



CHALMERS



SR 843

REELIV- Redskap för effektiv och resurssnål livsmedelsproduktion

*Karin Östergren, Barbro Sundström, Johanna Berlin, Katarina Lorentzon,
SIK - Institutet för livsmedel och bioteknik
Björn Johansson, Chalmers - Produkt- och produktionsutveckling*

Maj 2012

Projektinformation

Titel: REELIV- Redskap för effektiv och resurssnål livsmedelsproduktion

VINNOVA Effektiv Produktframtagning: Projekt P27375-2

SIK:s projknr: P13858

Projekt påbörjat: 2005

Projekt avslutat: 2008

Granskad av: Barbro Sundström

Projektledare: Karin Östergren, SIK - Institutet för livsmedel och bioteknik

Projektgrupp:

Johanna Berlin SIK - Institutet för livsmedel och bioteknik
Martin Fjordby, Ingemar Johansson i Sverige AB
Ingvar Hagström, Kiviks Musteri AB
Björn Johansson, Chalmers - Produkt- och produktionsutveckling
Magnus Larsson, Arla Foods
Katarina Lorentzon, SIK - Institutet för livsmedel och bioteknik
Jörgen Nilsson , Lantmännen Axa Foodservice AB (t.o.m. 2005)
Sven Silander, Ingemar Johansson i Sverige AB
Johan Stahre, Chalmers - Produkt- och produktionsutveckling
Barbro Sundström, SIK - Institutet för livsmedel och bioteknik
Anne-Marie Tillman , Chalmers – Miljösystemanalys
Karin Östergren, SIK - Institutet för livsmedel och bioteknik

SR 843

ISBN: 978-91-7290-313-5

Förord

Inom livsmedelsindustrin är det extra viktigt att hantera produktions- och miljöfaktorer samtidigt. I det tvärvetenskapliga projektet REELIV- Redskap för effektiv och resurssnål livsmedelsproduktion har vi arbetat med att utveckla verktyg som hjälper industrin att beräkna både produktions- och miljöfaktorer samtidigt.

REELIV har pågått maj 2005 – juni 2008. Karin Östergren vid SIK Institutet för Livsmedel och Bioteknik har varit projektledare. Projektet har finansierats av VINNOVA:s program Effektiv produktframtagning och de deltagande företagen.

I den här rapporten redovisas arbetet som genomförts inom REELIV – Redskap för effektiv och resurssnål livsmedelsproduktion.

SIK tackar alla deltagare för deras bidrag och stora engagemang i projekt.

Karin Östergren, projektledare
SIK- Institutet för Livsmedel och Bioteknik

Sammanfattning

Uthållig produktion bygger på att jobba mot en samtidigt lönsam och miljöeffektiv produktion det vill säga en hopkoppling av Lean production och livscykel-tänkande. Förändringar i utformningen av produktionen ger skillnader i miljöbelastning inte bara i direkt anslutning till produktionsanläggningen utan även uppströms och nedströms i produktens livscykel. I projektet REELIV - Redskap för effektiv och resurssnål livsmedelsproduktion kombineras livscykelanalysmetodik, processutveckling och produktionsutveckling för att med hjälp av diskret händelsestyrd simulering studera skillnader i miljöpåverkan vid olika förändringar i industriell tillverkning av livsmedel. Målet har varit att tydliggöra kopplingen mellan produktionsfrekvens, spill, lagerhållning och leveranssäkerhet och dess påverkan på produktionsekonomi och miljö för olika typer av livsmedelsproduktion

Ett både teoretiskt och praktiskt angreppssätt har legat till grund för projektets genomförande. Resultaten i rapporten är baserad på ingående studier av tre utvalda produktionslinjer:

- Tillverkning av korv
- Tillverkning av aseptiskt förpackade juicer och andra drycker
- Tillverkning av syrade mejeriprodukter

En metod där de grundläggande koncepten inom diskret händelsestyrd simulering har kombinerats med de grundläggande koncepten inom miljösystemanalys. Metoden har utvecklats successivt med utgångspunkt från tre fallstudier och validerats. Metoden bygger på en konceptuell modell som är indelad i ett förgrunds- och ett bakgrundssystem, där förgrundssystemet innehåller den del av processen där förändringarna sker under själva simuleringen. Modeller av de deltagande företagens produktionssystem (förgrundssystem) byggdes upp i *AutoMod*. Miljöpåverkan från jordbruk, transporter, energi, media och vatten hanterades i form av inparametrar (bakgrundssystem).

Parallellt med teoriutvecklingen har tre fallstudier genomförts där såväl företagsspecifika som projektövergripande problemställningar har bearbetats.

Slutsatserna från fallstudierna är:

- Produktpillet vid livsmedelsproduktion från såväl juice, korv och syrade mejeriprodukter bidrar i väsentlig grad till miljöpåverkan. Andra viktiga källor för miljöpåverkan är energi (ånga och el till kyl- och frysrum).
- Resultaten är beroende av systemgränsen mellan för- och bakgrundssystem. Färdigvarulagret bör inkluderas i förgrundssystemet. Lager används för att säkra leveranssäkerheten, men projektet har visat att obalans mellan flexibilitet i produktionssystem och lagerhållning kan generera svinn i lagret (hållbarhetstiden på produkten sätter gränsen). Lager kostar också pengar genom att binda kapital, Svinn samt energi för kyl/fryslager påverkar miljön.
- Genom att integrera miljöaspekter ur ett livscykelperspektiv och produktionsmodellering kan viktiga kopplingar mellan produktion och miljöpåverkan påvisas som kan vara svåra att fånga upp på annat sätt. Exempel hämtat från fallstudien av juiceproduktion visar styrkan med ett integrerat arbetssätt: Produkten som hamnar mellan pastör och förpackning vid ett produktbyte slängs idag eller fryses i ett externt fryslager beroende på värdet. Genom simuleringar visades att produktionsfrekvensen kunde fördubblas (halva batchstorleken) utan att den totala produktionstiden ökade. Därigenom kunde också det externa fryslageret bytas ut

mot ett lokalt kylager. Detta innebär att spillet från produktionslinjen minskades med 35 % och klimatpåverkan med ~20 %, att produktutbytet ökade och mängderna avfall minskade. Dessutom sänktes kostnaderna genom att transporter till det externa fryslagret försvann, liksom driftskostnaderna för detta.

- Genom modellering kan förbättringspotentialen kvantifieras i såväl pengar som miljöpåverkan.
Vid tillverkning av syrade produkter visades att en total reducering av *produktionens* klimatpåverkan med *ca 50 %* kan uppnås genom att med tekniska förbättringar reducera spillet innan förpackning med 60% , öka produktionsfrekvensen för de största produkterna samt gå över till ”grön” energi. Ekonomiska och miljömässiga vinster uppnås genom reduktion av spill i produktion och lager samt minskade kostnader för lager och energi. Genom ett mer flexibelt arbetsätt och bättre utnyttjande av syringstankar kunde produktionskapaciteten ökas med ca 5%.
- Riktigheten i resultaten är i hög grad beroende på hur standardiserat arbetet på företaget är och på kvaliteten på indata. Ju mer standardiserat arbetet är och ju mer dokumentation som finns tillgänglig ju bättre blir modellerna och därmed också möjligheten att analysera systemet och förbättringspotentialen.
- Det är viktigt att förankra projekt av detta slag med rätt personer i företaget och på rätt nivå.
- I större företag hanteras miljöarbetet och supply-chain-frågor på koncernnivå/företagsnivå av *olika* personer och det finns en stor riska att arbetet faller mellan dessa ansvarsområden.

I detta arbete har vi byggt upp en erfarenhet av vad som behöver mätas och dokumenteras, vilket utgör en utmärkt grund för det fortsatta arbetet i respektive företag. Att kombinera det utvecklade simuleringsverktyget, som är avsett för strategisk analys av produktionen, med statistiska planeringsverktyg för den dagliga produktionen är ett koncept som bör prövas. Speciellt i de fall då produktionen är mycket komplex och svår att överblicka.

Innehållsförteckning

PROJEKTINFORMATION	2
FÖRORD	3
SAMMANFATTNING	5
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	7
1 INTRODUKTION	9
2 BAKGRUND	9
2.1 MATENS MILJÖPÅVERKAN	10
2.2 LEAN PRODUCTION	11
2.3 UTHÅLLIG PRODUKTION	12
2.4 FLÖDESSIMULERING	12
3 METODUTVECKLING	13
3.1 ARBETSPROCEDUR	13
3.2 DISKUSSION	16
4 FALLSTUDIER – EN INTRODUKTION	17
5 FALLSTUDIE 1: TILLVERKNING AV CHARKPRODUKTER HOS INGMAR JOHANSSONS .	17
5.1 PRODUKTIONSENHETEN	17
5.2 SCENARIER	18
5.3 RESULTAT OCH REKOMMENDATIONER	18
6 FALLSTUDIE 2: TILLVERKNING AV JUICEPRODUKTER HOS KIVIKS MUSTERI.....	20
6.1 BESKRIVNING AV SYSTEMGRÄNSER OCH PRODUKTION	20
6.2 SCENARIER	21
6.3 RESULTAT OCH REKOMMENDATIONER	21
7 FALLSTUDIE 3: TILLVERKNING AV SYRADE MEJERIPRODUKTER HOS ARLA FOODS ...	22
7.1 PRODUKTIONSENHETEN	22
7.2 SYSTEM	23
7.4 RESULTAT OCH REKOMMENDATIONER	24
8. DISKUSSION	26
9. SLUTSATSER	28

1 Introduktion

Projektet REELIV - Redskap för effektiv och resurssnål livsmedelsproduktion – har haft som en av sina målsättningar att ta fram ett verktyg för produktionseffektiviseringar, baserat på miljösystemanalys i kombination med flödessimuleringar. En annan målsättning har varit att tydliggöra kopplingen mellan produktionsfrekvens, spill, lagerhållning och leveranssäkerhet och dess påverkan på ekonomi och miljö för olika typer av livsmedelsproduktion genom att använda verktyget i några utvalda produktionslinjer:

- Tillverkning av korv
- Tillverkning av aseptiskt förpackade juicer och andra drycker
- Tillverkning av syrade mejeriprodukter

Med verktygets hjälp har projektet kunnat utvärdera svagheter och styrkor med avseende på produktionseffektivitet i de befintliga produktionslinjer samt utvärdera alternativa scenarier.

