

# PSO 2005

Elforsk - Forskning & Udvikling i effektiv energianvendelse

## Energioptimal håndtering af luftens fugtighed i et supermarked



*Undersøgelser af, hvordan man kan reducere dannelsen af kondens og rim på fordamperne i køle- og frostmøbler i supermarkeder*



## Resumé:

Omkring halvdelen af energien til køle- og frostmøbler i et supermarked bliver brugt på at danne rim og kondens plus den energi, det koster at få afrimet – og der afrimes faktisk flere gange om dagen. Dette projekt havde derfor til hensigt at undersøge to forskellige metoder til at reducere rimdannelsen.

Dels har man undersøgt, om det bedre kunne betale sig at fjerne en del

af luftens fugtighed via supermarkedets klimaanlæg, frem for at det skulle ske i køle- og frostmøblerne. Dels har man sammenlignet rimdannelsen ved tre forskellige reguleringsstrategier for hhv. køl og frost, som giver forskellige temperaturvariationer.

Begge metoder er undersøgt ved praktiske forsøg i klimakammer – og siden suppleret med simuleringer.



## Målsætning:

Projektet havde til formål at undersøge betydningen af fordampernes reguleringsstrategi og af ændringer i indeklimaet (både luftens temperatur og fugtighed).

Rim- og kondensdannelse er nemlig u hensigtsmæssig: Dannelsen koster energi, rim virker desuden isolerende, så varmeoverførslen til kølemidler mindskes, og rim bremser luftstrømmen gennem fordamperen. Det betyder, at fordamperne skal afrimes flere gange dagligt – det koster også unødigt energi, og temperaturstigningen i forbindelse med afrimningen er ikke gunstig for de madvarer, der opbevares i kølereolen eller frostgondolen.

## Processen:

Projektet er udført som et samarbejde mellem: MEK-DTU, IPU, Danfoss og Knudsen Køling.

IPU har været projektleder og har stået for udførelsen af forsøgene, med sparring fra MEK-DTU, som også har lagt forsøgsfaciliteter til. Danfoss har leveret de fleste komponenter til forsøgsanlægget og har desuden hjulpet ved dimensioneringen af anlægget. Knudsen Køling har leveret kølemøblerne til opstillingen og har sørget for samling af anlægget.

En stor og væsentlig del af projektet har omhandlet etablering af forsøgsopstilling, hvor et "minisupermar-

**Pårimningen kan nedsættes ved at sænke luftfugtigheden i supermarkedet via klimaanlægget – det kan betale sig, hvis der samtidig er behov for køling af luften**

ked" er etableret i et klimakammer på DTU. I klimakammeret er opstillet en kølereol og en frostgondol, som man vil kunne finde det i et supermarked, og udenfor klimakammeret er selve køleanlægget etableret.

Opbygningen i et klimakammer giver mulighed for at ændre på temperatur og fugtighed i de omgivelser, hvor køle- og frostmøblerne er opstillet og dermed se, hvilken betydning det har for kondens- og rimdannelsen på fordamperne.

Ved forskellige tilstande i klimakammeret er gennemført forsøg med de tre reguleringsstrategier, hvorved

det er muligt at sammenligne dannelsen af rim både i forhold til reguleringsstrategi og temperatur og luftfugtighed omkring møblerne.

Ud fra forsøgene er der opstillet simuleringermodeller til bestemmelse af energiforbrugene, så reguleringsstrategier og klimaforholdene kunne vurderes energioekonomisk.

## Resultater:

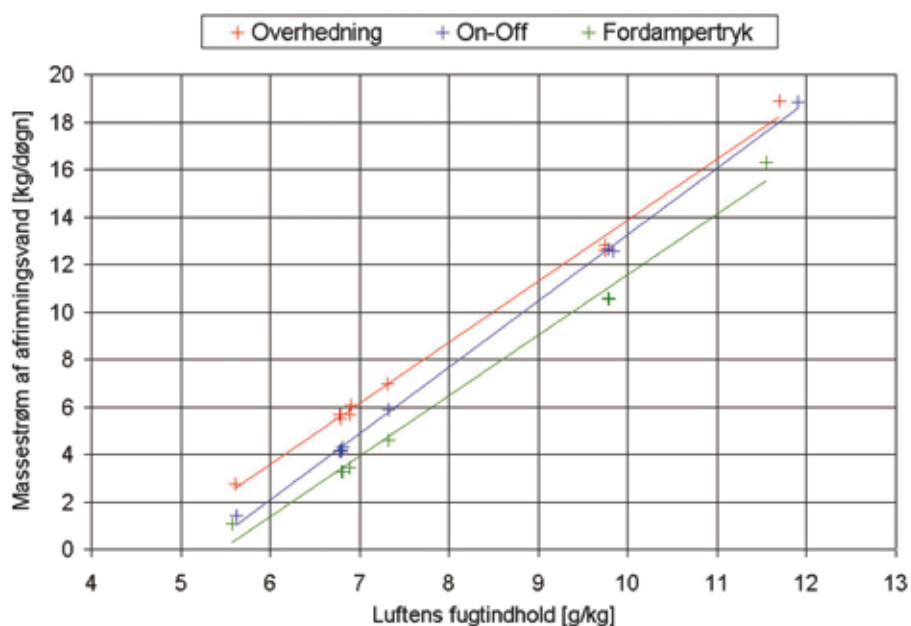
Forsøgene i klimakammer viser, at når den absolutte luftfugtighed kommer under 4-5 g/kg, så dannes der ingen eller kun megen lidt rim på fordamperne. Et fugtindhold på 4-5 g/kg svarer til en relativ luftfugtighed på ca. 30% ved en lufttemperatur på 20° C.

