

Det termiska klimatet på arbetsplatsen

Reviderad utgåva

*Désirée Gavhed** och *Ingvar Holmér***



LUNDS TEKNISKA
HÖGSKOLA
Lunds universitet

* Arbetslivsinstitutet

** Lunds tekniska högskola

ARBETSLIVSRAPPORT NR 2006:2

ISSN 1401-2928

Enheten för arbetshälsa

Enhetschef: Ewa Wigaeus Tornqvist

Förord

Denna rapport är ett utbildningsmaterial som beskriver hur den termiska miljön påverkar människan i arbete, hur man mäter och bedömer effekterna av det termiska klimatet vid arbete, vilka regler och rekommendationer som gäller det termiska klimatet på svenska arbetsplatser och vilka åtgärder som kan vidtas. Rapporten är en omarbetning, uppdatering och utökning av kunskaperna som förmedlades i en tidigare utbildningsrapport från Arbetslivsinstitutet, ”Bedömning av klimat på arbetsplatser – Metodöversikt”. Tyngdpunkten i boken ligger på metoder för bedömning av termiska klimatproblem och bygger i allt väsentligt på metoder som föreslagits av ISO och CEN, de internationella och europeiska standardiseringsorganen. Boken anvisar också var man kan finna mer detaljerad information, som behövs för praktiskt genomförande av mätningar och bedömningar.

Utbildningsmaterialet riktar sig särskilt till dem som behöver kunskap och kännedom om gällande regler, rekommendationer och bedömningsmetoder för termiskt klimat. Några av målgrupperna är elever på utbildningar i ergonomi, blivande arbetsmiljöingenjörer och elever på utbildningar i företagshälsovård.

Graferna har framställts av författarna och illustrationerna har tecknats av Katarina Gavhed. Fotografierna tillhör Arbetslivsinstitutet.

Stockholm januari 2006

Författarna

Innehållsförteckning

1.	Inledning	5
2.	Människan och det termiska klimatet	6
2.1.	Temperaturreglering och värmebalans	6
2.2.	Värmereglering	7
2.3.	Komfort och komfortbegreppet	8
2.4.	Arbetsförmåga och klimatpåverkan	9
3.	Den termiska arbetsmiljön och värmeutbytet mellan människa och omgivning	9
3.1.	Klimatbetingelser och klimatproblem	9
3.2.	Värmeutbyte med omgivningen	10
3.3.	Värmeproduktion	10
3.4.	Värmeavgivning	11
4.	Riskhantering	13
5.	Bedömning av termiskt klimat	17
5.1.	Referensvärden	18
6.	Inneklimat	19
6.1.	Komfort	19
6.2.	Fysiologiska effekter	20
6.3.	Psykologiska effekter	20
6.4.	Hälsorisker, andra inverkan miljöfaktorer	21
6.5.	Prestationseffekter	21
6.6.	Orsaker till problem	21
6.7.	Bedömningsmodeller	22
6.8.	Riskbedömning med exempel	24
6.9.	Mätmetoder	25
6.10.	Standarder, regler och rekommendationer för inneklimat	26
6.11.	Åtgärder	30
6.12.	Litteratur om inneklimat	31
7.	Värme	32
7.1.	Arbete i värme – fysiologiska effekter och fysisk prestation	33
7.2.	Medicinska risker	34
7.3.	Acklimatisering	34
7.4.	Psykologiska effekter, mental prestation och risker	34
7.5.	Orsaker till termiska klimatproblem, försvårande faktorer	35
7.6.	Bedömning av arbete i värme	36
7.7.	Bedömningsmodeller med exempel	37
7.8.	Mätmetoder och mätinstrument	40
7.9.	Standarder, regler och rekommendationer för värme	41
7.10.	Åtgärder	42
7.11.	Litteratur och länkar om arbete i värme	45
8.	Kyla	45
8.1.	Arbete i kyla – effekter, prestation och risker	46
8.2.	Medicinska risker	46
8.3.	Tillvänjning till kyla	48
8.4.	Psykologiska effekter, mental prestation och risker	49
8.5.	Orsaker till termiska klimatproblem, försvårande faktorer	49

