



Examensarbete  
ISRN LUTMDN/TMFL-10/5087-SE

# **Införande av *one stop clinic***

## **– en simuleringsstudie på Klinisk kemi, Helsingborgs lasarett**

Victoria Elmander Vanelli  
Maria Larsson

Förpackningslogistik  
Lunds universitet



# Införande av *one stop clinic*

– en simuleringsstudie på Klinisk kemi, Helsingborgs lasarett

© 2011 Victoria Elmander Vanelli & Maria Larsson

Institutionen för designvetenskaper

Avdelningen för förpackningslogistik

Lunds Tekniska Högskola

Lunds Universitet

Sverige

ISRN: LUTMDN/TMFL-10/5087-SE

Tryckt av Media Tryck

Lund, januari 2011

Svensk titel: Införande av *one stop clinic* – en simuleringsstudie på Klinisk kemi, Helsingborgs lasarett

Nyckelord: Händelsestyrd simulering, Statistisk modellering, Modellering av data, Klinisk kemi, *One stop clinic*, AutoMod

Engelsk titel: Introduction of a One Stop Clinic – a Simulation Study at the Division of Clinical Chemistry, Helsingborg Hospital

Keywords: Discrete-event simulation, Statistical modeling, Modeling of data, Clinical Chemistry, One stop clinic, AutoMod

Författare: Victoria Elmander Vanelli

victoriavanelli@gmail.com

Teknisk Fysik LTH

Maria Larsson

mct.larsson@gmail.com

Industriell Ekonomi LTH

Handledare: Universitetslektor Ola Johansson

## Förord

Denna rapport är resultatet av vårt examensarbete där en simuleringsstudie av Klinisk kemi på Helsingborgs lasarett har utförts under hösten 2010. Det är också det avslutande momentet i våra civilingenjörstudier på Lunds Tekniska Högskola.

Ett stort tack riktas till vår handledare på Klinisk kemi, Petter Hannerz, för stor hjälp under projektets gång. Även ett stort tack riktas till övrig berörd personal på Klinisk kemi som tagit sig tid att svara på frågor och varit behjälpliga vid insamling av data. Ett speciellt tack också till Bengt Grundström för all hjälp och engagemang som du har lagt ner.

Självklart vill vi också tacka vår handledare på LTH, Ola Johansson, för hans engagemang att hjälpa oss hitta ett examensarbete och också det stöd han varit under projektets gång.

Lund den 17 januari 2011

Victoria Elmander Vanelli

Maria Larsson

## Läsanvisning

Detta examensarbete vänder sig till läsare med olika bakgrund och intresse. Vi vill därför presentera en läsanvisning som hjälper läsaren att hitta till de delar av rapporten som bör vara särskilt intressanta, och vilka delar läsaren kan ögna igenom. Det är dock vår förhoppning att den engagerade läsaren inte begränsar sig till enstaka kapitel, utan läser rapporten i sin helhet. Sammanfattningen och avsnitt 1 Inledning bör läsas av alla för att få en introduktion till vad studien handlar om.

- **Anställda på Helsingborgs lasarett:** Utöver *Sammanfattning* och 1 *Inledning* rekommenderas avsnitt 3.1 *Simulering* som en introduktion till vad simulering innebär. Avsnitt 3.2 *Simulering inom sjukvården* bör vara av intresse för att läsa om liknande projekt som gjorts. Därefter rekommenderas avsnitt 5.4 *Undersökta förändringar*, 6 *Resultat* 7 *Analys* och 8 *Diskussion med slutsatser*. Avsnitt som kan ögnas igenom är 2 *Metod* och möjligen 5.1 *Konceptuell modell* för att se den modell som vi använt för att representera verkligheten.
- **Studenter och övriga med intresse för simulering** bör rimligtvis vara intresserade av avsnitten 2 *Metod*, 3.1 *Simulering*, 3.3 *Databehandling* och 3.6 *Programvara*. De kan därefter ögna 5.1 *Konceptuell modell* och vid intresse läsa avsnitt 5.2 *Kodning av modell* tillsammans med *Appendix C*. Sedan rekommenderas att de åtminstone ögnar igenom avsnitt 5.3 *Databehandling* och läser 5.4 *Undersökta förändringar* och 6 *Resultat* samt 7 *Analys*.
- **Personer med intresse för förbättringsprojekt inom sjukvården** kan börja med att ögna igenom avsnitt 2 *Metod*, och gärna 3.1 *Simulering* för en introduktion till metoden som använts. Avsnitt 3.2 *Simulering inom sjukvården* rekommenderas starkt och möjligen 3.5 *Diabetes*. Därefter bör avsnitt 4 *Nulägesbeskrivning* läsas och avsnitten 5.4 *Undersökta förändringar*, 6 *Resultat*, 7 *Analys* och 8 *Diskussion*.

## Sammanfattning

Klinisk kemi på Helsingborgs lasarett analyserar prover från sjukhuset, kringliggande vårdcentraler och prover från patienter som kommer till den närliggande provtagningscentralen (PTC). En önskan om att erbjuda ett *one stop clinic*-koncept till ett antal diabetespatienter har växt fram. Det skulle innebära att patienterna kommer för provtagning till PTC och besöker läkaren vid ett och samma tillfälle, i stället för att göra detta separat. I nuläget behövs två besök på lasarettet, med minst ett par dagars mellanrum, eftersom ingen garanti kan ges på hur snabbt proverna kan analyseras. Syftet med den här studien är att ta reda på vilka strukturella förändringar av provernas hanteringssätt som krävs för att möjliggöra detta, samt när i veckan som konceptet är lämpligast att tillämpa. Då det i framtiden kan bli aktuellt att utöka gruppen patienter som kan erbjudas konceptet, undersöks också vilken kapacitet Klinisk kemi har.

Studien är ett simuleringsprojekt; en modell av det verkliga systemet är uppbyggd med simuleringsmjukvaran AutoMod. Data som beskriver systemet har samlats in vid fältstudier, via intervjuer, observationer, mätprotokoll och från databaser. En konceptuell modell har byggts upp som sedan har blivit till en datormodell. Därefter har förändringar gjorts i modellen för att modellera framtida hanteringssätt som Klinisk kemi kan tänkas införa. Modellen har sedan simulerats under en lång tid, med syftet att generera data angående provernas totala svarstid. Experiment som undersöker lämplig veckodag samt kapaciteten har också utförts med hjälp av modellen.

Resultaten pekade mot att Klinisk kemi behöver göra en rad förändringar för att kunna garantera en svarstid på under en timme för den aktuella patientgruppen. Proven bör tas i direkt anslutning till laboratoriet, så att omvägen via PTC avskaffas. Proven bör också sättas på akutställ i analysmaskinen så att dessa prioriteras före andra prover. Om en längre svarstid på cirka 80 minuter kan anses acceptabel klarar de dock av att patienterna tar proven i PTC men att dessa prioriteras före i provmottagningen. De måste dock även i detta fall sättas på de akutprioriterade ställen.

Klinisk kemi har kapacitet att erbjuda konceptet *one stop clinic* till ungefär 45 patienter per dag. Om det skulle komma på fråga att införa konceptet under endast en eller några dagar i veckan, är det ingen stor skillnad på vilken dag som passar bäst. Resultaten tyder dock på att det är något lättare att upprätthålla servicenivån i slutet av veckan.

## Abstract

The division of Clinical Chemistry at Helsingborg Hospital analyses human biological samples from the hospital, adjacent care centres and from patients who take the samples at the neighbouring centre (PTC). The division of Clinical Chemistry has a vision of being able to offer a one stop clinic-concept to a group of patients diagnosed with diabetes. This would mean that the patient could take the necessary samples an hour or so prior to seeing the doctor, as oppose to needing two visits at the hospital; one for the sample taking and one for the visit with the doctor. At present, there is no set time limit for the sample analyses, which means that the visits are planned a few days apart. This study's objective is to establish what changes are needed in order to enable the one stop clinic-concept. In the future, the concept might be expanded to include other patient categories. Hence, the capacity for analysing the patients' samples with a time limit will be investigated, as well as which days are more favourable for the one stop clinic-concept.

The study was done as a simulation project. A model of the real system was built in the simulation software AutoMod. Data concerning the system was collected by thorough field studies, interviews, observations, questionnaires and from computer databases. A conceptual model was built, and was then converted into a computer model, to which modifications were made to model potential changes at the division of Clinical Chemistry. Simulations were then carried out over a long time span, in order to generate data about the total process time of the samples. Experiments investigating the days' suitability for the concept, as well as the capacity, were also done.

Results show that the division of Clinical Chemistry needs to make some changes in order to guarantee that the samples of the topical patient group can be analysed within one hour. The samples need to be taken in proximity to the laboratory, instead of at the PTC. They should also be put in the emergency racks when being analysed in the machine and hence be prioritized. If a longer process time of approximately 80 minutes is considered to be acceptable, fewer changes are necessary. The patients can take the samples at the PTC, but the samples must be prioritized in the receiving area and the emergency racks must be used.

The division of Clinical Chemistry has the capacity to offer the one stop clinic-concept to roughly 45 patients a day. If they were to introduce the concept at only one or a few days a week, there is little evidence that one day is better than the other. The simulations' results indicate only a slightly better performance at the latter days of the week.



## Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund .....	1
1.2	Syfte.....	2
1.3	Frågeställningar .....	2
1.4	Avgränsningar.....	2
1.5	Målgrupp .....	2
2	Metod .....	3
2.1	Inledning.....	3
2.2	Simulering.....	4
2.2.1	När är simulering lämpligt? .....	4
2.2.2	Fördelar med simulering .....	4
2.2.3	Nackdelar med simulering.....	4
2.3	Reliabilitet, validitet och objektivitet .....	5
2.4	Simuleringsstudiens tolv steg.....	6
2.4.1	Delmoment 1: Inför modell .....	6
2.4.2	Delmoment 2: Datormodellens konstruktion .....	7
2.4.3	Delmoment 3: Efter färdig modell.....	9
2.4.4	Delmoment 4: Efter färdig simulering.....	10
2.5	Datainsamling.....	10
2.5.1	Intervjuer.....	10
2.5.2	Observationer.....	11
2.5.3	Mätprotokoll.....	11
2.5.4	Insamling från datasystem .....	12
3	Teori.....	13
3.1	Simulering.....	13
3.1.1	Simuleringsklassificeringar .....	13
3.1.2	Simulerings sätt .....	15

3.2	Simulering inom sjukvården .....	16
3.3	Databehandling .....	19
3.3.1	Undersökning om beroende i datamängd .....	19
3.3.2	Identifiering av teoretisk fördelning.....	20
3.3.3	Utvärdering av anpassad fördelning .....	21
3.4	Teoretiska fördelningar .....	23
3.4.1	Rektangelfördelning .....	23
3.4.2	Triangelfördelning .....	23
3.4.3	Normalfördelning .....	24
3.4.4	Lognormalfördelning .....	25
3.4.5	Exponentialfördelning .....	26
3.5	Diabetes.....	27
3.5.1	Behandling och vård .....	27
3.5.2	HbA1c .....	28
3.6	Programvara .....	28
3.6.1	QlikView.....	28
3.6.2	AutoMod.....	29
4	Nulägesbeskrivning .....	31
4.1	Prover och analyser .....	31
4.2	Inflöde till Klinisk kemi.....	31
4.3	Provmottagningen.....	33
4.4	Laboratoriet.....	33
4.4.1	Stationerna för allmänkemi 1 och 2 samt HbA1c.....	34
4.4.2	Övriga stationer .....	35
5	Modellbeskrivning och presentation av data.....	37
5.1	Konceptuell modell.....	37
5.1.1	Provmottagningen.....	37

5.1.2	Laboratoriet.....	39
5.2	Kodning av modell.....	39
5.3	Databehandling.....	41
5.3.1	Inflöde av prover.....	42
5.3.2	I provmottagningen.....	46
5.3.3	Hämtning av prover till laboratoriet.....	47
5.3.4	I laboratoriet.....	48
5.4	Undersökta förändringar.....	50
5.4.1	Scenario 0.....	50
5.4.2	Scenario 1.....	51
5.4.3	Scenario 2.....	51
5.4.4	Scenario 3.....	51
5.4.5	Scenario 4.....	51
5.4.6	Experiment med veckodagar.....	51
5.4.7	Experiment med prioriteringsgruppens storlek.....	51
5.4.8	Simuleringslängd.....	51
5.4.9	Nyckeltal.....	52
6	Resultat.....	53
6.1	Scenario 0.....	53
6.2	Scenario 1.....	53
6.3	Scenario 2.....	54
6.4	Scenario 3.....	55
6.5	Scenario 4.....	56
6.6	Experiment med veckodagarna för scenario 2, 3 och 4.....	57
6.7	Experiment med prioriteringsgruppens storlek för scenario 4.....	58
7	Analys.....	59
7.1	Scenarier.....	59

7.1.1	Prioriteringspatienter .....	59
7.1.2	Övriga prover .....	61
7.2	Experiment med veckodagarna för scenario 2, 3 och 4 .....	63
7.2.1	Experiment med veckodagarna för scenario 2 .....	63
7.2.2	Experiment med veckodagarna för scenario 3 .....	64
7.2.3	Experiment med veckodagarna för scenario 4 .....	65
7.3	Experiment med prioriteringsgruppens storlek för scenario 4 .....	66
8	Diskussion med slutsatser .....	69
9	Källförteckning .....	71
9.1	Litteratur .....	71
9.2	Artiklar .....	72
9.3	Elektroniska källor .....	72
9.4	Muntliga källor .....	74
9.5	Föreläsningar .....	74
9.6	Bildkällor .....	74
Appendix A	.....	i
Appendix B	.....	iii
Appendix C	.....	iv

# 1 Inledning

---

I detta inledande kapitel ges en bakgrund till problemet som behandlas i den här simuleringsstudien. Därefter presenteras studiens syfte samt de frågeställningar som ska besvaras för att uppnå syftet. De avgränsningar som gjorts beskrivs också, och likaså till vem den här studien vänder sig till.

---

## 1.1 Bakgrund

Sjukvården behöver förändras för att bli mer effektiv, men förändrade hanteringsätt kan skapa oro hos inblandade och i vissa fall därför undvikas. Därför kan grundliga studier som visar på en förändrings effektivitet innan själva förändringsarbetet vara av stort värde. Simulering av systemet med påtänkta förändringar kan användas till just detta syfte.

I flera studier<sup>1 2 3</sup> nämns att simulering kan vara ett bra analysverktyg att använda inom sjukvården. Ofta är det svårt att utföra experiment i verkligheten som innebär att köpa dyra analysmaskiner eller ändra på indata som handlar om till exempel patienter<sup>4</sup>.

Begreppet *lean* tillämpas allt mer inom sjukvården. Det är en filosofi om hur arbetet ska organiseras och resurserna utnyttjas. Grundtanken är att allt slöseri ska elimineras, endast värdeadderande aktiviteter för kunden ska utföras och utföras vid rätt tidpunkt.<sup>5</sup> Inom sjukvården innebär det att aktiviteter som ger mervärde för patienten ska utföras och det vid rätt tillfälle, för att åstadkomma bra vård och undvika onödig väntetid<sup>6</sup>. *One stop clinic* är en del av arbetet med *lean* och innebär att patienten ska kunna ta prov, få provsvar och vård vid ett och samma tillfälle<sup>7</sup>.

Klinisk kemi på Helsingborgs Lasarett är en del av Labmedicin Skåne. Det är en egen instans som utför laborationsanalyser för både den kommunala och den privata sjukvården.<sup>8</sup> Upptagningsområdet är nordvästra Skåne, där sjukhusen i Helsingborg och Ängelholm ingår samt vårdcentraler i denna region. I dag utförs cirka 1,5 miljoner analyser årligen.<sup>9</sup> Det finns en önskan om att kunna erbjuda diabetespatienter en möjlighet till *one stop clinic* på lasarettet. Försök att ändra hanteringsätt för att tillgodose denna önskan har tidigare utförts, men i en kontrollerad miljö och i liten skala. På grund av behovet av att konstant kunna analysera livsviktiga prover på laboratoriet, är experiment med omstruktureringar svåra att genomföra. Därför har intresset av att använda simulering som ett verktyg för att undersöka möjligheterna växt fram.

---

<sup>1</sup> Jun, J. B. et al. (1999), Application of Discrete-Event Simulation in Health Care Clinics: A Survey. *Journal of the Operational Research Society*, 50(2). s. 109-123

<sup>2</sup> Proctor, T. (1996), Simulation in hospitals. *Health Manpower Management*, 22(5). s. 657-661

<sup>3</sup> Fone, D. et al. (2003), Systematic Review of the Use and Value of Computer Simulation Modeling in Population Health and Health Care Delivery. *Journal of Public Health*, 25(4). s. 325-335

<sup>4</sup> Law, A. D. & Kelton, W. D. (2000), *Simulation Modeling and Analysis*. s. 4-5

<sup>5</sup> Chalise, R. W. (2005), *Stop Rising the Healthcare Costs Using Toyota Lean Production Methods*. s. 15-16

<sup>6</sup> Ibid. s. 34

<sup>7</sup> Borgström, A. (2010) Snabb hjälp med "one stop clinic". *Läkartidningen*. Vol. 15 s. 964-967

<sup>8</sup> [www.skane.se/labmedicin](http://www.skane.se/labmedicin) Om oss

<sup>9</sup> [www.helsingborgslasarett.se](http://www.helsingborgslasarett.se) Patienter och närstående/Enheter och mottagningar/Klinisk kemi

Mer specifikt är det för Klinisk kemi avgörande att känna till laboratoriets kapacitet vid olika hanteringssätt för att veta om det är möjligt att erbjuda tjänsten till diabetesgruppen, samt eventuella andra patientgrupper i framtiden. I och med *one stop clinic*-konceptet är det inte bara viktigt att kunna erbjuda tjänsten, utan också att kunna garantera att en viss servicenivå kan hållas. För att Klinisk kemi ska införa det nya konceptet ska de aktuella patienternas prover garanteras en total svarstid på mindre än en timme. Det är för att det ur patientens synvinkel ska vara en attraktiv lösning att ta sina prover och genomföra sitt läkarbesök vid ett och samma tillfälle.

## 1.2 Syfte

Denna studie ämnar att, med hjälp av simuleringsverktyget AutoMod, ta reda på om Klinisk kemi på Helsingborgs lasarett kan leverera analys svar till en grupp diabetespatienter inom en timmes tid, och i så fall hur stor denna grupp kan vara, samt vilka strukturella förändringar som då behöver genomföras.

## 1.3 Frågeställningar

Frågeställningar som examensarbetarna ska besvara, i ett led till att uppnå studiens syfte är som följer:

- Hur stor andel av den tilltänkta diabetespatientgruppens prov kan analyseras inom en timme vid olika hanteringssätt och förutsättningar?
- Vilket av de olika strukturella förändringarna kan bäst garantera ett snabbt svar?
- Vilken dag är bäst för att ta emot den prioriterade gruppen?
- Hur stort antal kan ingå i den prioriterade gruppen?
- Är simulering av ett system som i Klinisk kemi möjlig?

## 1.4 Avgränsningar

Projektet avser att undersöka huruvida konceptet *one stop clinic* kan genomföras för en specifik patientgrupp. Det är patienter med diabetes typ 1 eller svårbehandlad typ 2 som kommer till Helsingborgs lasarett för provtagning via provtagningscentralen inför ett läkarbesök. I nuläget är konceptet aktuellt för ungefär tio patienter per dag.

Studien behandlar de prover och de processer som sker i provmottagningen samt stationerna för allmänkemi och HbA1c i laboratoriet.

Studien täcker endast skedet från det att patienten tar provet i provtagningscentralen tills att provernas svar finns i sjukhusets datorsystem. Frågor som rör patienterna, som inbokning av läkarbesök, och implementering av diskuterade förändringar ligger utanför ramen för projektet.

## 1.5 Målgrupp

Denna studie är riktad till studenter och handledare på Lunds Tekniska Högskola, personal på Klinisk kemi på Helsingborgs lasarett samt övriga med intresse för simulering och dess användning inom sjukvården.

## 2 Metod

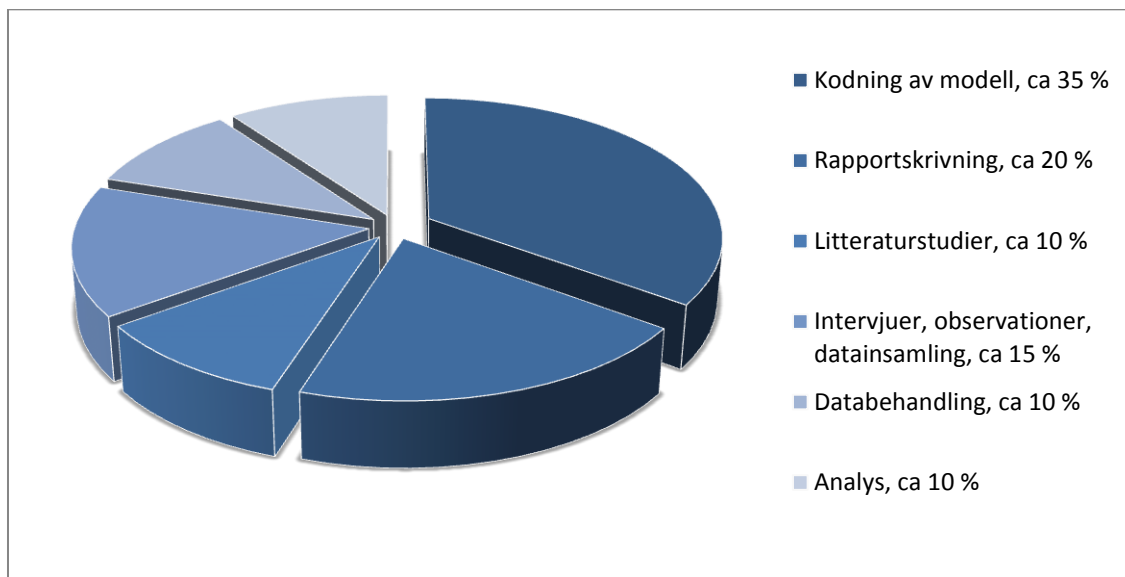
---

I detta kapitel beskrivs studiens metod. Tillvägagångssätt beskrivs och fördelar och nackdelar med metoderna diskuteras.

---

### 2.1 Inledning

Denna studie är en simuleringsstudie. Det är ett slags experiment, och en konstgjord "miniverklighet" har byggts upp, där man kan variera olika variabler i systemet för att se hur utdata då förändras. Fördelar med en sådan studie är att variablerna som kan tänkas påverka systemet kan kontrolleras, samt att möjligheten till upprepningar av experiment är stor. Nackdelar är att det är tidskrävande att skapa modellen samt att det kan vara svårt att fullt ut spegla komplexiteten i verkligheten.<sup>10</sup> Metodiken som använts, och ungefärlig tid av den totala arbetstiden respektive moment har tagit, visas i Figur 1. Mest tid har kodning av modell tagit; detta beskrivs mer utförligt senare i kapitlet. Kontinuerligt under hela projektets gång har litteraturstudier och rapportskrivning utförts. Som hjälp vid utformningen av rapporten har manualen "Att dokumentera en undersökning i en uppsats"<sup>11</sup>, samt "Anvisningar och mall för tekniska rapporter och examensarbeten"<sup>12</sup> använts. De har även gett praktiska tips vid litteraturstudierna. Intervjuer, observationer och datainsamling behandlas sist i kapitlet. Databehandlingen består utav att utföra en rad moment, vilka bör förklaras mer ingående. Detta återfinns därför under teorikapitlet. Hur utformningen av experimenten har gått till beskrivs i kapitlet Modellbeskrivning och presentation av data.



Figur 1. Diagrammet visar arbetets delmoment och deras ungefärliga procentuella tidsåtgång.

Innan vi närmare går in på tillvägagångssättet för simuleringsstudien presenteras vilken typ av simulering som använts, samt vilka för- och nackdelar en simuleringsstudie kan innebära.

<sup>10</sup> Björklund, M. & Paulsson, U. (2003), *Seminarieboken*. s. 69

<sup>11</sup> Lundin, M. (2009), *Att dokumentera en undersökning i en uppsats*.

<sup>12</sup> Institutionen för informationsteknologi och medier (ITM). (2007), *Anvisningar och mall för tekniska rapporter och examensarbeten*.

## 2.2 Simulering

Modellen i den här studien är dynamisk, stokastisk och diskret, och körs i en händelsestyrd simulering. Vad det innebär beskrivs i teorikapitlet.

### 2.2.1 När är simulering lämpligt?

Simulering är ett modelleringsverktyg som använder sig av modellexperiment för att lösa ett specificerat problem. Därför är simulering lämpligt när komplexa system ska studeras, som varken går att lösa analytiskt eller kan undersökas i verkligheten.<sup>13</sup> Att problemet inte går att lösa analytiskt kan dels bero på att systemet som studeras är stokastiskt och vid en analytisk studie kan endast medelvärdet av simuleringen beräknas, vilket kanske inte är vad som efterfrågas och dels kan det vara på grund av att ett beräkningsproblem är för komplext för att lösa med en matematisk modell.<sup>14</sup>

### 2.2.2 Fördelar med simulering

I en simuleringsmodell är det möjligt att studera hur ett system verkar över tiden och därmed följa ett förlopp, till skillnad från en analytisk modell som bara kan ange ett slutresultat. Med en simulering är det också möjligt att studera ett system under en längre tid på en komprimerad tid. På så sätt kan inverkan av en förändring efter en längre tid förutspås och resultatet kan användas som beslutsunderlag vid en större investering eller förändring.<sup>15</sup>

Det är också möjligt att vid en simulering studera hur plötsliga och slumpmässiga händelser inverkar på systemet. Här behöver en stokastisk variabel inte ersättas med ett fixt värde, vilket krävs i en analytisk modell.<sup>16</sup> I ett komplext system är det även vanligt att stokastiska variabler samverkar och hur de samverkar går att studera i en simuleringsmodell. I en analytisk modell är det dock svårt att ta hänsyn till samverkan.<sup>17</sup>

I de flesta simuleringsprogrammen är det möjligt att göra en animering av simuleringen, där händelserna i modellen visualiseras. Detta gör det möjligt för personer som inte är så bekanta med simuleringsverktyget och dess modell att förstå resultatet, samt öka modellens trovärdighet.<sup>18</sup>

En annan fördel med simulering jämfört med att utföra experimentella försök i verkligheten, är att det kan vara extremt kostsamt och i vissa fall omöjligt att utföra dem i verkligheten. Försök i verkligheten har också ofta låg repeterbarhet; varje försök i sig kan vara kostsamt. En simuleringsmodells styrka är att när den väl är färdigkonstruerad kan den enkelt köras många gånger, eftersom alla parametrar i modellen är kända. Eftersom simuleringen kan köras flera gånger, ökar den statistiska trovärdigheten av resultatet och dess robusthet.<sup>19</sup>

### 2.2.3 Nackdelar med simulering

En nackdel med simulering är att om modellen inte har tillräckligt med indata eller att den inte är representativ för systemet den ska simulera, spelar det ingen roll hur bra modellen är byggd; om indata inte är riktig går det heller inte att förvänta sig att utdata från modellen är riktig.

---

<sup>13</sup> Lewis, P. A. W. & Orav, E. J. (1989), *Simulation Methodology for Statisticians, Operations Analysts, and Engineers Volume 1*. s. 9-10

<sup>14</sup> Law, A. D. & Kelton, W. D. (2000), *Simulation Modeling and Analysis*. s. 1-6

<sup>15</sup> Chung, C. A. (2004), *Simulation Modeling Handbook, A Practical Approach*. Kap. 1.4-1.5

<sup>16</sup> Ibid.

<sup>17</sup> Laguna, M. & Marklund, J. (2005), *Business Process Modeling, Simulation and Design*. s. 225

<sup>18</sup> Chung, C. A. (2004), *Simulation Modeling Handbook, A Practical Approach*. Kap. 1.5

<sup>19</sup> Ibid. Kap. 1.4-1.5



Datainsamling är oftast det mest kritiska i modellbyggandet, momentet kan vara både svårt och tidskrävande.<sup>20</sup>

Simuleringsmodellen är en förenkling av ett system. Om för mycket förenklingar behöver göras är risken att resultatet av simuleringen blir oanvändbart. Modellen har en begränsning i hur den kan återge systemet<sup>21</sup>, den kan kanske besvara frågor men inte de frågor som svarar för problemet. Det är viktigt att detaljnivån på modellen stämmer överens med den data som finns tillgänglig. En för detaljerad modell kan också leda till att fel resultat erhålles.<sup>22</sup>

Komplexa system som simuleras ger sällan enkla svar; komplexa problem ger komplexa svar. Om ett system består utav flera parametrar, som i sin tur påverkar varandra, kan en bra väg att gå vara att studera dem var för sig. Förenklingar kan krävas av denna anledning också, då arbetet kan vara mycket tidskrävande, men det gäller att kunna identifiera de kritiska faktorerna i modellen. Förenklas dessa bort, kan det vara svårt att dra några slutsatser från simuleringen alls. De resultat som fås från en simulering kan också vara svåra att tyda. Resultaten som erhålls är ofta omfattande och statistikkunskaper krävs för att kunna analysera och sammanställa dem, för att slutligen kunna dra slutsatser utifrån dem.<sup>23</sup>

En simuleringsmodell är ofta mycket kostsam att bygga upp, i både tid och pengar. Dels är licensen för programvaran som används ofta mycket dyr och ofta krävs också specialistkunskap i programmet, varför tjänsten behöver köpas in. Dels kan modellen ta tid att bygga; Till en början kan systemet uppfattas relativt simpelt, men ju mer det studeras desto mer komplext inses systemet vara att modellera. Det kräver mer antaganden och förenklingar än vad som förutspåddes, vilket är tidskrävande men det innebär också en risk för att modellen blir oanvändbar.<sup>24</sup>

### 2.3 Reliabilitet, validitet och objektivitet

De tre begreppen reliabilitet, validitet och objektivitet kan ses som mått på en studies trovärdighet. Man ska sträva mot att uppnå så höga nivåer som möjligt, men det måste vägas mot resursåtgången.<sup>25</sup> Reliabiliteten anger tillförlitligheten av en mätmetod, alltså sannolikheten att resultatet kommer bli samma varje gång man mäter. Med validitet avses att studien verkligen mäter eller undersöker det som avses.<sup>26</sup> Objektivitet är i vilken utsträckning som värderingar påverkar studien<sup>27</sup>.

Då en simuleringsstudie innebär att många parametrar måste skattas, samt att modelleringen kan göras på flera alternativa sätt, anses reliabiliteten i denna studie vara moderat. Många avvägningar och antaganden var tvungna att göras och examensarbetarna är medvetna om risken att detta kan påverka studiens resultat. Det är troligt att andra utförare av en liknande studie skulle kunna få andra resultat. Validiteten kan däremot anses vara hög. Modellen är validerad enligt de kriterier som beskrivs nedan, och de scenarier som undersöks är direkt kopplade till studiens mål. Objektiviteten

---

<sup>20</sup> Chung, C. A. (2004), *Simulation Modeling Handbook, A Practical Approach*. Kap. 1.6.1

<sup>21</sup> Ibid. Kap. 1.7.2

<sup>22</sup> Law, A. D. & Kelton, W. D. (2000), *Simulation Modeling and Analysis*. s. 264-269

<sup>23</sup> Chung, C. A. (2004), *Simulation Modeling Handbook, A Practical Approach*. Kap. . 1.6.2, 1.7.3

<sup>24</sup> Ibid. Kap. 1.7.1-1.7.2

<sup>25</sup> Björklund, M. & Paulsson, U. (2003), *Seminarieboken*. s. 59-60

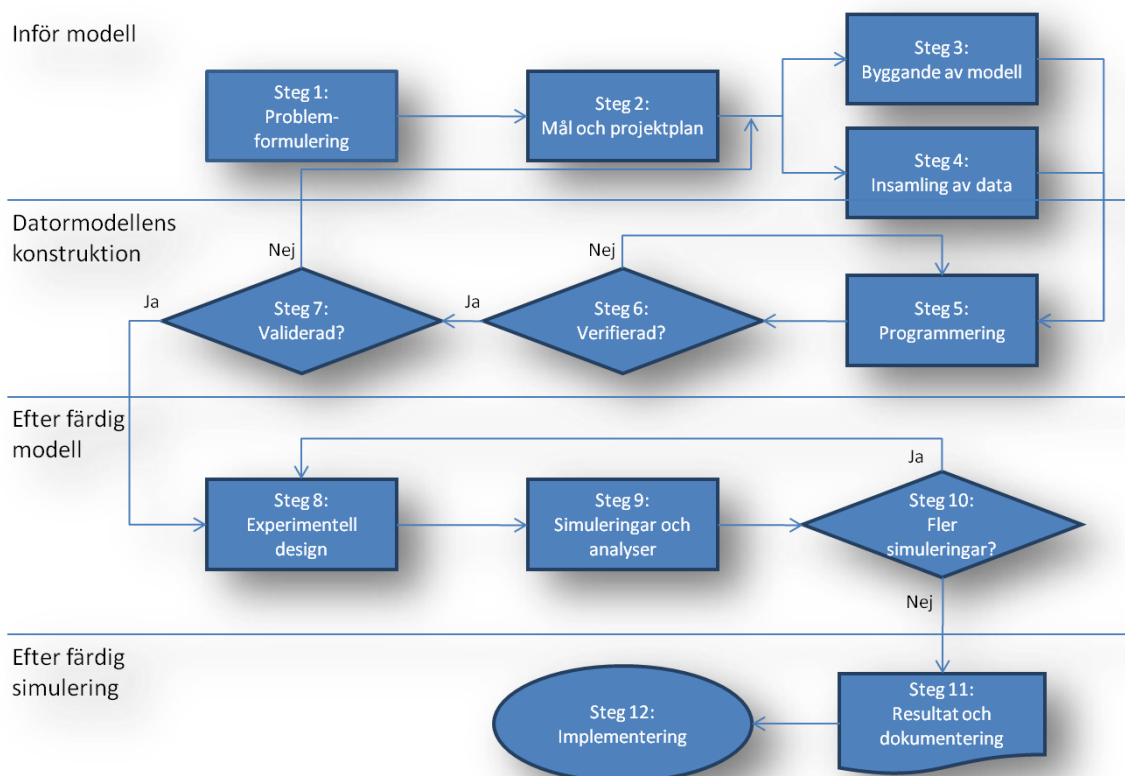
<sup>26</sup> Ejvegård, R. (2003), *Vetenskaplig metod*. s. 70-73

<sup>27</sup> Björklund, M. & Paulsson, U. (2003), *Seminarieboken*. s. 59

anses även den vara hög i denna studie. Examensarbetarna har ingen beroendeställning gentemot uppdragsgivaren och inte heller någon förkunskap om området som skulle kunna ge dem värderingar angående ämnet. Vid både fältstudier och litteraturstudier har flera källor tillämpats, vilket bör höja objektiviteten.