I projektet har följande livsmedelstillverkare och instituts- och högskoleforskare samverkat:

- Ingemar Johansson i Sverige AB
- Kiviks Musteri AB
- Arla Foods
- Chalmers, Institutionen för produkt- och produktionsutveckling, Avdelningen för produktionssystem
- Chalmers, Institutionen för Energi och miljö, Avdelningen för miljösystemanalys
- SIK - Institutet för Livsmedel och Bioteknik AB

Ett både teoretiskt och praktiskt angreppssätt har legat till grund för projektets genomförande. På det teoretiska planet har en arbetsmetodik utvecklats med utgångspunkt från de grundläggande koncepten inom diskret händelsestyrd simulering¹ och miljösystemanalys.

Parallellt med teoriutvecklingen har tre fallstudier genomförts där såväl företagsspecifika som projektövergripande problemställningar har bearbetats. Varje delprojekt avslutades med en genomgång av resultaten och en utvärdering för att fånga upp hur företagen tagit emot den kunskap som genererats i projektet.

2 Bakgrund

Livsmedelsindustrin är idag utsatt för hård konkurrens på en alltmer globaliserad och kund- och konsumentanpassad marknad. Konsumenternas krav på ökat utbud av varor i kombination med en etablering av stora internationella livsmedelskedjor samt tillverkning av EMV bidrar till en allt hårdare konkurrens.

Konsumenternas krav på ett stort utbud och detaljhandelns allt större krav på leveranssäkerhet samt att tiden från order till leverans blir kortare leder till mer frekventa produktbyten. Konsekvensen för producenterna blir kortare tillverkningsserier med många omställningar vilket genererar fler ställtider och mer produktspill. Samtidigt ökar insikten om att produktion av livsmedel står för en stor del av miljöpåverkan, såväl global som regional, vilket leder till förväntningar och även krav på livsmedelsproducenterna att axla producentansvaret och minska miljöbelastningen från tillverkningen av sina produkter. För att klara dessa utmaningar och

¹ Banks, J., Carson, J. S., Nelson B. L., Nicol, D. M., 2004, Discrete-Event System Simulation, 4th ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall Incorporated

samtidigt stå sig i konkurrensen är det nödvändigt för industrin att anpassa och effektivisera sin resursanvändning.

– Svinnet utgör en betydande del av kostnaderna genom att råvarukostnaderna står för > 50% av tillverkningskostnaderna. Behovet av att kunna effektivisera produktionsprocessen och samtidigt reducera svinnet är därför på sikt en överlevnadsstrategi (Magnus Larsson, Arla Foods)

– På grund av kortare leveranstider till kund har vi en flaskhals i paketeringen. (Martin Fjordby, Ingemar Johanssons)

– Vi förväntar oss en modell av vår tillverkning av produkter förpackade i kartongförpackning. Modellen ska kunna ge svar på vilka förändringar i tillverkningsomkostnader, spill och lagernivåer vi får när vi förändrar storleken på våra tillverkningsorder. (Ingvar Hagström, Kiviks Musteri)

Figur 1 Några röster från de medverkande företagen

2.1 Matens miljöpåverkan

Livsmedelskedjan består i stora drag av primärproduktionen (jordbruket eller fisket), industrin, handeln, hushållet/storhushållet och slutligen avfallshanteringen (se Figur 2). Kedjan knyts ihop av transporter. Inom kedjan sker ett utbyte av varor, ett flöde, genom systemet. I varje del av kedjan sker en hantering av produkten som innebär påverkan på miljön genom resursutnyttjande, energianvändning och utsläpp av ämnen till luft, vatten och mark. Ju längre produkten kommit i kedjan desto större miljöpåverkan har produkten förorsakat, och ju senare ett produktspill uppstår i kedjan desto mer miljöpåverkan har skett till ingen nytta.

Ett flertal livscykelanalyser för livsmedel har visat att primärproduktionen är den del av livsmedelskedjan som påverkar miljön mest. Jordbrukets stora inverkan på miljön syns tydligast på studier av animaliska produkter, som kött och mejerivaror, men studier av odlade produkter visar samma tendens^{2,3,4,5,6,7}. Vid en livscykelanalys av hushållsost visade sig jordbruket stå för över 90 % av kedjans bidrag till växthuseffekten, försurningen och övergödningen³. Förutom åtgärder för att minska miljöpåverkan från primärproduktionen är det alltså viktigt att utnyttja dess råvaror väl och minska spillet i resten av kedjan för att den betydande miljöbelastningen från primärproduktionen inte ska ha skett förgäves.

² Andersson K. & Ohlsson T. (1999) Life cycle assessment of bread produced on different scales. International Journal of LCA, 4 (1): 24-40.

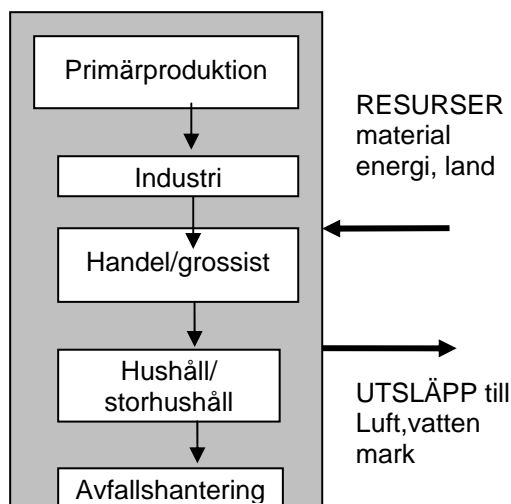
³ Berlin J. (2002) Environmental life cycle assessment (LCA) of Swedish semi-hard cheese. International Dairy Journal, 12: 939-53.

⁴ Cederberg C. & Mattsson B. (2000), Life cycle of milk production – a comparison of conventional and organic farming. Journal of Cleaner Production, 8:49-60.

⁵ Hospido A., Moreira MT. & Feijoo G. (2003), Simplified Life Cycle Assessment of Galician Milk Production. International Dairy Journal, 13: 783-796.

⁶ Mattsson B. (1999), Environmental Life Cycle Assessment (LCA) of Agricultural Food Production. Agraria 187, Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp.

⁷ LRF (2002), Maten och miljön -Livscykelanalys av sju livsmedel. LRF, Stockholm.



Figur 2 Livscykelanalyskonceptet

Miljöpåverkan delas vanligen in i olika miljöeffektkategorier. De vanligaste är växthuseffekten (klimatpåverkan), försurning, övergödning och bildning av marknära ozon. I detta arbete har vi inriktat diskussionerna på klimatpåverkan på grund av att den är central i dagens klimatdebatt

Miljöpåverkan från utsläppen (Figur 2) räknas om till miljöeffektkategorier. Klimatpåverkan redovisas som gram *koldioxidekvivalenter*. Det betyder att alla utsläpp som har en effekt på den globala uppvärmningen räknas om till motsvarande mängd koldioxid med hjälp av viktningfaktorer. Effekten relateras alltid till en funktionell enhet t.ex. kg eller årsproduktion. Samma angreppssätt gäller vid beräkning av de övriga miljöeffektkategorierna

2.2 Lean production

Lean production syftar till att skapa ett effektivt och lärande företag samt att få olika enheter i en värdeökningsskedja att samverka i ett flöde. Tiden i flödet från inkommande råvaror till utgående kan delas upp i en värdeskapande och en icke värdeskapande del. Genom att minska det som inte är värdeskapande frigörs resurser. Med värdeskapande menas värde för kunden.

Andra centrala delar inom Lean är att:

- eliminera förluster och slöserier
- skapa robusta och flexibla flöden
- involvera samtliga medarbetare

Inom Lean strävar man mot en kundorderstyrd produktion med flexibel tillverkning, där produktion sker av rätt produkter till rätt kvalitet, rätt pris och leverans i rätt tid. Vid en produktion med en rik variantflora av produkter enligt massproduktionens principer, måste man lägga produkter i lager för att uppnå hög leveranssäkerhet. Inom Lean production ökas istället flexibiliteten i produktionen, ledtiderna minskas och produktionsfrekvensen ökas. Det innebär att mängden produkter i lager kan minskas väsentligt med upprätthållande av hög leveranssäkerhet. Vinsterna med högre flexibilitet och mindre lager visas i Tabell 1

Tabell 1 Effekten av ökad flexibilitet och minskat lager

Effekt	Miljöpåverkan	Kostnad
mindre spill	mindre	lägre
högre leveranssäkerhet		högre vinst?
minskad energiåtgång	mindre	lägre
binder mindre kapital		lägre
mindre lageryta	mindre	lägre
mindre hantering	(mindre)	lägre

2.3 Uthållig produktion

Uthållig produktion bygger på att jobba mot en samtidigt lönsam och miljöeffektiv produktion. I detta arbete har vi utgått från Lean production och ett livscykelänkande. Förändringar i utformningen av produktionen ger skillnader i miljöbelastning inte bara i direkt anslutning till produktionsanläggningen utan även uppströms och nedströms i produktens livscykel. REELIV-projektet har kombinerat livscykelanalysmetodik, processutveckling och produktionsutveckling för att med hjälp av diskret händelsestyrd simulering studera skillnader i miljöpåverkan vid olika förändringar i industriell tillverkning av livsmedel. Genom simuleringarna blir det möjligt att beräkna de totala miljömässiga konsekvenserna av förändringarna genom hela livscykeln.

För det mesta går ekonomi och miljö hand i hand, men inte alltid. För att kunna fatta beslut där man är osäker bör både ekonomiska och miljömässiga underlag tas fram så att medvetna beslut kan fattas.

