

Nya forskningsrön:

Luftens turbulens väsentlig för vår dragupplevelse

Luftens turbulens har ett väsentligt inflytande på hur människan upplever drag. En ny modell gör det möjligt att förutsäga hur många människor som kommer att besväras av drag i ett rum. Modellen baseras på uppgifter om rumsluftens medelhastighet, turbulens och temperatur.



P Ole Fanger

P Ole Fanger är professor vid Laboratoriet för varme- och klimatkemik, Danmarks Tekniska Högskola. Medförfattare: A Melikov, H Hanzawa, J Ring.

H Hanzawa var gästforskare på Laboratoriet för Varme- och Klimatkemik 1985-87. Hans nuvarande adress är Takenaka Komuten Co. Ltd, Environmental and Mechanical Engineering Unit, Koto-Ku, Tokyo, Japan. Professor J Ring var gästforskare i 7 månader under 1987 på Laboratoriet för Varme- och Klimatkemik. Hans nuvarande adress är Hamilton College, Departments of Physics, Clinton, New York.

Drag är ett allvarligt problem i många byggnader försedda med klimatinstallation. Det är också en vanlig olägenhet för bilar, tåg och flygplan. Drag definieras vanligtvis som en oönskad, lokal avkylning av en del av kroppen och orsakas av luftrörelser. Det är alltså inte tillräckligt att människan känner sig i termisk balans. För stillasittande människor måste det dessutom ställas krav på luftrörelserna för att minska risken för drag.

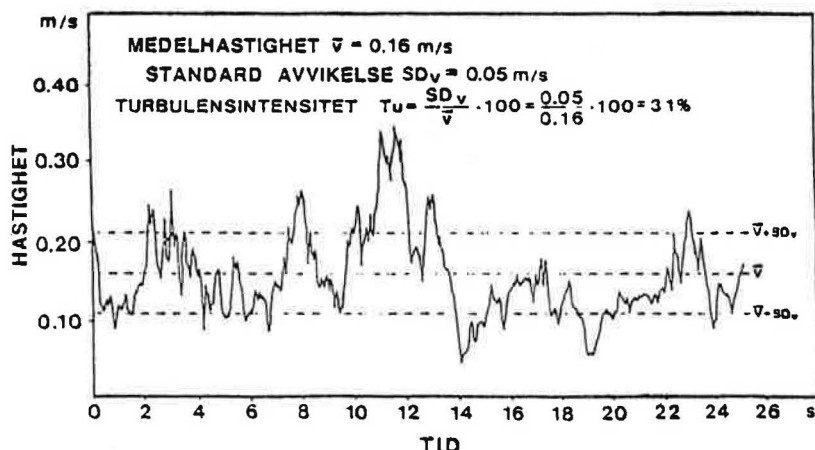


Fig 1. Variationer i lufthastigheten i uppehållszonen i ett typiskt ventilerat rum. Turbulensintensiteten är standardavvikelsen dividerat med medelhastigheten. Hastigheten varierar från sekund till sekund.

Det har länge varit välkänt att risken för obehag p g a drag ökar med ökande medelhastighet och med fallande temperatur på luften. Fanger och Pedersen fann emellertid att det första och främst är lufthastighetens variation som ger obehag, dvs drag. I praktiken är luftströmmen i ett rum turbulent. Hastigheten varierar från sekund till sekund. Variationerna kvantifieras med begreppet turbulensintensitet.

Fältmätningar visar att turbulensintensiteten i rum med omblandade ventilation är i storleksordning 30-60 %. För sådana förhållanden uppställde Fanger och Christensen nyligen ett diagram som anger risken för drag som funktion av luftens medelhastighet och temperatur. I rum med deplacerande ventilation eller i rum med självdrag kan turbulensen ofta vara lägre. I här redovisade försök har risken för drag som funktion av turbulensintensiteten undersökts systematiskt. Försöket och det resultat som erhållits är noggrant beskrivet i referens nummer 8.

Femtio försökspersoner

50 försökspersoner klädda så att de var i termisk balans blev i tre olika försöksserier utsatta för luftrörelser med låg turbulensintensitet ($Tu < 12\%$), medelhög turbulensintensitet ($20\% < Tu < 35\%$) och hög turbulensintensitet ($Tu > 55\%$). I vart och ett av försöken utsattes de stillasittande försökspersonerna för sex olika luftmedelhastigheter från 0,05 till 0,40 m/s. I samtliga försök var lufttemperaturen konstant lika med 23°C. Försökspersonerna fick svara på frågor om de märkte någon luftrörelse och om de kände något obehag.

