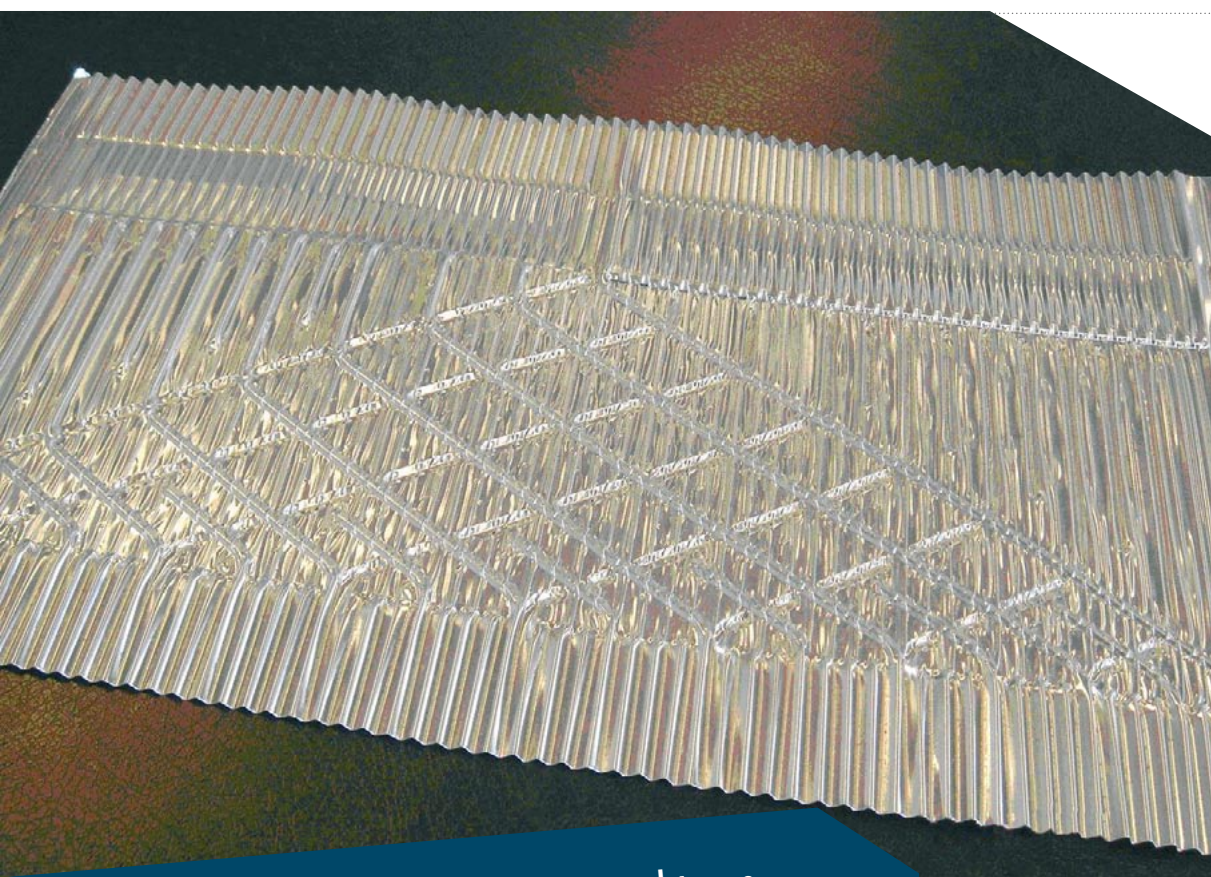




PSO 2003 - FORSKNING & UDVIKLING I EFFEKTIV ENERGIANVENDELSE

# Udvikling af energiøkonomisk ventilations- løsning med varmegenvinding til boliger



Optimeret aksialventilator og effektiv modstrøms-  
varmeveksler skaber en energiøkonomisk  
ventilationsløsning til enfamiliehuse