## 2.4 Simuleringsstudiens tolv steg

Arbetet med simuleringsmodellen kan beskrivas med ett flödesschema som visas i Figur 2. Det beskriver de tolv steg som modellbyggaren går igenom för att utföra en simuleringsstudie; stegen kan grupperas i fyra delmoment. Det första delmomentet är inför modellbyggandet, som sedan följs av konstruerandet av modellen. Det tredje delmomentet nås när modellen är färdig; här bestäms förutsättningarna för simuleringarna för att sedan utföra dem. När all data från simuleringarna är insamlad nås det sista delmomentet; här sammanställs resultaten och slutsatser från simuleringarna dras.



Figur 2. De tolv stegen i en simuleringsstudie kan delas in i fyra delmoment. Figuren är fritt tolkad efter Banks<sup>28</sup>.

### 2.4.1 Delmoment 1: Inför modell

Problemformulering är en viktig del av en simuleringsstudie. Först ska en formell problemformulering göras där det övergripande målet med studien bestäms; är målet till exempel att öka kundtillfredsställelsen, eller att effektivisera produktionen?<sup>29</sup> Därefter ska projektets utförare göra en systemorientering, gärna vägledad av personer som känner till systemet väl, för att lära känna

<sup>28</sup> Banks, J. et al. (2010), *Discrete-Event System Simulation*. s. 17

<sup>29</sup> Chung, C. A. (2004), *Simulation Modeling Handbook, A Practical Approach*. Kap. 2.1-2.2

systemet och få en idé av hur det kan modelleras<sup>30</sup>. Först därefter är det tid att bestämma vilka parametrar som ska undersökas och alltså vilket specifikt mål projektet har. Detta ska dock vara en dynamisk process som kan modifieras under arbetets gång.<sup>31</sup>

Denna studies första steg kom som en önskan från Klinisk kemi som hade en rad förslag på projekt. Efter diskussioner och systemorientering formulerades en idé av examensarbetarna som godkändes av handledare och Klinisk kemi. Efter det gjordes en mer gedigen orientering av systemet samtidigt som mål och övergripande plan bestämdes. Vilka scenarier som skulle undersökas med hjälp av simuleringsmodellen diskuterades vid ett flertal tillfällen för att fastställa att frågorna och scenarierna täckte önskemålen från Klinisk kemi. Detta för att undvika att de behövde kompletteras eller att simuleringsmodellen byggs på ett sådant sätt att frågorna inte går att besvara utan en tidskrävande omarbetning av modellen.

För att bygga en modell måste förståelse för systemet finnas. Om systemet definieras samtidigt som modellen konstrueras kan en bättre förståelse för hur systemets komponenter kan modelleras uppnås. Systemet måste klassificeras, det ska bestämmas hur mycket av det som ska modelleras, alltså vilka komponenter och vilka händelser som ska vara med i modellen.<sup>32</sup> Detta visualiseras med fördel i ett flödesschema<sup>33</sup>. Vilka indata som är intressanta och vilken slags utdata som modellen ska generera måste också definieras<sup>34</sup>. Ofta saknas indata i den form som simuleringsstudiens utförare önskar, trots att stora mängder data om systemet finns. Det kan till exempel vara så att data för medelvärden finns, men inte individuella tider.<sup>35</sup>

Steg 3 "Modellbyggande" och steg 4 "Insamling av data" gjordes parallellt. Detta för att vid modellbyggandet inses vilken data som krävs och onödiga data samlas därför inte in. Samtidigt inses vilken data som är svår att samla in och modellen konstrueras så att data som finns tillgänglig istället kan användas. Arbetet med dessa steg kan delas upp i två etapper, för provrör respektive resurser. Till en början gjordes stegen för provrören. I denna etapp byggdes modellen för provrörets väg genom Klinisk kemi. Den data som krävdes här kunde till stor del fås från databasen i QlikView. Här fanns data om när provet togs, när de ankom till Klinisk kemi, vilka analyser som utfördes och vilka provrör som gick till respektive maskin. I den andra etappen infördes resurser, personalstyrkan och maskinparken, till modellen för att få in tidsaspekten, vilket motsvarar den personalbegränsning och maskinkapacitet som finns i verkligheten. Dessa tider och data fick till stor del samlas in manuellt av examensarbetarna. Mer om hur datainsamlingen gick till återfinns senare i kapitlet.

#### 2.4.2 Delmoment 2: Datormodellens konstruktion

Att programmera innebär att översätta modellen till datorspråk, skriva ett program, för att möjliggöra experiment. Det finns några riktlinjer för hur det bör göras för att utveckla en robust och väl fungerande modell. Med jämna mellanrum, till exempel varje gång ett nytt moment påbörjas, eller i början av varje dag som kodningen pågår, bör modellen sparas om under nytt namn. På så sätt finns samtliga versioner kvar och om arbetet som senast utförts inte varit framgångsrikt, kan arbetet fortsättas med den tidigare versionen istället. Programmet bör vara väl kommenterat, för att

---

<sup>30</sup> Chung, C. A. (2004), *Simulation Modeling Handbook, A Practical Approach*. Kap. 2.3

<sup>31</sup> Ibid. Kap. 2.4

<sup>32</sup> Ibid. Kap. 4.1

<sup>33</sup> Ibid. Kap. 4.3

<sup>34</sup> Ibid. Kap. 4.1

<sup>35</sup> Banks, J. (2004), *Getting Started with AutoMod*. s. 18

förenkla arbetet samt att underlätta för andra att förstå programmet. Programmet ska organiseras väl för att bli så lättförståeligt som möjligt och självförklarande namn bör användas på de komponenter som modellen består utav.<sup>36</sup>

De riktlinjer som ovan beskrivs har följts i så stor mån som möjligt. Nya versioner har fått egna namn och programmet har under hela arbetets gång kommenterats flitigt. Programmets enheter har namngivits efter deras funktioner samt efter vilken process, eller del av programmet, de tillhör, vilket ibland har inneburit mycket långa och till synes röriga namn. Dock har information om programvaran AutoMod varit bristfällig gällande organisation av program. Programmet är därför skrivet i ett och samma fönster på ett stort antal rader, och modellens olika delar har i begränsad mån blivit markerade.

Verifiering av modellen är mycket viktigt och bör göras kontinuerligt under tiden som arbetet med kodning fortgår. Att verifiera är att försäkra sig om att programmet utför det man tänkt sig när man skrivit koden.<sup>37</sup> För att skilja verifiering från validering kan följande uttryck vara värdefullt: *Att verifiera är att bygga modellen rätt och att validera är att bygga rätt modell.* Kodningen ska ske i små steg som kontinuerligt verifieras. På så sätt undviks att ett stort icke fungerande program skrivs där man inte vet var felet finns. Att använda animeringar är ett annat sätt att verifiera modellen. Filer med utskrift eller utdata kan vara mer komplicerat att använda sig av, men kan vara värdefulla i verifieringsarbetet.<sup>38</sup> Vidare bör koden kontrolleras av mer än en person<sup>39</sup>.

Programmet skrevs hela tiden av två examensarbetare tillsammans, för att öka chansen att kodningen blev korrekt. Efter att ett moment lagts till kördes programmet för att eventuella fel skulle upptäckas och då korrigeras. Ursprungligen var ambitionen att animera programmet för att göra det mer visualiserbart för i simuleringsvärlden mindre insatta personer. Då detta inte skulle vara försvarbart mot den tid det skulle ta, fick denna idé strykas och därmed har ingen animering använts för att verifiera modellen. Däremot har utskrift och de filer med information om samtliga enheter i programmet som skapas under en körning flitigt använts.

En modells validitet kan fallera av ett utav följande skäl: antaganden, förenklingar, begränsningar, eller förbiseenden<sup>40</sup>. Antaganden måste göras då det inte är möjligt att samla in data<sup>41</sup>. Förenklingar görs för att modellen ej ska bli för komplex och för att undvika icke signifikanta delar av systemet<sup>42</sup>. Begränsningar kan finnas i utförarens kunskap, angående vilken data som går att få tag i eller i simuleringsverktyget<sup>43</sup>. Risk att någon del av systemet helt enkelt glöms finns också<sup>44</sup>. För att validera programmet och modellen finns subjektiva och objektiva metoder. Subjektiva metoder innefattar att kontrollera med en som känner till systemet väl att den konceptuella modellen verkar stämma. Man bör också validera antaganden om strukturen genom att tala med fler än en person om dessa och observera systemet flera gånger. Det bör också utföras en känslighetsanalys, alltså att ändra en

---

<sup>36</sup> Chung, C. A. (2004), *Simulation Modeling Handbook, A Practical Approach*. Kap. 6.3, 6.4.5

<sup>37</sup> Banks, J. (2004), *Getting Started with AutoMod*. s. 19

<sup>38</sup> Chung, C. A. (2004), *Simulation Modeling Handbook, A Practical Approach*. Kap. 7

<sup>39</sup> Banks, J. (2004), *Getting Started with AutoMod*. s. 27

<sup>40</sup> Chung, C. A. (2004), *Simulation Modeling Handbook, A Practical Approach*. Kap. 8.1

<sup>41</sup> Ibid. Kap. 8.2

<sup>42</sup> Ibid. Kap. 8.3

<sup>43</sup> Ibid. Kap. 8.5

<sup>44</sup> Ibid. Kap. 8.4

parameter för att se att modellen beter sig på tänkt sätt, och extremvärdestest för att se vad som händer i modellen när extrema ytterligheter av indata används. Data som används som input bör kontrolleras med något *goodness of fit*-test, vilket beskrivs närmare i teorikapitlet. Objektiva metoder består utav att jämföra utdata med data hämtad från verkligheten. Modellen kan också köras på historisk data för att kontrollera att utdata blir tillräckligt nära den verkliga för den specifika historiska datan.<sup>45</sup> Data som används för att validera modellen ska vara skild från den mängd data, på vilken modellens indata är byggd<sup>46</sup>.

Validering av modellen har skett kontinuerligt under arbetets gång. Vid flera tillfällen har antaganden och förenklingar diskuterats med personer som känner till systemet väl. Under arbetet med modellbyggandet har tiderna för olika processer och delmoment i systemet kontrollerats så att dessa överensstämmer med det verkliga systemet. Extremvärdestest har utförts med inflödet av prover till laboratoriet som parameter. Vid mycket lågt inflöde blir svarstiderna korta och består endast utav kort manuell hantering samt analys i maskin. Vid stort inflöde ökar svarstiderna och laboratoriet klarar inte att analysera alla prover. Data som använts som input till modellen har grundligt behandlats, vilket beskrivs under rubriken databehandling i kapitlet Modellbeskrivning och presentation av data. Slutligen har data rörande totala antalet prover som analyseras, samt svarstider för denna studies tre viktiga provgrupper samlats. Insamlingen har skett för hösten 2010, vilket har jämförts med resultatet av modellen. Modellen bygger på data insamlad från våren 2010.

### 2.4.3 Delmoment 3: Efter färdig modell

Experimenten ska utformas på så sätt att de kan ge svar på de frågor som uttryckts under problemformuleringen. Det ska bestämmas om det är två eller fler scenarier som ska jämföras eller om en eller flera faktorer ska varieras, och i så fall i vilka intervall. Att jämföra scenarier är att undersöka modellen när den är uppbyggd på grundläggande olika sätt. När man varierar faktorer undersöks alltså ett scenario men faktorerna varieras, vilket representerar förändringar som exempelvis hur många arbetare som är tillgängliga, eller ankomstintensiteten till systemet.<sup>47</sup> Att variera en eller flera faktorer är att föredra framför jämförelse av två scenarier. Att identifiera scenarier att analysera och faktorer att variera samt att genomföra själva analyserna innebär lite arbete jämfört med hela arbetet med att bygga modellen, och analysen blir mer robust.<sup>48</sup> För varje scenario ska också bestämmas hur lång tid som ska simuleras, och hur många upprepningar som bör göras. Vid dessa beslut kan AutoStat, som beskrivs närmare i teorikapitlet, vara till hjälp.<sup>49</sup>

Då mycket arbete lagts ned på att modellera det komplicerade systemet, lades också mycket kraft på att göra gedigna experiment. Vilka experiment som skulle genomföras arbetades fram i samarbete med Klinisk kemi. Det visade sig att det endast var intressant att göra olika scenarier för hur hanteringen av prover går till, och alltså inte studera faktorer som ändras. Beslutet togs att inte använda AutoStat, utan bygga en modell som genom en liten ändring i början av programmet ställer om sig till ett av flera scenarier. Scenarierna beskrivs utförligt under rubriken Undersökta förändringar i modelleringsavsnittet.

---

<sup>45</sup> Banks, J. (2004), *Getting Started with AutoMod*. s. 28-30

<sup>46</sup> Olbjer, L. et al. (2006), *Tidsserieanalys*. s. 247

<sup>47</sup> Chung, C. A. (2004), *Simulation Modeling Handbook, A Practical Approach*. Kap. 9.1, 9.2

<sup>48</sup> Ibid. Kap. 9.3.3

<sup>49</sup> Banks, J. (2004), *Getting Started with AutoMod*. s. 19

Steg 9 och 10 syftar till att producera tillräckligt med utdata för att relevanta analyser ska kunna genomföras och rekommendationer angående systemet ges<sup>50</sup>. Även här är AutoStat en bra hjälp när det gäller att analysera utdata och om fler simuleringar behöver göras<sup>51</sup>.

Samtliga scenarier och experiment kördes under minst 400 dagar. Programmet skrevs på så sätt att den datan som är relevant för analys av systemet skrevs till en textfil. Därefter kopierades textfilerna till Excel för vidare analys. AutoStat kan förvisso vara en hjälp för analysen, men i det här fallet lämpade sig inte programmet för analys av den typ av utdata som studerats.

#### 2.4.4 Delmoment 4: Efter färdig simulering

När simuleringar och analyser gjorts, ska arbetet med modellen och resultaten dokumenteras. Det ska göras eftersom det underlättar förståelse av modellen, som då eventuellt kan modifieras och återanvändas. Resultaten, undersökta alternativ, jämförelsekriterier och eventuella rekommendationer ska presenteras så att uppdragsgivaren lätt kan ta del av och förstå dessa.<sup>52</sup> Det är bra om en sammanfattning, riktad till de beslutsfattare som är berörda av studien, skrivs ner. Denna ska vara cirka två till tre sidor lång och innehålla projektets mål, resultat samt rekommendationer och slutsatser.<sup>53</sup>

Dokumentation har skett under arbetets gång, vilket har resulterat i denna rapport. Ingen sammanfattning direkt riktad till uppdragsgivaren på Klinisk kemi har skrivits. Däremot inleds rapporten med en guide som en hjälp till läsaren att tillgodogöra sig de för denne mest intressanta delarna av rapporten.

Simuleringsstudien är en undersökning som fungerar som beslutsunderlag. Implementeringen är förhoppningsvis framgångsrik om ovan beskrivna steg följts väl. Det är för implementeringen även viktigt att uppdragsgivaren har varit delaktig under arbetets gång, eftersom detta innebär en större chans att studien är relevant och korrekt, samt att uppdragsgivaren har en förståelse av studien och vad resultaten innebär.<sup>54</sup>

Denna studie har enbart syftat till att undersöka det aktuella systemet och om en förändring rimligtvis kan genomföras eller ej. Processen att implementera eventuella förändringar ligger tyvärr utanför den tidsram som examensarbetarna har för projektet. De är dock intresserade av det fortsatta arbetet och kommer även att försöka besvara eventuella frågor som uppstår efter att resultaten är presenterade.

## 2.5 Datainsamling

Denna studie är baserad på data som kommer från intervjuer, observationer, mätprotokoll och insamling från databas. Dessa tekniker beskrivs här mer utförligt.

### 2.5.1 Intervjuer

Intervjuer kan vara strukturerade; alla frågor och i vilken ordning de ska ställas är förbestämt. De kan också vara semistrukturerade, vilket lämnar rymd till att fråga motfrågor och bättre fånga upp intervjupersonens sätt att se saker. Ostrukturerade intervjuer är användbart när intervjuaren inte vet

---

<sup>50</sup> Chung, C. A. (2004), *Simulation Modeling Handbook, A Practical Approach*. Kap. 10.1

<sup>51</sup> Banks, J. (2004), *Getting Started with AutoMod*. s. 19

<sup>52</sup> Ibid. s. 20

<sup>53</sup> Chung, C. A. (2004), *Simulation Modeling Handbook, A Practical Approach*. Kap. 11.3

<sup>54</sup> Banks, J. (2004), *Getting Started with AutoMod*. s. 20

tillräckligt mycket om en företeelse för att formulera frågor i förhand. Denna teknik används ofta under de tidiga faserna av en fallstudie tillsammans med observation. Det finns risk att genom detta tillvägagångssätt få en stor mängd till synes osammanhängande information. Oavsett hur strukturerad intervjun är, är det viktigt att inse att en intervju är en social företeelse och intervjuaren bör försöka vara neutral och objektiv.<sup>55</sup> Informationen som fås kan bandas, antecknas eller memoreras. Speciellt vid känsliga ämnen kan det vara fördelaktigt att varken banda eller anteckna under intervjun; ofta fås då mer utförliga svar.<sup>56</sup>

Ostrukturerade intervjuer gjordes vid ett flertal tillfällen med biomedicinska analytiker som väl känner till systemet som ska modelleras. Anteckningar fördes under intervjuns gång; oftast fördelades ansvaret mellan de två intervjuarna så att en ställde frågor och lyssnade, och den andra förde anteckningar. Ämnet i sig kan inte anses vara speciellt känsligt, men undantag finns; frågor rörande hur lång tid arbetsmoment tar eller liknande behandlades med diskretion. Examensarbetarna försökte förmedla att syftet inte var att utvärdera hur väl arbetet utförs, utan att informationen behövs för att kunna modellera systemet.

### 2.5.2 Observationer

Observationer sker på plats, ute på fältet, och är, till skillnad från intervjuer, förstahandsinformation. Observatören får en direkt inblick i hur systemet fungerar och kan applicera sin egen kunskap för att tolka det som händer. Denne kan också lägga märke till saker som blivit rutin för deltagarna själva. Metoden bygger dock på människans subjektiva, och därmed otillförlitliga, perception, vilket kan innebära en risk. Direkt efter observationen är det viktigt att utförligt anteckna vad som iakttagits, vilket kan ta lika mycket tid som själva observationen.<sup>57</sup> Under själva observationen kan redskap som till exempel tidtagarur användas<sup>58</sup>.

I den inledande fasen av denna studie gjordes många observationer av verksamheten. Först syftade dessa till att bekanta examensarbetarna med den helt nya miljön som det innebar. Observationerna blev efterhand mer strukturerade och syftade till att exempelvis betrakta en viss process i laboratoriet. Personalen blev, i så stor utsträckning som det var möjligt, informerade om syftet med observationen. Viss information, som inte kunde samlas på annat sätt, samlades in med hjälp av tidtagarur. Detta försökte dock undvikas eftersom det är svårt att utföra sådana mätningar utan att personalen blir påverkad på något sätt. Examensarbetarna bedömde det bättre att i vissa fall använda mätprotokoll som personalen själva fick fylla i.

### 2.5.3 Mätprotokoll

Ett mätprotokoll, eller en enkät, är billigare, enklare och mindre tidskrävande att utföra än en intervju. Det lämpar sig, till skillnad från intervjun, när det är vanliga folk utan expertkunskap som ska utfrågas. Protokollet måste vara grundligt genomarbetat innan det sänds ut och får inte vara för omfattande. Det ska vara enkelt att fylla i protokollet.<sup>59</sup>

Personalen ombads fylla i ett mätprotokoll under denna studie, vilket återfinns i Appendix A. Det syftade till att samla information angående när, hur ofta och i vilken kvantitet som provrör

---

<sup>55</sup> Merriam, S. (1994), *Fallstudien som forskningsmetod*. s. 87-91

<sup>56</sup> Björklund, M. & Paulsson, U. (2003), *Seminarieboken*. s. 68

<sup>57</sup> Merriam, S. (1994), *Fallstudien som forskningsmetod*. s. 101-111

<sup>58</sup> Björklund, M. & Paulsson, U. (2003), *Seminarieboken*. s. 69

<sup>59</sup> Ejvegård, R. (2003), *Vetenskaplig metod*. s. 53-55

ankommer till laboratoriets stationer. Det var data som ej kunde hittas i datasystemet. Protokollet fylldes i under totalt sex dagar, av olika personal arbetande vid olika stationer i laboratoriet. För att förenkla ifyllandet gavs, tillsammans med en kort förklaring, ett redan ifyllt exempel på mätprotokollets framsida.

#### 2.5.4 Insamling från datasystem

Att samla in data från ett dokument, i det här fallet ett datasystem, har fördelen att det är en stabil och objektiv metod, jämfört med ovan beskrivna insamlingsmetoder. Det kan dock finnas nackdelar; informationen kan ha en form som undersökaren inte kan använda sig av, eller så kan dokumentet vara ofullständigt.<sup>60</sup>

En stor mängd data hämtades med hjälp av programvaran QlikView, som beskrivs närmare i teorikapitlet. Genom det programmet finns tillgång till bland annat följande data:

- Tidpunkt för remissinläsning
- Vilka analyser som hör till remisserna
- Remissens härkomst (om provet till exempel kommer från en vårdcentral eller från sjukhuset)
- Tidpunkt för när provet är färdiganalyserat

Data kan sorteras enligt analysgrupp, ankomsttid och härkomst med mera vilket medför att mycket av denna studies data på detta sätt kunde utvinnas. Data som saknades handlar om tidpunkter i systemet, och dessa fick därmed inhämtas på annat vis. Hur lång tid sortering och övrig manuell hantering av prover tar uppskattades vid observationerna. Hur de sorterade proverna inkommer till laboratoriet fick samlas in med det ovan beskrivna mätprotokollet. Utöver QlikView användes andra datasystem för att samla in data angående analysernas längd. Via datasystemen kunde obearbetad rådata samlas in, vilket är ett måste för en simuleringsstudie. Dock var QlikView en ny programvara för examensarbetarna, som fick lägga ned mycket tid på att lära sig använda programmet korrekt.

---

<sup>60</sup> Merriam, S. (1994), *Fallstudien som forskningsmetod*. s. 118-121



## 3 Teori

---

I detta kapitel ges den teoretiska bakgrund som läsaren behöver ha med sig för att tillgodogöra sig rapporten och studiens resultat. Inledningsvis ges en utförlig beskrivning av vad simulering är. Därefter beskrivs hur simulering har använts inom sjukvården samt vilka svårigheter som kan finnas. Därefter följer en genomgång av hur databehandling går till och en presentation av de statistiska fördelningar som används i studien. Det ges också en introduktion till sjukdomen diabetes och vad denna innebär för patienten relaterat till de prover som studien behandlar. Slutligen presenteras några av de programvaror som använts.

---

### 3.1 Simulering

En simulering är när en verklighet återskapas i en kontrollerad miljö<sup>61</sup>, vilket ordets ursprung också antyder, latinets *simulo* betyder att låtsas<sup>62</sup>.

Simulering tillämpas inom olika områden, varav ett är i simulatorer; i exempelvis en flygplanssimulator samspekar piloter med ett datorprogram, vilken återskapar vad som händer med ett flygplan i en virtuell miljö genom att ta hänsyn till fysikaliska lagar och matematiska differentialekvationer<sup>63</sup>. Ett annat tillämpningsområde är då en process eller ett system ska studeras, till exempel ett trafiksystem som påverkas av flera faktorer<sup>64</sup>. Då återskapas trafiksystemet i den virtuella miljön och förändringar som exempelvis ökad eller minskad trafik och kapacitet kan göras genom att ändra parametrar. Samtidigt finns det stokastik i systemet; trafiken varierar och störningar kan inträffa, vilket modelleras med slumpvariabler<sup>65</sup>. På samma sätt som i det senare exemplet där ett verkligt system avbildas i ett datorprogram, simuleringsprogram, kommer examensarbetet att syfta på detta när simulering nämns.

#### 3.1.1 Simuleringsklassificeringar

En simuleringsmodell kan klassificeras på tre olika sätt med avseende på modellens egenskaper. Dessa egenskaper är:

- Statiskt eller dynamiskt
- Deterministiskt eller stokastiskt
- Diskret eller kontinuerligt<sup>66</sup>

##### 3.1.1.1 Statiskt eller dynamiskt

I en statisk modell spelar tiden ingen roll och en förskjutning av tidsskalan ger ingen påverkan. Systemet ser likadant ut oberoende när det studeras, eftersom de ingående variablerna inte

---

<sup>61</sup> Laguna, M. & Marklund, J. (2005), *Business Process Modeling, Simulation and Design*. s. 223

<sup>62</sup> Rydén, T. & Lindgren, G. (2000), *Markovprocesser*. s. 147

<sup>63</sup> Ibid.

<sup>64</sup> Chung, C. A. (2004), *Simulation Modeling Handbook, A Practical Approach*. Kap. 1.2

<sup>65</sup> Laguna, M. & Marklund, J. (2005), *Business Process Modeling, Simulation and Design*. s. 224

<sup>66</sup> Ibid.

förändras med tiden. Ofta används statiska modeller när ett system ska studeras vid ett tillfälle. Ett exempel är en modell för en bro, där det är intressant att studera systemet när den är färdigbyggd.<sup>67</sup>

I en dynamisk modell däremot förändras systemet över tiden, varför utvecklingsförloppet i modellen kan vara intressant att studera. Dynamiska system modelleras ofta med hjälp av ett antal tillståndsvariabler, som förändras under inverkan av insignaler. Insignalerna motsvarar yttre faktorer som påverkar systemet och som kan förändras med tiden. Ett exempel är i en tillverkningsprocess, där tillståndsvariabler, utdata, kan vara antal produkter i systemet och utnyttjandegrad i olika maskiner. Dessa påverkas av insignalerna, som kan vara storlek på inleverans eller störning på transporter mellan arbetsstationer.<sup>68</sup>

### 3.1.1.2 Deterministiskt eller stokastiskt

Deterministisk betyder förutbestämd, vilket innebär att alla förhållanden mellan tillstånd och händelser i ett system är kända<sup>69</sup>. Det medför att om all indata till en deterministisk modell är känd så är också all utdata känd<sup>70</sup>.

Stokastisk betyder däremot slumpmässig och kommer av grekiskans ord för "skicklig på att gissa"<sup>71</sup>. I stokastiska system finns alltså slump med, vilket modelleras genom att variabler antar värden som slumpas från en lämplig fördelningsfunktion. Detta medför att stokastiska modeller ger olika utdata vid varje simulering och ett exakt värde går alltså inte att erhålla. Det går dock att simulera systemet, köra modellen, flera gånger och beräkna med hur stor sannolikhet ett värde kommer att hamna inom ett visst intervall.<sup>72</sup>

### 3.1.1.3 Diskret eller kontinuerligt

Denna klassificering berör hur tillstånden i modellen förändras. I en diskret modell förändras tillstånden då händelser inträffar vid specifika tidpunkter. Ett exempel på när ett system modelleras diskret är kunder som ankommer till en affär.<sup>73</sup>

I en kontinuerlig modell kan förändringar ske, som namnet säger, kontinuerligt. Dessa modeller innehåller därför differentialekvationer som ger relationen mellan hur tillstånden förändras med tiden. Exempel på system som modelleras kontinuerligt är ett vattenflöde i en flod eller solbrännan under en dag på stranden.<sup>74</sup>

Det finns också modeller som är en kombination av diskret och kontinuerlig. I sådana modeller kan till exempel en diskret händelse inträffa och ändra en kontinuerlig tillståndsvariabel. Ett system som modelleras på detta sätt kan vara volymen i en bensintank när personer ankommer till bensinstationen för att tanka sin bil; vid diskreta tidpunkter minskar volymen kontinuerligt under en tid.<sup>75</sup>

---

<sup>67</sup> Lindgren, G. & Rootzén, H. (2005), *Stationära stokastiska processer*. s. 27, 35-36

<sup>68</sup> Ibid. s. 47-48

<sup>69</sup> [www.businessdictionary.com](http://www.businessdictionary.com) Sök –deterministic model

<sup>70</sup> [www.learning4sharing.nu](http://www.learning4sharing.nu) Sök –Deterministisk/Exakta träffar

<sup>71</sup> Hartmann, M. (2007), *Stokastiska processer och tidsserier. Välfärd (SCB)*. Vol. 1. s. 24-25

<sup>72</sup> Olsson, F. *Simulering – basics* Föreläsning i kursen Simulering av produktionssystem.

<sup>73</sup> Law, A. D. & Kelton, W. D. (2000), *Simulation Modeling and Analysis*. s. 6-7

<sup>74</sup> Ibid. s. 87-89

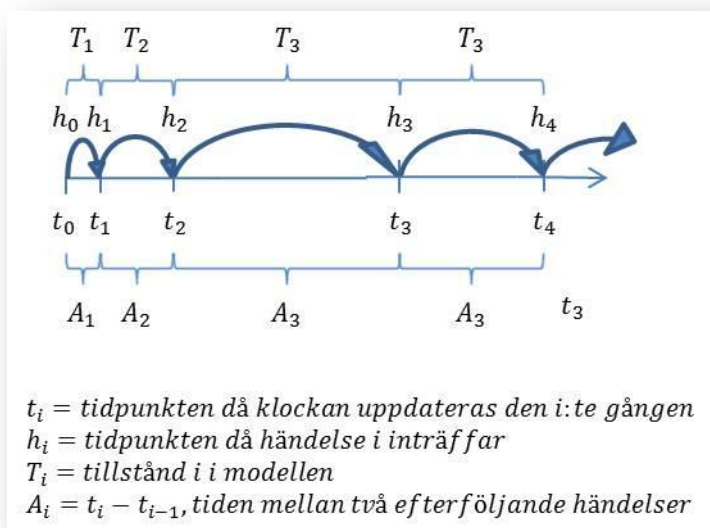
<sup>75</sup> Ibid. s. 89

### 3.1.2 Simuleringsätt

Hur en simulering utförs kan antingen vara tidsstyrt eller händelsestyrt, där skillnaden är hur tiden uppdateras. Tidsstyrd simulering är ofta mycket mer resurskrävande i jämförelse med en händelsestyrd simulering, eftersom betydligt fler uppdateringar utförs. Vilket simuleringsätt som är lämpligt beror på hur händelser inträffar i systemet.<sup>76</sup> I vissa modeller kan det därför vara lämpligt att växla simuleringsätt<sup>77</sup>.

#### 3.1.2.1 Händelsestyrd simulering<sup>78</sup>

För en händelsestyrd simulering krävs att systemets tillståndsvariabler ändras momentant vid specifika tidpunkter, varför simuleringen ofta kallas diskret händelsestyrd simulering. Tiden vid en händelsestyrd simulering uppdateras med hjälp av en så kallad simuleringsklocka, som flyttar sig framåt. Det vanligaste sättet att flytta fram klockan på är genom att uppdatera den till tidpunkten för nästa händelse, vilken då ändrar tillstånden i modellen. Figur 3 visar hur en sådan simulering går till.



Figur 3. Illustration av tillvägagångssättet vid en händelsestyrd simulering.

Med uppdatering av klockan på detta sätt, innebär det att endast en händelse inträffar vid varje tillfälle, undantaget när flera händelser inträffar vid exakt samma tidpunkt, då inträffar givetvis dessa samtidigt. Detta simuleringsätt innebär att modellen bara uppdateras när något inträffar.

#### 3.1.2.2 Tidsstyrd simulering<sup>79</sup>

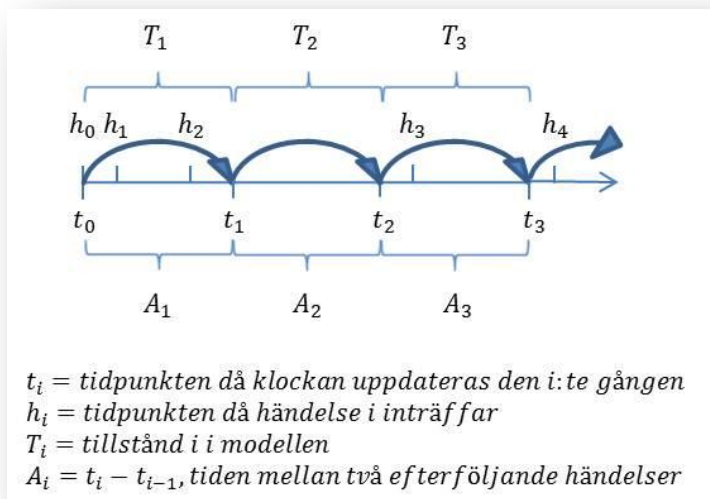
I en tidsstyrd simulering uppdateras klockan med ett fixt tidsintervall och undersöker efter varje tidsintervall om någon händelse har inträffat. Detta simuleringsätt krävs för kontinuerliga system där tillstånden hela tiden förändras. För diskreta system är det däremot inte så vanligt. Figur 4 visar hur tillstånden i modellen uppdateras för en diskret modell.

<sup>76</sup> Chung, C. A. (2004), *Simulation Modeling Handbook, A Practical Approach*. Kap. 4.2.1

<sup>77</sup> Law, A. D. & Kelton, W. D. (2000), *Simulation Modeling and Analysis*. s. 89

<sup>78</sup> Ibid. s. 6-9

<sup>79</sup> Ibid. s. 93-94



Figur 4. Illustration av tillvägagångssättet vid en tidsstyrd simulering.

Här ses att när en eller flera händelser inträffar i samma tidsintervall uppdateras de samtidigt i slutet av tidsintervallet, vilket innebär att händelserna modelleras som att de har inträffat samtidigt. Uppdatering av klockan på detta sätt kan också medföra att inga händelser alls inträffar under ett tidsintervall. Av dessa anledningar är detta uppdateringsätt av klockan inte så vanligt i diskreta modeller. De förekommer främst för system där händelser antas inträffa med fixa intervall, så som ekonomiska årsrapporter, varför tidsintervallen kan anpassas så att endast en händelse inträffar i varje intervall och därför kan ses som en variant av den tidigare nämnda händelsestyrda simuleringen då klockan uppdateras vid nästa händelse.

### 3.2 Simulering inom sjukvården

Sjukvården har länge dominerats av den offentliga sektorn, och görs så fortfarande, men de privata aktörerna blir allt fler och utgör en allt större del av sjukvården<sup>80</sup>. Detta skapar konkurrens och ökar behovet av att sätta patienten i fokus, eftersom patienten nu har möjlighet att välja vårdgivare<sup>81</sup>. Sjukvården är också ett komplext system som innehåller många olika processer, där förändring i en process ofta påverkar andra processer också. När flera olika instanser påverkas, involveras fler människor, och beslut om att en förändring ska genomföras tar lång tid.<sup>82</sup> Det här är några av förklaringarna till varför sjukvården, till skillnad mot industrin, har varit sen att genomföra förändringar där kunden, eller i detta fall patienten, är i fokus<sup>83</sup>.

