



LUNDS UNIVERSITET
Lunds Tekniska Högskola

Arbetsrelaterad värmebelastning

Kalev Kuklane
Chuansi Gao

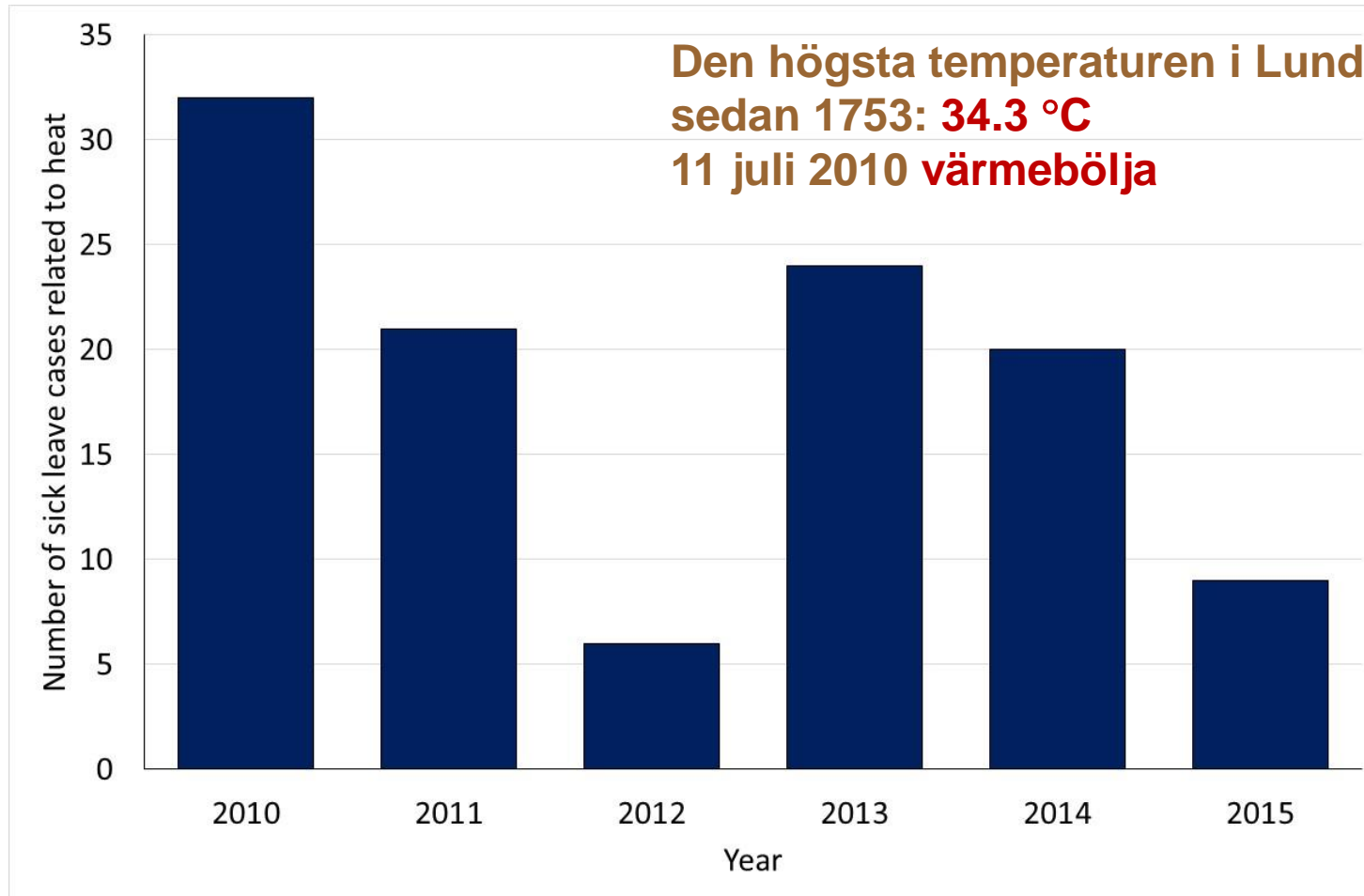


Värmeexponering: från 25 ° C och högre, solstrålning

- Utomhus/industri
 - bygg- och anläggningsarbete, skogsbruk, kraft och telekom mm.
 - gruvarbete, metallbruk, glasbruk och keramikindustri
 - kraftverk
 - livsmedelsindustri
- Kontor och byggnader
 - “varma dagar”, problem med eller saknande av luftkonditionering
- Brand



Antal värmerelaterade sjukfrånvaro dagar



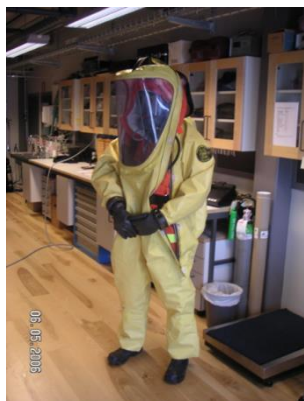
Varma miljöer: Termiska faktorer

- Luft temperatur
- Strålning
 - infraröd (värmestrålning)
 - Solstrålning
(det breda spannet med UV komponent)
- Fukt
 - vattenångstrycket
 - sekundära effekter från regn
- Vind
 - positiv avkylningseffekt upp till 40 ° C
 - Negativa effekter om över 40 ° C
- Yttemperaturer



Källor till värmestress förutom omgivningsvärme

- Motion/arbete – kroppens egen värmeproduktion
- Kläder och skydd



How to dress PPE ?

0 Low risk area outfit

- Surgical tunic & pants
- Disposable gloves
- Rubber boots

1 High risk area

Put on :

- Long sleeves disposable coverall
- Secure the fingers in the loops

2 Put on :

- Respirator

3 Tear the outer mask to allow respirator through

Put on :

- Protective hood

4 Put on :

- Rubber apron & attach in the back

5 Put on :

- Goggles

6 Put on :

- A second pair of gloves (surgical for MED staff)

OR

6 Put on :

- A second pair of gloves (rubber for WATSAN staff)

7

- Make sure all parts of skin are covered
- Peer check before entry



Människans reaktioner

Direkt effekt är uppvärmning av vävnader (dos-baserad)

- orsakar stimulering av känselceller som
 - Påverkar medvetenhet, beteende ...
- fysiologiska justeringar
 - circulationseffekter
 - svettning (vattenbalans i kroppen)