En väsentlig frågeställning ur ekonomisk och miljömässig synpunkt är t.ex. hur fler produktbyten och mindre lager förhåller sig till färre produktbyten och större lager.

Fler produktbyten ger ökat spill i produktionen, men ger samtidigt mindre lager. Mindre lager ger lägre energiförbrukning, lägre risk för spill på grund av datumkassaktion, lägre kapitalbindning och mindre lageryta.

2.4 Flödessimulering

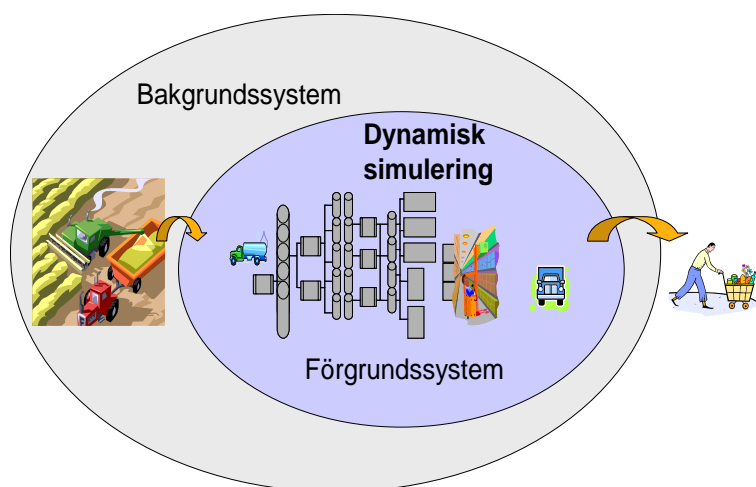
För mer komplexa produktionssystem är det tankemässigt svårt, i de flesta fall omöjligt, att inse vilken effekt en förändring i systemet får. För att öka förståelsen för "vad händer om..." behövs andra verktyg. Ett verktyg som kan användas är flödessimulering, vilket innebär att man gör en datorbaserad modell av verkligheten för att kunna testa effekten av olika förändringar. Modellen kan byggas utifrån ett verkligt system eller ett nytt system man vill testa (ny linje, ny fabrik etc.). Fördelen med att använda simuleringsteknik är att det går att göra "experiment" i simuleringens modell som man inte kan göra i verkligheten. Dessa "experiment" kallas ofta för *scenarier*. I ett scenario bestämmer man sig för vad man vill testa, vilka parametrar som måste ändras och inom vilka intervall samt vilken utdata man vill ha.

I detta arbete har simulering av de olika produktionsenheterna skett med diskret händelsestyrd simulering med ett dynamiskt angreppssätt. Att den är händelsestyrd innebär att det är specifika *händelser* som driver modellen, t.ex. när en tank är full initieras värmebehandlingen osv. (Detta kan jämföras med ett tidsstyrt angreppssätt där nästa processteg initieras efter en given *tid*.) Att modellen är dynamisk innebär att olika parametrar vid simuleringen inte är konstanta utan är statistiskt fördelade (t.ex. normalfördelade, triangelfördelade etc.) - en parameter har inte samma värde när man testar ett scenario flera gånger. Så är oftast fallet även i verkligheten: exempelvis

går en omställning av en maskin inte alltid exakt lika fort varje gång, det finns en viss spridning. Det innebär att man måste göra flera simuleringar av ett scenario för att få representativa resultat. Fördelen med ett dynamiskt angreppssätt är att konsekvenserna av olika samverkande faktorer kan studeras. T.ex. om det blir ett stopp i ett givet processteg *samtidigt* som produktion av Produkt A pågår *och* produkten efter i flödet inte kan "ligga på vänt" så blir konsekvenserna stora, men inte annars.

3 Metodutveckling

För att kunna göra ett simuleringsprogram måste man besluta vad som skall tas med i modellen – man måste bestämma vilket *system* som skall studeras (= *förgrundssystemet*) Även det som är utanför systemet (= *bakgrundssystemet*) kan påverka och här måste beslut tas vad som skall ingå och avgränsningar göras.



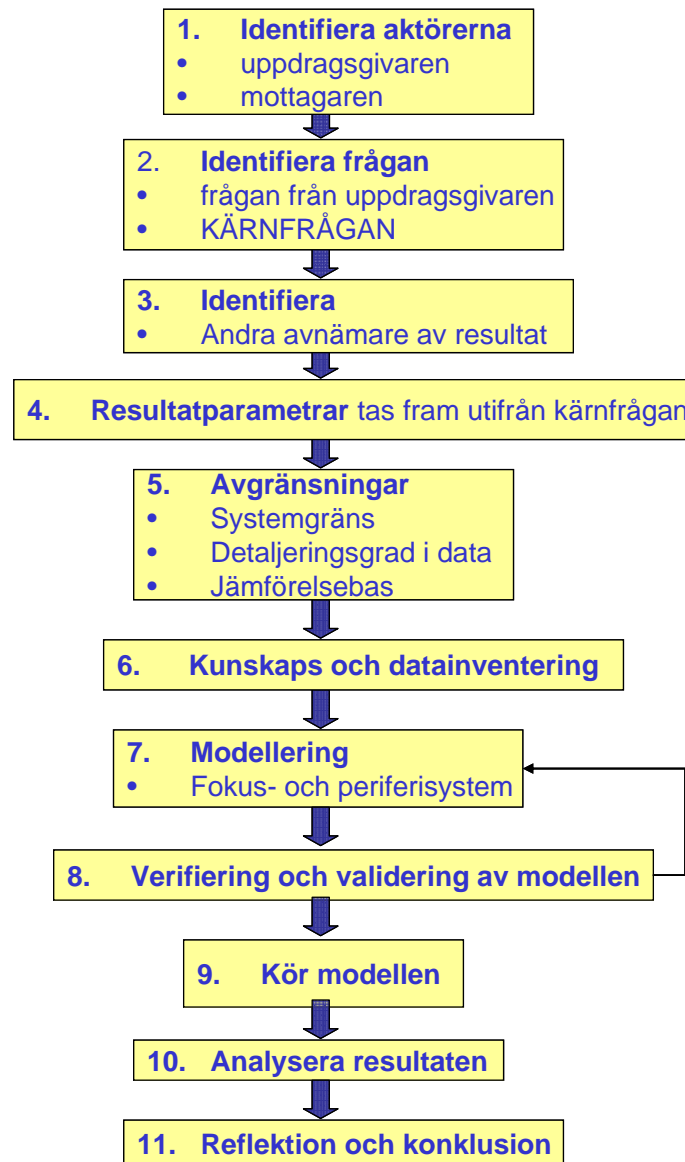
Figur 4. Bakgrundssystem och Förgrundssystem i REELIV-verktyget

I den metod som utvecklats i detta arbete tillhör de delar av produktionen som ska studeras förgrundssystemet och jordbrukssteget, transporter och resurser som bränsle, el, råvaruproduktion och förpackning tillhör bakgrundssystemet (Figur 4). En modell av förgrundssystemet (processen) byggdes upp i *AutoMod* och miljödata från bakgrundssystemet t.ex. miljöpåverkan från primärproduktionen, transporter, energi, media och vatten hanterades i form av olika inparametrar.

3.1 Arbetsprocedur

En arbetsprocedur där de grundläggande koncepten inom diskret händelsestyrd simulering⁸ har kombinerats med de grundläggande koncepten inom miljösystemanalys har utvecklats med utgångspunkt från de tre fallstudierna. I Figur 3 sammanfattas denna arbetsmetodik. Arbetsgången är iterativ.

⁸ Banks, J., Carson, J. S., Nelson B. L., Nicol, D. M., 2004, Discrete-Event System Simulation, 4th ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall Incorporated



Figur 3. Arbetsprocedur

1. Identifiera aktörerna

För att framgångsrikt kunna genomföra projektet är det viktigt att förstå bakgrunden och i vilket sammanhang projektet initierats.

- a. Frågeställaren och Uppdragsgivaren
Vem inom eller utom företaget har ställt frågan? Hur har projektet uppkommit?
Vem är uppdragsgivaren av projektet?
- b. Mottagaren
Vem är mottagaren av resultatet på *företaget* och på vilken nivå i företaget finns mottagaren samt vilket kunskapsområde besitter denne. För att projektet ska kunna få någon genomslagskraft bör mottagaren inneha en position som innebär att denne kan genomföra en förändring i produktionen och dess anknytning. Mottagaren bör också ha kunskap om sin produktion.

2. Identifiera frågan

- a. Information från frågeställaren, uppdragsgivaren och mottagaren

Vilken fråga vill uppdragsgivaren ha svar på? Vilka problemställningar relaterar till frågan?

b. Hitta kärnfrågan.

För att hitta kärnfrågan behöver den identifierade frågan tolkas och brytas ned till hanterbarhet t.ex. genom specifika delfrågor eller scenarier. Det är kärnfrågan som är aktuell nu som ska identifieras men även följdfrågorna som dyker upp i ett senare tidsperspektiv bör förutses. För att hitta de specifika delfrågorna underlättar det att börja med att urskilja potentiella applikationer av resultatet.

För att åstadkomma detta är det viktigt att få med personer med rätt kompetens och som arbetar på rätt nivå i företaget i dialogen. Kunskap som behövs i dialogen är process och produktionskunskap. Avnämaren av resultatet bör vara med och även den som uttryckt behovet av att finna lösning på problemet om denne finns inom företaget.

3. Identifiera ytterligare avnämare av resultatet

Urskilj om det finns fler avnämare än den/de som tidigare identifierats och avväg att ta med dem i projektet, eller att delge dem resultat när sådana är framtagna. Speciellt relevant om mottagaren är en annan än uppdragsgivaren.