När en förändring ska genomföras behöver det aktuella systemet studeras. Dels för att få en insikt i hur förändringen ska se ut och dels för att se hur förändringen påverkar systemet. Det finns flera olika sätt att studera ett system och vilken metod som är lämplig beror på det aktuella systemet.<sup>84</sup> I

<sup>80</sup> [www.dagensmedicin.se](http://www.dagensmedicin.se) Sök -Privata företag flyttar fram positionerna i sjukvården/Första träffen

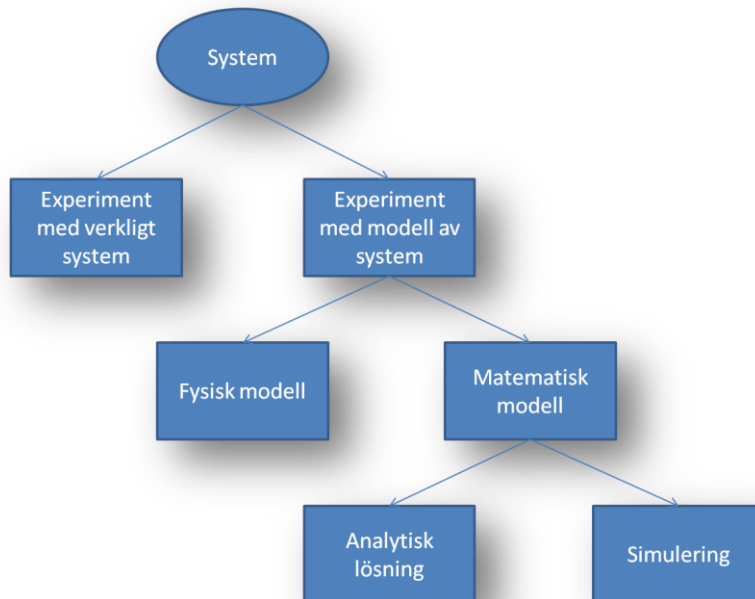
<sup>81</sup> [www.entnet.org](http://www.entnet.org) Sök Going Lean in Health Care/Andra träffen (pdf)

<sup>82</sup> Harper, P. R. & Pitt, M. A. (2004), On the Challenges of Healthcare Modeling and a Proposed Project Life Cycle for Successful Implementation. *Journal of the Operational Research Society*, 55(6). s. 657-661

<sup>83</sup> [www.entnet.org](http://www.entnet.org) Sök Going Lean in Health Care/Andra träffen (pdf)

<sup>84</sup> Law, A. D. & Kelton, W. D. (2000), *Simulation Modeling and Analysis*. s. 3-4

Figur 5 visas en bild över vilka ställningstaganden som kan tas, i tur och ordning, för att komma fram till lämplig metod.



Figur 5. Schematisk bild över möjliga sätt att studera ett system<sup>85</sup>.

Det första ställningstagandet är huruvida experiment ska göras på det verkliga systemet eller på en modell av systemet. Sjukvården har, som tidigare sagts, en komplex struktur och det kan vara svårt att förutspå hur mycket en förändring påverkar både det aktuella systemet och andra berörda processer<sup>86</sup>. Sjukvården är ofta känslig för förändringar, eftersom patientsäkerheten måste kunna garanteras<sup>87</sup>. Vissa typer av tester i systemet kan också vara svåra att genomföra i verkligheten<sup>88</sup>, som att ändra indata; ett exempel är att ändra inleveranserna av prover från vårdcentraler till laboratoriet för att studera hur svarstiderna påverkas i laboratoriet. Det kräver att transportbilarna ändrar sina turer, vilket kan vara svårt då dessa transporterar prover till flera andra laboratorier, som då också berörs. Av de anledningar som nämnts är undersökningar på en modell av systemet ofta att rekommendera inom sjukvården.<sup>89</sup>

Om förutsättningarna är sådana att beslut har tagits om att experiment ska göras på en modell är nästa frågeställning om en fysisk eller matematisk modell ska användas. En fysisk modell kan vara bilar i en vindtunnel eller miniatyrer av fartyg i en bassäng. Inom sjukvården kan det vara omöjligt att skapa en fysisk modell. Dels av praktiska och materiella orsaker; att bygga en ny avdelning eller köpa in dyra analysmaskiner till ett laboratorium för att sedan inte använda dem är inte försvarbart, och dels för att indata som patienter och prover är svårt att återskapa. I en matematisk modell

<sup>85</sup> Law, A. D. & Kelton, W. D. (2000), *Simulation Modeling and Analysis*. s. 4

<sup>86</sup> Harper, P. R. & Pitt, M.A. (2004), On the Challenges of Healthcare Modeling and a Proposed Project Life Cycle for Successful Implementation. *Journal of the Operational Research Society*, 55(6). s. 657-661

<sup>87</sup> Proctor, T. (1996), Simulation in Hospitals. *Health Manpower Management*, 22(5). s. 40-44

<sup>88</sup> Harper, P. R. & Pitt, M.A. (2004), On the Challenges of Healthcare Modeling and a Proposed Project Life Cycle for Successful Implementation. *Journal of the Operational Research Society*, 55(6). s. 657-661

<sup>89</sup> van Merode, G. G. et al. (1996), Advanced management facilities for clinical laboratories. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 50(2). s. 195-205

representeras alla händelser och konsekvenser med logiska och kvantitativa beslut; ankomster ersätts ofta med en sannolikhetsfördelning och innebörden av ett beslut kan ersättas med procentsats.<sup>90</sup>

När valet har gjorts att en matematisk modell ska användas är det sista ställningstagandet om systemet ska studeras analytiskt eller med simulering. Om det är möjligt att besvara frågeställningen för undersökningen med en analytisk modell brukar detta val av metod rekommenderas. Ofta är det dock så att systemet är mycket komplext, med både stokastik och parametrar som beror av varandra, vilket utesluter en analytisk lösning där ett exakt svar erhålls. För sådana system är simulering ett lämpligt val av metod.<sup>91</sup> Sjukvården är komplex och även system inom sjukvården, som exempelvis laboratorier<sup>92</sup>, är komplexa system varför simulering rekommenderas som analysverktyg<sup>93 94</sup>. System inom sjukvården har också studerats med andra analysverktyg som exempelvis med hjälp av Markovkedjor och arbetsflödesdiagram, även kallade papper-penna diagram. Dessa metoder är dock både sämre på att representera verkligheten och att analysera förändringen.<sup>95 96</sup>

Att simulering är ett lämpligt metodval inom sjukvården kan konstateras<sup>97</sup>. Tyvärr är det vanligt att det uppstår en rad problem och utmaningar vid skapandet av modellen, vilket framförallt orsakas av den data som finns tillgänglig<sup>98</sup>. En anledning är att den data som finns ofta inte innehåller den informationen som krävs vid modelleringen. En annan anledning är att modellering av ett system ofta innefattar kontakt med flera olika instanser, vilka ofta har olika datasystem och omfattande databehandling krävs för att kunna använda den.<sup>99</sup>

I många simuleringsstudier har förbättringsförslag givits och kritiska faktorer som är avgörande när beslut ska tas identifierats<sup>100</sup>. Dessvärre visar dock rapporter på att väldigt få av studierna har implementerats i verkligheten<sup>101 102</sup>. Detta beror av flera orsaker som att sjukvården ständigt står inför förändringar och omstruktureringar, vilket kan skapa stress hos de inblandade och viljan till ytterligare förändringar är liten. Därför är det viktigt att de som modellerar systemet har en nära kontakt med dem som involveras i studien, så att de får en förståelse och tillit till studien och

---

<sup>90</sup> Law, A. D. & Kelton, W. D. (2000), *Simulation Modeling and Analysis*. s. 4-5

<sup>91</sup> Ibid. s. 5

<sup>92</sup> Vogt, W. et al. (1994), Realistic Modeling of Clinical Laboratory Operation by Computer Simulation. *Clinical Chemistry*, 40(6). s. 922-928

<sup>93</sup> Jun, J. B. et al. (1999), Application of Discrete-Event Simulation in Health Care Clinics: A Survey. *Journal of the Operational Research Society*, 50(2). s. 109-123

<sup>94</sup> Proctor, T. (1996), Simulation in hospitals. *Health Manpower Management*, 22(5). s. 657-661

<sup>95</sup> Fone, D. et al. (2003), Systematic Review of the Use and Value of Computer Simulation Modeling in Population Health and Health Care Delivery. *Journal of Public Health*, 25(4). s. 325-335

<sup>96</sup> Proctor, T. (1996), Simulation in Hospitals. *Health Manpower Management*, 22(5). s. 40-44

<sup>97</sup> Fone, D. et al. (2003), Systematic Review of the Use and Value of Computer Simulation Modeling in Population Health and Health Care Delivery. *Journal of Public Health*, 25(4). s. 325-335

<sup>98</sup> Harper, P. R. & Pitt, M.A. (2004), On the Challenges of Healthcare Modeling and a Proposed Project Life Cycle for Successful Implementation. *Journal of the Operational Research Society*, 55(6). s. 657-661

<sup>99</sup> Fryk, P. & Steins, K. (2010), A Modern Process Perspective, Process Mapping, and Simulation in Health Care: Opportunities and IT Infrastructural Needs. *2010 IEEE Workshop on Health Care Management (WHCM)*. s. 1-6

<sup>100</sup> Fone, D. et al. (2003), Systematic Review of the Use and Value of Computer Simulation Modeling in Population Health and Health Care Delivery. *Journal of Public Health*, 25(4). s. 325-335

<sup>101</sup> Ibid.

<sup>102</sup> Brailsford, S. (2005), Overcoming the Barriers to Implementation of Operations Research Simulation Models in Healthcare. *Clinical & Investigative Medicine*, 28(6). s. 312-316

eventuella förändringar. En annan orsak är att en simuleringsstudie ofta är kostsam och omfattande, varför de många gånger utförs av akademiker. I regel är deras intresse mer att bevisa teoretiska och metodiska framsteg än att studien ska implementeras.<sup>103</sup>

### 3.3 Databehandling

Den data som samlats in, från det verkliga systemet, behöver bearbetas så att den kan användas som indata till modellen. Insamlad data från stokastiska variabler i systemet modifieras med sannolikhetsfördelningar i modellen. Tillvägagångssättet för att hitta en sannolikhetsfördelning görs successivt och presenteras nedan i detta stycke.<sup>104 105</sup>

#### 3.3.1 Undersökning om beroende i datamängd

En förutsättning för att kunna använda många av sannolikheteorins tillämpningar, som exempelvis chi2-test och *Maximum Likelihood*-skattning (ofta förkortat ML-skattning), är att den data som studeras är oberoende. Det innebär att sannolikheten att en händelse inträffar är lika stor oavsett vad som har inträffat tidigare eller vid vilken tid den samlats in. För att undersöka oberoende i en dataserie kan både grafiska och analytiska tester utföras.<sup>106</sup>

##### 3.3.1.1 Analytiska tester

Run-test är en analytisk metod som undersöker hur många gånger värdena i en dataserie ökar alternativt minskar. Ett run motsvarar alltså en sekvens av dataserien där värdena konstant ökar eller minskar i förhållande till föregående datapunkt. Testet går ut på att jämföra antalet sekvenser som förväntas i en slumpserie mot antalet sekvenser som observerades i den aktuella dataserien.<sup>107</sup> Fördelen med ett run-test är att det inte behöver ta hänsyn till att datamängden tillhör någon specifik fördelningsfunktion. En svaghet är dock att en trend i dataserien inte kan upptäckas.<sup>108</sup>

##### 3.3.1.2 Grafiska tester

I ett punktdiagram plottas datapunkterna  $X_i$  och  $X_{i+1}$  parvis mot varandra för att undersöka om det finns något mönster i diagrammet. Om den data som studeras är oberoende antas punkterna hamna slumpartat i diagrammet. En positiv korrelation innebär att ett högt värde för  $X_i$  medför ett högt värde för  $X_{i+1}$  och vice versa. För icke negativa värden för  $X$  innebär en positiv korrelation att punkterna tenderar att ligga längs en positiv linje i första kvadranten. En negativ korrelation innebär istället att ett högt värde på  $X_i$  medför ett lågt värde på  $X_{i+1}$  och vice versa. I diagrammet tenderar därför punkterna, för en datamängd som är negativt korrelerad och antar icke negativa värden, att hamna längs en negativ linje i första kvadrant.<sup>109</sup> I Figur 6 nedan visas till vänster ett punktdiagram för en oberoende datamängd, och till höger en datamängd med positiv korrelation.

---

<sup>103</sup> Brailsford, S. (2005), Overcoming the Barriers to Implementation of Operations Research Simulation Models in Healthcare. *Clinical & Investigative Medicine*, 28(6). s. 312-316

<sup>104</sup> Olsson, F. *Indata-analys*. Föreläsning i kursen Simulering av produktionssystem.

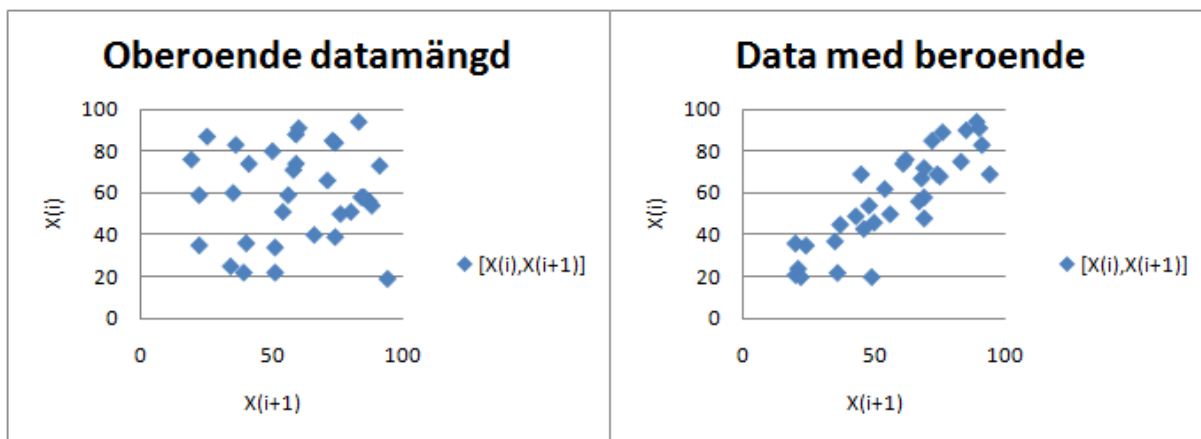
<sup>105</sup> Law, A. D. & Kelton, W. D. (2000), *Simulation Modeling and Analysis*. s. 292-297, 329-333

<sup>106</sup> Ibid. s. 329-332

<sup>107</sup> Laguna, M. & Marklund, J. (2005), *Business Process Modeling, Simulation and Design*. s. 345-346

<sup>108</sup> Law, A. D. & Kelton, W. D. (2000), *Simulation Modeling and Analysis*. s. 331-332

<sup>109</sup> Ibid. s. 329-330



Figur 6. Till vänster visas en oberoende datamängd och till höger en datamängd med positiv korrelation.

Nackdelen med ett punktdiagram är att den inte kan se ett säsongberoende i serien, eftersom den bara studerar beroendet för ett tidssteg<sup>110</sup>. För en datamängd som spänner över några månader och antar ett värde varje dag kan ett punktdiagram till exempel inte upptäcka om det finns ett beroende mellan veckodagarna, utan endast från dag till dag. Därför är det lämpligt att också skatta autokorrelationen i datamängden och plotta den i ett diagram.<sup>111</sup>

Autokorrelationsfunktionen är den normerade autokovariansfunktionen. *Auto* betyder själv och *förtydligar* att det är beroendet i datamängden som undersöks och inte beroende mellan två datamängder.<sup>112</sup> För en datamängd är därför autokovariansen,  $c_\tau$ , en summa av alla kombinationer för kovarians som kan bildas med tidssteget  $\tau$ , vilken beräknas på följande sätt<sup>113</sup>:

$$c_\tau = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n-\tau} (X_t - \bar{X})(X_{t+\tau} - \bar{X})$$

$n$  är antalet punkter i datamängden och  $\bar{X}$  medelvärdet för datamängden. Genom att dividera kovariansen med variansen, normering, fås korrelationskoefficienten,  $\rho_\tau$ , som är en dimensionslös storhet och kan anta värden mellan  $-1$  och  $1$ .<sup>114</sup> Den mäter graden av linjärt beroende och ett värde på  $1$  innebär ett fullständigt linjärt beroende. Genom att plotta korrelationskoefficienten för olika värden på  $\tau$  åskådliggörs beroendet mellan olika tidsavstånd.<sup>115</sup>

### 3.3.2 Identifiering av teoretisk fördelning

Efter att ha undersökt datamängden, och fått kunskap om det finns beroende i datamängden, kan identifiering av en teoretisk fördelning för att modellera datamängden göras. Förhoppningen är att hitta en, eller eventuellt flera fördelningar, som kan generera en liknande datamängd. Detta för att det finns både kunskap om teoretiska fördelningar och att de är lätta att göra förändringar med dem i modellen. Om dock ingen teoretisk fördelning kan identifieras finns tre alternativ att ta till för att modellera datamängden. Det första alternativet är att förlita sig till känd teori om när olika fördelningar är lämpliga att använda och sedan från datamängden skatta lämpliga parametrar. Ett

<sup>110</sup> Law, A. D. & Kelton, W. D. (2000), *Simulation Modeling and Analysis*. s. 329-330

<sup>111</sup> Olsson, F. *Indata-analys*. Föreläsning i kursen Simulering av produktionssystem.

<sup>112</sup> Lindgren, G. & Rootzén, H. (2005), *Stationära stokastiska processer*. s. 30-34

<sup>113</sup> Blom, G. et al. (2005), *Sannolikhets teori och statistik teori med tillämpningar*. s. 232-234

<sup>114</sup> Ibid. s. 121-123

<sup>115</sup> Lindgren, G. & Rootzén, H. (2005), *Stationära stokastiska processer*. s. 30-34



andra alternativ är att skapa en empirisk fördelning utifrån datamängden och det sista alternativet är att använda värdena från den insamlade datan direkt i modellen. Det andra alternativet är att föredra gentemot det sista alternativet, eftersom det sista alternativet är begränsat till att återge exakt de värden som finns i datamängden.<sup>116</sup>

### 3.3.2.1 Histogram<sup>117</sup>

Ett första steg till att identifiera en teoretisk fördelning är att göra ett histogram, för att hitta en fördelningsfamilj. Då sorteras data in i olika intervall, som är lika stora, och varje intervall representeras med en stapel. Stapelns höjd motsvarar antal mätpunkter från datamängden som hamnar inom det aktuella intervallet. Därmed motsvarar histogrammets area det totala antalet gjorda observationer. Om denna normeras är höjden på stapeln också sannolikheten att hamna i det aktuella intervallet. På samma sätt anger en täthetsfunktion sannolikheten att anta ett visst värde och ett histogram kan därför sägas vara en skattning av täthetsfunktionen. Liknar datamängden en teoretisk fördelning kan det ses i histogrammet, om lämpligt antal intervall väljs.

### 3.3.2.2 Parameterskattning

När sedan en teoretisk fördelning har identifierats för datamängden ska fördelningens parametrar skattas. Detta görs för att hitta den eller de parametrar med vilka fördelningen blir så lik den empiriska datan som möjligt.<sup>118</sup> Skattning kan göras både intuitivt och med objektiva metoder, som exempelvis Maximum Likelihood-metoden. En intuitiv skattning innebär att man utifrån datamängden skattar sina parametrar, utan att beakta fördelningsfunktionens egenskaper. Om till exempel den okända parametern antas vara väntevärdet  $\mu$  skattas den som stickprovsmedelvärdet  $\bar{x}$  hos datamängden. En objektiv metod tar däremot hänsyn till utseendet hos fördelningen och den viktigaste är Maximum Likelihood-metoden, vilken också är den som tillämpas i projektet. Idén för metoden är att skatta den okända parametern så att dess värde gör den aktuella datamängden så trolig som möjlig.<sup>119</sup>

## 3.3.3 Utvärdering av anpassad fördelning

När den anpassade fördelningen, med skattade parametrar, ska undersökas hur väl den klarar av att generera den verkliga datan utförs olika tester. Därefter görs en utvärdering av testerna och i kombination med kunskap om den teoretiska fördelningen tas beslut om huruvida den anpassade fördelningen kan modellera datamängden.<sup>120 121</sup>

### 3.3.3.1 Grafiska tester

Grafiska tester kan vara *quantile-quantile*-plot, QQ-plot, eller *probability-probability*-plot, PP-plot. Idén med QQ-plot är att den empiriska datans kvantiler plottas mot den teoretiska fördelningens kvantiler. Om den insamlade datan följer den teoretiska fördelningen kommer grafen se ut som en rak linje.<sup>122</sup> PP-plotten visar den empiriska sannolikhetsfördelningen plottad mot den teoretiska. Även i denna graf tyder en rät linje på att den empiriska följer den teoretiska fördelningsfunktionen. Dessa plottar bör användas tillsammans, då de är olika känsliga för avvikelser i mitten och i

---

<sup>116</sup> Law, A. D. & Kelton, W. D. (2000), *Simulation Modeling and Analysis*. s. 292-298

<sup>117</sup> Ibid. s. 335-337

<sup>118</sup> Ibid. s. 343-347

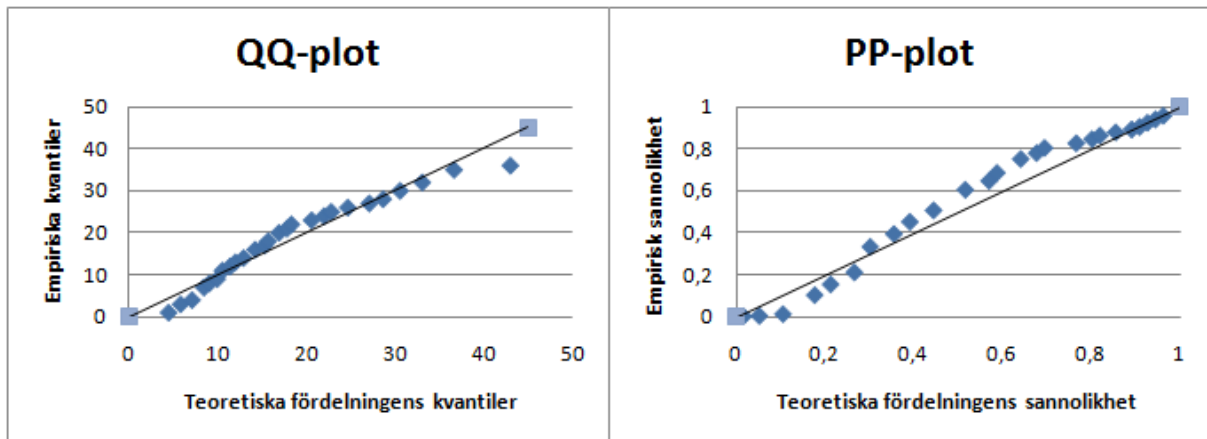
<sup>119</sup> Blom, G. et al. (2005), *Sannolikhetsteori och statistikteori med tillämpningar*. s. 250-259

<sup>120</sup> Olsson, F. *Indata-analys*. Föreläsning i kursen Simulering av produktionssystem.

<sup>121</sup> Law, A. D. & Kelton, W. D. (2000), *Simulation Modeling and Analysis*. s. 297, 347

<sup>122</sup> Chan, N. H. et al. (2006), *Simulation Techniques in Financial Risk Management*. s. 73

utkanterna av datamängden.<sup>123</sup> Hur de kan se ut visas i Figur 7, där samma datamängd analyserats med både en QQ-plot och en PP-plot.



Figur 7. QQ-plot och PP-plot. Viss avvikelse mellan den empiriska och den teoretiska fördelningen kan anas.

### 3.3.3.2 Goodness of fit-tester

*Goodness of fit*-tester undersöker om en datamängd verkar följa en viss fördelning eller ej. Om nollhypotesen, att mängden härstammar från den testade teoretiska fördelningen, förkastas, kan man utesluta den teoretiska fördelningen. Om nollhypotesen *inte* kan förkastas innebär det dock inte nödvändigtvis att den teoretiska fördelningen är ett bra antagande.<sup>124</sup>

Chi2-testet är antagligen det mest använda testet. Det görs genom att först skapa ett histogram. Histogrammets intervalls övre och undre gränser används för att beräkna sannolikheten att en stokastisk variabel  $x$  hamnar inom ett givet intervall, även kallat bin.<sup>125</sup> Den sannolikheten benämns  $p_j$ ,  $j=1, 2, \dots, r$  där  $r$  är antalet bins. Låt  $n$  beteckna det totala antalet observationer i datamängden, och  $x_j$  antalet observationer i bin  $j$ . Vi har då följande testvariabel:<sup>126</sup>

$$Q_{obs} = \sum_{j=1}^r \frac{(x_j - np_j)^2}{np_j}$$

Det innebär att ju mer  $x_j$  avviker från  $np_j$ , desto större blir  $Q_{obs}$ . Om nollhypotesen är rätt kan man visa att  $Q_{obs}$  är en observation av  $Q$  som är approximativt  $\chi^2(r-1)$ -fördelad. Själva testet blir då att förkasta nollhypotesen om  $Q_{obs}$  överstiger  $\chi^2_{\alpha}(r-1)$ , annars förkastas inte nollhypotesen.  $\chi^2_{\alpha}(r-1)$  kan hittas ur tabell och testet får signifikansnivå  $\alpha$  om  $n$  är stort.<sup>127</sup>

Kolmogorov-Smirnov-testet är ett annat vanligen använt *goodness of fit*-test. Fördelar med detta test jämfört med Chi2-testet är att beslut slipper tas angående histogrammet och hur många bins som ska användas, samt att testet går att använda för mindre datamängder. Det kan dock endast användas för kontinuerliga fördelningar. Testet har dessutom andra nackdelar som leder till att nollhypotesen ibland förkastas oftare än önskat. För att utföra testet beräknas, för varje datapunkt  $x$ ,

<sup>123</sup> Olsson, F. *Indata-analys*. Föreläsning i kursen Simulering av produktionssystem.

<sup>124</sup> Laguna, M. & Marklund, J. (2005), *Business Process Modeling, Simulation and Design*. s. 331

<sup>125</sup> Ibid. s. 332

<sup>126</sup> Blom, G. et al. (2005), *Sannolikhetsteori och statistikteori med tillämpningar*. s. 341-342

<sup>127</sup> Ibid.

den största absoluta avvikelsen mellan den empiriska och den teoretiska sannolikhetsfördelningen. Denna avvikelse, ofta betecknad  $D$ , jämförs därefter med ett värde,  $D_{critical}$ , som fås ur tabell. Nollhypotesen, att datamängden följer den teoretiska fördelning, förkastas om  $D$  är större än  $D_{critical}$ .<sup>128</sup>

### 3.4 Teoretiska fördelningar

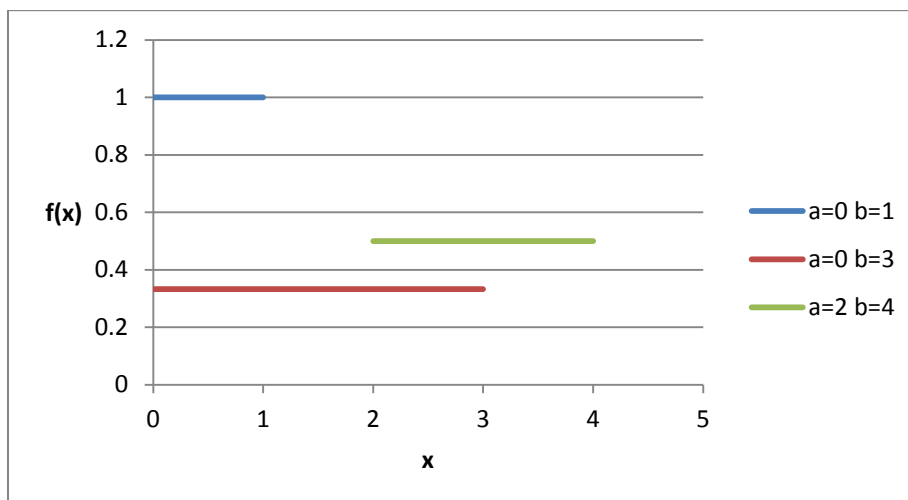
Nedan presenteras de sannolikhetsfördelningar som använts i simuleringsmodellen.

#### 3.4.1 Rektangelfördelning<sup>129</sup>

Rektangelfördelningen är en kontinuerlig sannolikhetsfördelning som antar värden inom ett intervall med lika stor sannolikhet. Beroende på vilka parametrar som väljs för övre respektive undre gräns för intervallet bestäms dess längd samt vilka tal som kan genereras. Täthetsfunktionen ger en bild av hur sannolika olika resultat är i förhållande till varandra; Figur 8 visar hur det kan se ut för olika värden på parametrarna. Definitionen för rektangelfördelningens täthetsfunktion är enligt följande för en stokastisk variabel  $X$ :

$$f_X(x; a, b) = \begin{cases} \frac{1}{(b-a)} & \text{för } a \leq x \leq b \\ 0 & \text{annars} \end{cases}$$

Sannolikhetsfördelningen används ofta som ett inledande steg att modellera slumpmässig data och när det finns lite information om datamängden och endast ett ungefärligt antagande kan göras.



Figur 8. Täthetsfunktion för rektangelfördelningen med olika värden på parametrarna  $a$  och  $b$ .

#### 3.4.2 Triangelfördelning<sup>130</sup>

Triangelfördelningen ingår också i gruppen av kontinuerliga sannolikhetsfördelningar. Den har en enkel uppbyggnad som kräver en lägre gräns  $a$ , mest troliga värde  $c$  och en övre gräns  $b$ , som parametrar. Figur 9 visar hur täthetsfunktionen kan se ut när parametrarna antar olika värden. För en stokastisk variabel  $X$  är definitionen av täthetsfunktionen enligt följande:

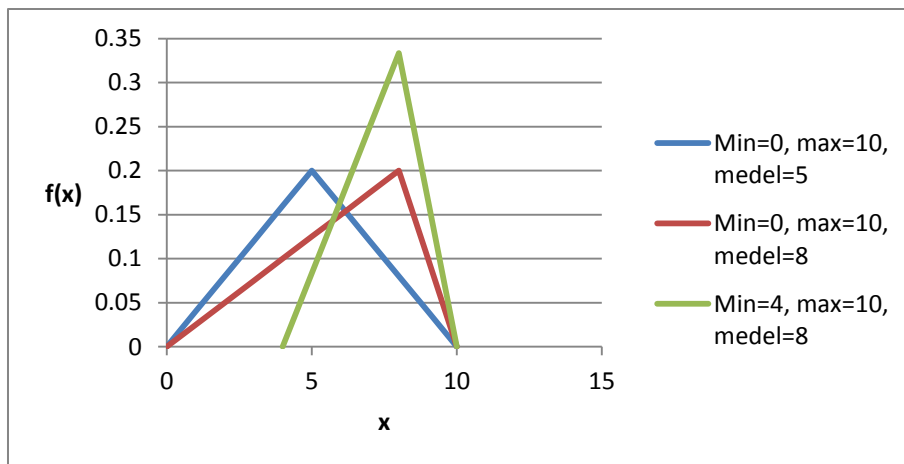
<sup>128</sup> Laguna, M. & Marklund, J. (2005), *Business Process Modeling, Simulation and Design*. s. 335-336

<sup>129</sup> Law, A. D. & Kelton, W. D. (2000), *Simulation Modeling and Analysis*. s.299-300

<sup>130</sup> Ibid. 317-318, 386

$$f_x(x; a, b, c) = \begin{cases} \frac{2(x-a)}{(b-a)(c-a)} & \text{för } a \leq x \leq c \\ \frac{2(b-x)}{(b-a)(b-c)} & \text{för } c \leq x \leq b \\ 0 & \text{annars} \end{cases}$$

Fördelningen används ofta när det finns begränsat med mätvärden och det är känt vad som är lägsta och högsta tillåtna värde, samt att en uppskattning för det mest troliga värdet går att göra.



Figur 9. Täthetsfunktion för triangelfördelning med olika parametrar.

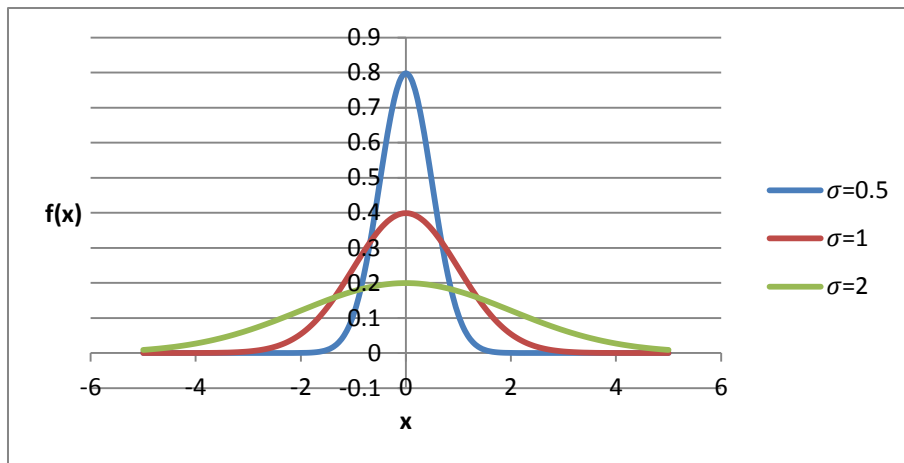
### 3.4.3 Normalfördelning<sup>131</sup>

Normalfördelningen är en kontinuerlig fördelningsfunktion och symmetrisk kring dess medelvärde, se Figur 10. En normalfördelad variabel antar ofta värden som är nära medelvärdet,  $\mu$ , och mer sällan ett värde som avviker stort. Avvikelsen beror på värdet för standardavvikelsen,  $\sigma$ . Definitionen för normalfördelningens täthetsfunktion visas enligt nedan för en stokastisk variabel  $X$ .

$$f_x(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2}$$

Det är den mest förekommande sannolikhetsfördelningen, vilket är en konsekvens av den centrala gränsvärdesatsen. Denna säger att normalfördelningen uppträder i ett generellt sammanhang: Summan av oberoende likafördelade stokastiska variabler med godtycklig fördelning är approximerat normalfördelat om antalet komponenter i summan är tillräckligt stort. Därför kan normalfördelningen användas som en enkel modell för att förklara komplexa företeelser i naturen och samhället, samtidigt som den ofta används inom vetenskapen när parametrar skattas, då den kan förklara många små oberoende variationer vid mätningarna.

<sup>131</sup> Blom, G. et al. (2005), *Sannolikhets teori och statistikteori med tillämpningar*. s. 142-161



Figur 10. Täthetsfunktion för normalfördelning med medelvärde noll och olika standardavvikelse.

