

Hur påverkas produktivitet och prestation av inomhusklimatet?

Produktiviteten minskar när människor blir sjuka eller råkar ut för olyckor. Inomhusklimatet kan öka eller minska förekomsten av dessa händelser, som drabbar enbart få, men drabbar dem hårt. Målsättningen måste alltid vara att minska risken. För att kunna göra det måste vi undersöka mera i detalj hur inomhusklimatet påverkar oss.



David Wyon är filosofie doktor och forskare vid Statens Institut för Byggnadsforskning, Gävle

**1986
NORDISKT
INNEKLIMATÅR**



Produktiviteten minskar när människor blir trötta eller inte känner för att arbeta. Inomhusklimatet kan vara orsaken. Till skillnad från sjukdom och olyckor kan trötthet och arbetsleda drabba många. Effekten på individens behov är inte vara särskilt stor för att slå igenom med stor kraft på produktiviteten.

Produktiviteten minskar ovillkorligen när människor inte kan arbeta, trots god hälsa och arbetsvilja. Inomhusklimatet, genom sina effekter på kroppen och på förmågan, kan utgöra ett rejält hinder i arbetet, med stora ekonomiska konsekvenser.

Inom förekommande variationer har vi bäst bevis på att termiskt inomhusklimat påverkar produktiviteten mest. Både buller och luftföroreningar kan, över vissa nivåer, skada kroppen men har aldrig bevisats ha någon större effekt på prestation under dessa nivåer (skadegränser), som dock givetvis måste respekteras.

På grund av ögats enorma anpassningsförmåga har belysning ännu mindre påtagliga effekter, utom vid mycket synkrävande arbete. Men termiskt inomhusklimat påverkar de allra flesta typer av arbete, påverkar alla människor och kan ha stora effekter på prestation långt innanför skadegränserna och t o m ibland innanför komfortgränserna.

Det är därför värt att ägna en del uppmärksamhet åt hur termiskt inomhusklimat kan ha dessa effekter.

Prestationsändringar i kyla

På den kalla sidan av optimal komfort reglerar kroppen sin värmebalans genom vaso-konstriktion. Den genomsnittliga hudtemperaturen minskar automatiskt för att spara värme åt de vitala organen – hjärna, hjärta, lungor, lever m m. Perifera kroppsdelar 'offras' och en temperaturgradient etableras ner för armar och ben. Händerna får snabbt en lägre temperatur, på 10–15 minuter, för fötterna kan det ta flera timmar, men de får till slut samma temperatur som händerna, även när de är betydligt bättre isolerade.

Om de utsatta personerna har möjlighet att stå eller gå i sitt arbete eller i annan verksamhet, kommer de nästan omedvetet att använda musklerna mer för att producera mer värme, men det finns små möjligheter till detta vid stillasittande arbete. Det är svårt att räkna ut vilken fingertemperatur som blir följden av ett visst rumsklimat, aktivitet och klädsel. Hos vita män i stående fabriksarbete och med klädsel