4. Utifrån kärnfrågan ta fram resultatparametrar.

Hur ska kärnfrågan besvaras? Börja med att fastställa applikationerna av resultatet. Utifrån hur resultatet ska användas tas resultatparametrar fram. Resultatparametrar kan behöva ändras pga. av bristande tillgång eller kvalitet på indata.

5. Avgränsningar

a. Systemgräns

Sätt upp systemgränsen för vilka delar i livscykeln som är aktuella att modellera.

Rita upp en övergripande konceptuell modell. Dela in den konceptuella modellen i förgrunds och bakgrundssystemet. Förgrundssystem ska innehålla den del av processen där förändringarna sker under själva simuleringen. Bakgrundssystemet är resten av systemet.

b. Detaljeringsgrad i data och modell

Välj detaljeringsgrad för förgrunds och bakgrundssystemet beroende på kärnfrågan. Detaljeringsgraden behöver oftast vara mer noggrann på vissa kritiska punkter, t.ex. vid möjliga flaskhalsar. Gör en bedömning av genomförbarheten i relation till de resurser som finns till förfogande.

c. Jämförelsebas

Välj jämförelsebas och referenspunkt för modellen. Dessa väljs utifrån kärnfrågan. Exempel på jämförelsebas är 1 kg produkt eller årsproduktion eller miljöpåverkan från 1 kg produkt eller årsproduktion. Om kärnfrågan brutits ned till delfrågor eller scenarier kan fler än en jämförelsebas vara aktuell. Referenspunkten skulle t.ex. kunna vara dagens produktionsanläggning.

6. Kunskaps- och datainventering

Inventering av data i förgrundssystemet sker på plats i produktionsanläggningen med hjälp av relevant personal t.ex. produktionspersonal, planerare och inköpare. Inventering av bakgrundssystemet sker t.ex. genom kontakt med underleverantörer, litteraturstudier,

databasstudier eller på annat sätt. Detaljeringsgraden och resultatparametrar kan behöva justera (se punkt 4 och punkt 5b)

7. Modellering

Bygg upp modellen och formalisera den i förgrunds och bakgrundssystem. Förgrundssystemet är dynamiskt och anropar bakgrundssystemet för statisk indata och processa sedan dessa dynamiskt och händelsestyrt. Alla relevanta delar av livscykeln ska läggas in som parametrar i bakgrundssystemet.

8. Verifiering och validering av modellen

a. Verifiering av modellen

Modellen behöver verifieras så att alla i projektteamet anser att modellen uppfyller den funktionalitet och korrekthet i händelseförlopp och finmaskighet som krävs för att kunna utföra analyser för att besvara frågan ställd i 3. och nedbruten i 4.

b. Validering av modellen

Modellen bör om möjligt valideras mot dagens produktion. Om det är frågan om nya anläggningar bör erfarenhet användas i största möjliga utsträckning för att bekräfta modellens giltighet .

9. Kör modellen

Kör de scenarier som defilerats för att lösa problemet. Utför variation av de parametrar som påverkar utparametern av intresse för att svara på huvudfrågan

10. Analysera resultaten

Analysera resultaten från simuleringarna under punkt 9 för att finna den för tillfället bästa lösningen på problemet

11. Reflektion och konklusion

Reflektera över resultatets noggrannhet och tillförlitlighet. Reflektera även över andra intryck som samlats upp under projektets gång, då de kan leda till ytterligare insikter. Var öppen för det oväntade!

3.2 Diskussion

I fallstudie 1 utgick vi helt från Banks modell och beräknade ett urval av emissioner för varje last. I fallstudie 2 arbetade vi integrerat med miljösystemanalys och Banks modell i en tidig version av arbetsmodellen och beräknade här resursförbrukningen och spill för varje last och via postprocessning i Excel kopplades miljöeffekterna till resursförbrukning och spill, vilket förenklade datahanteringen. I fallstudie 3 testades arbetsmetoden som beskrivit ovan. Strategin för att beräkna miljöpåverkan bibehölls. I den tredje fallstudien lades mycket fokus på problemdefinitionen enligt 4-6 i Figur 3.

Ett stort problem som inte förutsågs riktigt var vikten att minimera mängden data som ska hanteras under simuleringen och efterprocessningen genom adekvata avgränsningar när det gäller detaljeringsgraden i relation till problemställningen (steg 5). Storleksordningen på datamängden som hanterades i simuleringen får exemplifieras av fallstudie 2 där antalet indata var ca 67 000 och antalet utdata ca 235 000.

Slutligen vill vi poängtera att arbetsmetoden har utvecklats med syfte att hitta förbättringsalternativ i ett produktionssystem. Frågan i detta arbete förutsätts komma från produktionen det är således denna del som ska göras extra noggrant. Bakgrundssystemet har

tagits med för att se konsekvenserna av en ändring i produktionen i ett större systemperspektiv. Vidare gäller att receptförändringar eller förändringar i efterfrågan och liknande frågor inte modelleras, men kan hanteras genom att ändringar i bakgrundssystemet.

Resultatet från de tre fallstudierna redovisas nedan

4 Fallstudier – en introduktion

De generella målsättningarna med fallstudierna var att visa på den förbättringspotential som kan uppnås genom att arbeta med miljöeffektivitet och produktionseffektivitet samtidigt. Problemställningarna har definierats i samverkan med företagen där vi utgått från såväl projektets generella målsättningar (se ovan), forskningsmålsättningarna (metodutveckling) och företaget specifika problemställningar.

I samtliga studier har vi arbetat i två steg, en initial studie och en kompletterande studier, vilket ligger i linje med tillämpningen av den framtagna arbetsproceduren.

Vi har arbetat med tre olika processer som sin emellan har mycket olika karaktär

Tabell 2 Översikt över fallstudierna

Fall-studie	Antal anställda	Produkt	Årsvolym /antal artiklar	Karaktär	Komplexitet
1: Ingemar Johanssons i Sverige AB	35 (Hela företaget)	Korv	2600 ton/ 104 artiklar	Diskret produktion ”Verkstadsindustriell”	Enkelt flöde, mycket manuellt arbete
2: Kiviks Musteri	83 (är det största av tre bolag i en mindre koncern)	Juicer/ krämer	22000 ton/ 106 artiklar	Kontinuerlig ”Processindustriell”	Relativt enkelt flöde, lite manuellt arbete
3: Arla Foods Brabrand	177 (en av många produktionsenheter i ett Multinationellt företag)	Syrade mejeriprodukter	81000 ton / 240 artiklar	Kontinuerlig ”Processindustriell”	Mycket komplext flöde, lite manuellt arbete

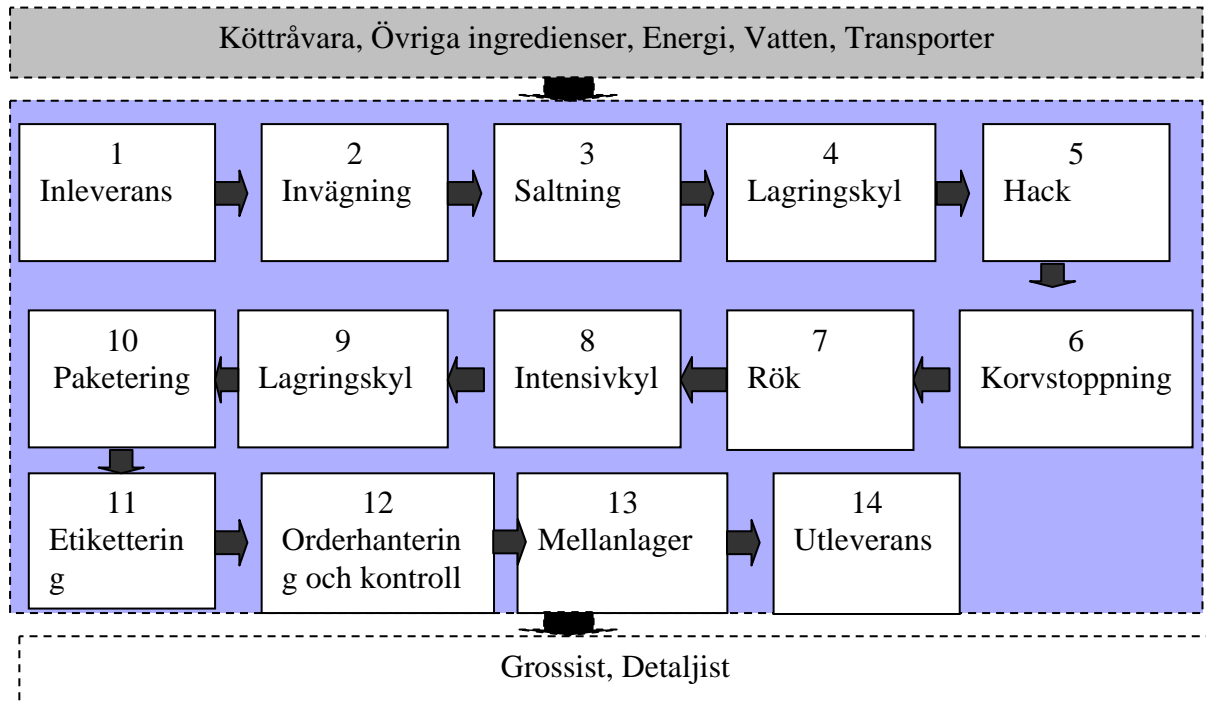
5 Fallstudie 1: Tillverkning av charkprodukter hos Ingemar Johanssons i Sverige

Ingemar Johansson i Sverige AB (IJAB) startade 1958. Sedan 2004 är företaget privatägt. Företaget hade då projektet genomfördes 35 anställda. Årsproduktionen är ca 2600 ton korv (2005). Större delen av produktionen utgörs av EMV-produkter ca (80 %). Man tillverkar främst mot grossist, men en liten del av produktionen säljs direkt till detaljistledet.