8.6.	Bedömning av arbete i kyla	49
8.7.	Bedömningsmodeller	51
8.8.	Mätmetoder	54
8.9.	Standarder, regler och rekommendationer för kyla	54
8.10.	Åtgärder	57
8.11.	Litteratur och länkar om arbete i kyla	60
9.	Fordonsklimat och förarplatser	60
9.1.	Psykologiska och fysiologiska effekter	61
9.2.	Orsaker till problem	61
9.3.	Mätning och bedömning	61
9.4.	Standarder, regler och rekommendationer för fordonsklimat	62
9.5.	Litteratur om fordonsklimat	62
9.6.	Åtgärder	62
10.	Mätning av termiskt klimat	62
10.1.	Klimatfaktorer och specifikation av mätinstrument	63
10.2.	Mätförfarande	66
	Mätning av aktivitetsnivå	68
10.3.	Mätning av beklädnad	68
11.	Termiska aspekter på arbetskläder och personlig skyddsutrustning	68
11.1.	Isolation	69
11.2.	Ångmotstånd	70
11.3.	Skydd mot kyla	70
11.4.	Skydd mot värme	72
11.5.	Standarder, regler och rekommendationer för skyddskläder	72
11.6.	Litteratur om arbetskläder	73
12.	Övergripande regler med tillämpning på klimatområdet - EU och Sverige	74
13.	Referenser om termiskt klimat	75
Bilaga 1.	Översikt över standarder från SIS, CEN och ISO	76
Bilaga 2.	Tabell arbetstyngd vid fysisk aktivitet	79
Bilaga 3.	Tabeller beklädnadsegenskaper	80
Bilaga 4.	Referensvärden och korrektionsfaktorer för WBGT	82
Bilaga 5.	Checklistor för att förebygga och minska kylans påverkan	83
Bilaga 6.	Riktlinjer för val av kläder och skyddsutrustning för kyla	85
Bilaga 7.	Förslag till information/utbildning om arbete i kyla	87
Bilaga 7.	Förslag till information/utbildning om arbete i kyla	87
Bilaga 8.	Ordlista	89
Index		94

1. Inledning

Många människor har klimatproblem på sina arbetsplatser. Problemen är relaterade både till värme och till kyla. Problemen är av skiftande karaktär och beror bland annat på om det är utomhusarbete, en kontorsarbetsplats eller arbete inom industrin. Omkring 28000 arbetstagare i Sverige har besvär av värme, kyla eller/och drag, uppskattat på basis av Statistiska Centralbyråns besvärsundersökning 2003-2005. Även om arbetsmiljön generellt förbättrats, kvarstår de termiska problemen i ungefär samma omfattning som tidigare. Jämförbara data visar att andelen besvärade av klimatet inte har ändrats under de senaste tio åren.

Termiska klimatproblem är således vanliga, men kan lösas med god kunskap. Det termiska klimatet kan ha effekt på upplevelse och prestation och ha fysiologiska och medicinska effekter. Det är därför viktigt med kunskap om hur sådana problem förebyggs.

Flest besvär rapporteras från arbete som till stor del utförs utomhus och arbete i ouppvärmda och kylda lokaler. Eftersom en större andel män är sysselsatta av arbete på sådana arbetsplatser (anläggning, jordbruk, tung industri) utsätts fler män än kvinnor för värme och kyla och de utgör därmed en större andel som rapporterar besvär från klimatet.

Förhållandena för utomhusarbete skiljer sig mycket på olika håll i Sverige och under olika säsonger. Arbetet måste därför anpassas till den enskilda situationen. Solstrålning sommartid i kombination med tungt arbete, liksom vind och kyla vintertid, är de vanligaste orsakerna till termiska problem vid arbete utomhus.

