

Klimat 21

Den energieffektiva butiken i teori och praktik

Jaime Arias

**Avdelningen för Tillämpad Termodynamik och Kylteknik
Institutionen för Energiteknik
Kungliga Tekniska Högskolan
100 44 Stockholm**

Deltagande parter:

Institutionen för Energiteknik, KTH.

AKA Kyla AB.

ICA Handlarna AB.

KF Projekt & Fastigheter.

Svensk Butiksservice AB.

Sveriges Provnings- och forskningsinstitut.

Projektledare: Per Lundqvist,
Institutionen för Energiteknik, KTH

Controller: Per Fahlén,
Sveriges Provnings- och forskningsinstitut

Sammanfattning

I projektet "Den energieffektiva butiken i teori och praktik" samarbetar Institutionen för Energiteknik, avd. för Tillämpad termodynamik och kylteknik tillsammans med företagen, AKA Nordic AB, ICA Handlarna AB, Svensk Butiksservice AB, KF Projekt och Fastigheter och Sveriges Provnings- och forskningsinstitut. Syfte med projektet är att utveckla en datormodell som simulerar olika systemlösningar för kylsystem i livsmedelsbutiker och som på ett rimligt sätt kan ge en rättvisande bild av energianvändning, miljöeffekter och ekonomiska konsekvenserna. Projektet har pågått under tre år och under tiden har olika modeller utvecklats i såväl dynamiska och kvasistatiska programmiljö som TRNSYS, EES (Engineering Equation Solver), VBA (Visual Basic Application), Delphi, mm. Under första perioden klargjordes de systemlösningar som är mest representativa för kylsystem i livsmedelsbutiker i Sverige och som var aktuella för datormodellen. För att kunna validera modellen startades mätningar i fyra olika butiker, Gröna Konsum i Hjo, Prix i Sala, Gröna Konsum i Farsta Centrum och ICA Plus i Hedemora. Resultaten, från mätningarna i de fyra livsmedelsbutikerna, visar den inverkan som utomhustemperatur, butikstemperatur och luftens relativa fuktigheten har på energianvändning. Under senaste tiden har en modell för energioptimering av livsmedelsbutiker utvecklats i Delphi. I butiksmodellen simuleras i detalj de olika systemlösningar som är mest intressanta för livsmedelsbutiker. Olika komponenter som kyldiskar, frysdiskar, kompressorer, värmeväxlare mm, och deras egenskaper, har blivit inlagda i en databas som anropas från de olika moduler som finns i modellen. Några resultat samt ett preliminärt gränssnitt för datormodellen presenteras i rapporten.

Summary

The project is a co-operation between The Department of Energy Technology, Division of Applied Thermodynamics and Refrigeration and the companies, AKA Nordic AB, ICA Handlarna AB, KF Projekt och Fastigheter, Svensk Butiksservice and the Swedish National Testing and Research Institute. The goal of the project is to develop a user-friendly computer model able to deal with technical solutions, investment economics and environmental impact for supermarket refrigeration systems. The project has been ongoing for three years and during this period different models have been developed in different programming environment such as TRNSYS, EES (Engineering Equation Solver), VBA (Visual Basic Application), Delphi, etc. During the first period, were investigated the most representative system solutions for the refrigeration system in supermarket in Sweden. These system solutions will be simulated and compared in the computer model. Field measurements in four supermarkets in Sweden, Gröna Konsum in the city of Hjo, Prix in the city of Sala, Gröna Konsum in Farsta Centrum in Stockholm and ICA Plus in the city of Hedemora, have been carried out to facilitate validation of the computer model. The results from the measurements confirm the importance and the influence of the outdoor temperature, indoor temperature and relative humidity of air on the energy use. During the last period a computer model in Delphi that simulates different system solutions in detail has been developed. Some components as display cases, compressors, heat exchangers, etc, and their properties have been put into a database that is called from different modules in the model. Some results and a preliminary interface of the computer model are presented in the report.

Innehållsförteckning

Bakgrund och motiv för projektet.....	1
Forskare och industrirepresentant som arbetat i projektet.....	1
Syfte och mål för projektet	2
Resultat	4
Energi, miljö samt industriell relevans	10
Examina	11
Publicering.....	11
Internationell samverkan	11
Slutsatser och diskussion.....	12
Bilagor	12
Bilaga 1 : IEA Annex 26: Advanced Supermarket Refrigeration/Heat Recovery Systems	12
Bilaga 2 : Den energieffektiva butiken i teori och praktik (1998).....	12
Bilaga 3 : Den energieffektiva butiken i teori och praktik (1999).....	12
Bilaga 4 : Field experiences in three supermarkets in Sweden.....	12

Bakgrund och motiv för projektet

Vår tids växande miljömedvetenhet har påverkat livsmedelsbutikbranschen under de senaste åren. Intresset för energieffektivisering och behovet att ersätta köldmedierna CFC och HCFC har ökat och det har främjat utvecklingen av nya tekniker och utrustningar som minskar både energianvändning och köldmediemängden i livsmedelsbutiker. Den totala elanvändningen i svenska butiker är ca 1,8 TWh/år. Av den används ungefär 47 % för kyl- och frysändamål, 27% för belysning, 13% för fläkt och klimat, 3% för kök, 5% för utomhus och 5% övrigt. Kyl och frys, inomhusklimat och belysning är de områden där det existerar stora möjligheter för energibesparingar.

I en utredning som ICA Fastighets AB har gjort noteras att energiförbrukning i en genomsnittlig livsmedelsbutik är 421 kWh/m² och år och att denna varierar beroende på butikens storlek och roll på dagligvarumarknaden. För en stormarknad (7000 m²) är den totala energiförbrukningen 326 kWh/ m² och år medan den för en liten områdesbutik (600 m²) är 471 kWh/ m² och år

Idag finns det ca 95000 löpmetrar kylmöbler och ungefär 40000 löpmetrar frysmöbler i Sverige. Många företag som tillverkar kyl- och frysdiskar har börjat utveckla nya modeller som är energieffektiva. NUTEK anordnade en tekniktävling för energieffektiva kylsystem som Electrolux vann med en ny konstruktion som drar 1745 kWh per meter kyldisk och år. Detta är mindre än hälften av motsvarande äldre konstruktioner.

Utvecklingen av köldmedierna, CFC och HCFC, har också påverkat kylanläggningar i livsmedelsbutiker. Nya lösningar med såväl delvis som fullständigt indirekta kylsystem har tagits fram för att minimera köldmediemängden i kylsystemet. Ett exempel på det finns på en butik i Lund där 36 kg ammoniak ersatt sammanlagt 500 kg av köldmediet CFC. Flera butiker har börjat använda indirekta system till frysdiskar och frysrums med koldioxid eller kaliumformiatbaserade köldbärare.

