



PSO 2003 - FORSKNING & UDVIKLING I EFFEKTIV ENERGIANVENDELSE

Reduceret energiforbrug gennem optimeret luftflow i køleanlæg



Udarbejdelse af guidelines og præsentation af værktøjer, der kan anvendes til at realisere energibesparelser ved opsætning af industrielle køleanlæg



danskenergi | net

ELFORSK

RESUMÉ:

Industrielle køleanlæg udgør med et elforbrug på ca. 676 GWh/år ca. 17 % af elforbruget til al køle- og fryseudstyr i Danmark. En væsentlig del af sådanne industrielle køleanlæg er et blæserarrangement, monteret på/ ved en luft/væske-varmeveksler.

Luftfordelingen over varmevekslerne er ikke nødvendigvis så ideel som almindeligt antaget, og det har direkte indflydelse på et køleanlægs ef-

tektudnyttelse. Ofte ses overraskende store variationer i både temperaturfordeling og flow-mønstre.

Projektet undersøgte mulighederne for optimering af luftflowet gennem fordampere og kondensatorer med det formål at udnytte eksisterende fordampere/kondensatorer bedre – og opnå et lavere energiforbrug. Betydeligt lavere, viste det sig.

MÅLSÆTNING:

På et køleanlæg findes der mindst to steder, hvor der benyttes luft/kølemiddelvarmeveksling – nemlig på kondensatordelen og på fordamperdelen. Og følgende forhold har direkte betydning for anlæggets samlede energidnyttelse:

- Blæservirkningsgraden – energiforbruget har typisk en størrelse, der er 10-15 % af den samlede køleydelse i anlægget, hvorfor den direkte virkningsgrad er væsentlig
- Luftfordeling på varmevekslerfladerne – bidrager indirekte til systemets virkningsgrad, da varmevekslerfladerne ikke udnyttes optimalt, hvis varmeovergangen ikke er homogent fordelt

Projektets formål var at undersøge de teoretiske og praktiske muligheder for at optimere placeringen af hhv. fordampere og kondensator i køleanlæg i forhold til blæser og ventil – samt øvrige begrænsende forhold i relation til lufttilgangen til veksleren.

PROCESSEN:

Projektet er gennemført som et samarbejde mellem Teknologisk Institut som projektleder, TT Coil A/S, Multi-Wing International, Lindab A/S, Thorfisk A/S samt Institutet for Produktudvikling IPU DTU.

Projektet var opdelt i 5 faser, hvor der benyttes såvel laboratoriemålinger som moderne CFD-software.

Den første fase bestod i at foretage CFD-beregninger på en ventilator fra Multi-Wing, der typisk bliver brugt i køleapplikationer.

Fase 2 bestod i at undersøge fordampereperformance ved inhomogene luftfordelinger over hedefladen. Der er blevet undersøgt, hvordan kompressorens energiforbrug og systemets kølekapacitet påvirkes af ændringer i luftfordelingen omkring kondensator og fordampere. Og som et led i projektet blev der anvendt exergianalyse til at anskueliggøre og kvantificere sammenhængen mellem den lokalt forbedrede (eller forværede) luftfordeling og systemets energi og kapacitetsforhold.