danskenergi | elforsk

## RESUMÉ:

BYG-DTU, Teknologisk Institut og Ecovent har videreudviklet et koncept for energiøkonomisk ventilation til enfamiliehuse med afsæt i mere grundlæggende forskning i et EFP-projekt, finansieret af Energistyrelsen. Under dette PSO-projekt er der udviklet en prototype-modstrømsvarmeveksler i aluminium med en dokumenteret virkningsgrad på 87 %. En aksialventilator er optimeret, så dens totalvirkningsgrad er øget fra 30 % til 48 %. Derimod er det ikke lykkedes at tilpasse en metode til løbende afsning af varmeveksleren ved lave udetemperaturer.

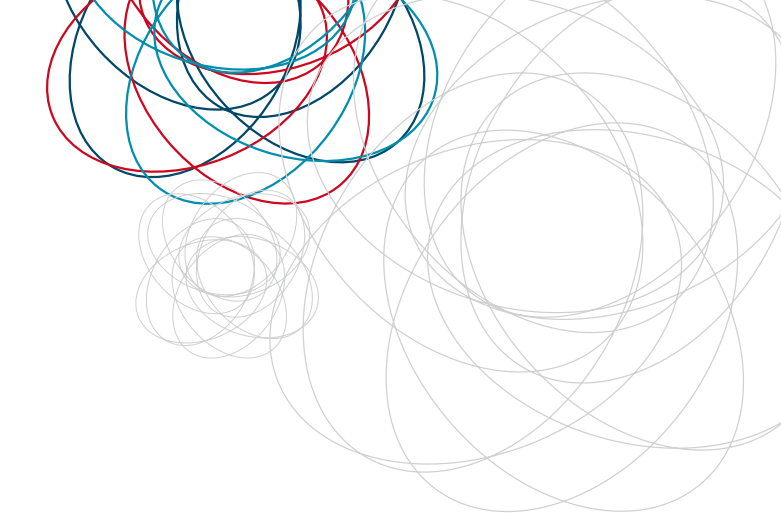
## MÅLSÆTNING:

Projektet har haft til formål at udvikle en energiøkonomisk ventilationsløsning til enfamiliehuse gennem en kombination af en effektiv modstrømsvarmeveksler og en optimeret aksialventilator. Varmevekslerens virkningsgrad skulle øges til 90 %, og aksialventilatoren skulle optimeres gennem nyt design af vingeprofiler, ensretter og diffusor. Ventilationsanlægget skulle frostsikres, og et forbedret by-pass spjæld skulle resultere i en lækagefri udførelse og indbygning i ventilationsaggregatet. En sådan ventilationsløsning passer til de skærpede energikrav i Bygningsreglement 2005, der bygger på en energiramme for bygningers samlede energimæssige ydeevne.

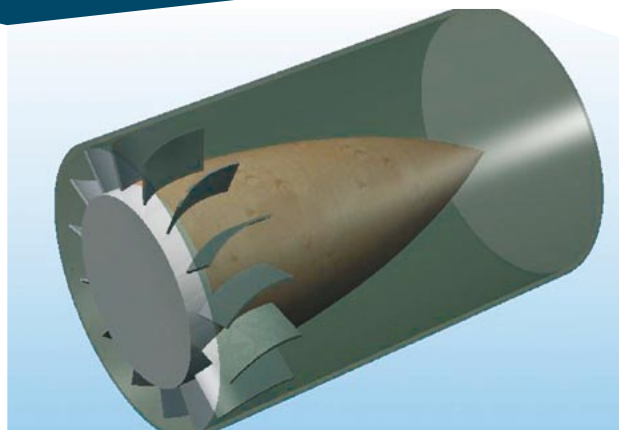
## PROCESSEN:

Udover projektledelse har BYG-DTU haft hovedansvaret for ventilationsløsningens kanalsystem. Teknologisk Institut har ledet optimeringen af aksialventilatoren, mens Ecovent har bidraget med praktiske produktionserfaringer.