Vid energioptimering och användning av nya köldmedier måste effekten av olika åtgärder studeras. Nyttan av energieffektiviseringsåtgärder kan dock inte superponeras; två besparingar med var för sig 5% total besparing ger inte 10% tillsammans. Ett modellverktyg där olika systemlösningar för kyla och värme kan simuleras ger möjligheter för projektörer och tekniker att kunna prova och jämföra olika åtgärder för samma butik. Ett sånt verktyg kräver fältmätningar, teoretiska studier och samling av erfarenhet från installationer och drifter av olika systemlösningar.

Forskare och industrirepresentant som arbetat i projektet

AKA Nordic AB, Klas Berglöf.

ICA Handlarna AB, Kennet Lindberg, Håkan Fredén, Per-Erik Jansson.

KF Projekt & Fastigheter, Lennart Bjerkhög, Gösta Andersson.

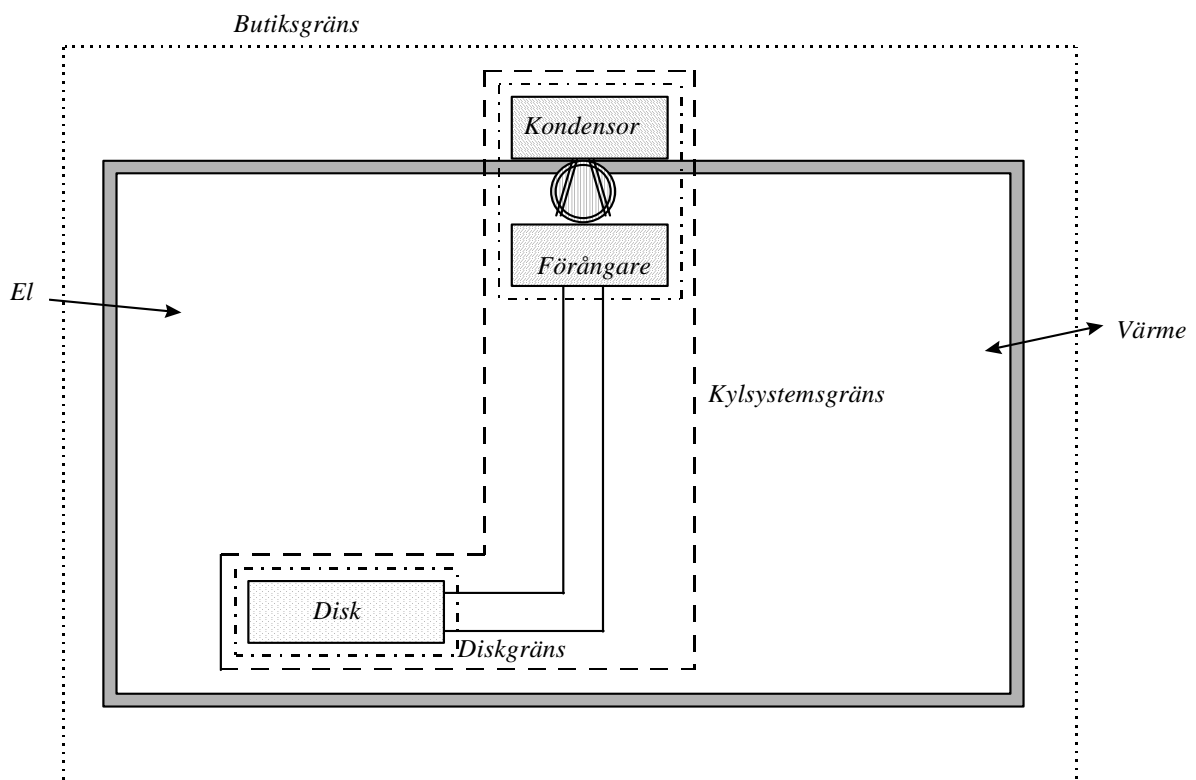
Statens provnings och forskningsinstitut, Per Fahlén, Monica Axell.

Syfte och mål för projektet

Syftet med detta projekt är att fastställa teknikläget samt sammanföra detta i ett datorhjälpmedel för energioptimering av butiker med hänsyn tagen till rimliga ekonomiska ramar. Effekten på CO₂-produktion och andra miljöfaktorer skall direkt synas tillsammans med energibesparing och förväntat ekonomiskt utfall. Metoder för bedömning av LCC (Life Cycle Cost) och miljöanalys enligt LCA-metoden skall integreras i modellen.

Målet är att vid projekttidens slut ha en fungerande datormodell som på ett rimligt sätt ger en rättvisande bild av energianvändning, miljöeffekter och ekonomiska konsekvenser av energieffektiviseringsåtgärder i livsmedelsbutiker. Modellen skall kunna användas av de i projektet deltagande företagen. Detta är en av de stora utmaningarna i projektet: att kombinera energitekniskt och termodynamiskt sunda delmodeller med en rimligt komplexitet i inmatningsskedet är en svår uppgift. Vi ser denna process som en väsentlig del av forskningsuppgiften.

Eftersom forskningsprogrammet riktar sig mot energieffektiva kylmaskiner och värmepumpar skall naturligtvis i huvudsak sådana system modelleras i detalj.



Figur 1: Exempel på systemhierarki, mindre delmodeller bygger upp en större modell.

I bilden finns flera delsystem inritade. Genom att arbeta med moduler kan delsystem bytas ut efter det att modellutveckling/validering fortskrider. En relativt enkel delmodell kan, om den visar sig ha stor inverkan på slutresultatet, omarbetas och utökas. Kanske behövs särskilda fältstudier av denna modell.

För att på ett rimligt sätt sätta in dessa kylsystem i ett större sammanhang måste även de tekniska delsystemen för till exempel uppvärmning och ventilation beaktas. Ett tydligt exempel är värmeåtervinning av kondensorvärme. Utöver de nämnda systemen måste byggnadens klimatskärm modelleras på ett tillfredsställande sätt. Till detta kommer belastning på kylmaskiner i form av belysning och verksamhet.

Syftet med modellen är att olika tekniska lösningar för kyla och värme skall kunna provas och jämföras. Eftersom verksamheten i butiken inte betecknas av "steady-state" skall såväl statiska som dynamiska modeller utvecklas. För att vara så öppna som möjligt vill vi hålla valet av modellverktyg öppet för projektets inledningsfas. I huvudsak tror vi att Visual Basic/EXCEL, EES (Engineering Equation Solver) samt Matlab/Simulink är lämpliga verktyg. På långsikt kan miljöer som IDA eller TRNSYS vara lämpliga verktyg (En butikmodell har utvecklats i USA i TRNSYS). I projektets slutskede har vi valt att modellera butiken i en egenutvecklad programvara i miljön DELPHI. De arbete som skett i de andra miljöerna har inneburit värdefull validering av delmodeller och ökad förståelse för livsmedelsbutiken som system.

