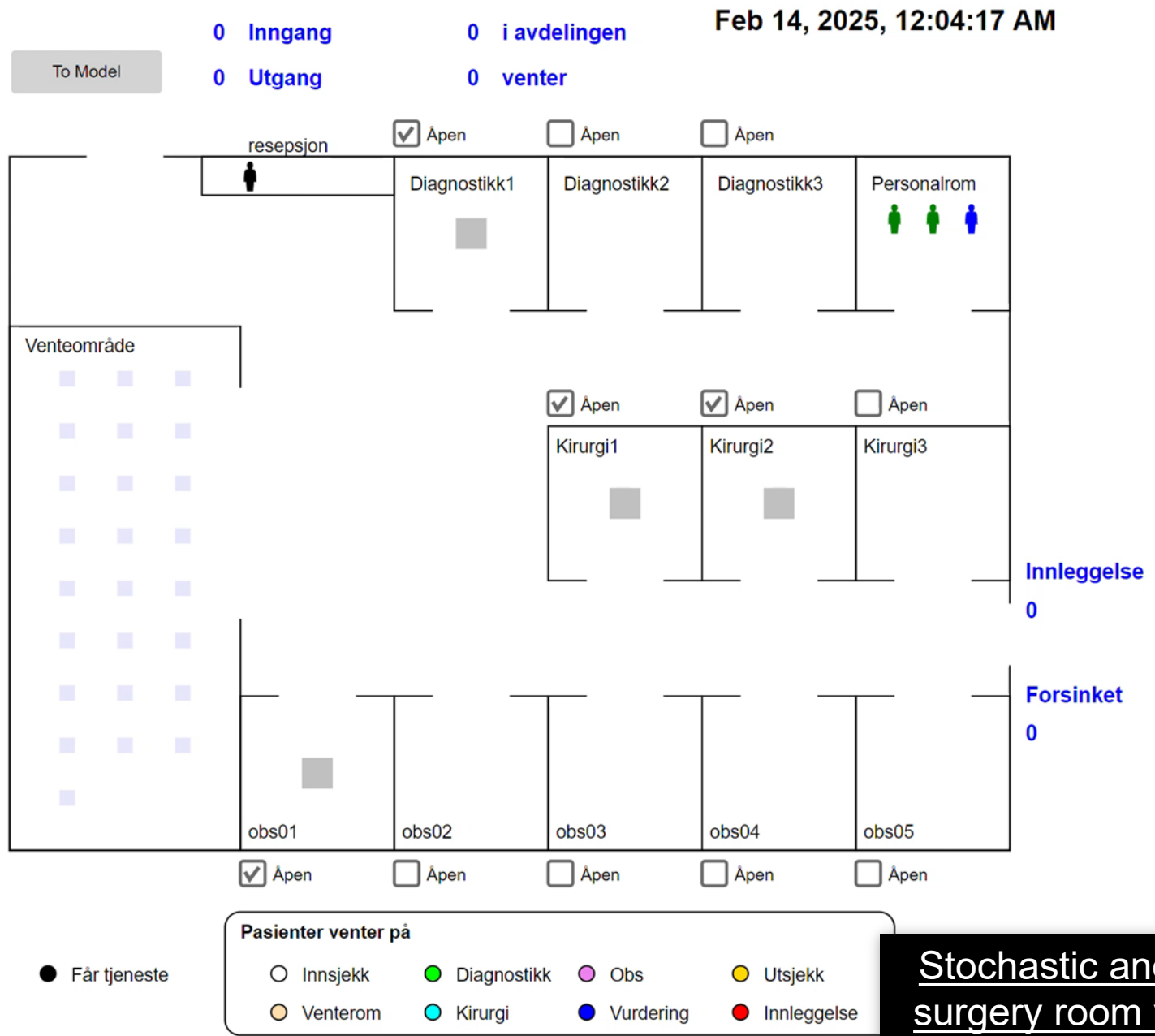
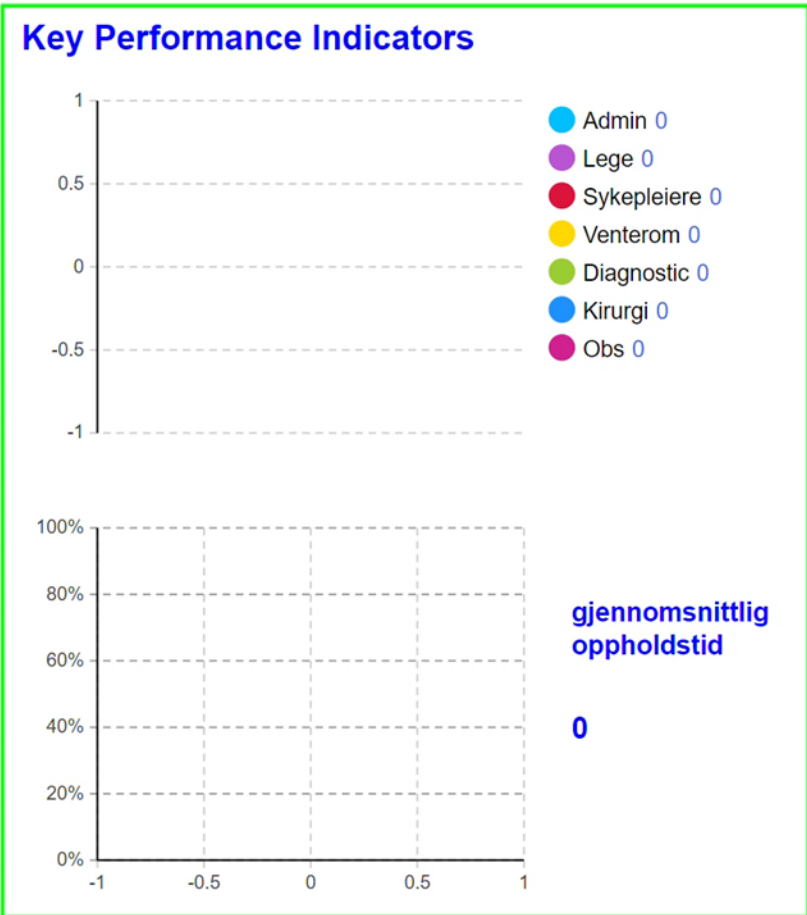
**Tjenestetid**  Fast  Tilfeldig