om åtgärder räcker inte då

- ökar temperatur i kroppens vävnader

Detta leder till värmestress

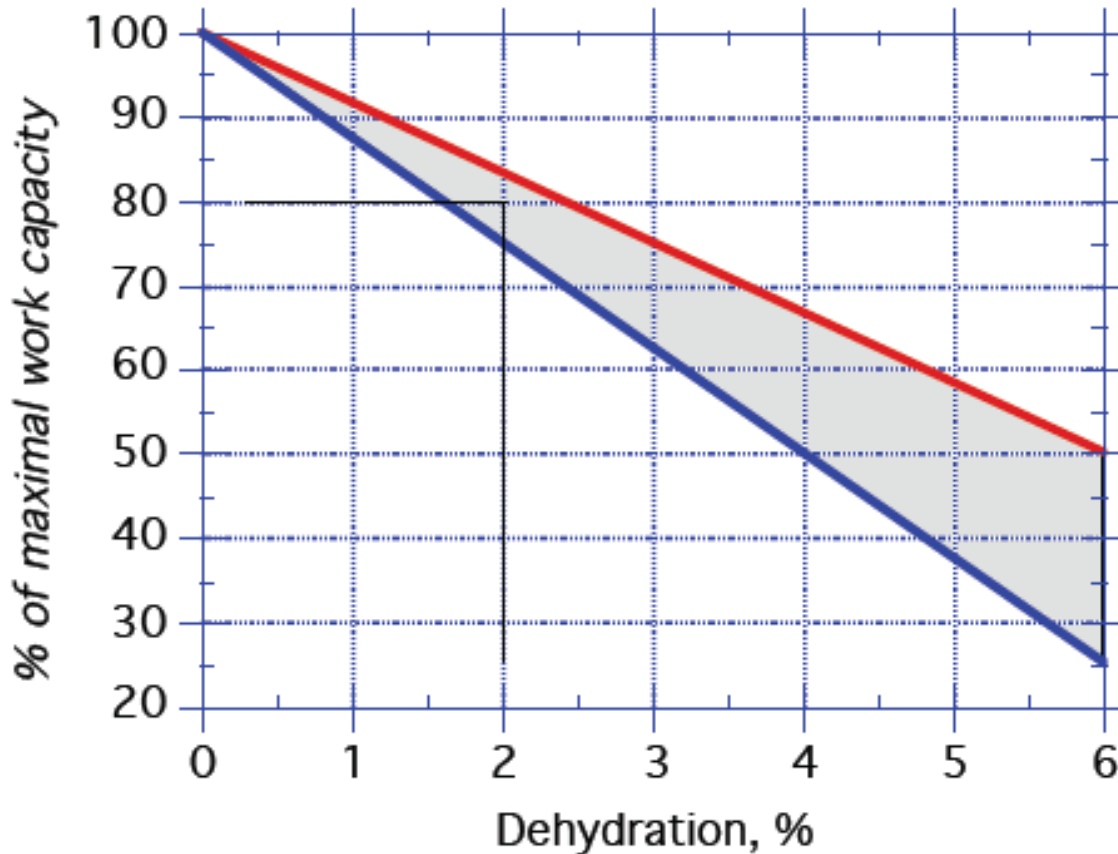


Värmepåverkan på människan

- Temperaturökning: hud- och **djupkroppstemperatur** ökar
- Obehag/smärta
- Kardiovaskulär belastning: ökad hjärtfrekvens och ortostatiskt intolerans (svindelkänsla)
- Mental prestanda, vaksamhet, uppväckande
- Vätskeobalans: **uttorkning**, elektrolytförlust
- Arbetsförmåga: ökad arbetsbelastning, minskad uthållighet
- Värmeskador:
 - värme utslag
 - utmattning (heat exhaustion)
 - värmekollaps
 - värmeslag (heat stroke)
- Kroniska besvär/sjukdomar, t.ex. CKD



Svettförlust och arbetsförmåga



Vätskeförluster ska begränsas till max 3 % av egen kroppsvikt.

Påfyllning:

- vanligt vatten är tillräcklig
- mineraler, bara salt behövs i varmt väder



Begränsning av värmestress

- Arbetsrutiner och vanor
- De stressande miljöfaktorer ska reduceras eller elimineras vid källan
- Det finns möjligheter med kontrollmetoder, personlig skyddsutrustning, aktiva kylsystem
- Riskbedömnings- och hanteringsmetodik inkluderar följande nivåer:
 - observation;
 - analys;
 - expertis.



Utvärdering av varma miljöer:

Standarder for bedömning av varma miljöer

- ISO EN 7243 Hot environments: estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT index (wet bulb globe temperature)
- ISO EN 7933 Hot environments: analytical determination and interpretation of thermal stress using predicted heat strain (PHS)
- ISO 9886 Evaluation of thermal strain by physiological measurements
- ISO DIS 12894 Medical supervision of individuals exposed to extreme hot or cold environments