En logiskt modell är uppbyggd av validerade delmodeller för olika delsystem. Arbetet skall inledningsvis inriktas mot delsystem för kyla och värme. Här kommer en ytterligare indelning i delsystem att ske. Ett typisk sådan kan vara kompressorkylanläggningen.

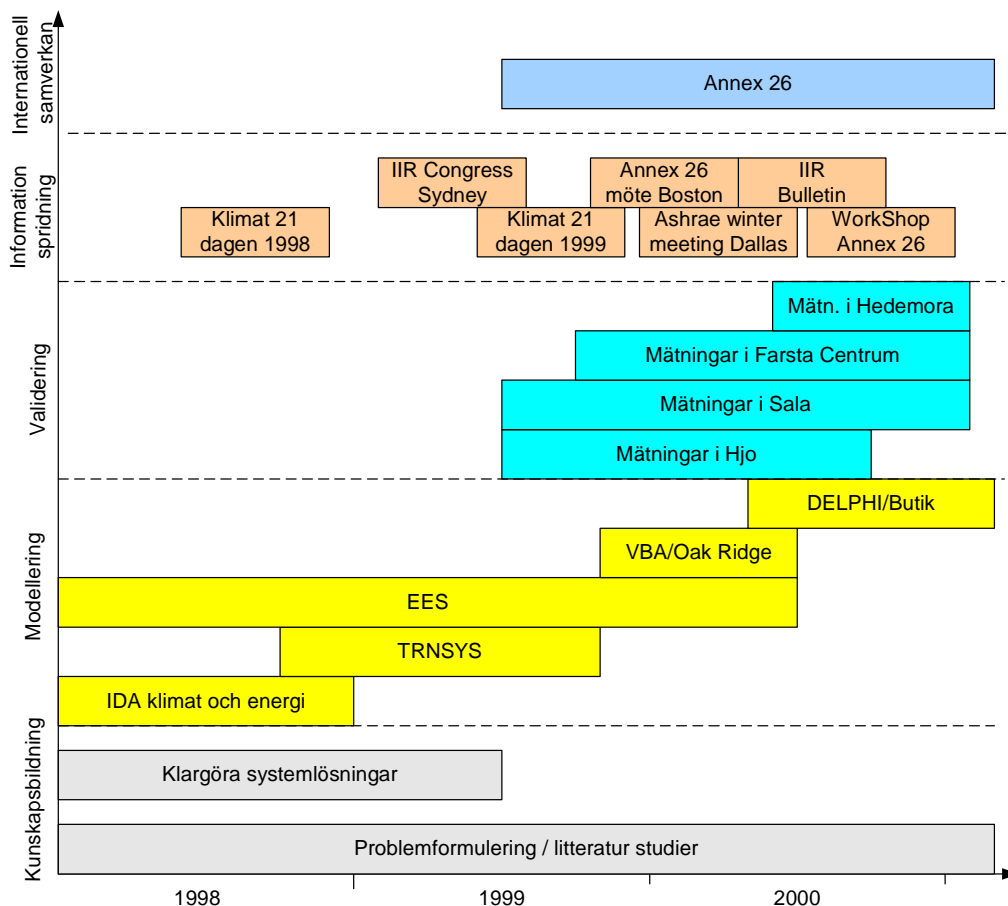
Det är uppenbart att en mycket detaljerad modell som tar hänsyn till fenomen på mikronivå omöjligt kan hanteras i en aggregerad dynamisk modell på butiksnivå (på årbasis). Det är här viktigt att "bygga från grunden". Med detta menar vi att antalet parametrar måste reduceras när delmodeller aggregeras. Ett av projekts viktiga resultat är att i detalj beskriva detta arbete. Vi ser det därför som en viktig del av forskningsuppgiften.

De praktiska projekt som utförs av de deltagande företag skall utvärderas och användas för validering av olika modeller. Det är därför viktigt att utvärdering sker på olika nivåer i systemhierarkin. Exempel på sådan utvärdering kan vara mätningen på kylmaskinens prestanda, kyl och frysdiskar, etc.

Delmål under arbetets gång är att utvärdera de projekt som initieras av de deltagande företagen. Under projekttiden skall den upparbetade kunskapen, tillsammans med tillgänglig internationell kunskap, göras så tillgänglig att en State-of-the-Art butik kan dimensioneras av de deltagande företagen."

Resultat

Under perioden 1988 – 2000 har projekt utvecklats i fem huvudområdena där olika resultatet har kommit fram. Ett schema med de olika huvudmomenten i projektet visas i följande figur.



Figur 2: Schema med de olika huvudmomenten i projektet

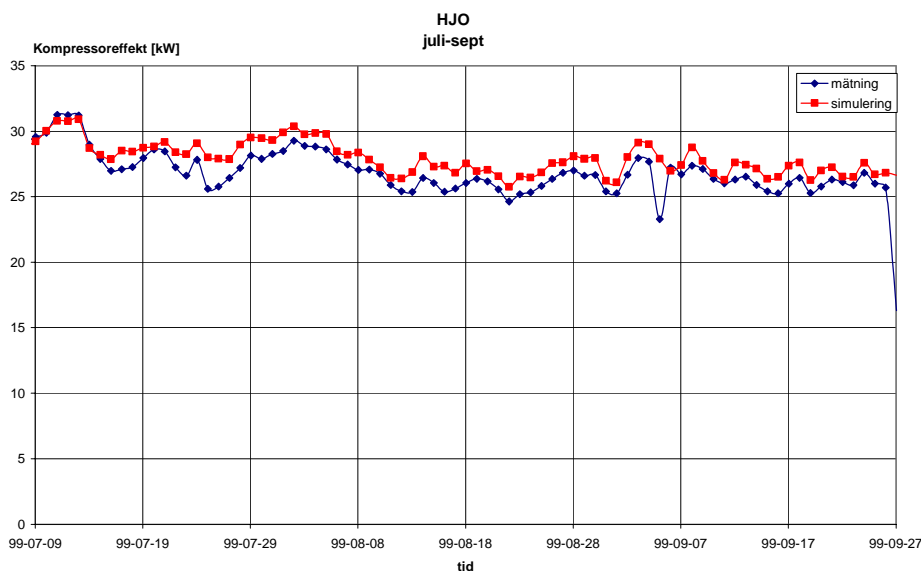
För att fastställa teknikläget som skulle användas i modellen för energioptimering i butiken klargjordes de systemlösningar som är representativa för de kylsystem som finns i Sverige idag. Direkt system, fullständigt indirekt system, delvis indirekt system, kaskadsystem, fjärrkyla som kyler kondensornerna och parallella system med underkylning från kylsida till fryssida är de systemlösningar som kommer att vara grunden i datorhjälpmedlet för energioptimering av butiker.