Utomhusklimatet påverkar i många fall inomhusklimatet och ger termiska problem i byggnader. Vid låga temperaturer är till exempel luftens vatteninnehåll mycket lågt, vilket leder till mycket torr luft inomhus vintertid. Låg temperatur utomhus gör också att dåligt isolerade väggar och fönster kan leda till strålningsdrag och alltför låg temperatur inomhus. Sommartid gör solstrålningen, t.ex. i byggnader med oisolerade plåttak och stora glasrutor, att det blir för varmt inomhus. Samverkan mellan den termiska arbetsmiljön och människan beskrivs i kapitel 3.

För upplevelsen av klimatet och effekter på individen har flera omgivningsfaktorer stor betydelse: omgivningens luft- och strålningstemperatur, lufthastighet och luftfuktighet. Utöver dessa påverkar arbetstyngden och klädseln upplevelse och värmebalans i hög grad. Mätningar av de termiska omgivningsfaktorerna måste göras på ett riktigt sätt för att en rättvisande bedömning ska kunna göras. Hur klimatomätningar bör utföras och vilka klimatomfaktorer som behöver mätas behandlas i kapitel 10.

Klimatet på arbetsplatsen brukar indelas i tre kategorier som bygger på de bedömningsmetoder som används (se kapitel 5):

- kyla
- inomhusklimat
- värme

Effekter, risker och bedömning av de olika klimaten behandlas i kapitel 6, 7 respektive 8.

EU:s energidirektiv (2002/91/EG), som syftar till att effektivisera energianvändningen i bebyggelsen skärper behovet av och kraven på en god kontroll av den termiska miljön både ur energisparsynpunkt och ur hälso- och komfortsynpunkt. Andra direktiv har implikationer för arbetslivet. Reglerna för det termiska klimatet på svenska arbetsplatser härrör från EU-direktiv om säkerhet och hälsa. Direktiven omsätts i Arbetsmiljölagen och i Arbetsmiljöverkets föreskrifter. Reglerna beskrivs närmare under kapitel 6,7 respektive 8 samt övergripande i kapitel 12. I bilaga 8 finns en ordlista som förklarar begrepp som används i texten.

2. Människan och det termiska klimatet

Genom att vara förutseende och vidta förebyggande åtgärder och genom fysiologisk anpassning kan människan klara mycket skiftande klimatförhållanden. I Sverige är exempelvis uppmätta lägsta respektive högsta temperaturen $-53\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Norrlands inland) och $+38\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Småländska höglandet). Arbetsmiljön kan vara ännu mer extrem. Vid vissa typer av industriarbete och vid rökdykning kan omgivningstemperaturen till exempel vara flera hundra grader. Ju mer extremt klimatet är, desto högre blir "priset" för dessa åtgärder och denna anpassning för människan. Måttlig klimatbelastning på arbetsplatsen innebär en ökad obehagskänsla och kan också påverka arbetsprestationen. Högre klimatbelastning medför en fysiologisk påfrestning, som kan vara omöjlig att kompensera och innebära risk för skada eller sjukdom.

Kroppen bygger upp och förbrukar energi i olika former, t.ex. för att tillverka och reparera vävnader, hjärtverksamhet och muskelarbete. Den större delen av den intagna födans energi och uppbyggd energi blir till värme och håller kroppen varm. Energin och värmen produceras i kroppens celler genom biokemiska processer. Värmen som bildas avges från kroppsytan och slemhinnorna (främst andningsvägarna) på flera sätt, som skiljer sig rent fysikaliskt och därför påverkas av olika klimatfaktorer i omgivningen. Värmen avges dels via kroppsytan genom s.k. konvektion (luftrörelser), strålning, ledning och avdunstning (se kapitel 3.4), dels från lungor och munhåla när man andas genom konvektion och avdunstning.