**Ankomst rate**  Fast  Tilfeldig

**Sannsynlighet**

Innleggelse

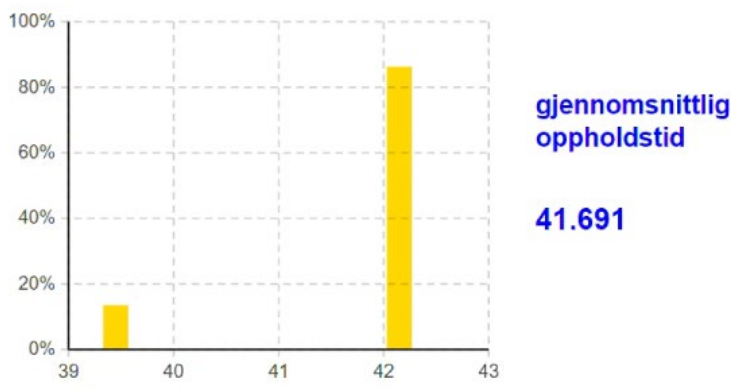
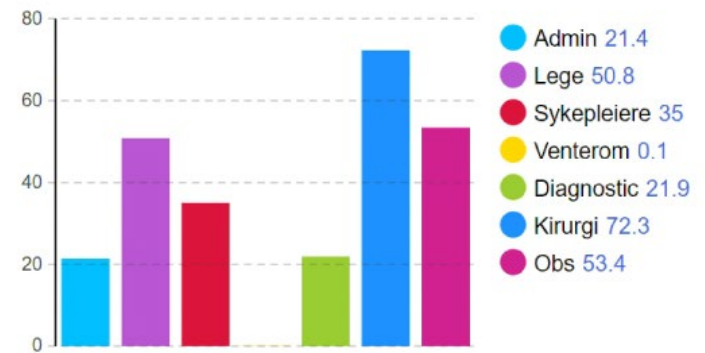
Innlesselse forsinkelse



**[Stochastic another surgery room video link](#)**

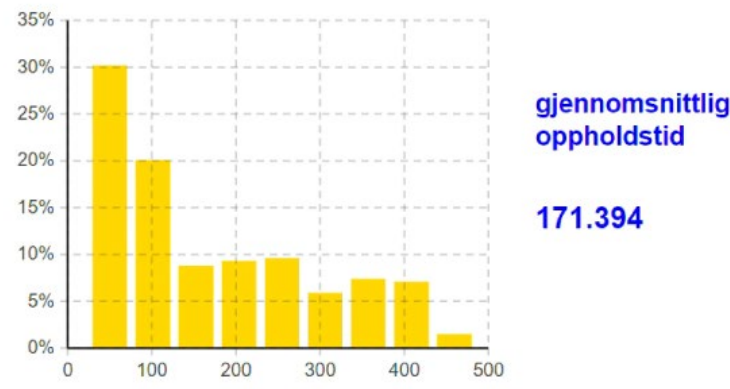
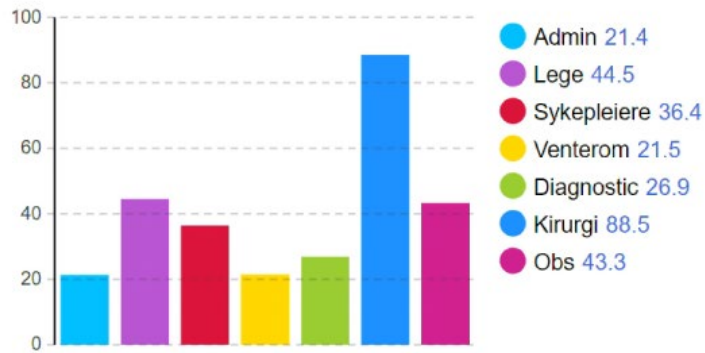
# Deterministisk case

Faste ankomsttider.  
 Faste behandlingsvarigheter.  
 1 rom for kirurgi.