Under tiden, som projektet har pågått, har olika dynamiska och kvasistatiska¹ modeller utvecklats i olika modellverktyg som IDA klimat och energi, TRNSYS, EES, Visual Basic för Application och DELPHI. Att genomföra modeller i olika miljöer hade som mål att utvärdera möjligheterna för modellbyggnad, mängder av indata, gränssnitt, konvergens, resultat, mm.

¹ Med detta menar vi modeller som är tidsupplösta i diskreta steg, t.ex. intervallet 1 minut eller 1 timme. Inom detta steg bildas medelvärden. Med tillräckligt fina steg blir en sådan modell lika noggrann som en kontinuerlig, dynamisk modell.

Under första perioden utvecklades en modell i Ida Klimat och Energi(ICE). ICE är ett dataprogram som simulerar det termiska inomhusklimatet och energiförbrukning i en byggnad. I programmet utvecklades en enkel modell för beräkning av energianvändning i en plug-in frysdisk som kopplades till ICE. I programmet IDA Klimat och Energi finns stora möjligheter för programbyggnad. Gränssnittet är välgjort och resultat presenteras i form av diagram och tabeller. Antalet färdiga komponenter i programmet var begränsat. Det modellerade, relativt enkla systemet, konvergerade dessutom med svårighet. Det var i huvudsak kopplingen mellan temperaturerna i disken och avgiven kondensorvärme som belastade inomhusklimatet i ICE. Dessa numeriska problem kan säkert hanteras av en van användare. Vårt problem är att användarna av projektresultatet (det färdiga programmet) inte kommer att vara just detta. Detta sammantaget med vissa licensfrågor och det faktum att programmeringsmiljön är under utveckling, ledde oss till beslutet att överge ICE.

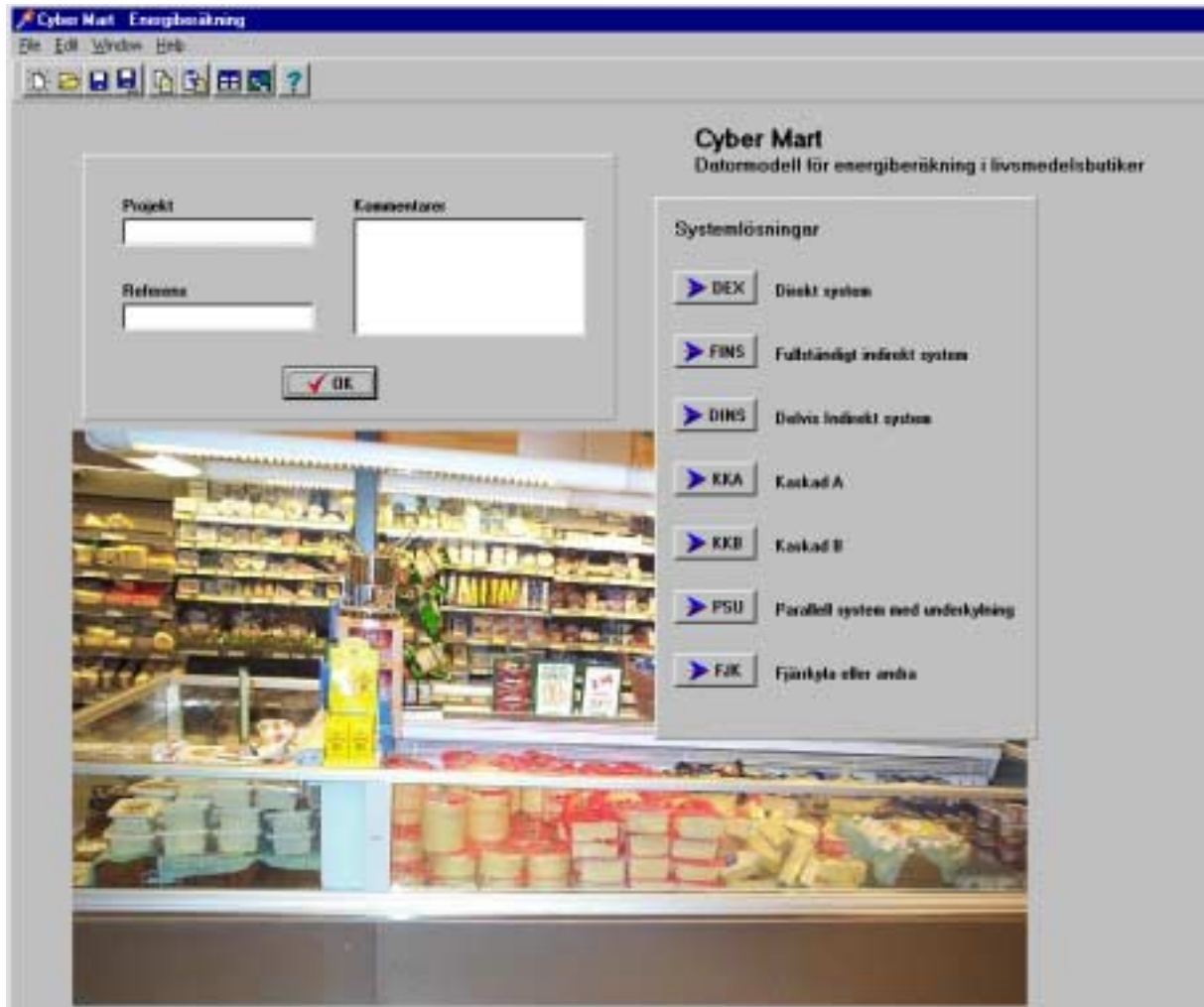
Under 1999 genomförde Tania Pinzon sitt examensarbete, på Institutionen för Energiteknik på KTH, där utvecklade hon en modell i TRNSYS som simulerar ett kylsystem i en livsmedelsbutik. Handledare för detta arbete var Jaime Arias. TRNSYS är ett dynamiskt modellverktyg med färdiga modeller för simulering av olika typer av byggnader. I programmet finns färdiga komponenter som kan simulera komplicerade system och där det finns också möjligheter för utveckling av nya komponenter. Resultat från simuleringarna presenteras i form av diagram där olika temperaturer och effekt från de olika komponenterna redovisas. Till skillnad från ICE är TRNSYS en mycket mogen utvecklingsmiljö.