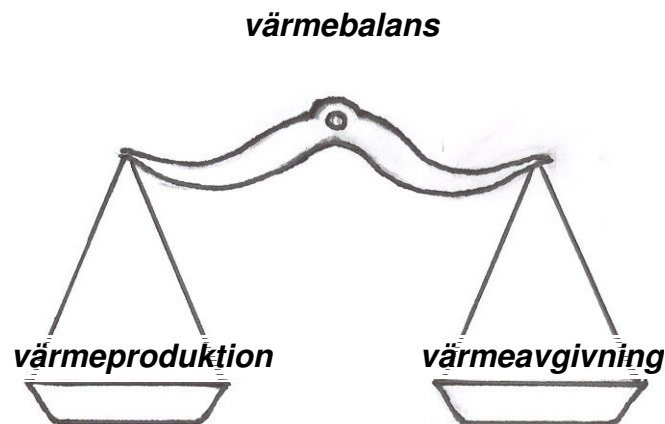
2.1. Temperaturreglering och värmebalans

Det är viktigt att kroppens inre temperatur hålls inom ett ganska snävt intervall för att de livsviktiga biokemiska processerna ska fungera som bäst. Kärntemperaturen är i vila hos en frisk person vanligen $36,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $37,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Under fysiskt arbete höjs kroppstemperaturen. Om det finns förutsättningar för att värmen som utvecklas vid arbetet kan avges till omgivningen, kommer kroppstemperaturen hamna på en högre nivå än i vila. Denna "arbets"-

temperatur beror av den relativa arbetstyngden (aktuell arbetstyngd/ maximalt möjlig arbetstyngd). Hudtemperaturen är normalt lägre än kärntemperaturen, men i extrem värme kan den närma sig eller till och med överstiga kärntemperaturen (vilket innebär en stor risk för värmeslag och liknande värmeproblem).

Vid 50 % av maximal arbetsförmåga är kroppstemperaturen omkring 38 °C

Vid balans mellan värmeproduktion och värmeavgivning bibehålls temperaturen centralt inne i kroppen (kärntemperaturen) på en optimal nivå (figur 1).



Figur 1. När värmeavgivningen från kroppen är lika stor som värmeproduktionen är kroppen i värmebalans.

2.2. Värmereglering

Temperaturen i kroppen regleras dels genom beteende (viljemässigt), dels genom automatiska (autonoma) fysiologiska mekanismer som man inte viljemässigt bestämmer över. Ett exempel på beteendemässig reglering är att man rör på sig mer när man börjar frysa. Då ökar värmeproduktionen och temperaturen höjs i musklerna. En motsvarande autonom mekanism som sätter igång när man fryser är huttring, som leder till ofrivilliga rytmiska sammandragningar av musklerna.

I första hand vidtar vi aktivt lämpliga åtgärder för att förändra exponeringen. I andra hand, när ändringar av beteendet inte är tillräckliga eller möjliga, vidtar kroppens autonoma reglering. Den fysiologiska värmeregleringen styrs och kontrolleras av nervimpulser från och i hjärnan (*centrala nervsystemet*) med hjälp av temperatursignaler (nervimpulser) från huden och inre organ (genom *perifera nervsystemet*).

Den autonoma värmeregleringen verkar främst via

- blodcirkulation
- svettkörtlar
- muskler

Exempel på beteenden som reglerar värmebalansen

- Öka/minska fysiska aktiviteten
- Anpassa klädseln
- Söka skugga
- Söka vindskydd
- Öppna fönster
- Dra ner persienner

Blod och blodomlopp svarar för fördelningen av värme i kroppen. Blodets cirkulation regleras för att blodet ska kylas eller värmas efter behov. I varmt klimat vidgas ytliga blodkärl i hud och extremiteter för att mer värme ska kunna avges från huden, medan blodkärlen dras samman i kyla och blodflödet till armar och ben begränsas för att värme ska bevaras. Människors förmåga att tåla värme och kyla är i stor utsträckning beroende på fysisk kapacitet och anpassningsförmåga hos det värmereglerande systemet. Båda förmågorna kan tränas upp.