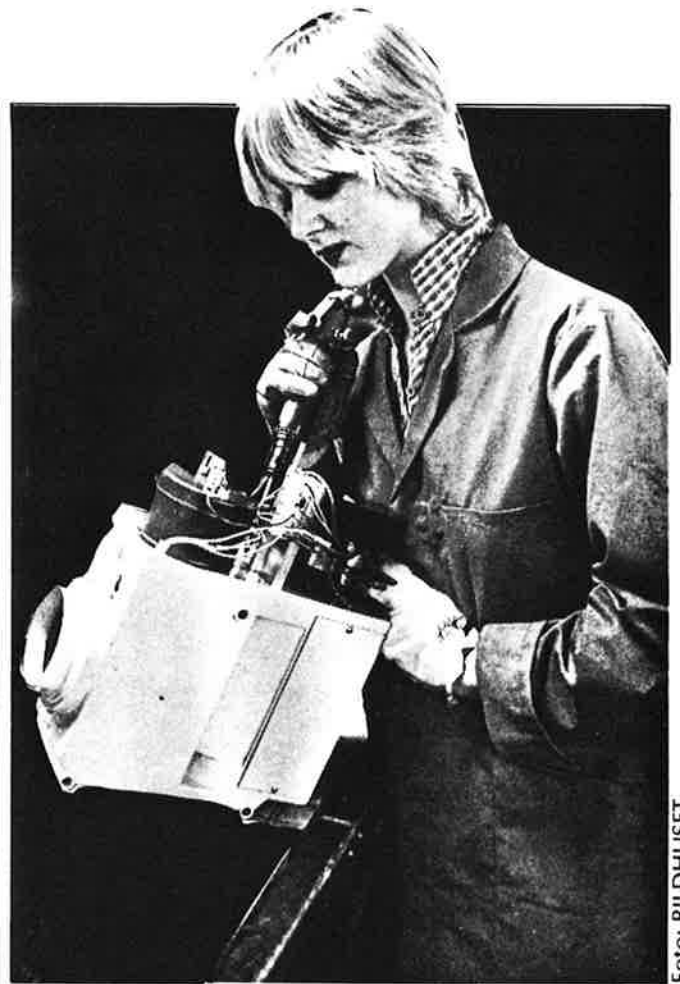


Foto: BILDHUSET

anpassad till 19°C föll fingertemperaturen nästan linjärt från 34°C vid 24°C till 20°C vid 10°C.

Fingertemperaturen hos svarta män vid samma aktivitet och med samma klädsel föll från 34°C vid 24°C till 20°C vid 16°C (Lewis et al, 1983). Nedsatt manuell färdighet kunde mätas på en hel serie industriella arbetsuppgifter vid fingertemperaturer mellan 30°C och 25°C i samma försök (Meese et al, 1982), d v s redan vid 18°C rumstemperatur, endast obetydligt under komforttemperaturen.

Hela serien omfattade mätningar av prestation vid rumstemperaturer från 6 till 40°C (Wyon et al, 1982). Fingerspetskänslighet och snabbhet i fingerrörelser minskade med fingertemperatur och halverades vid 6°C, vid fingertemperaturer omkring 15°C. Andra manuella färdigheter påverkades mätbart men oftast med endast 20 % inom samma temperaturområde.

Sämre prestation vid lägre temperatur

Antal felsevetsningar med en tung punktsvetsningsapparat var dock tre gånger så många vid 6°C som vid 18°C rumstemperatur. Alla dessa ▶

effekter var statistiskt signifikanta i ett experiment som omfattade nästan 1 000 försöksperson-dagar, där alla arbetade en hel arbetsdag i ett visst klimat. Inga Hawthorne-effekter.

På grund av att kroppen prioriterar hjärnan i kyla är inga markanta effekter av kyla på mentalprestation att vänta inomhus. En viss tendens till skärpning och ökad arbetstakt kan noteras i det ovannämnda experimentet, men endast när kylan var måttlig.

Vid de lägsta temperaturerna arbetade försökspersonerna långsammare. Langkilde et al, (1973) studerade flera mentala prestationer som är känsliga för måttlig värmestress men fann ingen nedsatt prestation vid 4°C under optimal temperatur.

Vernon (1936) rapporterade en 30 %-ig ökning av fabriksolyckor vid 12°C i förhållande till 20°C. Det kan tänkas att den ovan konstaterade nedsatta manuella färdigheten orsakar olyckor som då kan förväntas vara av en annan typ än om mentalkoncentrationsförmågan och vakenheten hade påverkats. Termisk diskomfort p g a kyla kan dock tänkas ha en kraftig distraktionseffekt.

Prestationsändringar i värme

På den varma sidan av optimal komfort reglerar kroppen sin värmebalans genom vasodilation. Den genomsnittliga hudtemperaturen ökar för att maximera värmeförlusten. De perifera kroppsdelarna fungerar som 'kylflansar' och uppnår samma temperatur som de övriga kroppsdelarna.

Avståndet till maximum är dock kort, då man även i termisk komfort gärna vill ha finger- och tåtemperaturer över 30°C. När alla kroppsdelar har uppnått 34°C (vid låg aktivitetsgrad) och kroppen är jämnt varm, är nästa steg i regleringen en kraftig ökning av svettningen.

Detta tar en viss tid, speciellt vid dålig fysisk kondition, och hudtemperaturer några grader över 34°C kan tillfälligt etableras, för att sedan minska under 34°C när svettningen har kommit igång. Under tiden, och när kroppen befinner sig vid svettningens gränser, uppkommer ett behov av beteendemässig värmereglering för att minska belastningen. Frestelsen att minska på arbetstakten, sitta avslappnad och sluta anstränga sig är stark och kan vara förvånansvärt effektiv (i värmeregleringsbetydelse).

Beteendet är inte särskilt effektivt från arbetsgivarens synpunkt, då det ofta är möjligt att uppnå termisk komfort och undvika svett-

ning genom att kraftigt men kanske omedvetet minska arbetsinsatsen. Försökspersoner är mera motiverade än 'vanliga' människor, men även de har visat detta beteende i moderat värme – skolbarn vid 27°C (Holmberg och Wyon, 1967, Wyon, 1969), studerande vid 27°C (Pepler & Warner, 1968, Wyon et al, 1979), kontorsarbetare vid 24°C (Wyon, 1974).