Figur 3: Resultat från simuleringar och mätningar under perioden juli-sept1999. i Hjo.

Parallellt med utvecklingen av de dynamiska simuleringarna utvecklades några kvasistatiska modeller i EES. EES är en programvara som numeriskt löser ett system av algebraiska ekvationer genom iterationer. I EES finns det matematiska funktioner och termodynamiska data för olika köldmedier, vatten och luft som kan anropas vid behov. Programmet EES har ett begränsat antal programmeringsverktyg som påverkar modellbyggnaden. En modell som simulerar och jämför ett kaskadsystem med ett parallellsystem i en livsmedelsbutik i staden Hjo utvecklades. Simuleringarna av kompressoreffekt på kylsidan avviker från fältmätningar genomförda i Hjo med ungefär 5%. Resultaten visas i figur 3.

I mars 2000 började utvecklingen av en modell för energioptimering i livsmedelsbutiken i DELPHI som är ett kraftfullt utvecklingsverktyg med ett objektorienterat språk och som kan skapa alla sorters Windows applikationer med databasfunktioner. I butiksimodellen simuleras i detalj de olika systemlösningar som är mest intressanta i livsmedelsbutiker. Flera komponenter som kyldiskar, frysdiskar, kompressorer, värmepumpar mm, och deras egenskaper har blivit inlagda i en databas som anropas från de olika moduler som finns i modellen. I figur 4 visas gränssnittet av modellen

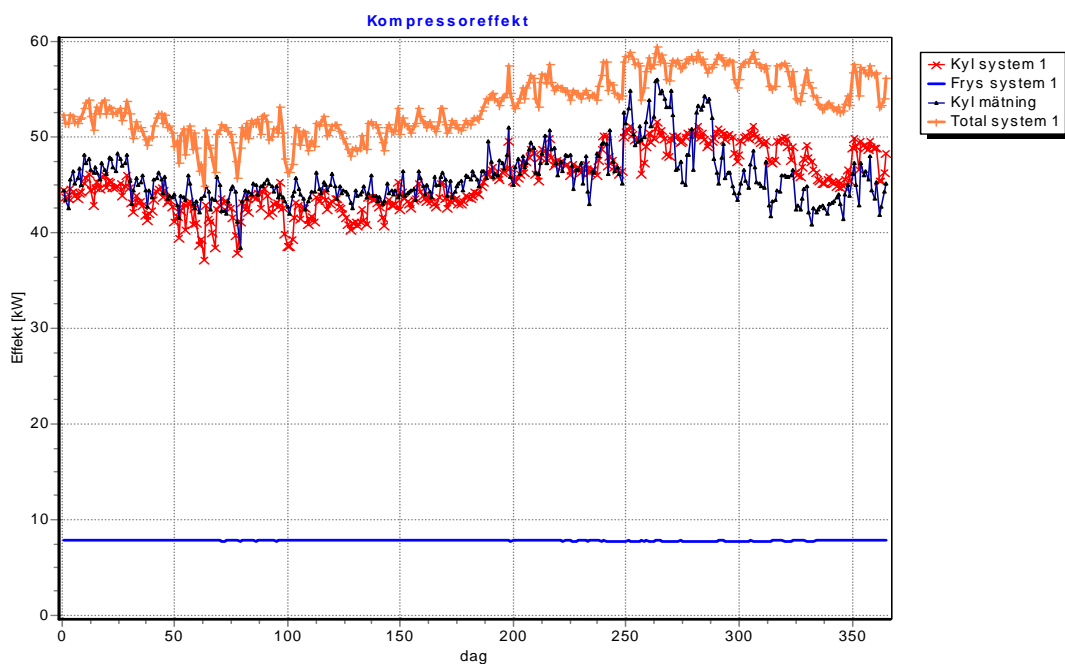


Figur 4: Gränssnitt av modellen för energiberäkning i livsmedelsbutiker.

I modellen finns olika moduler som simulerar värmepumpar, vätskekylaggregaten, kyldiskarna, frysdiskarna, kylrum, frysrum, mm. Vätskekylaggregaten är huvudmodulen där både kondensator och förångare modelleras. Data för de olika delarna i systemet har tagits från respektive tillverkarnas katalog. Meningen är att programmet kommer att vara ett verktyg för jämförelse mellan olika systemlösningar vid dimensionering av kylsystemet i en livsmedelsbutik.

Vid simulering används utetemperatur, butikstemperatur och luftens relativa fuktighet i butiken som indata. Dessa ges f. n. från mätningar genomförda i butiken Prix i Sala och Gröna Konsum i Hjo. I framtiden kommer dessa indata att kunna genereras via olika profiler t.ex.

klimat samt kundfrekvens. Resultaten från simuleringar visas i figur 5 tillsammans med mätdata från chillern. Här presenteras kompressoreffekt på kylsidan och fryssidan, den totala effekten och kompressoreffekt från mätningar.



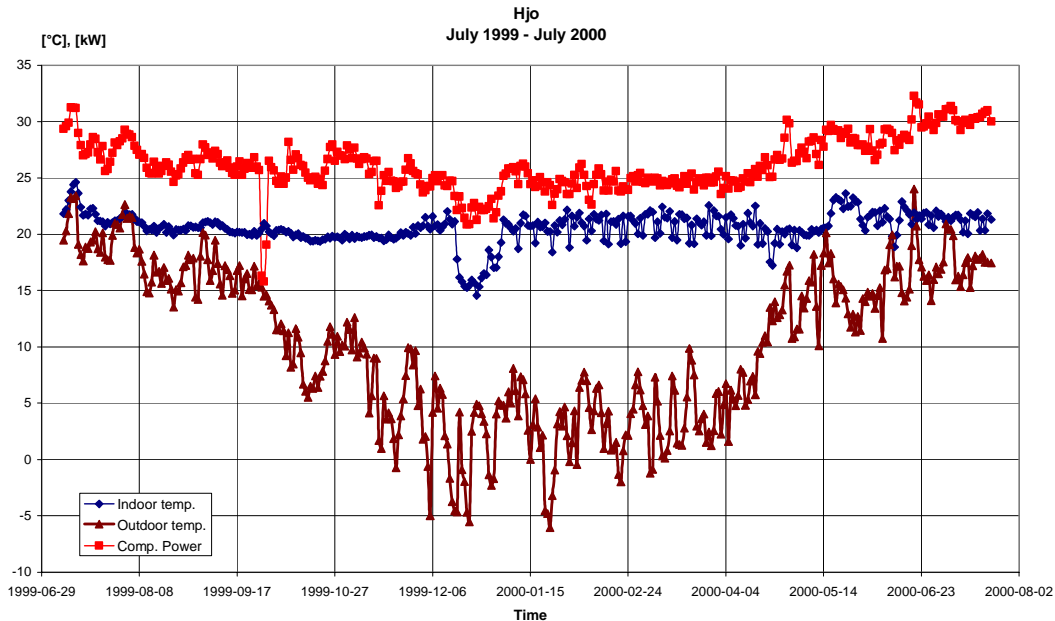
Figur 5: Resultat från simuleringar av butiken Prix i Sala.

