



Systemdynamisk modellering av logistikk

hos

Kitron Electronics AS

Hovedoppgave ved sivilingeniørutdanningen

i

Informasjons og kommunikasjonsteknologi

av

Erik Nygren og Guttorm Kvastad

Grimstad, Våren 2000.

Systemdynamisk modellering av logistikk hos

Kitron Electronics AS

Erik Nygren og Guttorm Kvastad
Grimstad, Våren 2000.



Sammendrag

Vi har i denne hovedoppgaven modellert logistikk i en produksjonsbedrift, og brukt denne modellen ved ulike simuleringer, nettopp for å finne de viktigste og de mest sensitive faktorene rundt der bedriftene bruker mest penger, nemlig innkjøpsrutiner.

Kitron ASA er en av Nordens ledende kontraktsprodusenter innen elektronikk. Kitron Electronics er ”konsernets vugge”, lokalisert i Kilsund, og er i dag ett av mange datterselskaper. En stor del av produktene er kretskort, som settes sammen til ferdige produkter eller leveres direkte til kunde for videre foredling der. Til tross for stor omsetning opererer Kitron Electronics med små marginer. Dette gjør at god logistikk og planlegging er viktige nøkkelfaktorer.

Derfor ble det i samarbeid med Kitron Electronics utarbeidet en problembeskrivelse, samt definert ”Mini Kitron” som er en forenklet utgave av deres logistikk. Dette har skapt basisen for et ”proof of concept” studiet. På grunnlag av definisjonen ble det utarbeidet en systemdynamisk logistikkmodell ved hjelp av Powersim Constructor, som skulle tjene som en plattform for videre analyser og kalkulasjoner. Resultatet ble en modell som på en forenklet måte kan illustrere informasjonsflyt og vareflyt i forhold til materialanskaffelse basert på en rullerende ”produktbestillingsprognose”. Denne tjener som en leveringsplan, og danner dermed også basis for komponentinnkjøpet.

Prosjektet har lagt vekt på å få frem en enkel, men likevel ”riktig” modell for denne avhengigheten, supplert med en del andre vesentlige faktorer. En sentral del av prosjektet har derfor vært å søke etter påvirkelige faktorer som kan bidra til nettopp fornuftig logistikk. Det har blitt lagt vekt på verifisering og validering av modellen for å sørge for at denne oppfører seg som vi ønsker.

Gjennom testing og analyse av resultater har det blitt trukket konklusjonen at for kunder som hele tiden ønsker flere ferdigvarer enn de har prognosert for, vil det lønne seg å ha ett relativt høyt buffer. Dette fordi det utfra våre beregninger koster forholdsvis lite å ha komponenter på lager i kortere perioder. Av samme grunn bør det, på bakgrunn av studiet over forpakningstørrelse, også vurderes å kjøpe i større kvantum som kostnadseffektivisering.

Vi har i rapporten også gitt noen retningslinjer for hvordan et arbeid med en ”Fullskala” modell kan gjennomføres. I et slikt tilfelle kan modellen vår brukes som grunnlag for videre testing og analyse ved hjelp av Powersim Solver.

Forord

Dette er en diplom avhandling for avgangsstudenter ved sivilingeniør studiet for Informasjon og kommunikasjons teknologi ved Høgskolen i Agder, avdeling Grimstad. I den senere tiden har logistikk fått større og større betydning for konkurransevnen til produksjonsbedrifter. Det har derfor vært en enorm etterspørsel etter kompetanse på dette området.

Vi vil gjerne rette en takk til Jose J Gonzalez, våre interne veileder, for oppmuntring, inspirasjon og faglig kompetanse. Vi vil også takke Kitron Electronics og spesielt Jack Johansen, for innføring i deres interne systemer og logistikk rutiner, samt hjelp underveis. Vi vil også takke alle andre som har bidratt med faglige kommentarer til oppgaven.

Til slutt vil vi takke *Høgskolen i Agder* for et utmerket miljø, for sin høye faglige standard, og for den vennligheten vi møtte fra ansatte og studenter. Vi kan trygt anbefale andre å gjennomføre et studie i Grimstad.

Våren 2000

Veileder: Jose J Gonzalez, HiA. Jack Johansen, Kitron Electronics AS



Innholdsfortegnelse

Sammendrag	3
Innholdsfortegnelse.....	5
1 Innledning	7
1.1 Bakgrunn.....	7
1.2 Motivasjon for oppgaven	7
1.3 Målsetting	7
1.4 Rapportens oppdeling	8
2 Teoretisk Bagrunn.....	9
2.1 Logistikk	9
2.2 MPS/MRP2.....	9
2.3 Anvendelse i Kitron Electronics	9
2.4 Just in time	10
2.5 Mini Kitron	10
2.6 Powersim Constructor.....	11
2.7 Verifisering og validering	12
3 Metodedel	14
3.1 Utarbeidelse av en problemskrivelse	14
3.2 Utarbeidelse av influensdiagram samt foreløpig grunnmodell.....	14
3.3 Utarbeidelse av resultater og ulike case.....	14
3.4 Fullføring av grunnmodell samt innføring av økonomiske aspekter i modellen. 14	
4 Problembeskrivelse	15
4.1 Innføring i Kitron Electronics logistiksituasjon.....	15
4.1.1 Kanselleringsfrist	16
4.1.2 Problemstillinger.....	16
4.1.3 Forpakningstørrelse.....	17
5 Hoveddel.....	18
5.1 Forutsetninger	18
5.2 Influensdiagram	18
5.3 Powersim Constructor modell.....	20
5.3.1 Økonomidelen av modellen	22
5.3.2 Buffer	23
5.3.3 Produkt Bestillings Prognose.....	24
5.4 Grensesnittet i Powersim Constructor	25
5.4.1 ”Resultater”-knapp.....	25
5.4.2 ”Kjør”-knapp.....	26
5.4.3 ”PBP”-knapp.....	27
5.4.4 ”Variable”-knapp	28
5.4.5 ”Kostnad”-knapp.....	29
6 Validering	30
6.1 Validering av produktbestillingsprognose	31
6.2 Grunnleggende testing	32
6.2.1 Testing: Bestilling ut fra PBP uten buffer og forpakningstørrelse	32
6.3 Validering av variabelen forpakningstørrelse.....	35
6.3.1 Testing: Ulik forpakningstørrelse og dens innvirkning på bestillinger	35
6.4 Validering av variabelen buffer	37



Systemdynamisk modellering av logistikk

6.4.1	Testing: Fast buffer	37
6.4.2	Testing: Buffer beregnet gjennom middelvei av tidsrom på 8 uker	37
6.5	Case basert på faktiske tilfeller	40
6.5.1	Case: Resultater ved økning på 10% i forhold til prognose og bufferverdi lik 0	40
6.5.2	Case: Resultater ved økning på 10% i forhold til prognose og bufferverdi lik 70	40
6.5.3	Case: Kraftig oppgang etterfulgt av en nedgang i forhold til PBP.	43
6.5.4	Case Lagerkostnader ved ulike forpakningstørrelser.....	45
6.5.5	Case Lagerkostnad ved lik forpakningsstørrelse	45
7	Policies.....	47
7.1	Case, økonomisk aspekt på forpakningstørrelse.....	47
7.2	Case Buffer	49
7.2.1	Case Kapitalbinding ved lave innkjøpskostnader (2 kr).....	49
7.2.2	Case Kapitalbinding ved høye innkjøpskostnader	53
7.3	Fullskala modell.....	56
8	Konklusjon.....	57
9	Litteraturliste.....	58
	Appendix A: Model Equations	59
	Appendix B: Grunnmodell.....	69
	Appendix C: Begreper i Powersim Constructor	70

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Kitron ASA er en av Nordens ledende kontraksprodusenter av elektronikk til IT-, kommunikasjon -, medisin-, forsvarsindustri, m.m. Selskapet tilbyr kapasitet og kompetanse for produkt og systemutvikling, design, industrialisering, logistikk og produksjon til produkteiere i nordisk elektronikkindustri. Kitron Electronics er et service- og markedsorientert konsern med 8 produksjonssteder og et designhus i Norge og Sverige.

Kitron Electronics er den største enheten i konsernet. De tilbyr industrialisering, logistikk, produksjon og testing. Med sine ca 500 ansatte i Kilsund og Risør tilbyr Kitron Electronics produksjon av "alt" innenfor industriell elektronikk. En stor del av produktene er kretskort, som settes sammen til ferdige produkter eller leveres direkte til kunde for videre foredling der.

1.2 Motivasjon for oppgaven

Til tross for relativt stor omsetning opererer Kitron Electronics med små marginer, selvom de bruker moderne logistikk løsninger som gir gode resultater på mange måter. I dag blir det derimot til stor grad foretatt beslutninger på grunnlag av erfaring knyttet til de forskjellige kundene og komponentene. Likevel finnes det noen problemer som er vanskelig å takle på tilfredsstillende vis:

- Langsiktig planlegging med innkjøp av komponenter samt arbeidsplaner baserer seg på prognoser som i hovedsak utarbeides av Kitron Electronics kunder. Når det kommer til stykket kan de aktuelle bestillingene avvike betydelig fra prognosen både i antall og tid. Dette kan skape hektiske tilstander samt betydelige merkostnader.
- For å kunne imøtekomme uforutsigbare avvik fra prognosene opererer Kitron Electronics med «buffer», dvs. med større råvarelagre samt ekstra produksjon. Det finnes ingen god metodikk for å kalkulere slike faktorer. Skjønn må brukes med vekslende resultat.

Det er på grunnlag av disse problemstillingene vi har formulert vår målsetting for studiet.

1.3 Målsetting

Målsettingen med diplomprosjektet har vært å utvikle en systemdynamisk logistikkmodell for å undersøke de økonomiske konsekvensene av avvik fra kundeprognosen med sikte på å:

1. Finne de mest sensitive faktorer.
2. Utarbeide økonomiske kalkyler.
3. Optimere råvarebufferne.
4. Utarbeide bedre metoder for håndtering av faktorer som buffer og forpakningstørrelse.

Studiet skal gjennomføres gjennom å lage en forenklet modell av Kitron Electronics logistikksystem ("MiniKitron"), som en "proof of concept".

Det vil også legges vekt på at Kitron Electronics skal få innsikt i bruken av slik modellering, for om mulig å avgjøre om dette kan benyttes som verktøy for å forenkle beslutningsprosesser knyttet til logistikk. Det var også ett ønske om at Kitron Electronics som følge av denne prosessen skulle få økt innsikt i sitt logistikksystem.

1.4 Rapportens oppdeling

- Kapittel 2: *Teoretisk Bagrunn.* Tar sikte på å innvie leseren i viktige begreper og emner som er viktig for videre forståelse av rapporten
- Kapittel 3 *Metodedel.* Beskriver prosessene knyttet til gjennomføringen av studiet og hvilke virkemidler som er tatt i bruk for å nå målet. Med andre ord prosesser for verifisering av modellen.
- Kapittel 4 *Problembeskrivelse.* Omhandler videre innføring i Kitron Electronics logistikksituasjon.
- Kapittel 5 *Hoveddel.* Tar for seg modellens oppbygning, samt at de ulike delene av denne blir beskrevet nærmere.
- Kapittel 6 *Validering.* Inneholder testing av modellen for å argumentere at denne har en adferd som forventet. Det vil altså drøftes hvorvidt modellen kan sies å gi et riktig bilde av Kitron Electronics logistikksituasjon.
- Kapittel 7 *Konklusjon.* Oppsummering av resultatene studiet har gitt og hvilke konklusjoner vi har kunnet trekke utfra arbeidet.

2 Teoretisk Bagrunn

Før vi går inn på problembeskrivelsen, vil vi gå igjennom noen temaer som er viktige for helheten av prosjektet. Det vil også gis en kortfattet innføring i viktige begreper knyttet til logistikk, men det forutsettes likevel at leseren har kjennskap til de fleste av disse emnene fra før.

2.1 Logistikk

Tankegangen bak logistikken er at de riktige produktene skal være til stede i riktig mengde og rekkefølge til rett tidspunkt og til lavest mulig kostnader. Den innebærer derfor planlegging, utvikling, organisering, samordning, styring, og kontroll av materialstrømmen fra råvareprodusent til kunde, og omfatter dermed både strategiske, taktiske og operative aktiviteter.

2.2 MPS/MRP2

MPS er en felles betegnelse for forskjellige prinsipper for materiell og produksjonsstyring i en bedrift. Hovedsakelig dreier MPS seg om en styring av lager og produksjon som gir mest lønnsomt resultat for bedriften. De fleste MPS systemer omfatter styring av aktiviteter som er knyttet til innkjøp, lager for råvarer, komponenter og ferdigvarer, varer i arbeid, fastsettelse av leveringstidspunkt foruten kapasitets og belastningsplaner for produksjonen.

Tidlige MPS systemer ble vanligvis implementert med nettobehovsberegning, Material Requirements Planning (MRP1) som i utgangspunktet antok en uendelig kapasitet av produksjonsressurser. Dette systemet viste seg derimot ha store svakheter når kapasiteten varierte. For å bøte på dette utvidet man MRP begrepet til også å omfatte tids og kapasitetsfaktor. Systemet fikk senere navnet Management Resources Planning (MRP II). Det primære målet for MRP II er å kunne planlegge produksjonen slik at rett komponent kommer til rett tid, og at sluttproduktet kan leveres til planlagt tidspunkt. I tillegg oppnår man kontroll over kapasitetsbehovet på forskjellige ressurser.

2.3 Anvendelse i Kitron Electronics

Kitron Electronics bruker i hovedsak verktøyet Prolink for å dekke bedriftens behov innen material og produksjonsstyring (MPS). I tillegg benyttes noen andre programmer for å utfylle Prolinks funksjoner, eksempelvis Profil og PMSim. I Prolink jobbes det på ukesbasis, og man ser 1 år fram i tiden, prognoser blir laget ut fra dette. Samlet behov fra alle ferdigproduktene komponentbehov fremkommer ved ukentlig nettobehovskjøring i Prolink.

Kitron Electronics bruker supplerende systemer (PMSim) for å bryte ukesbasisen ned i dagsbasis. Ut fra disse opplysningene blir det laget en kapasitetsberegning. Den lager et forslag for når produksjon skal begynne og når den skal være ferdig, for å tilfredsstille kundens ordre/bestillinger.

Det vil ikke være nødvendig for leseren å ha noe videre kjennskap til disse programmene for å få utbytte av rapporten.

2.4 Just in time

Just in Time er en filosofi like mye som en teknikk og baserer seg i utgangspunktet på radikale forbedringer av bedriftens lønnsomhet og servicegrad. Sentralt står eliminering av sløseri, og at vi tenker kvalitet i alle ledd og aktiviteter.

JIT består av en rekke praktiske og enkle teknikker, som når det blir riktig gjennomført, kan engasjere medarbeidere og medvirke til store forbedringer.

Årsaken er at JIT er bygd opp mye på hva som praktisk skjer i de arbeidsprosesser medarbeidere utfører daglig. De vil derfor kjenne seg igjen, og den enkelte kan engasjere seg i løsninger til bedriften/enhetens beste.

JIT eller, just i tide som vi populært kan oversette det, er vanligvis beskrevet i fem hovedpunkter:

- involvering av medarbeidere
- kvalitet i alle ledd
- kundeorientering
- forbedring
- gjennomføring

Svært forenklet kan JIT også forklares med ”komponenter som leveres til rett tid uten feil” slik at radikal nedbygging av lager og kapitalbinding kan foretas.

Selv om vi kan forstå filosofien og teknikkene, er det en krevende oppgave å innføre JIT i bedriften på en måte som styrker servicegraden og bedrer lønnsomheten. Det begrunnes ut fra at JIT krever nye holdninger og måter å arbeide på. Vi kommer ikke utenom endringsledelse og ledernes evne og kompetanse til å motivere for endringer.

Det hevdes at medarbeiderne er en av de avgjørende faktorene for suksess fordi det er de som skal jobbe med prinsippene og sette de endelige standardene på kvalitet.

Dersom utgangspunktet er store endringer hvor vi ikke skal gjøre feil, blir holdning og innsatsen til medarbeiderne vesentlig. JIT i praksis kan beskrives som "en prosess som kontinuerlig forbedrer seg og blir mer kostnadseffektiv, og samtidig tar hensyn til kundenes krav". Filosofien består av tre grunnleggende prinsipper: eliminering av sløseri, forenkling og kontinuerlig forbedring. Vi har snakket mye om verdiskapning, og JIT fokuserer i stor grad på at det skal være verdiskapning og ikke sløseri i bedriften. Derfor er det utviklet metoder for systematisk å avdekke og eliminere sløseri. Sentrale konkurransefaktorer, som riktig kvalitet, ekstremt korte og presise leveringstider samt en fleksibel drift er kjernen i JIT-filosofien.

2.5 Mini Kitron

I forbindelse med vårt prosjekt ble det utarbeidet 3 fiktive ferdigvarer, basert på en av Kitron Electronics mest ”problematisk” kunders artikler. Siden det er lite hensiktsmessig å behandle produkter med kanskje flere hundre komponenter er disse artiklene forenklet slik at de bare inneholder 4 komponenter hver. Komponentene som er valgt skal likevel gi et godt bilde av typiske problemstillinger Kitron Electronics har med slike kunder, gjennom at disse produktene og komponentene er ment å være et tverrsnitt av de ferdigvarene som Kitron Electronics leverer til sine kunder. Dette er altså grunnlaget for

Systemdynamisk modellering av logistikk

studiets ”proof of concept” aspekt, gjennom at det skal bevises at en slik forenkling og metodikk kan gi de ønskede resultater.

I arbeidet med å utvikle en definisjon på Mini Kitron jobbet vi med de logistikkverktøyene som Kitron Electronics bruker. I løpet av de første ukene av arbeidet med dette prosjektet, gjennomførte vi implementering av disse 3 fiktive ferdigproduktene og de 4 ulike komponentene som tilhører ferdigproduktene i Prolink. Dette var også et ledd i å øke vår forståelse av hvordan Kitron Electronics planlegging og produksjon foregår. Dette vil vi komme tilbake til i kapittelet hvor vi beskriver studiets metodikk. Vi har lagt disse på lager, innført prognoser, beholdninger og ellers lagt inn noen arbeidsordrer slik at bilde av den fiktive verden er lik den virkelige verden.

I og med dette arbeidet og etter samråd med nøkkelpersoner i Kitron Electronics laget vi definisjonen på Mini Kitron, som senere blir grunnlag for modellering og analyser.

Verdiene som ble foreslått av Kitron Electronics er vist i tabellene, se Figur 1. I parentes vises navnet på ferdigvaren de tilsvarer i virkeligheten.

Figur 1 Powersim strukturer: 3 ferdigvarer inneholdende 4 komponenter

Ferdigvare	Komponentnavn	Kanselleringsfrist
1Fikt01 (<i>Flash Styrkort</i>)	41Komp1	2 uker
	41Komp2	8 uker
	41Komp3	10 uker
	41Komp4	12 uker

Ferdigvare	Komponentnavn	Kanselleringsfrist
1Fikt02 (<i>Cobra 11 Sluttsteg</i>)	41Komp1	2 uker
	42Komp2	7 uker
	42Komp3	9 uker
	42Komp4	12 uker

Ferdigvare	Komponentnavn	Kanselleringsfrist
1Fikt03 (<i>EPS Capri, 48V SB</i>)	41Komp1	2 uker
	43Komp2	6 uker
	43Komp3	10 uker
	43Komp4	19 uker

2.6 Powersim Constructor

Powersim Constructor er et windowsbasert simuleringverktøy som vi bruker til å bygge og til å kjøre dynamiske modeller. En dynamisk modell er en samling av variabler som påvirker hverandre over tid. Fordi modellene er dynamiske er det først og fremst variabelens utvikling over tid som vi er opptatt av. I en simuleringmodell er variablene satt sammen i et system som skal etterligne en del av virkeligheten. Det vil si at vi bygger inn de samme påvirkningene i modellen som de vi finner i den virkelige verden. I Powersim Constructor bruker vi presentasjonsobjekter som tidsgrafer og tabeller til å vise variabelens utvikling. Powersim ble brukt for å bygge egne modeller til formålet å få en ”proof of concept” modell til Kitron Electronics.

Målet for bruk av Powersim Constructor er å lære mer om de systemene vi modellerer og simulerer. Behovet for bedre innsikt i systemene rundt oss er hele tiden til stede. I skole

Systemdynamisk modellering av logistikk

og utdanning er modellering en ny måte å lære på. Styrken til Powersim Constructor, sammenlignet med en lærebok, er at Powersim Constructor lar oss lære gjennom prøving og feiling. Vi får prøve ut antakelser om hvordan ting henger sammen gjennom eksperimenter. Det er et nyttig supplement til den kunnskapen vi får ved å lese bøker eller følge forelesninger. I næringslivet, forvaltning og forskning er simulering blitt en stadig mer aktuell metode for å prøve ut beslutninger på en datamodell før de iverksettes. Kunnskap om den systemdynamiske metoden, kombinert med ferdighet i bruk av Powersim Constructor gir oss anledning til å utnytte datamaskinen på en helt ny måte, nemlig til å lære mer om systemene som omgir oss gjennom å simulere dem.

2.7 Verifisering og validering

Når modellen er ferdig, men også underveis i arbeidet med den, er det viktig å forsikre seg om at den er korrekt. Det er liten vits å bruke tid på noe som ikke tilfredsstillende krav som man har satt. For å finne ut av dette må modellen kvalitetssikres. Dette skal gjøres på to ulike måter, avhengig av hvilket stadiet i prosessen man befinner seg i, nemlig validering og verifikasjon. Som et grunnlag for forståelse av disse delene i drøfting senere i rapporten vil vi forsøke å gi en kortfattet teoretisk bakgrunn i disse emnene.

Validering og verifikasjon er begge kontrollerende aspekter av "kvalitetssikring". De to begrepene har store likhetstrekk, men også forskjeller.

Om vi har beskrivelser som er formelle, kan vi snakke om verifikasjon:

Verifikasjon (fra Latin, veritas = sannhet):

To establish the truth of correspondence between a product and its specification.

Popularly: are we building the right product?

Validering blir ofte definert som:

Validering (fra Latin, valere = å være gyldig):

To establish the fitness or worth of a product for its operational mission.

More popularly: Are we building the product right.

Hvordan kan vi vite at vi lager det riktige produktet? Det oppnår vi vanligvis ved å sammenlikne (det framtidige) produktet med et ytre behov eller en forventning. Oftest er denne forventning ikke nedfelt i en slik form at den lar seg prosessere automatisk.

Vi sammenlikner altså flere beskrivelser. Jo mer formelle beskrivelsene er, jo mer automatiske metoder kan vi bruke. Validering knytter seg til hvordan forskjellige systemer fungerer sammen og verifikasjon til hvordan forskjellige beskrivelse av samme system stemmer overens.

Validering og verifisering kan utføres på to måter:

- Ved å analysere beskrivelser, enten manuelt eller ved hjelp av verktøy. I denne kategorien kommer også inspeksjoner og kommentarsykler.
- Ved å kjøre systemet og observere hvordan det oppfører seg. Dette kalles gjerne testing når det skjer i den endelige systemrealiseringen og animering, eller

Systemdynamisk modellering av logistikk

simulering når det skjer i en annen realisering. Mens analyse konsentrerer seg om beskrivelser, vil testing basere seg på kjøring.

Verifiseringen i vårt studie har til stor del vært å innhente tilbakemeldinger og respons fra Kitron Electronics. Dette har blitt gjort gjennom utstrakt møtevirksomhet og intervjuer underveis i arbeidet. I disse situasjonene har det blitt lagt vekt på at man:

- ikke "mister" krav når man går fra en prosjektfase til den neste
- ikke introduserer feil på grunn av ulike tolkinger av krav, misforståelser eller liknende
- tar hensyn til endringer i produktkravene overalt der det er nødvendig

Vi vil komme nærmere tilbake til dette i kapittelet under Metodedel (se side 14).

Validering er blitt gjort gjennom å sammenlikne de observerte testresultatene (gjerne en "trace" av kjøringa) med forventet resultat. Et test scenario kan beskrives formelt. En prototyp kan være en form for simulator som er utstyrt med grensesnitt som får den til å ligne på det endelige systemet. Prototyping gjør validering lik testing. Jo mer vi formaliserer tidlige faser av systemutviklingen, jo flere muligheter har vi for å validere og verifisere. Vi kan se for oss følgende utviklingstrinn:

1. **Testorientert.** Hovedelementet er grundig testing av realiseringen. Kodelesning blir gjennomført i varierende grad. Andre teknikker benyttes i beskjedne grad. Testing utgjør en vesentlig andel av utviklingsinnsatsen.
2. **Inspisert.** Validering og verifisering skjer ved manuell inspeksjon av alle beskrivelser med særlig vekt på kravspesifikasjoner og design beskrivelser. Forfatter-leser-runder gjennomføres løpende under arbeidets gang. Formelle inspeksjoner gjennomføres ved viktige kontrollpunkter i prosjektet. Kodelesing gjennomføres planmessig. Det finnes hjelpemidler til å editere, lagre og påtrykke testforløp.
3. **Animert.** Funksjonaliteten blir validert gjennom animering av funksjonell design. Ved behov benyttes også prototyping. Overgangen fra funksjonell design til realisering verifiseres gjennom inspeksjon av implementasjonsdesign. Testing dreier seg om å verifisere at funksjonaliteten er konsistent og korrekt realisert, og at ikke funksjonelle krav er oppfylt.
4. **Analysert.** En formell statistisk og dynamisk analyse av funksjonell design gjennomføres. Denne sikrer at funksjonaliteten er konsistent. Ikke-funksjonelle egenskaper i implementasjonen blir også analysert (ytelse, responstider, etc.). Det benyttes veldefinerte regler for å definere testforløp og gjennomføre tester. Det finnes hjelpemidler til å generere testforløp. Testing utgjør en liten andel av arbeidet .
5. **Syntetisert.** Funksjonaliteten er i stor grad syntetisert ut fra ytre behov. Den er analysert og funnet konsistent. Den er også validert ved animering. Overgangen til programkode skjer ved automatisk transformasjon som garanterer feilfri realisering, altså verifisering via korrekt transformasjon.