Et korrekt designet indløb optimerer luftens fordeling i veksleren og tryktabet gennem veksleren. Derfor er forskellige pladegeometrier for det varmeoverførende område undersøgt for at kunne identificere det mest



FIGUR NR. 1



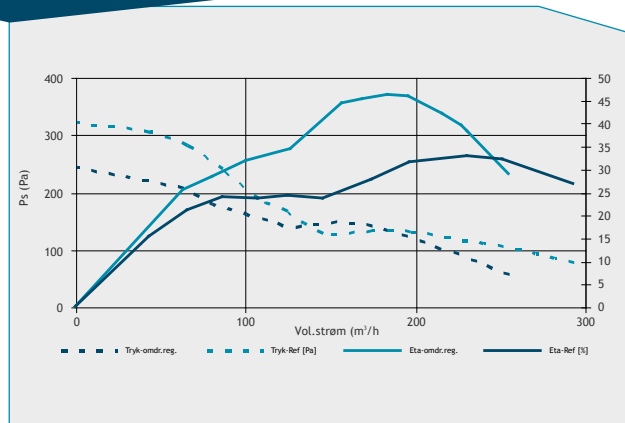
CAD-tegning af stator og diffusor.

hensigtsmæssige design. Der er arbejdet med forskellige udformninger af ledeskiner, og i en forsøgsopstilling er luftens indløbsprofil vurderet for at kunne estimere det forventede tryktab i ind- og udløbsdelen. På det grundlag er der udformet et beregningsprogram, der med anvendelse af computational fluid dynamics (CDF) har optimeret design af vekslerplader. Resultaterne er konverteret til en CNC-fræsemaskine.

Aksialventilatorens virkningsgrad og trykstigning er optimeret ved at udvælge det relevante driftsområde for ventilatorstørrelse. Derefter er påbygget stator og diffusor, stator er optimeret med op til 15 statorblade, og endelig er afstanden mellem stator og yderring minimeret.

Kondens og isdannelse påvirker modstrømsvarmevekslerens effektivitet, og i en forsøgsopstilling hos BYG-DTU er der derfor udført forsøg for at identificere energieffektive strategier til løbende afsning ved lave udetemperaturer, bla. den såkaldte Munters metode, der benytter en bevægelig slæde.

FIGUR NR. 2



Kapacitetsdiagram for den oprindelige og den forbedrede aksialventilator.

**VENTILATIONSAGGREGATETS ELFORBRUG ER REDUCERET TIL 700 J/M<sup>3</sup> – LANGT LAVERE END BYGNINGSREGLEMENTETS KRAV OM HØJST 1 200 J/M<sup>3</sup>**

## RESULTATER:

Målinger på varmeveksleren viste en effektivitet på 85 % ved en volumenstrøm på 155 m<sup>3</sup> i timen. Det samlede tryktab er målt til 75 Pa, fordelt med 57 Pa på veksleren, 12 Pa på filtre og 6 Pa på systemtab. Projektgruppen vurderer, at med en mindre lækage fra udsugning til indblæsningssiden og med en mere ensartet celleafstand kan varmevekslerens virkningsgrad øges til 89 % – tæt på projektets målsætning om 90 %. Det specifikke elforbrug (SEL-værdien) er 700 J/m<sup>3</sup> – væsentligt under målsætningen om 1000 J/m<sup>3</sup>.

Aksialventilatoren, der består af en rotordel, blev optimeret fra en virkningsgrad på 30 % til 48 %. Påbygning af diffusor, der deaccelerer luft hastigheden, og en cirkelformet næse på indløbsiden af aksialventilatoren, øger virkningsgraden fra 30 % til 33 %. Optimering af statoren med 15 statorblade, der sikrer, at luften efter passage ikke roterer, øger virkningsgraden yderligere fra 33 % til 48 %. Samlet betyder det, at ventilatorvirkningsgraden er øget fra 37 % til 60 %. Endelig har minimering af afstanden mellem stator og yderring givet et bredere arbejdsområde, ligesom støjniveauet er sænket. Det maksimale effektforbrug ved omdrejningsreguleret drift er 15 W.