Antal missnöjda

Resultaten visar att turbulensintensiteten har ett väsentligt inflytande på hur människan upplever drag. Baserat på här

redovisade och tidigare försök uppställes en modell för dragrisken. Modellen förutsäger hur stor andel av personerna i rummet som kommer att vara missnöjda på grund av drag som funktion av luftens temperatur (t_a), medelhastighet (v) och turbulensintensitet (T_u).

Andelen missnöjda PD (Percentage Dissatisfied) erhålls av sambandet:

$$PD = (34 - t_a)(v - 0,05)^{0,62}(0,37vT_u + 3,14).$$

När v är mindre än 0,05 m/s sätts $v = 0,05$ m/s. När PD är större än 100 % används PD = 100 %.

Under försöken varierades parametrarna inom följande gränser:

lufttemperaturen t_a , mellan 20 och 26°C
luftens medelhastighet, v , mellan 0,05 och 0,40 m/s

turbulensintensiteten, T_u , mellan 0 och 70 %.

Figur 2 och 3 visar två exempel på de värden som erhöles. Figur 2 visar dragrisken som funktion av turbulensintensiteten och luftens medelhastighet vid en konstant lufttemperatur om 23°C. Figur 3 visar olika kombinationer av luftens medelhastighet, turbulensintensitet och temperaturen som ger till resultat att 15 % av personer i rummet upplever obehag av drag.

Huvudet mest dragkänsligt

Varför upplevs turbulens som besvärande? Människans sinnen är speciellt känsliga för ändringar. Detta utnyttjas t ex på ambulanser där den akustiska och den optiska varningssignalen gjorts svängande för att väcka uppmärksamhet. På motsvarande sätt utlöser svängningar i lufthastigheten signaler till hjärnan från känselkroppar i huden om ett begynnande avkylningsförlopp varje gång som hastigheten ökas. Det stora antalet varningssignaler upplevs som besvärande drag.

De delar av kroppen som inte var täckta av kläder, i första hand huvudet visade sig vara mest dragkänsliga på människor med normal inomhusklädsel. Den uppställda modellen kan användas för alla olika höjder i uppehållszonen i ett rum. Den har dock en tendens till att övervärdera dragrisken för armar och fötter när dessa kroppsdelar är täckta av kläder (t ex långa armar, byxor och sockor).

Borde främja utvecklingen

För praktiskt bruk kan modellen användas för att kvantifiera dragrisken i existerande rum genom att mäta luftens medelhastighet, turbulensintensitet och temperatur i uppehållszonen. Modellen kan också användas för att beräkna dragrisken i ventilerade rum med utgångspunkt från beräk-