Denne delen av studiet er beskrevet nærmere i kapittelet under Validering (se side 30).

3 Metodedel

Dette studiet er gjennomført i tett samarbeid med Kitron Electronics, som har vært meget behjelpelige. Underveis har vi stadig fått tilbakemeldinger på arbeid som har blitt utført slik at modellen skal være så riktig som mulig. I tillegg til dette har det i nøkkelfaser av arbeidet vært et antall møter mellom studentene og ”prosjektgruppen” i Kitron Electronics, samt vår veileder Jose J. Gonzales. Dette har dannet grunnlaget for verifiseringen av modellen vår. For å belyse denne prosessen noe nærmere vil vi nedenfor gjøre rede for prosjektets viktigste faser med tanke på nettopp verifisering av modellen.

3.1 Utarbeidelse av en problemskrivelse

I startfasen av prosjektet fikk vi anledning til å være hos Kitron Electronics i en uke for å sette oss inn i deres logistikk, samtidig som vi utarbeidet en problembeskrivelse. Denne er basert på intervjuer og egne erfaringer fra oppholdet. Det ble, i samråd med Kitron Electronics, også besluttet å opprette det som ble valgt å kalles ”Mini Kitron”, som er et forenklet bilde av et typisk kundeforhold. Disse to elementene ble så grunnlaget for et dokument (se kapittel 4, Problembeskrivelse). I slutfasen av oppholdet ble det gitt tilbakemeldinger fra Kitron Electronics, for å sørge for at dette dokumentet skulle gi ett så riktig bilde av virkeligheten som mulig.

3.2 Utarbeidelse av influensdiagram samt foreløpig grunnmodell

På grunnlag av dokumentet beskrevet ovenfor ble det så utarbeidet et influensdiagram, samt at arbeidet med en grunnleggende modell basert på denne, startet. I slutfasen av denne perioden ble det foretatt nok et møte. På grunnlag av tilbakemeldinger fra kontaktpersonene i Kitron Electronics, kunne modellen og influensdiagrammet justeres ytterligere.

3.3 Utarbeidelse av resultater og ulike case

I forbindelse med resultatene fra modellen som er beskrevet i kapittelet under validering, ble det foretatt en presentasjon hos Kitron Electronics. Nok engang ble det gitt tilbakemelding og grunnlag for videre justeringer.

3.4 Fullføring av grunnmodell samt innføring av økonomiske aspekter i modellen.

Siste ledd av samarbeidet ble utført i slutfasen av arbeidet med modellen. I denne fasen ble det også implementert økonomiske aspekter i modellen, med veiledning av kontaktpersoner i Kitron Electronics.

I tillegg til dette samarbeidet med Kitron Electronics har det også blitt innhentet informasjon gjennom søk på web og faglitteratur.

4 Problembeskrivelse

Vi har allerede vært inne på at Kitron Electronics, til tross for relativt stor omsetning, opererer på små marginer. Dette gjør at god logistikk og planlegging er nøkkelfaktorer. Vi skal forsøke å belyse noen problemstillinger knyttet til disse faktorene, men vi har lagt vekt på fasen i forkant av selve produksjonen. Dette fordi vi tror det er prosessene knyttet til prognoser og komponentinnkjøp hvor det er mest å hente med tanke på evt. effektivisering. Dette skal vi komme tilbake til seinere. Før vi kommer inn på selve problemområdene har vi forsøkt å lage en beskrivelse av prosessene knyttet til logistikk i Kitron Electronics, og som er nødvendige for å forstå senere drøfting.

4.1 Innføring i Kitron Electronics logistikksituasjon

Kitron Electronics mottar ny leveringsplan fra de fleste av sine kunder med jevne mellomrom, enten månedlig eller ukentlig. Denne planen inneholder bestillinger og prognoser for ønsket levering av produkter på 12 måneders basis, slik at det rulles frem med en periode (uke eller måned) når neste plan ankommer. For øvrig vil denne også kalles "Produktbestillingsprognose" senere i rapporten. Prognosene legges så til grunn når Kitron Electronics skal bestille varer fra sine leverandører, noe vi senere vil komme tilbake til. I utgangspunktet foregår bestillinger av komponenter i forholdet 1:1, i tillegg innberegnes svinn, siden dette innebærer et mest hensiktsmessig lagerhold med minst mulig kapitalbinding. Det er derfor viktig at disse prognosene er så korrekte som mulig for at Kitron Electronics skal kunne ha et så riktig antall råvarer som mulig på lager til enhver tid.

Leveringsplanen blir typisk oppdelt på følgende måte.

Figur 2 : Skjematisk leveringsplan

Uke 1	Uke 4	Uke 5	Uke 12	Mnd. 4	Mnd. 12
Økonomisk bindende for kunden på materiell og arbeid		Økonomisk bindende for kunden på materiell			Info prognose Ikke økonomisk bindende

Som vi ser av Figur 2, er det kunden som står økonomisk ansvarlig for både arbeid og materiell de påfølgende fire ukene. Dvs. at de blir fakturert for ferdig produserte varer dersom de er satt i produksjon, selv om behovet er redusert. I de neste 8 ukene står kunden kun økonomisk ansvarlig for materialkostnader, dvs. komponentene som Kitron Electronics må bestille for å dekke behovet kunden la opp til i sin prognose for denne perioden. De siste åtte månedene er de ikke økonomisk bundet av avtalen, men må likevel gi Kitron Electronics en prognose av forventet ønsket varelevering. Dette for at Kitron Electronics altså skal kunne sikre seg råvarer hos sine leverandører. Hos enkelte kunder foreligger det også avtale om at Kitron Electronics skal ha et buffer av ferdigvarer beregnet på de siste ukers leveranser. Skulle det være slik at kunden ønsker produksjonsstans av en vare de står økonomisk ansvarlig på komponentsiden for, vil



Systemdynamisk modellering av logistikk

Kitron Electronics vanligvis tilby å ha disse på lager i et begrenset periode . Riktignok har Kitron Electronics etter avtalen ofte rett til å fakturere for komponentene og sende disse til kunden, men siden det gjerne viser seg at produksjonen kan gjenopptas på et senere tidspunkt, er dette ofte blitt en vanlig praksis. Hvis det er mulig vil Kitron Electronics i slike tilfeller kreve renter for påførte kapitalutgifter over lagringsperioden.

Ut fra kundeprognosen kan Kitron Electronics så utarbeide en behovsberegning, dvs. at de mater inn data i et planleggingsverktøy og får ut et forslag til komponentinnkjøp. På denne måten kan Kitron Electronics vite omtrentlig når og i hvilket antall de må ha de forskjellige komponentene inn til sitt lager. Denne informasjonen sender de så videre til leverandøren, som dermed kan bestille inn komponenter til Kitron Electronics. Prognosene gir altså leverandøren et grunnlag for å kunne garantere leveringstid, samtidig som de forplikter seg til å ha et visst antall komponenter på lager på det tidspunktet Kitron Electronics i følge prognosen trenger det.

4.1.1 Kanselleringsfrist

På sin side forplikter Kitron Electronics seg til å bestille varene innen en viss tid for at de skal få dem. Dette uttrykkes gjennom begrepet «kanselleringsfrist.» Denne tiden tilsvarer også leveringstiden som komponenten har fra leverandør til Kitron Electronics. Leveringstiden kan variere svært fra komponent til komponent avhengig av faktorer som tilgjengelighet, pris og hvor god avtale Kitron Electronics har med leverandøren. Avtalene, som blir forhandlet frem hvert år, er uansett helt nødvendige for Kitron Electronics, siden mange leverandører av komponenter i andre tilfelle kan operere med leveringstid på opp mot ett år.

4.1.2 Problemstillinger

Som vi skjønner ville det vært helt ideelt om Kitron Electronics fikk helt nøyaktige prognoser av sine kunder og at disse ble fulgt opp til punkt og prikke når en endelig bestilling foregår, men slik er det ikke. Det er derfor interessant å se på hvilken betydning nettopp dette har på produksjon og kostnader.

I mange tilfeller er det store avvik mellom prognosen og faktisk ordre, og dette skaper mye hodebry for Kitron Electronics. Dette henger sammen med at kunden ofte forandrer bestillinger/prognose både i nærtid og på lengre sikt, siden de også forholder seg i stor grad til et ustabilt marked. Siden Kitron Electronics ønsker å være så fleksible overfor kunden som mulig, er de nødt til å imøtekomme kundens krav, selvom de ofte blir gitt urealistisk kort tid for å justere materialinnkjøp og produksjonen. Spesielt om kunden plutselig skulle bestemme seg for at de må ha eksempelvis 40 ekstra produkter allerede neste uke. Som vi tidligere har vært inne på er det noen av komponentene som har opptil 52 ukers leveringstid, og det sier seg selv at det da er problematisk å imøtekomme slike kortsiktige ønsker. For å bøte på dette produserer Kitron Electronics mer enn prognosene og bestillingene skulle tilsi slik at de hele tiden har ett buffer å ta av. Dette betyr at de også må kjøpe inn komponenter til dette bufferlageret. Noe av dette bufferet kan riktignok være avtafefestet mellom Kitron Electronics og kunden, men det må samtidig også tillegges en viss erfaring og ”synsing” for å få en mest mulig optimal innkjøpspolicy. I noen tilfeller vil ikke Kitron Electronics klare å skaffe komponenter fra sine leverandører tidnok, men kan bli nødt til å bestille disse fra varehus som opererer med betydelig høyere priser. Da må Kitron Electronics enten få kunden til å betale for

Systemdynamisk modellering av logistikk

merkostnadene eller vurdere om det likevel kan lønne seg å utføre bestillingen på tross av økt stykkpris.

For å vise hvordan leveringsplaner kan forandres fra uke til uke, har vi forsøkt å lage ett eksempel om enn noe forenklet. Vi har lagt vekt på noen typiske problemstillinger som er relevante for situasjonen.

Figur 3 Leveringsplan Uke 1

Uke 1	Uke 2	Uke 3	Uke 4	Uke 5	Uke 6	Uke 7	Uke 8
80	40	50	60	60	80	60	60

Figur 4 Leveringsplan Uke 2

Uke 2	Uke 3	Uke 4	Uke 5	Uke 6	Uke 7	Uke 8	Uke 9
80 (+40)	50	60	80 (+20)	60 (-20)	60	60	60

Som vi ser av eksemplene har den tenkte kunden forandret sin leveringsplan, dette ses av forskjellen mellom Figur 3 og Figur 4. I første omgang ønsker kunden å få levert 40 produkter mer denne uken enn de la opp til i planen uken før (markert med blått i figuren). Dette er en typisk problemstilling som Kitron Electronics har med flere av sine kunder, som har vist seg å være veldig uberegnelige, som ikke alltid klarer å gi nøyaktige prognoser. Vi ser også en forandring i prognosen for uke 5 og 6 (markert med rødt i figuren). Dette skal gi ett eksempel på forskyvning i tid, dvs. at enten en del av eller hele leveringen blir flyttet enten frem eller tilbake. Dette viser at avvik mellom prognoser og faktiske ordre kan vises i to dimensjoner, både antall og tid. Det er på det rene at slike avvik vil føre til utgifter for Kitron Electronics, spesielt når det dreier seg om dyre komponenter. Det sier seg selv at det koster langt mer for Kitron Electronics å ha ett uønsket lagerhold av komponenter som koster flere hundre kroner enn om de skulle koste noen få øre stykket. Nettopp på dette punktet er det kanskje også mest hensiktsmessig å gjøre optimaliseringer.

4.1.3 Forpakningstørrelse

Det finnes i tillegg en rekke andre faktorer som spiller inn når Kitron Electronics skal anskaffe komponenter til produksjonen. For mange av komponenten er det blant annet slik at Kitron Electronics ikke kan bestille det nøyaktige antallet de trenger, men er nødt til å ta hensyn til forpakningsstørrelse. Denne er stort sett bestemt av leverandøren, men kan også skyldes spesielle krav fra Kitron Electronics forskjellige produksjonsenheter. For eksempel er det slik at en viss diode kun kan bestilles på rull, dvs. minimum 3000 komponenter. Denne størrelsen kalles også «minste kvantum.» Ikke alltid lar denne seg forene med Kitron Electronics ønske om et så lite lagerhold av komponenter som mulig. Siden også mange av produktene inneholder komponenter som er særegne for det enkelte produkt, blir ikke situasjonen enklere. Dette kan bl.a. føre til at Kitron Electronics må kjøpe inn ett mye høyere antall av en komponent enn det de kanskje vil trenge på forholdsvis lang tid. På bakgrunn av denne beskrivelsen av utfordringer knyttet til planlegging og logistikk i bedriften, håper vi å ha gitt leseren en bakgrunn for den videre modulering/simulering av problemene.

5 Hoveddel

5.1 Forutsetninger

Før vi kunne gå igang med modelleringen måtte vi formulere noen forutsetninger og begrensninger som skal legges til grunn for modellen. Det er nemlig viktig å lage en så forenklet modell som mulig, men samtidig være presis og ha de nødvendige elementer på plass. Dette viser seg ofte i arbeid med verktøy som Powersim Constructor, at mange detaljer ikke nødvendigvis gir en bedre modell. De fleste av antakelsene er derimot basert på de begrensningene allerede beskrevet i beskrivelsen av "Mini Kitron". Hvorvidt disse antakelsene og begrensningene får innvirkning på modellens korrekthet vil diskuteres i et senere kapittel.

Følgende forutsetninger blir lagt til grunn for modellen som følger:

- Produktene består av 4 komponenter, ($N=1,2,3,4$).
- Vi tolker det slik at kunden er økonomisk bundet av avtalen mellom uke 5 og uke 12.
- Vi ser bort fra evt. svinn, feil og feiltelling på råvarelager, i tillegg til svinn i produksjonen, siden disse verdiene er såpass små at de har liten betydning i en modell.
- Produktbestillingsprognosen flytter seg en uke fram hele tiden, prognosen blir matet med en cosinus funksjon eller et fast antall. En ønsker også å mate denne funksjonen med ulike hendelser, som for eksempel en lineær kurve, statisk tall osv. Hensikten med dette er å kunne simulere ulike hendelseforløp og på den måten nærme seg en så korrekt modell som mulig.
- Produksjonsraten er i hovedsak antall ferdigprodukter som skal produseres.
- Beregning av buffer gjøres på en av 3 måter som vil bli forklart senere i dokumentet.
- Vi forutsetter at komponenten kommer inn til begynnelsen av uken, slik at ferdigvaren kan leveres fredag samme uke. Grunnen til dette er at produksjonstid er såpass stabil at den ikke kan regnes som en veldig viktig problemfaktor i logistikk situasjonen.

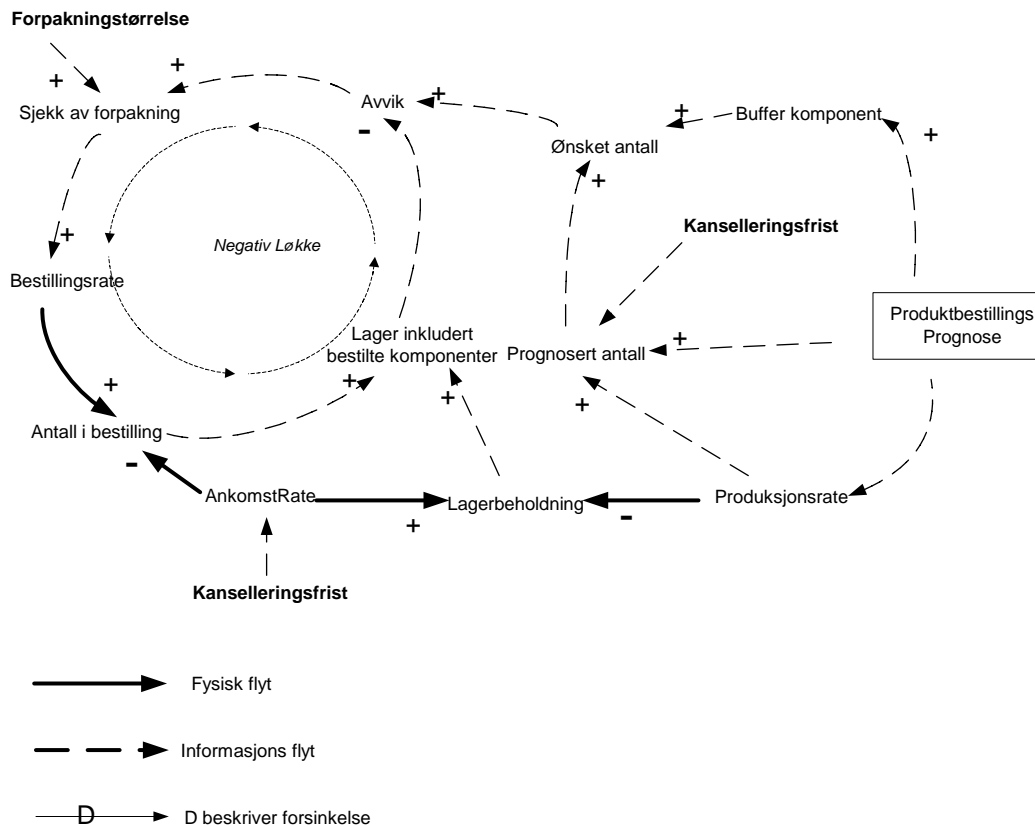
5.2 Influensdiagram

Før vi satte igang med modellering lagde vi et såkalt influensdiagram (Figur 5), dvs. en oversikt over flyt, både av fysisk og informativ art, i denne fasen. Det må derimot legges til at dette influensdiagrammet ble utvidet og forandret noe, i takt med utvikling i Powersim Constructor modellen. Legg merke til at fysiske flyt, i dette tilfellet komponentene, er markert med heltrukne linjer, mens flyt av informasjon har stiplede

Systemdynamisk modellering av logistikk

linjer. Vi ser også at flyt som fører til en økning markeres med pluss tegn, og i motsatt tilfelle med minus tegn. Viser her til forklaringer under Figur 5. Figuren vil forklares nærmere seinere i kapittelet.

Figur 5 Influensdiagram over innkjøpsfasen



I denne delen av modellen har vi kun fysisk flyt rettet mot lagerbeholdningen, samt antall i bestilling. Som vi ser øker ankomstrate av komponenter beholdningen, mens Produksjonsrate minker denne. Likeledes øker bestillingsraten antallet komponenter i bestilling, samtidig som ankomstraten minker denne beholdningen.

På høyre side av influensdiagrammet har vi grovt sett prosesser som legges til grunn for bestilling av nye komponenter. *Produktbestillingsprognose* er markert med et rektangel, for å vise at denne representerer en påvirkning utenfra. Denne inneholder informasjon fra kunden om hvor mange ferdigvarer som ønskes levert og til hvilket tidspunkt (se tidligere i dokumentet for mer utførlig beskrivelse). Det er altså ut fra denne Kitron kan beregne antall komponenter de vil bestille. Dette representeres i diagrammet ved en positiv innvirkning på *Prognosert Antall*, dvs. antallet komponenter som må bestilles til en gitt uke. Denne påvirkes av *Kanselleringsfristen* som forteller Kitron hvor mange uker de må påregne for levering av varen. I tillegg er det slik at Kitron som oftest har avtalefestet ett visst *Buffer*, dvs. et ekstra antall ferdigvarer som skal produseres i tillegg til prognosert antall. *Prognosert Antall* samt *Buffer* blir derfor lagt sammen og danner *Ønsket Antall* komponenter Kitron vil ha for å dekke behovet for produksjonen.

På venstre side av diagrammet beskrives flyt forbundet med selve bestillingen av komponenter til produksjon. Grunnlaget for innkjøp er *Avviket* mellom det ønskede antall Kitron ønsker å ha på lager og det de faktisk har på *Lager inkludert bestilte komponenter*.

Systemdynamisk modellering av logistikk

Siden det er slik at enkelte komponenter kun kan bestilles i minste *Forpakningstørrelse* (se mer utførlig beskrivelse tidligere i rapporten), undersøkes dette gjennom *Sjekk av forpakning*. For å utligne avviket blir det så bestilt komponenter, med en gitt *Bestillingsrate*. Det er derimot slik at komponenten ankommer først flere uker senere, slik at vi ble nødt til å ha et uttrykk for komponenter som er i bestilling. På denne måten kan disse i beregnes for eventuelle bestillinger påfølgende uker, slik at vi unngår at for mange komponenter blir bestilt i simuleringer. Komponentene blir så levert tilsvarende *Ankomstraten*, med et intervall bestemt av kanselleringsfristen.

Den negative løkken som disse prosessene representerer er markert med en sirkel i influensdiagrammet. Dette er en negativ løkke siden det er ett odde antall minus tegn i løkka. Negative løkker kjennetegnes gjennom at når det forekommer et avvik mellom den *ønskede* og den *faktiske* tilstand vil det foretas grep på grunnlag av systemets kjøreregler for å forsøke å eliminere dette avviket. I vårt tilfelle vil dette være avviket mellom *ønskede* antall komponenter og det faktiske antallet komponenter, som fører til innkjøp.

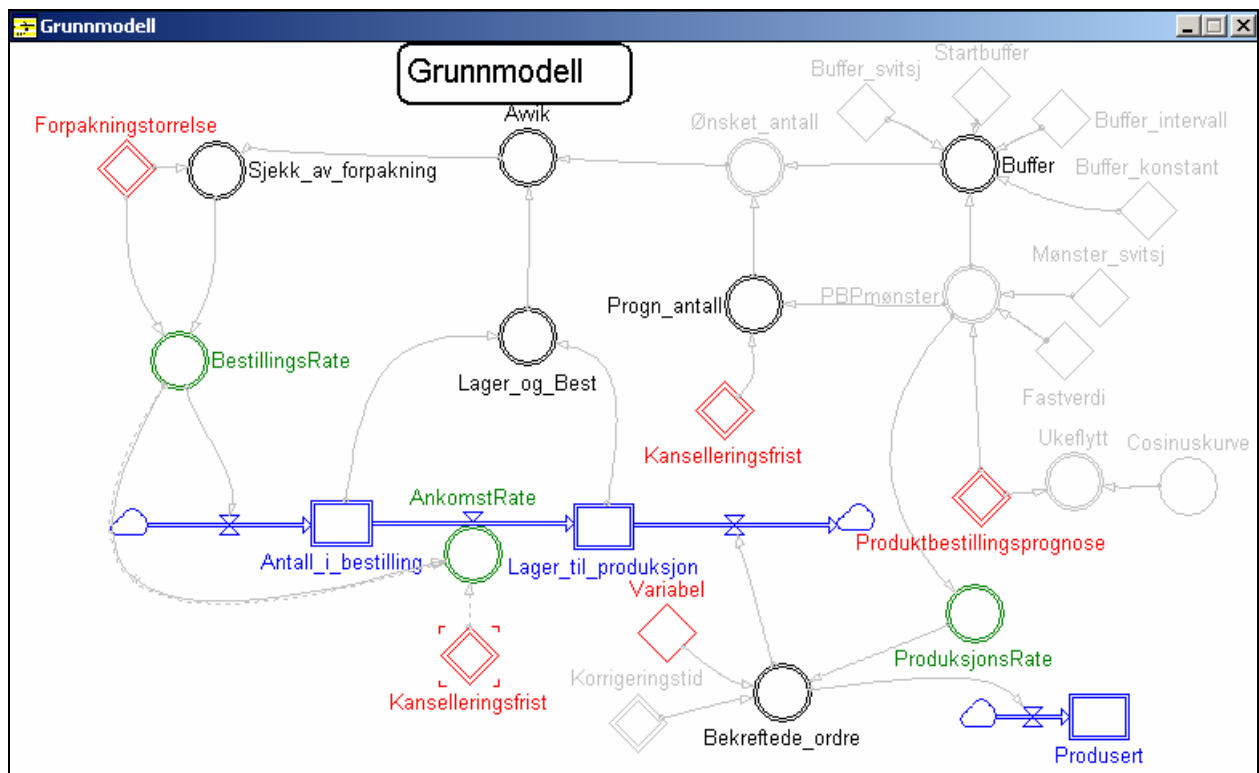
5.3 Powersim Constructor modell

Selve modellen, som ble laget i Powersim Constructor, er basert på influensdiagrammet og forutsetningene som vi har beskrevet i forrige kapittel. Powersim Constructor gir oss nemlig muligheten til å bygge opp denne strukturen ved hjelp av objekter som symboliserer f.eks. flyt og beholdninger.

I Figur 6 ser vi at informasjonsflyt er markert med enkle piler mellom objektene, men fysiske flyt er markert med tykk strek (blåfarget i figuren). Videre er akkumulering representert gjennom rektangler (blåfarget i figuren) og variable med sirkler (sort og blått i figuren). Til slutt kan vi nevne at konstanter vises gjennom diamantformede objekter. I tillegg til dette har vi valgt å gi enkelte detaljer i modellen ulike fargekoder. Alle rater er markert med grønt, samt at påvirkelige konstanter vises med fargen rød.

Som vi husker fra definisjonen av Mini Kitron ble det besluttet å simulere med ferdigvarer bestående av fire komponenter, hver med ulike spesifikasjoner. For å implementere dette tok vi i bruk arrayfunksjonen i Powersim Constructor, dvs. muligheten til å kjøre 2 eller flere verdier for samme variable samtidig. Dette vil vises i figurene som følger gjennom at de ulike objektene markeres med dobbeltstrek. Vi viser til hjelpefilen i Powersim Constructor for ytterligere forklaring.