5.1 Produktionsenheten

Figur 5 ger en översiktlig beskrivning av processen som modellerats i detta arbete. Alla transporter till och från fabriken sker med lastbil. Efter inleverans sker en avsyning och invägning och saltning av köttet. Efter saltningen hackas köttet. Vid hacken sker variantfördelningen i fabriken. Vid hackningen tillsätts således övriga ingredienser, liksom is, kryddor och eventuellt returnerad ”fulkorv” från produktionslinjen. Efter hacken tillverkas korven vid fyra tillverkningslinjer. Samtliga linjer kan efter omställning användas för produktion

av alla typer av korv. I praktiken planerar man produktionen så att omställningarna blir så få som möjligt. I nästa steg röks korven. Det finns en stor rök med olika in- och utportar ("liquid smoke") och fem mindre rökar som eldas med alsån. Rökningen sker batchvis enligt produktspecifika rökprogram. Efter rökningen kyls korven i en intensivkyl från 71 till 2 grader på en halvtimme. Efter en mellanlagring klipps och paketeras korven. Det finns 2x 2 packlinjer. Olika korvar packas vid olika linjerpar. Därefter sker etikettering, slutkontroll av order och utleverans.



Figur 5 Processbeskrivning, Blå= Förgrundssystem och Grå = bakgrundssystem

5.2 Scenarier

Utgångspunkten för arbetet var att genomföra en utvärdering av linjens effektivitet och miljöpåverkan med speciellt fokus på förpackningslinjen

Med hjälp av simuleringsmodellen som byggdes upp i AutoMod formulerades scenarier kring:

- Dagens produktionssystem (2005).
 - Validering av modell
 - Identifiering av svaga punkter
- Förbättringsalternativ i förpackningslinjen
- Övriga förbättringsalternativ

5.3 Resultat och rekommendationer

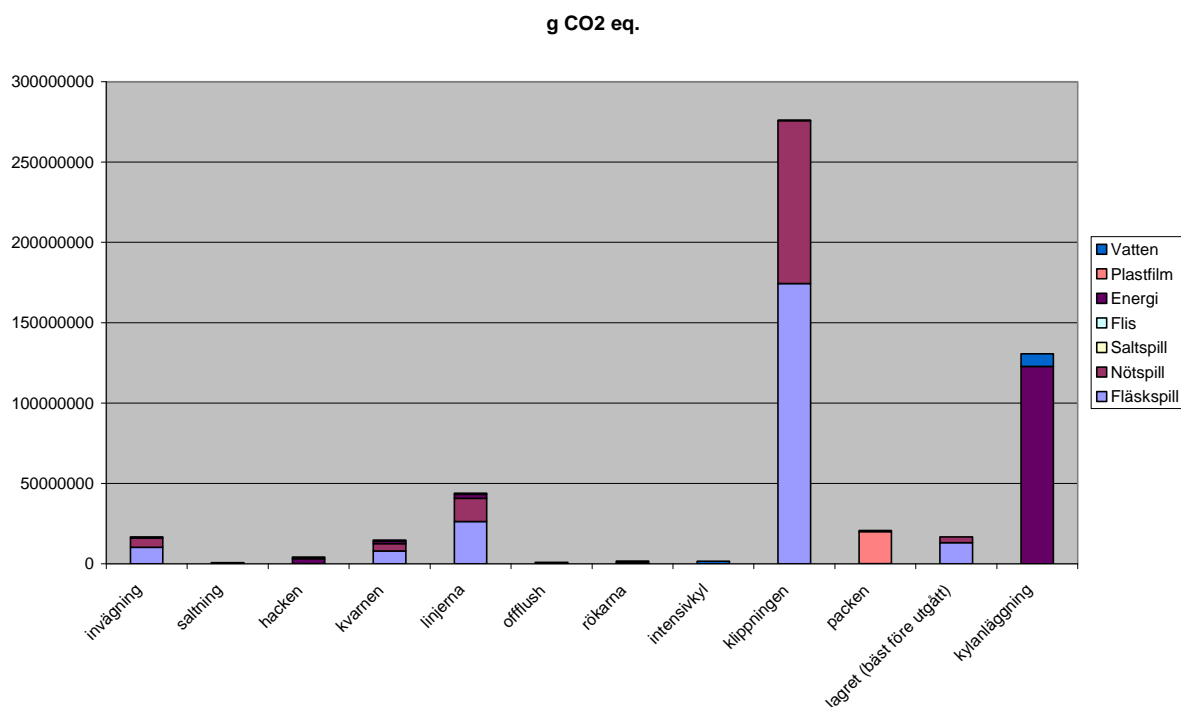
Baserat på flödessimuleringar kunde följande slutsatser och rekommendationer göras

- Stor artikelflora ger många omställningar och specialhantering
 - Utvärdering av nuvarande artikelflora för minimering av ogynnsamma artiklar
- Val av råvaror påverkar miljön
 - Se över råvaror, transporter och recept
- Frammatning till packmaskiner är en kritisk faktor för produktionshastigheten
 - Plockrobot kan, rätt använd, spara arbetstimmar och öka matningshastigheten

- ”Lineoperatör1” arbetar mycket övertid
 - Låt fler operatörer dela på ansvaret för rökugnarna

Produkternas och produktionens klimat- och miljöpåverkan beräknades ur ett livscykelperspektiv. Baserat på dessa beräkningar kunde följande slutsatser och rekommendationer göras:

- Ur ett produktionstekniskt perspektiv bidrar spillet vid klippningen och energiförbrukning i kylarna mest till klimatpåverkan.
 - Se över olika sätt att minska produktspill med början vid klippningen
 - Se över utnyttjandet av kylrummen i syfte att minska kylbehovet



Figur 6. Klimatpåverkan som relaterar till tillverkningen fördelat per resurs Värdena visar den totala klimatpåverkan för 2005 års produktion

När det gäller produktionseffektivisering baserad på lean principerna, finns några faktorer som är centrala: *standardisering*, *att mäta och följa upp*, *ständiga förbättringar* i både det lilla och stora perspektivet, *uthållighet i tiden*. Hos IJAB finns stora inslag av manuellt arbete och flexibilitet och yrkesskicklighet hos personalen är en överlevnadsfråga. Därför är det extra viktigt att personalen är med och standardiserar arbetssättet så att de personella resurserna tas tillvara på bästa möjliga sätt. Vidare gäller att när produktsortimentet är stort är fokus på flexibilitet i produktionsflödet och ställtider centralt. För livsmedelsproduktion, där miljöpåverkan av råvaran dominerar kraftigt (t.ex. kött) måste också spillreducering ingå i arbetet med mätning, standardisering och ständiga förbättringar. Att ta tillvara sina råvaror är både en ekonomisk och miljömässig fråga.

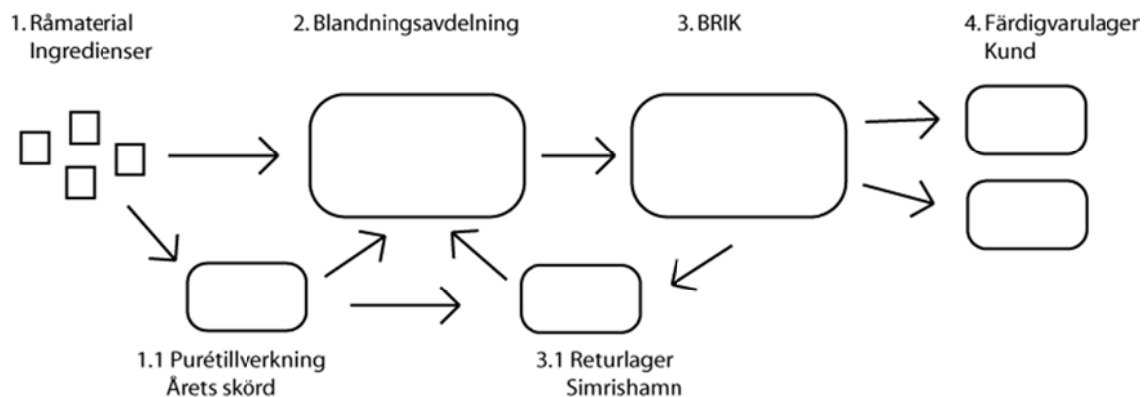
6 Fallstudie 2: Tillverkning av juiceprodukter hos Kiviks Musteri

Kiviks Musteri är ett helägt företag inom Kivikskoncernen. Kiviks Musteri startade i liten skala 1935 och hade 2005 83 årsanställda och omsatte 250 mkr. 90 % av produktionen går till den svenska marknaden och hälften av vad som produceras säljs under Kiviks varumärke. Sortimentsutveckling och varumärkesbyggnad är viktiga faktorer för ökad lönsamhet. Kiviks Musteri var bland annat först med vin på Tetra Brik. Viktiga produkter för Kiviks Musteri är Kiviks Herrgårdscider och Årets Skörd, kräm på Tetra Brik, cider för försäljning på systembolaget och även svensk tillverkning av mousserande vin. Produktionsvolymen på glaslinjen (glas, burk, PET) var 2005 16,5 miljoner förpackningar/år och på Tetra Brik linjen 44 miljoner förpackningar/år. Vidare produceras 14,1 ton halvfabrikat/år. Utöver eget lager finns 8000 pallplatser i ett externt färdigvarulager (kyllager).