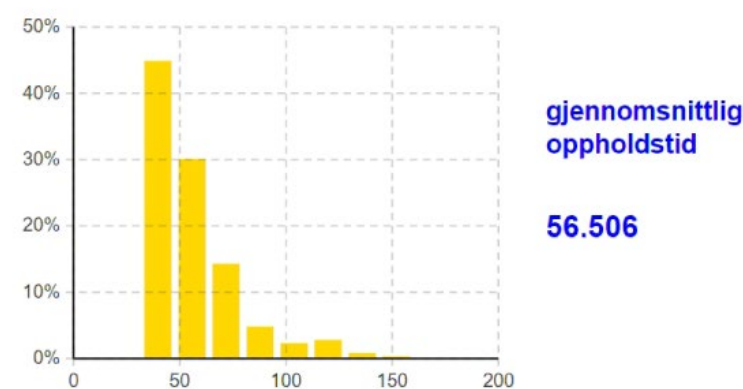
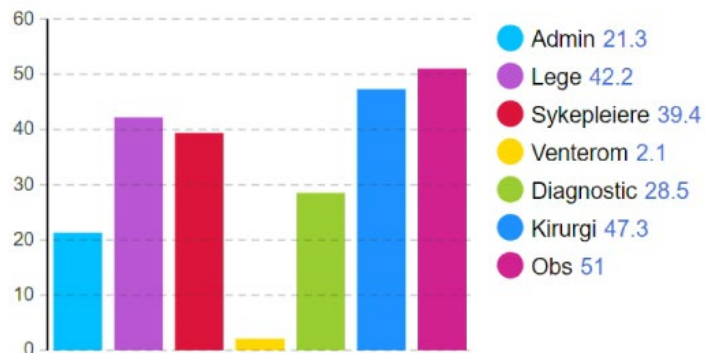
# Stokastisk case

Variierende ankomsttider.  
 Variierende behandlingsvarigheter.  
 1 rom for kirurgi.

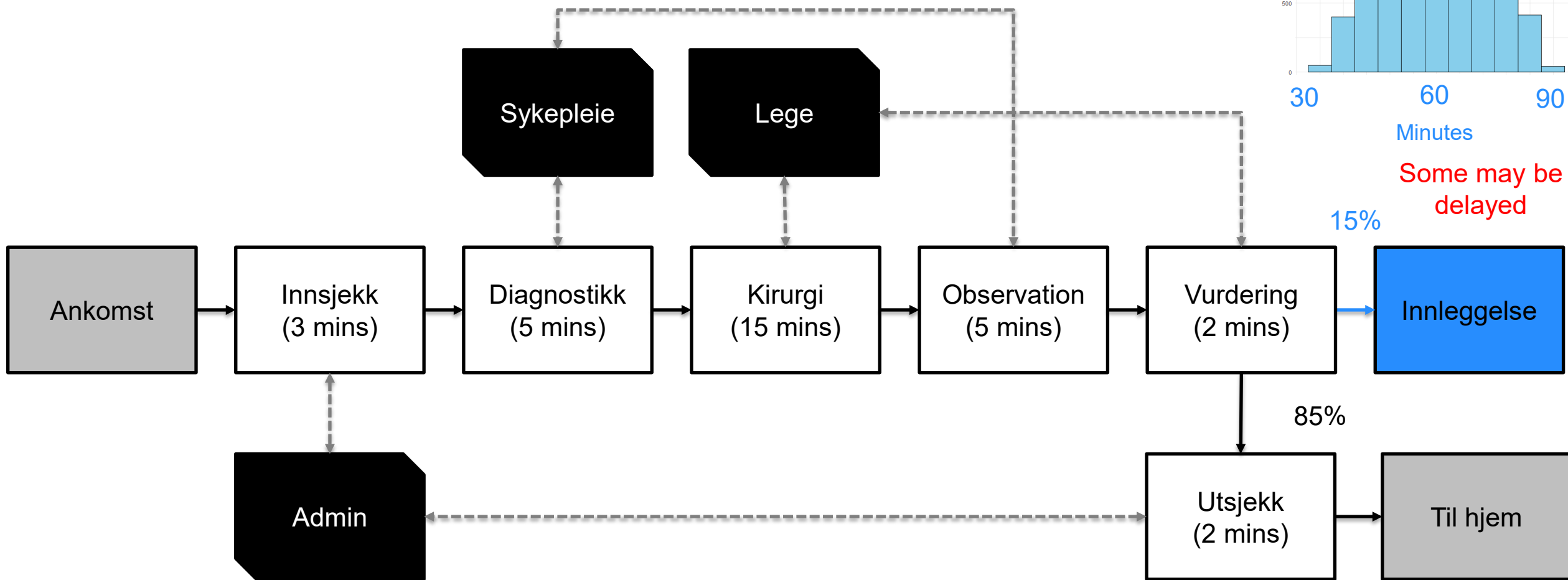
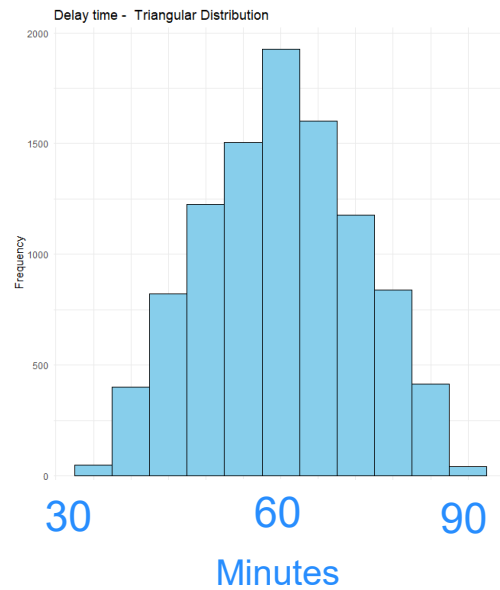


# Stokastisk case

Variierende ankomsttider.  
 Variierende behandlingsvarigheter.  
 2 rom for kirurgi.