Figur 6 Utdrag fra Powersim Constructor modell: Grunnmodell



Vi vil nå gi en kortfattet forklaring på modellens ulike deler. Forhåpentligvis vil leseren kjenne igjen begrepene vi tidligere har forklart, samt oppfatte likheten til influensdiagrammet. I videre beskrivelse vil navn på de ulike enheter som er med i modellen markeres i kursiv. Merk også at vi har tatt utgangspunkt i *Produktbestillingsprognose*, som er forklart over.

Progn_antall finner i tabellen/prognosen det ønskede antall komponenter som Kitron Electronics vil trenge i en gitt uke. Hvis prognosen eksempelvis viser at fram til uke x så trenger man y antall komponenter, så er dette et utgangspunkt for videre bestilling. Denne tiden x vil tilsvare kanselleringsfristen, som vi har forklart i et tidligere kapittel. Det er verd å merke seg at antallet komponenter blir beregnet utfra det samlede antallet komponenter som skal benyttes over perioden og ikke kun antallet som er nødvendig for den bestemte uken. Dvs. at man iberegner forbruket av komponenter i alle ukene frem til og med uken man bestiller til.

Progn_antall og *Buffer* (antall komponenter til ekstra lager, se *Buffer*), adderes og en får da en sum, som blir *Ønsket antall*. *Lager_og_Best* er antall komponenter på lager og antall komponenter i bestilling. *Ønsket antall* og *Lager_og_best* summeres og en får da avviket mellom ønsket bestilling av komponenter og antallet man har på lager, *Avvik*. Det er etter dette avviket man finner ut hvor mange komponenter som skal bestilles.

Som vi tidligere har vært inne på er det ikke alltid slik at Kitron Electronics kan bestille det nøyaktige antallet de trenger, siden enkelte komponenter kun leveres i ett minste



Systemdynamisk modellering av logistikk

kvantum, eller enheter tilsvarende en forpakningstørrelse. Dette blir behandlet i modellen gjennom at *Sjekk_av_forpakning* sjekker hvor mange slike enheter av komponentene man trenger. Deretter blir denne enheten multiplisert med *Forpakningstørrelse* slik at vi får antall justert etter forpakningstørrelse. Dette antallet vil komme inn på *Bestillingsrate*. *Bestillingsraten* øker *Antall_i_bestilling*, som er en beholdning, og viser hvor mange komponenter som er i bestilling. *AnkomstRaten*, bestemmer hvor lang tid det tar før komponentene kommer inn på lager, bestemt av *Kanselleringsfristen*.

Når komponentene har ankommet lageret øker de beholdningen som i modellen kalles *Lager*. På samme måte virker *Bekreftede_ordre* negativt på antall komponenter i beholdningen. *Bekreftede_ordre* tilsvarer antallet i siste ukes prognose delt på tid, som her er *Korrigeringstid*.

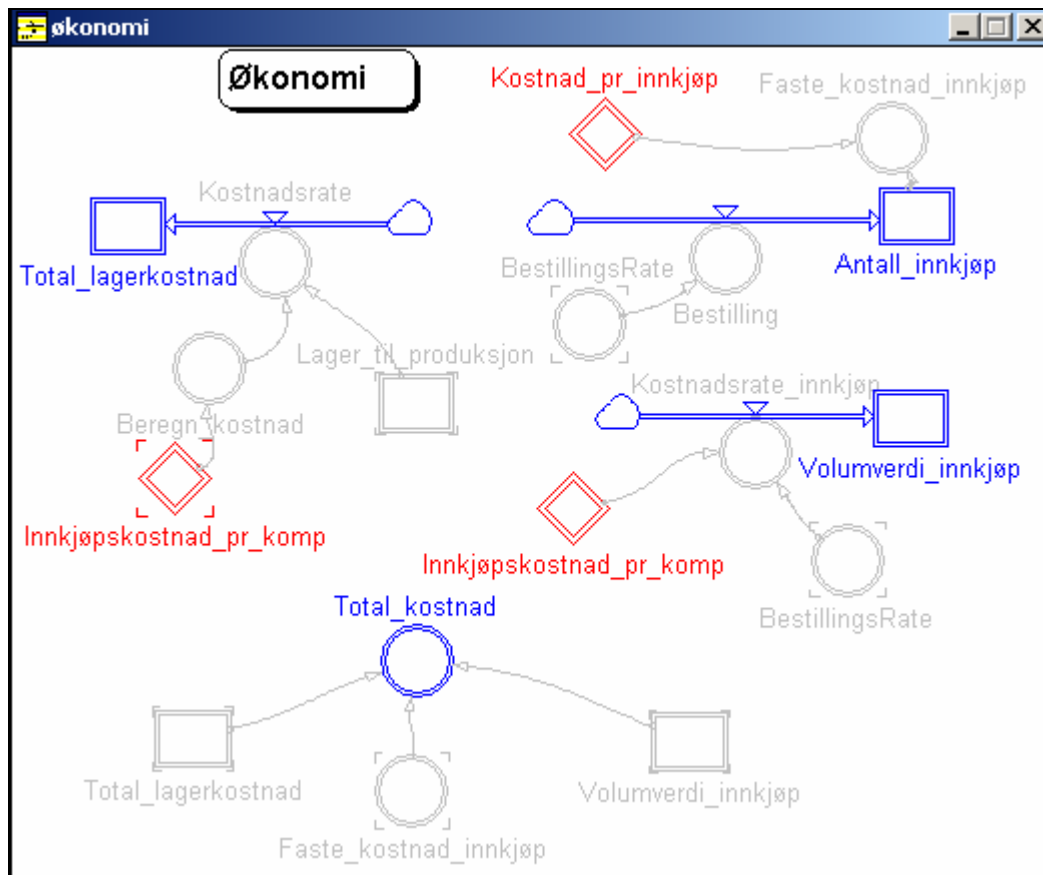
Produsert er antall ferdig varer som er blitt produsert.

Dette har gitt oss modellen som vist på Figur 6. Ellers viser vi til ”Appendix C: Begreper i Powersim Constructor” for en oversikt over benyttede *units*. Her kan også likningene som er brukt i modellen finnes (se Appendix A: Model Equations).

5.3.1 Økonomidelen av modellen

Økonomi modellen, som vises på Figur 7, beskriver hvordan kostnadene blir modellert. *Totale_kostnad* er en sum av den *Totale_lagerkostnad*, *Volumverdi_innkjøp* og *Faste_kostnad_innkjøp*. *Volumverdi_innkjøp* viser antall komponenter som er blitt innkjøpt multiplisert med pris per komponent. *Antall_innkjøp* viser hvor mange ganger en har bestilt et kvantum av en komponent, denne multipliseres med *kostnad_pr_innkjøp*, og en får da *Faste_kostnad_innkjøp* og til slutt den *Totale_lagerkostnad* som viser hvor mange komponenter, multiplisert med hvor mye det koster å ha en komponent på lager en uke.

Figur 7 Utdrag fra Powersim Constructor modell: Økonomidel

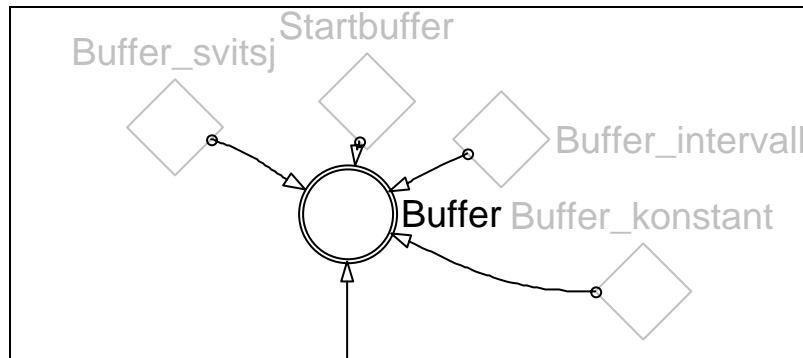


Videre vil vi beskrive noen av de mest sentrale delene av modellen.

5.3.2 Buffer

Buffer er et ekstra lager med ferdigvarer, som Kitron Electronics plikter å ha. Når Kitron Electronics inngår en avtale med kundene sine, kan det være en fordel å ha et ekstra lager av ferdigprodukter, hvor kundene kan bestille fra. Dette fordi det oppstår variasjon i den faktiske ordre i forhold til prognoser. Disse ekstra ferdigproduktene har Kitron Electronics på sitt lager, men antallet vil variere fra kunde til kunde. Det er også slik at noen kunder ikke opererer med buffer. I noen tilfeller beregnes bufferverdien på følgende måte: 8 ukers faktisk ordre blir delt på like mange uker slik at vi får en middelvei. Denne verdien blir så grunnlag for bufferet. For å gi brukeren av modellen muligheten til å velge mellom disse ulike måtene å beregne buffer på har vi laget en bryter, kalt *Buffer_svitsj*, se Figur 8. Denne virker slik at ved ulike verdier gir den ulike typer av bufferberegning: hvis 0 så er bufferet 0, hvis 1 så er det 8 uker delt på 8, hvis det er 2 så er det en konstant. Som man kan se i modellen (se grunnmodell) så er bufferet blitt lagt til komponentinnkjøp.

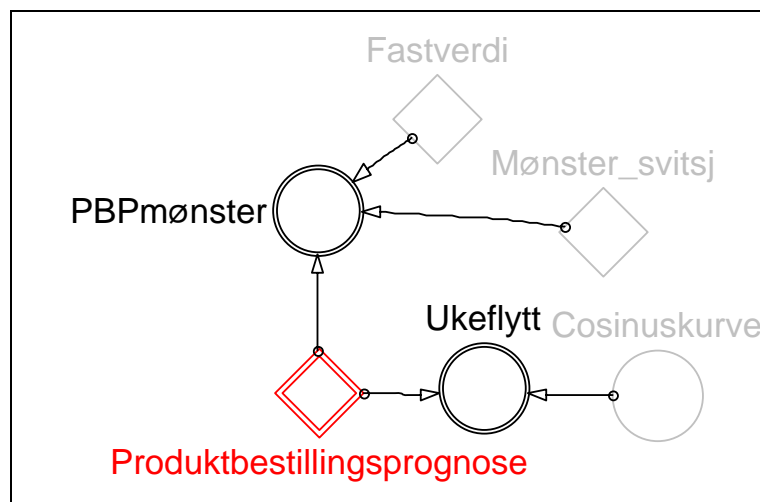
Figur 8 Utdrag fra Powersim Constructor modell: Buffer



5.3.3 Produkt Bestillings Prognose

Figur 9 viser en funksjon som fungerer som en typisk prognose Kitron Electronics får fra sine kunder. Denne løper over 52 uker og blir matet av et Produkt bestillings prognose mønster (her kalt PBPmønster).

Figur 9 Utdrag fra Powersim Constructor modell: Produktbestillingsprognose

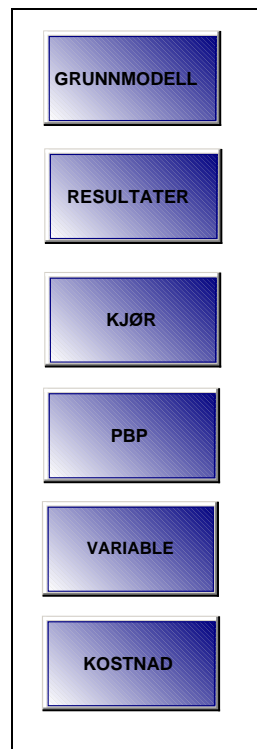


Ukeflytt flytter denne prognosen 1 uke fram i tid, og setter inn ett tall ifra *PBPmønster*, som skal være den 52. ukens prognose/bestilling. Med andre ord blir forrige ukens bestilling flyttet ut, samtidig som vi får en ny verdi i prognosen ett år frem i tid. *Svitsj* er bryteren som bestemmer om *PBPmønster* skal mates av en cosinus kurve eller en fast verdi, som fritt kan velges. Denne funksjonen gjør det altså mulig å veksle mellom ulike mønster av prognose fra en tenkt kunde.

5.4 Grensesnittet i Powersim Constructor

Det første som dukker opp i Powersim Constructor når modellen åpnes er menyen, se Figur 10. Denne består av knapper som virker som snarveier til ulike deler av modellen. Vi skal ta for oss disse ulike delene for å vise hvordan denne hovedmodellen er bygd opp. *Grunnmodell*, (se Figur 6) i sammen med økonomi delen (se Figur 7) , viser hvordan strukturen til selve modelleringen er bygd opp. Det er fra disse ulike delene som vi får kurver og tall fra.

Figur 10 Utdrag fra Powersim Constructor modell: Meny



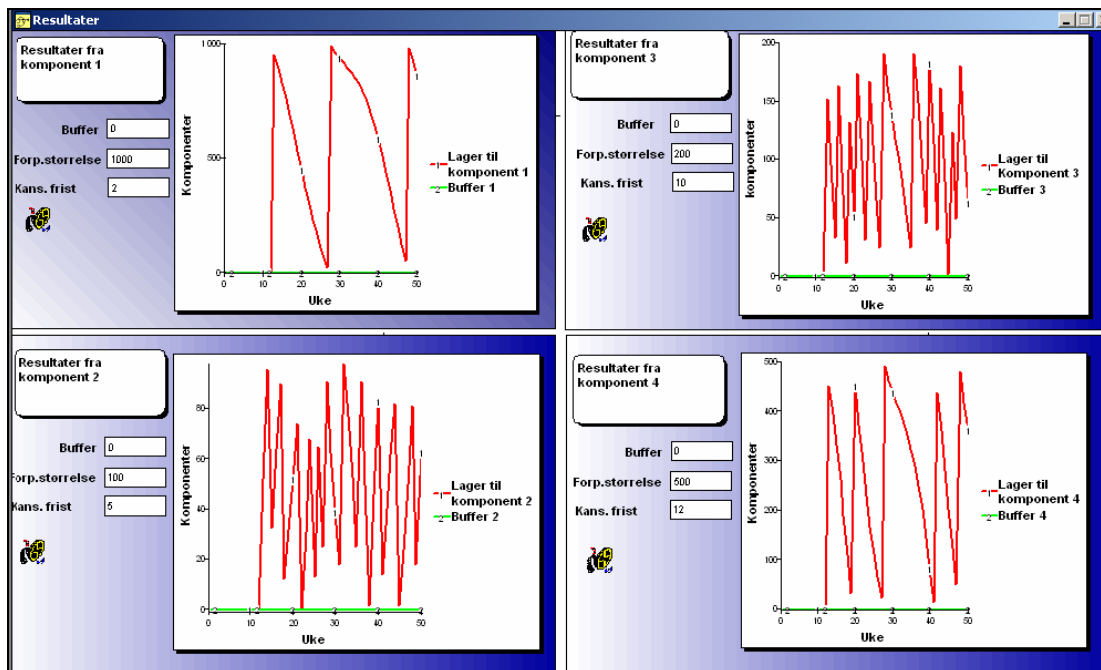
Ved å trykke på disse knappene åpnes altså vinduer, som viser ulike deler av hovedmodellen. Unntaket er ”kjør”- knappen som starter simuleringen.

5.4.1 ”Resultater”-knapp

”Resultater”-knappen på menyen vil åpne et eget vindu som viser lagervirksomhet på de 4 enkelte komponentene når den blir klikket på. Man kan se at det er modellert med 4 like store vinduer som beskriver disse 4 komponentene. Det vises også hvor stort buffer vi har, forpakkingsstørrelse og kanselleringsfristen. Disse er kun til informasjon, og kan ikke forandres. Kurven som vises er antall komponenter i forhold til tiden som løper. Tiden er her i uker. Man kan da se hvor mange komponenter som er på lager, og i hvilket tidsrom man måtte bestille flere komponenter. Det er også lagt inn en funksjon som informerer brukeren om når det oppstår mangel på komponenter, samt når lageret er tomt. Et eksempel på skjermbilde fra denne er vist på Figur 11. Vi vil komme tilbake til resultatvinduene i kapittelet om validering.

Systemdynamisk modellering av logistikk

Figur 11 Utdrag fra Powersim Constructor modell: Eksempel på visning av resultater



5.4.2 "Kjør"-knapp

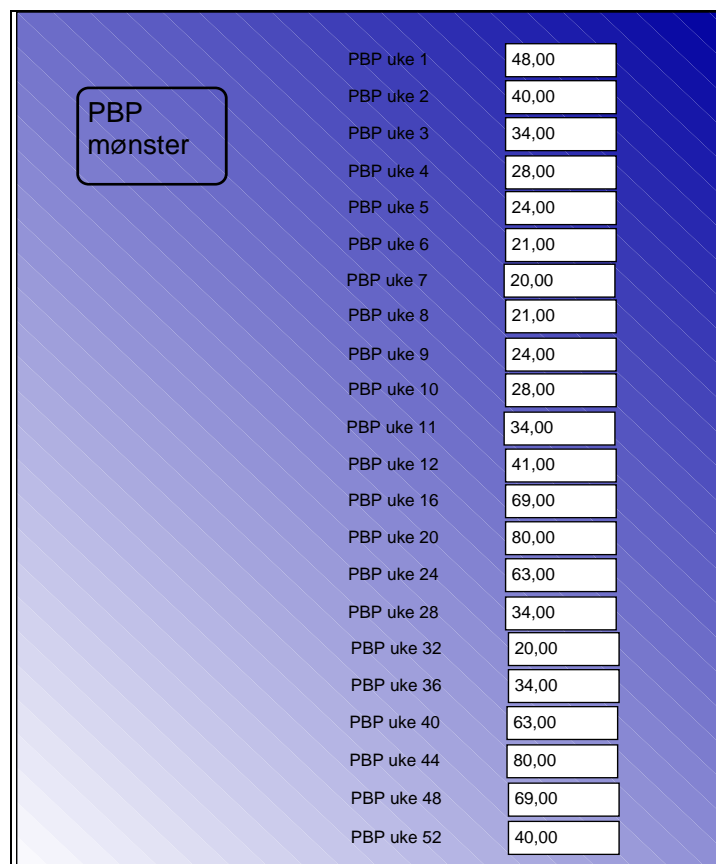
Denne knappen fungerer slik at applikasjonen starter simulering når den blir klikket på. Dette er den samme knappen som *kjør uten pause*.

Systemdynamisk modellering av logistikk

5.4.3 "PBP"-knapp

"PBP"-knappen aktiverer vinduet som vi ser på Figur 12. Vi har tidligere sett på hvordan produktbestillingsprognosen er blitt modellert, og i dette vinduet vises altså antallet komponenter som er bestilt og til hvilken tid. Som vi ser går det i de første 10 ukene ukesvis, mens etter dette hopper man 3 uker av gangen. Dette har sammenheng med at prognosene Kitron Electronics mottar er bygd opp nettopp på denne måten. Det er mulig å klikke på tallene i vinduet og manuelt påvirke prognosen, gjennom å editere tallene i boksene.

Figur 12 Utdrag fra Powersim Constructor modell: PBP

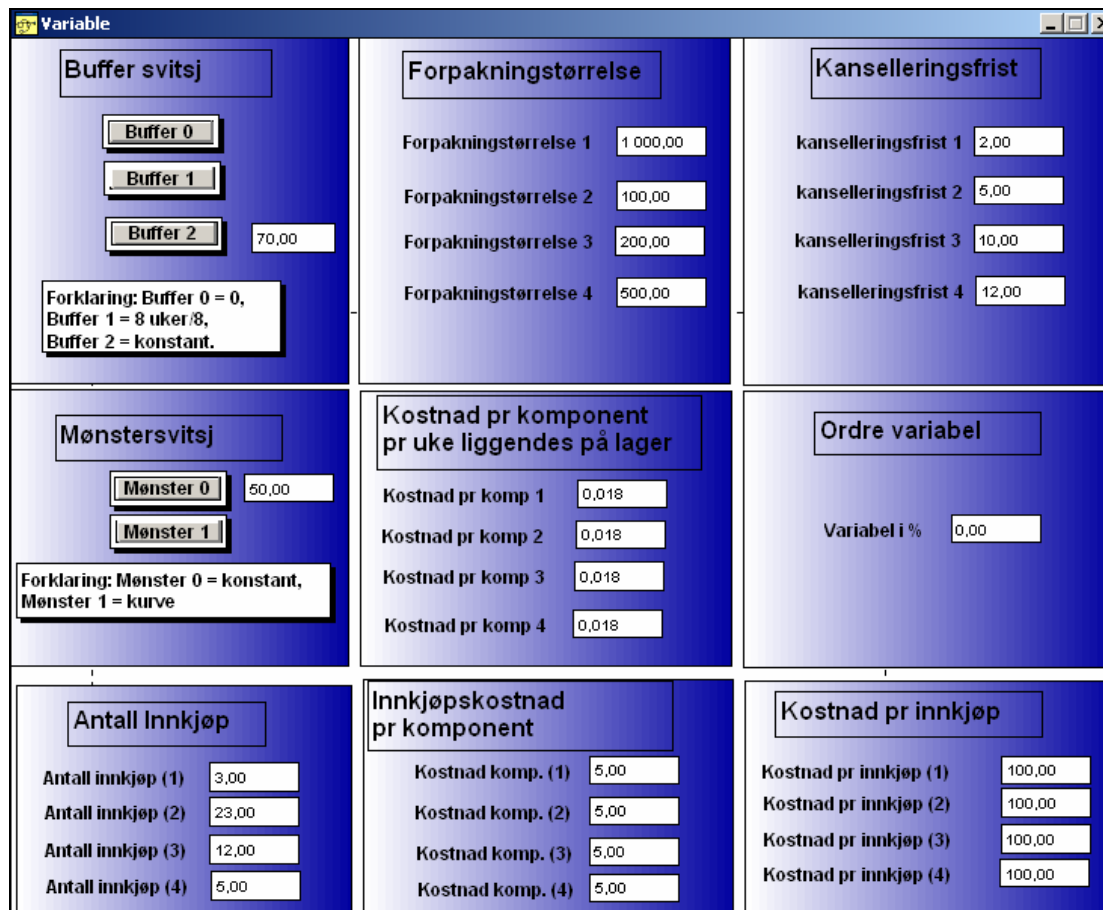


PBP uke 1	48,00
PBP uke 2	40,00
PBP uke 3	34,00
PBP uke 4	28,00
PBP uke 5	24,00
PBP uke 6	21,00
PBP uke 7	20,00
PBP uke 8	21,00
PBP uke 9	24,00
PBP uke 10	28,00
PBP uke 11	34,00
PBP uke 12	41,00
PBP uke 16	69,00
PBP uke 20	80,00
PBP uke 24	63,00
PBP uke 28	34,00
PBP uke 32	20,00
PBP uke 36	34,00
PBP uke 40	63,00
PBP uke 44	80,00
PBP uke 48	69,00
PBP uke 52	40,00

5.4.4 "Variable"-knapp

Denne knappen aktiviserer vinduet som viser alle variable man kan forandre på under kjøring (se Figur 13).

Figur 13 Utdrag fra Powersim Constructor modell: Variable



The 'Variable' window is divided into six panels, each with a title and several input fields:

- Buffer svitsj:** Contains three buttons labeled 'Buffer 0', 'Buffer 1', and 'Buffer 2'. The 'Buffer 2' button has a value of 70,00. A text box below explains: 'Forklaring: Buffer 0 = 0, Buffer 1 = 8 uker /8, Buffer 2 = konstant.'
- Forpakningstørrelse:** Contains four input fields for 'Forpakningstørrelse 1' (1 000,00), 'Forpakningstørrelse 2' (100,00), 'Forpakningstørrelse 3' (200,00), and 'Forpakningstørrelse 4' (500,00).
- Kanselleringsfrist:** Contains four input fields for 'kanselleringsfrist 1' (2,00), 'kanselleringsfrist 2' (5,00), 'kanselleringsfrist 3' (10,00), and 'kanselleringsfrist 4' (12,00).
- Mønstersvitsj:** Contains two buttons labeled 'Mønster 0' and 'Mønster 1'. The 'Mønster 0' button has a value of 50,00. A text box below explains: 'Forklaring: Mønster 0 = konstant, Mønster 1 = kurve'.
- Kostnad pr komponent pr uke liggendes på lager:** Contains four input fields for 'Kostnad pr komp 1' (0,018), 'Kostnad pr komp 2' (0,018), 'Kostnad pr komp 3' (0,018), and 'Kostnad pr komp 4' (0,018).
- Ordre variabel:** Contains one input field for 'Variabel i %' (0,00).
- Antall Innkjøp:** Contains four input fields for 'Antall innkjøp (1)' (3,00), 'Antall innkjøp (2)' (23,00), 'Antall innkjøp (3)' (12,00), and 'Antall innkjøp (4)' (5,00).
- Innkjøpskostnad pr komponent:** Contains four input fields for 'Kostnad komp. (1)' (5,00), 'Kostnad komp. (2)' (5,00), 'Kostnad komp. (3)' (5,00), and 'Kostnad komp. (4)' (5,00).
- Kostnad pr innkjøp:** Contains four input fields for 'Kostnad pr innkjøp (1)' (100,00), 'Kostnad pr innkjøp (2)' (100,00), 'Kostnad pr innkjøp (3)' (100,00), and 'Kostnad pr innkjøp (4)' (100,00).

"Variable" vinduet består av 6 forskjellige ruter som viser hva man har mulighet til å forandre underveis.

Buffer svitsj har 3 forskjellige knapper, (som forklart tidligere) Buffer 0 er 0, ingen buffer. Buffer 1 er 8 nærmeste ukene delt på 8. Buffer 2 er konstant buffer, og ved trykk på denne aktiveres denne, og en kan velge antall komponenter ved å trykke på tallet ved siden av knappen.

Forpakningstørrelse er minste kvantum en kan bestille. Denne kan en forandre ved å trykke på tallet ved siden av den komponenten som en vil forandre på.