### 3.4.4 Lognormalfördelning

Lognormalfördelningen är, liksom tidigare nämnda fördelningar, en kontinuerlig sannolikhetsfunktion. Fördelningsfunktionen beskriver en stokastisk variabel vars logaritm är normalfördelad. Detta innebär att om  $Y$  är en normalfördelad stokastisk variabel, så är  $X = \exp(Y)$  lognormalfördelad. Definitionen av täthetsfunktionen för lognormalfördelningen är enligt nedan:<sup>132</sup>

$$f_x(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(\ln x - \mu)^2 / 2\sigma^2}$$

Denna sannolikhetsfördelning kan användas när en variabel, som motsvarar en produkt av flera ingående oberoende stokastiska variabler, vilka är positiva, ska modelleras<sup>133</sup>. Detta är också en konsekvens av den Centrala gränsvärdesatsen, se härledningen nedan<sup>134</sup>:

Sats: Låt  $X_1, X_2, \dots, X_n$  vara oberoende och likafördelade stokastiska variabler och positiva, d.v.s. för alla  $i$  har vi  $P(X_i > 0) = 1$ . Om  $n$  är tillräckligt stort så följer  $Y = X_1 * X_2 * X_3, \dots, X_n$  approximativt en lognormalfördelning.<sup>135</sup>

Bevis:  $\ln Y = \ln(X_1 * X_2 * \dots * X_n) = \ln X_1 + \ln X_2 + \dots + \ln X_n$ . Alltså är  $\ln Y$  en summa av oberoende likafördelade stokastiska variabler och därmed enligt Centrala gränsvärdesatsen approximativt normalfördelad om  $n$  är tillräckligt stort. Därför är också  $Y$  approximativt lognormalfördelad, om  $n$  är tillräckligt stort.<sup>136</sup>

Exempel på när en lognormalfördelning kan vara lämplig att använda för modellering av en variabel är när den representerar tiden det tar att utföra en aktivitet, speciellt om den består av många subaktiviteter. Den kan också vara lämplig då tiden mellan avbrott eller varaktigheten av mänsklig

<sup>132</sup> Law, A. D. & Kelton, W. D. (2000), *Simulation Modeling and Analysis*. s. 307-308

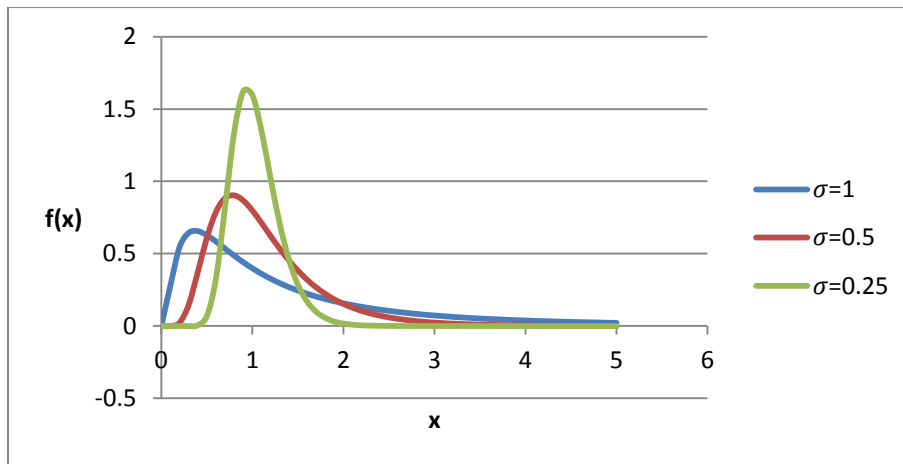
<sup>133</sup> Ibid.

<sup>134</sup> [www.math.kth.se](http://www.math.kth.se) Matematisk statistik/Grundutbildning med kursinformation/Sannolikhetslära och statistik F/Aktuell information/Föreläsning 6. 02.02.2010 (pdf)

<sup>135</sup> Ibid.

<sup>136</sup> Ibid.

aktivitet ska modelleras.<sup>137</sup> Figur 11 visar exempel på täthetsfunktionens utseende med varierande standardavvikelse.



Figur 11. Täthetsfunktion för lognormalfördelning med medelvärde ett och olika standardavvikelse.

### 3.4.5 Exponentialfördelning

Exponentialfördelningen tillhör också gruppen av kontinuerliga sannolikhetsfördelningar. Här har väntevärde och standardavvikelse samma värde,  $1/\lambda$ , där  $\lambda$  motsvarar intensiteten. Figur 12 visar fördelningens utseende. Följande täthetsfunktion erhålles för en stokastisk variabel  $X$ .<sup>138</sup>

$$f_X(x; \lambda) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x} & \text{för } x \geq 0 \\ 0 & \text{för } x < 0 \end{cases}$$

Fördelningen modellerar tiden mellan händelser i en Poissonprocess och har egenskapen att den "saknar minne", även kallad Markovegenskapen. Om  $T$  antas vara en positiv stokastisk variabel som anger tiden till nästa händelse och vi vet vid tiden  $t$  att ingen händelse har inträffat,  $T > t$ , så är  $T - t$  den återstående livslängden. Det betyder att fördelningsfunktionen för sannolikheten att en händelse inträffar innan tidpunkten  $s$  ser ut enligt följande.<sup>139</sup>

$$P(T - t \leq s | T > t) = P(T \leq t + s | T > t) = \frac{P(T < t+s, T > t)}{P(T > t)} = \frac{P(T < t+s) - P(T > t)}{P(T > t)} = \frac{F(t+s) - F(t)}{1 - F(t)}$$

Om nu  $T$  är exponentialfördelad med intensiteten  $1/\lambda$ ,  $T \in \text{Exp}(1/\lambda)$ , så blir uttrycket:

$$\begin{aligned} P(T - t \leq s | T > t) &= \frac{(1 - e^{-\lambda(t+s)}) - (1 - e^{-\lambda t})}{1 - (1 - e^{-\lambda t})} = \frac{e^{-\lambda t} - e^{-\lambda(t+s)}}{e^{-\lambda t}} = \frac{e^{-\lambda t}(1 - e^{-\lambda s})}{e^{-\lambda t}} = \\ &= 1 - e^{-\lambda s} = P(T < s) \end{aligned}$$

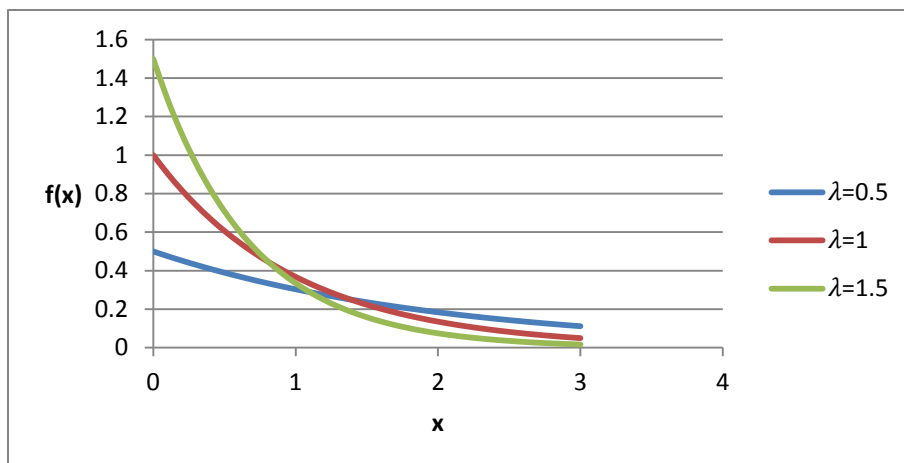
Här syns att tidpunkten  $t$  inte påverkar. Givet att  $T > t$ , så har den återstående livslängden  $T - t$  en exponentialfördelning som är identisk med exponentialfördelningen för  $T$  själv. Därmed går det också att säga att händelserna i en Poissonprocess sker oberoende av varandra.<sup>140</sup>

<sup>137</sup> Law, A. D. & Kelton, W. D. (2000), *Simulation Modeling and Analysis*. s. 303, 307-308, 376

<sup>138</sup> Ibid. s. 300-301

<sup>139</sup> Rydén, T. & Lindgren, G. (2000), *Markovprocesser*. s. 71-74

<sup>140</sup> Ibid.



Figur 12. Täthetsfunktion för exponentialfördelning med varierande värde på parametern  $\lambda$ .

### 3.5 Diabetes

Diabetes är en kronisk sjukdom som innebär att man har problem med hormonet insulin; vanligtvis är det brist på insulin men det kan också bero på att cellerna har blivit mindre mottagliga för insulin. Insulinets uppgift är att reglera halten av socker i blodet. Det finns två huvudtyper av diabetes, som klassificeras efter orsaken till bristen på insulin i kroppen. Vid typ 1, även kallad barn- och ungdomsdiabetes då debuten ofta sker i tidig ålder, tar kroppens egna immunförsvar död på de insulinproducerande betacellerna.<sup>141</sup> Vid typ 2 finns fortfarande insulinproduktion men den är inte tillräcklig, eftersom cellerna har blivit mindre känsliga för insulin. Den minskade känsligheten kan bero på både levnadsvanor och ärftlighet, och insjuknandet sker oftast i vuxen ålder, varför diabetes typ 2 ibland kallas ålders- och fetmadiabetes. Diabetes är en av de vanligaste folksjukdomarna och ungefär fyra procent av Sveriges befolkning har sjukdomen, vilket är ungefär 7000 människor i nordvästra Skåne<sup>142</sup>. Av alla som har diabetes, har nio av tio diabetes typ 2<sup>143</sup>.

#### 3.5.1 Behandling och vård

Eftersom personer med diabetes typ 2 fortfarande har insulinproduktion kan en behandling med ändrade levnadsvanor räcka, där motion är det effektivaste sättet att öka känsligheten för insulin. Ett vanligt andra steg i behandlingen är intag av läkemedel i form av tabletter. Flera olika typer av läkemedel finns, men alla syftar till att antingen förbättra insulinkänsligheten i cellerna eller att öka insulinproduktionen. Ett sista steg eller alternativ är att tillföra kroppen insulin genom injektioner i underhudsfettet.<sup>144</sup> För personer med diabetes typ 1 är däremot den enda möjliga behandlingen insulintillförsel<sup>145</sup>.

En bra blodsockernivå är viktigt att ha för att undvika risken för komplikationer. Plötsliga komplikationer kan inträffa för personer med insulinbehandling, vilket sker då behovet av insulin har uppskattats fel. Det resulterar i alldeles för höga eller låga blodsockervärden, vilket kan leda till syraförgiftning respektive insulinkänning, vilket är ett akut sjukdomstillstånd. För att försöka undvika dessa tillstånd kontrolleras blodsockervärdet dagligen med hjälp av egna blodsockermätare. En

<sup>141</sup> [www.1177.se](http://www.1177.se) Sjukdomar och besvär/Diabetes typ 1/Vad händer i kroppen?

<sup>142</sup> [www.helsingborgslasarett.se](http://www.helsingborgslasarett.se) Patienter och närstående/Sjukdomar och rådgivning/Diabetes

<sup>143</sup> [www.1177.se](http://www.1177.se) Sjukdomar och besvär/Diabetes typ 2/Vad händer i kroppen?

<sup>144</sup> Ibid. Sjukdomar och besvär/Diabetes typ 2/Vård och behandling

<sup>145</sup> Ibid. Sjukdomar och besvär/Diabetes typ 1/Översikt

annan typ av komplikationer är de som utvecklas under en längre tid, vilket är ett resultat av en förhöjd blodsockernivå under en längre tid. Då har kroppens blodkärl tagit skada och blodtillförseln är försämrad, vilket kan leda till nedsatt syn, nedsatt njurfunktion och försämrad blodcirkulation och känsel i fötterna. För att undvika denna typ av komplikationer är det viktigt att regelbundet kontrollera sitt HbA1c, som är ett genomsnittligt mått på blodsockernivån, två till tre månader tillbaka från provtagningstillfället. Det är också viktigt att ta blodprov för att kontrollera njurfunktionen och urinprov för kontroll av proteinutsöndringen.<sup>146</sup>

Ungefär en gång per år kallas man till läkarbesök för sin diabetes. Inför dessa tillfällen tas prover för att kontrollera sitt sjukdomstillstånd. Då tas alltid HbA1c, blodprov för att kontrollera njurfunktionen och urinprov för att kontrollera proteinutsöndringen. Beroende på patientens sjukdomstillstånd kan ytterligare prover tas som är av mer individuell karaktär.<sup>147</sup> För personer med diabetes typ 2 sker besöken oftast inom primärvården, det vill säga på en vårdcentral, hos en allmänläkare. De har också en distriktssjuksköterska eller diabetessjuksköterska kopplad till sig som de har besök hos under året och tillsammans med läkaren ansvarar de för vården.<sup>148</sup> För personer med diabetes typ 1 sker däremot läkarbesöken generellt sett på sjukhuset hos en specialistläkare inom diabetes. Där sker också besöken hos sin diabetessjuksköterska och även annan vårdpersonal som kan vara kopplad till patienten, som dietist och psykolog.<sup>149</sup>

### 3.5.2 HbA1c

HbA1c är en form av hemoglobin, vilket Hb indikerar i namnet. Hemoglobin är ett protein som finns i de röda blodkropparna och det är också de som ger blodet sin röda färg. Deras uppgift är att transportera syret från lungorna till kroppens organ. Bokstaven A i HbA1c står för den mest förekommande hemoglobintypen A, från engelskans *adult*. HbA1c är alltså en undergrupp och kallas också för försockrat hemoglobin, eftersom HbA1c bildas då sockret i blodomloppet binds till hemoglobinet. Denna process ökar med koncentrationen socker i blodet och när sockret väl har bundits till hemoglobinet så förblir det också där. Därför fungerar HbA1c som ett bra mätvärde för hur blodsockernivån har varit de senaste två till tre månaderna.<sup>150</sup>

## 3.6 Programvara

Nedan ges en introduktion till den programvara som använts i denna studie. QlikView har använts för insamling av data och AutoMod är programmet som använts för modellering, simulering och analys. Excel och MATLAB har använts vid bearbetning av den insamlade data; de beskrivs dock inte närmare.

### 3.6.1 QlikView

QlikView är en mjukvara för hantering av information inom företag och organisationer, och är grundat 1993 i Lund av företaget QlikTech. Användaren av programmet ska kunna sammanställa och söka bland datamängder från vitt skilda källor, och data visas i ett lättförståeligt användargränssnitt.<sup>151</sup> Ett exempel på hur det kan se ut när man arbetar med QlikView ges i Figur 13. Information söks på ett associativt och logiskt sätt, data kan visualiseras i diagram och tabeller och

<sup>146</sup> [www.1177.se](http://www.1177.se) Sjukdomar och besvär/Diabetes typ 1/Komplikationer och följsjukdomar

<sup>147</sup> Ibid. Sjukdomar och besvär/Diabetes typ 1/Vård och behandling

<sup>148</sup> Ibid. Sjukdomar och besvär/Diabetes typ 2/Symtom och diagnos

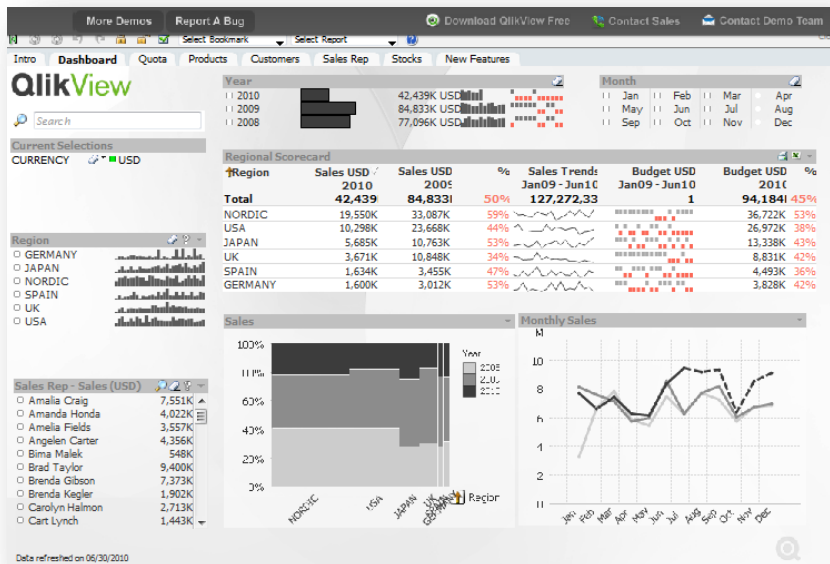
<sup>149</sup> Ibid. Sjukdomar och besvär/Diabetes typ 1/Vård och behandling

<sup>150</sup> Ibid. Undersökningar/Blod-, urin och avföringsprover/HbA1c/Varför behöver man lämna provet?

<sup>151</sup> [www.qlikview.com/se](http://www.qlikview.com/se) Företaget/Översikt



verksamhetsinformation kan enkelt delas med andra.<sup>152</sup> QlikView har användare inom bland annat tillverkande företag, tjänsteföretag och forskning och sjukvård<sup>153</sup>. Inom sjukvården används QlikView för att förbättra patientsäkerheten genom omedelbar tillgång till sammanställd information, reducera driftskostnader genom analyser av resursanvändning, och för att förbättra patientvården genom synkronisering av resursprogram.<sup>154</sup>



Figur 13. Exempel på användargränssnitt i QlikView<sup>155</sup>.

### 3.6.2 AutoMod

AutoMod är en programvara för simulering av produktions- och logistiksystem. Programvaran används bland annat av företag inom fordons-, handels-, livsmedels- och läkemedelsbranschen.<sup>156</sup> Programmet är utvecklat av Applied Materials och består av fördefinierade moduler som kan användas för att modellera och analysera såväl enkla processer som komplexa system. AutoMod har möjlighet att kommunicera med externa applikationer, däribland Excel.<sup>157</sup> Figur 14 ger ett exempel på hur det kan se ut när man arbetar med AutoMod.

I AutoMod kallas de objekt som simuleras, till exempel människor, produkter eller provrör för *loads*. Det är med hjälp av dessa som simuleringen förs framåt; en load förflyttas fram i systemet tills den uppmanas att fördröjas. Klockan flyttas då fram till tiden för nästa loads rörelse.<sup>158</sup> Loadsen kan ha attribut kopplade till sig. Det kan vara till exempel en färg, eller en ankomsttid som följer loaden under hela simuleringen. Dessutom finns det resurser som kan modellera till exempel en maskin eller en arbetare. En load kan använda en resurs under en tid, vilket innebär att en resurs kan vara ledig

<sup>152</sup> [www.qlikview.com/se](http://www.qlikview.com/se) Utforska QlikView/Våra produkter/Bättre för slutanvändare

<sup>153</sup> Ibid. Utforska QlikView/Våra lösningar

<sup>154</sup> Ibid. Utforska QlikView/Våra lösningar/QlikView för forskning och sjukvård

<sup>155</sup> Ibid. Prova QlikView Demos/What's New in QV10

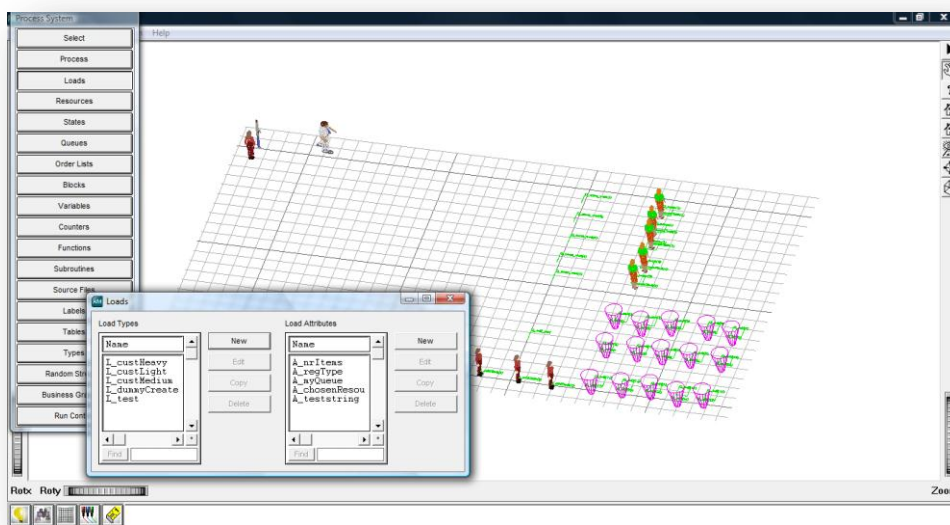
<sup>156</sup> [www.automod.se](http://www.automod.se)

<sup>157</sup> Ibid. AutoMod

<sup>158</sup> Banks, J. (2004), *Getting Started with AutoMod*. s. 10

eller upptagen.<sup>159</sup> Användaren kan också definiera variabler som kan anta ett värde, en tidpunkt eller ett ord<sup>160</sup>. Räknare kan anta ickenegativa heltal och kan användas på liknande sätt<sup>161</sup>. Loads kan sättas att vänta på speciella väntelistor tills det att något i simuleringen beordrar dem att lämna listan<sup>162</sup>. Användaren skriver processer, rader med programmeringskod som bestämmer vad loaden ska utföra när den befinner sig i processen. En process kan till exempel bestå av att använda en maskin i ett visst antal minuter, öka en variabel och sedan skicka loaden vidare till en annan process.<sup>163</sup> En subrutin kan användas för att återanvända kod för en mer effektiv programmering<sup>164</sup>.

AutoStat är en mjukvara som hör till AutoMod. Med den kan simuleringar göras och utdata analyseras med lämpliga statistiska tekniker. Med hjälp av AutoStat görs flera simuleringar med olika slumpvärden eftersom det behövs för att göra korrekta uppskattningar av verkligheten. Mjukvaran är en hjälp för att avgöra vilka resultat som är statistiskt signifikanta.<sup>165</sup>



Figur 14. Exempel på användargränssnitt i AutoMod.

<sup>159</sup> Banks, J. (2004), *Getting Started with AutoMod*. s. 8

<sup>160</sup> Ibid. s. 224-226

<sup>161</sup> Ibid. s. 485

<sup>162</sup> Ibid. s. 460-461

<sup>163</sup> Ibid. s. 84

<sup>164</sup> Ibid. s. 502

<sup>165</sup> Ibid. s. 267

## 4 Nulägesbeskrivning

---

*Avdelningen för Klinisk kemi består av ett laboratorium som genomför analyser, en provtagningscentral där blodprov tas och det så kallade funktionsprov där patientundersökningar genomförs<sup>166</sup>. Nedan följer en beskrivning av det flöde av prover och information som går genom laboratoriet och provtagningscentralen. Det som här beskrivs har framkommit genom grundliga studiebesök på avdelningen och intervjuer med biomedicinska analytiker och enhetschefer<sup>167 168</sup>.*

---

### 4.1 Prover och analyser

Analysen görs på bland annat blodprov och urinprov och flera analyser kan genomföras på ett och samma provrör. Det finns olika slags provrör som är dedikerade till en viss kategori av analyser. Provrörens ytor kan då vara preparerade med något ämne som till exempel ska förhindra eller påskynda koagulation. De olika rören har olikfärgade korkar för att hållas isär.

På Klinisk kemi kan ungefär 200 olika typer av analyser göras. Med varje patients provrör följer en remiss som specificerar vilka analyser som ska genomföras. Ett femtiotal analyser är förtryckta, och utöver dessa kan ytterligare önskade analyser anges. På remissen finns också information om patientens födelsedata och vid vilket klockslag som provet är taget.

Vissa prover är av akutkaraktär och tillhörande analyser för dessa rör är viktigt att genomföra så snabbt som möjligt. Akuta prover är därför märkta med en röd etikett som indikerar att provröret ska prioriteras över de andra. Målet med dessa är att de ska vara analyserade inom en timme. Det finns också analyser som är mer eller mindre akuta, inte på grund utav att svaret behövs akut, utan av fysiologiska skäl som gör att provet blir oanvändbart eller svaret otillförlitligt när provet åldras. Dessa är inte speciellt utmärkta men behandlas ändå snabbt av personalen.

### 4.2 Inflöde till Klinisk kemi

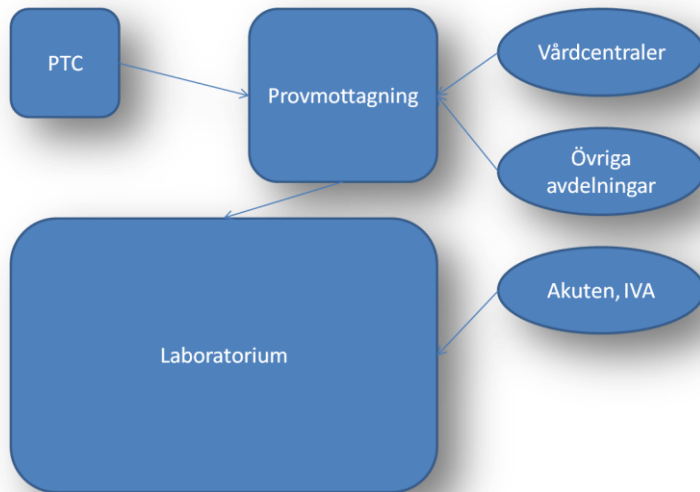
Prover som ska analyseras på laboratoriet kommer från fyra olika källor, där tre av dem går via provmottagningen, vilket kan ses i Figur 15. Några kommer till provmottagningen från provtagningscentralen, dit patienter från både sjukhuset och hemmaboende kommer. Andra prover kommer från sjukhusets övriga avdelningar, och kan vara av akut karaktär eller ett rutinprov. Provmottagningen får också försändelser från vårdcentraler runt om i Helsingborg och Ängelholm med prover som ska analyseras. De allra flesta kan analyseras på laboratoriet i Helsingborg, men några sorteras endast om och skickas vidare till andra sjukhus som ska utföra analysen.

---

<sup>166</sup> [www.helsingborgslasarett.se](http://www.helsingborgslasarett.se) Patienter och anhöriga/Enheter och mottagningar/Klinisk kemi

<sup>167</sup> Petter Hannerz, enhetschef Klinisk kemi

<sup>168</sup> Laila Petersson, biomedicinsk analytiker och ansvarig för stationerna för allmänkemi



**Figur 15. Schematisk bild över hur prover ankommer till provmottagningen och slutligen laboratoriet för analys.**

Provtagningscentralen är öppen måndag till torsdag mellan 7:00 och 16:00. Patienter som kommer till provtagningscentralen (PTC) tar en könummerlapp och får sitta ner och vänta. De ska vänta åtminstone 15 minuter innan provet tas på grund av medicinska skäl. När provet har tagits lämnas ett eller flera rör, beroende på vilka analyser som är beställda, tillsammans med remissen på uppsamlingsplatsen. Var tjugonde minut skickas de rör som står på platsen med hjälp av en linbanetransport till provmottagningen för vidare sortering. Denna transport tar cirka åtta minuter. Remisserna läses in på PTC.

Under en dag kommer det flera gånger in leveranser med prover från sjukhusets avdelningar. Personalen på avdelningarna kan lämna prover som de vill ha analyserade, tillsammans med tillhörande remisser, på avsedda upphämtningsplatser. Dessa hämtas då upp vid bestämda tider på dagen och transporteras till provmottagningen. Detta är den så kallade slingan, och den går vid sex bestämda tider under vardagar och en gång på lördag respektive söndag. För exakta tidpunkter, se Appendix B. Utöver slingan kan personal vid sjukhusets övriga avdelningar på egen hand gå ner med prover. De gör så, i mån av tid, om det är lång tid till nästa upphämtning för slingan, eller om provet anses som akut och måste analyseras snabbt.

Prover som kommer från områdets vårdcentraler levereras vid fasta cirkatider. För närvarande är detta elva tidpunkter på vardagar; dessa redovisas också i Appendix B. De kommer med transportbilar som transporterar prover till och från sjukhus och vårdcentraler över hela Skåne och är alltså inte endast dedikerade till Klinisk kemi i Helsingborg. Vid varje leverans kommer prover från mellan en till elva vårdcentraler på en gång. De levereras tillsammans med tillhörande remisser i blåa boxar som sedan packas upp och sorteras på provmottagningen.

Det finns en rörpost som är avsedd för transport av akuta prover från sjukhusets akutmottagning samt intensivvårdsavdelningen. Prover som skickas med denna kommer direkt in till laboratoriet och tas omhand av personalen där.

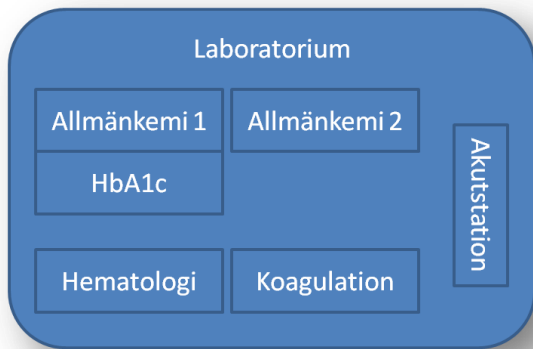
### 4.3 Provmottagningen

När prover kommer in till provmottagningen sorteras de av personalen beroende på om det är ett akut prov eller ej och vilken kategori av analys som ska genomföras. Om provet är akut kännetecknas det med en extra akutetikett och vilken kategori av analys kännetecknas av färgen på provrörskorken. Några prover som kommit från PTC och sjukhusets övriga avdelningar ska packas om för vidare transport till annat sjukhus eller laboratorium. Ett fåtal skickas till PTC, där det finns en analysmaskin (ickeakut sänka), och ytterligare en kategori analyseras direkt i provmottagningen (akut sänka). De allra flesta ska dock analyseras på laboratoriet och sorteras därför i ställ beroende på vilken maskin i labbet som ska genomföra analyserna. Några av proverna ska centrifugeras i provmottagningen innan de lämnas till laboratoriet. Det är för att analys ska utföras på blodets plasma. De allra flesta proverna från vårdcentralerna har redan centrifugerats på plats och ställs direkt i sina ställ. Centrifugeringen görs i en av provmottagningens två maskiner och tar tio eller tolv minuter, beroende på vilket rör som behandlas. När detta är klart ställs även dessa provrör i ställ. Rören som står i ställen hämtas sedan av personal i laboratoriet för vidare analys. Om det är fråga om ett akut prov, levererar dock provmottagningens personal provet till laboratoriet. Vid sorteringen hålls de prover som kommit från sjukhuset skilda från proverna från vårdcentralerna och PTC. Detta är för att Klinisk kemi försöker prioritera sjukhusets egna prover framför övriga.

Remisserna som följer med provrören läggs i en hög vid en remissinläsare. Denna hög matas då och då in i läsaren av provmottagningens personal eller sekreterare, för att informationen om vilka analyser som ska genomföras på vilka provrör ska nå datasystemet. Dessutom krävs att kompletterande information manuellt matas in i datasystemet. Provrören kan alltså lämna provmottagningen och lämnas till analysmaskin innan tillhörande remiss lästs in. Laboratoriets analysmaskiner kan dock inte genomföra analys innan den av datasystemet fått information om vilka analyser som ska utföras.

### 4.4 Laboratoriet

När prover ankommer till laboratoriet, antingen från provmottagningen eller genom rörposten, placeras de ut vid den aktuella analysmaskinens arbetsstation. Figur 16 visar en schematisk bild över de olika stationer som finns. Varje station kan ta hand om en viss typ av analyser, och består utav en eller flera analysmaskiner. För de analyser som kan fås akuta finns det alltid två maskiner som klarar av att utföra analyserna. När proverna är färdiganalyserade och ett godkänt resultat har genererats ställs proverna i kyl för förvaring i ett till två dygn.



Figur 16. Laboratoriets analysstationer. Utöver de i bilden utmärkta, största, stationerna finns ett antal mindre för den här studien icke relevanta, mindre stationer.

#### 4.4.1 Stationerna för allmänkemi 1 och 2 samt HbA1c

Vid stationerna för allmänkemi tas den största mängden prover omhand, cirka 70 procent. Här analyseras allmänkemi-, specialkemi-, toxikologi- samt urin och HbA1c-prover. Stationerna för allmänkemi 1 och 2 har liknande maskiner som båda kan utföra de vanligaste analyserna samt alla analyser som erbjuds akut. Vissa mer ovanliga analyser kan dock enbart göras vid en av stationerna. Normalt analyseras akuta prover vid station nummer 2, men station 1 kan vid avbrott analysera dessa också. Innan ett prov kan analyseras i maskinen tas korken av med hjälp av en maskin, som är gemensam för stationerna. Här görs också stickprov på några av proven för att se att remissen har hunnit läsas in, och de placeras i ställ om max fem rör per ställ. Därefter sätts de in i maskinens kösystem. Akuta prover korkas dock av för hand och placeras i speciella akutställ så snabbt som möjligt. Dessa prover har också en egen ingång till maskinen som placerar akuta prover före andra. Maskinen håller reda på det mest optimala sättet att analysera de prover som ställts in i maskinen samtidigt. Den prioriterar akuta framför andra. Analyserna tar mellan tolv minuter och ett par timmar.

När ett ställ med prover är färdiganalyserade ska resultatet kontrolleras av personal. Information om analysen finns i datorsystemet, och om ett provresultat anses tillförlitligt av maskinen finns svaret för just det röret tillgängligt direkt efter analys. Om värdet för någon analys däremot ligger utanför förutbestämda gränser eller om ett prov måste spädas, ska dessa eventuellt analyseras om och stället skickas då återigen in i maskinen. Ibland behövs ytterligare analys vid den andra stationen, och provet flyttas då manuellt. När rörets alla analyser blivit godkända placeras röret i ett ställ för förvaring i kyl, och resultaten finns tillgängliga i datorsystemet.

Blodprov där HbA1c ska analyseras och urinprov analyseras av maskinen vid stationen för allmänkemi 1. De går dock via den intilliggande stationen HbA1c. Här sätts de i separata ställ, som anger en annan typ av rör. För urinprover krävs ingen förberedelse utan ställen placeras i den vanliga kön till maskinen. HbA1c-proverna ska dock skakas i en maskin (här kallad skakmaskin) i cirka tio minuter innan de sätts i ställ. Detta är för att blodet inte ska sedimenteras; ställ med HbA1c ska därför också gå in genom akutingången i maskinen. Dock har stället ingen akutprioritering i maskinen.

#### 4.4.2 Övriga stationer

Utöver de ovan beskrivna stationerna finns andra analysstationer, däribland koagulation, respiration, hematologi och andra stationer där mer sällsynta prover analyseras. De fungerar i stort på liknade sätt som stationerna för allmänkemi och beskrivs här ej mer ingående. Prover som kommer via rörpost från akuten och intensivvårdsavdelningen tas om hand av den ansvarige personalen vid akutstationen, som placerar ut provet vid rätt station.

Samtliga maskiner kräver tidvis underhåll. Ofta sker detta under natten, när i princip bara akuta analyser utförs och beläggningen är låg. Då används den andra av de två likartade maskinerna. Andra avbrott inkluderar kalibrering av mätverktygen och oplanerade stopp på grund av fel.





## 5 Modellbeskrivning och presentation av data

---

Här beskrivs hur det verkliga systemet har modellerats i simuleringsprogrammet AutoMod. Först beskrivs den konceptuella modellen och vilka förenklingar den innebär. Därefter ges en kort beskrivning av hur modellen skapats i simuleringsprogrammet. Det stycket är först och främst menat som en hjälp för den intresserade att tillgodogöra sig och förstå den skrivna koden. Därpå följer en redogörelse av vilken data som samlats in för att göra en modellering av systemet möjlig. Det beskrivs också kortfattat hur databehandlingen gjorts samt vilka fördelningar och tider som slutligen använts i modellen. Avslutningsvis beskrivs de undersökningar som simulerats och som avsnitten om resultat, analys och diskussion med slutsatser bygger på.