# Husk: Pasientflyt



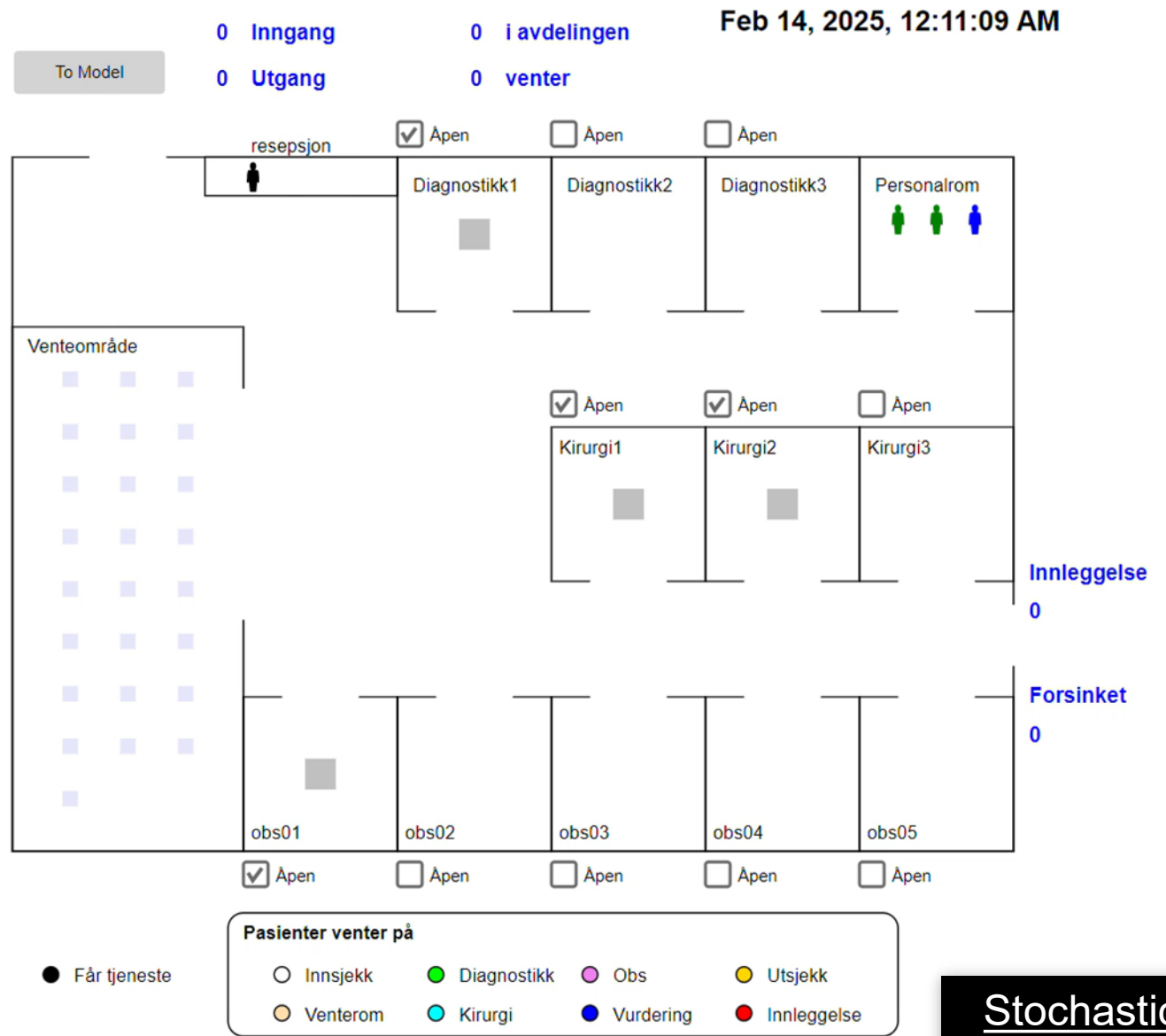
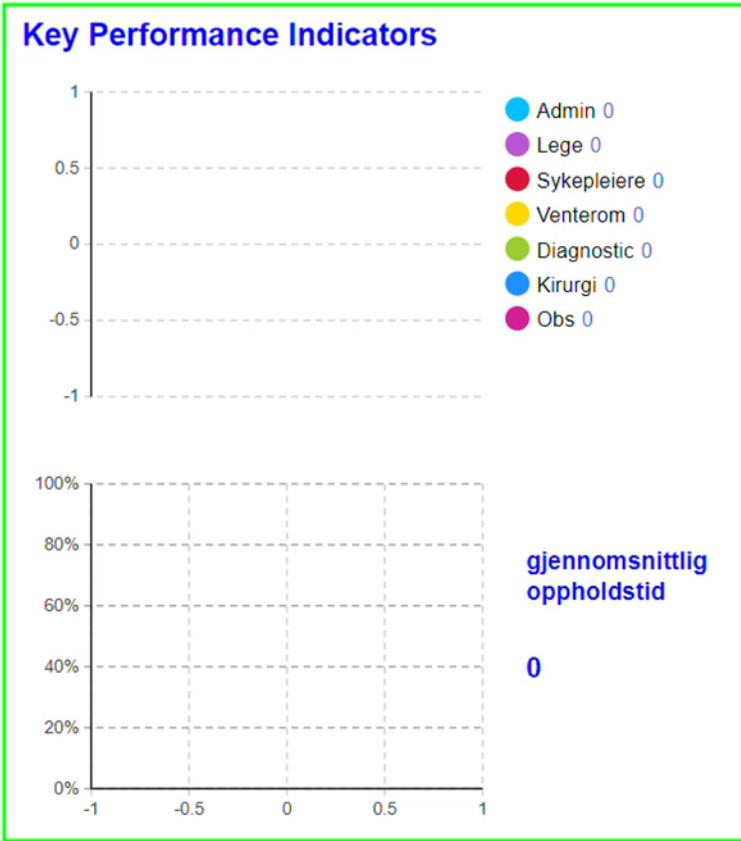
15%  
Some may be delayed