Kanselleringsfrist endrer kanselleringsfristen på komponenten.

Mønstersvitsj er ulike mønster på produktbestillingsprognose, hvis en trykker på Mønster 0, har man et fast mønster og en kan velge antall i firkanten ved siden av. Hvis Mønster 1 er dette en kurve, men har mulighet for å forandre denne manuelt.

Systemdynamisk modellering av logistikk

Kostnad pr. komponent pr. uke liggende på lager er kostnaden for å ha komponenter til overs på lager, denne er i Kitron Electronics sitt tilfelle 18% av innkjøpskostnaden til komponenten i løpet av et år. Hvis en ikke setter noe manuelt blir denne kostnaden regnet ut og lagt til variabelen.

Ordre variabel påvirker bestillingsordre, her kan man forandre ordre fra kunde, eksempel ordren er faktisk 20 % større enn prognose.

Antall innkjøp viser hvor mange innkjøp man trenger i løpet av perioden, denne kan ikke forandres på det er bare til info.

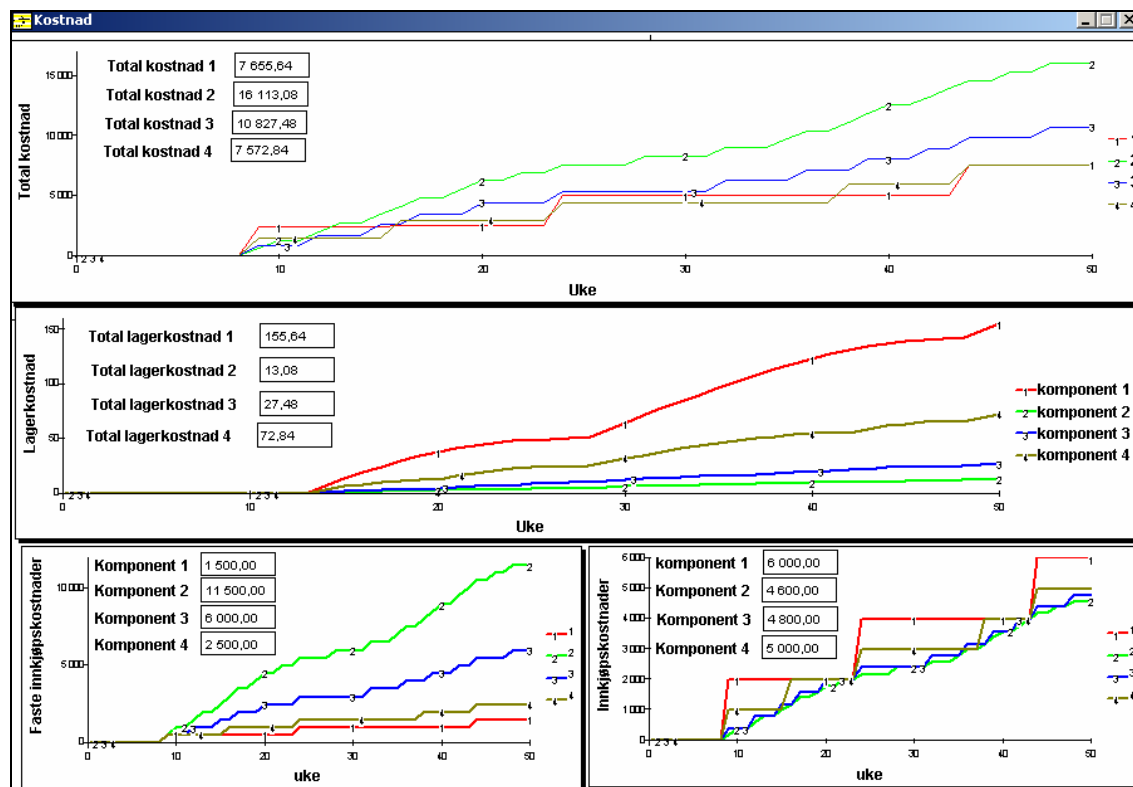
Innkjøpskostnaden pr. komponent er hvor mye en komponent koster, Kitron Electronics bruker kostpris. Den siste firkanten er kostnad pr. innkjøp, som forteller oss hvor mye den faste kostnaden er når en gjør en bestilling. Denne kan også forandres manuelt.

Disse variablene kan kun forandres når modellen kjøres.

5.4.5 "Kostnad"-knapp

Kostnadsvinduet (se Figur 14), som aktiviseres av "Kostnad" knappen, viser oss i kurve form hvor stor den totale kostnaden blir og hvordan den har utviklet seg. Den viser også den totale lager kostnaden ved å ha en komponent på lager. Under disse viser man de faste innkjøpskostnader og de variable innkjøpskostnader. Denne visuelle figuren kan ofte hjelpe oss, når vi vil finne ulike aspekter med kostnader. Man kan her f.eks. se hvor man har oppgang og nedgang i kostnadene.

Figur 14 Utdrag fra Powersim Constructor modell: Eksempel på visning av kostnadsresultat



Det er i tillegg mulig å gå inn å forandre rett i modellen, men dette krever innsikt i Powersim Constructor.

6 Validering

I denne fasen av testingen ønsker vi å argumentere for at modellen vi har laget overensstemmer med de forventningene vi har utfra vår viten om Kitron Electronics' logistiksituasjon. Det vil altså analyseres om modellen representerer virkeligheten på en tilfredsstillende måte, dvs. validering som er gjennomgått teoretisk tidligere. Vi har til stor grad brukt *testorientert* validering.

I tidligere kapittel har vi forklart at influensdiagrammet har tjent som basis for modellen vår, men uten å være kritisk til om dette virkelig er tilfelle. Som leseren kanskje husker fikk vi spesifisert at "Mini Kitron" skulle bestå av 3 ferdigvarer hver med 4 ulike komponenter. Kikker man nærmere på influensdiagrammet vil man raskt se at i dette er disse ferdigvarene allerede brutt ned på komponentnivå. Med andre ord vil det si at vi forutsetter at hver ferdigvare inneholder *en* av hver komponent. Dette er i overensstemmelse med spesifikasjonen selvom det nødvendigvis ikke stemmer med virkeligheten. Likeledes betyr dette at produktbestillingsprognosen er brutt ned på komponentnivå. I modellen vår har vi muligheten til å kjøre med ulike verdier for de ulike variable vha. av en arrayfunksjon. Dette betyr at modellen representerer *en* ferdigvare med 4 ulike komponenter, i tråd med definisjonen av Mini Kitron.

Modellen vår inneholder en rekke variable og kombinasjon av disse innebærer at det finnes et nærmest uendelig antall mulige områder å teste. Følgende variable lar seg endre i Grunnmodellen:

- Produktbestillingsprognose
- Forpakningstørrelse
- Buffer
- Kanselleringsfrist
- Ordre Variable
- Innkjøpskostnad pr komponent
- Kostnad pr. komponent pr. uke liggende på lager
- Kostnad pr. innkjøp

Vi har foretatt ett antall testkjøringer på modellen, men vi vil i dette kapittelet kun ha plass til å beskrive noen av disse. Vi har derfor forsøkt å gi leseren et inntrykk av hvordan vi bygget opp testprosessen, gjennom å plukke ut viktige kjøringer fra ulike faser av denne.

Innledningsvis vil vi gi en oversikt over hvilke type tester som vil gjennomgås og så seinere i kapittelet gi en mer detaljert beskrivelse, samt vise resultatene testene har gitt.

Tidlig i prosjektet ble det utarbeidet en funksjon som skulle simulere produktbestillingsprognosen. Denne skulle være slik at den var mest mulig reell i forhold til hvordan Kitron Electronics får sine prognoser. Vi gjorde oss kjent med at denne var variabel, gjennom at kundenes situasjon endrer seg på en uforutsigbar måte, om enn noe avhengig av sesong. Vi valgte derfor å lage en funksjon som ga oss muligheten til å ha et fast mønster, først og fremst med sikte på enkel testing. I det meste vår testing vil det derimot hovedsakelig brukes prognose bestemt av en cosinusfunksjon, med to topper og



Systemdynamisk modellering av logistikk

to bunner i året. Dette for å simulere en variabel prognose fra kunde, som gir inntrykk av å være sesongsavhengig.

Neste ledd i valideringen var å ta for seg scenario med ulike forpakningsstørrelser. Vi utførte først en kjøring uten buffer og uten noen forpakningstørrelse, for å bevise at i en ”perfekt” verden kommer de komponentene vi trenger til rett tid og i akkurat riktig antall. Videre gjorde vi kjøring hvor vi varierte på forpakningsstørrelsen for å se hvordan de ulike komponentene ville oppføre seg. På disse to testene hadde vi en prognose som var fast, nemlig 50 stk pr. uke. Dette fordi vi ikke ville blande inn for mange variable i dette stadiet, samtidig som resultatene vi ønsker å undersøke kommer tydeligere frem.

Den neste variabelen vi tok for oss var bufferet, siden denne er en av de viktigste faktorene. Det ble i den forbindelse gjennomført test med et buffer på 40 komponenter, først og fremst for å se hvordan komponent lageret oppførte seg. Vi testet også med et buffer som er avhengig av produktbestillingsprognosen, som Kitron Electronics ofte må benytte seg av. Denne er beregnet gjennom middelveidien av de nærmeste 8 uker, slik at bufferet varierer i takt med prognosen.

Når disse grunnleggende byggesteinene i modellen var testet og funnet tilfredsstillende, kunne det foretas målinger som er mer knyttet opp til virkeligheten i Kitron Electronics. Vi konsentrerte oss da om testsituasjoner hvor parametrene og resultatene allerede er identifiserte og godt kjent i Kitron Electronics. Gjennom å vise at modellen gir de samme resultater som vi forventer utfra denne viten, kan vi også argumentere for modellens gyldighet.

I første case ble det simulert en økning på 10 % i forhold til prognose for å vise at komponentene ikke strekker til for den planlagte produksjonen, slik at vi får en ”mankosituasjon”. Vi ville da prøve å finne ut hvor stort buffer vi måtte ha for å klare en variasjon på 10% i prognosen. Vi testet også modellens oppførsel ved kraftig oppgang etterfulgt med en kraftig nedgang i forhold til tidligere prognose.

Når dette var gjennomført, var alle variable i modellen testet unntatt de som tilhørte økonomi delen. Vi testet da lager kostnader ved ulike forpakningstørrelse, for å se hvordan disse kostnadene ville oppføre seg. Vi teste også ulike kostnadsalternativer med disse ulike faktorene innenfor økonomien, men disse vil bli hovedsakelig bli behandlet i policy delen. Der vil det vises ulike kjøring med helt reelle tall som er hentet fra Kitron Electronics.

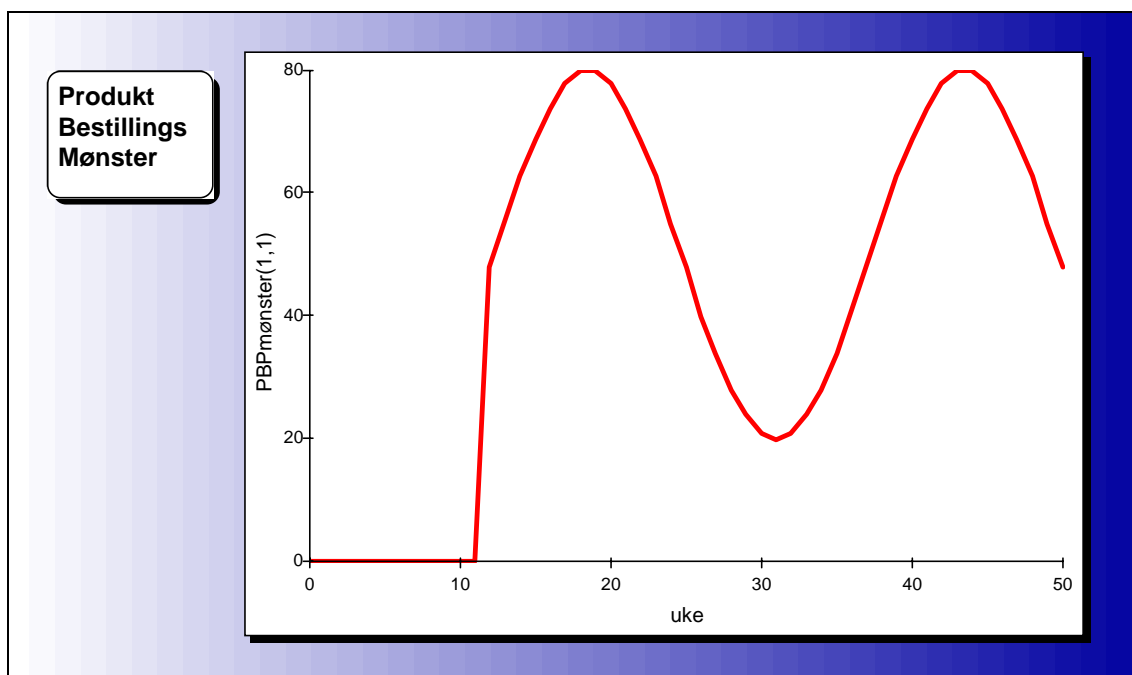
6.1 Validering av produktbestillingsprognose

En sentral del av modellen vår er produktbestillingsprognose, hvilket også kan sies er tilfellet i Kitron Electronics hverdag. Mye arbeid ble lagt ned i få denne til å virke på en riktig måte. Det ble også lagt vekt på at modellen skulle støtte ulike måter og mate denne. Dette er ivaretatt gjennom både en cosinusfunksjon, som skal simulere at kundens bestilling er sesongsavhengig, og fast tall, som kan varieres fritt. Grensesnittet åpner dessuten for at brukeren selv kan mate inn verdier for de 52 ukene, hvis ønskelig. Som vi ser av Figur 15 har cosinusfunksjonen et spenn fra 20 til 80 komponenter, med to topper og to bunner i året. Leseren vil muligens stusse over at det ikke ser ut til å være noe prognose for de 12 første ukene. Dette har sammenheng med at en av komponentene

Systemdynamisk modellering av logistikk

har en leveringstid på 12 uker, slik at Kitron Electronics ikke kan love kunden levering av ferdigvaren før i uke 12. Grunnen til dette er selvfølgelig at de trenger alle komponenter på lager før produksjon kan startes. Dette er helt vanlig ved nye kundeforhold eller ved oppretting av nye ferdigvarer for gamle kunder. Derimot, når alle komponentene er inne starter produksjon og vi ser at produktbestillingsprognosen følger cosinusmønsteret året ut, slik som vi ønsker. De neste 52 ukene vil vi forøvrig ikke ha denne "kaldstarten" og følgelig vil cosinusmønsteret gjelde for hele året gjennom. En observant leser vil også legge merke til at kurven fra uke 12 ikke har en helt loddrett økning. Grunnen til dette er at det tar ett tidssteg i modellen for denne økningen. Det er altså ikke noe uttrykk for feil i resultatene, men snarere pga. av de valgte innstillinger i Powersim Constructor.

Figur 15 Produktbestillingsprognose over 52 uker med cosinusfunksjon med oppstart uke 12.



Vi vil først begynne å vise ulike scener av modellen, hvor vi tester ulike variable. Disse resultatene som vi viser, er et bilde med 4 vinduer, et vindu for hver komponent. I dette vinduet viser vi kurven over hendelsesforløpet på lager over komponentene. På x akse er tidsaksen, denne går i uker. Y akse representerer antall komponenter. Ved siden av grafen vises tre ulike variable, buffer, forpakkingsstørrelse og kanselleringsfrist. Dette er blitt gjort fordi det er lettere å se hva variablene er satt til.

6.2 Grunnleggende testing

I dette underkapittelet vil vi beskrive noen forsøk, med forventet resultat. Så vil det vises hvilke resultat modellen gir med de gitte parametre. På den måten vil vi argumentere for modellens validitet.

6.2.1 Testing: Bestilling ut fra PBP uten buffer og forpakkingsstørrelse



Systemdynamisk modellering av logistikk

Figur 16 (se side 34) viser resultat med buffer lik 0. Forpakkingsenhet er satt til 1 stk, som i praksis betyr at man kan bestille nøyaktig antall som er nødvendig for å dekke behovet. I dette veldig enkle og for den saks skyld urealistiske hendelsesforløpet, ønsker vi at det i modellen skal bestilles 50 komponenter hver uke for å dekke behovet som også er 50. Det bør legges til at tallet 50 er matet inn for alle de 52 ukene i Produktbestillingsprognosen. Som vi tidligere har vært inne på forutsetter vi at det vil produseres samme uke som komponentene kommer inn. Dette betyr at vi teoretisk skal ha et komponentlager lik 0 i dette eksempelet.

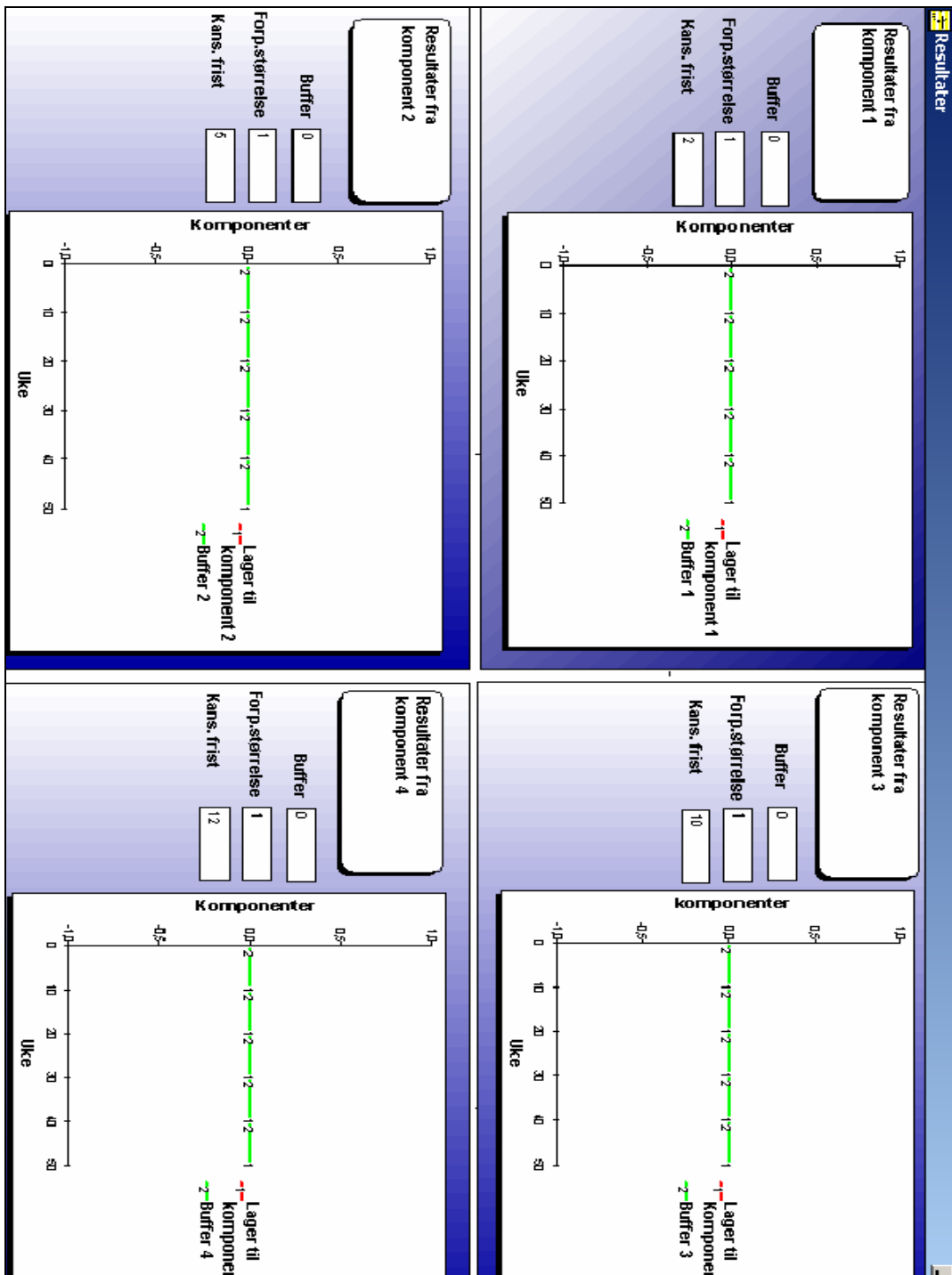
På Figur 16 (se side 34) ser vi at nettopp dette er tilfelle, gjennom at både grafen for lager og buffer ligger på 0 gjennom hele kjøringa. Selvom dette er et enkelt eksempel viser det at modellen oppfører seg som antatt på dette nivået.



Systemdynamisk modellering av logistikk

Figur 16 Resultater av modellen. Grunnleggende eksempel om bestilling utfra PBP

Figuren viser resultatene ved buffer lik 0 og forpakningstørrelse lik 0. Dette gjør at komponent lager blir lik 0 da alle komponenter går ut til produksjon.



6.3 Validering av variabelen forpakningstørrelse

6.3.1 Testing: Ulik forpakningstørrelse og dens innvirkning på bestillinger

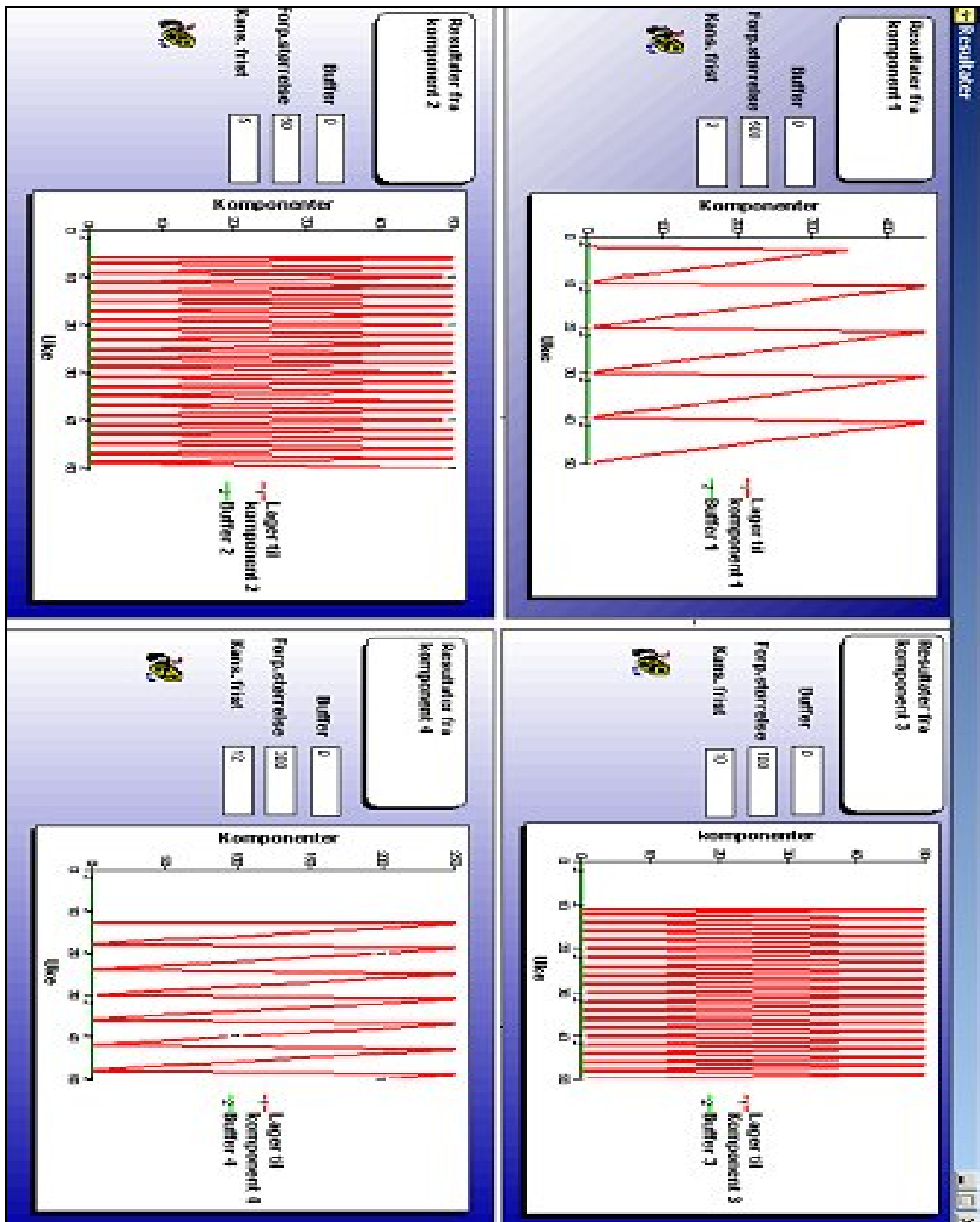
Som vi tidligere har vært inne på kan mange av komponentene Kitron Electronics benytter kun bestilles i et minimum kvantum, noe som får stor innvirkning lagerhold osv. I neste eksempel (se Figur 17, side 36) ønsker vi å teste hvordan modellen oppfører seg hvis det legges inn ulike forpakningstørrelser for komponentene. Modellen skal da undersøke antallet komponenter som er nødvendig for å dekke behovet i den uken kanselleringsfristen går ut. Er det ikke nok komponenter til å dekke produksjonens behov skal det bestilles inn komponenter. I motsatt tilfelle skal modellen forholde seg passiv. I dette eksempelet opererer vi fortsatt med buffer lik 0 og fast bestillingsprognose på 50.

Vi ser av resultatene at desto mindre forpakningsenhet jo flere innkjøp må det gjøres i løpet av perioden på 50 uker. Dette har sammenheng med at det bare bestilles nye komponenter utfra behovet indikert av produktbestillingsprognosen, etter ”*just in time*” prinsippet. Dvs at man ikke hamstrer inn komponenter, selvom nytt behov skulle dukke opp allerede neste uke. Med andre er dette også slik vi ønsker at modellen skal fungere.