I forsøgsopstillingen hos BYG-DTU viste de praktiske forsøg med strategier for forebyggelse af kondens og for løbende afisning, at kondens har betydelig indflydelse på tryktabet i varmeveksleren. Det medfører, at der ikke ventileres som forudsat, og at varmevekslingens effektivitet reduceres. Allerede når udetemperaturen er et par frostgrader, dannes is i varmeveksleren, og Munters metode med en bevægelig slæde kunne ikke skabe den ønskede afisning.

Der er udviklet en endimensional stationær model til beregning af varme-strømme i varmeveksleren med kondens og isdannelse på afkastsiden. Modellen tager hensyn til den latente varme, der frigives ved kondensering og isdannelse.

**ET EFFEKTIVT MEKANISK VENTILATIONS-SYSTEM VIL KUNNE SPARE KNAK 4 % AF DET SAMLEDE DANSKE ENERGIFORBRUG**

## KONKLUSION:

Projektet har vist, at det er muligt at udvikle komplette løsninger til mekanisk ventilation med varmegenvinding, der kan genvinde 85-90 % af varmen fra udsugningsluften med et forholdsvis beskedent elforbrug. Ventilationsbranchen har hermed fået anvist et optimeringspotentiale, der gør det muligt at udvikle standardprodukter og -løsninger, der kan leve op til det niveau, som Bygningsreglements krav til en bygnings energimæssige ydeevne forudsætter.

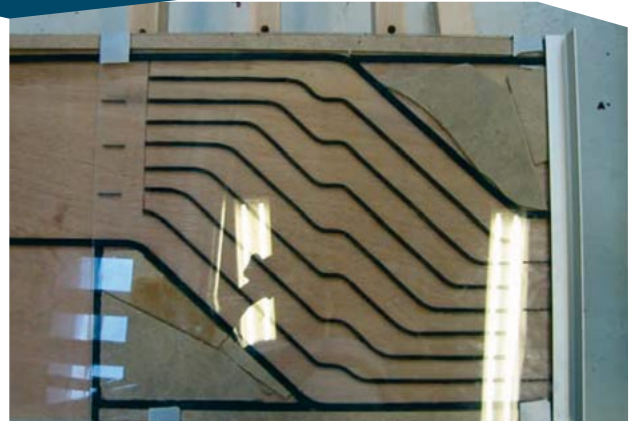
Forhåbningerne om at udvikle en energieffektiv metode til forebyggelse af kondens- og isdannelse blev ikke indfriet, men der er udviklet en model, der gennem videreudvikling kan bruges til at vurdere strategier for afisning.

FIGUR NR. 3



Prototype af måleopstillingen.

FIGUR NR. 4



Design (C) alternativt design til lige indløb.

## HVAD KAN PROJEKTET BRUGES TIL?

Gennem Ecovents direkte medvirken i projektet er der skabt grundlag for at produktmodne den anviste energioekonomiske ventilationsløsning. Ecovent har udvist stor investeringsvilje i produktionsmetoden for varmeveksleren og forventer på sigt at kunne producere veksleren både til egne aggregater og som en komponent, der kan anvendes af andre producenter.

Implementeringen af EU's direktiv om bygningers energimæssige ydeevne ventes at skabe et betydeligt eksportmarked for energioekonomiske løsninger til ventilation med varmegenvinding. Der er derfor stort incitament for den danske ventilationsbranche til at udnytte de indhøstede erfaringer.

De optimerede komponenter til den energioekonomiske ventilationsløsning er efterfølgende blevet inddraget i et nyt PSO-projekt, der i de kommende år vil færdigudvikle et fremtidsikkert ventilationssystem med dynamisk behovsstyring, der kan sikre en yderligere energibesparelse på 20-30 %.