ISO 7243 Wet Bulb Globe Temperature - WBGT

WBGT är en temperaturindex baserad på

t_g globtemperatur

t_{nv} naturlig våttemperatur

t_a lufttemperatur

$$WBGT = 0.7 \cdot t_{nv} + 0.3 \cdot t_g$$

i solsken:

$$WBGT = 0.7 \cdot t_{nv} + 0.2 \cdot t_g + 0.1 \cdot t_a$$



WBGT referensvärden

Class	Activity Metabolism, W/m ²	Reference value, WBGT	
		Acclimatized	Not acclimatized
0	< 65	33	32
1	65 - 130	30	29
2	130 - 200	28	26
3	200 - 260	26	23
4	> 260	24	20



Värdena indikerar minimal risk i arbetsbefolkning för att få värmerelaterade besvär (medel $t_{core} \leq 38.0 \text{ } ^\circ \text{C}$)



ISO 7933 Predicted Heat Strain - PHS

- Jämförelse av krävd och and förutspådd svettavdunstning
- Värmebalansberäkningar
- Djupkroppstemperatursberäkningar
- Beräkningar av exponeringstid i samband med djupkroppstemperaturens ökning
- Vätskeförlustsberäkningar från svettproduktion
- Definierade risk kriterier för djupkroppstemperatur och vätskeförluster

- Egenskaper för kläder är viktig indata



ISO 7933 Predicted Heat Strain – PHS

<http://www.eat.lth.se/termisk-miljoe/verktyg/>

Parameters	Graph	Table	All	About
------------	-------	-------	-----	-------

Input parameters simulation

accl	100	[%]	Acclimatised subject 0 or 1
drink	1	[]	May drink freely, 0 or 1 (0 = no)
height	1.8	[m]	Body height (1.5 - 2.4)
mass	75	[kg]	Body mass (0 - 120)
sim_mod	0	[]	Simulation model variant (0 = ISO 7933)
Adu	1.94	[m2]	Body surface area

Input parameters time step

post	2	[]	1= sitting, 2= standing, 3= walking
Tair	40	[C]	Air temperature (15 - 50)
v_air	0.3	[m/s]	Air velocity (0 - 3)
Pw_air	3.7	[kPa]	Partial water vapour pressure (+)

RH	50	[%]	Relative humidity (0 - 100)
Tdew	27.6	[C]	Dew-point temperature (0 - 50)
Pws	73.83	[hPa]	Pressure of saturated water vapour (0 - 1013)
W	23.52	[g/kg]	Humidity ratio (0 - 9)
Twb	30.3	[C]	Wet-bulb temperature (0 - 50)
Patm	1013	[hPa]	Atmospheric pressure (0 - 1013)

This calculation is also using Tair

Trad	40	[C]	Radiant temperature (15 - 50) (+)
------	----	-----	-------------------------------------

globe_Tg		[C]	Globe temperature (0 - 50)
globe_diam	0.15	[m]	Diameter of the globe (0.05 - 0.5)
globe_emi	0.95	[]	Emissivity of the globe (0.1 - 1)

The calculation is also using Tair and v_air

Met	150	[W/m2]	Metabolic energy production (0 - 2000)
Met_W	291	[W]	Metabolic energy production (0 - 2000)
Icl	0.5	[clo]	Cloth static thermal insulation (0 - 1)
im_st	0.38	[]	Static moisture permeability (0 - 1)
Ap	0.54	[]	Fraction covered by reflective clothing (0 - 1)
Fr	0.97	[]	Emissivity reflective clothing (0 - 1)
theta_wv		[degree]	Angle between wind and walking direction (0 - 90)
v_walk		[m/s]	Walking speed (0 - 1.2)
body_wo	0	[W/m2]	Mechanical power (0 - 20)