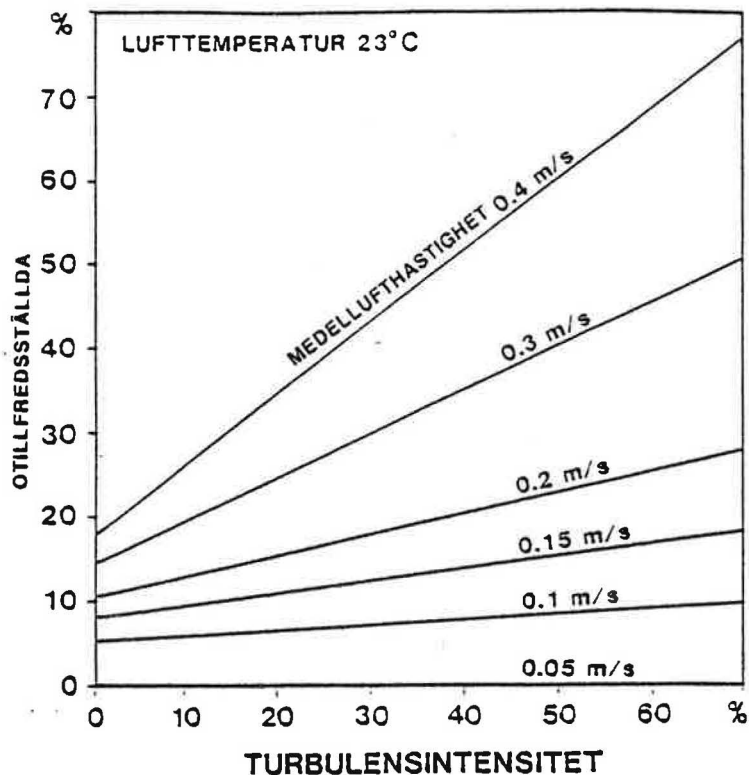
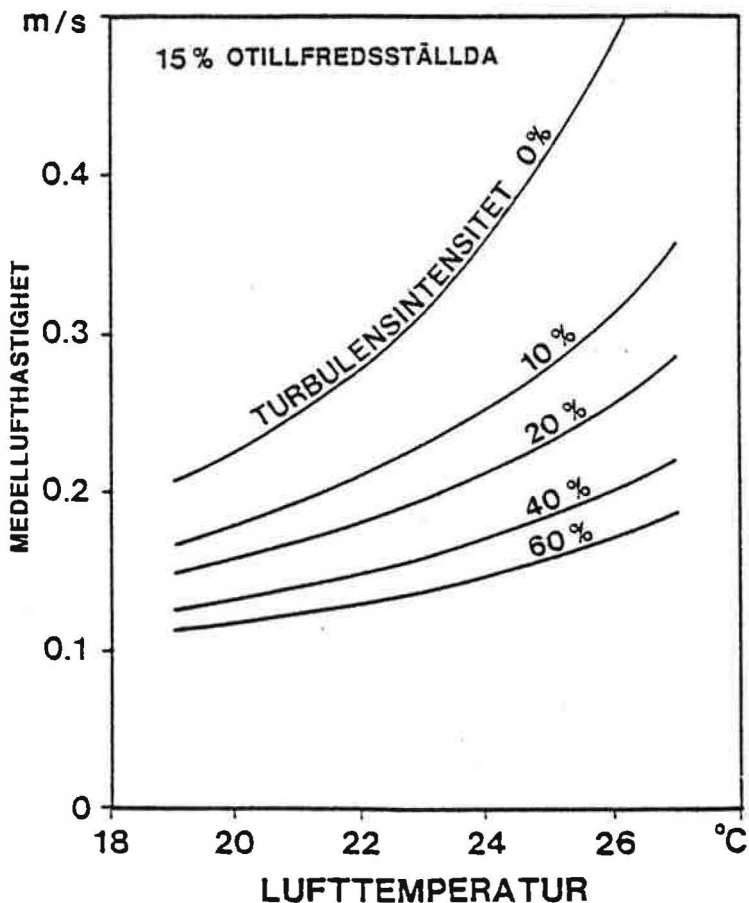


Fig 2. Procentuella andelen av människor i rummet som besväras av drag som funktion av luftens medelhastighet och turbulensintensitet. Diagrammet gäller för lufttemperaturen 23°C.

Fig 3. De kombinationer av luftens medelhastighet, lufttemperatur och turbulensintensitet som medför att 15 % av de personer som vistas i rummet upplever obehag av drag.



ningar av luftens medelhastighet, turbulensintensitet och temperatur.

För att bedöma kvaliteten hos ventilationssystemet i ett rum har ADPI-indexet ibland kommit till användning (9). Den nya modellen erbjuder en förbättrad metod att bedöma dragrisken från ett ventilationssystem. Olika system skall jämföras vid samma lufttemperatur i uppehållszonen, t ex i 22°C på höjden 0,6 m över golv. Används modellen på detta sätt borde den främja utvecklingen av ventilationssystem med låg dragrisk.

Kan förklara klagomålen

Turbulensintensitetens betydelse för hur människan upplever drag kan förklara många av de klagomål som i praktiken förekommit trots att existerande inneklimatstandard har uppfyllts. Det finns ett behov att revidera nu existerande inneklimatstandard så att de även innefattar denna nya information om orsakerna till drag.

Sammanfattning

- Luftens turbulens har en väsentlig betydelse för hur människan upplever drag.
- Det har utvecklats en modell för att bedöma risken för drag. Modellen förutsäger det procentuella antalet av de människor som vistas i rummet och som besväras av drag som funktion av luftens