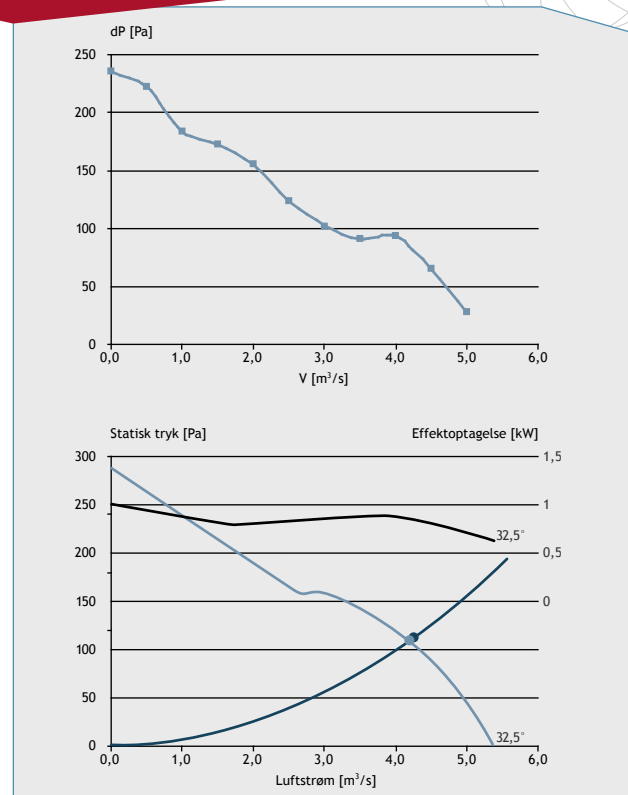
I Fase 3 blev der opbygget et testrig for at undersøge det realiserbare energipotential ved hhv. 3- og 6-løbsfordampere. Fordampernes køleydelse blev testet i et eksperiment med varierende parametre:

- størrelse af plenumkammer (afstand mellem fordampersfladen og blæseren)
- placering af blæser, hhv. foran og bagved fordampere
- face-hastigheder

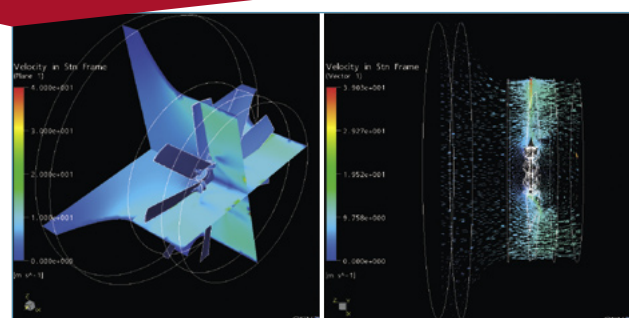
I Fase 4 undersøgte man performance af en vægophængt fordampere ved varierende afstand til væg og varierende omdrejningstal. Samtidig analyserede man flowprofilen efter fordampere ved hjælp af Laser Doppler målinger.

Endelig gennemførte man i Fase 5 fuldskalaforsøg af luftfordelingen af en produktionshal på Thorfisk A/S, hvor det ideelle flow er blevet fastlagt med henblik på komfort og minimalt energiforbrug.

FIGUR NR. 1



FIGUR NR. 2



CFD-beregning af Multi-Wing vinge hastigheds- og vektorplot.

RESULTATER:

CFD (Computational Fluid Dynamics) er undersøgt som værktøj i forbindelse med design af blæsere samt beregning af luftflow. I projektet er egnetheden af CFD i forhold til optimering af ventilatorvinger undersøgt. Der findes god overensstemmelse mellem måling og beregningsresultater.

Hovedindsatsen for projektet er imidlertid lagt på analyse af skæv luftfordeling over varmevekslerne. Indledende teoretiske studier viser, at halvdelen af arealet skal være mere end 80 % blokeret, før det har en effekt på mere end 5 % på energiforbruget. Analysen tager ikke højde for de afledte effekter (skæv kølemiddelfordeling), som er den "hovedmistænkte" i forhold til varmevekslerens reducerede effektivitet ved skæv luftfordeling.