Fabriksolyckor ökade

Vernon (1936, op.cit) visade att fabriksolyckor ökade med 30 % vid 27°C, en beteendeeffekt som troligen har samma bakomliggande orsak – nedsatt vakenhet och koncentrationsförmåga orsakade av det fysiologiska behovet att slappna av för att minska värmeproduktionen i kroppen, undvika svettning och bibehålla termisk komfort.

I Afrika, där fabriksarbetare är värmeacklimatiserade, accepteras svettning som oundviklig och prestationen ökade när temperaturen ökades från 20°C till 26°C och till 32°C men minskade kraftigt vid 38°C (Kok et al, 1982). Vita kvinnor i samma försök visade nedsatt prestation i värmen, troligen därför att de var mindre värmeacklimatiserade och försökte även där att undvika svettning.

Arbetsprestation har studerats som en funktion av dynamiska temperatursvängningar med perioder upp till 60 minuter av Wyon et al (1971, 1972 och 1973). Dessa tre försök har sammanfattats av Wyon (1977). Den subjektiva toleransen av temperatursvängningar var större under mentalt arbete än under vila. Små och snabba temperatursvängningar (perioder upp till 16 minuter och amplituder $\pm 2^\circ\text{C}$) minskade arbetsförmågan.

Stora temperatursvängningar (perioder upp till 32 minuter och amplituder upp till $\pm 4^\circ\text{C}$) ökade arbetstakten men gav också upphov till termisk diskomfort. När perioden är 60 minuter eller mer finns ingen dynamisk effekt, kroppens reglering hinner med och prestationen blir en funktion av den rådande temperaturen.

Interaktion med andra stressfaktorer

Wyon et al (1978) visade att 85 dBA intermittent buller har en effekt på prestation som motverkar effekten av 27°C. Förklaringen är att buller på den nivån ökar vakenhetsgraden och moderat värme minskar vakenhetsgraden. Löfberg et al (1975) rapporterade en liknande in-

teraktion mellan belysningsintensitet och moderat värme.

Hög värme ökar vakenhetsgraden och trycker åt samma håll som buller och hög belysningsintensitet. Dämpad belysning och vitt brus vid låg nivå kan tänkas förstärka effekten av moderat värme genom att minska syn- och hörselintryck och därmed minska vakenhetsgraden. Dessa och andra interaktionseffekter har nyligen redovisats av Wyon (1984).

Inter-individuella faktorerens betydelse

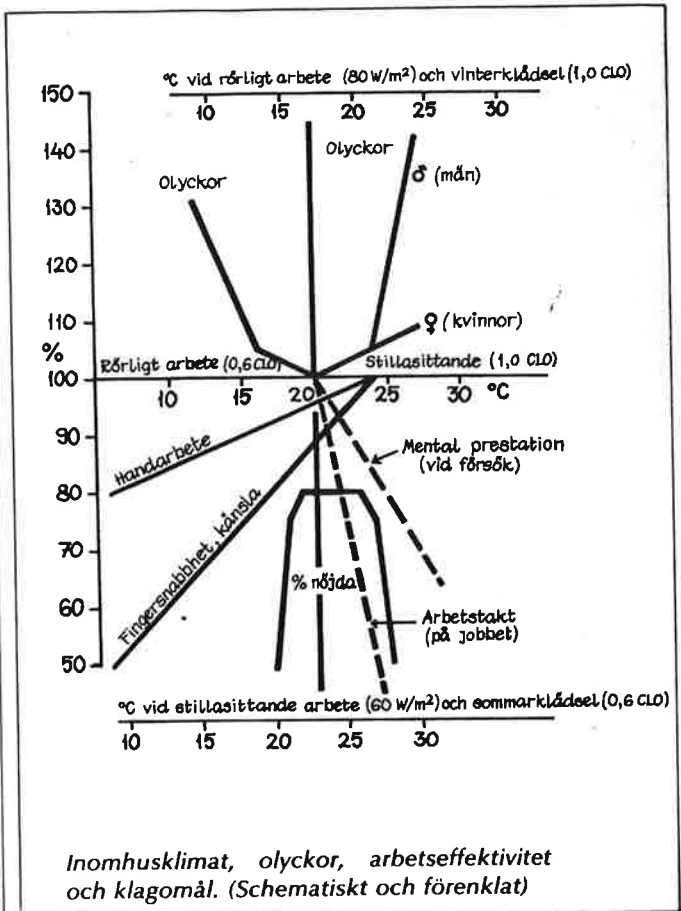
Wyon et al (1982) har sammanfattat bl a hur inter-individuella faktorer har påverkat det termiska klimatets effekt på prestation. Ålder, kön, personlighet, skicklighet, ras, trötthet och hjärtsjukdom har visats påverka effekten av värme på prestation, yrke och ras effekten av kyla på prestation.