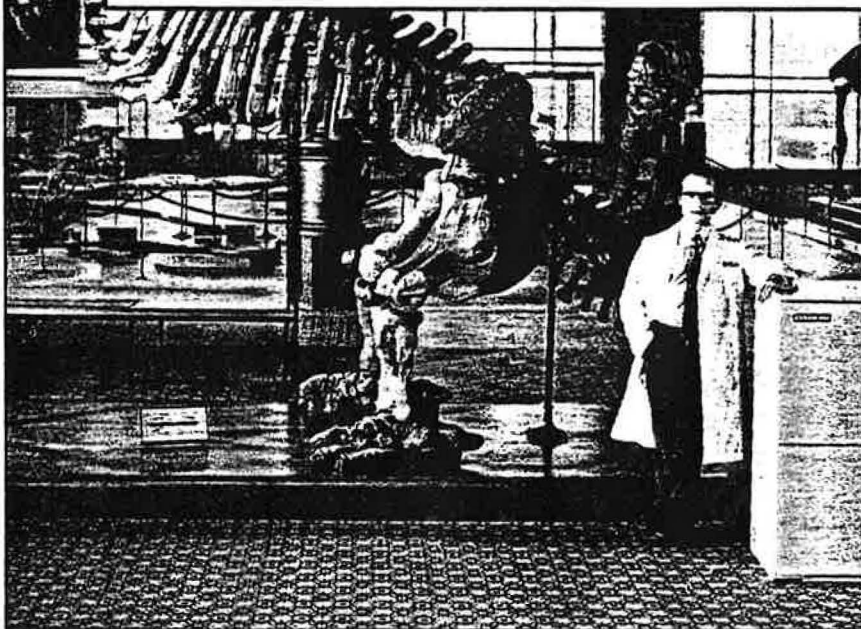
medelhastighet, turbulensintensitet och temperatur.

- Modellen kan vara ett lämpligt sätt att kvantifiera risken för drag i ett rum baserat på mätningar eller beräkningar av luftens medelhastighet, turbulensintensitet och temperatur.
- Modellen för dragrisk är ett lämpligt underlag för att fastställa gränser för drag i framtida inneklimatstandarder.

Referenser

1. P O Fanger: Thermal Comfort. Robert E Krieger Publishing Company, Malabar, Florida, 1982, 244 p.
2. ISO 7730: Moderate thermal environments - Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. International Standard Organization (ISO), Geneva, 1984.
3. Fanger, P O, Pedersen C J K, Discomfort due to air velocities in spaces. Proc of the meeting of commission B1, B2, E1 of the IIR, Belgrade, 1977, 4, pp. 289-296.
4. Thorshauge, J, Måling af lufthastigheder. Dansk VVS, nr 8, 1980, pp. 24-33.
5. Hanzawa, H, Melikov, A K, Fanger, P O, Airflow characteristics in the occupied zone of ventilated spaces. ASHRAE Trans. Vol 93, Part 1, 1987, pp. 524-539.
6. Fanger, P O, Christensen, N K, Perception of draught in ventilated spaces. Ergonomics, Vol 29, No 2, 1986 pp. 215-235.
7. Melikov, A, Hanzawa, H, Fanger, P O, Airflow characteristics in the occupied zone of heated spaces without mechanical ventilation. ASHRAE Trans, vol. 94, part 1, 1988.
8. Fanger, P O, Melikov, A K, Hanzawa, H, Ring, J, Air turbulence and sensation of draught. Energy and Buildings, Vol 12, No 1, 1988, pp. 21-39.
9. ASHRAE Handbook - 1985 Fundamentals, Chapter 32, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE), 1985.

DAIKINS KYLMASKINER - RYGGGRADEN I EN FUNGERANDE KYLANLÄGGNING



Vill Du ha mer kött på benen???

DAIKIN har ett mycket komplett produktprogram för kyla.

Kontakta någon av nedanstående DAIKIN-återförsäljare eller:

Svenska Daikin AB
Minervavägen 14
191 50 Sollentuna
Tfn 08 - 96 02 95

Kryotherm Piteå 0911-161 40, Mafab Falun 023-243 11, Bergslagskyl Ludvika 0240-135 40, BR-Kyl AB Uppsala 018-10 96 44, Bjurfors Luftbeh. Stockholm 08-26 27 35, Ind. & Lab.kyl Stockholm 08-744 12 15, MH-Klimat Stockholm 08-93 05 15, Tulekyl Stockholm 08-50 85 45, Kylmekano Karlstad 054-16 69 40, Förenade kyl Örebro 019-11 22 55, Ventkontroll Linköping 013-732 80, Skövde Kyltekn. Skövde 0500-512 06, Forsberg & Tibell Jönköping 036-13 26 50, DAIKIN AB Örebro 031-13 11 11, 5. Kariskrona Kylserv. Nättraby 0455-499 20, Kristianstad Kylserv. Kristianstad 044-11 11 11, Vä Ky okyl Helsingborg 042-15 14 50, Ing.firma Dahlqvist Lomma 040-41 14 00