FIGUR NR. 5



Forsøgsopstilling ved Danmarks Tekniske Universitet til undersøgelse af kondens og isdannelse.

## EFFEKT:

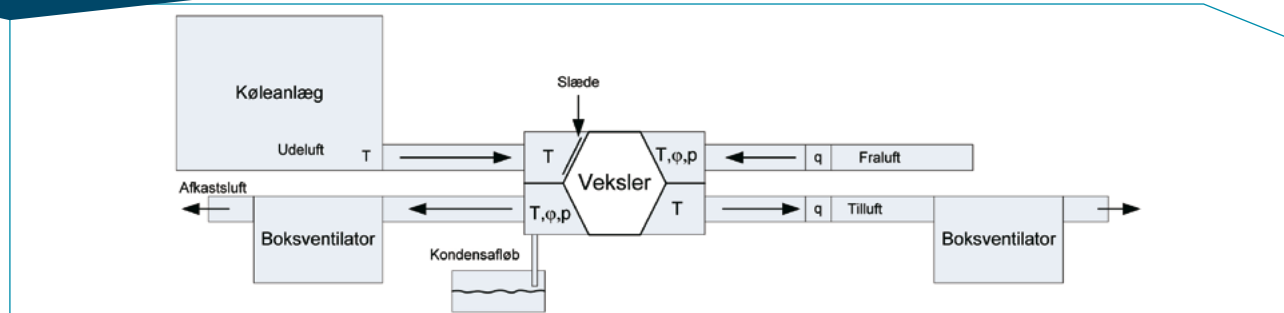
Energiforbruget til rumopvarmning i private husholdninger samt handel og service udgør ca. 30 % af det samlede nettoenergiforbrug i Danmark. En væsentlig del af dette energiforbrug går til at opvarme ventilationsluft. Bygningsreglementets krav til luftsiftet medfører i et gennemsnitsår et opvarmingsbehov på 38 PJ i boliger, hvis der ikke genvindes varme fra ventilationsluften.

Et effektivt mekanisk ventilationssystem med en varmegenvindingseffektivitet på 85 % og optimerede komponenter med et specifikt elforbrug

på højst 1000 J/m<sup>3</sup> vil resultere i et samlet besparelsespotential på 23 PJ, svarende til knap 4 % af det samlede danske energiforbrug.

Af privatøkonomiske årsager vil dette potential formentlig primært blive udnyttet i forbindelse med renovering af enfamiliehuse, men der er skabt et grundlag for at lade energioekonomiske ventilationsløsninger indgå i en samlet pakke, som fx kan benyttes i energiselskabernes energisparearbejde med varmebesparelser i enfamiliehuse.

FIGUR NR. 6



Skitse af forsøgsopstilling til kondens- og tilslingsforsøg.

[WWW.ELFORSK.DK](http://WWW.ELFORSK.DK)

### PROJEKTLEDER:

Toke Rammer Nielsen  
BYG-DTU  
Bygning 118, DTU  
2800 Kgs. Lyngby

E-mail: [trn@byg.dtu.dk](mailto:trn@byg.dtu.dk)  
Telefon: 45 25 18 60  
Web: [www.byg.dtu.dk](http://www.byg.dtu.dk)

### PROJEKT:

Titel: Udvikling af energioekonomisk ventilationsløsning med varmegenvinding til boliger  
Nr.: 335-026  
PSO Program 2003  
Budget: 1.511.800 kr., heraf 989.300 kr. i tilskud fra ELFOR  
Tidsplan: 01.04.2003 – 30.09.2005

### PROGRAMKOORDINATOR:

Forskningskoordinator Jørn Borup Jensen  
Dansk Energi Net  
Rosenørns Allé 9  
1970 Frederiksberg C

E-mail: [jbj@danskenergi.dk](mailto:jbj@danskenergi.dk)  
Telefon: 35 300 934  
[www.elforsk.dk](http://www.elforsk.dk)