Målinger i et supermarked (foretaget af Danfoss) viser, at middelværdien af luftfugtighed over køle- og frostmøblerne i åbningstiden er under 6 g/kg 34 % af tiden og under 8 g/kg 87% af tiden.

Ud fra sammenhængen mellem luftens fugtighed og dannelsen af kondens og rim på fordamperen i kølereolen kunne en simuleringsmodel vise, at det energioekonomisk kun kan anbefales at affugte luften, hvis der samtidig er et ønske om at køle luften i butikken.

Af de tre reguleringsstrategier giver fordampertryksregulering, som er en kontinuerlig drift, hvor fordampertemperaturen tilpasses kølebehovet mindst på rimning, både af frostgondolen og af kølereolen. Effekten er størst for kølereolens vedkommende, hvor mængden af rim og kondens er størst. Da denne drift samtidig giver bedst COP - og også marginalt mindre kuldebehov - kan energibesparelsen komme op på 17,5 %.

**Fordampertryksregulering giver mulighed for at opnå en energibesparelse på kølereoler på op til 17,5 %**



## Konklusion:

Ud fra sammenhængen mellem fugtighed i luften og pårimning af fordamperne, fundet ved forsøgene, kan det økonomisk og energimæssigt kun betale sig at fjerne fugten med et klimaanlæg, hvis man samtidig ønsker en køling af luften – ellers vil affugtningen i klimaanlægget bruge mere strøm, end der bliver sparet på køle- og frostmøblerne.

Det blev vist, at der er en betydelig sammenhæng mellem fugtigheden i luften og dannelsen af rim på fordamperne. Dette er derfor væsentligt at tænke på ved opbygningen af supermarkeder - befugtningen af luften i frugt- og grøntafdelingerne må helst ikke være tæt på, så det påvirker køle- og frostmøblerne.

Projektet har vist, at der ikke er dramatisk forskel på de tre forskellige reguleringskoncepter. Det interessante i denne sammenhæng er, at den kontinuerlige drift med tilpasset fordampningstemperatur gav lavest affugtning. Da denne drift samtidig giver bedst COP - og også marginalt mindre kuldebehov - giver det anledning til at anbefale at fortsætte med at udvikle dette koncept.



Dansk Energi  
Rosenørns Allé 9  
1970 Frb. C  
Tlf: 35 300 400

# Anbefalinger for videre anvendelse af forskningsresultaterne

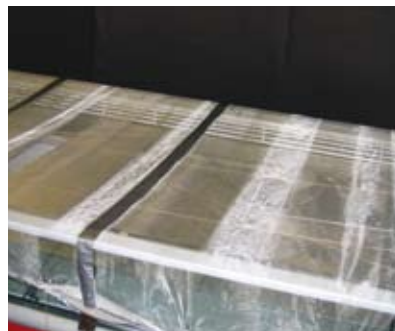
## Hvad kan projektet bruges til?

Projektet lægger op til, at der arbejdes mere med at optimere reguleringen af fordampere i køle- og frostmøbler, da det viser sig, at den rigtige regulering ikke blot giver et mindre kuldebehov i det enkelte møbel, men mulighed for at hæve sugetrykket, hvorved hele anlæggets effektivitet forbedres.

Det er altså muligt at opnå samme køleeffekt til varerne med et mindre energiforbrug, samtidig med at varernes kvalitet forbedres, fordi temperaturen kan holdes mere konstant med færre afrimninger.

Det vil være oplagt at arbejde videre med udvikling af optimale styringsstrategier, hvilket Danfoss har fået blod på tanden til at gøre. Derfor arbejdes der videre med forsøgsopstillingen.

Der blev påvist en betydelig sammenhæng mellem omgivelsernes fugtighed og graden af pårimning, og det er derfor oplagt at forsøge at mindske denne sammenhæng, ved f.eks. at se på mulighederne for bedre afskærmning af møblerne i forhold til den omgivende luft.



## Effekt:

Efter at have set resultaterne af dette projekt har Danfoss valgt at arbejde videre med optimering af indsprøjtningfunktionen til køle- og frostmøbler, og disse vil blive testet på forsøgsopstillingen.

[www.elforsk.dk](http://www.elforsk.dk)

### Kontaktperson:

Mette Havgaard  
IPU Produktudvikling,  
Køle- og Energiteknik  
Nils Koppels Allé, bygning 402  
2800 Kgs. Lyngby  
E-mail: [mha@ipu.dk](mailto:mha@ipu.dk)  
Telefon: 45254107  
Web: [www.ipu.dk](http://www.ipu.dk)

### Projekt:

Energioptimal håndtering af luftens fugtighed i et supermarked  
Nr. 337-111  
PSO Program 2005  
Budget: 1.706.000 kr. heraf 810.000 kr. i tilskud fra Dansk Energi  
Tidsplan: 01.01.2005 – 31.12.2007

### Programkoordinator:

Forskningskoordinator Jørn Borup Jensen  
Dansk Energi  
Rosenørns Allé 9  
1970 Frederiksberg C.  
E-mail: [jbj@danskenergi.dk](mailto:jbj@danskenergi.dk)  
Telefon: 35 300 934  
Web: [www.elforsk.dk](http://www.elforsk.dk)