Validering av modellen kommer att utföras med hjälp av de fältmätningar som genomförs i fyra olika livsmedelsbutiker, Gröna Konsum i Hjo, Prix i Sala, Gröna Konsum i Farsta Centrum och ICA Plus i Hedemora. Intressenterna i projektet bestämde att genomföra mätningar under tre olika perioder för att minska antal mätvärden och för att analysera de parametrar som påverkar energiförbrukningen mest i en livsmedelsbutik under olika tidsperioder. En hel del arbete kvarstår för att skapa ett tillräckligt empiriskt underlag. De mätningar som utförts kan sammanföras till:

- Period 1, Mätningarna av utomhustemperatur, inomhustemperatur, köldbärare (framlednings- och returlednings- temperatur), relativ fuktighet i butiken och kompressor effekt för kylsida har pågått under ett år i Hjo, Sala och Farsta Centrum samt tre månader i ICA Plus i Hedemora.
- Period 2, Mätningar för Period 2 (en vecka), av en kyldisk och kompressoreffekt på fryssida, genomfördes i Sala under vecka 20, 21, 27 och 29 och för
- Period 3 (noggrannare mätningar av en kyldisk under en timme) den 17 maj, 15 juni, 19 juli i samma butik.

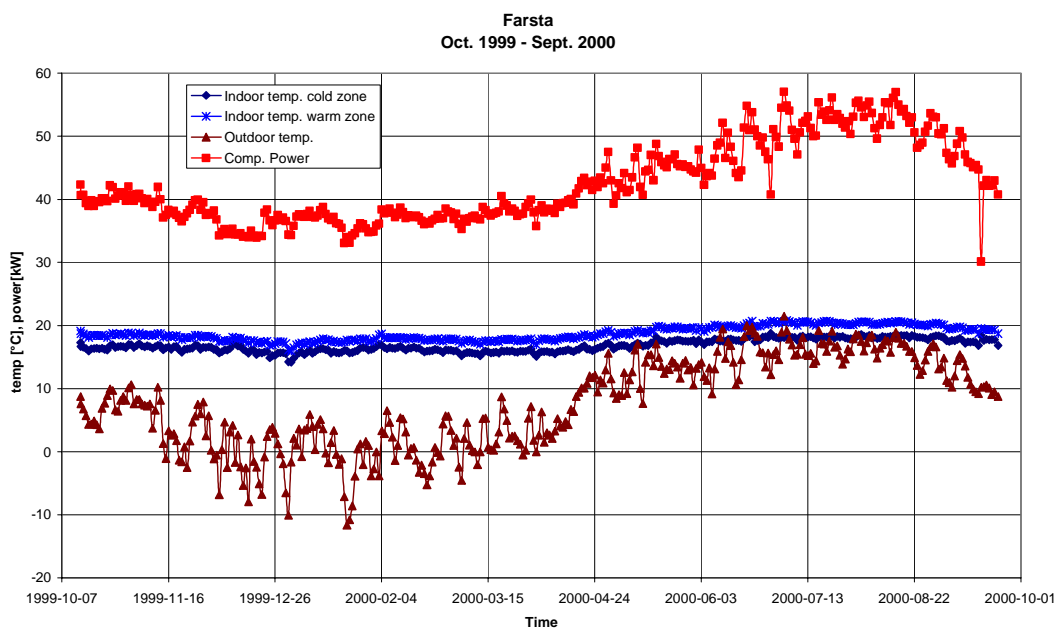
Temperaturer och fuktighet har uppmätts med hjälp av Tinytag-loggers och kompressoreffekt med hjälp av effektmätare (Elite 4). Temperatur och luftfuktighet lagras och mäts momentant varje timme: Effekten lagras också varje timme men i det här fallet räknas medelvärdet av 60 punkter under en timmes period.

Resultaten, från mätningar i de fyra livsmedelsbutikerna, visar den inverkan som utomhustemperatur, butikstemperatur och luftens relativa fuktigheten har över kompressoreffekt. I figur 4 visas medelvärdet under ett dygn av kompressoreffekt, utomhustemperatur, butikstemperatur och den relativa fuktigheten från mätningar genomförda under ett år i butiken Gröna Konsum i Hjo.



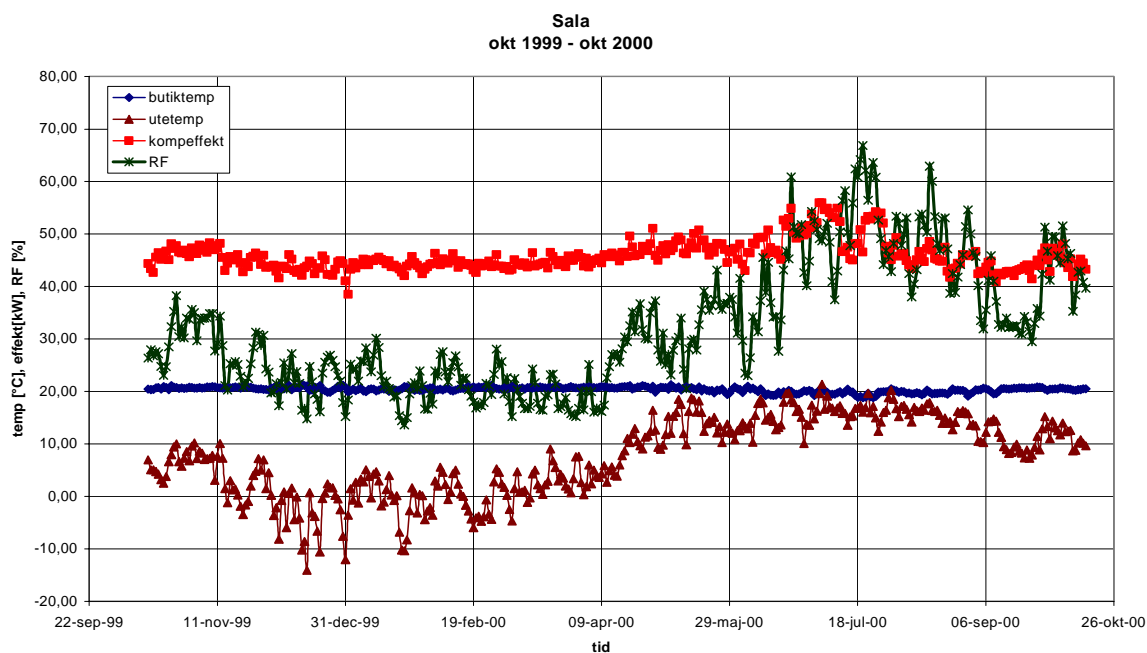
Figur 4: Resultat från mätningar under perioden juli 1999 till juli 2000 i Hjo