# Pasientforsinket

### Beslutningsvariabler

**Ansatte** Lege SPL Admin  
**På vakt**     
**Tjenestetid**  Fast  Tilfeldig  
**Ankomst rate**  Fast  Tilfeldig

**Sannsynlighet**  
**Innleggelse**   
**Innlesselse forsinkelse**



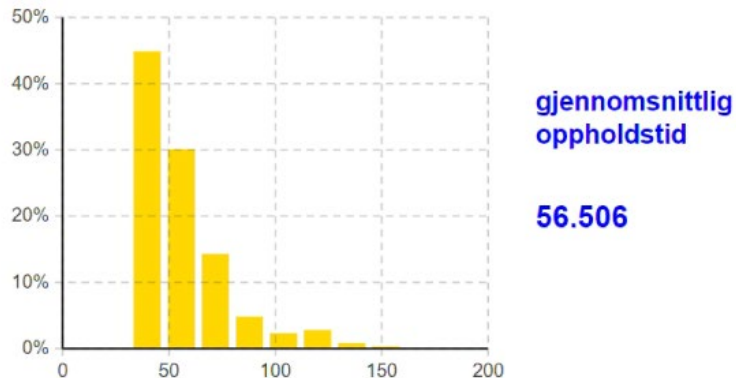
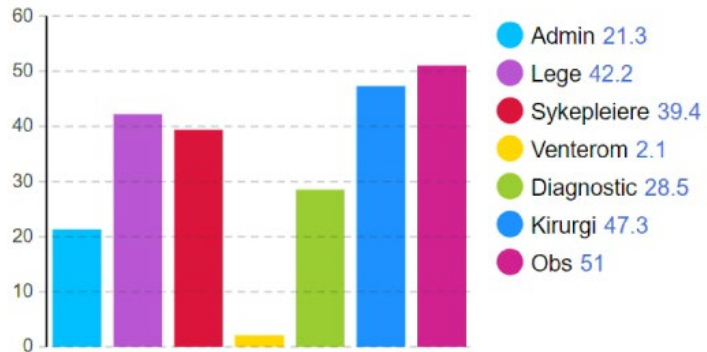
Stochastic another surgery room and lateness video link

# Stokastisk case

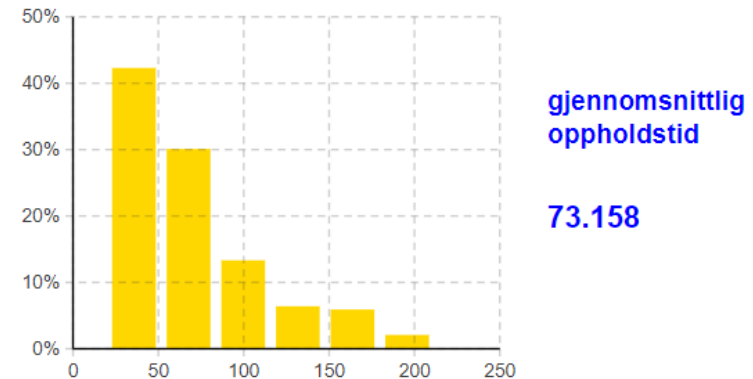
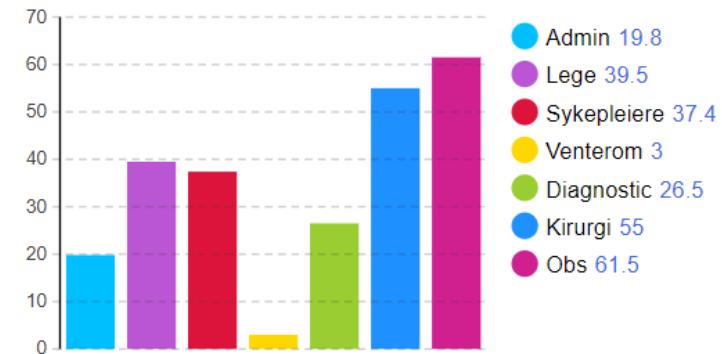
Variierende ankomsttider.

Variierende behandlingsvarigheter.

2 rom for kirurgi.