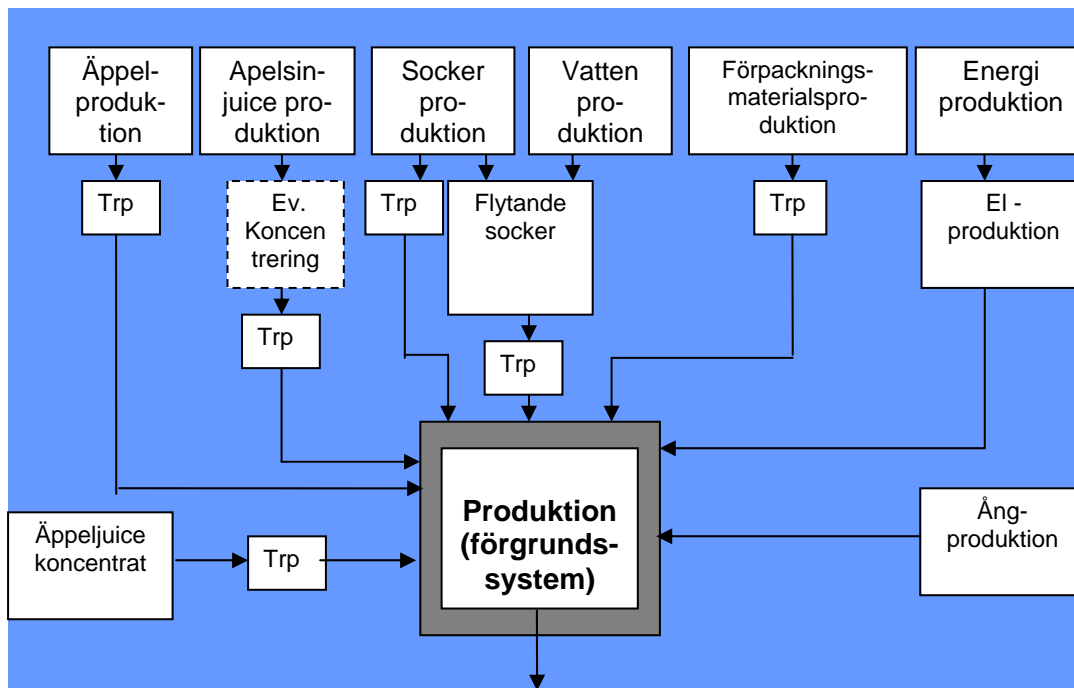
6.1 Beskrivning av systemgränser och produktion

I detta projekt har Tetra Brik-linjen studerats. Här förpackas juicer/puréer/koncentrat aspektiskt. Tillverkningsprocessen kan delas in i ett primär- och ett sekundärflöde (Figur 7). Produktens primärflöde består av råvarumottagning, blandningsavdelning, fyllinjer och färdigvarulager. Flexibiliteten mellan värmväxlare och förpackningsmaskiner är inte fullständig. T.ex. kan inte de mindre förpackningsmaskinerna köras i kombination med tubvärmväxlare och krämerna kan inte passera plattvärmväxlare. I det sekundära flödet ingår puréttillverkning av råmaterial och lagerhållning av returerna. Den trånga sektorn är normalt förpackningsmaskinerna.

Systemgränserna för förgrundssystemet vid flödessimuleringen beskrivs i Figur 8. LCA-data för råvaror/koncentrat, ingredienser, råvarutransporter, förpackning, vatten och energisystem tillhör bakgrundssystemet.



Figur 7. Schematisk bild av förgrundssystemet. En detaljerad beskrivning av produktionssystemet finns i Delrapport 1: Flödessimulering av livsmedelsproduktion; Kiviks Musteri AB – en studie inom forskningsprojektet REELIV⁷.



Figur 8 Systemgränser Kiviks Musteri AB, Blå = bakgrundsystem Grå = förgrundssystem.

6.2 Scenarier

Utgångspunkten för arbetet var att genomföra en utvärdering av linjens effektivitet och miljöpåverkan. Produktionen är idag både lager- och kundorderstyrd. En specifik frågeställning i arbetet handlade om att utifrån denna utgångspunkt utvärdera hur batchstorleken bör styras för att förbättra effektiviteten och minska miljöpåverkan från spill.

6.3 Resultat och rekommendationer

Simuleringar och analys baserade på 2006 års produktion visar att

- batchstorleken kan, baserat på ett förenklat kontinuerligt simuleringsförfarande, minskas till upp till 50 % utan att den totala produktionstiden ökar vilket ger ett bättre flöde och mindre väntetider (Tabell 3).
- genom matchning av produktionsorder och tankstorlek kan spillet minskas och därmed klimatpåverkan ur ett livscykelperspektiv.
- genom byte av olja mot förnyelsebara bränslen kan klimatpåverkan från energianvändning i anläggningen i det närmaste halveras jämfört med 2006 års värden .
- genom ökning av produktionsfrekvensen (minskad batchstorlek) kan det externa fryslagret bytas ut mot ett lokalt kylager. Det skulle innebära att spillet kan minskas med 35 % och klimatpåverkan med ~20 % samt lägre kostnader genom att transporterna till returlager försvinner och genom att driftkostnaderna blir lägre med kylager.

Tabell 3. Batchstorlekens inverkan på spill och produktionstid

Normaliserad batchstorlek (N) för en årsproduktion (2006)	Relativt spill	Relativ ändring i total produktionstid*
2	0.6	1.08
1	1	1
0.5	1.9	1.03
0.25	3.7	1.11
0.125	7.5	1.52
Batchstorlek = blandtankstorlek (20 000 liters) minimalt antal produktbyten	0.29	0.94
Batchstorlek = blandtankstorlek (20 000 liters) maximalt antal produktbyten	1.60	1.01

* sista gången utrustningen används i modellen

När det gäller Kiviks Musteri är såväl *variantflexibiliteten* (många olika produkter) som *volymflexibiliteten* (stora variationer i produktionsorder) viktiga att överväga. När det gäller variantflexibiliteten så handlar det om att hantera ställtider och spill vid produktbyten. Vid en ökad produktionsfrekvens kommer dessa aspekter att bli allt viktigare. När det gäller att minska spillet så finns olika teknologier att pröva. Det finns tekniker där gränfaser kan skiljas åt eller där de exakt kan urskiljas. Exempel på tekniker är UVP-PD och PIGs. Med dessa tekniker kan blandfasen i ett rör minskas mellan 50-75%⁹

När det gäller *volymflexibiliteten* handlar det om att kunna hantera den stora variationen som finns i ordervolym. Genom att utjämna batchstorleken dvs. minska de stora batcherna och behålla eller öka på de minsta batcherna minskar volymvariationerna och flexibiliteten ökar.

Kiviks produkter har en förhållandevis lång hållbarhet. För att få så bra helhetslösning som möjligt är det viktigt att lagervolymer och lagerstatusen alltid tas med i analysen samtidigt som valet av orderstorleken/produktionsfrekvens.

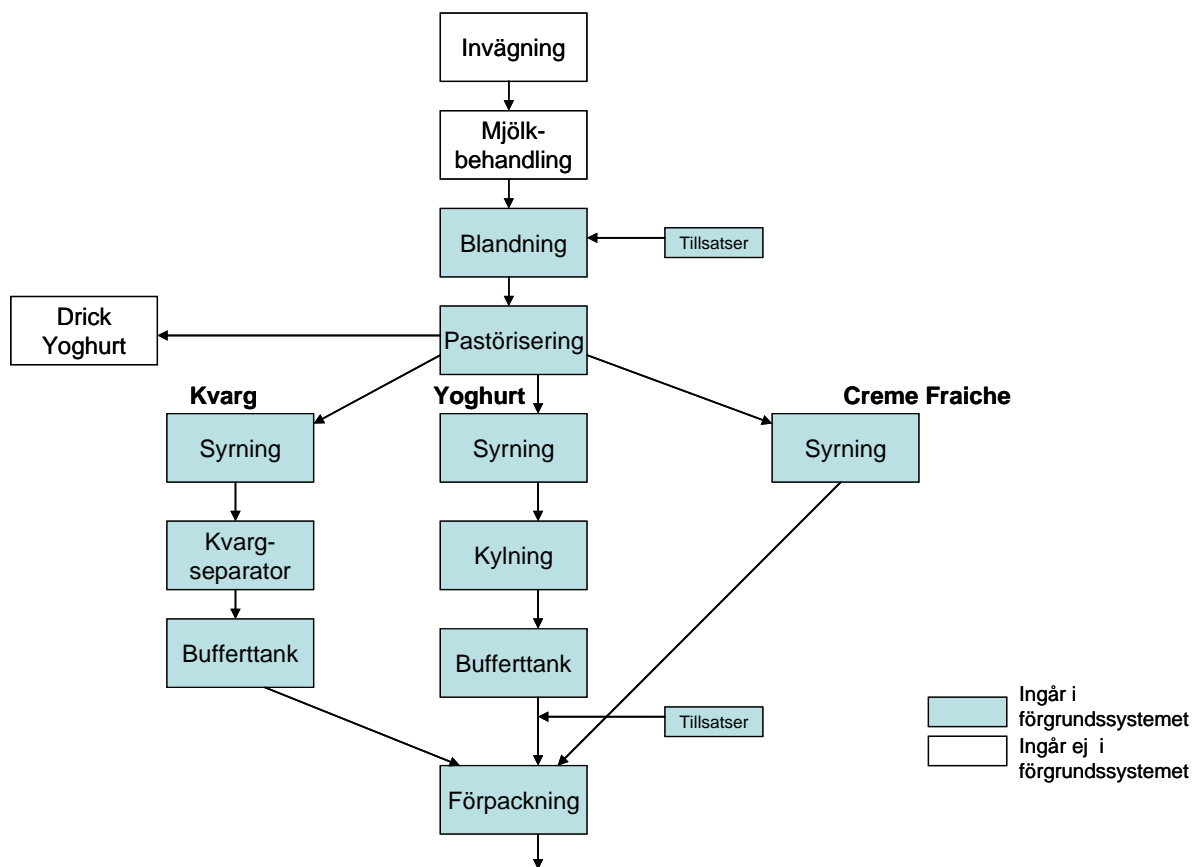
7 Fallstudie 3: Tillverkning av syrade mejeriprodukter hos Arla Foods

7.1 Produktionseenheten

Arla Foods mejeri i Brabrand i Danmark har gett underlag för denna del av studien. Mejeriet hade 2006 en invägning på ca 85 M kg mjölk och tillverkar olika typer av syrade mejeriprodukter såsom yoghurt, drickyoghurt, Crème Fraiche och kvar, fördelade på ca 265 olika produkter.