Start simulation



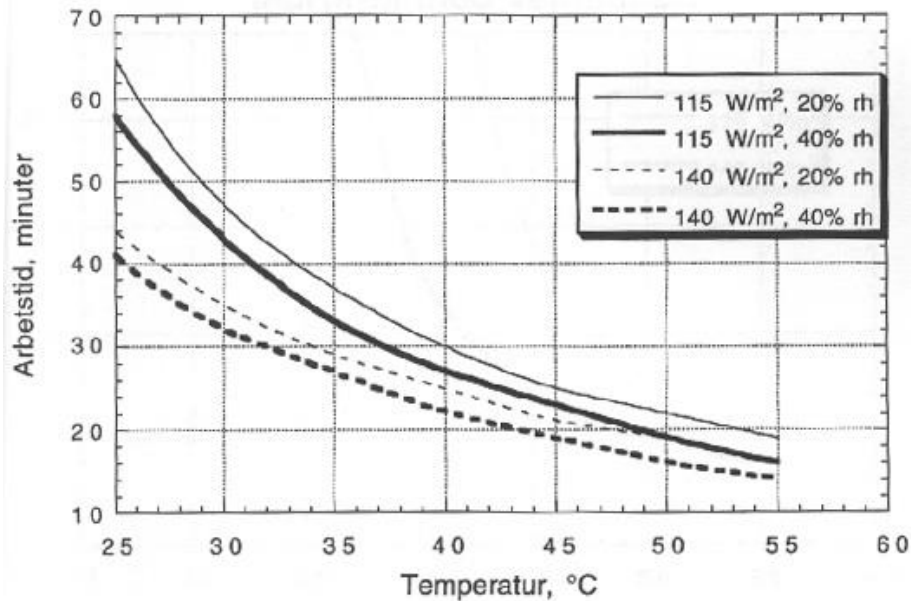
Acklimatisering till värme (tar upp till 10 dagar)

- lägre puls;
 - lägre djupkroppstemperatur; och
 - högre svettningstakt under arbete och värmebelastning
- pluss
- ökad förmåga att behålla svettproduktion under utökad arbetsrelaterad värmebelastning, vilket är väsentlig för vistelsetiden;
 - minskad koncentration av mineraler i svett;
 - omfördelning av svettning från bål till armar och ben;
 - ökning av den totala vattenmängden och ändringar av vattnets fördelning i kroppen.

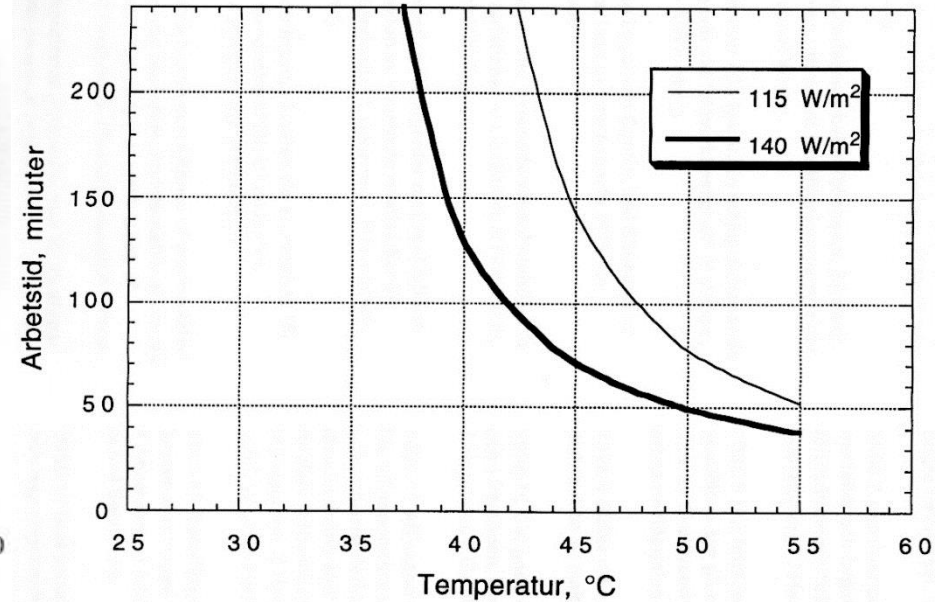


Avkylnings metoder: ventilation i kläder

Heltät overall i plast



Ventilerad overall



Fasförvandlingsmaterial (PCM – phase change materials), is