Systemdynamisk modellering av logistikk

Figur 17 Resultater til modellen Ulik forpakningstørrelse og dens innvirkning på bestillinger.

Figuren viser resultatene ved buffer lik 0 og ulike forpakningstørrelser. Dette fører til at komponenter blir kjøpt inn i takt med lagerbeholdningen.



6.4 Validering av variabelen buffer

6.4.1 Testing: Fast buffer

I eksempelet på Figur 18 (se side 38) har vi lagt inn noen flere parametre. Resultatene er med fast buffer på 40 enheter, samtidig som vi nå kjører cosinus funksjon (se cosinusfunksjon) som mater PBP med verdier (produksjon til uke 12 er kuttet ut, da har alle komponentene kommet inn). Også i denne testen har vi lagt inn ulike forpakkingsenheter, og som vi ser påvirker dette innkjøpsrutinene. Siden det er slik at for å opprettholde ett buffer av ferdigvarer på Kitron Electronics også kjøpe inn flere komponenter for å produsere til dette. I praksis vil dette bety at vi vil at det i modellen kjøpes inn komponenter når lageret nærmer seg bufferverdien og ikke når det er tomt slik som i forrige eksempel.

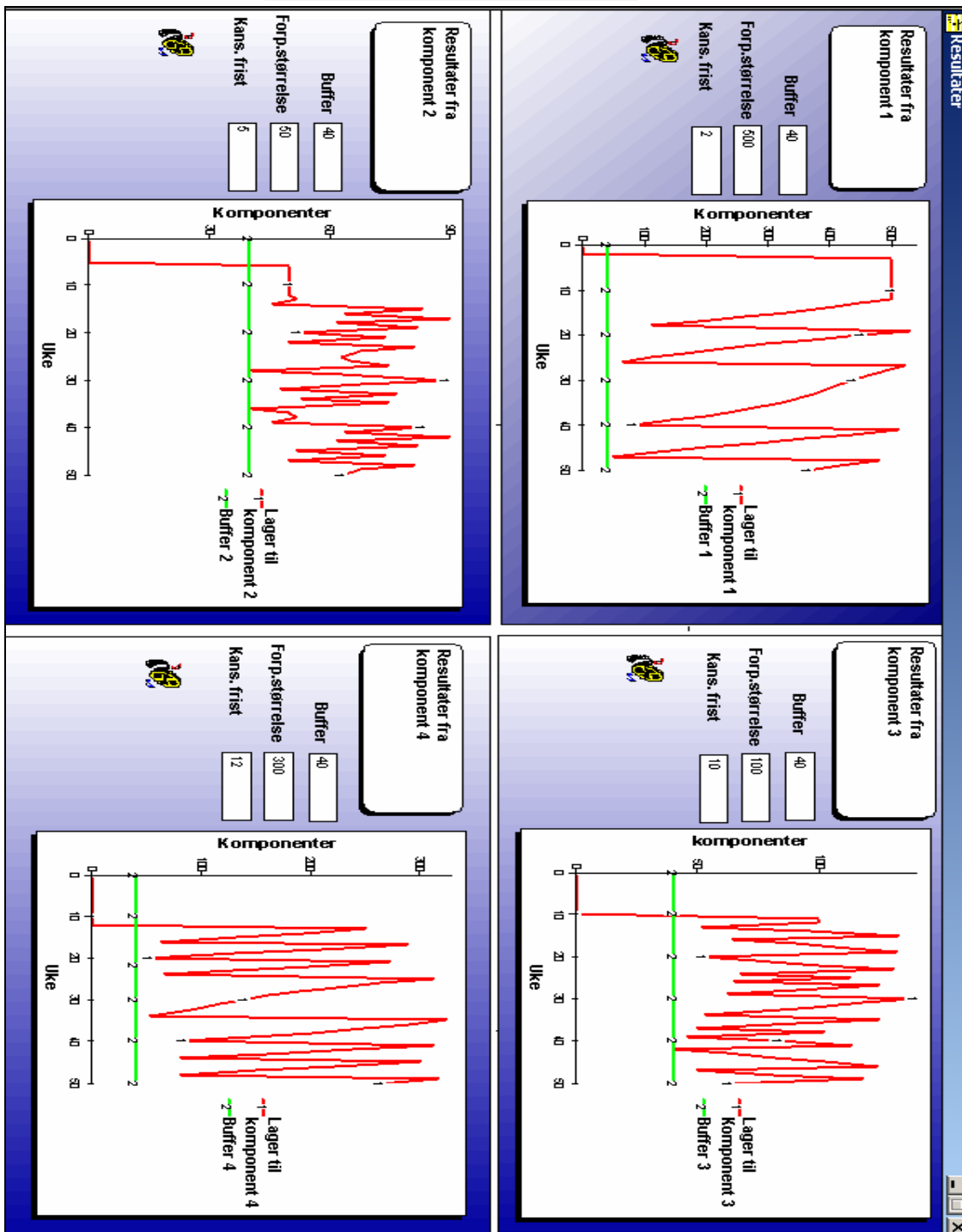
Vi ser at når antallet komponenter er i ferd med å synke ned mot bufferverdien bestilles det inn nye komponenter. Med andre ord kan vi utfra resultatene slå fast at modellen oppfører seg slik vi ønsker, gjennom at vi hele tiden har ett buffer på minst 40.

6.4.2 Testing: Buffer beregnet gjennom middelvei av tidsrom på 8 uker

Et noe mer spennende kasus vil være å teste hvilke resultater modellen gir hvis vi forsøker med en litt annen form for beregning av buffer. Som vi tidligere har vært inne på har Kitron Electronics i enkelte tilfeller avtalefestet at bufferet bestemmes gjennom å ta middelveien av prognosen i ett visst tidsrom. Vi har valgt å bruke ett tidsrom på 8 uker som tilsvarer verdien fra et virkelig tilfelle. Siden vi nå benytter cosinusfunksjonen til å mate produktbestillingsprognosen vil det kunne forventes at bufferet vil oppføre seg noe annerledes. Siden middelveien vil bestemmes av en varierende prognose, vil det også være vanskeligere å hente inn komponenter slik at de stemmer overens av behovet skapt av bufferet. Dette vil være spesielt tydelig ved komponenter med lengre anskaffelsestid. I virkeligheten er det også slik at Kitron Electronics bruker en grad av skjønn for å finne en mest mulig ideell bufferverdi istedenfor å bruke en ren matematisk verdi. Som vi ser av Figur 19 (se side 39) blir det enkelte problemer og få kjøpt inn nok komponenter til å produsere bufferet. Dette vises gjennom at grafen over lagerantallet enkelte ganger befinner seg under det ønskede bufferet. Med andre ord er det ikke nok komponenter på lager. Forøvrig er det verdt å merke seg at bufferverdien er lett gjenkjennelig som cosinuskurve, fordi denne er direkte påvirket av produktbestillingsprognosen som jo også er basert på en cosinusfunksjon. Selvom det bestilles inn til lager på grunnlag av denne prognosen vil ikke kurven for lagerbeholdning ha mange fellestrekk med en cosinuskurve. Dette har sammenheng med at *også* forpakkingsstørrelsen har innvirkning på dennes verdi.

Figur 18 Resultater fra testkjøring ved buffer på 40

Figuren viser resultatene ved buffer lik 40 og PBP matet med en cosinus-funksjon
Komponenter bestilles inn når lageret når bufferverdi

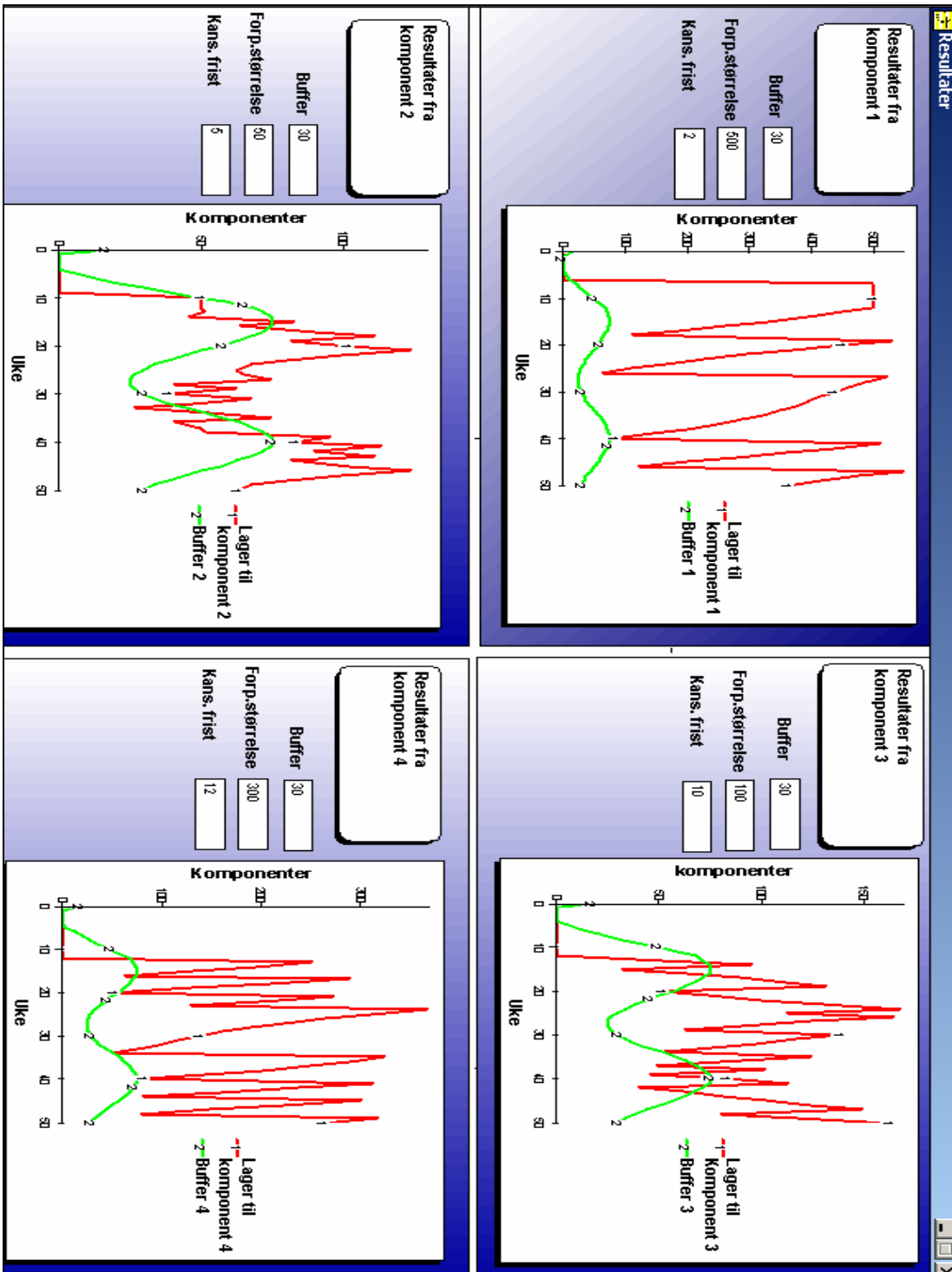


Systemdynamisk modellering av logistikk

Figur 19 Resultater av testkjøring med bufferverdi bestemt av middelverdi.

Figuren viser resultatene ved buffer beregnet av middelverdi over 8 uker og PBP matet med en cosinus-funksjon

Dette fører til vanskeligheter i å opprettholde nok komponenter til bufferet.



6.5 Case basert på faktiske tilfeller

Som vi tidligere har vært inne på er det ofte slik at enkelte kunder endrer ganske radikalt på sine prognoser, slik at det blir vanskelig for Kitron Electronics å beregne akkurat hvor mange komponenter som bør kjøpes inn. Noen ganger er det attpåtil slik at Kitron Electronics kundeordre kan variere opptil +/-25 % i forhold til tidligere produktbestillingsprognose.

Selvom det kontraktsfestede bufferet er ment å bøte på noe av dette problemet er bufferet i mange tilfeller likevel ikke nok. En interessant innfallsvinkel ville da være å kjøre modellen nettopp med slike hendelsesforløp for å se hvilke resultat modellen gir oss. Siden det som oftest er en økning i bestilling i forhold til prognose som skaper mest hodebry for Kitron Electronics har vi valgt å konsentrere oss om dette.

6.5.1 Case: Resultater ved økning på 10% i forhold til prognose og bufferverdi lik 0

I første gjennomkjøring vil vi vise hvilke resultater modellen gir oss hvis vi tenker oss at kunden alltid ønsker å ta ut 10% ferdigvarer mer enn de har prognosert for.

I kjøringene som er grunnlaget for resultatene vi ser på figurene har vi operert med ulike bufferverdier. Bestillingsprognosen er basert på en cosinus funksjon (se cosinusfunksjon) og vi har også lagt inn forpakkingsenhet.

I forhold til virkeligheten er det slik at Kitron Electronics kan få problemer med å skaffe nok komponenter til produksjon, nettopp når kunden øker sin bestilling for mye i forhold til prognosen. Ved hjelp av disse kurvene vil det kunne bli noe enklere for dem å beregne bufferverdiene, siden disse som oftest er basert på skjønn og erfaring knyttet til kunden det dreier seg om. Vi vil nok se at uten buffer vil det nok bli stor mangel på komponenter i enkelte perioder med en slik økning i forhold til prognose.

Som vi kan se på Figur 20 (se side 41) kommer vi her også, ikke uventet, under den magiske grensen på 0 komponenter. Vi får da det som i Kitron Electronics kalles "manko", dvs en mangel på komponenter slik at de ikke får produsert nok ferdigvarer.

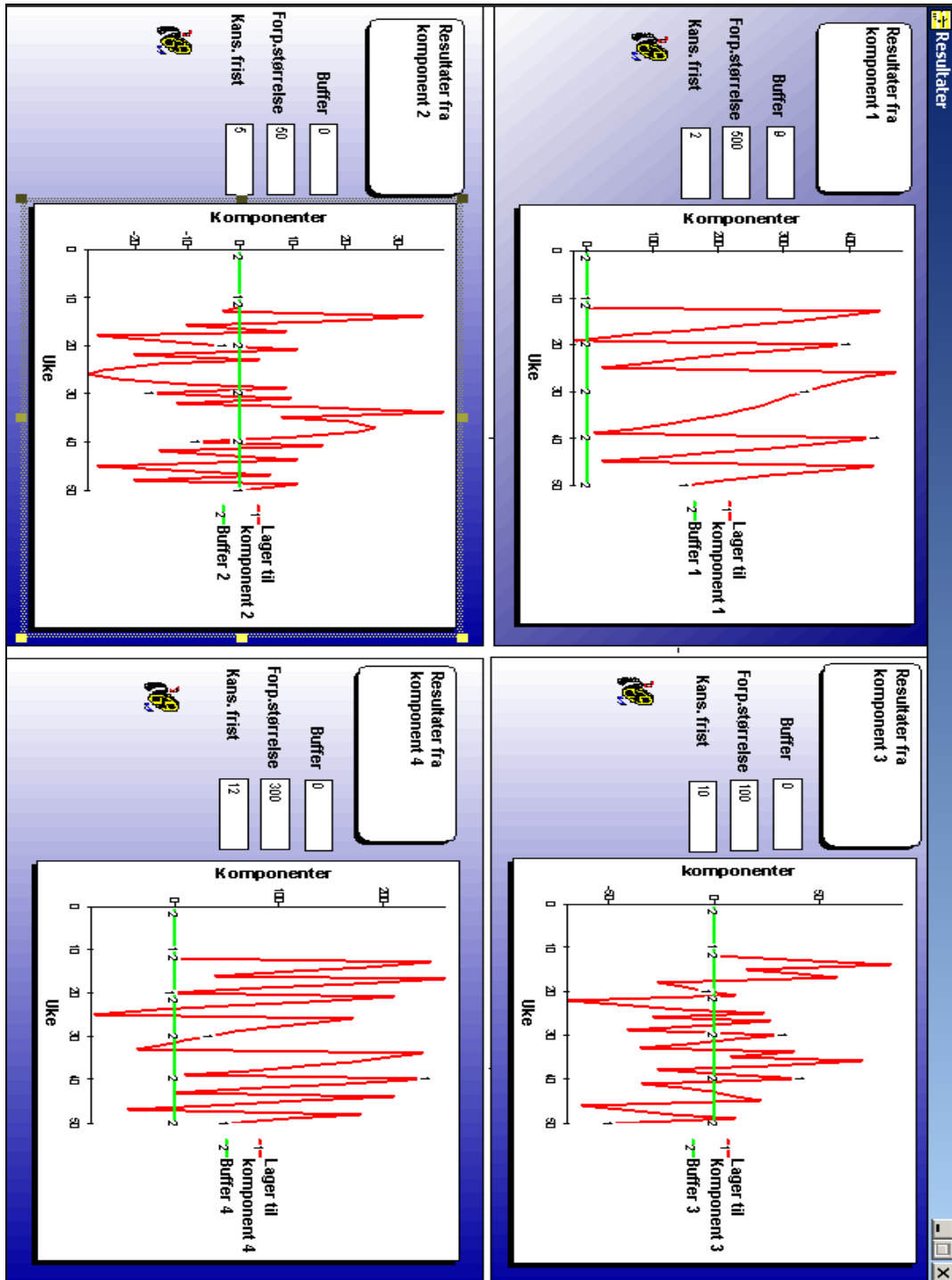
6.5.2 Case: Resultater ved økning på 10% i forhold til prognose og bufferverdi lik 70

I neste eksempel kjørte vi med ulike bufferverdier for å se om dette om mulig kunne bøte på "mankosituasjonen" som oppsto ved bruk av bufferverdi på 0. Ved litt prøving og feiling kom vi frem til verdien som vi ser på Figur 21 (se side 42). Som vi ser vises det tydelig at en bufferverdi på ca 70 er akkurat tilstrekkelig for å hindre en "mankosituasjon". Samtidig ser vi at vi selv med ett buffer på 70 at Kitron Electronics ikke ville klart å opprettholde et lager av ferdigvarer slik, som de egentlig har plikt på å gjøre. Det bør derimot tillegges at det er nettopp for slike situasjoner at kunder ønsker et ekstra buffer å ta av, men så lenge en slik situasjonen opprettholdes over ett lengre tidsrom gjør dette det desto vanskeligere for Kitron Electronics.

Systemdynamisk modellering av logistikk

Figur 20 Resultater av modellen ved buffer lik 0 og 10% økning i forhold til PBP.

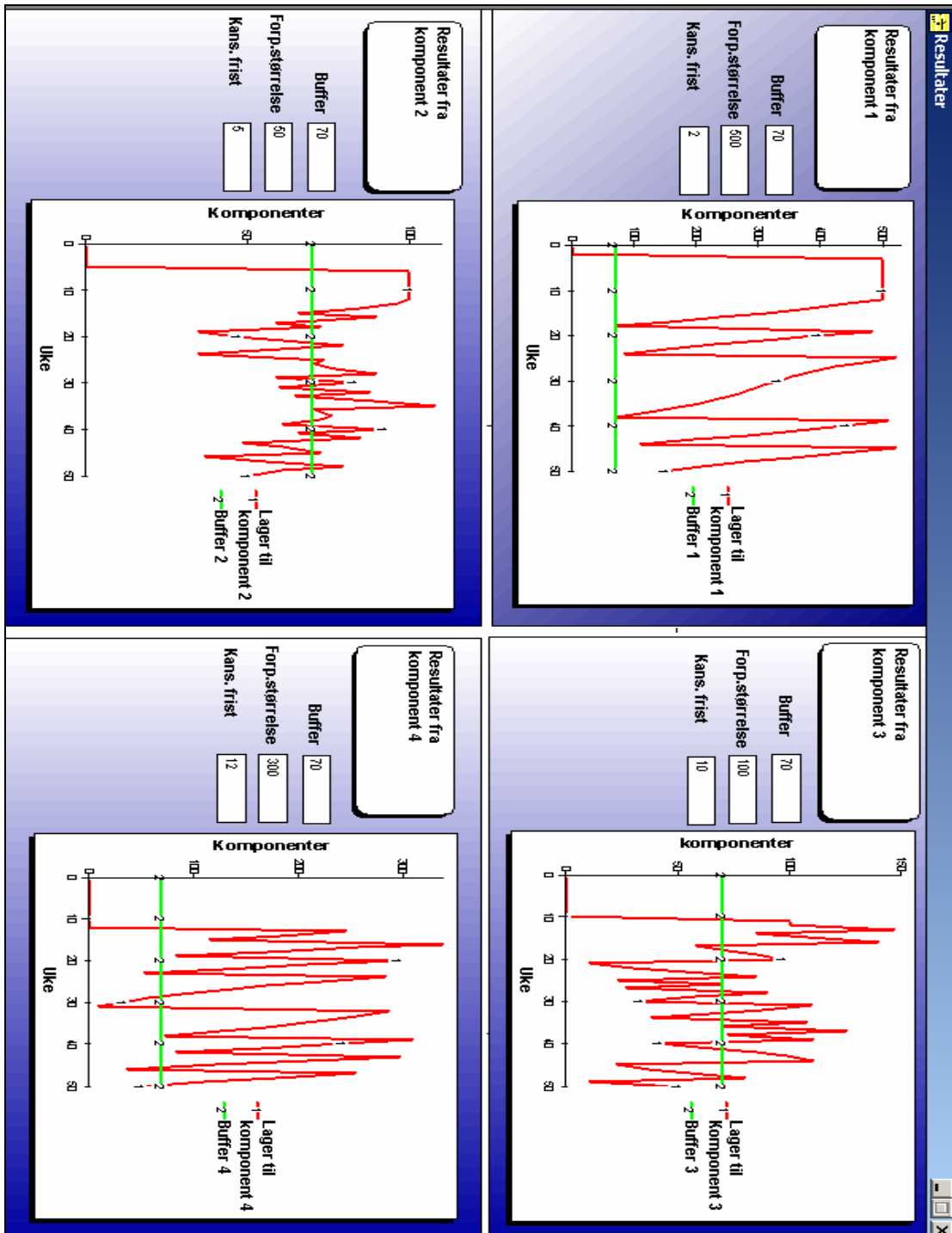
Figuren viser resultatene ved buffer lik 0 og 10% økning i forhold til prognose. Dette viser seg å ikke være nok for å opprettholde full produksjon.



Systemdynamisk modellering av logistikk

Figur 21 Resultater av modellen ved buffer lik 70 og 10% økning i forhold til PBP

Figuren viser resultatene av modellen med buffer på 70 og 10% økning i forhold til prognose. Dette viser seg å være tilstrekkelig for å klare å opprettholde produksjon.



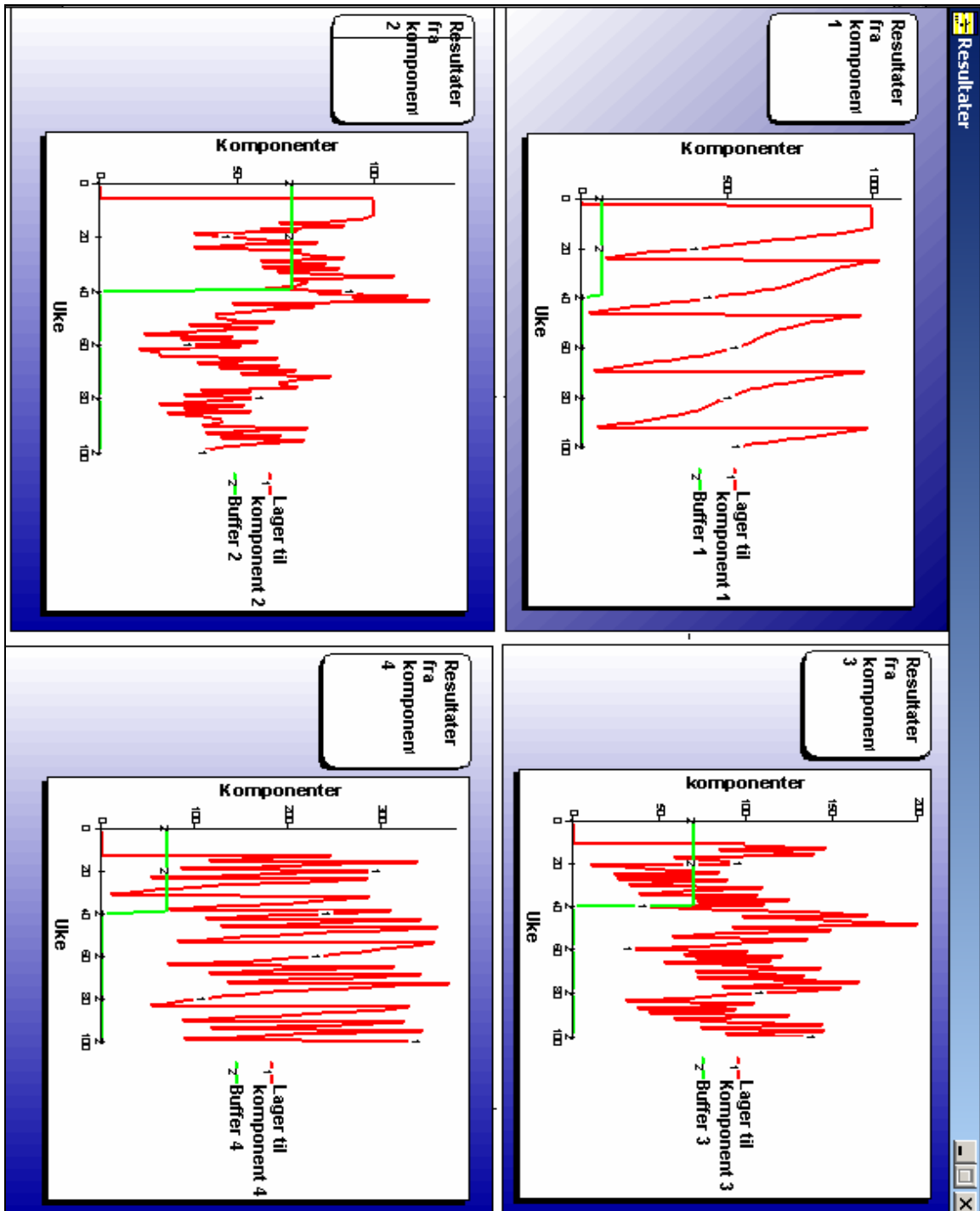
6.5.3 Case: Kraftig oppgang etterfulgt av en nedgang i forhold til PBP.

