



## Laboratoriet for Indeklima og Energi

I Laboratoriet for Indeklima og Energi udføres kontraktforskning for firmaer, forskning for universitetets egen regning eller forskning støttet af STVF m. fl. Desuden anvendes laboratoriet og måleudstyr til uddannelsesformål i form af elevøvelser og elevprojekter.

Det største aktiv i laboratoriet er et avanceret måleudstyr og fuldskalaklimarum til undersøgelse af luftstrømninger og gasudbredelse i rum. Fra laboratoriets start har forskningsgruppen satset på undersøgelse af isoterme strømninger i tomme rum, men i de senere år er forskningen udstrakt til ikke-isoterme strømninger i tomme rum eller i møblerede rum med personer.

I laboratoriet findes tre fuldskalaklimarum. Rummene er bygget ud fra den filosofi, at de skal være lette at modificere til hvert enkelt projekt. Det er således f.eks. let at ændre position og type af indblæsnings- og udsugningsåbninger. Rumgeometrien kan ændres ved at opstille interne midlertidige vægge m.v.

### Stort klimarum

---

Dette rum er 8 m langt og 6 m bredt. Loftet er ophængt i taljer, således at loftshøjden kan varieres mellem 2,4 og 4,7 m. Rummet er opbygget af stålprofiler med en beklædning af møbelplader. I to af væggene er der dog indbygget termoruder, hvilket giver gode muligheder for at observere og fotografere ved røgvisualisering. Indblæsningsåbninger og udsugningsåbninger kan placeres valgfrit. Ventilationsluftmængden kan varieres mellem 0 og ca. 2000 m<sup>3</sup>/h svarende til et luftskifte på 0 til ca. 9 h<sup>-1</sup>. Indblæsningstemperaturen kan varieres mellem 10°C og 40°C. Klimarummet er normalt forsynet med temperaturmåleudstyr bestående af en datalogger med op til 80 termoelementer, hastighedsmåleudstyr med op til 24 følere og gasanalyseudstyr med 6 målepunkter. Termiske mannequiner med ånding bliver ofte anvendt i dette rum.

Testrummet er meget velegnet til fuldskalaeksperimenter i store rum og til undersøgelse af konvektive strømninger og forureningsudbredelse i ventilerede rum. Rummet er også egnet til bestemmelse af strømninger fra indblæsningsåbninger. En mindre rummodel kan let opbygges inden i det store rum blot ved at opstille to lette vægge og sænke loftet ned på disse.

### Dobbelt klimarum

---

Det dobbelte klimarum er opbygget af et træskelet med indvendig og udvendig træbeklædning og 100 mm isolering. En skillevæg deler rummet i to. Det ene rum kan opvarmes til f.eks. indendørs komforttemperatur, mens det andet kan køles ned til f.eks. -10°C ved hjælp af kølekonvektorer.

Det varme rums indvendige mål er: længde 3,65 m, bredde 2,96 m og højde 3,30 m. Skillevæggen mellem det varme og det kolde rum er 2,96 m bred og 3,30 m høj. I skillevæggen kan der indbygges bygningselementer såsom vinduer, facadeelementer, friskluftventiler m.v. Herved er det muligt at undersøge dynamisk varmetransmission, kold træk m.v.

### Højsoleret klimarum

---

Vægge, gulv og loft er højsoleret med 200 mm isolering. Indvendig og udvendig beklædning består af støbeplader. De to dobbeltdøre er isoleret med skumplader, og vinduerne har isolerede skodder. Rummets indvendige mål er 5,4 x 3,6 x 2,5 m. Da panelerne er udskiftelige, kan indblæsnings- og udsugningsåbninger placeres valgfrit også i gulvet.

Klimacentralen kan levere en ventilationsluftmængde på mellem 0 og ca. 500 m<sup>3</sup>/h svarende til et luftskifte på 0 til 10 h<sup>-1</sup>. Indblæsningsluftens temperatur kan varieres mellem 10°C og 40°C. Rummet er normalt forsynet med temperaturmåleudstyr bestående af en datalogger med op til 80 termoelementer, med



lufthastighedsmåleudstyr med op til 24 følere, med gasanalyseudstyr, effektmåleudstyr m.v. Det højisolerede klimarum er specielt bygget til analyse af ikke-isotermisk indblæsning og termiske strømninger i ventilerede rum, og til undersøgelse af påvirkningen fra møbler, personer og varmekilder på indeklimaet.

## Lydlaboratorium

---

Lydlaboratoriet indeholder et senderrum og et målerum hver på ca. 30 m<sup>2</sup> og med en højde på 2,14 m. Rummene ligger i en betonkælder, men gulvene er skåret fri fra bygningen. Vægge og loft er bygget selvstændigt op og er lyd-dæmpet med mindst 100 mm lydisolering mod den omliggende bygning.