⁹ Enligt uppgift från Johan Wiklund SIK och Tetra Pak

En *mycket förenklad* princip för tillverkning av produkterna visas i Figur 8. Mjölkråvaran med tillsatser från blandning fram till sylttillsättning efter bufferttank kallas *bas*. De 265 produkterna fördelas på ca 40 olika baser.



Figur 8 Förenklad princip för tillverkning av Brabrand's produkter ingående i studien

Den ingående mjölmängden som går till yoghurt, kvarg och Crème Fraiche var 2006 ca 72 M kg. Volymandelen produkter från Brabrand som ingick i studien var ca 84 %

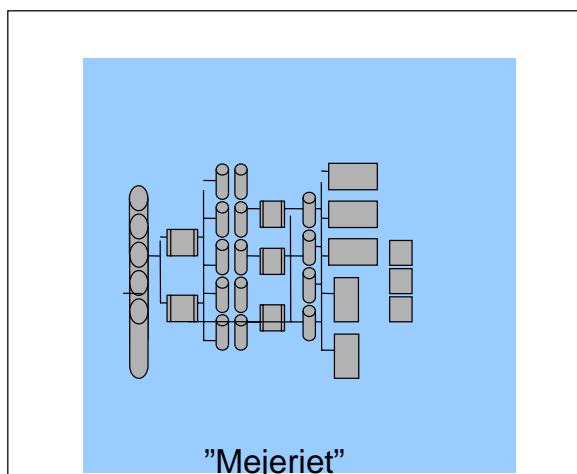
Mejeriet har inget eget lager utan skickar allt som produceras till de fyra distributörerna. Dessa distribuerar sedan produkter ut till butik eller för vidaretransport till andra länder.

7.2 System

Eftersom projektet har velat undersöka "uppströms" och "nedströms" effekter av åtgärder på olika nivåer i livsmedelskedjan har två olika förgrundssystem använts.

1. "Mejeriet"

Produktionsenheten för syrade produkter (ej drickyoghurt) – från blandning till förpackning. Det innebär att invägning och mjölkbehandling inte är med i simuleringsmodellen, att spillrets miljöpåverkan endast omfattar primärproduktionen t.o.m. mjölkbehandlingen men inte ytterligare förädling fram till spillrets uppkomst, att drickyoghurt bara är med t.o.m. pastör och att de baser som härrör till dessa produkter går ut ur systemet. Detta system kallas nedan "mejeriet".

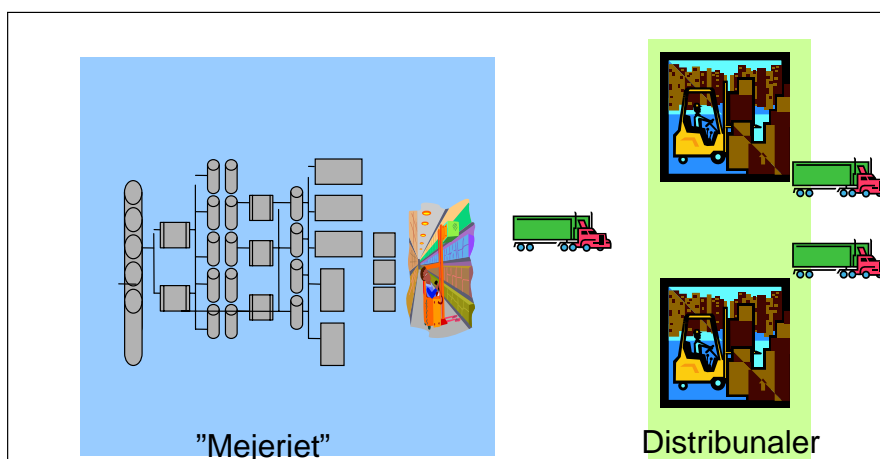


Figur 9 Förgrundssystem 1 "Mejeriet"

2 Mejeriet + distribunalerna

I det andra förgrundssystemet ingår "mejeriet" enligt ovan och de 4 distribunalerna, Ca 15 % av distribunalernas sammanlagt ca 6000 pallplatser upptas av produkter från Brabrand. Tre av distribunalerna är samlokaliserade med mejerierna i Christiansfeld, Hobro och Slagelse och kan bara redovisa energianvändningen för mejeriet och lagringen totalt. För att beräkna Brabrands andel av energianvändningen för lagring på distribunalerna används energianvändningen per pallplats i Ishøj, som enbart är en distribunal. Med Ishøj som referens sker omräkning av energi per pallplats på Christiansfeld, Hobro och Slagelse.

Distribunalerna antas använda samma el och bränsle som mejeriet. Mängden spill p.g.a. sent datum eller produkter som säljs till lägre pris p.g.a. sent datum är enligt uppgift från Arla Foods 0,1 %.



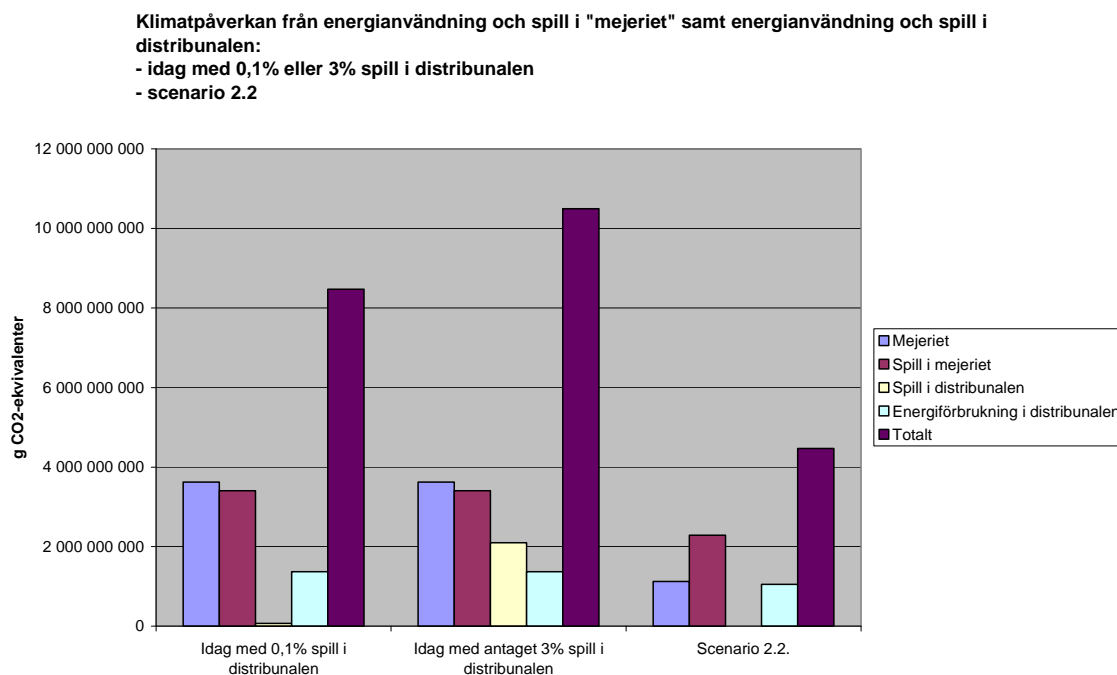
Figur 10 Förgrundssystem 2 "Mejeriet +distribunalerna"

7.4 Resultat och rekommendationer

Att minska spillet ger den absolut största möjligheten att minska miljöpåverkan i det studerade systemet "mejeri + distribunalerna", men energikällorna är också viktiga. En total *reducering av klimatpåverkan med ca 50 %* kan uppnås genom

- spillreducering mellan bufferttankar och förpackningsmaskin (62%)
- dubbla produktionsfrekvensen för de största produkterna (29 % av produkterna motsvarande 61 % av volymen)

- minska lagervolymer motsvarande den ökade produktionsfrekvensen
- övergång från olja till flis
- övergång från dansk till ”grön el” (här vindkraft).



Figur 11. Klimatpåverkan idag med 0,1 och 3 % spill i distribunalerna och scenario 2.2 som representerar ett "best case" som innefattar energieffektivisering i diskcentral, övergång från olja till träflis samt övergång från dansk el till grön el, ökad produktionsfrekvens, spillreducering i mejeriet, minskat lager, mindre spill i distribunalerna.

Samtidigt kan Arla Foods minska sina kostnader med ca 29 – 40 M kr/år och öka produktionskapaciteten med ca 990 ton/år. Då har inte hänsyn tagits till de investeringar som gjorts för spillreducering, övergång till flis och ”grön el”, men heller inte för minskade kostnader för mindre lageryta, mindre resursbehov i lagret samt vad hög leveranssäkerheten med bra datum innebär.

Att minska spillet med upp till 60% eller mer mellan bufferttankar och förpackningsmaskin är inte realistiskt idag. Det kan krävas ett nytt sätt att tänka med ombyggnad och investering i teknik, men intjäningspotentialen är stor, både ekonomiskt och miljömässigt.

Förutom spillet är det viktigt att fundera över behovet av *variant- och volymflexibilitet* i sin produktionsenhet. För Brabrand behövs både flexibilitet för många olika artiklar och flexibilitet för en väldigt stor spridning på efterfrågan. En uppdelning i produktionslinjer för hög- och lågvolymprodukter skulle troligen förbättra utnyttjandegraden.

Lika viktigt som att minska stora batcher är att öka alltför små batcher.

Vinsterna av ett bättre utnyttjande av syringstankarna utvärderades genom att anpassa batchstorleken så att syringstankarna alltid är fyllda. En ”utjämning” av produktionen genom att helt fylla eller inte alls köra syringstankar för sex av baserna (21 % av antalet produkter och 44 % av volymen) ger, enligt simuleringarna, en ökad produktionskapacitet med 5 %. Ytterligare simuleringar skulle kunna visa hur mycket utnyttjandegraden förändras om alla produkter körs med ”utjämnad” produktion.