---

### 5.1 Konceptuell modell

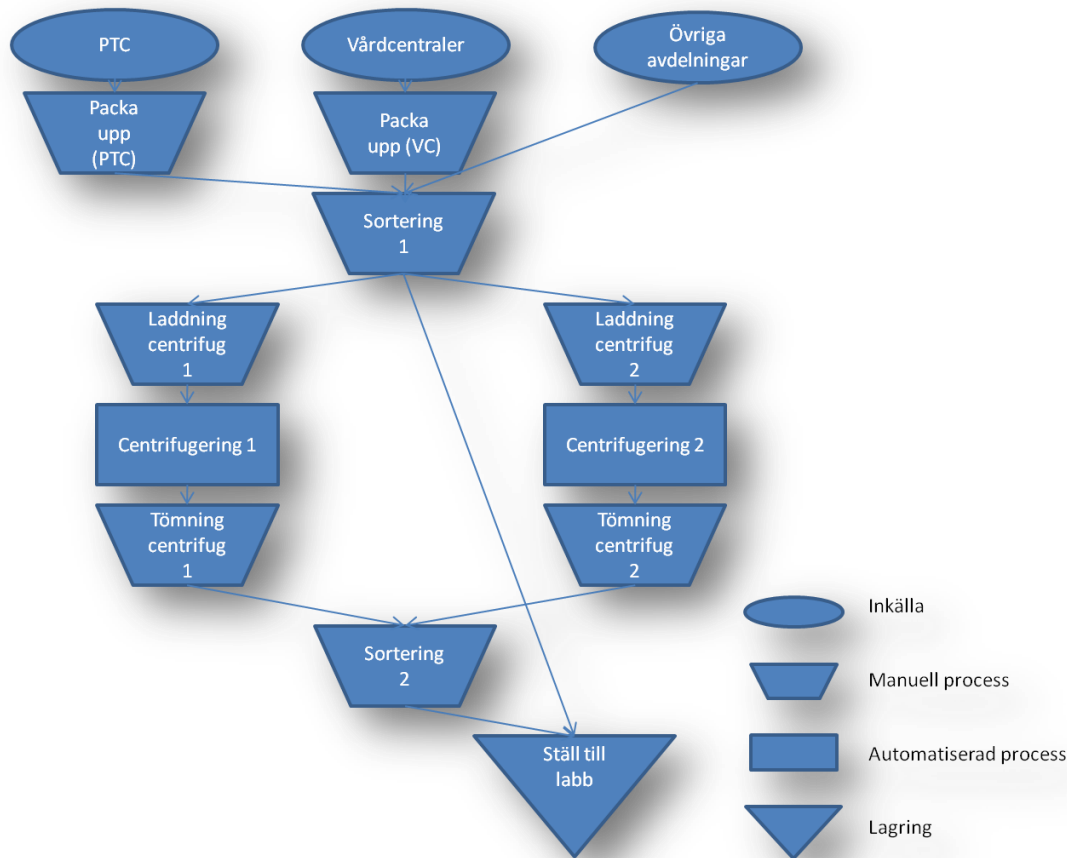
För denna studies ändamål byggs en modell som ska representera ovan beskrivna system under normala förhållanden, det vill säga vardagar 07:00-17:00 under årets alla månader undantaget jul- och sommarmånaderna. Systemet är icke terminerande. Dock analyseras som regel de prover som ankommit under dagen också samma dag.

#### 5.1.1 Provmottagningen

Modellen består utav två huvudsakliga enheter: provmottagningen samt laboratoriet. Till provmottagningen kommer prover som ska analyseras från tre olika håll. Dessa är provtagningscentralen PTC, husets slinga och leveranser från kringliggande vårdcentraler. Leveranser från PTC kommer var tjugonde minut. Från slingan och vårdcentralerna kommer leveranser sex respektive elva gånger om dagen; tiderna kan variera inom ett intervall på cirka 30 minuter.

Proverna tillhör, med olika stor sannolikhet, en av följande grupperingar: HbA1c, allmänkemi (AK), urin, koagulation-hematologi, respiration samt akut. Prover som ska skickas till andra sjukhus bortses ifrån.

Från ankomst till mottagningen och tills det att proverna står klara för att hämtas av laboratoriepersonal har ett antal aktiviteter identifierats. Samtliga aktiviteter proverna går igenom visas i flödesschemat i Figur 17. De manuellt utförda aktiviteterna kallas jobb och kan ses utföras av den personal som finns tillgänglig i mottagningen.



Figur 17. Schema över provernas aktiviteter i provmottagningen.

Jobben utförs då en av personalen är ledig. Om flera jobb finns att göra samtidigt prioriteras dessa enligt följande:

- Uppackning av leverans från PTC
- Tömning av centrifugeringsmaskiner
- Laddning av centrifugeringsmaskiner
- Sortera proven som centrifugerats i ställ så att de är färdiga att hämtas
- Sortera nyanlända prover till antingen centrifugeringsmaskiner eller ställ för hämtning av laboratoriepersonal
- Uppackning av leverans från vårdcentraler

Det finns två tillgängliga personer som kan utföra samtliga jobb. Utöver dessa jobb läggs deras tid på remissinläsning, att hjälpa kollegor med andra uppgifter, pauser och så vidare, vilket innebär att de endast är tillgängliga för ovan listade jobb 80 procent av arbetstiden. Under lunchtid, samt innan klockan sju och efter klockan sjutton finns bara en personal tillgänglig att utföra jobben.

Tiden det tar att utföra jobben varierar från gång till gång, men följer samma fördelning oberoende av vilken personal som utför dem. När proverna står i ställ är de redo att hämtas in till laboratoriet och är då klara i provmottagningen.

### 5.1.2 Laboratoriet

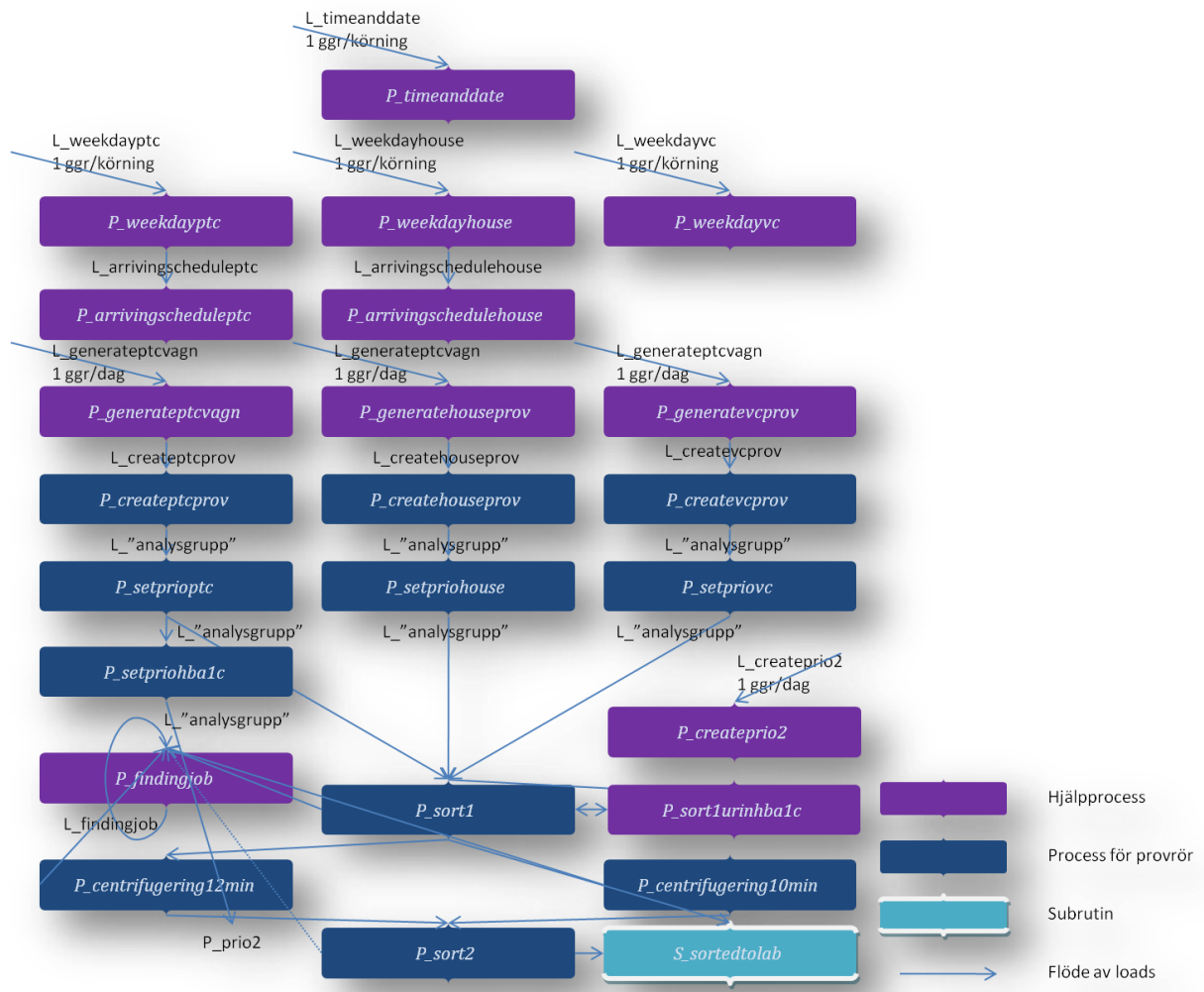
Modellens laboratorium består utav fyra stationer, dit prover med ojämna mellanrum hämtas. Dessa stationer är Allmänkemi 1 och 2, HbA1c och Akutplatsen. Övriga stationer har i modellen uteslutits eftersom inga för denna studie relevanta analyser där utförs. Laboratoriets personal utför så många olika sysslor, att det vore praktiskt taget omöjligt att undersöka och utröna hur mycket tid de lägger på olika jobb. Följaktligen bortses från personalen och istället får proverna gå igenom ett antal aktiviteter som tar en viss tid att gå igenom. De anländer till rätt station i laboratoriet efter en slumpfördelad tid, vars väntevärde varierar efter tidpunkten på dagen. Efter det händer följande:

- HbA1c-prover väntar på att bli satta i skakmaskinen
- HbA1c-prover sätts i skakmaskinen, högst tio stycken i taget, och bearbetas en viss tid för att sedan sättas i ställ som är redo att gå in i analysmaskinen
- Urinprover väntar på att bli satta i ställ som är redo att gå in i analysmaskinen
- Övriga prover väntar på att bli satta i ställ som är redo att gå in i analysmaskinen
- Proverna analyseras i ställ om högst 5 stycken per ställ och högst 20 ställ i taget i maskinen

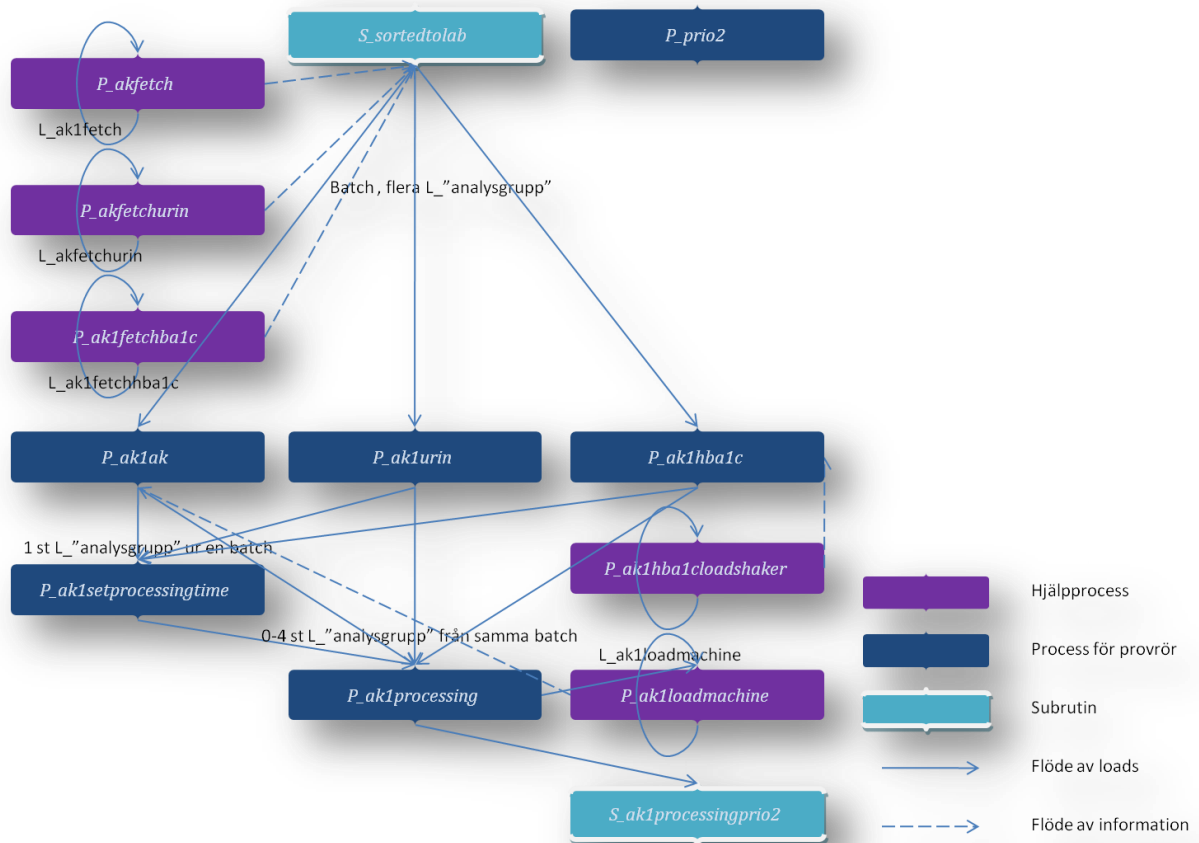
När ett prov har analyserats noteras dess sluttid. När hela stället är färdiganalyserat blir en av de 20 platserna i analysmaskinen ledig och ett nytt ställ kan börja analyseras.

## 5.2 Kodning av modell

Den tidigare beskrivna konceptuella modellen ligger till grund för programmet som skapats med hjälp av AutoMod. Programmet består utav ett antal processer. Figur 18 visar samtliga processer och subrutiner som använts för att modellera provmottagningen, och Figur 19 visar detsamma för laboratoriet. De mörkblå rutorna är processer som proverna går igenom. De ljusblå är subrutiner; subrutinen i Figur 18 innehåller väntelistor på vilka proverna väntar när de är klara i provmottagningen och kan hämtas till laboratoriet. Lila processer är hjälpprocesser som håller reda på tidpunkt på dagen (`P_timeanddate`), när och i vilken kvantitet prover anländer till provmottagningen (`P_weekdayptc`, `P_arrivingscheduleptc`, `P_generateptcvagn` etcetera) och när och i vilken kvantitet prover hämtas till laboratoriet för analys (`P_akfetch`, `P_ak1fetchurin`, `P_ak1fetchhba1c`). Det är också de som ser till att de jobb som utförs i provmottagningen utförs i rätt ordning (`P_findingjob`) och att maskiner i laboratoriet laddas vid rätt tidpunkt (`P_ak1loadmachine`, `P_ak1hba1cloadshaker`). En sammanställning av alla processer, subrutiner, loads, attribut, väntelistor, variabler och räknare som används i modellen finns i Appendix C.



Figur 18 . Schematisk bild över de processer och flöden som i modellen representerar provmottagningen.



Figur 19. Schematisk bild över processerna och flödet mellan dessa i laboratoriet. Bilden visar station 1; station 2 har liknande utseende.

Programmet körs över hela arbetsveckor, måndag till fredag, och börjar därefter om på nästa måndag igen. Prover anländer mellan klockan 07:00 och 17:00. De prover som är kvar efter dagens slut i systemet tillåts analyseras färdigt, vilket leder till att systemet är tomt vid varje ny dag när prover börjar anlända runt klockan 7:00. Undantaget är urin- och HbA1c-prover, som antas vänta tills morgonen dagen efter om de inte blivit sorterade innan klockan 16:00 eftersom arbetsstyrkan då går ner och de viktigaste proverna körs.

Proverna är en av följande typer: L\_hba1c, L\_ak, L\_urin, L\_koaghem, L\_respiration och L\_akut. De har olika attribut kopplade till sig, varav ett är prioritering, där en siffra lagras som anger hur de ska prioriteras. Prover med högre prioritet kommer att slippa gå igenom provmottagningen och istället levereras direkt ut till laboratoriet. Där sker eventuell centrifugering och viss manuell hantering innan proverna analyseras i maskinen vid station 1 för allmänkemi.

### 5.3 Databehandling

I ovan beskrivna modell har en stor mängd data använts. Först kommer en beskrivning av vilka moment i systemet som beskrivs med någon slags fördelning och som därför krävt databehandling. Därefter redovisas på vilket sätt databehandlingen gått till och de slutgiltiga fördelningar och tider som använts i modellen.

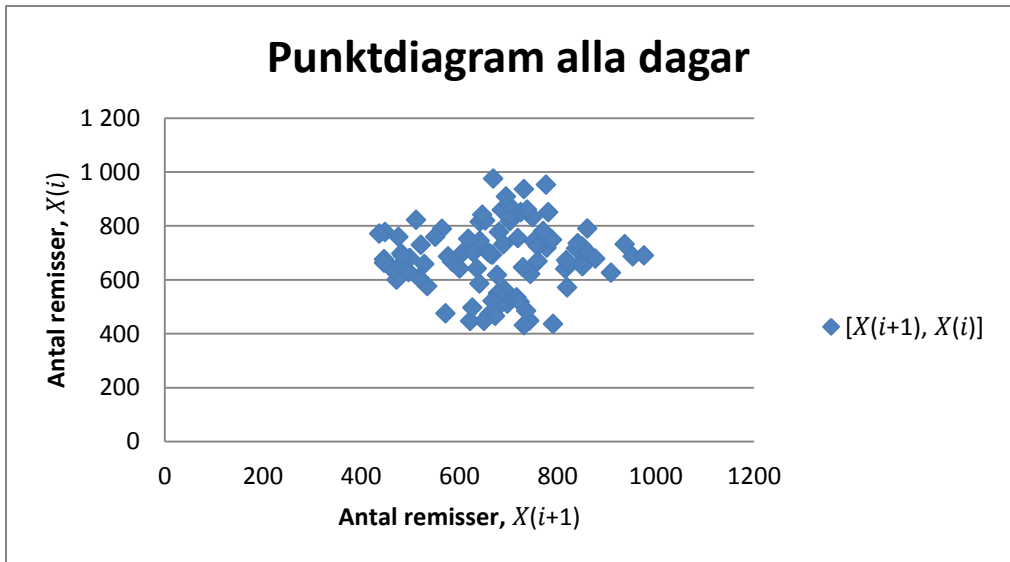
### 5.3.1 Inflöde av prover

Data som har att göra med inflödet av prover beskrivs i Tabell 1. Datan beskriver hur många prover som ankommer från de olika källorna, hur de inkommer under dagen och vilka provgrupper som kommer.

Tabell 1. Data som har med inflödet av prover att göra.

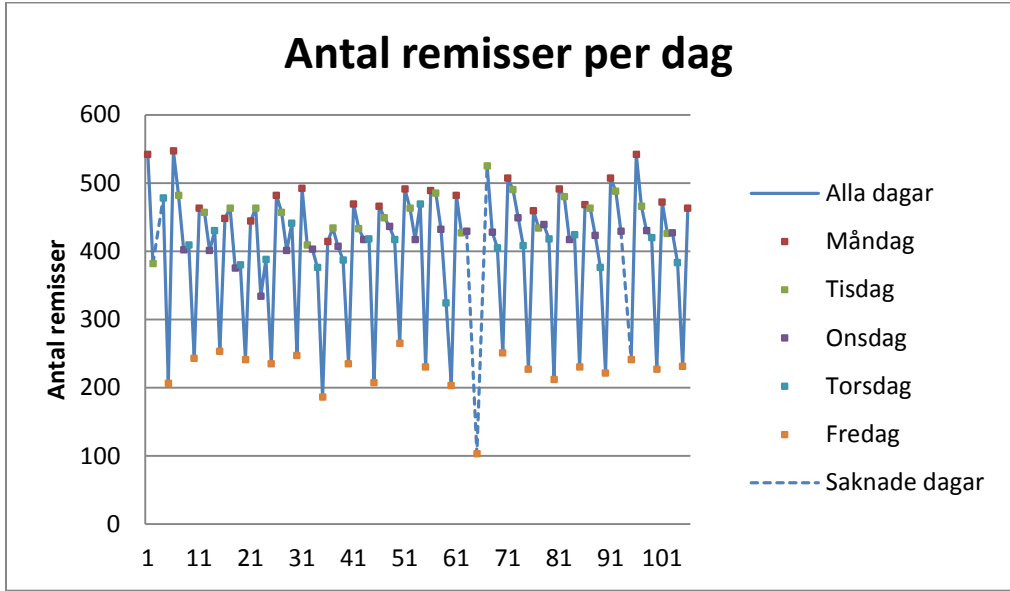
Moment	Förklaring
Antal från PTC	Antal remisser som ankommer från PTC per dag
Timfördelning PTC	Hur antalet remisser från PTC är fördelade över dagen
Antal från övr. avd.	Antal remisser som ankommer från husets övriga avdelningar, med slingan, per dag
Timfördelning övr. avd.	Hur antalet remisser från de övriga avdelningarna är fördelade över slingans leveranstider
Antal från VC	Antal remisser som ankommer från vårdcentraler per dag
Timfördelning VC	Hur antalet remisser från vårdcentralerna är fördelade över leveranserna
Förhållande remiss-provrör PTC	Genomsnittligt antal provrör per remiss från PTC
Förhållande remiss-provrör övr. avd.	Genomsnittligt antal provrör per remiss från de övriga avdelningarna
Förhållande remiss-provrör VC	Genomsnittligt antal provrör per remiss från VC
Fördelning provgrupper PTC	Hur inflödet från PTC är fördelat mellan de olika provgrupperna
Fördelning provgrupper övr. avd.	Hur inflödet från de övriga avdelningarna är fördelat mellan de olika provgrupperna
Fördelning provgrupper VC	Hur inflödet från vårdcentralerna är fördelat mellan de olika provgrupperna

Data angående hur många remisser och därmed prover som inkommer till provmottagningen varje dag har samlats in med hjälp av QlikView. De tre inflödeskällorna har delats upp och därefter har undersökningar gjorts gällande datamängdernas beroende. Run-test och punktdiagram har visat att inget beroende är tydligt mellan två på varandra följande dagar. Figur 20 är ett punktdiagram från en av inflödeskällorna, vårdcentralerna, och visar just detta.

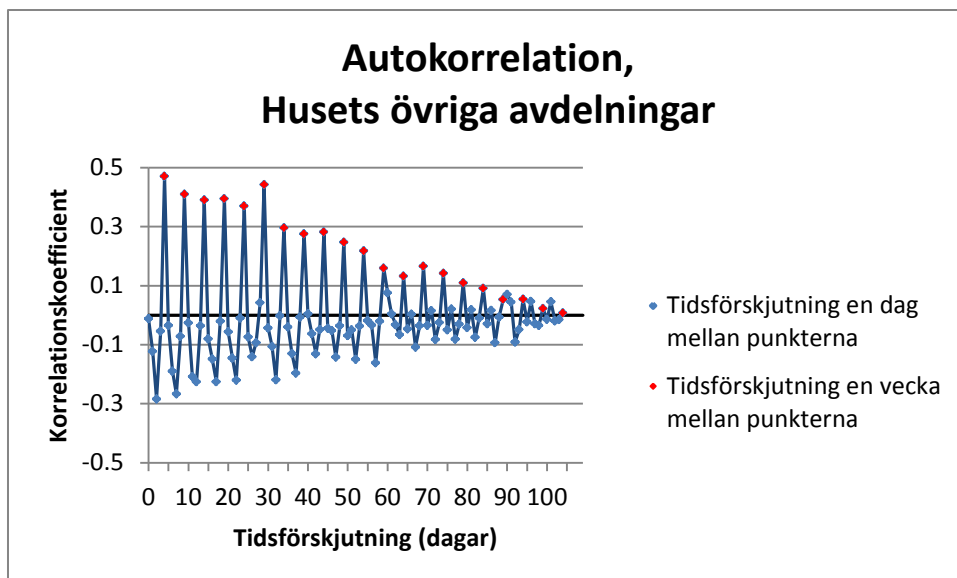


Figur 20. Antal remisser som inkommit till provmottagningen från vårdcentralerna per dag. Spridningen visar på mycket lågt samband mellan två på varandra följande dagar.

När ytterligare grafiska tester gjordes, för att studera om det finns beroende mellan dagar med större tidsspann än en dag, visade datamängden ett beroende på vilken dag i veckan det är. I Figur 21 syns detta tydligt för husets övriga avdelningar, där framförallt fredagar är avvikande. Likaså autokorrelationen för samma datamängd; Figur 22, visar ett starkt beroende. Med jämna tidssteg på fem dagar antas stora värden för korrelationskoefficienten vilket är synonymt med ett starkt beroende för tidsavståndet. Inflödet av prover från PTC och vårdcentralerna visade också på samma beroende.



Figur 21. Antal remisser som inkommit till provmottagningen från husets övriga avdelningar. Figuren visar att antalet framförallt beror på vilken dag det är.



Figur 22. Autokorrelationen för husets övriga avdelningar där tidsavståndet mellan varje punkt är en dag. Figuren visar på ett starkt samband när tidsavståndet är fem dagar.

Antalet remisser som ankommer per dag beror alltså på veckodagen och därför används olika parametrar för veckodagarna i modellen. Till följd av centrala gränsvärdessatsen tillämpas normalfördelningen för att generera antalet remisser per dag. Resultatet är sammanställt i Tabell 2. En variabel har använts i modellen, med hjälp av vilken den totala volymen prover kan justeras, för att kunna hantera hur stor den aktuella totala volymen är. I valideringsarbetet sågs att produktionsvolymen ökat från våren till hösten 2010, vilket därför i modellen korrigerats med den nämnda variabeln.

Tabell 2. Använda fördelningar med parametrar för att modellera antalet remisser som ankommer till provmottagningen per dag.

Inflöde - antal	Använd fördelning	Måndag	Tisdag	Onsdag	Torsdag	Fredag
Antal från PTC	Normal	$\mu=277 \sigma=29.9$	$\mu=254 \sigma=26.0$	$\mu=203 \sigma=29.2$	$\mu=233 \sigma=32.2$	-
Antal från övr. avd.	Normal	$\mu=483 \sigma=33.3$	$\mu=456 \sigma=31.9$	$\mu=415 \sigma=25.5$	$\mu=408 \sigma=35.1$	$\mu=224 \sigma=33.4$
Antal från VC	Normal	$\mu=685 \sigma=49.8$	$\mu=849 \sigma=61.8$	$\mu=689 \sigma=61.2$	$\mu=677 \sigma=79.3$	$\mu=494 \sigma=45.0$

Föregående tabell anger antalet remisser per dag. En remiss kan innebära flera provrör från en och samma patient, och detta förhållande för de tre källorna anges i Tabell 3. Siffrorna har samlats in med hjälp av QlikView.

Tabell 3. Förhållande mellan remiss och provrör för de tre inflödeskällorna. En faktor på 1.5 anger att en remiss i genomsnitt innehåller 1.5 provrör som ska analyseras.

Inflöde - remiss-provrörförhållande	Faktor
Förhållande remiss-provrör PTC	1.6
Förhållande remiss-provrör övr. avd.	1.5
Förhållande remiss-provrör VC	1.6

Antalet prover som kommer in för analys varje dag är alltså normalfördelat. Hur de är spridda över dagen skiljer sig mellan de tre inflödeskällorna. Från PTC kommer leveranser med vagnen var tjugonde minut mellan klockan 7:00 och 16:00. Med hjälp av QlikView har uppdelning gjorts i



intervall på en timme vardera under denna tid, för att se hur många av dagens totala antal prover som anländer under den timmen. Resultatet redovisas i Tabell 4. Den procentsats som anländer under en timme delas därefter ut under de tre leveranser som kommer från PTC. Från husets övriga avdelningar kommer leveranserna på bestämda tider. I likhet med PTC undersöktes även här vilken procentuell andel som kom vid vilken leverans med hjälp av QlikView. Även dessa resultat finns i Tabell 4. För vårdcentralerna var förfarandet lite annorlunda. Totalt kommer leveranser från 57 vårdcentraler, och de ankommer vid elva fasta tidpunkter. Detta modelleras genom att ett normalfördelat slumpstal dras för var och en av de 57 vårdcentralerna. Medelvärde är dagens totala antal från vårdcentralerna dividerat med 57. Standardavvikelsen har efter tester uppskattats till fyra. Varje leveranstidpunkt tar hänsyn till hur många vårdcentraler som leveransen kommer från. Det görs genom att summera slumpstalen för vårdcentralerna som ingår i leveransen, på så sätt fås levererat antal prover för just den leveransen.

Tabell 4. Procentuell andel av en dags leverans från PTC respektive husets övriga avdelningar vid angivna tidsspänn.

Inflöde - timfördelning	Tidsspänn	Sannolikhet	
Timfördelning PTC	Kl 00-07	0.1%	
	Kl 07-08	11.7%	
	Kl 08-09	13.6%	
	Kl 09-10	16.0%	
	Kl 10-11	15.8%	
	Kl 11-12	15.0%	
	Kl 12-13	2.1%	
	Kl 13-14	10.6%	
	Kl 14-15	7.8%	
	Kl 15-16	6.6%	
	Kl 16-24	0.8%	
	Timfördelning övr. avd.	Kl 6.30	13.2%
		Kl 8.00	12.3%
Kl 9.15		31.7%	
Kl 11.00		20.9%	
Kl 13.30		10.0%	
Kl 14.45		3.6%	
Därefter		8.4%	

Proverna som ska analyseras på laboratoriet tillhör som tidigare sagts med olika sannolikhet en av sex olika provgrupper. Siffrorna för detta finns i Tabell 5. Fördelningarna skiljer sig mellan de tre källorna och beror på vilken dag det är. Via QlikView har dessa siffror tagits fram.

Tabell 5. Fördelning mellan de sex provgrupperna för respektive inflödeskälla och för dagarna måndag till fredag.

Inflöde - fördelning provgrupper	Dag	Urin	Allmänkemi	HbA1c	Koag-hem	PK	Respiration
PTC	Måndag	0.1%	39.8%	3.7%	31.4%	22.9%	2.1%
	Tisdag	0.2%	40.2%	4.1%	32.1%	21.7%	1.8%
	Onsdag	0.2%	40.7%	4.2%	31.6%	21.3%	2.0%
	Torsdag	0.3%	40.0%	4.9%	31.2%	19.8%	3.7%
	Fredag	-	-	-	-	-	-
Huset	Måndag	2.0%	36.0%	2.2%	27.1%	30.0%	2.7%
	Tisdag	1.6%	38.5%	1.9%	27.3%	28.2%	2.5%
	Onsdag	1.8%	37.9%	1.8%	26.6%	29.2%	2.8%
	Torsdag	3.8%	37.8%	2.4%	26.6%	26.1%	3.3%
	Fredag	1.6%	48.2%	2.2%	32.1%	12.1%	3.9%
VC	Måndag	2.8%	47.4%	8.0%	27.6%	14.0%	0.1%
	Tisdag	3.6%	50.5%	11.1%	26.4%	8.4%	0.0%
	Onsdag	4.3%	50.6%	10.3%	27.5%	7.2%	0.0%
	Torsdag	4.1%	53.4%	10.9%	27.6%	3.9%	0.0%
	Fredag	4.0%	54.9%	9.9%	29.5%	1.6%	0.0%

### 5.3.2 I provmottagningen

I provmottagningen har framförallt tiden det tar för personal att utföra olika uppgifter studerats. I Tabell 6 beskrivs samtliga uppgifter som undersökts.

Tabell 6. Moment i provtagningen som utförs av personal.

Moment	Förklaring
Upppackning PTC	Hur lång tid det tar att packa upp en vagn från PTC
Upppackning VC	Hur lång tid det tar att packa upp en leverans, eller en del av en leverans från vårdcentralerna
Sortering 1	Hur lång tid det tar att sortera proverna en första gång, sortering 1
Laddning	Hur lång tid det tar att ladda en centrifug med prover och starta centrifugering
Tömmning	Hur lång tid det tar att tömma centrifugeringen
Sortering 2	Hur lång tid det tar att sortera proverna som körts i centrifug i ställ som ska till laboratoriet, sortering 2
PTC-lab	Tiden från provtagning i PTC till dess att provet anländer till provmottagningen, inklusive transport med linbanan

Dessa tider, frånsett den sista i tabellen, har observerats under två tillfällen. Då har tiden respektive moment tar antecknats och totalt har ungefär 20 observationer gjorts för varje moment. Därefter har antingen en konstant tid eller en fördelning för tiden uppskattats. Inget formellt test har utförts, utan fördelningarna är approximationer. De har också modifierats under valideringsarbetet för att ge en trovärdig modell. Tid i PTC har framtagits efter intervju med personal. Enligt dem tar själva transporten, som tidigare nämnts, sju minuter och transporten sker var tjugonde minut. Antagandet har då gjorts att denna tid för var prov blir rektangelfördelad mellan 7 och 27 minuter. De slutgiltiga

använda fördelningarna finns i Tabell 7. De flesta moment har modellerats med en lognormalfördelning och några beror också på antalet prover som hanteras på en gång.

Tabell 7. Använda fördelningar för tiderna i provmottagningen.

Manuellt arbete i provmottagningen	Använd fördelning
Upppackning PTC	Lognormal $\mu=2.94$ $\sigma=0.34$ (medelvärde=20 s)
Upppackning VC	Lognormal $\mu=4.04$ $\sigma=0.32$ (medelvärde=60 s)
Sortering 1	Lognormal $\mu=2.3$ $\sigma=0.15$ (medelvärde=10 s) + konstant 2.5 s per prov som sorteras
Laddning	Lognormal $\mu=3.4$ $\sigma=0.2$ (medelvärde=30 s)
Tömmning	Konstant 15 s
Sortering 2	Konstant 2 s per prov som sorteras
PTC-lab	Rektangel min=7 max=27 s

### 5.3.3 Hämtning av prover till laboratoriet

För att modellera hur hämtning av prover in till laboratoriet går till har frekvens och kvantitet gällande hämtning av prover studerats. Dessa sammanfattas i Tabell 8.

Tabell 8. Studerade moment gällande hämtning av prover från provmottagningen till laboratoriet.

Moment	Förklaring
Frekvens hämtning allmänkemiprov	Hur ofta prover i gruppen allmänkemi hämtas
Kvantitet hämtning allmänkemiprov	Hur stor kvantitet av ovanstående prover som hämtas
Fördelning maskin 1/maskin 2	Hur stor andel av proverna som ska analyseras i maskin 1 respektive maskin 2
Frekvens hämtning urinprov	Hur ofta urinprover hämtas
Frekvens hämtning HbA1c-prov	Hur ofta HbA1c-prover hämtas

Data angående hur ofta och i vilka mängder som prover inhämtas från provmottagningen in till laboratoriet har insamlats med hjälp av mätprotokollet i Appendix A. Det har antagits att tiden mellan hämtningarna följer lognormalfördelningar. Dock har en begränsning angivits gällande hämtning av allmänkemiprover. I valideringsarbetet har framkommit att det ibland ansamlas stora mängder prover i provmottagningen utan att dessa hämtas in. Då detta ej observerats i det verkliga systemet har begränsningen att hämtning sker efter högst 90 minuter antagits. För att ytterligare göra modelleringen verklighetstrogen hämtas prover betydligt oftare (med en fyra gånger kortare genomsnittlig tid mellan hämtningar) när det finns få prover i laboratoriet (mindre än 10 stycken). Det har med hjälp av QlickView observerats att station 1 sväljer 60 procent av det totala antalet prover vid stationerna för allmänkemi. Därför sker hämtning av prover till denna station i det fall mindre än 60 procent av det totala antalet prover som för tillfället finns vid stationerna finns vid station 1. Resultaten gällande hämtningarna återfinns i Tabell 9.