# ← With a 50% chance of being delayed

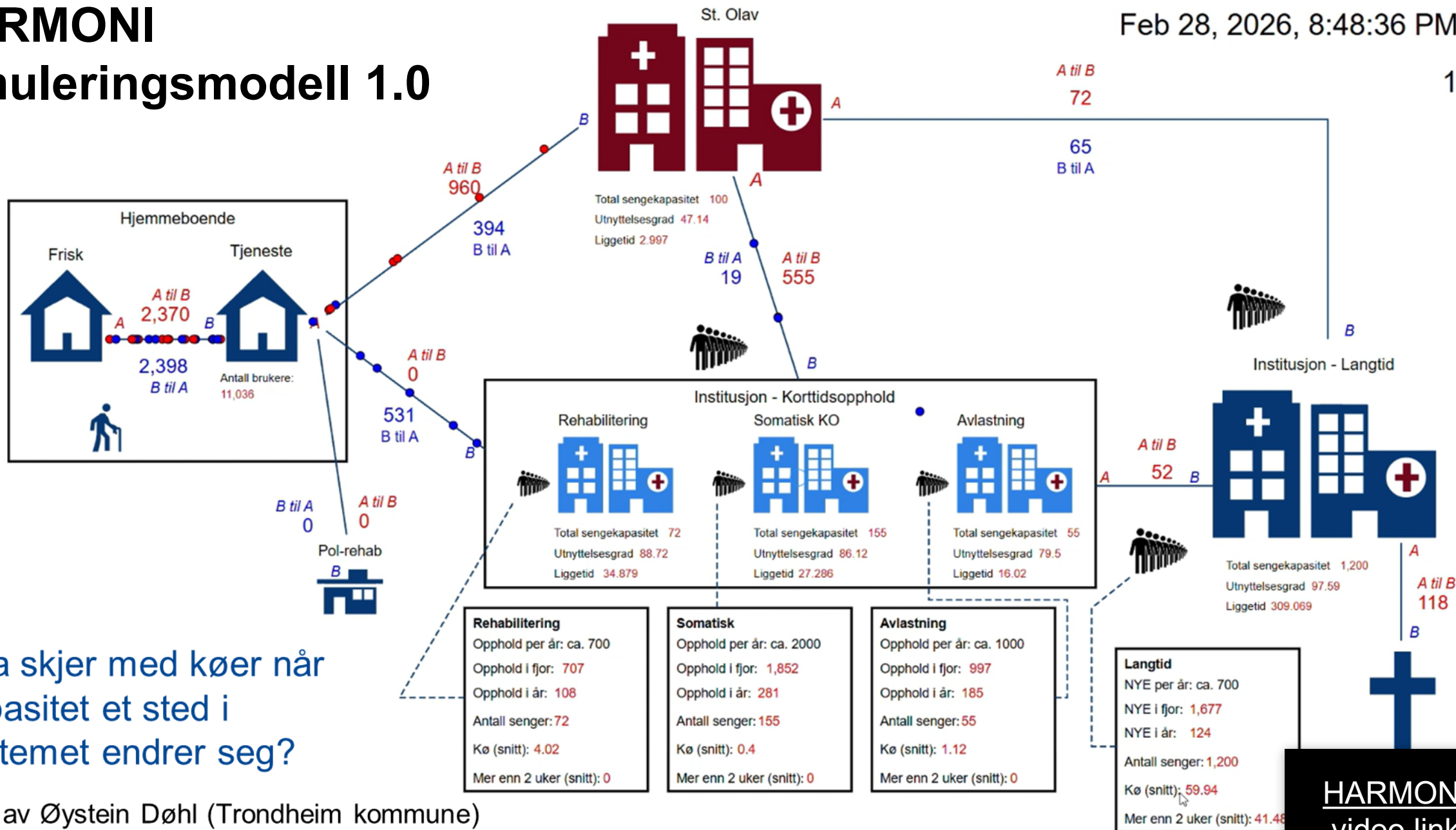


# HARMONI SIMULATION MODELS

# HARMONI simuleringsmodell 1.0

Feb 28, 2026, 8:48:36 PM

1



Hva skjer med køer når kapasitet et sted i systemet endrer seg?

Figur av Øystein Døhl (Trondheim kommune)



**HARMONI**  
video link

The DASHBOARD below shows the current KPI values, we could present them as graphs over time

Not in the model yet  
 helsehus [Proposal page: 1]  
 sykehem [Proposal page: 1]  
 hjemmetjeneste [Proposal page: 1]

# DASHBOARD

To Simulator

To Sim Vis

Jan 6, 2025, 8:59:59 AM

Dashboards row from Table 1  
 [Proposal page 2]

Capacity:

500

1200

72

155

55

50

within 30 days  
 pending-

## Source(s) supporting model components/function

(a) Based on Table 2: Preliminary KPIs [From Proposal]

Waiting Time [Proposal page: 5]

Queue lengths [Proposal pages: 1,2]

Functional level [Proposal page: 1]

Occupancy by patient/user level and resource level [Proposal page: 5]

Length of stay (LOS) [Proposal page: 1]

Injuries - risk of [Proposal page: 1]

Costs? [Proposal page: 3]

How is this defined?  
 How will we define it?

What are the costs?  
 Staff costs? Equipment costs?  
 Penalty costs for missing targets?

Costs only accumulated when service delivered. Not whilst waiting.