En intressant iakttagelse är att i systemet ”mejeriet+distribunalerna” jämföra dagens förutsättningar och spillreducering i mejeriet med ökad produktionsfrekvens, spillminimering i mejeriet och minskat lager. Med ett spill på 0,1 % i distribunalerna p.g.a. för lång lagerhållning ger de båda scenarierna omkring 20 % lägre klimatpåverkan och skillnaden mellan dem är marginell. Vid 3 % spill blir minskningen i klimatpåverkan dubbelt så stor i fallet med ökad produktionsfrekvens. Även om det finns stora osäkerheter och ett antal antaganden i beräkningarna visar resultaten att en analys av ett större system kan ge andra svar än att bara titta på ett enskilt mejeri. Några generella slutsatser av batchstorlekar bör man inte dra då resultatet påverkas av produktionssystemets uppbyggnad, av spilllets miljöpåverkan i förhållande till förädlingens (annorlunda för t ex en vegetabilisk råvara) och av sammansättningen i energiförsörjningen (annorlunda för t ex svensk medel-el), men det viktiga är att göra analysen – svaren kan inte intuitivt ges innan.

En analys bör göras över effekterna när man ökar produktionsfrekvensen. Skall produkter produceras varje dag, varannan dag eller flera gånger per dag? Här kommer spillet med som en viktig faktor, men också betydelsen att hantera mindre batcher ur ett spårbarhets- och kostnadsperspektiv. Fördelar med att producera ofta:

- mindre mängd behöver kallas tillbaka vid kvalitetsfel; lägre kostnad
- ett kvalitetsfel med eventuellt tillbakadragande slår inte lika hårt mot leveranssäkerheten
- flexiblare gentemot marknadsförändringar
- mindre lager behövs – lägre energiförbrukning
- minskade kassationer/spill i lager p.g.a. att hållbarhetstiden gått ut

8. Diskussion

Flödessimulering ger många möjligheter till analyser av orsak-verkan-samband, speciellt i mer komplexa produktionssystem. I detta projekt har simuleringarna använts för att utvärdera produktionsfrekvensens betydelse för effektivitet och miljöpåverkan vid tre olika produktionslinjer med olika karaktär (se Tabell 2).

Juiceproduktionen hos Kiviks Musteri och mejeriproduktionen i Brabrand Mejeri är båda klassiska kontinuerliga slutna processer som i övrig processindustri. Juiceproduktionen har i vårt fall ett relativt enkelt flöde. Miljöpåverkan i detta fall relaterar främst till eldningsolja som användes som bränsle vid ångproduktionen och till produktspill. En stor del av detta spill är produkt som inte körs hela vägen fram till förpackningen vid produktbyten, dvs. ”ej tillvaratagen retur”. Mejeriproduktionen har en betydligt högre komplexitet i sitt flöde. Därtill kommer att vid produktion av syrade produkter är processtiden vid syring 4±1 timmar respektive 20±1 timmar beroende på produkttyp. Det senare medför att produktionsordningen blir synnerligen viktig. Miljöpåverkan från spillet är förhållandevis stort för mejeriet eftersom mjölk är ett animaliskt livsmedel. Korvtillverkningen hos Ingemar Johansson i Sverige AB karaktäriseras av mycket manuellt arbete och stor personlig rörlighet, dvs. personer i produktionen har många olika uppgifter, som inte alltid är definierade. Produktionen handlar till stor del om att hantera diskreta produkter, ett kar med korvsmet, ett rack med stoppad korv osv. När det gäller miljöpåverkan så innebär användandet av köttråvara att stor vikt måste läggas vid att minska spillet.

När det gäller resultaten hos respektive företag kan vi konstatera att vi i samtliga fall kunde visa på förbättringspotentialer både när det gäller ekonomi och miljöpåverkan. Vid produktion av såväl juice som mejeriprodukter gav en ökad produktionsfrekvens en ökad effektivitet. Genom

att arbeta aktivt med spillreducering kunde vi i alla tre fallen visa på hur och att klimatpåverkan kunde minskas.

Studien har också visat att det är viktigt att titta på större system än bara enskilda produktionsenheter både för de ekonomiska och miljömässiga analyserna. Om man enbart analyserar en produktionsenhet kommer svaret inte att bli detsamma som analysen av produktionsenheter och lager/distribunaler tillsammans. Analysen måste göras i ett holistiskt perspektiv – svaren kan intuitivt inte ges innan. Ett naturligt nästa steg i arbetet är att modellera hela försörjningskedjor för att fånga upp fenomen som påverkar hela försörjningskedjan.

En gemensam faktor för alla tre fallstudierna var att planeringen i produktionen till stor del grundade sig på prognoser och personalens skicklighet och omdöme. En verklig produktionsbeskrivning fanns sällan att tillgå i efterhand. Detta gjorde det svårt att bygga adekvata modeller. Speciellt svårt var det att hantera charkproduktionen som karaktäriserades av mycket manuellt arbete och ”eget initiativ”. Mejeriproduktionen var också svår att hantera eftersom den är mycket känslig för fel i val av tankar och starttider under själva processen. Ändringar i indata (t.ex. produktionsfrekvensen) skapar lätt köer om inte produktionsplanen justeras allteftersom.

En slutsats från detta är att ju mer standardiserat arbetet är och ju mer dokumentation som finns tillgänglig ju bättre blir modellerna och därmed också möjligheten att analysera systemet och förbättringspotentialen. I detta arbete har vi byggt upp en erfarenhet av vad som behöver mätas och dokumenteras, vilket utgör en utmärkt grund för det fortsatta arbetet i respektive företag. Att kombinera detta simulerings verktyg, som är avsett för strategisk analys av produktionen, med statistiska planeringsverktyg för den dagliga produktionen är ett koncept som bör prövas. Speciellt i de fall då produktionen är mycket komplex och svår att överblicka som t.ex. produktionen av syrade produkter i Brabrand.

När det gäller produktionseffektivisering baserad på Lean, finns några faktorer som spelar stor roll:

- standardisering
- att mäta och följa upp
- ständiga förbättringar i både det lilla och stora perspektivet
- uthållighet i tiden

Detta är viktiga faktorer för alla industrier. När produktsortimentet är stort är fokus på flexibilitet i produktionsflödet och ställtider centralt. För livsmedelsproduktion, där miljöpåverkan av råvaran är viktig måste också spillreducering ingå i arbetet med mätning, standardisering och ständiga förbättringar. **Att ta tillvara sina råvaror är både en ekonomisk och miljömässig fråga.** När det gäller produktbyten för flytande produkter finns det flera olika tekniker och teknologier som skulle vara värda att pröva. Genom att fokusera på spillreducering på samma sätt som ställtidsförkortningar finns det många möjligheter till förbättringar med avseende på såväl miljö som ekonomi.

På grund av att det för många råvaror saknas miljödata är möjligheterna att exakt beräkna miljö- och klimatpåverkan begränsade. Detta gäller framförallt Kiviksstudien där antalet råvaror är stort. Eftersom mixen av produkter i varje scenario varit densamma i Kiviksfallet kommer dock de relativa förändringarna att vara korrekta. Storleksordningen på miljöpåverkan bedömer vi trots detta ligga på rätt nivå i samtliga fall. I mejeristudien har vi bara räknat med mjölkkråvara eftersom denna dominerar helt (andra råvaror som kan ingå med några få procent är t.ex. syltberedningar). För kornproduktionen dominerar köttråvaran. I detta fall har vi även kunnat bryta ner indata beroende på om svenskt eller danskt kött (nöt eller gris) använts.

Ett företags organisation och förmåga att ta emot och omsätta och arbeta vidare med denna typ av frågor varierar i hög grad. Det är därför viktigt att förankra denna typ av arbete med rätt personer i företaget och på rätt nivå. I större företag hanteras t.ex. miljöarbetet och supplychain-frågor på koncernnivå/företagsnivå av *olika* personer. Det är viktigt att försöka involvera dessa personer tidigt annars är risken stor att resultatet från ett arbete som detta faller mellan två stolar. En liten praktisk notering är också att visualiseringen av simuleringen med hjälp av programvaran har ett stort pedagogiskt värde för företagen och mottagandet av resultaten.

När det gäller arbetssättet så är det inte bundet till livsmedelsbranschen, men det är viktigt att notera att det kan vara helt andra faktorer i andra branscher som styr miljöpåverkan än de som identifierats här. Slutsatserna i detta arbete präglas av primärproduktionen förhållandevis stora miljöpåverkan. För många andra produkter är det när produktens brukas som bidrar mest.

9. Slutsatser

- En arbetsmetod där DES och LCA har kombinerat till ett redskap har utvecklats och validerats.
- Genom att integrera miljöaspekter ur ett livscykelperspektiv och produktionsmodellering kan viktiga kopplingar mellan produktion och miljöpåverkan påvisas som är svåra att fånga upp på annat sätt.
- Genom modellering kan dessa kopplingar kvantifieras ekonomiskt och som miljöpåverkan.
- Produktpillet vid livsmedelsproduktion bidrar för såväl juice, korv och syrade mejeriprodukter i väsentlig grad till miljöpåverkan. Andra viktiga källor för miljöpåverkan är energi (ånga och el till kyl- och fryslager).
- Resultaten är beroende av systemgränserna. Färdigvarulagret bör inkluderas i förgrundssystemet eftersom lagernivån är viktig för leveranssäkerheten samtidigt som det binder kapital och påverka miljön.



Huvudkontor/Head Office:

SIK, Box 5401, SE-402 29 Göteborg, Sweden.

Telephone: +46 (0)10 516 66 00, fax: +46 (0)31 83 37 82.

Regionkontor/Regional Offices:

SIK, Ideon, SE-223 70 Lund, Sweden.

Telephone: +46 (0)10 516 66 00.

SIK, Forslunda 1, SE-905 91 Umeå, Sweden.

Telephone: +46 (0)10 516 66 00.

SIK, c/o Almi, Box 1224, SE-581 12 Linköping, Sweden.

Telephone: +46 (0)10 516 66 00.

www.sik.se