Butiken i Farsta Centrum är delad i två olika zoner, en kall zon med alla kyldiskar och frysdiskar och en varm zon för alla produkter utan kylbehov. Figur 5 visar kompressoreffekt, utomhustemperatur och temperaturerna i den kalla och varma zonen.



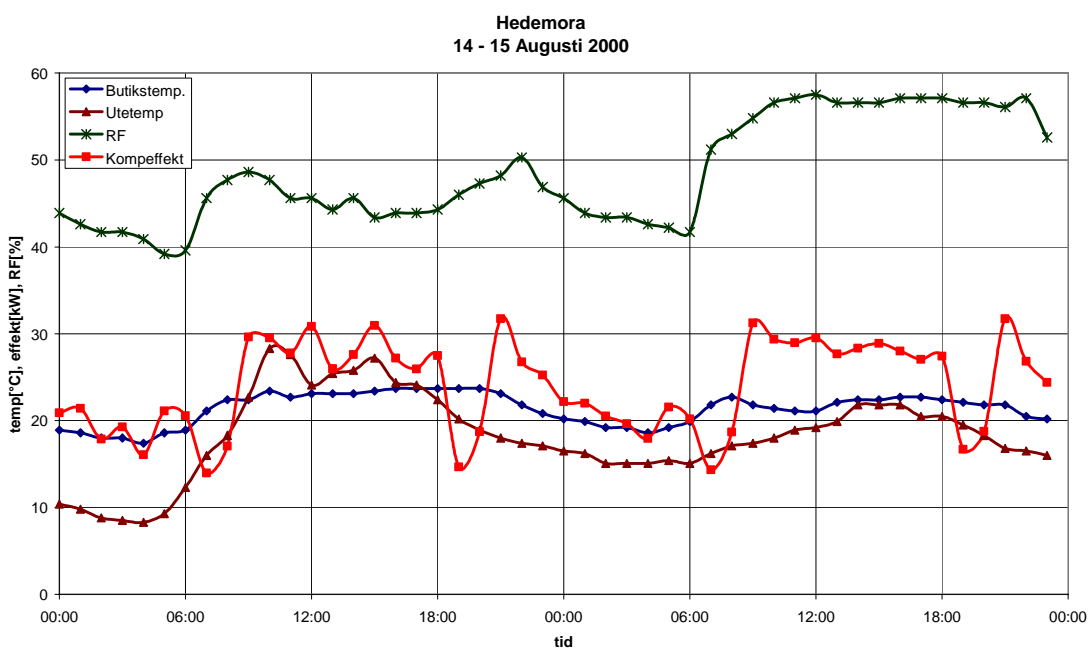
Figur 5: Resultat från mätningar under perioden okt. 1999 till sept. 2000 i Farsta Centrum.

Resultat från mätningar i butiken Prix i Sala presenteras i figur 6. Här visas kompressoreffekt, luftens relativa fuktigheten i butiken, utomhustemperatur och butikstemperatur under perioden oktober 1999 till oktober 2000.



Figur 6 :Resultat från mätningar under perioden okt. 1999 till okt. 2000 i Sala.

Mätningar från butiken ICA plus i Hedemora mellan den 14 och 15 augusti presenteras i figur 7. Här visas kompressoreffekt, luftens relativa fuktigheten i butiken, utomhustemperatur och butikstemperatur. I figuren kan avfrostningar ses som sker två gånger per dag samt inverkan av nattäckningar av diskarna. Mera omfattande analys av resultaten från mätningar finns i bilaga 4.



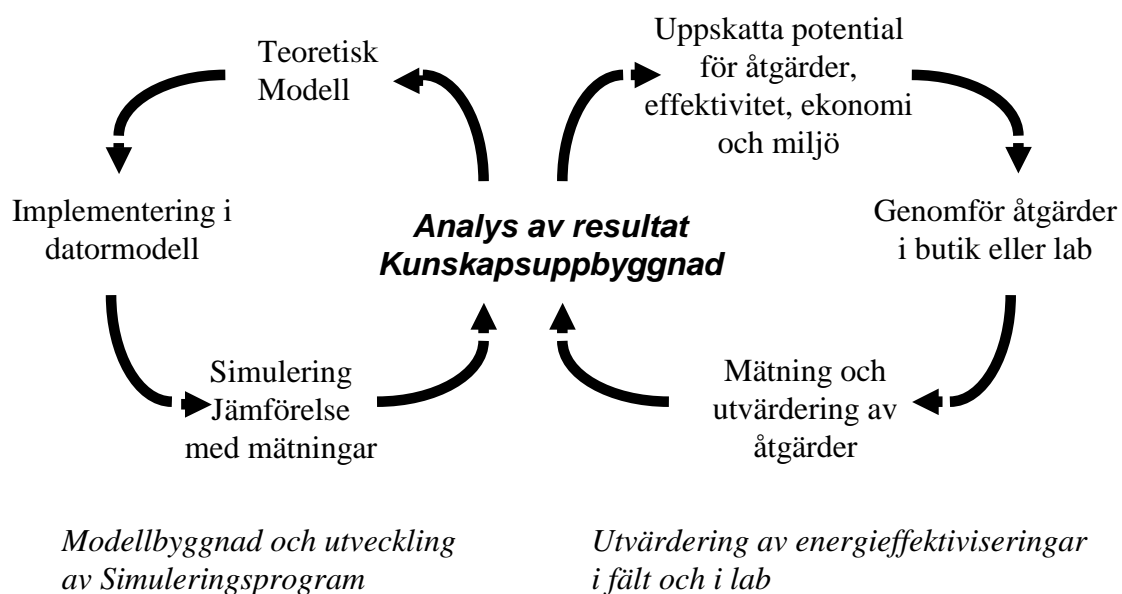
Figur 7 :Resultat från mätningar mellan den 14 och 15 augusti 2000 i Hedemora.