Baggrundsstøjen er herved reduceret til at ligge under måleligt niveau. Lydlaboratoriet råder over lydtrykmåleudstyr med oktav- og 1/3 oktavfiltre, støjgenerator med oktav- og 1/3 oktavfiltre, lydeffektgenerator, trinlydgenerator samt udstyr til måling af efterklangstid.

## Kalibrerings vindtunnel

---

Forskningsgruppengruppen har udviklet en del af det kalibreringsudstyr, der anvendes i laboratoriet. Vindtunnelen der er vist på billedet til venstre, er et eksempel herpå. Den er drejelig om en vandret akse, således at den kan give strømning lodret op, lodret ned, vandret strømning m.m. Dette er en meget vigtig egenskab ved kalibrering af varmelegeme-anemometre ved lave hastigheder, hvor den naturlige konvektion, der skabes af den opvarmede hastighedsføler, påvirker målingen meget (egenkonvektion).

## Instrumenter

---

Foruden fuldskalatestrummene udstyret med klimaaggregater har klimalaboratoriet et betragteligt udvalg af måleudstyr til måling af indeklimaparametre f.eks.

- Temperaturmåleudstyr bestående af dataloggere og termoelementer
- Lufthastighedsmåleudstyr til måling i et enkelt punkt (kugleprobe og hotwire)
- Lufthastighedsmåleudstyr for mange målepunkter (kugleprober)
- Laser-Doppler anemometer til måling i en retning
- Gasanalyseudstyr til sporgasmålinger (foto akustisk spektroskopi)
- Røggeneratorer og fotoudstyr

Hertil skal lægges udstyr til måling af luftfugtighed, partikelforurening, elektriske størrelser, vindretning og vindhastighed, tryk, luftstrøm, vandstrøm, varmestrøm og varmestråling.

Alt måleudstyr bliver justeret og kalibreret mindst en gang om året, og i nogle tilfælde lige før det bruges til en måleopgave. Der rådes over kalibreringsudstyr til sporbar kalibrering af det vigtigste måleudstyr, men der udføres ikke sporbar kalibrering for kunder.

## Termiske mannequiner med ånding

---

Den termiske mannequin (billedet foroven til venstre) er fremstillet på Danmarks Tekniske Universitet. Den er formet som en kvinde af gennemsnitsstørrelse med højden 1.7 m. Mannequinen består af en fiberarmeret polyesterskal omvundet med modstandstråd, der skiftevis bruges til at måle overfladetemperaturen og til at opvarme mannequinen til en ønsket hudtemperatur i 16 individuelle zoner. Hudtemperaturen og varmeeffekten svarer til en person i termisk komfort. Målinger af personeksponering kan udføres med denne mannequin ved hjælp af en kunstig lunge, som kan levere åndingsfunktionen enten gennem mund eller næse. Det er muligt at variere åndingsfrekvensen (antal åndinger pr. minut) og lungeventilationens størrelse (liter/minut).

Denne termiske og åndende mannequin (billedet foroven til højre) er bygget i flere eksemplarer på klimalaboratoriet. Mannequinen skal simulere et menneske ved fuldskalaeksperimenter som



**INSTITUT FOR BYGGERI OG ANLÆG**  
AALBORG UNIVERSITET

strømningsforhindring, varmekilde og forureningskilde. Eftersom den kan ånde, kan den også anvendes til måling af personeksponering. Mannequinen er ikke beregnet til måling af termisk komfort som den termiske mannequin, der er beskrevet oven for. Den totale varmeeffekt til mannequinen kan varieres mellem 0 og 400 W. Den eksterne geometri er designet så den er tættest muligt på en 1.7 m høj kvinde af gennemsnitsstørrelse 38. Mannequinen består af en aluminiumskal, der er malet for at sikre korrekt varmeafgivelse ved stråling.

## **Computere og software**

---

Foruden et antal PCere står to arbejdsstationer til rådighed for klimagruppen til forskningsformål. Desuden har gruppen adgang til et antal arbejdsstationer i instituttet. Arbejdsstationerne bruges fortrinsvis til CFD-simuleringer af luftstrømninger i ventilerede rum.

Tidligere har vi hovedsageligt brugt vort eget CFD program baseret på TEAM programmet udviklet af Department of Mechanical Engineering at UMIST (University of Manchester, Institute of Science and Technology, UK). I de senere år har vi anvendt det kommercielle program FLOVENT, og vi er begyndt at anvende de kommercielle programmer CFX og FLUENT. Til simulering af det termiske indeklime har klimagruppen PC versioner af programmerne SUNCODE, TSBI2 og TSBI3. Yderligere har gruppen udviklet et antal programmer til dataopsamling og databehandling.