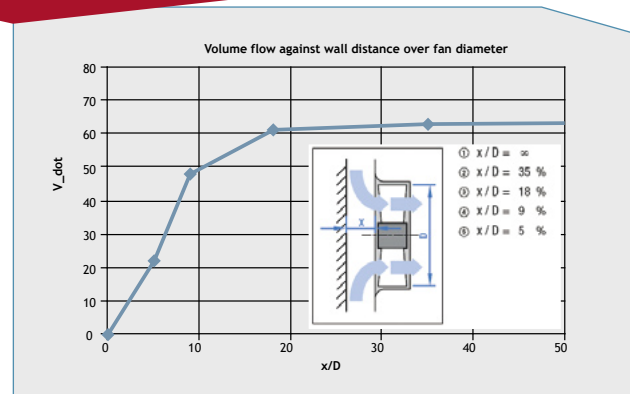
Derfor er der gennemført et stort eksperimentelt arbejde med praktiske målinger på hhv. kanalophængte og rum-/vægophængte fordampere. De kanalophængte fordampere har været udført med flere løb for at studere effekten fra en skæv luftfordeling (plenum-afstand) på kølemiddelfordelingen.

Resultaterne viser, at der er ca. 10 % vekslerkapacitet at hente ved at vælge optimal plenumlængde og yderligere 10 % at hente ved at udligne skæv kølemiddelfordeling – dette er gjort ved at tilpasse modstand i de enkelte løb.

Endvidere er placeringen af rumophængte fordampere undersøgt. Virkningsgraden forringes først væsentligt, når afstanden til bagvæggen er mindre end 20 % af rotordiameteren på fordampers blæser.

HVIS FORDAMPEREN PLACERES FOR TÆT VED VÆGGEN, FALDER YDELSEN

FIGUR NR. 3



Ventilator-performance for en vægophængt fordampere ved blokering

KONKLUSION:

Projektet har vist, at numeriske beregningsværktøjer kan bruges i design af mere energieffektive blæsere, fordi numeriske værktøjer tillader virtuelle test i et hurtigere og mere omfattende omfang end traditionelt eksperimentelt baserede metoder.

Gennem forsøg udført på Teknologisk Institut konkluderer projektgruppen, at plenumlængde (afstanden mellem ventilator og fordampere) har en stor indvirkning på fordampereperformance. Skæv luftfordeling giver inhomogen fordeling af varmetransmission fra fordampereflader. For flerløbsfordampere vil overhedning i enkelte løb reducere ydelser. Man skal altså optimere både plenumlængde og kølemiddelfordeling.

Desuden er det lykkedes at generere gode guidelines for vægophængte fordampere i kølerum, eksempelvis at: Virkningsgraden forringes væsentligt, når afstanden til bagvæggen er mindre end 20% af rotordiameteren på fordampers blæser. Desuden kan man i høj grad overføre tilsvarende guidelines til vægophængte aksialblæsere.