Tabell 9. Frekvens och kvantitet för inhämtning av prover från provmottagningen till laboratoriet.

Hämtning prover	Ev. tid	Använd fördelning	Begränsning	Undantag
Frekvens hämtning allmänkemiprover (tid mellan hämtningar)	Förmiddag	Lognormal $\mu=2.95$ $\sigma=0.759$ (medelvärde=25 min)	Max 90 min	Få prover = hämtning sker oftare
	Eftermiddag	Lognormal $\mu=2.61$ $\sigma=0.834$ (medelvärde=19 min)	Max 90 min	Få prover = hämtning sker oftare
Kvantitet hämtning allmänkemiprover		Samtliga prover	Max 72 st	
Fördelning maskin 1/maskin 2		Station 1 hanterar 60% av samtliga prover vid station 1 och 2		
Frekvens hämtning urinprov (tid mellan hämtningar)		Lognormal $\mu=3.59$ $\sigma=0.734$ (medelvärde=47 min)		
Frekvens hämtning HbA1c-prov (tid mellan hämtningar)		Lognormal $\mu=3.59$ $\sigma=0.734$ (medelvärde=47 min)		

### 5.3.4 I laboratoriet

När proverna kommer in till laboratoriet krävs som redan nämnts viss manuell hantering. Därefter analyseras proverna i maskin. Vilken slags data som behövdes för modellering av detta sammanfattas i Tabell 10.

Tabell 10. Data som har undersökts för modellering av provernas flöde innan analys samt analys i maskin.

Moment	Förklaring
Manuell hantering allmänkemiprover	Tiden för manuell hantering (väntan på ledig personal inräknat) för allmänkemiprover
Manuell hantering urinprov	Tiden för manuell hantering för urinprover
Skakning HbA1c-prov	Tiden som HbA1c-prover ska skakas
Frekvens laddning skakmaskin	Hur ofta skakmaskinen laddas och startas
Processtid allmänkemiprover 1	Processtid i maskin för allmänkemiprover vid station 1
Processtid allmänkemiprover 2	Processtid i maskin för allmänkemiprover vid station 2
Processtid urinprov	Processtid i maskin för urinprover
Processtid HbA1c-prov	Processtid i maskin för HbA1c-prover
Processtid akutprov	Processtid i maskin för akutprover
Processtid exklusiv valideringstid	Tiden tills det att ett ställ är analyserat men väntar på manuellt godkännande

Den tid det tar för proverna från det att de hämtas in till laboratoriet tills att de sätts in i maskinen sammanfattas i Tabell 11. Denna tid har vid två tillfällen samlats in via observationer av systemet. För allmänkemiprover och urinprov har cirka 120 mätpunkter noterats. Eventuella extremvärden som anses vara missvisande har plockats bort och datamängden har därefter plottats och behandlats enligt de metoder som beskrivs i teorikapitlet. Resultatet blev att tiden ser ut att vara lognormalfördelad med olika parametrar beroende på provets gruppstillhörighet. För HbA1c-prov är förfarandet mer komplicerat eftersom dessa ska skakas i en maskin med begränsat antal platser

innan de analyseras. Data för detta har insamlats genom observationer och intervjuer. Därefter har värden satts in i modellen och modifierats under valideringsarbetet för att uppnå en trovärdig total hanteringstid.

Tabell 11. Använda fördelningar för hanteringen av prover i laboratoriet innan analys.

Manuell hantering	Ev. tid	Använd fördelning
Manuell hantering allmänkemiprover	Förmiddag	Lognormal $\mu=1.49$ $\sigma=0.60$ (medelvärde=5 min)
	Eftermiddag	Lognormal $\mu=2.23$ $\sigma=0.47$ (medelvärde=10 min)
Manuell hantering urinprov		Lognormal $\mu=2.82$ $\sigma=0.654$ (medelvärde=21 min)
Skakning HbA1c-prov		Lognormal $\mu=2.45$ $\sigma=0.25$ + uniform min=5 max=15 (medelvärde=23 min)
Frekvens laddning skakmaskin (tid mellan laddningar)		Triangel min=5 vanligast=20 max=40

Tiden som själva analysen i maskinen tar är den enskilt längsta processen i systemet. Därför har stort fokus lagts på att modellera detta på ett så korrekt sätt som möjligt. Data har samlats in via det datorsystem som är kopplat till analysmaskinerna. Antal mätvärden är här relativt stort, vilket kan ses i Tabell 12. Extremvärden som anses missvisande har plockats bort, och därefter har en gedigen databehandling genomförts, enligt den beskrivna teorin. I vissa fall har, förutom lognormalfördelningen som syns i tabellen, exponentialfördelningen verkat kunna generera mängder som liknar den data som samlats in. För att avgöra vilken fördelning som är mest representativ har en mängd tester genomförts. QQ-plot och PP-plot har gjorts. Eftersom dessa är grafiska tester saknas här utrymme att redovisa resultaten, som dock varit med i bedömningen. Resultaten efter chi2-test och Kolmogorov-Smirnov-test på lognormalfördelningen visas i Tabell 12. De grönmarkerade rutorna visar att testet ej kan utesluta att datamängden kan representeras av lognormalfördelningen. Som synes är långt ifrån alla gröna, vilket skulle kunna visa på att mer data behövs. Lognormalfördelningen är ändå den fördelning som överlag bäst beskriver processen och med stöd av teorin har denna fördelning därför valts att representera samtliga processtider. De tider som hittills har behandlas är tiden från analysens början till dess att provet är godkänt. Detta sker som tidigare nämnts i maskinen eller av personal som godkänner ett prov med värden som ej kan godkännas av maskinen direkt. De sista två raderna i tabellen visar den tid, efter vilken stället antas vara färdiganalyserat i analysmaskinen men väntar på manuellt godkännande. Stället tar då alltså inte upp någon plats i maskinen och ett nytt ställ kan påbörja analys. Hur denna ska vara fördelad har arbetats fram efter intervjuer och under valideringsarbetet. Tiden kan bli betydligt längre vid station 1, eftersom denna stations maskin har den tredje modulen, i vilken analyser kan ta mycket lång tid.

Tabell 12. Fördelningar för hur lång tid analys i maskin tar för ett prov.

Processtid i maskin	Ev. tid	Använd fördelning	Chi2-test	K-S-test	Mätvärden (st)
Processtid allmänkemiprov 1	Förmiddag	Lognormal $\mu=1.92$ $\sigma=1.12$ + konstant 10 (medelvärde=23 min)	$T=6.65 < T_c=7.81$	$D=0.101 < D_c=0.133$	104
	Eftermiddag	Lognormal $\mu=2.73$ $\sigma=1.38$ + konstant 10 (medelvärde=50 min)	$T=21.5 > T_c=7.81$	$D=0.143 > D_c=0.130$	110
Processtid allmänkemiprov 2	Förmiddag	Lognormal $\mu=2.53$ $\sigma=0.821$ + konstant 10 (medelvärde=28 min)	$T=12.1 > T_c=7.81$	$D=0.151 < D_c=0.182$	56
	Eftermiddag	Lognormal $\mu=2.68$ $\sigma=1.29$ + konstant 10 (medelvärde=43 min)	$T=37.9 > T_c=7.81$	$D=0.139 > D_c=0.091$	226
Processtid urinprov		Lognormal $\mu=3.16$ $\sigma=1.13$ + konstant 10 (medelvärde=55 min)	$T=9.4 > T_c=7.81$	$D=0.142 < D_c=0.189$	52
Processtid HbA1c-prov		Lognormal $\mu=2.24$ $\sigma=1.10$ + konstant 10 (medelvärde=27 min)	$T=25.6 > T_c=7.81$	$D=0.185 > D_c=0.120$	129
Processtid akutprov		Lognormal $\mu=1.50$ $\sigma=1.14$ + konstant 10 (medelvärde=19 min)	$T=6.5 < T_c=7.81$	$D=0.170 > D_c=0.145$	88
Processtid exklusive valideringstid station 1		Triangel min=15 vanligast=24 max=180 (minuter)	-	-	-
Processtid exklusive valideringstid station 2		Triangel min=15 vanligast=24 max=90 (minuter)	-	-	-

### 5.3.5 Scenario 0

Scenario 1 representerar nuläget. Här är alltså inga patienter prioriterade före andra.

## 5.4 Undersökta förändringar

Med en färdig modell som är validerad kan förändringar göras för att undersöka dess effekter på systemet. Det som i denna studie ska undersökas är om, och i så fall under vilka förutsättningar, Klinisk kemi kan prioritera en viss patientgrupp. En prioritering skulle, enligt personalen på Klinisk kemi, innebära en annan hantering av proverna. De skulle vara markerade så att det är tydligt att de tillhör prioriteringsgruppen. Efter att vagnen från PTC packas upp skulle de proverna direkt levereras till laboratoriets akutplats. Där finns två centrifuger som endast centrifugerar proverna sju minuter. Därefter skulle de levereras till station 1 för allmänkemi. HbA1c-prover skulle inte behöva skakas i maskinen, utan skakas en kortare tid för hand, eftersom de inte någonstans under kedjan står länge och sedimenteras. Proverna skulle placeras i ställ som går in i maskinens akutingång.

Det ovan beskrivna förfarandet ligger till grund för samtliga försök i den här studien. Därutöver undersöks effekten av att sätta de aktuella proverna på akutställ, som skulle innebära en betydligt kortare processtid. De skulle då också tas om hand snabbare efter analys i det fall manuellt godkännande krävs, i likhet med de akuta proverna.

Effekten som en förändring av hur proverna ankommer till Klinisk kemi undersöks också. Det skulle kunna skickas en vagn från PTC oftare, om detta har positiv effekt på svarstiderna. Det har också diskuterats att laboratoriet skulle få en provtagningscentral i direkt anslutning, vilket i princip skulle bortskafta transportsträckan och väntetiden innan analysen.

När effekten av ovan beskrivna förändringar undersökts, analyseras även vid vilka tidpunkter som är mest gynnsamt att låta patienter ur den aktuella patientgruppen komma för provtagning. Dagarna skiljer sig åt, vilket kan resultera i att svarstiderna för patienterna divergerar. Slutligen studeras hur stor gruppen av prioriteringspatienter kan vara innan antalet svarstider som överstiger en timme blir för hög.

Nedan följer en beskrivning av de försök som simuleras och analyseras. Det som kallas scenarier är strukturella förändringar i hanteringssättet. Experimenten bygger på de olika scenarierna och undersöker effekten av att patienterna kommer under olika veckodagar eller i olika stor kvantitet.

#### **5.4.1 Scenario 1**

I detta scenario finns det en prioriterad grupp av diabetespatienter. De utgörs av i genomsnitt tio patienter varje dag som anländer spritt över dagen, mellan klockan 07:00 och 15:00. Alla dessa patienters prover går den prioriterade vägen från PTC till analys i laboratoriet men sätts på vanliga ställ och har därmed samma processtider i maskinen som innan.

#### **5.4.2 Scenario 2**

Scenario 2 bygger på scenario 1, men i detta fall sätts proverna i prioriteringsgruppen på akutställ. Detta innebär att de får lika korta processtider som akutprover.

#### **5.4.3 Scenario 3**

Scenario 3 bygger i sin tur på scenario 2. Proverna går den prioriterade vägen till analys och har de kortare processtiderna i analysmaskinen. I detta scenario skickas vagnen från PTC med prover var tionde minut till provmottagningen, vilket innebär en kortare väntetid och en jämnare beläggning i laboratoriet.

#### **5.4.4 Scenario 4**

Även detta scenario bygger på scenario 2, med de korta processtiderna. Här har dock även vägen via PTC slopats för prioriteringsgruppen. Det antas att dessa patienter tar sitt prov i direkt anslutning till laboratoriet och ingen transporttid eller väntetid uppstår innan provet anländer till laboratoriet.

#### **5.4.5 Experiment med veckodagar**

Dessa experiment innebär att patienter ur prioriteringsgruppen endast kommer på en specifik veckodag. Exempelvis bokas alltså de kombinerade provtagningarna och läkarbesöken in enbart på måndagar eller någon annan dag i veckan. Det handlar fortfarande om samma andel patienter under den dagen som tillhör den prioriterade gruppen, alltså i genomsnitt tio stycken under dagen. Experimentet med prioriteringsgrupp som anländer endast under en dag i veckan görs på scenario 2, 3 och 4. På scenario 1 görs inget experiment, eftersom scenariot är otillräckligt och det inte är realistiskt att undersöka alternativet vidare.

#### **5.4.6 Experiment med prioriteringsgruppens storlek**

Detta experiment undersöker det mest lovande scenariot, som kommer visa sig vara scenario 4. Antalet patienter som hör till prioriteringsgruppen ökas successivt, från de nuvarande 10 patienterna om dagen till 100 om dagen. Detta möjliggör analys av hur stor prioriteringsgrupp systemet klarar av med vilken servicenivå, alltså andel av patienters svarstid som är under en timme.

#### **5.4.7 Simuleringslängd**

Samtliga ovan beskrivna scenarier och det sista experimentet körs under 400 dagar, vilket innebär cirka ett och ett halvt år eftersom helgerna utesluts i simuleringsmodellen. I de tre första experimenten genereras patienter från prioriteringsgruppen en specifik dag, vilket innebär fyra gånger färre prioriteringspatienter än i de andra fallen. För att kompensera detta körs dessa experiment under 1600 dagar, vilket ger ungefär lika stor mängd data att bygga analysen på.

#### 5.4.8 Nyckeltal

Det viktigaste nyckeltalet som kommer att studeras är hur stor andel av patienterna i prioriteringsgruppen som får sitt svar inom en timmes tid. Detta kommer att redovisas i resultatkapitlet med en procentsats för respektive scenario eller experiment. Det kommer också presenteras grafer som tydliggör hur denna procentsats ökar med antalet minuter; med andra ord hur många svar som har hunnit bli färdiga efter ett givet antal minuter.

Det kommer också presenteras vilken genomsnittlig svarstid som uppstår, med ett 95-procentigt konfidensintervall. Konfidensintervallet ger möjlighet att avgöra om eventuella skillnader mellan scenarier är statistiskt signifikanta. Den minsta respektive den längsta svarstiden under den simulerade tiden presenteras, och likaså medianen för svarstiderna. Dessutom presenteras hur fördelningen mellan vilket av de tre proven som är kritiska för patienterna i respektive scenario, alltså vilket prov som tagit längst tid att hantera.

Förutom de ovan beskrivna nyckeltalen som beskriver svarstiden för prioriteringspatienterna, kommer svarstiderna för övriga patients prov att presenteras. Det är för att möjliggöra analys av hur prioriteringsgruppen påverkar den övriga verksamheten. Den genomsnittliga svarstiden presenteras med ett 95-procentigt konfidensintervall, och även andelen av provena som är klara inom en timme redovisas.



## 6 Resultat

---

Här presenteras resultat från simuleringarna av scenarierna och experimenten. All data som presenteras analyseras sedan i efterföljande kapitel.

---

### 6.1 Scenario 0

Scenario 0 representerar nuläget och här har ingen ny prioriteringsgrupp införts. Tabell 13 presenterar information om svarstiderna. *Allmänkemi* i tabellen innefattar samtliga prover som analyseras vid stationerna för allmänkemi förutom HbA1c och urin. HbA1c- och urinproverna presenteras separat för att förberedelserna inför analysen i maskinen skiljer sig.

Tabell 13. Nyckeltal för svarstiderna för samtliga patienter, utan prioriteringsgrupp, i scenario 0.

Provrör	Allmänkemi	HbA1c	Urin
Medelvärde med 95 % konfidensintervall (min)	95.52 ±0.25	143.58 ±0.92	174.69 ±2.19
Procent under 1 h (%)	32.3%	1.5%	5.8%

### 6.2 Scenario 1

I detta scenario har patienter som ska prioriteras före införts och deras prover går via den prioriterade vägen. Nyckeltal om svarstiderna för de patienter som tillhör prioriteringsgruppen visas i Tabell 14.

Tabell 14. Nyckeltal för svarstiderna för prioriteringspatienter i scenario 1.

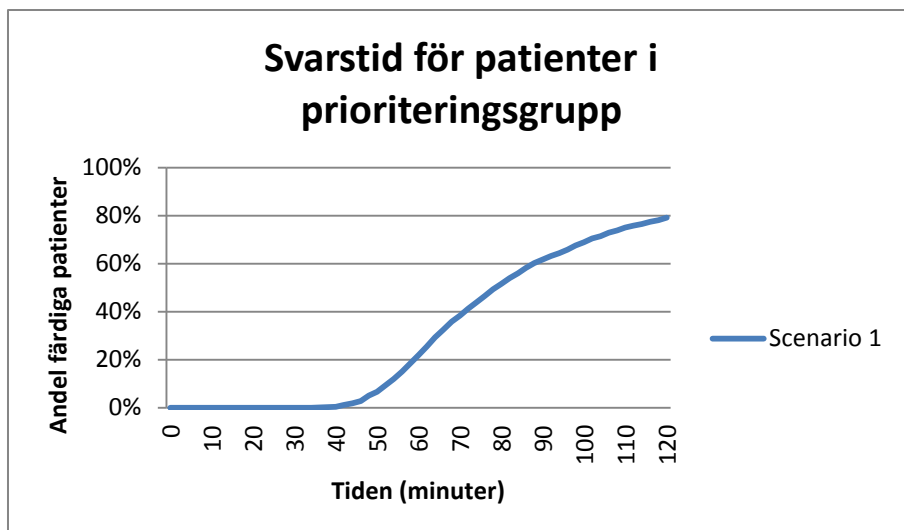
Prioriteringspatient	
Medelvärde med 95 % konfidensintervall (min)	101 ±2.54
Min (min)	35
Max (min)	1429
Median (min)	79
Procent under 1 h (%)	22.0%

Tabell 15 visar vilket provrör som är kritiskt, alltså vilket av de tre proven som tar längst tid, för svarstiden hos patienten i prioriteringsgruppen.

Tabell 15. Provrör som är kritiskt för svarstiden i scenario 1.

Kritiskt provrör för patient i prioriteringsgrupp	
Procent där allmänkemi kritisk	23%
Procent där HbA1c kritisk	12%
Procent där urin kritisk	65%

Figur 23 nedan visar en graf över hur många procent av patienterna i prioriteringsgruppen som klarar att få samtliga prover färdiganalyserade inom en viss tid, upp till två timmar.



Figur 23. Svarstid för prioriteringspatienter i scenario 1.

För de prover som inte tillhör prioriteringsgruppen visas genomsnittlig svarstid i Tabell 16 nedan.

Tabell 16. Nyckeltal för svarstiderna av övriga prover i scenario 1.

Provrör	Allmänkemi	Hba1c	Urin
Medelvärde med 95 % konfidensintervall (min)	95.97 ±0.25	151.12 ±1.02	176.47 ±2.20

### 6.3 Scenario 2

Detta scenario är en utveckling av scenario 1 och här sätts också prioriteringsgruppens provrör på akutställ i analysmaskinen. I Tabell 17 nedan visas nyckeltal om svarstiden för patienter i prioriteringsgruppen.

Tabell 17. Nyckeltal för svarstiderna för prioriteringspatienter i scenario 2.

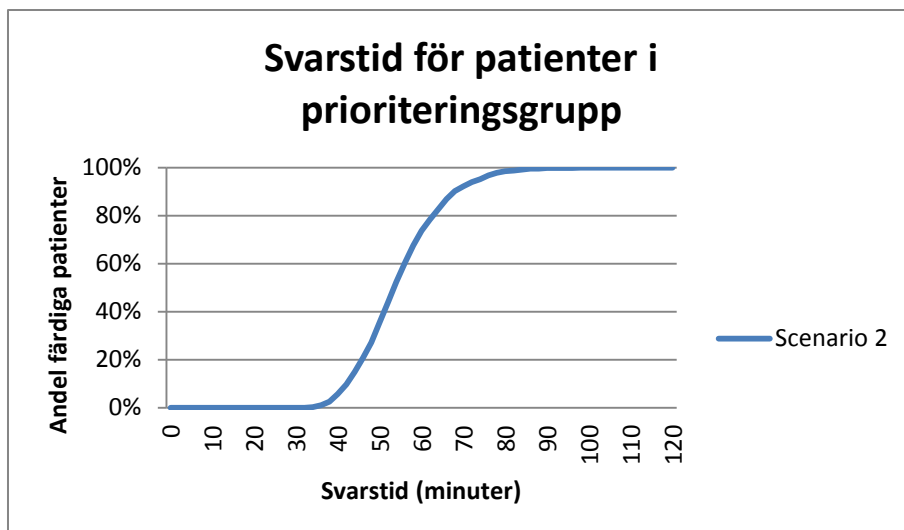
Prioriteringspatient	
Medelvärde med 95 % konfidensintervall (min)	55 ±0.35
Min (min)	31
Max (min)	105
Median (min)	53
Procent under 1 h (%)	73.7%

Tabell 18 visar vilket provrör som har längst svarstid för prioriteringspatienterna.

Tabell 18. Provrör som är kritiskt för svarstiden i scenario 2.

Kritiskt provrör för patient i prioriteringsgrupp	
Procent där allmänkemi kritisk	43%
Procent där HbA1c kritisk	9%
Procent där urin kritisk	48%

Grafen i Figur 24 visar andelen prioriteringspatienter som har samtliga sina provrör färdiganalyserade inom en viss tid.



Figur 24. Svarstid för prioriteringspatienter i scenario 2.

Tabell 19 visar nyckeltal för svarstiderna av prover som inte tillhör prioriteringsgruppen.

Tabell 19. Nyckeltal för svarstiderna av övriga prover i scenario 2.

Provrör	Allmänskemi	Hba1c	Urin
Medelvärde med 95 % konfidensintervall (min)	96.66 ±0.28	142.75 ±0.91	175.81 ±2.16

## 6.4 Scenario 3

Det som skiljer scenario 3 från 2 är att transportvagnen nu går var tionde minut. I Tabell 20 presenteras fakta om svarstiderna för prioriteringspatienterna.

Tabell 20. Nyckeltal för svarstiderna för prioriteringspatienter i scenario 3.

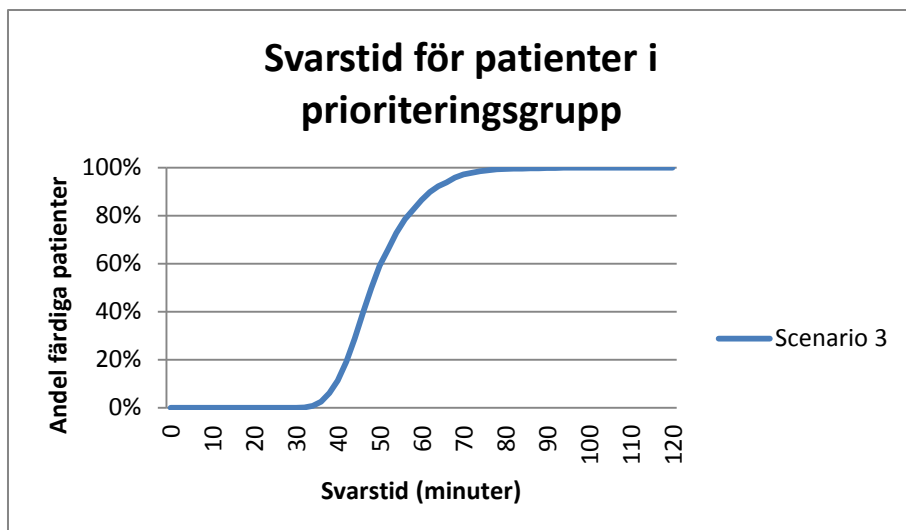
Prioriteringspatient	
Medelvärde med 95 % konfidensintervall (min)	50 ±0.32
Min (min)	31
Max (min)	108
Median (min)	48
Procent under 1 h (%)	86.6%

Tabell 21 visar information om vilket provrör som har längst svarstid av de provrör som en prioriteringspatient tar.

Tabell 21. Provrör som är kritiskt för svarstiden i scenario 3.

Kritiskt provrör för patient i prioriteringsgrupp	
Procent där allmänskemi kritisk	41%
Procent där HbA1c kritisk	8%
Procent där urin kritisk	50%

Figur 25 visar andelen av de patienter som tillhör prioriteringsgruppen som hinner få sina provsvar inom en viss tid.



Figur 25. Svarstid för prioriteringspatienter i scenario 3.

Den avslutande Tabell 22 för scenario 3 visar information om svarstiderna för de prover som inte ingår i prioriteringsgruppen.

Tabell 22. Nyckeltal för svarstiderna av övriga prover i scenario 3.

Provrör	Allmänkemi	Hba1c	Urin
Medelvärde med 95 % konfidensintervall (min)	95.19 ±0.25	145.31 ±0.94	173.77 ±2.15

## 6.5 Scenario 4

I detta scenario undersöks hur svarstiderna påverkas när proven tas i direkt anslutning till laboratoriet och transportvagnen utesluts. Tabell 23 nedan presenterar fakta om svarstiderna för patienterna som tillhör prioriteringsgruppen.

Tabell 23. Nyckeltal för svarstiderna för prioriteringspatienter i scenario 4.

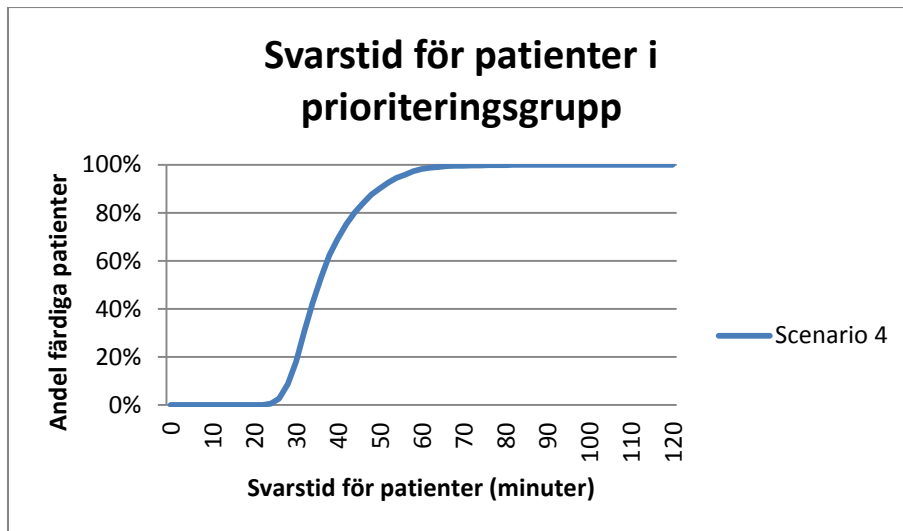
Prioriteringspatient	
Medelvärde med 95 % konfidensintervall (min)	37 ±0.30
Min (min)	22
Max (min)	102
Median (min)	35
Procent under 1 h (%)	98.3%

I Tabell 24 presenteras vilket provrör som är kritiskt för svarstiden hos patienterna i prioriteringsgruppen.

Tabell 24. Provrör som är kritiskt för svarstiden i scenario 4.

Kritiskt provrör för patient i prioriteringsgrupp	
Procent där allmänkemi kritisk	45%
Procent där HbA1c kritisk	8%
Procent där urin kritisk	47%

Grafen i Figur 26 visar andelen prioriteringspatienter som har en svarstid som är kortare än en viss tid.



Figur 26. Svarstid för prioriteringspatienter i scenario 4.

Tabell 25 presenterar information om svarstiderna för de provrör som inte ingår i prioriteringsgruppen.

Tabell 25. Nyckeltal för svarstiderna av övriga prover i scenario 4.

Provrör	Allmänkemi	Hba1c	Urin
Medelvärde med 95 % konfidensintervall (min)	94.97 ±0.26	145.06 ±0.94	176.01 ±2.19

## 6.6 Experiment med veckodagarna för scenario 2, 3 och 4

I experimentet studeras hur svarstiderna för prioriteringspatienterna varierar mellan veckodagarna för de olika scenarierna. Tabell 26 nedan presenterar fakta om dessa svarstider.

Tabell 26. Nyckeltal för svarstiderna av respektive veckodag i scenarierna 2, 3 och 4.

Veckodag	Måndag	Tisdag	Onsdag	Torsdag
<b>Scenario 2</b>				
Medelvärde med 95 % konfidensintervall (min)	55.30 ±0.39	54.47 ±0.39	54.77 ±0.36	54.10 ±0.34
Procent under 1 h (%)	71.74%	74.28%	72.38%	75.20%
95 % av patienterna färdiga (min)	76	74	75	73
<b>Scenario 3</b>				
Medelvärde med 95 % konfidensintervall (min)	50.05 ±0.33	49.59 ±0.31	49.30 ±0.31	48.86 ±0.30
Procent under 1 h (%)	85.43%	87.45%	87.45%	88.50%
95 % av patienterna färdiga (min)	69	68	67	66
<b>Scenario 4</b>				
Medelvärde med 95 % konfidensintervall (min)	37.75 ±0.31	38.10 ±0.32	38.08 ±0.31	37.08 ±0.29
Procent under 1 h (%)	98.34%	97.46%	97.77%	99.03%
95 % av patienterna färdiga (min)	55	56	56	55

## 6.7 Experiment med prioriteringsgruppens storlek för scenario 4

Detta experiment bygger på scenario 4 och här studeras hur svarstiderna påverkas när antalet patienter i prioriteringsgruppen ökar. I Tabell 27 visas fakta om svarstiderna för experimentet.

Tabell 27. Nyckeltal för svarstiderna av prioriteringspatienterna i experimentet med prioriteringsgruppens storlek för scenario 4.

Antal prioriteringspatienter/dag	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Medelvärde med 95 % konfidensintervall (min)	37.42 ±0.30	37.56 ±0.21	38.15 ±0.18	39.38 ±0.17	41.22 ±0.17	41.89 ±0.17	43.65 ±0.18	44.54 ±0.18	47.24 ±0.21	50.58 ±0.24
Procent under 1 h (%)	98.31%	98.24%	97.67%	96.78%	93.63%	92.33%	85.87%	82.34%	75.31%	73.62%

## 7 Analys

---

*I denna del analyseras de resultat som presenterats i föregående kapitel. Först analyseras de simulerade scenarierna och vilka effekter de har på svarstiden för prioriteringsgruppen och övriga provers svarstider. Därefter analyseras experimenten som gjorts med vilken veckodag som prioriteringsgruppen anländer, samt experimentet med prioriteringsgruppens storlek.*

---

### 7.1 Scenarier

Inledningsvis analyseras effekterna av att införa en prioriteringsgrupp samt att ändra hanteringsättet för dessa. Svarstiderna för den nya gruppen analyseras, såväl som eventuell effekt det ändrade hanteringsättet har på övriga patienter som inte ingår i gruppen.

#### 7.1.1 Prioriteringspatienter

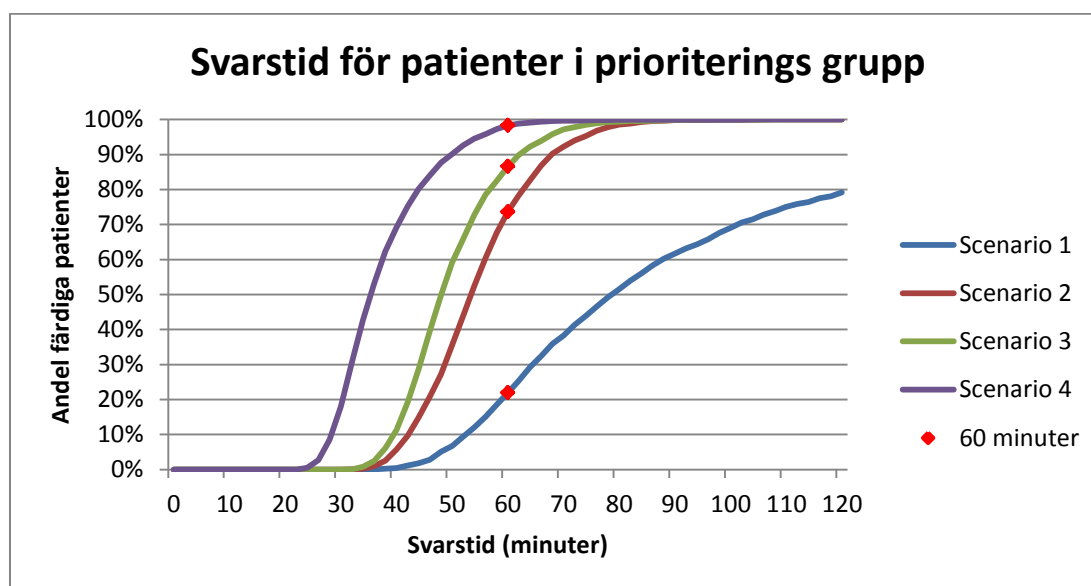
I scenario 0, där inga prioriteringar görs för provrören syns att drygt 30 procent av allmänkemiproverna, bara 1,5 procent av HbA1c-proverna respektive knappt 6 procent av urinproverna hinner analyseras inom en timme, se Tabell 13. För en prioriteringspatient som har ett rör av varje blir sannolikheten mycket liten att prioriteringspatienten ska få en svarstid kortare än en timme. Därför är det ett måste att omfattande prioriteringar görs för att prioriteringspatienterna ska få en kortare svarstid än en timme.

Svarstiden för prioriteringspatienterna minskar för varje scenario. Tabell 28 visar svarstidens medelvärde för de olika scenarierna med ett 95-procentigt konfidensintervall, med andra ord hamnar medelvärdet med 95 procent säkerhet i detta intervall. Här ses också att konfidensintervallen mellan de olika scenarierna inte överlappar varandra och det konstateras att skillnaden är signifikant och beror inte på slumpen. Den längsta svarstiden för prioriteringspatienten minskar också drastiskt från scenario 1 till de övriga scenarierna, vilket beror på att processtiden i analysmaskinerna i de senare tillfällena har en betydligt kortare analys- och valideringstid. Eftersom scenarierna simuleras i 400 dagar hinner cirka 9700 provrör som tillhör prioriteringspatienterna gå igenom systemet och att något provrör får en mycket lång processtid, även om sannolikheten är mycket liten, är troligt i scenario 1. Den kortaste processtiden är ungefär densamma för alla scenarier utom scenario 4. Av samma anledning som för den längsta svarstiden, att många provrör genereras, är det troligt att något provrör går igenom systemet med minsta möjliga väntetid. Att den lägsta tiden för scenario 4 skiljer sig så från de övriga scenarierna beror främst på att det inte tar någon tid från det att patienten har lämnat provet tills det att det når Klinisk kemi till skillnad från de övriga scenarierna där proverna transporteras med vagn mellan PTC och Klinisk kemi, vilket tar sju minuter. Medianen som presenteras sist i Tabell 28 visar svarstiden för den patient som har en svarstid som lika många patienter i den aktuella datamängden underskrider och överskrider. Värdet på medianen ligger nära medelvärdet i samtliga scenarier, vilket indikerar att det är få prioriteringspatienter som har mycket långa svarstider och att dessa inte har någon större påverkan på andra nyckeltal. Det kan därför konstateras att svarstiderna har en jämn spridning runt medelvärdet.