Etter samtaler med Kitron Electronics kom det frem at det i enkelte kundesituasjoner har vært slik at en kraftig oppgang i forhold til prognose har vært fulgt av en like markant nedgang. Dvs. at kunden har bestilt mange flere ferdigvarer enn de har prognosert for, og noen måneder senere trappet ned sin produksjon betydelig slik at det motsatte blir tilfelle. En slik oppførsel fra kunden vil selvsagt gjøre situasjonen ytterligere vanskelig, siden Kitron Electronics ofte i slike tilfeller pga. av tildels lange leveringstider på enkelte komponenter da blir sittende igjen med store komponentlager. Figur 22 (se side 44) viser en økning i forhold til prognose på 10% de første 40 ukene. Etter dette kommer en tilsvarende nedgang på 10%. Bufferet er satt til 40 komponenter. Som vi ser vil dette, i tråd med våre antakelser, føre til at Kitron Electronics får en opphopning av komponenter siden det ikke tas ut nok komponenter til produksjon. Dette kan observeres gjennom en ”spiss” i grafen akkurat der overgangen fra høy produksjon til lav skjer. Etter en stund vil derimot modellen innordne seg etter den nye situasjonen.

Figur 22 Resultater av testkjøring . Kraftig oppgang etterfulgt av nedgang på 10%

Figuren viser resultatene modellen ga ved en oppgang på 10%, og deretter en tilsvarende nedgang

Dette fører til opphopning på komponent lager.



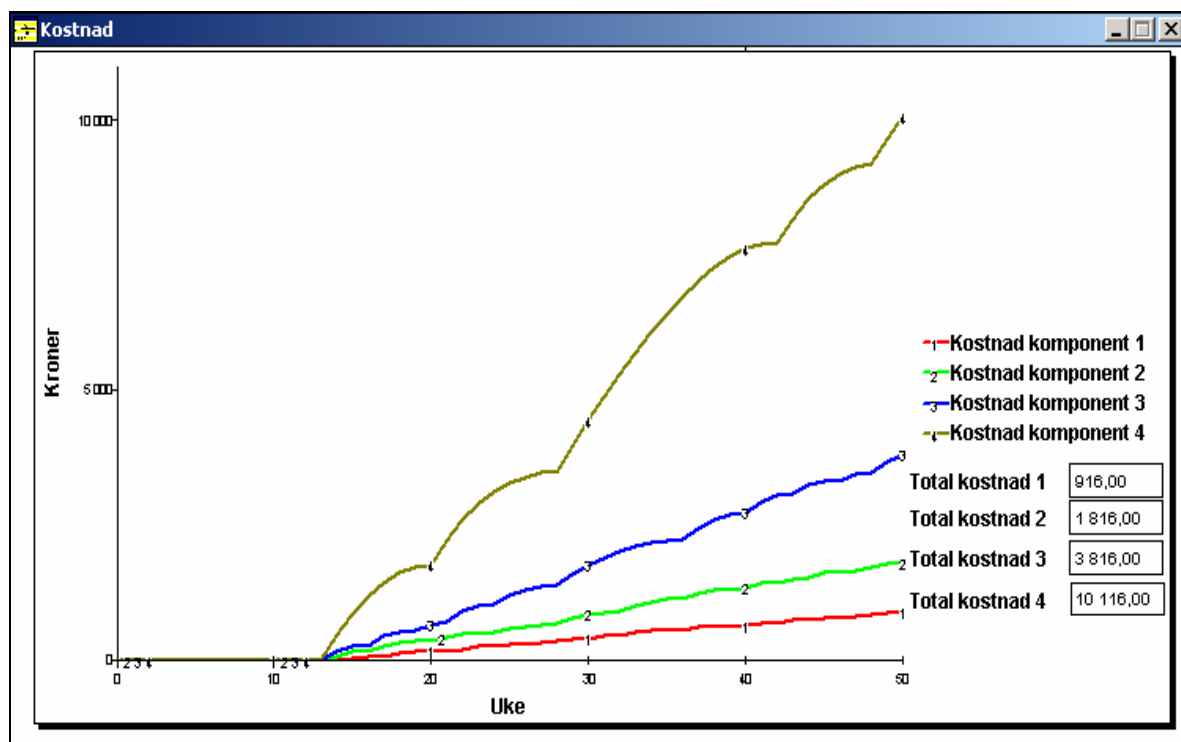
6.5.4 Case Lagerkostnader ved ulike forpakningstørrelser.

Et annet interessant kasus ville være å sammenligne kostnader komponenter har på lager ved ulike forpakningsstørrelse. Det er jo slik at ved større bestillinger er sjansen også høyere at Kitron Electronics vil ha komponenter på lager og vente på å bli tatt ut til produksjon.

Dette vil bety at lagerkostnaden i teorien vil være høyere desto større forpakningsstørrelse komponenten opererer med.

Vi kan gi en fremstilling av dette ved å sette en fast kanselleringsfrist men samtidig sette ulike verdier på forpakningsstørrelse. I vår testkjøring er disse verdiene satt til 50,100, 200 og 500 komponenter. Dette har gitt resultatene som vist på Figur 23 For sammenlignings skyld er kostnaden valgt til å være 1 kr for en komponent som ligger på lager 1 uke. Ikke uventet viser en forpakningstørrelse på 50 seg å være den som gir minst kapitalbinding på lageret. Interessant er det også å se at en veldig stor forpakningsstørrelse skaper en uforholdsmessig stor kapitalbinding.

Figur 23 Resultater av modellen. Lagerkostnad ved ulike forpakningstørrelse

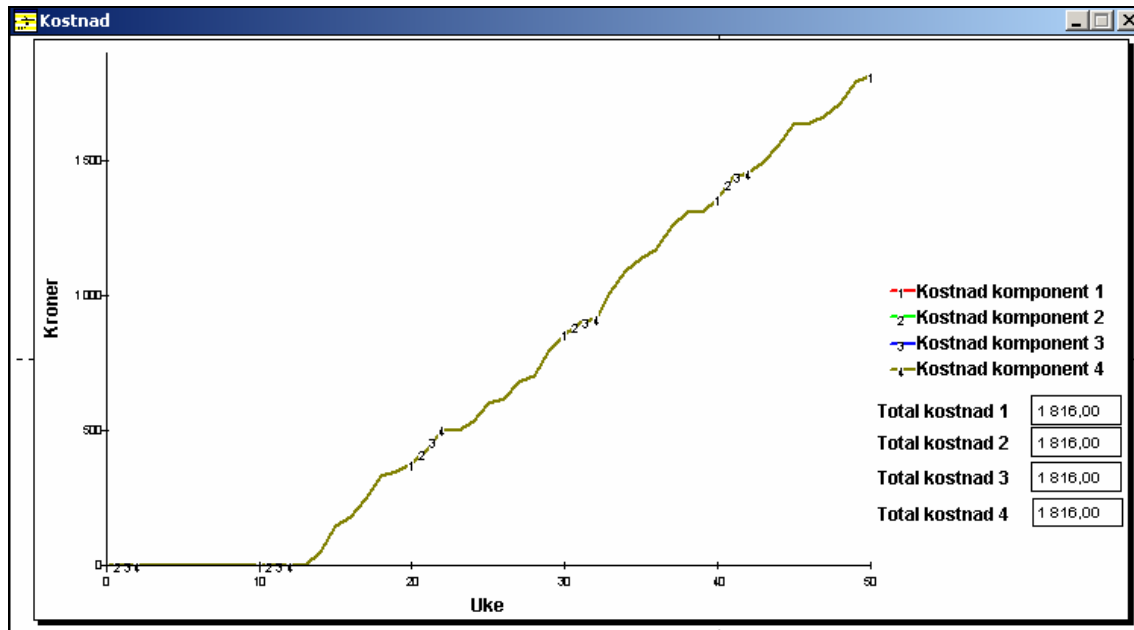


6.5.5 Case Lagerkostnad ved lik forpakningsstørrelse

Vi kan også med modellen vise at det ikke har noen betydning hvor lang kanselleringsfrist en har, hvis en har like stor forpakningsstørrelse, og kostnaden er lik for hvor hver komponent.



Figur 24 Resultater av modellen. Lagerkostnad ved lik forpakningsstørrelse.



7 Policies

Målsettingen med diplomprosjektet har vært å utvikle en systemdynamisk logistikkmodell for å få undersøkt de økonomiske konsekvensene av avvik fra kundepronosen med ulike mål som tar sikte på å finne de mest sensitive faktorer. Og ved å optimere råvarebufferne, finne bedre økonomiske kalkyler og dernest utarbeide bedre metoder for risikohåndtering.

De fleste av faktorene er nok godt kjent i Kitron Electronics allerede, uten at de muligens har den tallfestingen en graf kan gi. Vi har derfor prøvd gjennom en grafisk fremstilling av problemfaktorene å gi en synliggjøring av hvordan disse innvirker på lagerhold og ikke minst kostnader forbundet med dette. Det bør derimot tillegges at "Mini Kitron" kun er en forenkling av Kitron Electronics produktportefølje og at resultatene vi kommer frem til, derfor muligens ikke gjelder i alle sammenhenger. Likevel vil det kanskje være nyttig for både Kitron Electronics og deres kunder å få en litt mer "håndfast" fremstilling av hvilke situasjoner som skaper problemer for dem i deres logistiksituasjon. På den måten kan begge parter kanskje få en bedre forståelse av disse ulike situasjonene.

Det er på det rene at med kunder som forandrer mye i forhold til sine tidligere prognose, og da spesielt en økning, vil bufferverdien være en kritisk faktor. Er denne for lav vil ikke Kitron Electronics ha nok komponenter på lager til å produsere antallet kunden ønsker. Er den for høy vil Kitron Electronics sitte igjen med komponenter på lager, som også medfører kapitalbinding. Vi vil i dette kapittelet derfor undersøke rundt dette med hensikt og kanskje gi Kitron Electronics noen ideer til kjøreregler ved nettopp slike situasjoner. En annen faktor som kanskje ikke har vært gitt så stor vekt tidligere er de ulike komponenters forpakningstørrelse. Vi valgte derfor også og gjøre noen undersøkelser for å analysere hvilken betydning antallet komponentene blir bestilt inn i har for økonomien.

Det vil derfor gjennomføres tester med reelle tall fra Kitron Electronics, slik at vi kan undersøke de to faktorene buffer og forpakningstørrelse med mest mulig realistiske resultat.

7.1 Case, økonomisk aspekt på forpakningstørrelse

Siden de viktigste kostnadsrammene er implementert, kan en dele modellen i en komponent for å teste ulike kostnadspreferanser til denne. Et eksempel vil være å teste forpakkingsstørrelsen til en komponent å vise hvilken størrelse som en vil tjene mest på over et år. I denne økonomidelen kan vi se på de ulike delene som er blitt implementert, og som en baserer den totale kostnaden på. Det første er selvfølgelig innkjøpsprisen pr komponent, denne prisen utgjør en veldig stor prosent av Kitron Electronics kostnader. Så innkjøpere har en veldig viktig jobb, disse skal hele tiden få inn komponenter til riktig tid, og til en lavest mulig pris. Den kostnaden som kommer når en innkjøper behandler et kjøp, blir kalt faste kostnader, denne kostnadsbiten påfaller innkjøpet når dette blir gjort. Kitron regner ofte med kostnad for et par timers arbeid, siden en bestilling kan innebære alt fra telefonsamtaler, fax, prognose beregning osv. Vi har i dette tilfellet regnet med faste kostnader på 500 pr. innkjøp, dette er et tall som vi har fått fra Kitron, og brukes også i andre sammenhenger. Den siste kostnaden, som vi

regner på er lager kostnad, dvs. kostnaden å ha varer liggende på lager. Denne kaller vi lager kostnad pr. komponent pr. uke på lager og kostnaden vil løpe så lenge det blir liggende en komponent på lager. Kitron Electronics regner ofte lagerkostnad ut fra innkjøpsprisen, eller kostprisen som Kitron Electronics kaller den. Her beregner vi den som 18% av innkjøpspris, pr. år. Det vil si at vi tar innkjøpsprisen og multipliserer den med 18, dividerer den på 5200 (100 multiplisert med antall uker som er 52 uker i året). Disse tre kostnadene utgjør den samlede kostnaden til komponent. Vi skal da teste disse kostnads variablene i ulike simuleringer.

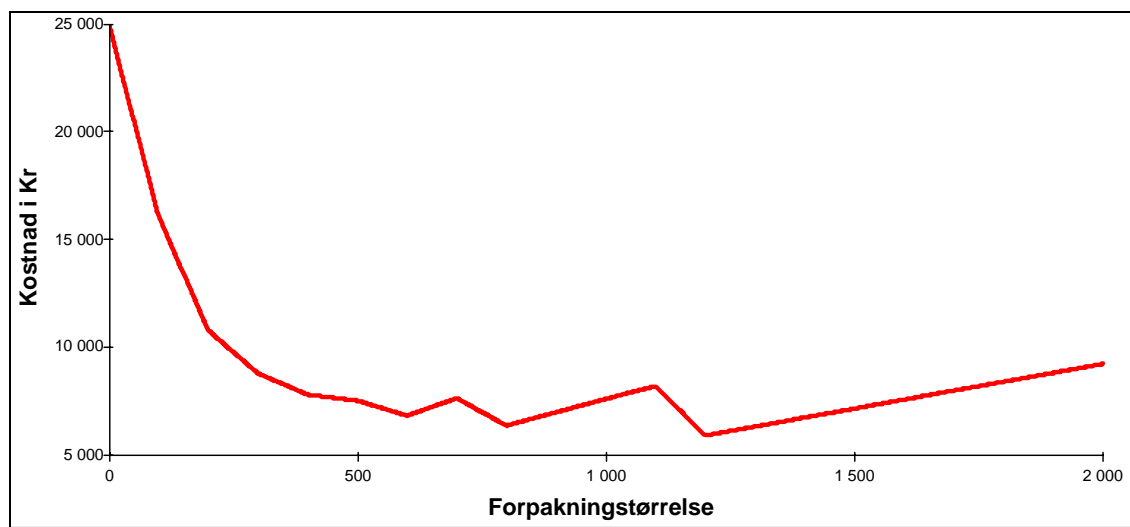
I denne simuleringen har vi lik innkjøpskostnad, lik kostnad pr. innkjøp (for de faste kostnadene rundt kjøpene), og vi har en lik verdi på komponentene når de ligger på lager.

Grafen viser forpakningsstørrelse i forhold til kostnaden. Man kan se ut fra Figur 25 at den flater ut etter ca 300 komponenter. og en kan lett se ut ifra modellen hvilke forpakningsstørrelser som lønner seg. Vi ser at ved innkjøp av få komponenter blir den relative kostnaden også høy. Skal vi tolke grafen rett kan vi også konkludere med at man skal opp i relativt mange komponenter før den relative kostanden kommer opp til samme nivå.

Årsaken til at vi får disse resultatene er den relativt høye kostnaden ved hvert innkjøp, og hvis det bestilles ett større antall komponenter ved hver transaksjon minimeres disse kostnadene. Dette betyr at det kanskje vil lønne seg for Kitron Electronics å kjøpe inn et større antall komponenter om gangen, selvom dette innebærer kapitalbinding pga. lagerhold. I neste underkapittel vil vi ta for oss nettopp hvilke økonomiske konsekvenser lagerhold av komponenter innebærer.

Forpakningsstørrelse er en faktor som kanskje ikke har blitt regnet så mye på, men man kan se ut fra figuren at en kan fort tjene penger på å velge den rette størrelsen.

Figur 25 Resultater ved case til modellen, forpakningstørrelse.



7.2 Case Buffer

I forrige underkapittel så vi på de relative kostnadene ved ulike forpakningsstørrelser, dvs antallet komponenten kjøpes inn i. Det er på det rene at lagerhold av komponenter som ikke tas ut til produksjon med en gang innebærer kapitalbinding. Det vil derfor være interessant å få tall på akkurat *hvor mye* dette egentlig dreier seg om rent økonomisk. Som vi har vært inne på tidligere har dette også sammenheng med hvilken bufferverdi som velges, siden dette nettopp er et overskudd av komponenter, selvom om disse riktignok går ut til produksjon. Vi har derfor gjort noen kjøring som viser differansen mellom ulike bufferverdier rent økonomisk. Forsøkene vil gjøres både med høye og lave innkjøpskostnader, med typiske verdier gitt av Kitron Electronics. Disse er på henholdsvis 10 kr og 2 kr pr. innkjøpt komponent

7.2.1 Case Kapitalbinding ved lave innkjøpskostnader (2 kr).

Vi skal se på en simulering med kostnader, siden de økonomiske faktorene er ofte de sensitive faktorene. Vi hentet da inn kostnader til de ulike kostnadsvariablene som er implementert i modellen, slik at vi får en reell simulering. Det som vi skal ta for oss er forskjell i kostnadene i forhold til buffer. Vi så i valideringskapittelet at vi trengte et forholdsvis stort buffer, og vi skal se på de økonomiske aspektene ved dette. I første kjøring vil det brukes innkjøpskostnad på 2 kr, altså lav verdi. De andre variablene har vi satt slik, produktbestillingsprognosen er den variable prognosen, forpakningstørrelse varierer fra 100 til 1000. Vi har lik kanselleringsfrist, som er på 5 uker, og lik pris på komponentene som ligger på lager. I den forbindelse regner Kitron Electronics med ca 18% av innkjøpspris (kostpris) pr. år. Faste kostnader ved kjøp er 500 kr pr. gang, som tilsvarer ca. 2-3 timers arbeid.

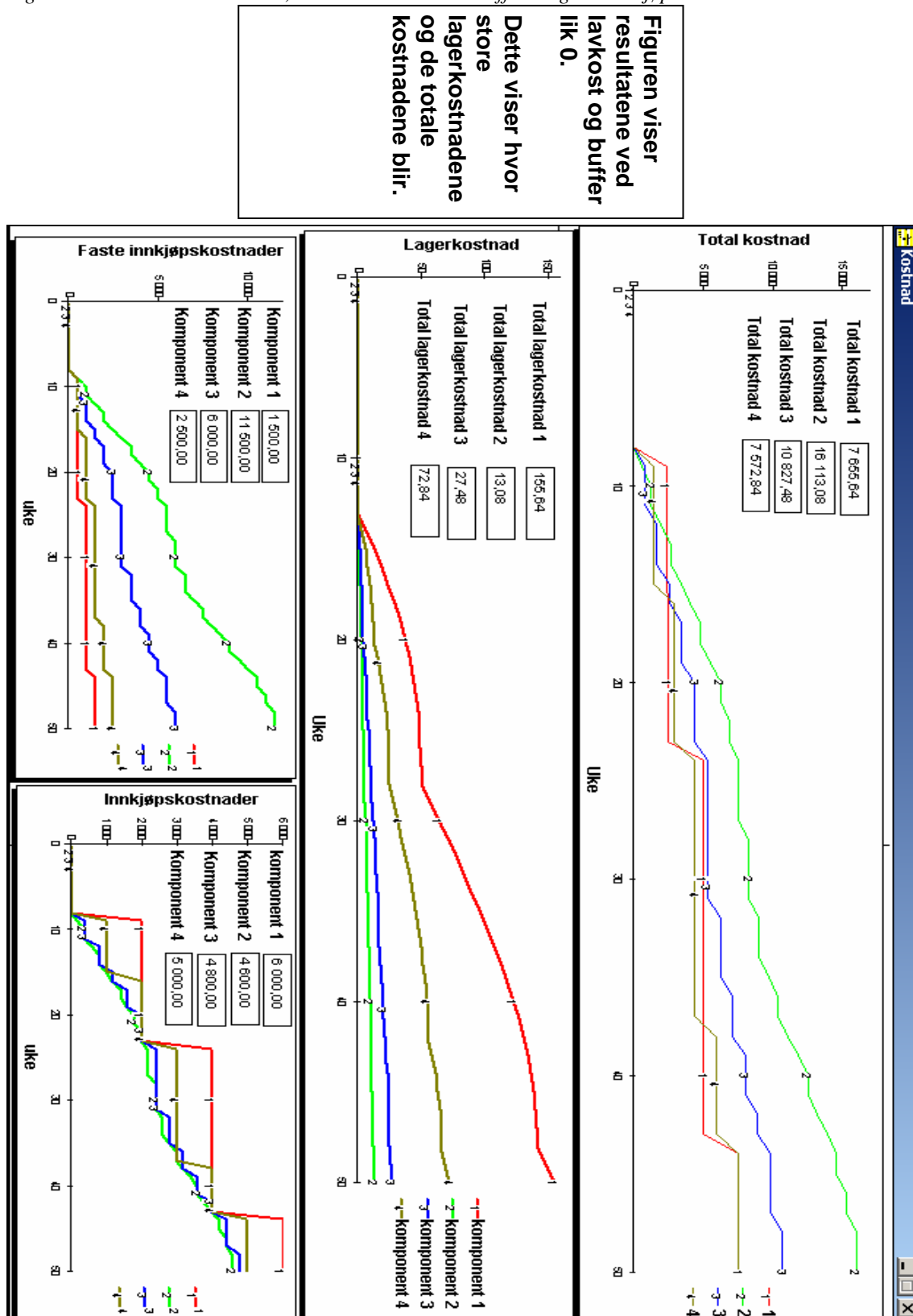
Det ble gjennomført to tester. En kjøring ble foretatt med bufferverdi lik 0 (se Figur 27 side 51). Den andre ble gjort med buffer lik 70 (se Figur 28 side 52). Som leseren kanskje husker fra validasjonskapittelet, er denne verdien basert på 10% økning i prognosen.

Resultatene fra de to kjøringene ble puttet inn i en tabell slik at de kan analyseres opp mot hverandre. Som vi ser av Figur 26 er differansen i kroner og øre mellom innkjøp av komponenter til dette ekstra bufferet forholdsvis svært liten. Det betyr at å ha komponenter på lager en liten periode som ofte er tilfelle ved høyt buffer har mindre betydning på økonomien enn vi hadde forventet. Dette gjelder selvfølgelig spesielt ved kunder som tar ut bufferet på grunn av de stadig ønsker flere ferdigvarer enn de har prognosert for tidligere.

Figur 26 Tabell over verdier fra kjøringene ved lavkostnad, samt differanse mellom disse.

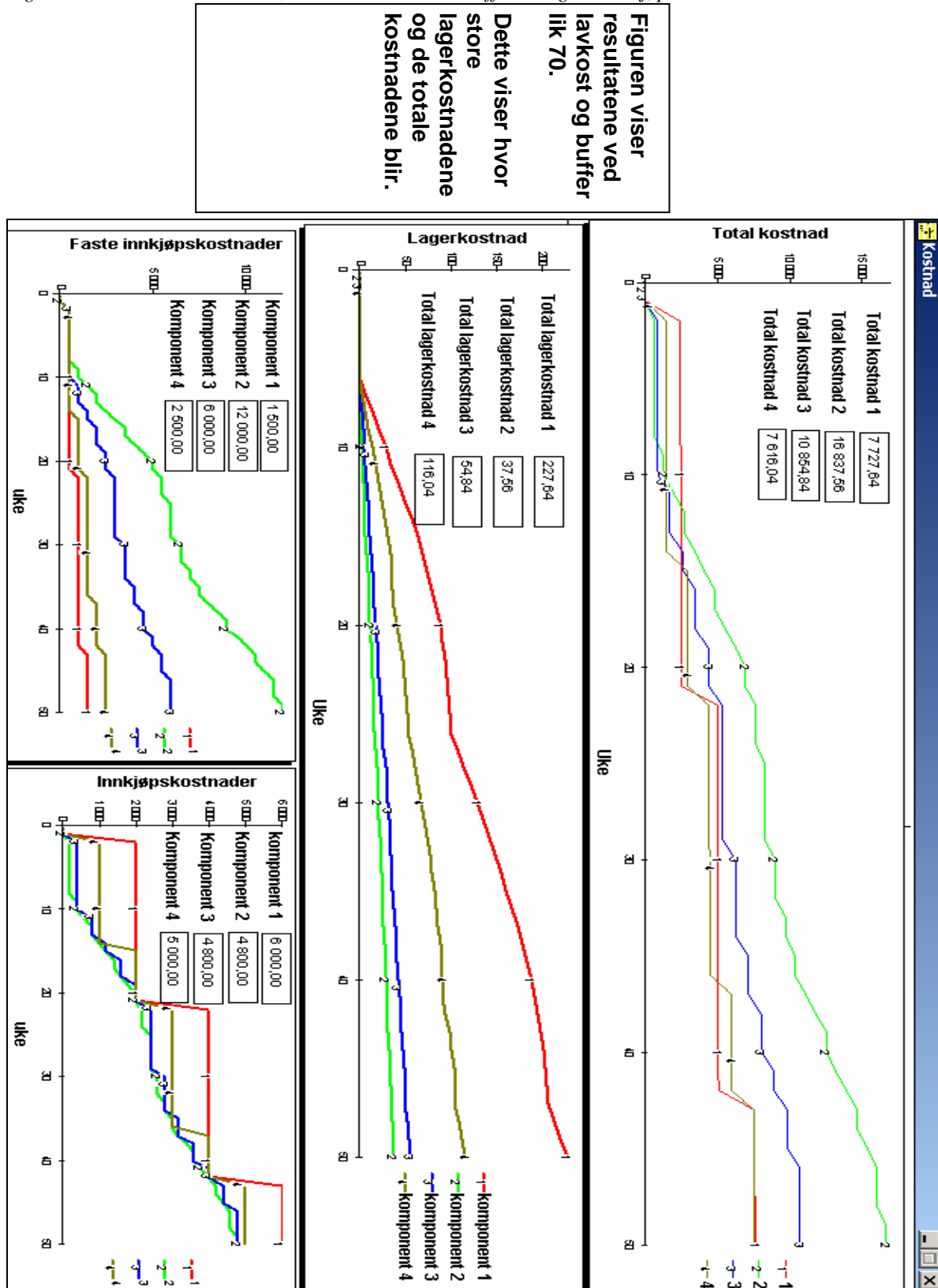
	Lagerkostnad Uten buffer	Lagerkostnad Med buffer	Total kostnad Uten buffer	Total kostnad Med buffer	Differanse
Komponent 1	155,64	227,64	7655,64	7727,64	72,00
Komponent 2	13,08	37,56	16113,08	16837,56	724,48
Komponent 3	27,48	54,84	10827,48	10854,84	27,36
Komponent 4	72,84	116,04	7572,84	7616,04	43,20

Figur 27 Resultater av modellen, totale kostnader ved buffer 0 og lav innkjøpskostnad.