Referenserna är för många att återge här, men det är klart bevisat att hänsyn måste tas till dessa variabler. Äldre, kvinnor, barn, mindre skickliga, trötta och hjärtsjuka är mer känsliga för effekten av värmestress på sina prestationer. De som ofta möter kyla i yrket är mindre påverkade, svarta var mer påverkade än vita av både kyla och värme i de ovan citerade experimenten avseende industriellt arbete.

Som underlag för beslut om åtgärder i arbetsmiljön är man ibland betjänt av en enkel sammanfattning av de ovan beskrivna effekterna. Författaren har försökt beskriva dessa schematiskt i ett enda diagram, publicerat i tidskriften 'Arbetsmiljö', nr 4, 1985, i en artikel av Börje Nenzén. Diagrammet återges även här. Termiska skalan skall justeras beroende på beklädnadsisolation och aktivitetsnivå; skalan för 4 olika kombinationer finns på denna version av diagrammet men i övrigt refereras till artikeln.

Vad skall man göra rent praktiskt?

Skyddsingenjörerna på varje arbetsplats bör vidta åtgärder så att alla arbetare kan upprätthålla en lämplig värmebalans. Utöver att justera de termiska betingelserna – lufttemperatur, strålningstemperatur, luftfuktighet och luft-hastighet – bör de uppmärksamma möjligheterna att justera beklädnaden, aktivitetsnivån, vilopauser, de termiska betingelserna vid vilo-



pauserna, möblers termiska egenskaper och tilläggsvärme, t ex direkt på kroppen, på verktyg eller på arbetsmaterialet.

Som 'feedback' behöver de ett pålitligt mått som integrerar alla dessa effekter. På den kalla sidan är handtemperaturen en mycket bra indikator av kroppens värmebalansstillstånd, som dessutom är nära relaterad till manuell prestation – se ovan för praktiska schablonggränser. Om handtemperaturen är lika hög som pannans, på den varma sidan, bör man observera pannsvettning.

Om flertalet av en grupp arbetare har 'glänsande' eller svettiga pannor och ingen eller bara några få har torra pannor, med ett 'matt utseende', behöver man inte fråga dem om det är för varmt; det är för varmt för effektivt arbete, även om de inte är medvetna om det. Något mera detaljerade tumregler har getts av Wyon (1983), varifrån litteraturbeskrivningen ovan till stor del är hämtad. De vetenskapliga referenserna återfinns nedan.

Foto: BILDHUSET



Referenser:

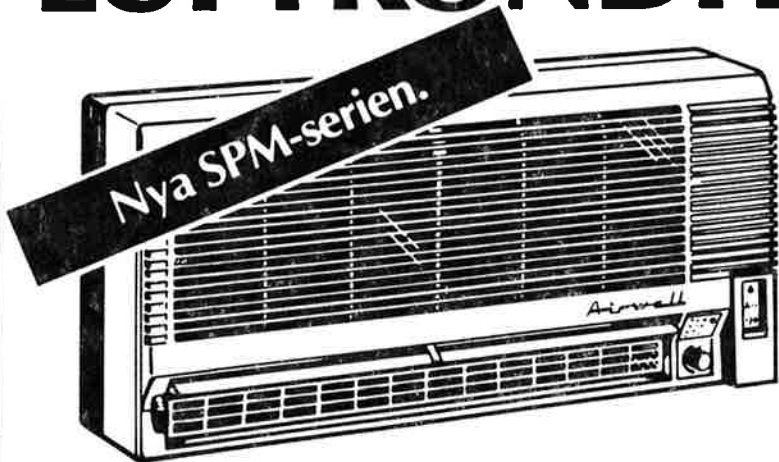
Holmberg, I., Wyon D.P. (1967). Skolprestationernas beroende av temperaturen i klassrummet. Pedagogiska psykologiska problem, 55, 44s. Lärarhögskolan, Malmö.
 Kok, R., Lewis, M.I., Meese, G.B., Wyon, D.P. (1982). Effects of moderate cold and heat stress on factory workers in Southern Africa. 3, skill and performance in the heat. S. African J. Science, 78, 306-314.