Tabell 28. Svarstider för prioriteringspatienter vid de olika scenarierna.

Scenario	1	2	3	4
Medelvärde med 95 % konfidensintervall (min)	101 ±2.5	55 ±0.4	50 ±0.3	37 ±0.3
Min (min)	35	31	31	22
Max (min)	844	105	108	102
Median (min)0	79	53	48	35

Andelen prioriteringspatienter som har en svarstid kortare än en viss tid visas i Figur 27, och även här syns att svarstiden minskar för varje scenario. Lutningen på grafen för scenario 1 skiljer sig betydligt från de övriga scenarierna och visar att förändringen av lutningen främst beror på att proverna får akuta processtider i analysmaskinen. I scenario 1 genereras processtiderna för de olika proverna från olika fördelningar; för allmänkemiprovet skiljer sig också processtiderna åt på förmiddag och eftermiddag. I detta scenario fås därför en stor variation av provernas processtid i analysmaskinen, och följaktligen patientens svarstid, vilket den mindre lutningen indikerar. I scenario 2, 3 och 4 genereras processtiderna för de olika proverna från samma fördelning och variationen i processtider minskar därför, vilket graferna också visar med en större lutning. Graferna för scenario 2, 3 och 4 skiljer sig istället främst åt för att de för varje scenario flyttas åt vänster i figuren. Detta beror på att samtliga scenarier behandlar hur ofta inleveransen från PTC till Klinisk kemi sker och förändringen påverkar samtliga prover ungefär lika mycket.



Figur 27. Svarstid för prioriteringspatienter vid de olika scenarierna.

Ett rimligt antagande kan vara att uppnå att minst 95 procent av prioriteringspatienternas svarstid ska vara kortare än en timme. Informationen i Tabell 29 visar samma sak; endast scenario 4 klarar kravet att minst 95 procent av proverna ska vara färdiganalyserade inom en timme. I Figur 27 syns också att de flesta svarstiderna i scenario 4 är betydligt kortare än 60 minuter och att få prover har en svarstid kring 60 minuter. Det är lutningen på graferna som ger information om detta; en stor lutning vid en viss tid indikerar att många prover har denna svarstid. Här syns också att scenario 2 har störst lutning vid 60 minuter, vilket visar att scenariot har flest prover som har en svarstid kring tidpunkten.



Tabell 29. Nyckeltal för svarstiderna för prioriteringspatienter vid de olika scenarierna.

Scenario	1	2	3	4
95 % av patienterna färdiga (min)	240	74	67	55
Andel av patienterna färdiga efter 1 h (%)	22.0%	73.7%	86.6%	98.3%

I följande Tabell 30 presenteras den procentuella minskningen av medelvärdet mellan scenarierna. Tabellen ger ett mått på vilken förändring som har reducerat svarstiderna mest, men det är svårt att med en procentsats konstatera att svarstiderna har blivit så mycket bättre. Ett sådant konstaterande bör inte göras eftersom det endast är vissa tider som är viktiga att minska. Till exempel är det kanske inte så intressant att minska svarstiderna för de patienter som med redan god marginal har kortare svarstid än 60 minuter, medan det är av yttersta intresse att minska svarstiderna för de patienter som har en svarstid längre än 60 minuter. Vad som istället kan utläsas är att den största förbättringen sker mellan scenario 1 och 2, då alla provrör från prioriteringsgruppen får akuta processtider. Att öka frekvensen på PTC-vagnen så att den går var tionde istället för var tjugonde minut, scenario 2 till 3, påverkar svarstiden minst. En reduktion på fyra procent motsvarar fem minuter, vilket är den genomsnittliga minskningen av väntetiden för provrören innan de transporteras med PTC-vagnen. Den större minskningen mellan scenario 3 och 4 gentemot scenario 2 och 3 beror på att både väntetiden innan provrören transporteras med vagnen och transporttiden för vagnen slopas, vilket är i genomsnitt fem respektive sju minuter.

Tabell 30. Procentuell minskning av medelvärdet för prioriteringspatienternas svarstider.

Jämförda scenarier	Minskning av medelvärde (%)
Scenario 1 till 2	24%
Scenario 2 till 3	4%
Scenario 3 till 4	10%

Prioriteringspatienten tar tre provrör och i Tabell 31 visas vilket provrör för patienten som haft den längsta svarstiden och därmed blivit den totala svarstiden för patienten. Tabellen visar att det oftast är allmänkemi- eller urinprovet som har den längsta processtiden. Dessa rör, till skillnad från HbA1c-röret, behöver centrifugeras innan de kan analyseras i maskinen. Eftersom HbA1c-provet antas vara nytaget behöver det bara skakas några gånger av personalen innan det är redo att analyseras, medan det annars kräver maskinell skakning i minst fem minuter. Den manuella skakningen för HbA1c-provet går snabbare än centrifugeringen för allmänkemi- och urinproverna. Centrifugeringen av allmänkemi- och urinproverna blir därmed ett kritiskt moment för svarstiden.

Tabell 31. Provrör som är kritiska för svarstiden vid de olika scenarierna.

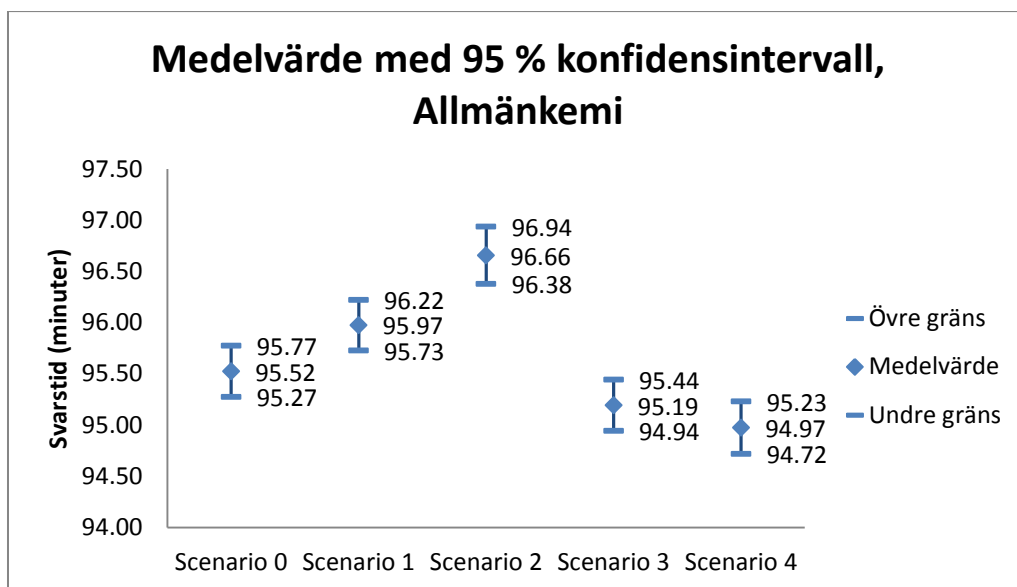
Scenario	1	2	3	4
Allmänkemi	23%	43%	41%	45%
HbA1c	12%	9%	8%	8%
Urin	65%	48%	50%	47%

### 7.1.2 Övriga prover

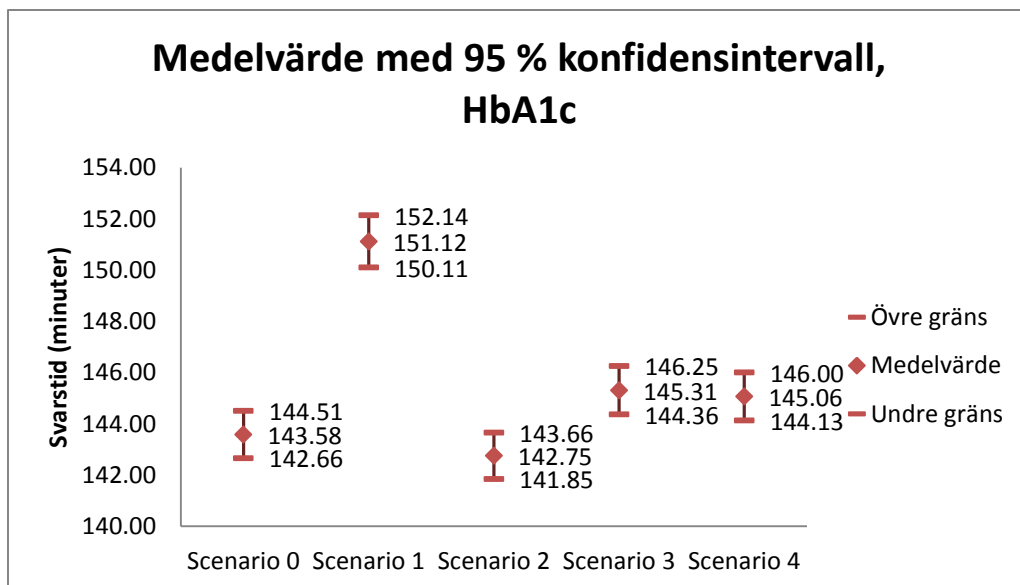
I Figur 28, Figur 29 och Figur 30 nedan presenteras medelvärdet för svarstiderna av respektive rör för de övriga proverna i de olika scenarierna. I figurerna för allmänkemi och HbA1c syns att medelvärdets konfidensintervall för några scenarier skiljer sig signifikant från de övriga men också att konfidensintervallen för några scenarier överlappar. En stor överlappning innebär att skillnaden inte

är statistiskt säkerställt. I de fall ett scenario skiljer sig signifikant från de övriga, förutom för HbA1c-provernas medelvärde för svarstiderna i scenario 1, handlar det om sekunder. En tid som, i sammanhanget, inte ger märkbara försämringar. Det ska också tas i beaktning att svarstiden för dessa prover inte är så avgörande; dessa patienter kommer oavsett svarstiden tillägna sig provsvaret senare. Att medelvärdet för HbA1c-provernas svarstider i scenario 1 avviker så markant, i jämförelse med de andra fallen, beror på att prioriteringspatienternas provrör har vanliga processtider och eftersom samtliga HbA1c-prover går in via akutingången i maskinen påverkas dessa prover mer. Även om det här handlar om några minuter är ökningen så liten att det fortfarande, enligt tidigare konstaterande, kan antas att de berörda patienterna inte påverkas. För urinproverna är det ingen signifikant skillnad för medelvärdet mellan de olika scenarierna, se Figur 30, och med andra ord konstateras att medelvärdet på ett statistisk säkerställt sätt inte påverkas mellan scenarierna.

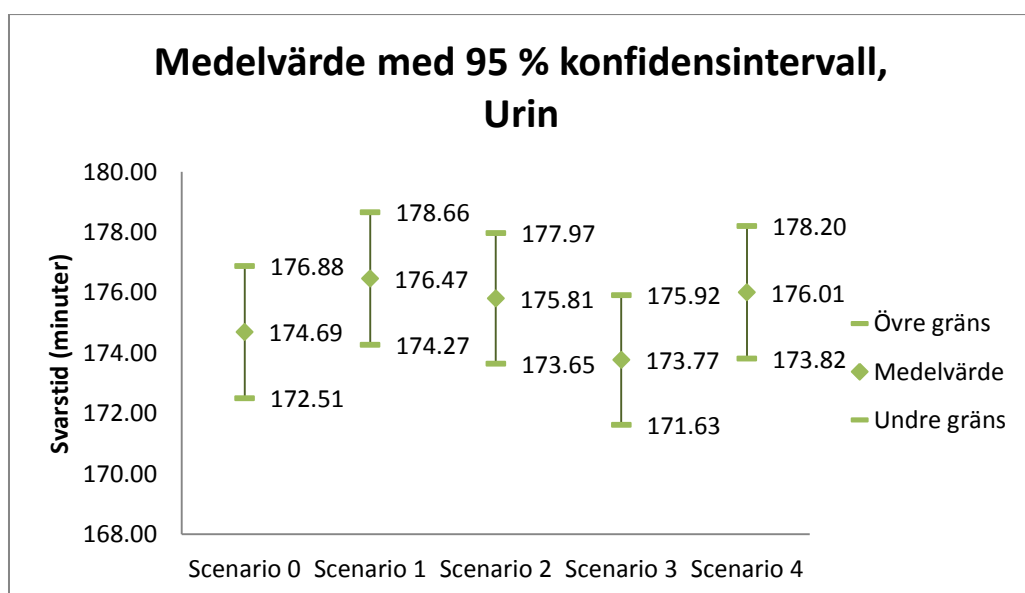
Figurerna nedan ger också information om spridningen för provkategorierna i de olika scenarierna. Här syns att konfidensintervallen för respektive kategori av prov i princip är lika långa för alla scenarier, vilket innebär att spridningen på svarstiderna är samma i alla scenarier.



Figur 28. Medelvärde med 95-procentigt konfidensintervall för allmänkemiprovernas svarstider hos de övriga proverna.



Figur 29. Medelvärde med 95-procentigt konfidensintervall för HbA1c-provernas svarstider hos de övriga proverna.



Figur 30. Medelvärde med 95-procentigt konfidensintervall för urinprovernas svarstider hos de övriga proverna.

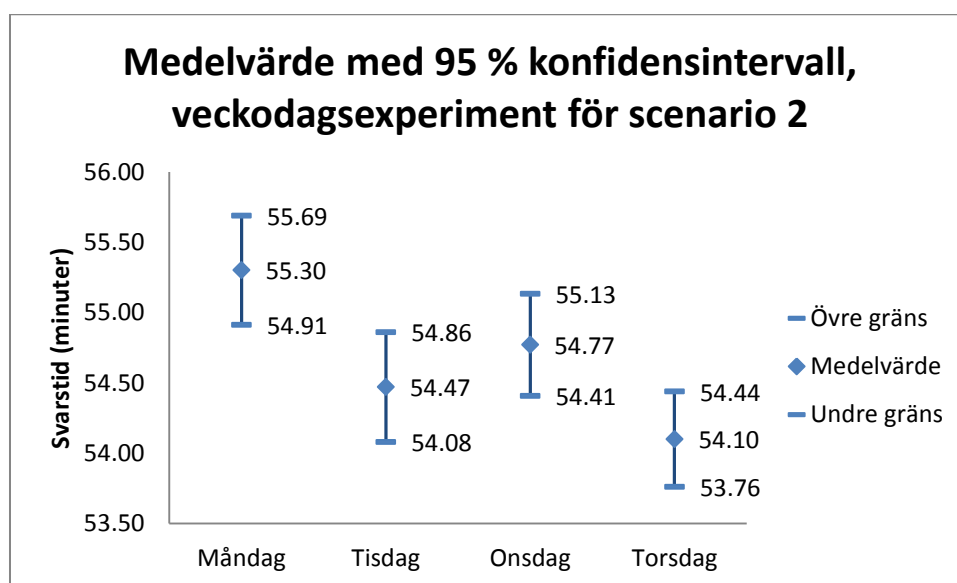
## 7.2 Experiment med veckodagarna för scenario 2, 3 och 4

Experimenten med varierande veckodagar har gjorts för scenario 2, 3 och 4. De analyseras var för sig.

### 7.2.1 Experiment med veckodagarna för scenario 2

Här analyseras huruvida det är någon skillnad mellan veckodagarna för prioriteringspatienternas svarstid i scenario 2. Figur 31 visar medelvärdet med ett 95-procentigt konfidensintervall och här syns att medelvärdet för tisdag och torsdag skiljer sig signifikant från måndag, medan övriga konfidensintervall överlappar. Även Tabell 32 indikerar att dessa dagar kan vara bättre; tisdag och torsdag har högst andel prioriteringspatienter som har en svarstid kortare än en timme och når också tiden då 95 procent av patienterna är färdiganalyserade först. Skillnaden mellan dagarna är liten och indikerar inget samband med belastningen av prover på Klinisk kemi. Detta är logiskt;

prioriteringspatienternas prover främjas både vid den manuella hanteringen och av analysmaskinen, där de sätts på akuta ställ och prioriteras automatiskt före i maskinen. Av dessa anledningar påverkas prioriteringspatienternas svarstider obetydligt av en högre beläggning. Dock har modellen svårt att ta hänsyn till den stress en högre arbetsbörda för personalen kan innebära. Det är därför viktigt att ta hänsyn till denna och därför rekommenderas att om en dag ska väljas, då patienter från prioriteringsgruppen ska komma, ska de komma antingen på onsdagen eller på torsdagen (PTC är stängt på fredagar), eftersom detta är de dagar som både har lägst beläggning av patienter i PTC och minst antal prover som analyseras på Klinisk kemi.



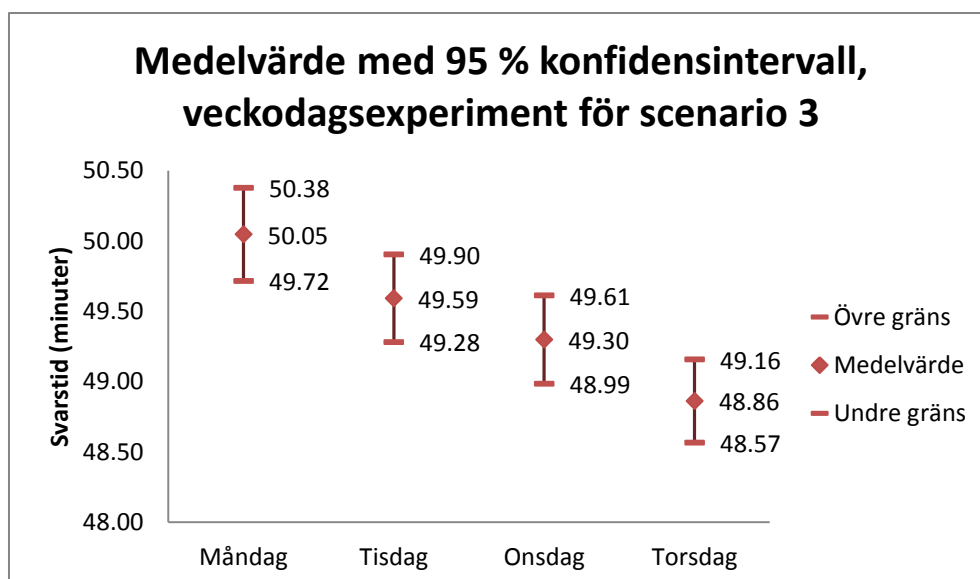
Figur 31. Medelvärde med 95-procentigt konfidensintervall för svarstiderna hos prioriteringspatienterna i veckodagsexperimentet för scenario 2.

Tabell 32. Nyckeltal om svarstiderna för prioriteringspatienterna i veckodagsexperimentet för scenario 2.

Veckodag	Måndag	Tisdag	Onsdag	Torsdag
Procent under 1 h (%)	71.74%	74.28%	72.38%	75.20%
95% av patienterna färdiga (min)	76	74	75	73

### 7.2.2 Experiment med veckodagarna för scenario 3

I denna del studeras istället skillnaden mellan veckodagarna för scenario 3. I Figur 32 presenteras medelvärdet och dess 95-procentiga konfidensintervall för prioriteringspatienternas svarstider och i Tabell 33 presenteras nyckeltal gällande svarstiderna. Både i figuren och i tabellen syns att svarstiderna minskar med veckodagarna; onsdag och torsdag skiljer sig signifikant med måndag, samt att torsdag också skiljer sig signifikant från tisdag. Svarstiderna hos prioriteringspatienterna för detta experiment indikerar att beläggningen på Klinisk kemi påverkar svarstiderna. Av samma resonemang som för veckoexperimentet för scenario 2, rekommenderas att om någon dag ska väljas för prioriteringspatienterna, ska det vara någon dag i slutet av veckan.



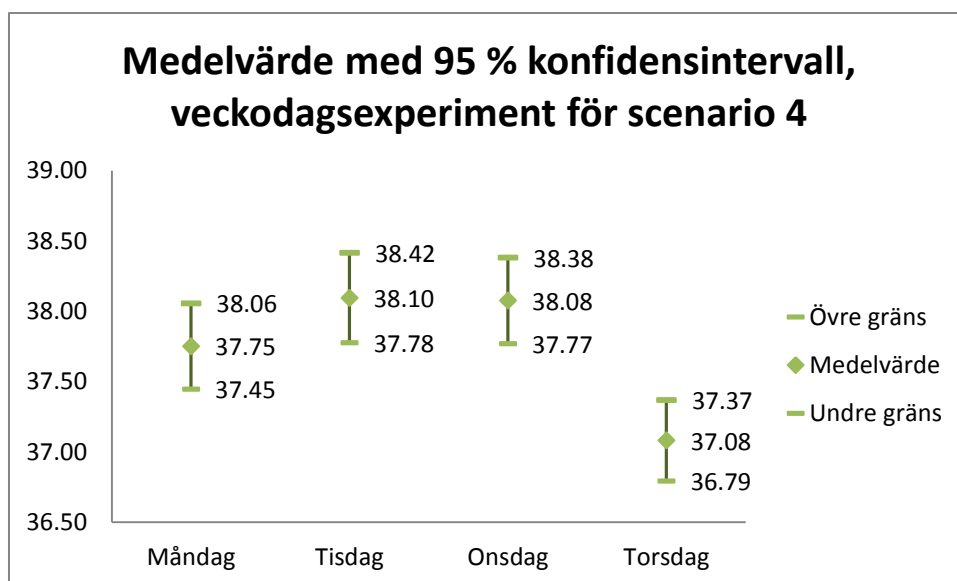
Figur 32. Medelvärde med 95-procentigt konfidensintervall för svarstiderna hos prioriteringspatienterna i veckodagsexperimentet för scenario 3.

Tabell 33. Nyckeltal om svarstiderna för prioriteringspatienterna i veckodagsexperimentet för scenario 3.

Veckodag	Måndag	Tisdag	Onsdag	Torsdag
Procent under 1 h (%)	85.43%	87.45%	87.45%	88.50%
95% av patienterna färdiga (min)	69	68	67	66

### 7.2.3 Experiment med veckodagarna för scenario 4

Här studeras slutligen skillnaden i svarstid, för prioriteringspatienterna, mellan veckodagarna för scenario 4. I detta experiment är det bara medelvärdet för svarstiderna på torsdagen, se Figur 33, som signifikant skiljer sig från de övriga dagarna. Det är också denna dag som har högst andel patienter som är färdiganalyserade inom en timme, se Tabell 34. Att det är mycket liten skillnad för tiden då 95 procent av patienterna är färdiganalyserade mellan dagarna beror på att tiden nås innan en timme och att relativt många svarstider ligger runt denna tid. Med anledning av de diskuterade resultaten är det logiskt att om en dag ska rekommenderas, när prioriteringspatienter kan komma, så är det på torsdagen.



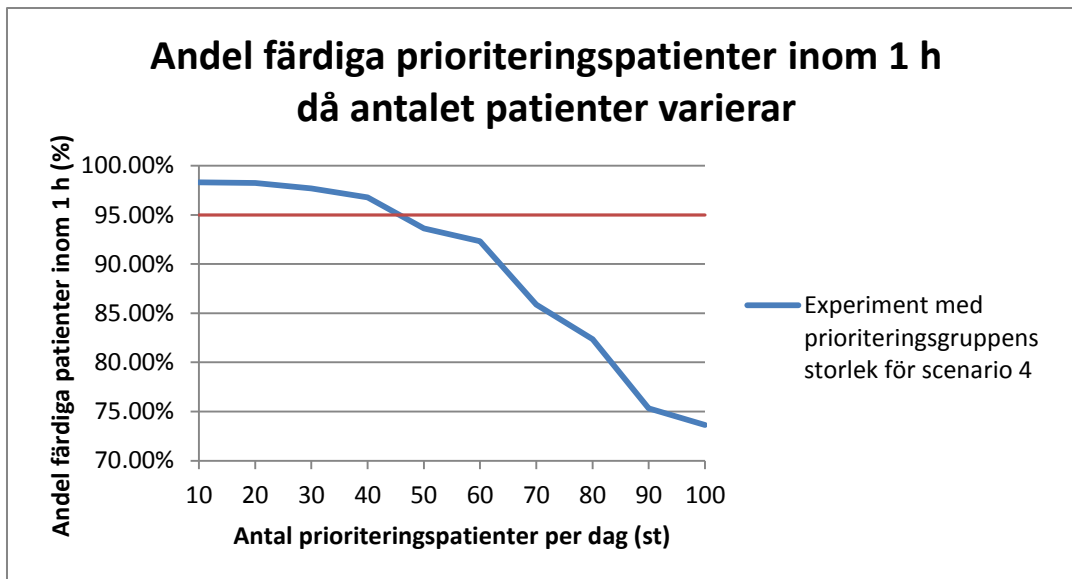
Figur 33. Medelvärde med 95-procentigt konfidensintervall för svarstiderna hos prioriteringspatienterna i veckodagsexperimentet för scenario 4.

Tabell 34. Nyckeltal om svarstiderna för prioriteringspatienterna i veckodagsexperimentet för scenario 4.

Veckodag	Måndag	Tisdag	Onsdag	Torsdag
Procent under 1 h (%)	98.34%	97.46%	97.77%	99.03%
95% av patienterna färdiga (min)	55	56	56	55

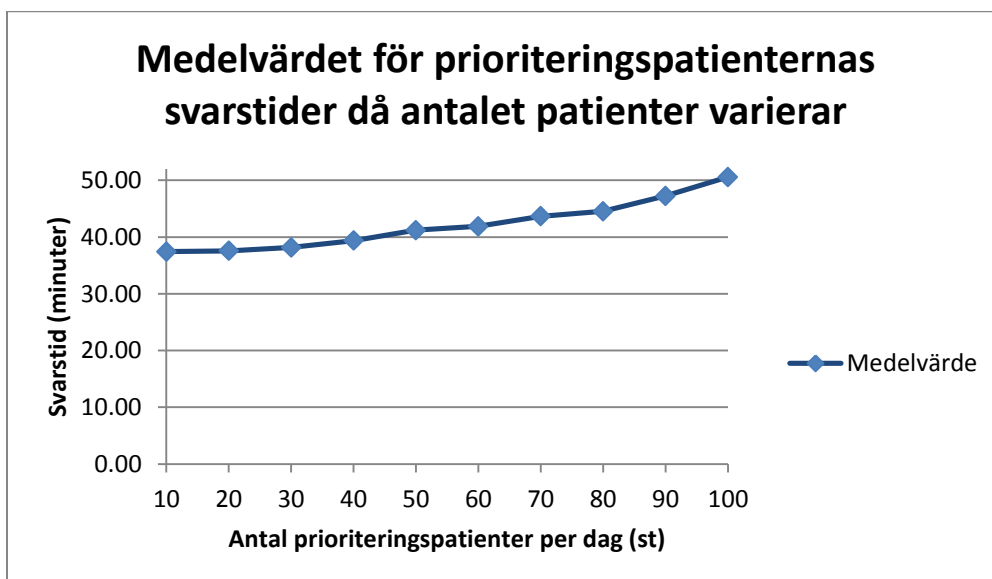
### 7.3 Experiment med prioriteringsgruppens storlek för scenario 4

I detta experiment studeras hur många patienter Klinisk kemi skulle kunna klara av att prioritera före de övriga varje dag. Det antas återigen att 95 procent av prioriteringspatienterna ska klaras av inom en timme, för att resultatet ska anses acceptabelt, vilket markeras i Figur 34 med en röd linje. Figuren visar att när antalet patienter överstiger cirka 45 patienter per dag så uppfylls inte målet längre, vilket också kan sägas vara smärtgränsen. Lutningen på grafen indikerar hur känslig en ökning av antalet prioriteringspatienter är då den är olika stor. I figuren syns att Klinisk kemi klarar av att öka antalet patienter i prioriteringsgruppen till en början utan att någon större försämring sker; lutningen på grafen är liten. Ju större prioriteringsgruppen blir, desto större blir dock påverkan på andelen patienter som har en svarstid kortare än en timme; grafens lutning ökar med antalet prioriteringspatienter.



Figur 34. Förändring av andel färdiga prioriteringspatienter inom en timme i experimentet med prioriteringsgruppens storlek för scenario 4.

Medelvärden av prioriteringspatienternas svarstider ökar också när antalet patienter i prioriteringsgruppen växer. Det är lätt att inse att medelvärden och andelen färdiga prioriteringspatienter inom en timme har ett samband och reagerar på liknande sätt när antalet prioriteringspatienter förändras. Dock är det svårt att förstå innebörden och dra slutsatser av ett ökat medelvärde, se Figur 35.



Figur 35. Förändring av medelvärdet för prioriteringspatienternas svarstider då antalet patienter varierar i experimentet med prioriteringsgruppens storlek för scenario 4.





## 8 Diskussion med slutsatser

---

Här diskuteras det som framkommit i analysen och vad det har för innebörd för Klinisk kemi. Diskussionen ska utmynna i mer eller mindre preciserade svar på de frågeställningar som ställts upp i kapitlet Inledning.

---

Vid analysen av de olika scenarierna framgår det att scenario 4 är det scenario där Klinisk kemi med störst sannolikhet kan garantera en svarstid för prioriteringspatienterna under en timme. Scenario 4 är också det scenario där förutsättningarna har ändrats mest; provtagning antas ske i direkt anslutning till Klinisk kemi. Att scenario 4 därför ger bäst resultat kan tyckas självklart, men att det är det enda scenario som klarar av att ge en acceptabel servicenivå, drygt 98 procent, är mer noterbart. Studeras Figur 27 återigen så syns att både scenario 2 och 3 skulle nå upp till i princip samma höga servicenivå om den tillåtna svarstiden istället ökades till 80 minuter. Ett alternativ kan vara att undersöka bland de potentiella patienter som kan komma att ingå i prioriteringsgruppen om denna tid, som innebär att de behöver ta provet 80 minuter innan läkarbesöket, skulle vara en acceptabel tid. Om så är fallet skulle *one stop clinic*-konceptet kunna införas, med en godtagbar servicenivå, även för scenario 2 och 3.

I scenario 2, 3 och 4 har prioriteringspatienternas prover samma hanteringsätt och förutsättningar i provmottagningen och laboratoriet, till skillnad från scenario 1. Det kan därför konstateras att en förutsättning för att *one stop clinic* ska kunna erbjudas oavsett tillåtna svarstid, är att dessa patienters prover hanteras via den prioriterade vägen från PTC till analys i laboratoriet samt att de sätts på akutställ i maskinen. Att svarstiderna för de övriga proverna, som inte prioriteras, inte påverkas nämnvärt gör det också möjligt för Klinisk kemi att införa *one stop clinic*.

När lämplig veckodag att erbjuda *one stop clinic* på undersöktes så visade resultaten på en mycket liten skillnad. Men, som också tas upp i analysen av dessa experiment, är en svaghet i modellen att den inte kan ta hänsyn till den stress en högre arbetsbörda för personalen som förändringarna kan innebära. Denna är också svår att uppskatta för examensarbetarna. Det kan tänkas att personalen på Klinisk kemi inte upplever att arbetsbördan skiljer sig så mycket mellan veckodagarna och att Klinisk kemi därför kan lägga över ett eventuellt val av veckodag till berörda läkare. Det kan dock också vara så att arbetsbördan är kännbar och beror på antalet prover per dag; i så fall skulle rekommendationen av en veckodag vara torsdag, eftersom ankomsten av antalet prover är mindre i slutet av veckan och PTC har stängt på fredagar.

Eftersom en förhoppning hos Klinisk kemi finns om att så småningom kunna erbjuda andra patientgrupper *one stop clinic*-konceptet är det värdefullt för Klinisk kemi att känna till sina begränsningar. Då prioriteringsgruppens storlek studerades syntes att Klinisk kemi klarade av en ökning av gruppen bra till en början och att servicenivån kunde bibehållas på en hög nivå. När antalet patienter i prioriteringsgruppen steg till cirka 45 patienter kunde inte längre en acceptabel servicenivå hållas. Servicenivån sjönk därefter också allt snabbare i takt med att prioriteringsgruppen växte, se Figur 34. Om prioriteringsgruppens storlek relateras till det totala antalet diabetespatienter som går på läkarbesök varje dag på lasarettet, vilka är cirka tio patienter, så inses att Klinisk kemi har

kapacitet att erbjuda *one stop clinic*-konceptet till ungefär fyra gånger fler patienter. Det skulle därför vara möjligt att erbjuda konceptet till fler patientgrupper.

Ett system som Klinisk kemi, där personalen utför många olika arbetsmoment och där också flera manuella hanteringar ingår, innefattar många moment som i en simuleringsmodell behöver ersättas av matematiska funktioner. Komplexiteten växer snabbt och för att en simulering av ett sådant system ska vara möjligt är både omfattande kvalitativ data och en teoretisk kunskap om sådana system en förutsättning. Problem som är vanliga vid simuleringar inom sjukvården, och som också har stötts på i detta projekt, är dels att mycket data finns men som inte beskriver precis det man behöver och dels att den data som finns förekommer i olika datasystem som inte är kompatibla med varandra. Därför har omfattande databehandling krävts och många antaganden om den aktuella datamängden har gjorts, där den teoretiska kunskapen har varit viktig. Detta i kombination med att många manuella hanteringar behöver modelleras när systemet ska simuleras gör att systemet är mycket komplext att simulera. De resultat som har framkommit i studien kan dock tolkas som trovärdiga då uppbyggandet av modellen har gjorts efter omfattande fältstudier, intervjuer samt mätprotokoll. Modelleringsmomenten bygger därför på en stor mängd data, och antaganden har gjorts med stark teoretisk förankring.

## 9 Källförteckning

---

Här presenteras de källor som använts i den här rapporten. De är uppdelade i Litteratur, Artiklar, Elektroniska källor, Muntliga källor, Föreläsningar och Bildkällor.

---

### 9.1 Litteratur

Banks, J. et al. (2010), *Discrete-Event System Simulation*. New Jersey. Pearson Education, Inc. 5. uppl.

Banks, J. (2004), *Getting Started with AutoMod*. Chelmsford. Brooks Automation, Inc. 2. uppl.

Björklund, M. & Paulsson, U. (2003), *Seminarieboken*. Lund. Studentlitteratur.

Blom, G. et al. (2005), *Sannolikhetsteori och statistikteori med tillämpningar*. Lund. Studentlitteratur. 5. uppl.

Chalise, R. W. (2005), *Stop Rising the Healthcare Costs Using Toyota Lean Production Methods*. Milwaukee. ASQ Quality Press.

Chan, N. H. et al. (2006), *Simulation Techniques in Financial Risk Management*. Hoboken, New Jersey. John Wiley & sons, inc.

Chung, C. A. (2004), *Simulation Modeling Handbook, A Practical Approach*. Boca Raton. CRC Press LLC.

Ejvegård, R. (2003), *Vetenskaplig metod*. Lund. Studentlitteratur.

Laguna, M. & Marklund, J. (2005), *Business Process Modeling, Simulation, and Design*. New Jersey. Pearson Prentice Hall.