Figur 28 Resultater av modellen, totale kostnader ved buffer 70 og lav innkjøpskostnad.



7.2.2 Case Kapitalbinding ved høye innkjøpskostnader (10 kr)

Det ble også gjennomført simulering med høykostnad, nemlig en innkjøpskostnad på 10 kr istedenfor 2 kr. Resten av variablene er holdt ved de samme nivået. Vi har igjen gjort forsøk ved ulike bufferverdier som tilsvarer hhv. 0 og 70 som vi husker fra forrige underkapittel. Resultatene vises på hhv. Figur 30 (se side 54) og Figur 31 (se side 55). Siden innkjøpskostnaden har innvirkning på lagerkostnaden, i det forholdet vi tidligere har forklart vil vi kunne forvente at dette vil øke de totale kostnadene ved høyere forpakningstørrelse. Det vil også være slik at kostnadene generelt vil være mye høyere for alle komponentene. Ser vi på tabellen (se Figur 29) som er laget på grunnlag av de to målingene, er nettopp dette tilfelle. Komponent 1 med forpakningstørrelse på 1000 komponenter har økt forholdsvis mer enn de andre komponentene. Riktignok er de totale kostnadene fortsatt høyest ved den laveste forpakkingsstørrelsen og dette har sammenheng med at det blir gjort flere innkjøp samtidig som innkjøpskostnaden er høy.

Interessant er det også å registrere at innkjøp av flere komponenter for å opprettholde ett buffer også i dette tilfellet har forholdsmessig svært liten betydning på den totale kostnaden. Dette ser vi gjennom at differansen mellom kjøring med bufferverdi 0 og 70 er ganske ubetydelig. Unntaket er muligens komponent 2, som har den laveste forpakningstørrelse, slik at en høy innkjøpskostnad kombinert med mange innkjøp sørger for høy total kostnad.

Figur 29 Tabell over verdier fra kjøring ved høykostnad, samt differanse mellom disse.

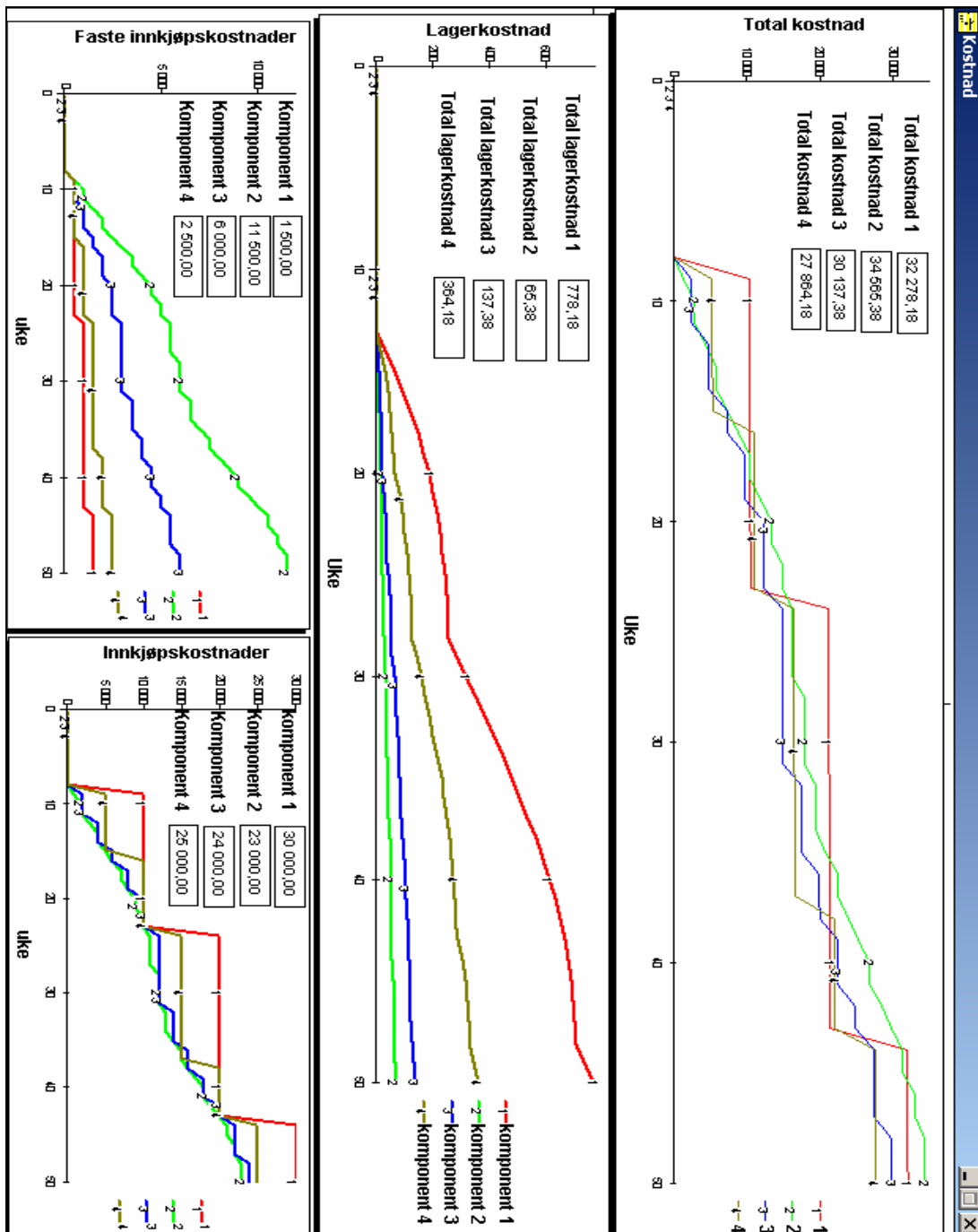
	Lagerkostnad Uten buffer	Lagerkostnad Med buffer	Total kostnad Uten buffer	Total kostnad Med buffer	Differanse
Komponent 1	778,18	1138,18	32278,18	32638,18	360,00
Komponent 2	65,38	187,78	34565,38	36187,78	1622,40
Komponent 3	137,38	274,18	30137,38	30274,18	136,80
Komponent 4	364,18	580,18	27864,18	28080,18	216,00



Systemdynamisk modellering av logistikk

Figur 30 Resultater av modellen, totale kostnader ved buffer 0 og høy innkjøpskostnad.

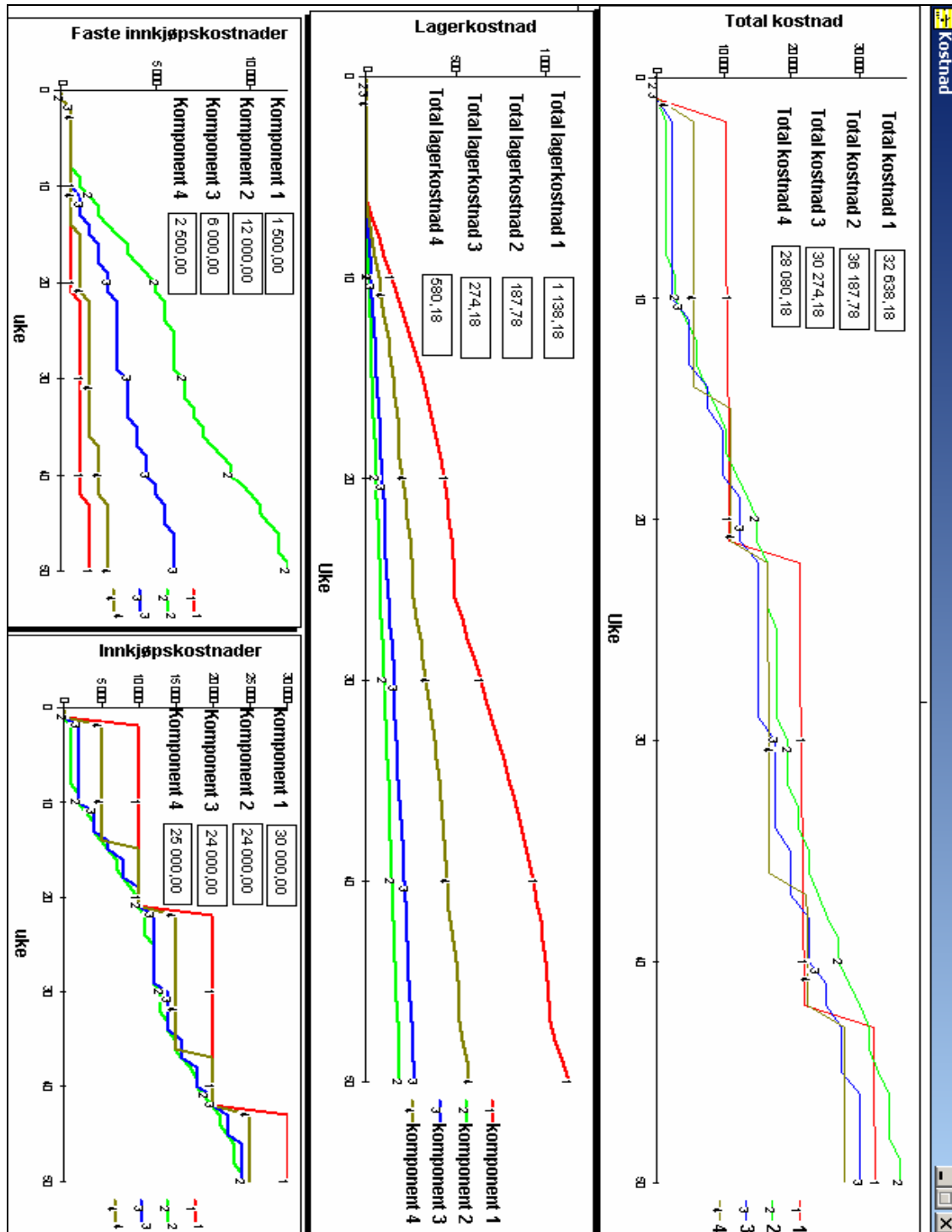
Figuren viser resultatene ved høykost og buffer lik 0. Dette viser hvor store lagerkostnadene og de totale kostnadene blir.





Figur 31 Resultater av modellen, totale kostnader ved buffer 70 og høy innkjøpskostnad

Figuren viser resultatene ved høykost og buffer lik 70. Dette viser hvor store lagerkostnadene og de totale kostnadene blir.



7.3 Fullskala modell

I forbindelse med diplom oppgaven, er det blitt lagt vekt på at grunnmodellen er en «*proof of concept*». Den er altså et bevis på at det er mulig å modulere og simulere innkjøpsrutiner og andre scenarier ved hjelp av en forenklet modell. Men hvordan blir dette hvis en ser på hele prosessen uten forenklinger, altså en fullskala modell?

Forholdene under dette pilotforsøket vil være enklere, både hva gjelder antall komponenter og andre variable som er vesentlige.

Oppgaven var å lage en systemdynamisk logistikkmodell av en forenklet prosess, som var "Mini Kitron". Ved Kitron har de litt annen hverdag enn hva vi simulerte, det vil si vi tok vekk noen av elementene ved disse rutineene. Medarbeidere ved Kitron Electronics har en hektisk hverdag, komponentmarkedet har hatt en uvanlig nedgang, og dette ser bare ut til å vare. I vårt eksempel har vi tatt for oss 4 komponenter, dette viser bare en generell beskrivelse, siden det finnes mange millioner typer komponenter, og fra få komponenter til over 1000 komponenter på noen kretskort. Disse komponentene har ulik pris, og kan ofte variere fra dag til dag, siden prisen ofte er styrt av kronekursen. Noen ganger er det også nesten umulig å få tak i komponenter, og en må da på varehus hvor komponenter kan komme opp i mange dobling av pris. Også når det gjelder kostnader knyttet opp til disse simuleringene, finnes mange forskjellige som enten er knyttet direkte opp til komponenter, eller de påvirkes av indirekte elementer. En fullskala modell vil derfor by på en større bredde av muligheter. I diplomoppgaven har vi også forenklet noen av de elementer som på grunn av tidsaspektet er så og si umulig å implementere. Det er også slik at det innad i bedriften finnes noe ulike syn på hvordan kjøreglene i forbindelse med logistikk bør være. Og dette krever et dypere studie for å sette seg inn i og implementere i en slik modell. Vi foreslår derfor at modellen vi har laget brukes som et grunnlag for ytterligere testing vha. Powersim Solver. Man bør ta utgangspunkt i de tre parametrene pris, forpakningstørrelse og kanselleringsfrist, i tillegg til at det utarbeides ett noe større antall komponenter som kan representere Kitron Electronics komponentsituasjon på en best mulig måte. Ved hjelp av Powersim Solver kan det gjennom systematiske kjøringar så optimeres verdier for de 3 parametre. Dette ble pga. av tidsmangel og gjennom at arbeidet med modellen var såpass tidkrevende, ikke prioritert i vårt studie.

Avslutningsvis vil vi forsøke å oppsummere hva en fullskala modell bør innebære:

En fullskala modell må ha alle elementer i seg slik at suksessfaktorene realiseres:

- at data er relevante.
- at data har tilstrekkelig kvalitet og er sammenlignbare.
- at informasjonen utveksles og blir gjort tilgjengelig tilstrekkelig hurtig.
- og at kjeden er tilstrekkelig robust til å tåle utvidelse til fullskala.

Som vi ser er det en rekke utfordringer knyttet til arbeidet med en slik fullskala modell. Hva som egentlig er relevant og hvor mange forskjellige elementer man må ta med for å få et tilstrekkelig bilde av logistikkprosessen skal vi ikke spekulere for mye i, men dette kan kanskje legge grunnlaget for videre arbeid, som en forlengelse av vårt studie.

8 Konklusjon

Vi har allerede vært inne på at Kitron Electronics, til tross for relativt stor omsetning, opererer på små marginer. Dette gjør at god logistikk og planlegging er nøkkelfaktorer.

Denne oppgaven ble gjennomført som et ”proof of concept”, dvs. at det skulle bevises at et forenklet bilde av Kitron Electronics logistikkprosess, definert som ”mini Kitron” skulle kunne gi resultat som overensstemmer med virkeligheten. Vi mener at gjennom vår verifisering og validering av modellen og ikke minst tilbakemeldinger fra Kitron Electronics, har grunnlag for å si at denne delen av oppgaven har vært vellykket.

Det er også blitt kartlagt noen av de faktorer som er mest utslagsgivende på økonomi, nemlig forpakningstørrelse og bufferberegning. Gjennom testing og analyse av resultater har vi kommet frem til at for kunder som hele tiden ønsker flere ferdigvarer enn de har prognosert for, vil det lønne seg med å holde ett relativt høyt buffer. Dette fordi ut fra våre beregninger koster forholdsvis lite å ha komponenter på lager i kortere perioder. Av samme grunn bør det, på bakgrunn av vårt studie over forpakningstørrelse, også vurderes å kjøpe i større kvantum som kostnadseffektivisering.

Det bør derimot legges til at gjennom et dypere studie, gjennom bruk av Powersim Solver, vil det være lettere å trekke konklusjoner rundt disse faktorer. Vi har i rapporten også gitt noen retningslinjer for hvordan et arbeid med nettopp en slik ”Fullskala” modell kan gjennomføres. I et slikt tilfelle kan modellen vår brukes som grunnlag for videre testing og analyse.

9 Litteraturliste

Referanser for diplomoppgave

- 1 Innføring i logistikk, Bjørn Foss.
- 2 Produksjonslogistikk og kapasitetsplanlegging, Kurt Hatlevik.
- 3 System dynamics modelling, R.G. Coyle

Appendix A: Model Equations

dim Antall_i_bestilling = (komponenter)
 init Antall_i_bestilling = 0
 flow Antall_i_bestilling = $-dt * \text{AnkomstRate}$
 $+dt * \text{BestillingsRate}$
 doc Antall_i_bestilling = antall komponenter i bestilling, utestående.
 unit Antall_i_bestilling = antall

dim Antall_innkjøp = (komponenter)
 init Antall_innkjøp = 0
 flow Antall_innkjøp = $+dt * \text{Bestilling}$
 doc Antall_innkjøp = Totalt antall innkjøp i perioden av komponenten

dim Lager_til_produksjon = (komponenter)
 init Lager_til_produksjon = 0
 flow Lager_til_produksjon = $-dt * \text{Bekreftede_ordre}$
 $+dt * \text{AnkomstRate}$
 doc Lager_til_produksjon = Lager av antall komponenter i uke N
 unit Lager_til_produksjon = antall

dim Produsert = (komponenter)
 init Produsert = 0
 flow Produsert = $+dt * \text{Bekreftede_ordre}$
 unit Produsert = antall

dim Total_lagerkostnad = (komponenter)
 init Total_lagerkostnad = 0
 flow Total_lagerkostnad = $+dt * \text{Kostnadsrate}$
 doc Total_lagerkostnad = Den totale lagerkostnaden for komponenter som ligger på lager.

dim Volumverdi_innkjøp = (komponenter)
 init Volumverdi_innkjøp = 0
 flow Volumverdi_innkjøp = $+dt * \text{Kostnadsrate_innkjøp}$
 doc Volumverdi_innkjøp = Den totale innkjøpskostnaden
 unit Volumverdi_innkjøp = kr

dim AnkomstRate = (a=komponenter)
 aux AnkomstRate = DELAYPPL(BestillingsRate(a), (Kanselleringsfrist(1)-1))
 WHEN a=1 BUT DELAYPPL(BestillingsRate(a), (Kanselleringsfrist(2)-1)) WHEN
 a=2 BUT DELAYPPL(BestillingsRate(a), (Kanselleringsfrist(3)-1)) WHEN a=3 BUT
 DELAYPPL(BestillingsRate(a), (Kanselleringsfrist(4)-1))
 doc AnkomstRate = antall komponenter ankommet til lager.
 unit AnkomstRate = antall/uke

dim Bekreftede_ordre = (komponenter)

Systemdynamisk modellering av logistikk

aux Bekreftede_ordre =
 $\text{ROUND}(\frac{\text{ProduksjonsRate}(1)}{\text{Korrigeringsstid}} * ((100 + \text{Variabel}) / 100))$
 doc Bekreftede_ordre = bekreftede ordre
 unit Bekreftede_ordre = antall

dim Bestilling = (komponenter)
 aux Bestilling = $\text{IF}(\text{BestillingsRate} > 0, 1, 0)$
 doc Bestilling = Hvis det skjer en bestilling, så blir bestilling positiv.

dim BestillingsRate = (komponenter)
 aux BestillingsRate = $\text{IF}(\text{TIME} = 0, 0, \text{ROUND}(\frac{\text{Sjekk_av_forpakning} * \text{Forpakningstørrelse}}{\text{Sjekk_av_forpakning}}))$
 doc BestillingsRate = antall komponenter man skal bestille, er tar det tallet man får ifra sjekk av bestilling og ganger man med forpakningstørrelse.
 unit BestillingsRate = antall

dim Kostnadsrate = (komponenter)
 aux Kostnadsrate = $\text{Lager_til_produksjon} * \text{Beregn_kostnad}$
 doc Kostnadsrate = antall ganger med kostnaden, for et produkt for en uke på lager.
 unit Kostnadsrate = antall/kr

dim Kostnadsrate_innkjøp = (komponenter)
 aux Kostnadsrate_innkjøp = $\text{BestillingsRate} * \text{Innkjøpskostnad_pr_komp}$
 doc Kostnadsrate_innkjøp = Ganger kostnad for komponenten med antall
 unit Kostnadsrate_innkjøp = antall/kr

dim Ønsket_antall = (komponenter)
 aux Ønsket_antall = $(\text{Buffer} + \text{Progn_antall})$
 doc Ønsket_antall = Ønsket antall komponenter, etter at et buffer er lagt til.
 unit Ønsket_antall = antall

dim Avvik = (komponenter)
 aux Avvik = $\text{IF}(\text{Ønsket_antall} > \text{Lager_og_Best}, (\text{Ønsket_antall} - \text{Lager_og_Best}), 0)$
 doc Avvik = Avvik av komponenter mellom det som trenges til produksjon og det som finnes på lager . Dette går til bestilling.
 unit Avvik = antall

dim Beregn_kostnad = (komponenter)
 aux Beregn_kostnad = $((\text{Innkjøpskostnad_pr_komp} * 18) / (5000))$
 doc Beregn_kostnad = Kostnad for å ha en komponent liggendes på lager i en uke, som regel 18 % på årsbasis.
 unit Beregn_kostnad = kr

dim Buffer = (komponenter)
 aux Buffer = $\text{IF}(\text{Buffer_svitsj} = 1, \text{ROUND}(\frac{\text{IF}(\text{TIME} = 0, \text{Startbuffer}, \text{SUM}(i=1..8; \text{PBPmønster}(1,i)) / \text{Buffer_intervall})), \text{IF}(\text{Buffer_svitsj} = 2, \text{Buffer_konstant}, 0)))$
 doc Buffer = Buffer for komponent 1, tar antallet i buffertid , legger de sammen og deler på bufferintervallet.
 unit Buffer = antall

Systemdynamisk modellering av logistikk

```

aux   Cosinuskurve = ROUND(IF(0, 50, 50+30*SIN(10+2*PI*TIME/25)))

dim   Faste_kostnad_innkjøp = (komponenter)
aux   Faste_kostnad_innkjøp = Antall_innkjøp*Kostnad_pr_innkjøp
doc   Faste_kostnad_innkjøp = ganger antall innkjøp med kostnad pr innkjøp
unit  Faste_kostnad_innkjøp = antall/kr

dim   Lager_og_Best = (komponenter)
aux   Lager_og_Best = Antall_i_bestilling+Lager_til_produksjon
doc   Lager_og_Best = Antall komponenter som Kitron trenger, her er det antall
komponenter1 pluss antall komponenter som er bestilt.
unit  Lager_og_Best = antall

dim   PBPmønster = (komponenter, bestillingsprognose)
aux   PBPmønster = IF(Mønster_svitsj=1, Produktbestillingsprognose, Fastverdi)
unit  PBPmønster = antall/uke
dim   ProduksjonsRate = (bestillingsprognose)
aux   ProduksjonsRate = LOOKUP(PBPmønster, 1)
doc   ProduksjonsRate = Produksjon, antall produserte enheter.
unit  ProduksjonsRate = antall/uke

dim   Progn_antall = (komponenter)
aux   Progn_antall = IF(Kanselleringsfrist=1, SUM(i=1;
PBPmønster(1,i)),IF(Kanselleringsfrist=2, SUM(i=1..2;
PBPmønster(1,i)),IF(Kanselleringsfrist=3, SUM(i=1..3;
PBPmønster(1,i)),IF(Kanselleringsfrist=4, SUM(i=1..4;
PBPmønster(1,i)),IF(Kanselleringsfrist=5, SUM(i=1..5;
PBPmønster(1,i)),IF(Kanselleringsfrist=6, SUM(i=1..6;
PBPmønster(1,i)),IF(Kanselleringsfrist=7, SUM(i=1..7;
PBPmønster(1,i)),IF(Kanselleringsfrist=8, SUM(i=1..8;
PBPmønster(1,i)),IF(Kanselleringsfrist=9, SUM(i=1..9;
PBPmønster(1,i)),IF(Kanselleringsfrist=10, SUM(i=1..10;
PBPmønster(1,i)),IF(Kanselleringsfrist=11, SUM(i=1..11;
PBPmønster(1,i)),IF(Kanselleringsfrist=12, SUM(i=1..12;
PBPmønster(1,i)),IF(Kanselleringsfrist=13, SUM(i=1..13;
PBPmønster(1,i)),IF(Kanselleringsfrist=14, SUM(i=1..14;
PBPmønster(1,i)),IF(Kanselleringsfrist=15, SUM(i=1..15;
PBPmønster(1,i)),IF(Kanselleringsfrist=16, SUM(i=1..16;
PBPmønster(1,i)),IF(Kanselleringsfrist=17, SUM(i=1..17;
PBPmønster(1,i)),IF(Kanselleringsfrist=18, SUM(i=1..18;
PBPmønster(1,i)),IF(Kanselleringsfrist=19, SUM(i=1..19;
PBPmønster(1,i),0))))))))))))))))))
doc   Progn_antall = henter antall komponenter, ifra produktbestillingsprognose
unit  Progn_antall = antall

dim   Sjekk_av_forpakning = (komponenter)
aux   Sjekk_av_forpakning = IF(Forpakningstorrelse=1, Avvik,IF(Avvik=0, 0,
(INT(Avvik/Forpakningstorrelse))+1))