Key Performance Indicator (KPI)	Hospital	Long Term	Short Term (ST)	ST - Rehab	ST - Somatic	ST - Relief	OP - Rehab
1 (a) Stay complete - awaiting discharge (NOW)	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2 (a) Stay complete - awaiting discharge (EVER)	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3 (a) Readmissions probability (%)	1.365	NA	NA	NA	NA	NA	NA
4 (a) Waiting time units	hours	weeks	weeks	weeks	weeks	weeks	weeks
5 (a) Average waiting time (Waiting NOW) <sup>b</sup>	5.327	4.903	5.223 <sup>b</sup>	5.183	5.216	5.267	5.192
6 (a) Number waiting (NOW)	571	265	4,142	1,407	1,305	1,430	1,326
7 (a) Functional level - Good (NOW)	137	66	1,033	366	336	331	355
8 (a) Functional level - Moderate (NOW)	282	130	2,048	678	651	719	641
	152	69	1,061	363	318	380	330
10 (a) Average waiting time (Accessed)	1.686	0	0	0	0	0	0
11 (a) Deadline	>4 hours	>6 weeks	>2 weeks	>2 weeks	>2 weeks	>2 weeks	>2 weeks
12 (a) Deadline breach (EVER)	79	0	0	0	0	0	0
13 * Receiving service (NOW)	482	1,197	280	71	155	54	50
14 * Receiving service (EVER)	775	1,200	282	72	155	55	50
15 Utilisation (0-1)	1	1	1	1	1	1	1
16 Average length of stay (LOS) [completed stay]	4.562	0	0	0	0	0	0
17 Average risk of Injuries <sup>c</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>c</sup>	50.25 <sup>c</sup>	49.966 <sup>c</sup>	49.59 <sup>c</sup>	51.184 <sup>c</sup>	49.506 <sup>c</sup>
18 Costs? <sup>d</sup>	11,004 <sup>d</sup>	16,783.333 <sup>d</sup>	2,138 <sup>d</sup>	503.333 <sup>d</sup>	1,347.5 <sup>d</sup>	288 <sup>d</sup>	525 <sup>d</sup>

<sup>b</sup> Calculated on the number of people currently queueing for each service, not waiting times divided by the number of services.

<sup>c</sup> The average of the inverse of the patients functional value (level) which is from 0-100, currently receiving or waiting for this service

<sup>d</sup> Assume an hourly cost when service is being delivered. Currently excludes waiting time.

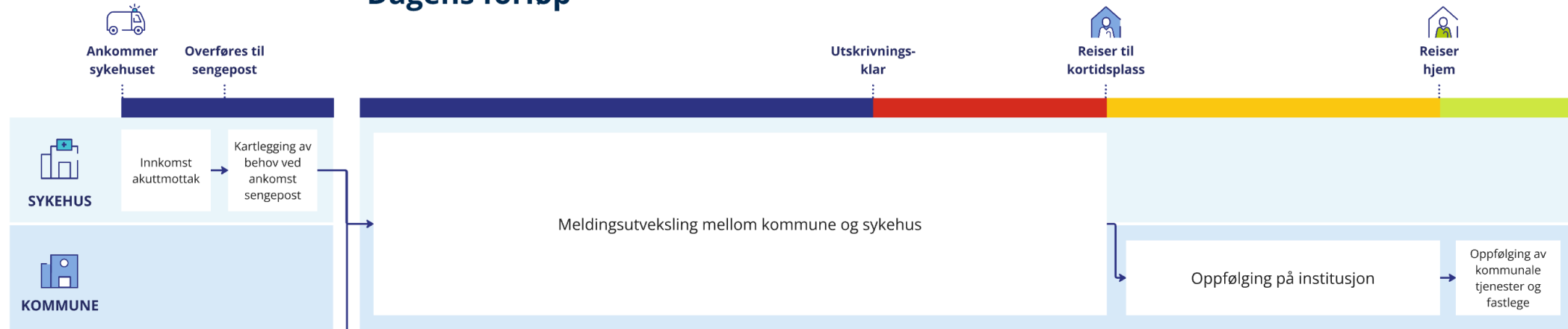
What is/are our objective function(s)?  
 What are we trying to optimise/improve?  
 How do we measure this?

Database row from Table 1  
 [Proposal page 2]

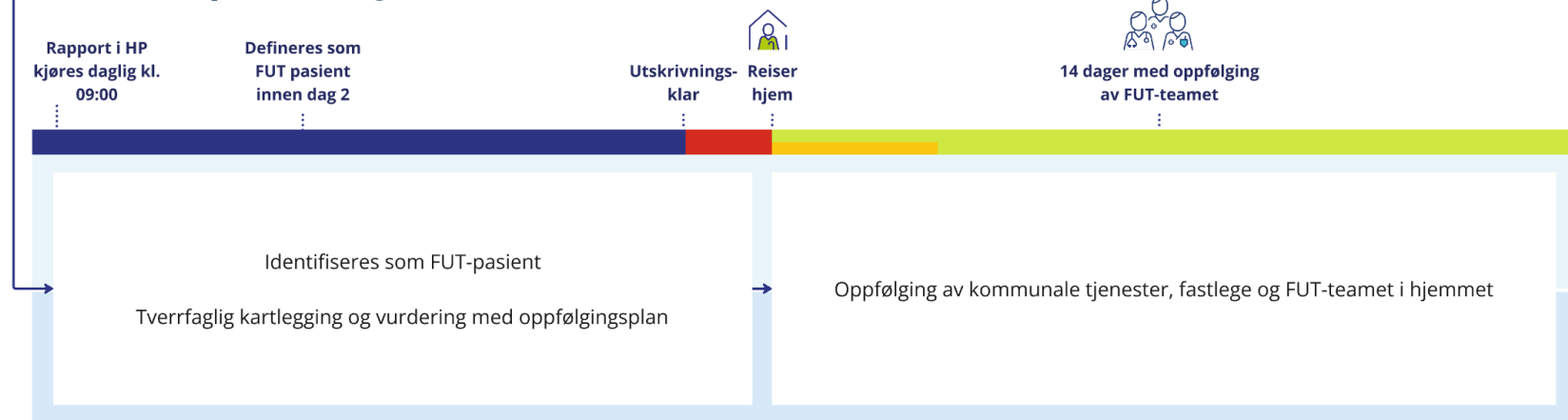
Optimisation algorithms row from Table 1  
 [Proposal page 2]