Law, A. D. & Kelton, W. D. (2000), *Simulation Modeling and Analysis*. Tucson & Cincinnati. McGraw-Hill Higher Education. 3. uppl.

Lewis, P. A. W. & Orav, E. J. (1989), *Simulation Methodology for Statisticians, Operations Analysts, and Engineers Volume 1*. California. Wadsworth & Brooks/Cole Advanced Books & Software.

Lindgren, G. & Rootzén, H. (2005), *Stationära stokastiska processer*. Lund. KFS AB. 5. uppl.

Merriam, S. (1994), *Fallstudien som forskningsmetod*. Lund. Studentlitteratur.

Olbjer, L. et al. (2006), *Tidsserieanalys*. Lund. Studentlitteratur. 5. Uppl.

Rydén, T. & Lindgren, G. (2000), *Markovprocesser*. Lund. KFS AB. 2. uppl.

## 9.2 Artiklar

Borgström, A. (2010), Snabb hjälp med "one stop clinic". *Läkartidningen*. Vol. 15. Stockholm. Läkartidningen förlag AB.

Brailsford, S. (2005), Overcoming the barriers to implementation of operations research simulation models in healthcare. *Clinical & Investigative Medicine*, 28(6). Storbritannien. Canadian Society for Clinical Investigation.

Fone, D. et al. (2003), Systematic review of the use and value of computer simulation modelling in population health and health care delivery. *Journal of Public Health*, 25(4). Storbritannien. Oxford University Press.

Fryk, P. & Steins, K. (2010), A Modern Process Perspective, Process Mapping, and Simulation in Health Care: Opportunities and IT Infrastructural Needs. *2010 IEEE Workshop on Health Care Management (WHCM)*. Sverige. IEEE.

Harper, P. R. & Pitt, M.A. (2004), On the Challenges of Healthcare Modelling and a Proposed Project Life Cycle for Successful Implementation. *Journal of the Operational Research Society*, 55(6). UK. Palgrave Macmillan Press.

Hartmann, M. (2007), Stokastiska processer och tidsserier. *Välfärd (SCB)*. Vol. 1.

Jun, J. B. et al. (1999), Application of Discrete-Event Simulation in Health Care Clinics: A Survey. *Journal of the Operational Research Society*, 50(2). Virginia. Palgrave Macmillan Press.

van Merode, G. G. et al. (1996), Advanced management facilities for clinical laboratories. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 50(2). Nederländerna. Elsevier.

Proctor, T. (1996), Simulation in hospitals. *Health Manpower Management*, 22(5). Storbritannien. Emerald (MCB).

Vogt, W. et al. (1994), Realistic Modeling of Clinical Laboratory Operation by Computer Simulation. *Clinical Chemistry*, 40(6). Tyskland. American Association for Clinical Chemistry.

## 9.3 Elektroniska källor

[www.1177.se](http://www.1177.se)

<http://www.1177.se/artikel.asp?CategoryID=38381&PreView> Sökdatum: 2010-11-13

<http://www.1177.se/artikel.asp?CategoryID=37515&PreView> Sökdatum: 2010-11-13

<http://www.1177.se/artikel.asp?CategoryID=37517&PreView> Sökdatum: 2010-11-13

<http://www.1177.se/artikel.asp?CategoryID=38380&PreView> Sökdatum: 2010-11-13

<http://www.1177.se/artikel.asp?CategoryID=38384&PreView> Sökdatum: 2010-11-13

<http://www.1177.se/artikel.asp?CategoryID=41986> Sökdatum: 2010-11-13

<http://www.1177.se/artikel.asp?CategoryID=37516&PreView> Sökdatum: 2010-11-15

<http://www.1177.se/artikel.asp?CategoryID=38383&PreView> Sökdatum: 2010-11-15

[www.automod.se](http://www.automod.se)

<http://www.automod.se/> Sökdatum: 2010-11-16

<http://www.automod.se/automod.html> Sökdatum: 2010-11-16

[www.businessdictionary.com](http://www.businessdictionary.com)

<http://www.businessdictionary.com/definition/deterministic-model.html> Sökdatum: 2010-11-17

[www.dagensmedicin.se](http://www.dagensmedicin.se)

<http://www.dagensmedicin.se/nyheter/2010/07/02/offentlig-var-dominerar-f/index.xml>

Sökdatum 2010-11-22

[www.entnet.org](http://www.entnet.org)

<http://www.entnet.org/Practice/loader.cfm?csModule=security%2fgetfile&pageid=37249>

Sökdatum 2010-11-22

[www.helsingborgslasarett.se](http://www.helsingborgslasarett.se)

<http://www.helsingborgslasarett.se/patienterochnarstaende/sjukdomarochradgivning/diabetes>

Sökdatum: 2010-11-13

<http://www.helsingborgslasarett.se/patienterochnarstaende/enheterochmottagningar/kliniskemi.4.2ac9829d108e7756ad5800010132.html> Sökdatum: 2010-08-10

[www.learning4sharing.nu](http://www.learning4sharing.nu)

<http://www.learning4sharing.nu/deterministisk-221724.html> Sökdatum: 2010-11-17

[www.math.kth.se](http://www.math.kth.se)

<http://www.math.kth.se/matstat/gru/sf1901/F/fo6nysf1901.pdf> Sökdatum: 2010-11-17

[www.miun.se](http://www.miun.se)

Institutionen för informationsteknologi och medier (ITM). (2007), *Anvisningar och mall för tekniska rapporter och examensarbeten*. Mittuniversitetet. Hittas online under adressen:

[www.miun.se/upload/8659/MallTekniskaRapporterMIUN.doc](http://www.miun.se/upload/8659/MallTekniskaRapporterMIUN.doc) Sökdatum: 2010-08-18

[moodle.lnu.se](http://moodle.lnu.se)

Lundin, M. (2009), *Att dokumentera en undersökning i en uppsats*. Hittas online under adressen:

[http://moodle.lnu.se/file.php/1/uppsatsguide/att\\_dokumentera\\_en\\_undersokning\\_i\\_en\\_uppsats.pdf](http://moodle.lnu.se/file.php/1/uppsatsguide/att_dokumentera_en_undersokning_i_en_uppsats.pdf) Sökdatum: 2010-08-17

[www.skane.se/labmedicin](http://www.skane.se/labmedicin)

<http://www.skane.se/templates/Page.aspx?id=228665> Sökdatum: 2010-08-11

[www.qlikview.com/se](http://www.qlikview.com/se)

<http://www.qlikview.com/se/company?ga-link=rotator> Sökdatum: 2010-11-16

<http://www.qlikview.com/se/explore/products/features-benefits/end-users> Sökdatum: 2010-11-16

<http://www.qlikview.com/se/explore/solutions> Sökdatum: 2010-11-16

<http://www.qlikview.com/se/explore/solutions/industries/life-science-healthcare/healthcare>

Sökdatum: 2010-11-16

## 9.4 Muntliga källor

Laila Petersson, biomedicinsk analytiker och ansvarig för stationerna för allmänkemi, Helsingborgs lasarett

Petter Hannerz, enhetschef Klinisk kemi, Helsingborgs lasarett

## 9.5 Föreläsningar

Olsson, F. *Simulering – basics*. Föreläsning i kursen Simulering av produktionssystem. LTH. 2009-09-03

Olsson, F. *Indata-analys*. Föreläsning i kursen Simulering av produktionssystem. LTH. 2009-09-07

## 9.6 Bildkällor

[www.qlikview.com/se](http://www.qlikview.com/se)

<http://demo.qlikview.com/QvAJAXZfc/opendoc.htm?document=Whats%20New%20in%20Qv10.qvw&host=Demo10&anonymous=true> Sökdatum: 2010-11-16

Law, A. D. & Kelton, W. D. (2000), *Simulation Modeling and Analysis*. Tucson & Cincinnati. McGraw-Hill Higher Education. 3. uppl.

## Appendix A

### Mätprotokoll: hämtning av prover från provmottagningen till laboratoriet

#### Försättsblad

## Arbetsstation Cobas X

Var god fyll i följande tabell under några sammanhängande perioder. Önskvärt är cirka 3 timmar på förmiddagen (9-12) och 3 timmar på eftermiddagen (13-16) under cirka 3 dagar.

- Fyll i varje gång ni hämtar något prov från provtagningen som ska analyseras vid någon av Cobasmaskinerna.
- Om ni missar en hämtning, uppskatta tiden och markera med ett kryss i marginalen.
- Uppskatta antalet prover från de olika kategorierna.

*Exempel: Jag hämtar en full rundell(24 rör), 2 urinrör samt 3 specialkemirör.*

STATION COBAS 2

Inleverans nr.	Tidpunkt	Antal av olika rörtyper		
		Hba1c	Urin	Övriga
1	09:18		2	27
2				

*TACK för Er hjälp!*

*Hälsningar Victoria och Maria*

## Mätprotokoll

STATION COBAS 3 & 4				
Inleverans nr.	Tidpunkt	Antal av olika rörtyper		
		Hba1c	Urin	Övriga
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				



## Appendix B

### Inleveranser från slingan och vårdcentraler

#### Inleveranser från slingan

Tidpunkt för leverans från husets övriga avdelningar, "slingan". Leverans sker vid i tabellen givna tidpunkter varje vardag och ankommer till provmottagningen cirka femton minuter senare.

Leverans nummer	1	2	3	4	5	6
Tidpunkt	06:30	08:00	09:15	11:00	13:30	14:45

#### Inleveranser från vårdcentraler

Tidpunkt för inleverans från kringliggande vårdcentraler. Vid varje tidpunkt i tabellen redovisas även från hur många vårdcentraler prover inkommer.

Leverans nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Tidpunkt	09:00	09:40	10:30	10:48	12:00	03:36	13:30	15:00	15:30	10:48	16:30
Antal vårdcentraler	3	6	1	4	11	5	4	5	10	3	5

## Appendix C

### Beskrivning av moduler i AutoMod-modellen

#### Processer

Process	Förklaring
model initialization function	Öppnar de textfilerna dit mätdata skickas. Här ställs in vilket scenario som önskas köras, samt antal prio2-patienter.
P_ak1ak	Allmänkemiproverna är vid AK1-stationen och förbereds för analys. Proverna ska korkas av och sättas i ställ, vilket i modellen innebär att "vänta". När de är färdiga sätts de på en lista, färdiga att gå in i analysmaskinen.
P_ak1fetchhba1c	Hämtar in HbA1c-prover till AK1-stationen.
P_ak1fetchurin	Hämtar in urinprover till AK1-stationen.
P_ak1hba1c	HbA1c-proverna är vid AK1-stationen och förbereds för analys. De ska skakas i maskin, vilket sker med hjälp av P_ak1hba1loadshaker.
P_ak1hba1loadshaker	Skickar efter avslutad skakning eller var femtonde minut en impuls att ladda skakmaskinen med HbA1c-prover som finns vid stationen.
P_ak1loadmachine	Laddar analysmaskinen, när plats är ledig, med ett ställ innehållande upp till fem prover.
P_ak1processing	Ger alla loadsen i stället sina processtider. Proverna körs i analysmaskinen. Provernas totala svarstider registreras och skrivs till textfilerna. Maskinen laddas med ett nytt rack när analyserna för hela racket genomförts (rackets sluttid kan dock registreras efter detta om det ska godkännas manuellt av personal).
P_ak1setprocessingtime	Ger en av de 1-5 loadsen som ska skickas in i analysmaskinen tider för hur lång tid proverna ska analyseras.
P_ak1urin	Urinproverna är vid AK1-stationen och förbereds för analys.
P_ak2ak	Proverna är vid AK2-stationen och förbereds för analys. Alla prover ska korkas av och sättas i ställ, vilket i modellen innebär att "vänta". De är färdiga att gå in i analysmaskinen.
P_ak2akut	Hit kommer de akuta proverna som ska centrifugeras i 7 minuter. Därefter sätts de på en lista och är redo att gå in i analysmaskinen.
P_ak2loadmachine	Laddar analysmaskinen, när plats är ledig, med ett ställ innehållande upp till fem prover.

P_ak2processing	Ger alla loadsen i stället sina processtider. Proverna körs i analysmaskinen. Provernas totala svarstider registreras och skrivs till textfilerna. Maskinen laddas med ett nytt rack när analyserna för hela racket genomförts (rackets sluttid kan dock registreras efter detta om det ska godkännas manuellt av personal).
P_ak2setprocessingtime	Ger en av de 1-5 loadsen som ska skickas in i analysmaskinen tider för hur lång tid proverna ska analyseras.
P_akfetch	Hämtar in allmänskemiprover till AK1- och AK2-stationerna. Om antalet prover vid AK1-stationen understiger 60 procent av det totala antalet prover vid båda stationerna skickas den hämtade batchen till AK1-stationen, eftersom denna station kan svälja fler prover.
P_arrivingschedulehouse	Placerar ut dagens ankomster av remisser vid slingans sex ankomsttider med olika sannolikhet.
P_arrivingscheduleptc	Placerar ut dagens ankomster av remisser över olika intervall med olika sannolikhet.
P_centrifugering10min	Proverna sätts i maskin av personal, körs i maskinen, töms ur maskinen av personal och skickas sedan att sorteras i P_sort2.
P_centrifugering12min	Proverna sätts i maskin av personal, körs i maskinen, töms ur maskinen av personal och skickas sedan att sorteras i P_sort2.
P_createhouseprov	Proverna får identitet (tillhör en analysgrupp).
P_createprio2	Här skapas loads till prioriteringsgruppen. Vilket antal och under vilken tidsrymd som de skapas anges allra först i programmet, i initialization function.
P_createptcprov	En leverans från PTC packas upp. Proverna får identitet (tillhör en analysgrupp).
P_createvcprov	En leverans från vårdcentralerna packas upp. Proverna får identitet (tillhör en analysgrupp).
P_findingjob	Hit skickas en dummy-load när en personal blivit "ledig". Ett nytt jobb letas då upp och en personal utför detta.
P_generatehouseprov	Slumpar fram antal remisser från vårdcentralerna och skickar dessa till mottagningen vid de förutbestämda leveranstiderna.
P_generateptcvagn	Skickar en vagn från PTC till mottagningen var tjugonde minut. Antalet prover är en tredjedel av hela intervallets (timmens).
P_generatevcprov	Skickar leveranser från slingan vid sex tillfällen varje dag.
P_prio2	Alla prover med prioritering 2 går igenom. Allmänskemi- och urinprover centrifugeras i en av de två centrifugerna i 7 minuter. HbA1c-prov skakas för hand. Samtliga prover sätts därefter på en lista, färdiga att gå in i analysmaskinen.

P_setprioeba1c	Här går alla prover med prioritering 2. De får prioritering, ursprung samt ett patientid för senare identifiering.
P_setprioehouse	Provet får prioritering samt ursprung registreras.
P_setprioetc	Provet får prioritering samt ursprung registreras. Här skapas också de HbA1c-prov som får prioritering 2 samt tillhörande allmänkemi- och urinprov om loaden som kommer in är av typ prio2. Så många prio2-patienter som skapas, så många vanliga försvinner för att totala antalet ska vara konstant.
P_setprioetc	Provet får prioritering samt ursprung registreras.
P_sort1	Proverna sorteras och skickas antingen till att vänta på listan i S_sortedtolab, eller att centrifugeras.
P_sort1urinhba1c	De urin- och HbA1c-prover som finns kvar i mottagningen efter kl 17 läggs på en väntelista för att analyseras först på morgonen dagen efter.
P_sort2	Proverna sorteras och skickas att vänta på listan i S_sortedtolab för analys i laboratoriet.
P_timeanddate	Håller reda på om vilken vardag det är, om det är för- eller eftermiddag samt om det är mellan klockan 07 och 17 eller ej, samt nollställer viss mätdata för korrekt överföring till textfilerna.
P_weekdayehouse	Slumpar dagens totala antal remisser från huset
P_weekdayetc	Slumpar dagens totala antal remisser från PTC.
P_weekdayetc	Slumpar dagens totala antal remisser från vårdcentralerna, och placerar ut dessa vid de olika leveranstiderna beroende på hur många vårdcentraler som levererar vid just den tiden.

## Subrutiner

Subrutin	Förklaring
S_sortedtolab	Placerar provet att vänta på rätt lista för att analyseras i laboratoriet. För denna studien ej aktuella prover sänds att dö.
S_ak1processingprio2	Svarstiden för diabetespatienter med prioritering 2 registreras, d.v.s den längsta av de tre rörens svarstider

## Loads

Load	Förklaring
L_ak	En analysgrupp. Allmänkemi inklusive toxikologi, och specialkemi.
L_ak1fetchhba1c	Hämtar urinprover från provmottagningen till laboratoriet.
L_ak1fetchurin	Hämtar prover av typen HbA1c och urin från provmottagningen till laboratoriet.
L_ak1hba1cloadshaker	Laddar skakningsmaskinen med HbA1c-prover.
L_ak1loadmachine	Laddar analysmaskinen vid station AK1 med prover.
L_ak1processingghost	Dummyprov som fiktivt fyller upp ett ställ med fem platser.
L_ak2akutarriving	En leverans som genererar ett slumpat antal akutprover.
L_ak2loadmachine	Laddar analysmaskinen vid station AK2 med prover.
L_ak2processingghost	Dummyprov som fiktivt fyller upp ett ställ med fem platser.
L_akfetch	Hämtar allmänkemiprover till AK1- och AK2-stationerna.
L_akut	En analysgrupp. Akut prov som analyseras vid station för allmänkemi.
L_arrivingschedulehouse	En remiss (i genomsnitt 1.5 provrör). Placeras ut vid någon av ankomsterna för slingan.
L_arrivingscheduleptc	En remiss (i genomsnitt 1.6 provrör). Placeras ut vid någon timme under dagen för ankomst med ptcvagnen.
L_createhouseprov	Ett prov från slingan, innan det packats upp och identifierats som en av analysgrupperna.
L_createprio2	Åker en gång varje dag till processen som skapar L_prio2, som i sin tur genererar prioriteringspatienters prov.
L_createptcprov	Ett prov från PTC, innan det packats upp och identifierats som en av analysgrupperna.
L_createvcprov	Ett prov från vårdcentralerna, innan det packats upp och identifierats som en av analysgrupperna.
L_findingjob	Dummy som söker igenom om något jobb finns att utföra i provmottagningen, och i så fall sätter en av personalen att utföra detta.
L_generatehouseprov	Load som ser till att rätt antal prover skickas vid rätt tidpunkt från slingan varje dag.
L_generateptcvagn	Load som ser till att rätt antal prover skickas vid rätt tidpunkt från PTC varje dag.
L_generatevcprov	Load som ser till att rätt antal prover skickas vid rätt tidpunkt från vårdcentralerna varje dag.
L_hba1c	En analysgrupp.
L_koaghem	En analysgrupp. Koagulation och hematologiprover tillsammans eftersom dessa har liknande hantering inna laboratoriet.
L_pk	En analysgrupp. Analyseras vid stationen för koagulation.
L_prio2	Skapas i P_createprio2 för att generera en prioriteringspatienters prover.
L_respiration	En analysgrupp. Analyseras vid stationen för respiration.

L_timeanddate	Sätter variabler för vilken veckodag och tid det är i simuleringen.
L_urin	En analysgrupp. Analyseras vid station för allmänkemi.
L_weekdayhouse	Slumpar fram antal remisser som ska ankomma från slingan under hela dagen utifrån vilken veckodag det är.
L_weekdayptc	Slumpar fram antal remisser som ska ankomma från PTC under hela dagen utifrån vilken veckodag det är.
L_weekdayvc	Slumpar fram antal remisser som ska ankomma från vårdcentralerna under hela dagen utifrån vilken veckodag det är.

## Attribut

Attribut	Förklaring
A_priogrupp	Ett provrörs prioritering. 1=akut, 2=prioriterad diabetespatient, 3=övrigt prov från huset, 4=övrigt prov från PTC eller vårdcentral.
A_ursprung	Ett provrörs ursprung. PTC, huset eller vårdcentral
A_prio2patient	Id för patient i prio2-gruppen. Samtliga tre rör från en patient har samma id.
A_ankomsttid	Klockslaget som provröret anländer till provmottagningen. Används för att mäta svarstiden.
A_batchnr	Nummer som alla i en anländande batch får vid AK-stationen.
A_akprocessingtime	Ett provrörs tid i analysmaskinen.
A_akprocessingrackettime	Ett helt ställs totala tid i analysmaskinen (=den längsta processtiden för ställens alla provrör).
A_akprocessingemptyspace	Tiden för hela rackets analysstid, tid för manuell godkännande exkluderad. Provet har alltså lämnat analysmaskinen efter denna tid, men sitter eventuellt i maskinens utgång i väntan på att bli godkänt av personal.
A_akprocessingdummysent	Indikerar med en etta att provet har skickat iväg en signal för att analysmaskinen ska kunna laddas med ett nytt rack. En nolla innebär att sådan signal ej (ännu) skickats.
A_timeinptc	Tiden som läggs på prover med prioritet 2 för att de väntar i PTC innan de kommer fram med PTC-vagnen.

## Resurser

Resurs	Förklaring
R_machinecentrifugering10min	Maskinen som centrifugerar prover (ak, respiration, urin) i provmottagningen. Tar 10 minuter.
R_machinecentrifugering12min	Maskinen som centrifugerar prover (pk) i provmottagningen. Tar 12 minuter.
R_staff	Resurs med två dimensioner. Representerar de två i personalen som jobbar i provmottagningen.

## Väntelistor

Väntelista	Förklaring
OL_ak1ak	Dimension 100. Lista där hela batchen väntar på en gemensam plats innan de är färdiga att gå in i analysmaskinen.
OL_ak1hba1c	HbA1c väntar på att komma in i skakmaskinen vid AK1-stationen.
OL_ak1loadmachine	Här finns 20 platser (=20 platser för ställ i analysmaskinen). När fler än en plats i maskinen är ledig väntar dummy-loadsen här, medan en letar efter en ny batch att sända in.
OL_ak1machineenterak	Två dimensioner. Här väntar de AK-prover som är färdiga att gå in i analysmaskinen. Prover med prioritet 2 sätts på listans andra dimension.
OL_ak1machineenterhba1c	Två dimensioner. Här väntar de HbA1c-prover som är färdiga att gå in i analysmaskinen. Prover med prioritet 2 sätts på listans andra dimension.
OL_ak1machineenterurin	Två dimensioner. Här väntar de urinprover som är färdiga att gå in i analysmaskinen. Prover med prioritet 2 sätts på listans andra dimension.
OL_ak1preprocessing	Här väntar ett ställ under tiden som ett av proven i stället får ställets processtider bestämda, innan de går in i analysmaskinen.
OL_ak1urin	Dimension 100. Lista där hela batchen väntar på en gemensam plats innan de är färdiga att gå in i analysmaskinen.
OL_ak2ak	Dimension 100. Lista där hela batchen väntar på en gemensam plats innan de är färdiga att gå in i analysmaskinen.
OL_ak2loadmachine	Här finns 20 platser (=20 platser för ställ i analysmaskinen). När fler än en plats i maskinen är ledig väntar dummy-loadsen här, medan en letar efter en ny batch att sända in.
OL_ak2machineenterak	Här väntar de AK-prover som är färdiga att gå in i analysmaskinen.
OL_ak2machineenterakut	Här väntar de akuta prover som är färdiga att gå in i analysmaskinen.
OL_ak2machineenterhba1c	Här väntar de HbA1c-prover som är färdiga att gå in i analysmaskinen.
OL_ak2machineenterurin	Här väntar de urinprover som är färdiga att gå in i analysmaskinen.
OL_ak2preprocessing	Här väntar ett ställ under tiden som ett av proven i stället får ställets processtider bestämda, innan de går in i analysmaskinen.
OL_createptcproventer	Väntar på att bli upppackade.

OL_createvcproventer	Väntar på att bli uppackade.
OL_findingjobstaffwait	Här väntar personal som inte jobbar under lunchtid för att det bara ska finnas en tillgänglig arbetare under denna tid.
OL_machinecentrifugering10minenter	Väntar på att bli laddade i centrifugeringsmaskinen.
OL_machinecentrifugering10minprocessing	Håller på att bli centrifugerade.
OL_machinecentrifugering10minready	Väntar, färdigcentrifugerade, på att tömmas ur centrifugeringsmaskinen.
OL_machinecentrifugering10mintosort2	Håller på att tömmas, kommer strax till sortering 2.
OL_machinecentrifugering12minenter	Väntar på att bli laddade i centrifugeringsmaskinen.
OL_machinecentrifugering12minprocessing	Håller på att bli centrifugerade.
OL_machinecentrifugering12minready	Väntar, färdigcentrifugerade, på att tömmas ur centrifugeringsmaskinen.
OL_machinecentrifugering12mintosort2	Håller på att tömmas, kommer strax till sortering 2.
OL_prio2	Lista med 200 platser. Varje batch läggs här innan de centrifugeras på akutstationen.
OL_setprioptc	Om flera prio2patienter anländer samtidigt får alla utom en vänta här för att försäkra att proverna får rätt identitet och ankomsttid.
OL_setprioptcprio2	Här väntar de skapade prio2patienterna på att bli uppackade ur PTC-vagnen.
OL_sort1enter	Vektor med 4 platser, en för varje prioriteringsgrupp. Väntar på att sorteras.
OL_sort1processing	Håller på att sorteras i sortering 1.
OL_sort1urinhba1c	Urin- och HbA1c-prover som inte hunnit sorteras innan kl 17 väntar på denna lista för att dagen efter åter komma in i systemet.
OL_sort2enter	Vektor med 4 platser, en för varje prioriteringsgrupp. Väntar på att sorteras.
OL_sort2processing	Håller på att sorteras i sortering 2.
OL_sortedtolabak	Vektor med 4 platser, en för varje prioriteringsgrupp. AK-prover väntar på att hämtas in till laboratoriet.
OL_sortedtolabhba1c	Vektor med 4 platser, en för varje prioriteringsgrupp. HbA1c väntar på att hämtas in till laboratoriet.
OL_sortedtolaburin	Vektor med 4 platser, en för varje prioriteringsgrupp. Urinprover väntar på att hämtas in till laboratoriet.



## Variabler

Variabel	Förklaring
V_ak1ak	100 dimensioner. Spärr för att bara en ur batchen ska få en väntetid och därefter frigöra resten ur batchen.
V_ak1akbatchnr	Batchnumret som går från 1 till 100 och nollställs sedan.
V_ak1hba1cshaking	Antal minuter som proverna ska befinna sig i skakmaskinen.
V_ak1loadmachine	1 eller 0 för att reglera att endast 20 loads kan befinna sig på OL-listan samtidigt (=20 platser i analysmaskinen).
V_ak1loadmachinelastloadtime	Tidpunkt för senaste laddning i maskinen. Detta för att den måste dröja minst 7 sekunder till nästa laddning.
V_ak1processingprio2	Används i while-loop.
V_ak1setprocessingtime	Vektor med 5 platser. De processtider i analysmaskinen för proverna i en batch.
V_ak1setprocessingtimelongest	Den längsta processtiden för en batch sparas här undan. Detta är den totala tiden för stället i analysmaskinen.
V_ak1urin	100 dimensioner. Spärr för att bara en ur batchen ska få en väntetid och därefter frigöra resten ur batchen.
V_ak1urinbatchnr	Batchnumret som går från 1 till 100 och nollställs sedan.
V_ak2ak	100 dimensioner. Spärr för att bara en ur batchen ska få en väntetid och därefter frigöra resten ur batchen.
V_ak2akbatchnr	Batchnumret som går från 1 till 100 och nollställs sedan.
V_ak2loadmachine	1 eller 0 för att reglera att endast 20 loads kan befinna sig på OL-listan samtidigt (=20 platser i analysmaskinen).
V_ak2loadmachinelastloadtime	Tidpunkt för senaste laddning i maskinen. Detta för att den måste dröja minst 7 sekunder till nästa laddning.
V_ak2setprocessingtime	Vektor med 5 platser. De processtider i analysmaskinen för proverna i en batch.
V_ak2setprocessingtimelongest	Den längsta processtiden för en batch sparas här undan. Detta är den totala tiden för stället i analysmaskinen.
V_akfetch	Tiden till nästa hämtning av allmänkemiprover.
V_akfetchtotalak1	Totala antalet prover vid AK1-stationen exklusive de prover som är inne i analysmaskinen.
V_akfetchtotalak2	Totala antalet prover vid AK2-stationen exklusive de prover som är inne i analysmaskinen.
V_akfetchtotalkvot	Kvoten mellan antalet prover i AK1-stationen och totala antalet i båda stationerna sammanlagt.
V_akprocessingtotal	Antalet prover som blivit färdiganalyserade under en dag. Detta värde skrivs i slutet av varje dag till en textfil.
V_arrivalhouse_0645	Klockslag (runt 06:45) då leveransen ska ankomma.
V_arrivalhouse_0815	Klockslag (runt 08:15) då leveransen ska ankomma.
V_arrivalhouse_0930	Klockslag (runt 09:30) då leveransen ska ankomma.
V_arrivalhouse_1115	Klockslag (runt 11:15) då leveransen ska ankomma.

V_arrivalhouse_1345	Klockslag (runt 13:45) då leveransen ska ankomma.
V_arrivalhouse_1500	Klockslag (runt 15:00) då leveransen ska ankomma.
V_createprio2	Tiden till nästa prio2patient skapas.
V_createprio2time	Sätts till så många minuter som prio2patienterna ska produceras (ex (15-7)*60 minuter)
V_createptcprov	Variabel som gör att endast en av loadsen i en batch tar upp personalens tid.
V_createvcprov	Variabel som gör att endast en av loadsen i en batch tar upp personalens tid.
V_dayforprio2	Sträng. Kan sättas till "everyday", "monday", ... beroende på vilken dag man vill att prio2patienter ska anlända.
V_findingladdacentrifugering10min	Variabel som är 1 om jobbet håller på att utföras, annars 0. För att ej två loads ska utföra jobbet samtidigt.
V_findingladdacentrifugering12min	Variabel som är 1 om jobbet håller på att utföras, annars 0. För att ej två loads ska utföra jobbet samtidigt.
V_findingpackaupptc	Variabel som är 1 om jobbet håller på att utföras, annars 0. För att ej två loads ska utföra jobbet samtidigt.
V_findingpackaupvc	Variabel som är 1 om jobbet håller på att utföras, annars 0. För att ej två loads ska utföra jobbet samtidigt.
V_findingsort1	Variabel som är 1 om jobbet håller på att utföras, annars 0. För att ej två loads ska utföra jobbet samtidigt.
V_findingssort2	Variabel som är 1 om jobbet håller på att utföras, annars 0. För att ej två loads ska utföra jobbet samtidigt.
V_findingtommacentrifugering10min	Variabel som är 1 om jobbet håller på att utföras, annars 0. För att ej två loads ska utföra jobbet samtidigt.
V_findingtommacentrifugering12min	Variabel som är 1 om jobbet håller på att utföras, annars 0. För att ej två loads ska utföra jobbet samtidigt.
V_generatevcprovlast	När den senaste leveransen från vårdcentralerna gjordes.
V_generatevcprovnew	När nästa leverans från vårdcentralerna ska göras
V_nbrprio2patient	Sätts i initialization function till det antal prio2patienter man vill ska komma per dag.
V_nextdieak	Räknar upp när ett allmänkemiprof med prioritet 2 skapas, vilket innebär att nästa allmänkemiprof av lägre prioritet ska skickas att dö.
V_nextdiehba1c	Räknar upp när ett hba1cprov med prioritet 2 skapas, vilket innebär att nästa hba1cprov av lägre prioritet ska skickas att dö.
V_nextdieurin	Räknar upp när ett urinprov med prioritet 2 skapas, vilket innebär att nästa urinprov av lägre prioritet ska skickas att dö.
V_prio2	200 dimensioner. Håller reda på antalet ur varje batch för att endast en ska kunna gå vidare till centrifugeringen (representantload)

V_prio2batchnr	Heltal upp till 200 som håller reda på vilken batch som ska centrifugeras.
V_prio2patient	Räknar antalet patienter med prioritet 2 som skapats under en dag.
V_prio2patientantal	200 dimensioner. Antalet svarstider som genomsökt i jakten på den längsta.
V_prio2patientttid	200 dimensioner. Den längsta svarstiden för varje patient sparas i var sin dimension och skrivs, när tre prover genomsökts, till en textfil.
V_ptr...	Variabel som pekar mot en textfil för skrivning av resultat.
V_rnd	Slumptal mellan 0 och 100. Bestämmer i vilket intervall en leverans av en remiss ska hamna.
V_scenario	Sätts i initialization function till 0, 1, 2, 3 eller fyra beroende på vilket scenario som önskas simuleras. Se koden för förklaring till de olika scenarierna.
V_schedulehouse	Vektor med 7 platser. Antalet prover som ska ankomma vid en viss leveranstid.
V_scheduleptc	Vektor med 11 platser. Antalet prover som ska ankomma under ett visst intervall.
V_setprio2ptc	Variabel som ser till att flera prio2patienters prover som kommer samtidigt ska ha olika identitet.
V_simday	Räknar upp för varje dag simuleringen körs.
V_sort1	Variabel som gör att endast en av loadsen i en batch tar upp personalens tid.
V_sort1processingtime	Processtiden i sortering 1.
V_sort2	Variabel som gör att endast en av loadsen i en batch tar upp personalens tid.
V_staffcapacity	Är "half" eller "full" beroende på tiden. Mellan 7 och 17 är variabeln "full" vilket innebär att personalstyrkan är full (2 personer arbetar i mottagningen).
V_timeinptc	Tiden som läggs på prover med prioritet 2 för att de väntar i PTC innan de kommer fram med PTC-vagnen.
V_timeofday	Sträng. Förmiddag eller eftermiddag.
V_timestopproduceprio2	Sätts till det klockslag man vill att prio2patienter ska sluta komma. Tex 15.
V_timeworkinghr	Sträng. Aktiv eller ej aktiv. Aktiv om klockan är mellan 07 och 17.
V_totalin	Räknar hur många prover som kommit in i systemet varje dag. Detta skrivs till en textfil.
V_volumeinc	Volymindikator som kan ändras för att anpassa inflödet till den aktuella verkliga volymen.
V_weekday	Sträng. Måndag, tisdag, onsdag, torsdag eller fredag.
V_weekdayvc	Totala antalet remisser som ska ankomma under dagen från vårdcentralerna.
V_weekdayvcprovvektor	Vektor med 57 platser. Antal remisser som ska ankomma från de 57 vårdcentralerna.

## Räknare

Räknare	Förklaring
C_ak1hba1loadshaker	Sparar tillfälligt antal HbA1c-prover som ska skakas.
C_ak1setprocessingtime	Används i while-loop.
C_ak1setprocessingtime2	Anger antal lediga platser i ett ställ för att så många spökloads måste skapas.
C_ak2setprocessingtime	Används i while-loop.
C_ak2setprocessingtime2	Anger antal lediga platser i ett ställ för att så många spökloads måste skapas.
C_akfetch	Räknar antalet prover av prioritering 2 och 3 som skickas till laboratoriet.
C_generatehouseprov	Används i while-loop.
C_generatevcprov	Används i while-loop.
C_scheduleptc	Används i while-loop.
C_sort2enter	Används i while-loop.
C_weekdayvc	Används i while-loop.