```

Systemdynamisk modellering av logistikk

doc Sjekk_av_forpakning = Her sjekker man forpakningsstørrelsen, hvis summen av bestillinger er 0, blir det ingen bestilling, hvis summen er over 0, så deler man forpakningstørrelsen på summen av bestilling, for å finne ut hvor mange enheter av forpakningstørrelsen man trenger.

unit Sjekk_av_forpakning = antall

dim Total_kostnad = (komponenter)

aux Total_kostnad =

Total_lagerkostnad+Volumverdi_innkjøp+Faste_kostnad_innkjøp

doc Total_kostnad = Den totale kostnaden

unit Total_kostnad = kr

dim Ukeflytt = (i=bestillingsprognose,a=komponenter)

aux Ukeflytt = IF(TIMECYCLE(0, 1) , (ASSIGN(Produktbestillingsprognose(a,i), Produktbestillingsprognose(a,i+1))) WHEN i<LAST(bestillingsprognose) BUT ASSIGN(Produktbestillingsprognose(a,i) , Cosinuskurve) WHEN i=LAST(bestillingsprognose), 0)

doc Ukeflytt = en shift funksjon, som flytter antall fram en uke, og henter et random heltall for å implementere dette i uke 52.

unit Ukeflytt = antall

const Buffer_intervall = SUM(i=BufferTid; 1)

doc Buffer_intervall = Buffer intervall, er antall ukers oversikt over buffer.

unit Buffer_intervall = uker

const Buffer_konstant = 40

doc Buffer_konstant = buffer konstant

unit Buffer_konstant = antall

const Buffer_svitsj = 0

doc Buffer_svitsj = En konstant som endrer om en vil ha buffer. Hvis den er 0 så er bufferet 0, hvis 1 så er det 8 uker delt på 8, hvis det er 2 så er det en konstant.

unit Buffer_svitsj = antall

const Fastverdi = 50

doc Fastverdi = Dette er en fastverdi, på PBP

unit Fastverdi = antall

dim Forpakningstorrelse = (komponenter)

const Forpakningstorrelse = [500,50,100,300]

doc Forpakningstorrelse = forpakningstørrelse, dette er minst antall hvis en skal kjøpe.

unit Forpakningstorrelse = antall

dim Innkjøpskostnad_pr_komp = (komponenter)

const Innkjøpskostnad_pr_komp = [1,1,1,1]

doc Innkjøpskostnad_pr_komp = Kostnad pr komponent

unit Innkjøpskostnad_pr_komp = kr

dim Kanselleringsfrist = (komponenter)

const Kanselleringsfrist = [2,5,10,12]

doc Kanselleringsfrist = Antall uker som en må se fram, for å få komponentene

unit Kanselleringsfrist = uker

Systemdynamisk modellering av logistikk

```

dim   Korrigeringsstid = (komponenter)
const Korrigeringsstid = 1
doc   Korrigeringsstid = tid for å korrigere produksjonen.
unit  Korrigeringsstid = uker

dim   Kostnad_pr_innkjøp = (komponenter)
const Kostnad_pr_innkjøp = [500,500,500,500]
doc   Kostnad_pr_innkjøp = Kostnad for å gjøre et innkjøp pr komponent
unit  Kostnad_pr_innkjøp = kr
const Mønster_svitsj = 1
doc   Mønster_svitsj = svitsj som en kan velge hvilket mønster en vil ha inn på
produktbestillingsmønsteret. ved 0 fast verdi, ved 1 cosinus kurve.

dim   Produktbestillingsprognose = (komponenter, bestillingsprognose)
const Produktbestillingsprognose = [
[0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,48,56,63,69,74,78,80,80,78,74,69,63,55,48,40,34,28,24,21,20,21
,24,28,34,41,48,56,63,69,74,78,80,80,78,74,69,63,55,48,40],[0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,48,
56,63,69,74,78,80,80,78,74,69,63,55,48,40,34,28,24,21,20,21,24,28,34,41,48,56,63,69,
74,78,80,80,78,74,69,63,55,48,40],[0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,48,56,63,69,74,78,80,80,78,7
4,69,63,55,48,40,34,28,24,21,20,21,24,28,34,41,48,56,63,69,74,78,80,80,78,74,69,63,5
5,48,40],
[0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,48,56,63,69,74,78,80,80,78,74,69,63,55,48,40,34,28,24,21,20,21
,24,28,34,41,48,56,63,69,74,78,80,80,78,74,69,63,55,48,40]]
doc   Produktbestillingsprognose = begynnelsen av produktbestillingsprognosen
const Startbuffer = 17
doc   Startbuffer = Startbuffer
unit  Startbuffer = antall
const Variabel = 0
doc   Variabel = Her kan en øke i prosent
unit  Variabel = antall

dim   Antall_i_bestilling = (komponenter)
init  Antall_i_bestilling = 0
flow  Antall_i_bestilling = -dt*AnkomstRate
      +dt*BestillingsRate
doc   Antall_i_bestilling = antall komponenter i bestilling, utestående.
unit  Antall_i_bestilling = antall

dim   Antall_innkjøp = (komponenter)
init  Antall_innkjøp = 0
flow  Antall_innkjøp = +dt*Bestilling
doc   Antall_innkjøp = Totalt antall innkjøp i perioden av komponenten

dim   Lager_til_produksjon = (komponenter)
init  Lager_til_produksjon = 0
flow  Lager_til_produksjon = -dt*Bekreftede_ordre
      +dt*AnkomstRate
doc   Lager_til_produksjon = Lager av antall komponenter i uke N

```

Systemdynamisk modellering av logistikk

```

unit Lager_til_produksjon = antall

dim Produsert = (komponenter)
init Produsert = 0
flow Produsert = +dt*Bekreftede_ordre
unit Produsert = antall

dim Total_lagerkostnad = (komponenter)
init Total_lagerkostnad = 0
flow Total_lagerkostnad = +dt*Kostnadsrate
doc Total_lagerkostnad = Den totale lagerkostnaden for komponenter som ligger på
lager.

dim Volumverdi_innkjøp = (komponenter)
init Volumverdi_innkjøp = 0
flow Volumverdi_innkjøp = +dt*Kostnadsrate_innkjøp
doc Volumverdi_innkjøp = Den totale innkjøpskostnaden
unit Volumverdi_innkjøp = kr

dim AnkomstRate = (a=komponenter)
aux AnkomstRate = DELAYPPL(BestillingsRate(a), (Kanselleringsfrist(1)-1) )
WHEN a=1 BUT DELAYPPL(BestillingsRate(a), (Kanselleringsfrist(2)-1) ) WHEN
a=2 BUT DELAYPPL(BestillingsRate(a), (Kanselleringsfrist(3)-1) ) WHEN a=3 BUT
DELAYPPL(BestillingsRate(a), (Kanselleringsfrist(4)-1) )
doc AnkomstRate = antall komponenter ankommet til lager.
unit AnkomstRate = antall/uke

dim Bekreftede_ordre = (komponenter)
aux Bekreftede_ordre =
ROUND((ProduksjonsRate(1)/Korrigeringstid)*((100+Variabel)/100))
doc Bekreftede_ordre = bekreftede ordre
unit Bekreftede_ordre = antall

dim Bestilling = (komponenter)
aux Bestilling = IF(BestillingsRate>0, 1, 0)
doc Bestilling = Hvis det skjer en bestilling, så blir bestilling positiv.

dim BestillingsRate = (komponenter)
aux BestillingsRate = IF(TIME=0, 0,
ROUND((Sjekk_av_forpakning*Forpakningstorrelse)))
doc BestillingsRate = antall komponenter man skal bestille, er tar det tallet man får
ifra sjekk av bestilling og ganger man med forpakningstørrelse.
unit BestillingsRate = antall

dim Kostnadsrate = (komponenter)
aux Kostnadsrate = Lager_til_produksjon*Beregn_kostnad
doc Kostnadsrate = antall ganger med kostnaden, for et produkt for en uke på lager.
unit Kostnadsrate = antall/kr

```


Systemdynamisk modellering av logistikk

dim Kostnadsrate_innkjøp = (komponenter)
 aux Kostnadsrate_innkjøp = BestillingsRate*Innkjøpskostnad_pr_komp
 doc Kostnadsrate_innkjøp = Ganger kostnad for komponenten med antall
 unit Kostnadsrate_innkjøp = antall/kr

dim Ønsket_antall = (komponenter)
 aux Ønsket_antall = (Buffer+Progn_antall)
 doc Ønsket_antall = Ønsket antall komponenter, etter at et buffer er lagt til.
 unit Ønsket_antall = antall

dim Avvik = (komponenter)
 aux Avvik = IF(Ønsket_antall>Lager_og_Best, (Ønsket_antall-Lager_og_Best), 0)
 doc Avvik = Avvik av komponenter mellom det som trenges til produksjon og det som finnes på lager . Dette går til bestilling.
 unit Avvik = antall

dim Beregn_kostnad = (komponenter)
 aux Beregn_kostnad = ((Innkjøpskostnad_pr_komp*18)/(5000))
 doc Beregn_kostnad = Kostnad for å ha en komponent liggendes på lager i en uke, som regel 18 % på årsbasis.
 unit Beregn_kostnad = kr

dim Buffer = (komponenter)
 aux Buffer = IF(Buffer_svitsj=1, ROUND(IF(TIME=0, Startbuffer, SUM(i=1..8; PBPmønster(1,i))/Buffer_intervall)), IF(Buffer_svitsj=2, Buffer_konstant, 0))
 doc Buffer = Buffer for komponent 1, tar antallet i buffertid , legger de sammen og deler på bufferintervallet.
 unit Buffer = antall
 aux Cosinuskurve = ROUND(IF(0, 50, 50+30*SIN(10+2*PI*TIME/25)))

dim Faste_kostnad_innkjøp = (komponenter)
 aux Faste_kostnad_innkjøp = Antall_innkjøp*Kostnad_pr_innkjøp
 doc Faste_kostnad_innkjøp = ganger antall innkjøp med kostnad pr innkjøp
 unit Faste_kostnad_innkjøp = antall/kr

dim Lager_og_Best = (komponenter)
 aux Lager_og_Best = Antall_i_bestilling+Lager_til_produksjon
 doc Lager_og_Best = Antall komponenter som Kitron trenger, her er det antall komponenter1 pluss antall komponenter som er bestilt.
 unit Lager_og_Best = antall

dim PBPmønster = (komponenter, bestillingsprognose)
 aux PBPmønster = IF(Mønster_svitsj=1, Produktbestillingsprognose, Fastverdi)
 unit PBPmønster = antall/uke

dim ProduksjonsRate = (bestillingsprognose)
 aux ProduksjonsRate = LOOKUP(PBPmønster, 1)
 doc ProduksjonsRate = Produksjon, antall produserte enheter.
 unit ProduksjonsRate = antall/uke

```

dim   Progn_antall = (komponenter)
aux   Progn_antall = IF(Kanselleringsfrist=1, SUM(i=1;
PBPmønster(1,i)),IF(Kanselleringsfrist=2, SUM(i=1..2;
PBPmønster(1,i)),IF(Kanselleringsfrist=3, SUM(i=1..3;
PBPmønster(1,i)),IF(Kanselleringsfrist=4, SUM(i=1..4;
PBPmønster(1,i)),IF(Kanselleringsfrist=5,SUM(i=1..5;
PBPmønster(1,i)),IF(Kanselleringsfrist=6, SUM(i=1..6;
PBPmønster(1,i)),IF(Kanselleringsfrist=7, SUM(i=1..7;
PBPmønster(1,i)),IF(Kanselleringsfrist=8, SUM(i=1..8;
PBPmønster(1,i)),IF(Kanselleringsfrist=9, SUM(i=1..9;
PBPmønster(1,i)),IF(Kanselleringsfrist=10, SUM(i=1..10;
PBPmønster(1,i)),IF(Kanselleringsfrist=11, SUM(i=1..11;
PBPmønster(1,i)),IF(Kanselleringsfrist=12, SUM(i=1..12;
PBPmønster(1,i)),IF(Kanselleringsfrist=13, SUM(i=1..13;
PBPmønster(1,i)),IF(Kanselleringsfrist=14, SUM(i=1..14;
PBPmønster(1,i)),IF(Kanselleringsfrist=15, SUM(i=1..15;
PBPmønster(1,i)),IF(Kanselleringsfrist=16, SUM(i=1..16;
PBPmønster(1,i)),IF(Kanselleringsfrist=17, SUM(i=1..17;
PBPmønster(1,i)),IF(Kanselleringsfrist=18, SUM(i=1..18;
PBPmønster(1,i)),IF(Kanselleringsfrist=19, SUM(i=1..19;
PBPmønster(1,i),0))))))))))))))))))
doc   Progn_antall = henter antall komponenter, ifra produktbestillingsprognose
unit  Progn_antall = antall

dim   Sjekk_av_forpakning = (komponenter)
aux   Sjekk_av_forpakning = IF(Forpakningstorrelse=1, Avvik,IF(Avvik=0, 0,
(INT(Avvik/Forpakningstorrelse))+1))
doc   Sjekk_av_forpakning = Her sjekker man forpakningsstørrelsen, hvis summen av
bestillinger er 0, blir det ingen bestilling, hvis summen er over 0, så deler man
forpakningstørrelsen på summen av bestilling, for å finne ut hvor mange enheter av
forpakningstørrelsen man trenger.
unit  Sjekk_av_forpakning = antall

dim   Total_kostnad = (komponenter)
aux   Total_kostnad =
Total_lagerkostnad+Volumverdi_innkjøp+Faste_kostnad_innkjøp
doc   Total_kostnad = Den totale kostnaden
unit  Total_kostnad = kr

dim   Ukeflytt = (i=bestillingsprognose,a=komponenter)
aux   Ukeflytt = IF(TIMECYCLE(0, 1) ,( ASSIGN(Produktbestillingsprognose(a,i),
Produktbestillingsprognose(a,i+1))) WHEN i<LAST(bestillingsprognose) BUT
ASSIGN(Produktbestillingsprognose(a,i) , Cosinuskurve) WHEN
i=LAST(bestillingsprognose), 0)
doc   Ukeflytt = en shift funksjon, som flytter antall fram en uke, og henter et random
heltall for å implementere dette i uke 52.
unit  Ukeflytt = antall
const Buffer_intervall = SUM(i=BufferTid; 1)

```

Systemdynamisk modellering av logistikk

doc Buffer_intervall = Buffer intervall, er antall ukers oversikt over buffer.
unit Buffer_intervall = uker
const Buffer_konstant = 40
doc Buffer_konstant = buffer konstant
unit Buffer_konstant = antall
const Buffer_svitsj = 0
doc Buffer_svitsj = En konstant som endrer om en vil ha buffer. Hvis den er 0 så er bufferet 0, hvis 1 så er det 8 uker delt på 8, hvis det er 2 så er det en konstant.
unit Buffer_svitsj = antall
const Fastverdi = 50
doc Fastverdi = Dette er en fastverdi, på PBP
unit Fastverdi = antall

dim Forpakningstorrelse = (komponenter)
const Forpakningstorrelse = [500,50,100,300]
doc Forpakningstorrelse = forpakningstørrelse, dette er minst antall hvis en skal kjøpe.
unit Forpakningstorrelse = antall

dim Innkjøpskostnad_pr_komp = (komponenter)
const Innkjøpskostnad_pr_komp = [1,1,1,1]
doc Innkjøpskostnad_pr_komp = Kostnad pr komponent
unit Innkjøpskostnad_pr_komp = kr
dim Kanselleringsfrist = (komponenter)
const Kanselleringsfrist = [2,5,10,12]
doc Kanselleringsfrist = Antall uker som en må se fram, for å få komponentene
unit Kanselleringsfrist = uker

dim Korrigeringstid = (komponenter)
const Korrigeringstid = 1
doc Korrigeringstid = tid for å korrigere produksjonen.
unit Korrigeringstid = uker

dim Kostnad_pr_innkjøp = (komponenter)
const Kostnad_pr_innkjøp = [500,500,500,500]
doc Kostnad_pr_innkjøp = Kostnad for å gjøre et innkjøp pr komponent
unit Kostnad_pr_innkjøp = kr
const Mønster_svitsj = 1
doc Mønster_svitsj = svitsj som en kan velge hvilket mønster en vil ha inn på produktbestillingsmønsteret. ved 0 fast verdi, ved 1 cosinus kurve.

dim Produktbestillingsprognose = (komponenter, bestillingsprognose)
const Produktbestillingsprognose = [
[0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,48,56,63,69,74,78,80,80,78,74,69,63,55,48,40,34,28,24,21,20,21
,24,28,34,41,48,56,63,69,74,78,80,80,78,74,69,63,55,48,40],[0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,48,
56,63,69,74,78,80,80,78,74,69,63,55,48,40,34,28,24,21,20,21,24,28,34,41,48,56,63,69,
74,78,80,80,78,74,69,63,55,48,40],[0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,48,56,63,69,74,78,80,80,78,7
4,69,63,55,48,40,34,28,24,21,20,21,24,28,34,41,48,56,63,69,74,78,80,80,78,74,69,63,5
5,48,40],



Systemdynamisk modellering av logistikk

[0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,48,56,63,69,74,78,80,80,78,74,69,63,55,48,40,34,28,24,21,20,21,24,28,34,41,48,56,63,69,74,78,80,80,78,74,69,63,55,48,40]]

doc Produktbestillingsprognose = begynnelsen av produktbestillingsprognosen

const Startbuffer = 17

doc Startbuffer = Startbuffer

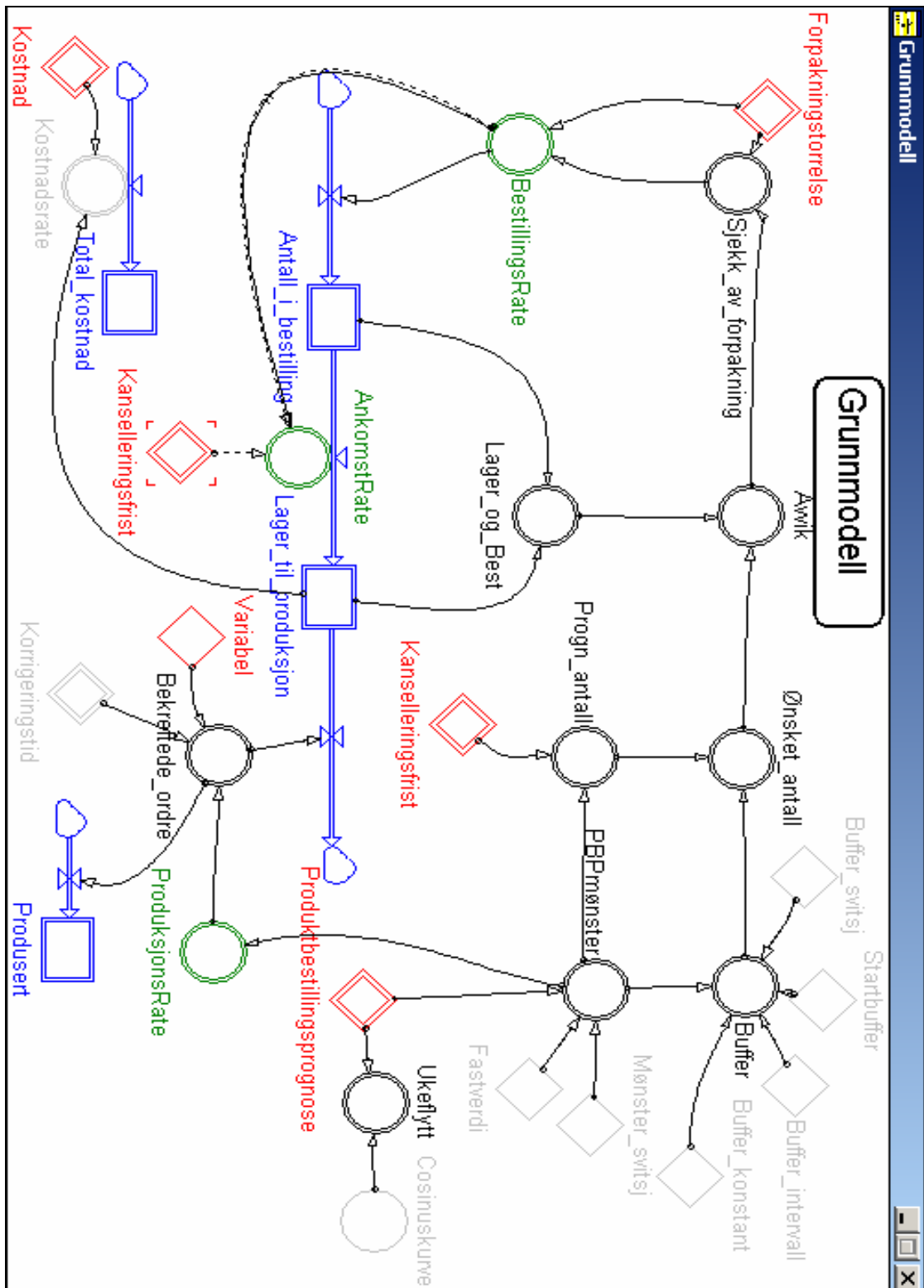
unit Startbuffer = antall

const Variabel = 0

doc Variabel = Her kan en øke i prosent

unit Variabel = antall

Appendix B: Grunnmodell



Appendix C: Begreper i Powersim Constructor

Lager til produksjon (antall)

Beholdning av komponenter N som finnes på lageret til Kitron.

Antall i bestilling (antall)

Beholdning av komponenter N som er blitt bestilt.

Ønsket antall (antall)

Den beholdning som Kitron ønsker å ha på sitt lager, for å ha nok komponenter til neste produksjon. Denne vil tilsvare prognosert antall komponenter og et buffer.

Buffer (antall)

Ekstra lager av komponenter som Kitron plikter å ha ifølge avtale med kunden.

Startbuffer (antall)

Antall komponenter som ligger i "buffer". Dette vil kun gjelde i oppstart av simulering og er lagt til for å få riktigere verdier.

Buffer intervall (uke)

Antall uker som beregning av buffer gjøres ut fra.

Buffer svitsj (boolean)

En verdi på bufferet, svitsjer mellom 0, et fast antall eller 8 nærmeste ukene delt på 8.

Buffer konstant (antall)

En verdi på bufferet, når det er konstant.

Fastverdi (antall)

Når produktbestillingen er fast, er dette antall komponenter på produktbestillingsprognosen.

Bekreftede ordre (antall)

Bekreftede ordre ifra kunde.

Variabel (prosent)

En variabel for å kunne øke eller minke den bekreftede ordren.

Kostnadsrate (antall/kr)

Antall komponenter på lager + lagerkostnaden.

Produsert (antall)

Antall enheter produsert.

Cosinus kurve (antall)

Lager et mønster til produktbestillingsprognosen, når den ikke er konstant.

BestillingsRate (antall/uke)

Antall komponenter som skal bestilles. Dette beregnes utfra verdien fra sjekk av bestilling som multipliseres med forpakkingsstørrelse.

Ankomstrate (antall/uke)

Antall komponenter ankommet til lager, delt på forsinkelsestid.

Produktbestillingsprognose (antall/uke)

Prognose Kitron får fra kunden. Denne gjelder for ett år frem i tid.

Produksjonrate (antall/uke)

Antallet ferdigvarer Kitron produserer.

Avvik (antall)

Forskjellen mellom antall komponenter som man har på lager og som er i bestilling, og antallet komponenter som man ønsker til produksjonen.

Forpakningstørrelse (antall)

Forpakningstørrelsen til komponenten.

Sjekk av forpakning (antall)

Beregner antall enheter som man trenger av komponenten.

Lager og bestilt (antall)

Antallet komponenter som er blitt bestilt, summert med antall man har på lager.

Korrigeringsstid (uke)

Dette er en konstant som korrigerer produksjonen.

Prognosert antall (antall)

Henter antall komponenter i fra produktbestillingsprognosen, dette blir det prognoserte antall komponenter N.

Kanselleringsfrist (uke)

Antall uker som en ser framover, for å få finne antall komponenter.

Produktbestilingsmønster (antall)

Til produksjonsbestillingsprognosen blir satt opp som en cosinusurve, her kommer disse verdiene.

Ukeflytt (antall/uke)

Flytter verdiene fra produktbestillingsprognosen en uke fram i tid.

Mønster svitsj (boolean)

Bryter, som brukes til å velge mellom ulike mønster for produktbestilling. svitsjer mellom en cosinus kurve eller en fast verdi.

Kostnad pr innkjøp (kr)

Kostnad for å gjøre et innkjøp pr komponent.

Antall innkjøp (antall)

Totalt antall innkjøp i perioden av komponenten.

Bestilling (Boolean)

Hvis det skjer en bestilling, så blir Bestilling positiv.

Volumverdi innkjøp (kr)

Den totale innkjøpskostnaden.

Kostnadsrate innkjøp (antall/kr)

Kostnaden for komponenten ganger med antall.

Innkjøpskostnad pr komponent (kr)

Kostnaden for hver komponent i innkjøp.

Nåverdi lager(kr)

Hvor mange komponenter som ligger på lager, ganget med kostnaden av å ha den på lager.

Gjennomsnittets nåverdi lager (kr)

Et gjennomsnitt av lagerverdien.

Total lagerkostnad (kr)

Den totale lagerkostnaden for komponenter som ligger på lager.

Beregn kostnad (kr)

Beregner lager kostnaden for komponenter som ligger på lager.

Faste innkjøpskostnader (kr)

Beregner faste innkjøpskostnader med antall innkjøp.

Total kostnad (kr)

Beregner den totale kostnaden for komponenten.