# Rett Hjem - Forsterket Utskrivningsteam (FUT)

## Dagens forløp



## FUT forløp - Rett hjem





[Rett Hjem video link](#)

# Mulige eksperimenter med modellen(e)

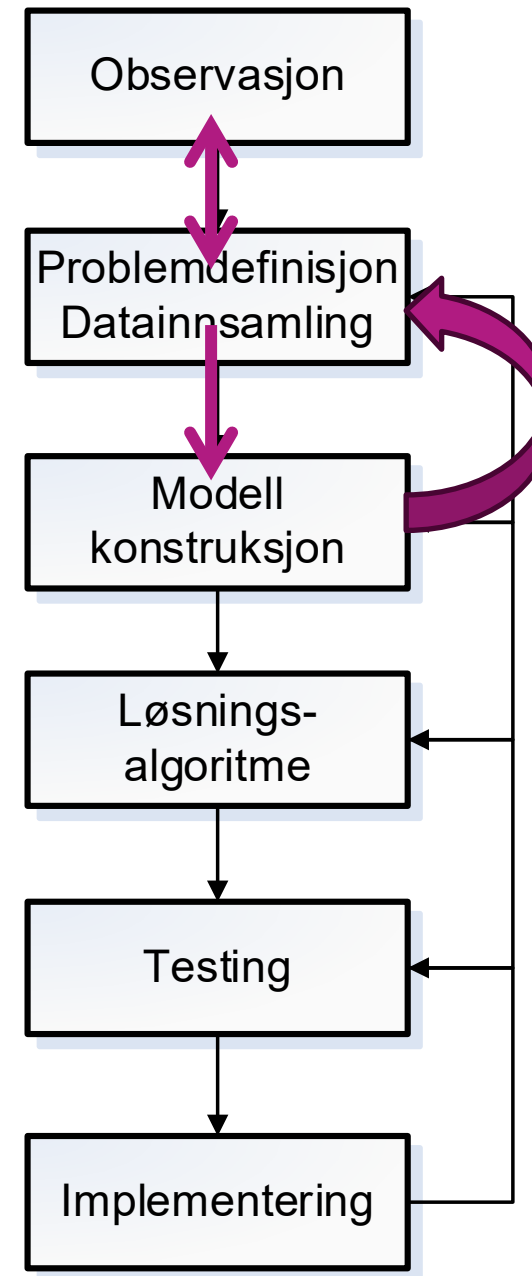
- Endring av kapasiteter:
  - Bemanning
  - Fysisk plass (senger)
  - Utstyr
  - Åpningstider
- Ressursdeling mellom tjenester
- Endringer i pasientforløp (f.eks. FUT – Rett hjem)
- Endring i kommunikasjon/informasjonsflyt (HVK)
- Effekt av “policies”
  - UKP “dagbøter”
  - Tidsfrister i kommunikasjon (meldetidspunkt, epikrisetid)



MÅ PÅ PLASS: Dataene fra Helseplattformen kan være svært verdifulle for forskere, men da er det flere ting som må på plass, skriver Lars Erik Laugsand, Heidi Dreyer, Anders N. Gullhav, Marte Daae-Qvale Holmemo, Ingebrigt Meisingset, Aud Uhlen Obstfelder og Joe Viana. må på plas

## Helseplattformen kan gi sømløse tjenester

Helseplattformen kan gi bedre beslutninger og mer sammenhengende tjenester, men i dag er det for krevende å hente ut dataene som trengs. Uten enklere og tryggere tilgang til forsknings- og forbedringsdata går både utvikling og ressursbruk saktere enn nødvendig.



# Dataoversikt

## Kvantitative

- Helseplattformen
  - Ankomstrater
  - Pasientkarakteristikker
  - Forløp (interaksjon med tjenester)
- Oversikter over bemanning og kapasiteter
- Offentlig statistikk

## Kvalitative

- Workshop - Juni 2024
- ~20 intervjuer
- Workshop – Vår 2025
- Målrettede intervjuer
- Offentlig tilgjengelige rapporter

# Neste steg

- Data fra Helseplattformen: samarbeid med Helseplattformen og superbrukere i kommune og sykehus.
- Validering og videreutvikling av modell(er)
- Bygge dashboard i Helseplattformen

# Ta kontakt for spørsmål

[anders.gullhav@ntnu.no](mailto:anders.gullhav@ntnu.no)

[anders.nordby.gullhav@stolav.no](mailto:anders.nordby.gullhav@stolav.no)

[joe.viana@ntnu.no](mailto:joe.viana@ntnu.no)