Energi, miljö samt industriell relevans

Det finns tre klara skäl till att genomföra detta projekt. Det första är att en avsevärd minskning av energianvändningen är möjlig inom livsmedelsbranschen. En minskad energianvändning är gynnsamt för Sverige som helhet men också för branschen med sänkta kostnader på lång sikt. Det andra skälet är att de miljömässiga vinsterna med sänkt energianvändning knappast kan underskattas. Det tredje skälet är kopplat till det sätt vi vill genomföra studien på. För att få genomslag i branschen måste effekten av potentiella energieffektiviseringsåtgärder kunna bedömas innan de kan genomföras. Här kan ett fungerande simuleringsprogram vara ett sätt att föra ut ny teknik och samtidigt motivera tillverkande företag inom branschen (kylmaskiner, diskar etc) till fortsatt teknisk utveckling.

Det som är karakteristiskt för energioptimeringar är att ett flertal olika åtgärder är möjliga för en och samma system. Varje åtgärd kan sägas ge en viss besparing var för sig och resultaten aggregeras ofta. Detta är naturligtvis fel - *systemsynen* saknas! Det saknas tyvärr idag verktyg för att studera effekten av olika åtgärder på ett sammanhållet sätt. Intresset för att ta fram ett sådant är därför stort. Det första steget på vägen fram till ett sådant verktyg torde, enligt vår mening, vara ett antal fält och laboratoriestudier av olika potentiella åtgärder kopplat till en systematisk uppbyggnad av en simuleringsmodell enligt figur 8:

Genom att kontinuerligt samla erfarenheterna från fält och laboratorium i ett simuleringsprogram för butiker kan kunskapsnivån *successivt* höjas. I simuleringsprogrammet kan sedan olika lösningar prövas med avseende på energieffektivitet, ekonomi och miljöeffekter. Man skulle kunna säga att de två *looparna* i figuren **stöder** och **driver** varandra.



Figur 8: Systematisk uppbyggnad av en simuleringsmodell.

Examina

Projektet kommer att resultera i en doktorexamen under år 2002.

Publicering

”Den Energieffektiva butiken i teori och praktik”

Klimat 21 - dagen, Stockholm, Dec. 1998.

”Innovative system design in supermarkets for the 21st century”

20th International Congress of Refrigeration, Sydney, Sept. 1999.

”Den Energieffektiva butiken i teori och praktik”

Klimat 21 - dagen, Göteborg, Nov. 1999.

”Energy Efficient Solutions for supermarket in theory and practice”

2nd Working meeting of Annex 26, Boston, Feb. 2000.

”Recent Equipment Trends in Supermarkets in the Nordic Countries”

Ashrae Winter Meeting, (oral presentation only), Dallas, Feb. 2000.

”Recent Refrigeration Equipment Trends in Supermarkets: Energi Efficiency as the Leading Edge?”. Review article, Bulletin IIR, no5, 2000.

“Field Experiences in three supermarkets in Sweden”

Work-Shop Annex 26, Stockholm, Okt. 2000.

Internationell samverkan

I juni 1999 startade Annex 26 ”Advanced Supermarket refrigeration/Heat Recovery Systems” inom ramen för IEA (International Energy Agency). Annex 26 är ett internationellt samarbetsprojekt som har som mål att minska både energianvändning och köldmediemängden i livsmedelsbutiker. Fem olika länder, USA (operating agent), Kanada, Storbritannien, Danmark (from hösten 2000) och Sverige, deltar aktivt i Annex26. Sverige representeras av ett ”National Team” som består av KTH (lokal ”operating agent”), SP., KF, ICA, Carrier-Electrolux, York, Wica. All koordinering samt deltagande i olika mötesaktiviteter har skötts av KTH. Aktiviteterna har blivit en relativ stor del av arbetet i projektet. Inte minst har arbete med simuleringmodeller kunnat diskuteras med Dr Steve Fisher, Oak Ridge Natl Lab, (som utvecklat en egen modell). Dr Fisher är dessutom en av initiativtagarna till begreppet TEWI (Total Equivalent Warming Impact). Då vi har för avsikt att inkludera dessa aspekter som en viktig utdata från programmet kommer detta att vara en värdefull kontakt i framtiden. Dr Mukesh Khattar från EPRI (Electric Power Research Institute) är också en viktig kontakt i framtiden. Han har utvecklat olika simuleringmodeller för beräkning av energianvändning i livsmedelsbutiker. Den senaste är ”The Supermarket Simulations Tool” (SST) som kan användas av EPRI medlemmar.

En beskrivning av aktiviteten inom IEA Annex 26 finns i Bilaga 1.

Slutsatser och diskussion

Överföring av nya kunskaper mellan industri och högskola har skett genom diskussionsmöte med alla intressenterna i projektet, fältarbete, bilaterala diskussioner, personliga kontakter med folk i branschen, artiklar som publicerat, och deltagande i olika möten och konferenser. Projektet har också fört till Sverige internationell kunskap. Mellan den 2 och 4 oktober anordnade IEA Annex 26 en Workshop i Stockholm. Där presenterades och diskuterades den senaste utvecklingen i livsmedelsbutiker. Mera än 60 personer, från 10 olika länder, deltog i Workshopen. Av dessa var ca 30 personer från olika företag med anknytning till livsmedelsbutiker i Sverige.

Att ta fram kunskap om hur energieffektiva systemlösningar kan utformas i en livsmedelsbutik är projektets mål. Vid projekttidens slut ska de deltagande i projektet ha en fungerande datormodell som på ett rimligt sätt ger en rättvisande bild av energianvändning, miljöeffekter och ekonomiska konsekvenser av energieffektiviseringsåtgärder i livsmedelsbutiker.

Mätningarna har också visat behovet att följa utvecklingen av de nya systemlösningar som installeras idag i Sverige. I varje ny butik bör energiförbrukning för varje komponent kontrolleras under en period efter byggnad eller ombyggnad. Felaktiga börvärden för kondenseringstemperatur, förångningstemperatur, fel montering av isolering, problem med fläktar, pumpar eller kompressorer, mm. kan orsaka mycket hög energiförbrukning i en butik utan att butiksägare eller projektörer får kännedom om detta.

Sammanfattningsvis anser vi att projektet är ytterst relevant för Programmet Klimat 21.

Bilagor

[Bilaga 1 : IEA Annex 26: Advanced Supermarket Refrigeration/Heat Recovery Systems](#)

[Bilaga 2 : Den energieffektiva butiken i teori och praktik \(1998\)](#)

[Bilaga 3 : Den energieffektiva butiken i teori och praktik \(1999\)](#)

[Bilaga 4 : Field experiences in three supermarkets in Sweden](#)