Langskilde, G., Alexandersen, K., Wyon, D.P., Fanger, P.O. (1973). Mental performance during slight cool or warm discomfort. Archives des Sciences Physiologiques, 27, 511-518.
 Lewis, M.I., Meese, G.B., Kok, R., Wentzel, J.D., Wyon, D.P. (1983). Effects of moderate cold and heat stress on factory workers in Southern Africa. 4, skin temperature, oral temperature, heart rate and comfort vote. S. African J. Science, 79, 28-37.
 Löfberg, H.A., Löfstedt, B., Nilsson, I., Wyon D.P. (1975). Combined temperature and lighting effects on the performance of repetitive tasks with differing visual content. SIB Bulletin 16:1975, 21 p. Statens institut för byggnadsforskning, Gävle.
 Meese, G.B., Kok, R., Lewis, M.I., Wyon, D.P. (1982). Effects of moderate cold and heat stress on factory workers in Southern Africa. 2, skill and performance in the cold. S. African J. Science, 78, 189-197.
 Pepler, R.D., Warner, R.E. (1968). Temperature and learning; an experimental study. ASHRAE Trans., 74, 211-219.
 Vernon, H.M. (1936). Accidents and their prevention. Cambridge Univ. Press.
 Wyon, D.P. (1969). The effects of moderate heat stress on the mental performance of children. SIB Document

D8:1969, 83 p. Statens institut för byggnadsforskning, Gävle.
 Wyon, D.P. (1974). The effects of moderate heat stress on typewriting performance. Ergonomics, 17, 309-318.
 Wyon, D.P. (1977). Human response to cyclic changes in the thermal environment. Les Editions de l'INSERM, 75, 153-162.
 Wyon, D.P. (1983). Termiskt inneklimat och människors prestationsförmåga. Norsk VVS-Teknisk Förenings Årsmöte, 5 maj. Trondheim. Norsk VVS, 8, 593-597.
 Wyon, D.P. (1984). Behavioral evidence for the interaction of environmental parameters for the interaction of effects of environmental factors. Editor: O. Manninen. International Society for Complex Environmental Studies (ISCES). Tampere, Finland: Keskuspaino, 73-85.
 Wyon, D.P., Andersen, I., Lundqvist, G.R. (1972). Spontaneous magnitude estimation of thermal discomfort during changes in the ambient temperature. J. Hygiene, Cambridge, 70, 203-221.
 Wyon, D.P., Andersen, I., Lundqvist, G.R. (1979). The effects of moderate heat stress on mental performance. Scand. J. Work, Environment and Health, 5, 352-361.
 Wyon, D.P., Asgeirsdottir, T., Kjerulf-Jensen, P., Fanger, P.O. (1973). Archives des Sciences Physiologiques, 27, 441-458.
 Wyon, D.P., Bruun, N.O., Olesen, S., Kjerulf-Jensen, P., Fanger, P.O. (1971). Factors affecting the subjective tolerance of ambient temperature swings. Fifth Internat. Congress Heat, Vent., Copenhagen, 1, 87-107.
 Wyon, D.P., Hygge, S., Löfberg, H.A. (1982). Interpersonal differences in environmental effects upon performance and behaviour: a review. CIB (W77) Symposium 'Persons, not people', 15-17 September, ECRC Chester, UK.
 Wyon, D.P., Kok, R., Lewis, M.I., Meese, G.B. (1978). Combined noise and heat stress effects on human performance. Indoor Climate (Eds. P.O. Fanger and O. Valbjörn), 857-881. Copenhagen, Byggeforskningsinstitut.
 Wyon, D.P., Kok, R., Lewis, M.I., Meese, G.B. (1982). Effects of moderate cold and heat stress on factory workers in Southern Africa. 1, Introduction to a series of full scale simulation studies. S. African J. Science, 78, 184-189.

LUFTKONDITIONERING

AIRWELL



- Styrning via trådlös fjärrkontroll
- SPM-aggregaten är mycket lättmonterade
- Extremt låg ljudnivå

Vårt program omfattar allt från 1-100 kW kyleffekt och erbjuder en mängd olika modeller och utförande. Airwellcombi, det nya inom "condensing units", ger möjlighet till 5-kapacitetssteg vid 104 kW kyleffekt.

Skicka in talongen, så får Du veta vad Airwell klarar av.

Essén
Company

08-714 0880

Havregatan 8, 116 59 Stockholm

Ja tack! Jag vill veta mer om:

- Airwell klimataggregat
- Euromate luftrenare
- Devatec befuktare

Företag:

Namn:

Adress:

Postnr postadress:

Telefon: