

VENTILATION

**ENERGIEFFEKTIVE
TEKNOLOGIER**



PROJEKT 342-049 og 343-008

CLEAN-AIR Heat Pump - Reduceret energiforbrug til ventilation af bygninger ved luftrensning integreret med luft varmepumpe

De to projekter har udviklet et nyt energibesparende koncept, der supplerer et traditionelt indeklima-læg med varmepumpe og luftrensning

MÅLSÆTNING:

I de to projekter skulle der udvikles et nyt ventilationsprincip, der integrerer et regenerativt roterende luftrensningshjul (silica gel rotor) med en luft/luft varmepumpe. Med dette ventilationssystem, der betegnes Clean Air Heat Pump (CAHP), skulle det være muligt at fjerne helbredsskadelige ultrafine partikler fra

rumluften, samtidig med at der opnås en betydelig energibesparelse.

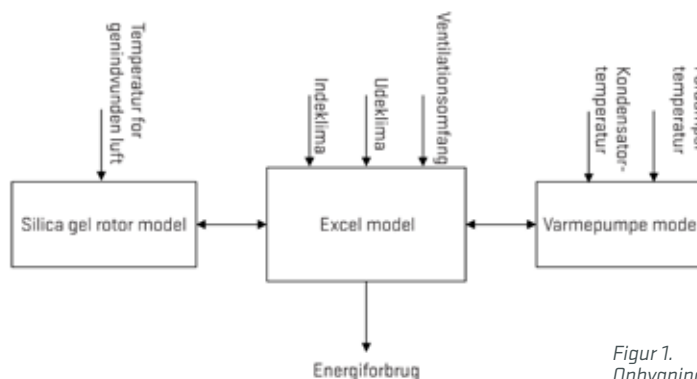
Anvendelse af luftrensningshjulet betyder, at de forurenende stoffer fra udeluften kan adsorberes. Den varme, der frigives ved adsorption og tilføres ved regenerering, bliver i kon-

ceptet genindvundet ved hjælp af en el- eller varmedreven varmepumpe, så varmen kan benyttes til opvarmning om vinteren. Efter en omkobling kan udstyret benyttes til køling om sommeren eller under klimaforhold, hvor udeluften forudsætter køling og affugtning i hele året.

MÅLGRUPPE:

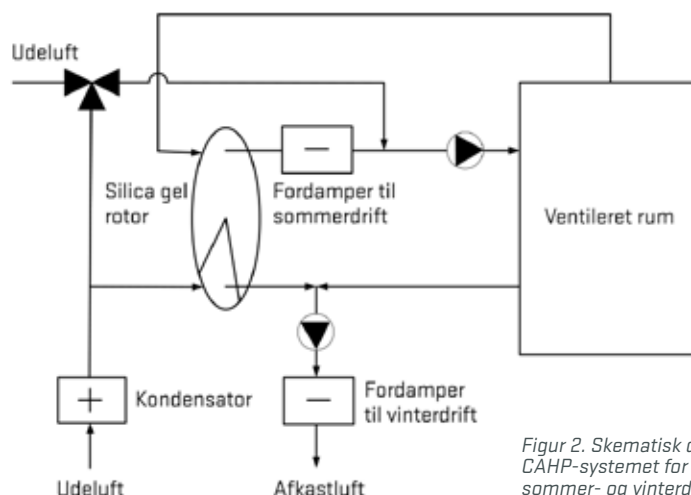
Det er projektgruppens intention gennem simuleringer samt opbygning og test af en prototype under laboratorievilkår at skabe grundlag for, at ventilationssystemet kan patenteres og dermed bane vej for videreudvikling og kommercialisering af prototypen. Der er ikke i løbet af projektperioden gennemført beregninger af, om det kan blive rentabelt at anvende ventilationsprincippet.

Projektets resultater præsenteres både for en videnskabelig målgruppe gennem peer-reviewed artikler i internationalt anerkendte tidsskrifter og gennem præsentationer på internationale konferencer og symposier. Desuden formidles resultaterne mere bredt til en ventilationsteknisk målgruppe gennem tidsskrifter som HVAC-magasinet.



Figur 1. Opbygning af CAHP-beregningsmodellerne.

BÅDE GENNEM TEORETISKE SIMULERINGER OG UNDER EKSPERIMENTELLE LABORATORIEFORSØG PÅ EN PROTOTYPE HAR CAHP-SYSTEMET VIST STORE BESPARELSER PÅ UDGIFTEN TIL DRIFT AF INDEKLIMAANLÆG.



Figur 2. Skematisk diagram af CAHP-systemet for kombineret sommer- og vinterdrift.

PROCESSEN:

Projektgruppen har været ledet af det Internationale Center for Indeklima og Energi (ICIEE) v/DTU-Byg. Centret har brugt sine nyeste forskningsresultater inden for luftrenseteknikker og sine unikke laboratoriefaciliteter til at genskabe realistiske udeluftammer i forskellige klimazoner.

COWI A/S har bl.a. stået for modellering af det samlede ventilationsprincip i ThermoFlex. mens Exhausto A/S har leveret komponenter til opbygning af prototypen i ICIEE's laboratorium og efterfølgende skal bearbejde projektresultaterne med henblik på evt. kommerciel udnyttelse.

I projektets første fase (projekt 342-049) blev der opbygget en teoretisk model for at

kunne beregne energiforbruget i det nye ventilationssystem. Systemet er opbygget af en silica gel rotor fra Munters med en stabil Titanium Silica Gel med effektive lufttørrende egenskaber, der suppleres med en luft/luft varmepumpe. Modellen kan dels simulere varme- og massebevægelse i en silica gel rotor, dels simulere varmepumpens termodynamiske proces. Modellen er udviklet med afsæt i to beregningsprogrammer, MATLAB og ThermoFlex, og beregner systemets samlede energiforbrug.

I den anden fase (projekt 343-008) blev der opbygget en CAHP-prototype til en eksperimentel laboratorietest, der skulle demonstrere ventilationssystemets evne til at opvarme, køle og ventilere et rum. Prototypen

har en kapacitet på 250 l/s og består af en særligt designet varmepumpe med to kondensatorer, to fordampere og en silica gel rotor. Med dette design kan systemets energiforbrug begrænses både til opvarmning om vinteren og til køling om sommeren. Samtidig kan systemet let skifte mellem de to driftsmåder.

Både i første og anden fase er der arbejdet på grundlag af tre forskellige klimazoner, repræsenteret ved hhv. København (mild sommer/kold vinter), Milano i Italien (mild vinter/varm sommer) og Colombo i Sri Lanka (varmt og fugtigt klima hele året), for at teste ventilationsprincippet's globale potentiale.

RESULTATER:

I simuleringerne fra den første fase er CAHP-systemet blevet sammenlignet med et traditionelt, men energieffektivt indeklima anlæg med varmegenvinding. Sommerens energiforbrug bygger på elforbrug til drift af klimaanlægget, mens vinterens energiforbrug til opvarmning er vurderet som udgiften til at opvarme med gas. Simuleringerne viste, at CAHP kan spare op til 42 % af energjudgifterne om vinteren under danske forhold. For sommersæsonen er der beregnet en elbesparelse på 66 % i ventilationssystemer med fugtkontrol og 9 % uden fugtkontrol med en samlet årlig besparelse på mere end 35 %. Tilsvarende tal for Milano var op til 63 % elbesparelse om sommeren og 17 % reduktion i energjudgiften om vinteren for ikke industrielle slutbrugere. For Colombo blev der beregnet en årlig elbesparelse på 62 %.

Laboratoriemålingerne på prototypen i anden fase viste, at CAHP-besparelsen i Danmark var knap 60 % om sommeren og knap 50 % om vinteren. Vurderet i forhold til de samlede energjudgifter til ventilation, opvarmning og

køling er der opgjort en årlig besparelse på knap 30 %. Tilsvarende målinger for de to andre klimaforhold viste besparelser på 40 % om sommeren og 22 % om vinteren i Milano samt 30 % elbesparelse i Colombo.

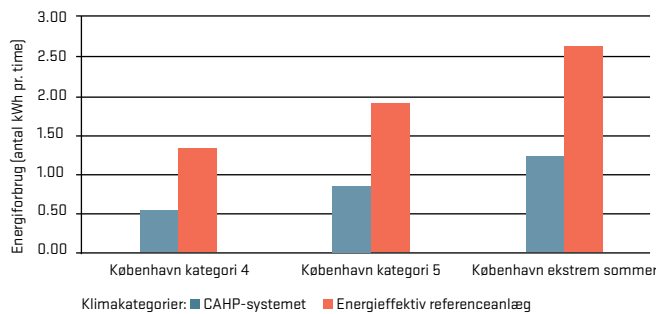
CAHP-systemets varmepumpe udviste en relativ høj effektivitet. Under køling ved sommerdrift lå varmepumpens COP-værdi på mellem 2,5 og 5,0 (lavest i Colombo, højest i Milano). Ved opvarmning under vinterdrift havde varmepumpen en COP på mellem 4 og 5 under typiske danske vinterforhold og højere end 5 i den milde Milano-vinter.

Ved en samlet vurdering af forskellen på det traditionelle energieffektive klimaanlæg og CAHP-systemet har ICIEE opgjort den årlige besparelse på energjudgiften til at ligge på lige knap 30 % for alle tre klimazoner.

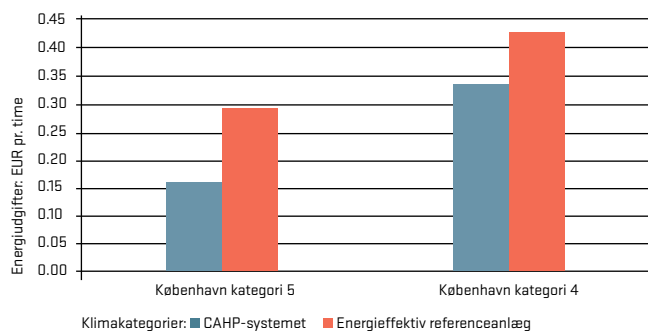
De målte resultater ligger lavere end de oprindeligt beregnede, ikke mindst for det tropiske klima. ICIEE henviser til, at mængden af genanvendt luft blev øget fra 25 % af

procesluften i simuleringerne til 50 % under prøvedriften. Det skete for at opnå en mere stabil systemdrift. Desuden viste det sig hensigtsmæssigt kun at benytte udeluft under sommerdrift for at sikre luftrensningshjulets effektivitet. Udeluften har et højere fugtindhold end den genanvendte afkastluft, og det medvirker til at øge energiforbruget under sommerdrift. Det slår især igennem på resultaterne for det tropiske klima (Colombo), hvor de målte besparelser var mindre end det halve af de beregnede.

DET HAR INDEN FOR PROJEKTETS ØKONOMISKE RAMMER IKKE VÆRET MULIGT AT OPTIMERE CAHP-DESIGNET TIL EN FREMTIDIG INDUSTRIEL PRODUKTION.



Figur 3. CAHP-systemets gennemsnitlige energiforbrug pr. time i de tre sommerklimakategorier for København, som blev brugt til eksperimenterne i ICIEE's laboratorium, sammenlignet med referencen i form af et energieffektivt klimaanlæg.



Figur 4. CAHP-systemets tilsvarende energiforbrug pr. time i de to vinterklimakategorier for København, sammenlignet med referencen.

EFFEKT:

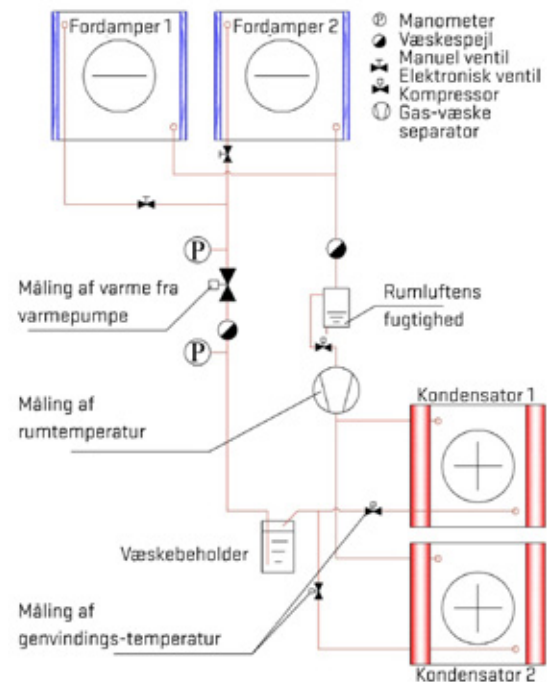
CAHP-systemet har teoretisk et stort potentiale for energibesparelser og forbedret indeklima. Driften af traditionelle klimaanlæg er i eksisterende ventilationsstandarder og vejledninger begrænset til et luftskifte på mellem 2,5 og 10 l/s, afhængig af de indeklimamæssige betingelser. Men aktuel indeklimaforskning har vist, at i mange moderne kontorbygninger er selv et luftskifte på 10 l/s ikke tilstrækkeligt til at rense indeluften så godt, at man kan forebygge forekomsten

af Sick Building Syndrom (SBS) med det resultat, at mange brugere enten bliver mindre produktive eller direkte syge af et dårligt indeklima. Af hensyn til det medfølgende energiforbrug er løsningen ikke at øge luftskiftet, men at gøre rensningen af den ventilerede udeluft mere effektiv.

CAHP-projekternes teoretiske og eksperimentelle resultater er derfor meget interessante for en strategi, der sigter efter at

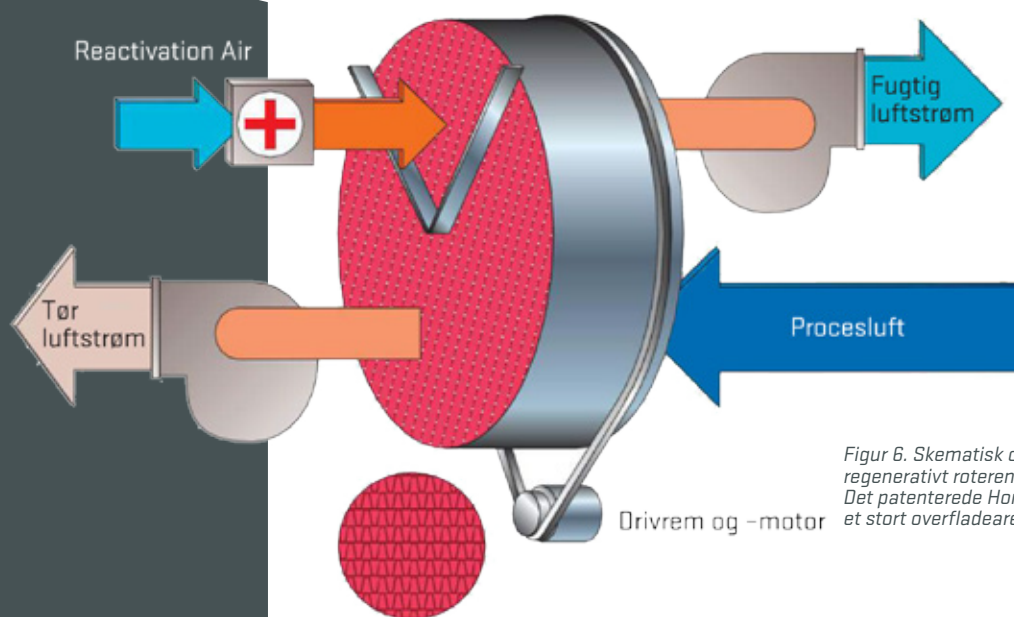
begrænse energiforbruget i bygninger sideløbende med en fastholdelse eller forbedring af indeklimaet.

Det er ICIEE's vurdering, at CAHP-systemet især er egnet til kontorbygninger, men at det også burde kunne anvendes i institutioner og til boligventilation i bygninger uden brug af emhætter.



Figur 5. Diagram over kølesystem i CAHP-prototypen for kombineret sommer- og vinterdrift.

HVORDAN PROJEKTRESULTATERNE KAN BRUGES I PRAKSIS!



Figur 6. Skematisk oversigt over det regenerativt roterende luftrensingshjul. Det patenterede HoneyCombe design giver et stort overfladeareal til tørring.

Projektledelse:

Lei Fang
International Centre for Indoor Environment and Energy (ICIEE) v/DTU-Byg
Nils Koppels Alle, Bygning 402
2800 Kgs. Lyngby
E-mail: fl@byg.dtu.dk
Telefon: 45 25 40 22
Web: www.iciee.byg.dtu.dk

Projekt:

Titel: CLEAN-AIR Heat Pump -
Reduceret energiforbrug til ventilation af bygninger ved luftrensning integreret med luft varmepumpe - TASK 1 & 2
Nr. 342-049 & 343-008
PSO Program 2010 & 2011
Budget i alt: 1.758.464 kr., hvoraf 1.103.049 kr. i tilskud fra Dansk Energi
Tidsplan: 01.04.2010-30.09.2013

Program-kordinator:

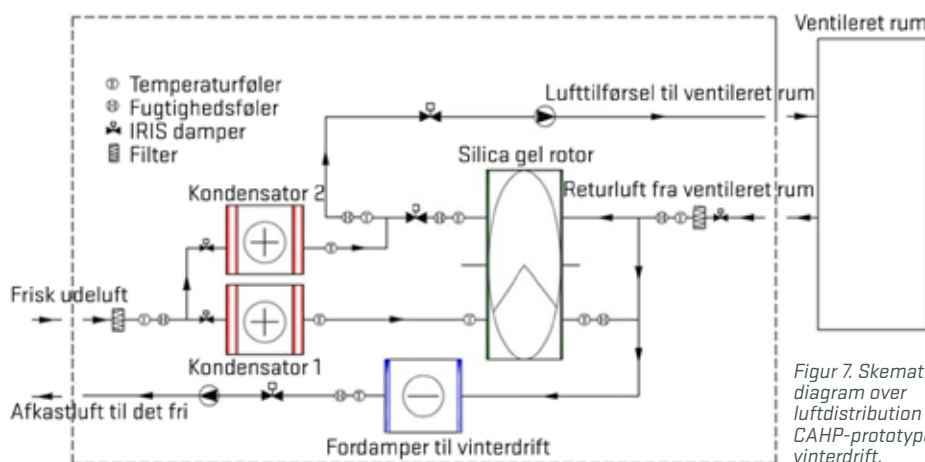
Forskningskordinator
Jørn Borup Jensen
Dansk Energi
E-mail: jbj@danskeenergi.dk
Telefon: 35 300 934
Web: www.elforsk.dk

Det eksperimentelle arbejde med CAHP-systemet i projekt 343-008 er udført under de specifikke forhold, der er gældende på ICIEE's indeklimalaboratorium. Der blev anvendt et testrum på 72 m², der blev suppleret med forsyningsenheder, der kunne simulere de faktiske klimaforhold i hhv. København, Milano og Colombo, hvad angår udeluftens temperatur og fugtindhold, både sommer og vinter.

Under hensyn til disse specifikke forskningsmæssige rammer har det ikke ved afslutningen af projekt 343-008 været muligt at vurdere CAHP-systemets faktiske kommercielle potentiale. Før CAHP-systemet kan produktmodnes og sættes i industriel produktion, er der behov for at tilpasse systemdesignet til industrielle produktionsbetingelser. Desuden er der på

grundlag af et sådant optimeret design brug for nøjere at vurdere CAHP-systemets fremtidige anlægsomkostninger og dermed systemets rentabilitet for slutbrugerne. Det er yderligere nødvendigt at undersøge luftrensningens effekt i nogle felt forsøg i eksisterende bygninger og i laboratoriet. Det er en opgave, der skal løses i et samspil mellem forskerne på ICIEE, der skal arbejde videre med systemdesign, og producenter, der skal vurdere systemets kommercielle potentiale.

Under de to projekter har der ikke været ressourcer til at teste CAHP-systemets effekt på indeklimakvaliteten gennem praktiske målinger med de forsøgspersoner, som ICIEE generelt anvender til at måle, hvordan indeklimakvalitet opleves i praksis.



Figur 7. Skematisk diagram over luftdistribution i CAHP-prototype til vinterdrift.