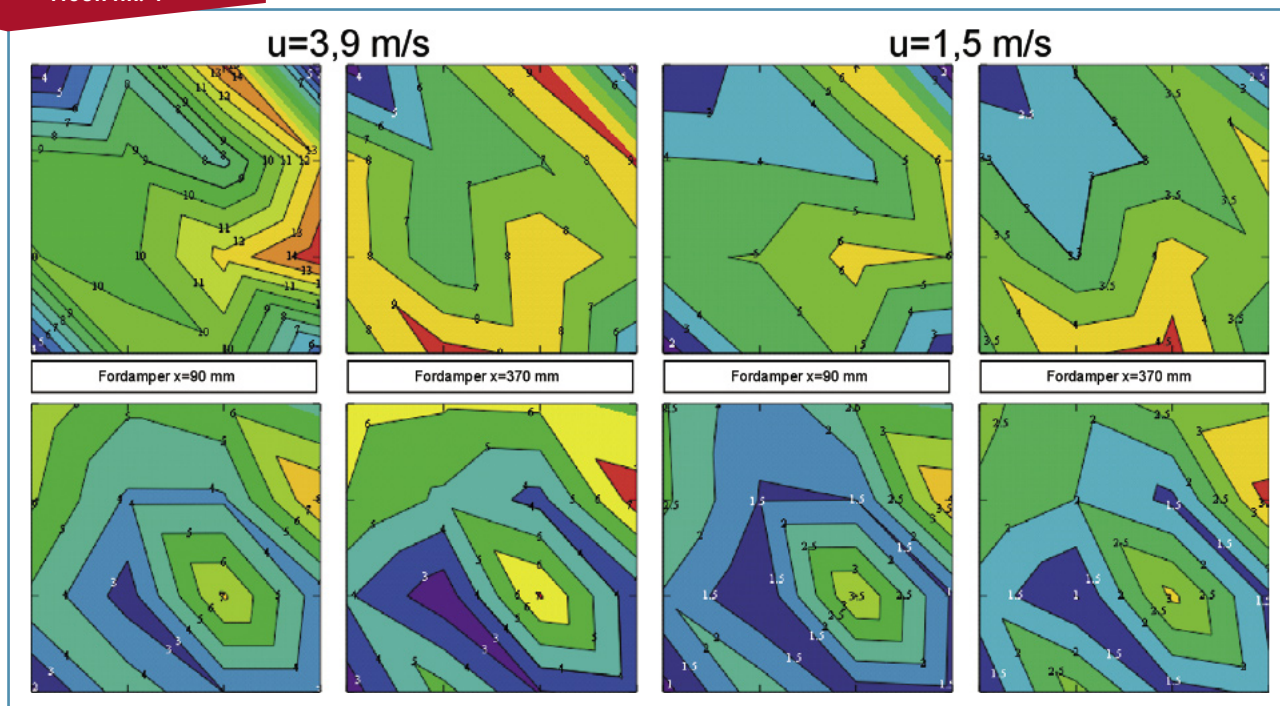
OPTIMERING AF PLENUMLÆNGDE OG KØLEMIDDELFORDELING ØGER FORDAMPERENS EFFEKTIVITET MED OP TIL 20 %

HVAD KAN PROJEKTET BRUGES TIL?

Projektet viser, at der er store muligheder for at energioptimere industrielle køleanlæg med luft/væske-varmevekslere, hvis indretningen udføres korrekt. Men de industrielle køleanlæg udgør trods alt kun 17 % af elforbruget til al køle- og fryseudstyr i Danmark – resten tegner primært handel- og serviceindustrien sig for.

Ca. halvdelen af disse køle- og fryseanlæg har ligesom industrien luft/væske-varmevekslere og kunne dermed med fordel udnytte projektets anvisninger og resultater.

FIGUR NR. 4



Flowfordeling ved 3-løbsfordamper med ventilatoren placeret foran fordamperen. Skæv luftfordeling giver inhomogen fordeling af varmetransmission fra fordamperflader. For flerløbsfordampere vil overhedning i enkelte løb reducere ydelsen.

EFFEKT:

Industrielle køleanlæg udgør med et elforbrug på ca. 676 GWh/år ca. 17 % af elforbruget til al køle- og fryseudstyr i Danmark. Det vurderes, at der kan spares op til 15-20 % af køleanlæggenes energiforbrug, hvis indretningen bliver udført efter de retningslinier, som ligger i projektet. Det svarer til en besparelse på 100-135 GWh/år.

Køle- og fryseanlæg i bla. handel og service udgør de øvrige 83 % køle- og fryseudstyr i Danmark. Af dem har ca. halvdelen luft/væske-varmevekslere (elforbrug: 50 % af 3.264 GWh/år). Det kunne jo også blive til en del...

WWW.ELFORSK.DK

PROJEKTLEDER:

Peter Schneider
Teknologisk Institut
Gregersensvej
2630 Taastrup

E-mail: peter.schneider@teknologisk.dk
Telefon: 72 20 20 00
Web: www.teknologisk.dk

PROJEKT:

Titel: Reduceret energiforbrug gennem optimeret luftflow i køleanlæg
Nr.: 335-016
PSO Program 2003
Budget: 2.522.500 kr., heraf 1.511.000 kr. i tilskud fra ELFOR
Tidsplan: 01.04.2003 - 31.12.2005

PROGRAMKOORDINATOR:

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

E-mail: jbj@danskenergi.dk
Telefon: 35 300 934
www.elforsk.dk