2.3. Komfort och komfortbegreppet

Termisk komfort kan definieras som belåtenhet med den termiska omgivningen. I arbetslivet strävar man efter termisk komfort, men det är inte alltid möjligt att uppnå. Eftersom kroppen kan reglera kärntemperaturen genom kärlsammandragning i kyla eller kärlvidgning i huden och svettning i värme och man då känner sig kall eller varm, kan man emellertid vara i värmebalans utan att för den skull uppleva komfort. Värmebalans utan komfort bör ses som en nödlösning. Riskbedömning bör därför alltid göras om sådana situationer förväntas uppstå för att bedöma komfortproblemet

Den hud- och kroppstemperatur som krävs för termisk komfort kan variera något och är bl.a. en funktion av aktivitetsnivå/arbetstyngd. Den individuella känsligheten har också viss betydelse. I vila upplevs vanligen en genomsnittlig hudtemperatur omkring 33-35 °C som behaglig, medan 30-33 °C är behagligt vid tyngre arbete. Ganska små avvikelser från optimalt klimat ökar upplevelsen av obehag. Termiskt obehag kan upplevas lokalt, exempelvis i nacken i en dragig arbetslokal eller på överkroppen som utsätts för solstrålning i en bil. Lokalt termiskt obehag påverkar förstås helhetsupplevelsen av den termiska omgivningen negativt.

Det finns stora skillnader i hur det termiska klimatet upplevs mellan individer, men även samma individ kan uppleva klimatet olika från gång till gång och i olika situationer. Vid stillasittande arbete, då den egna värmeproduktionen är låg, är de flesta mer känsliga för små avvikelser från det ideala termiska klimatet än vid rörliga arbeten. På gruppnivå har matematiska modeller konstruerats för förväntad termisk komfort i komplexa situationer. Dessa beskrivs i kapitel 6.

2.4. Arbetsförmåga och klimatpåverkan

Klimatet påverkar vårt beteende, positivt så att vi skyddar oss och reglerar värmen, men det kan också påverka humöret negativt, så att vi till exempel blir irriterade och fungerar sämre socialt. Klimatförhållanden som gör att individen kyls eller värms innebär en sorts stress (belastning) på kroppen. Den kan påverka både den mentala och fysiska arbetsförmågan. Sambandet med klimatförhållandena är emellertid komplicerat och beroende på exempelvis arbetets art och innehåll samt individens sinnesstämning och motivation. Måttlig temperaturlastning på kroppen kan innebära obehag (t.ex. upplevelse av kalla fingrar) och vara distraherande så att koncentrationen störs. Större temperaturlastning på kroppen leder till försämrad fysisk arbetsförmåga (maximala prestationen minskar) och påverkar den mentala förmågan (t.ex. felfrekvensen ökar vid ett tankekrävande arbete och omdömet minskar). En måttlig klimatpåverkan från omgivningen kan dock innebära större termisk belastning lokalt, t.ex. på bara händer och nacke i vanligt rumsklimat. I de kroppsdelarna kan även cirkulationen och nerv-muskel-funktionen försämrast.

Både obehag och klimatbelastning kan påverka mentala funktioner, såsom reaktionstid, uppmärksamhet och förmåga att utföra komplexa arbetsuppgifter. Hur olika individer påverkas varierar och har bland annat att göra med hur snabbt värmen lagras respektive minskar i kroppen och hur stor klimatbelastningen är, typ av arbetsuppgift och skicklighet.

3. Den termiska arbetsmiljön och värmeutbytet mellan människa och omgivning

3.1. Klimatbetingelser och klimatproblem

Som nämnts tidigare, är klimatproblem på arbetsplatsen relativt vanliga, både utomhus och inomhus. En byggnad som har dimensionerats med hänsyn tagen till klimatzon, verksamhet och antal personer har goda förutsättningar att ge ett bra termiskt inomhusklimat. En orsak till klimatproblem i byggnader kan till exempel vara att verksamheten ändrats utan att byggnadens ventilations- och klimatanläggning anpassats eller att den framtida verksamheten i byggnaden inte var känd vid projektering.

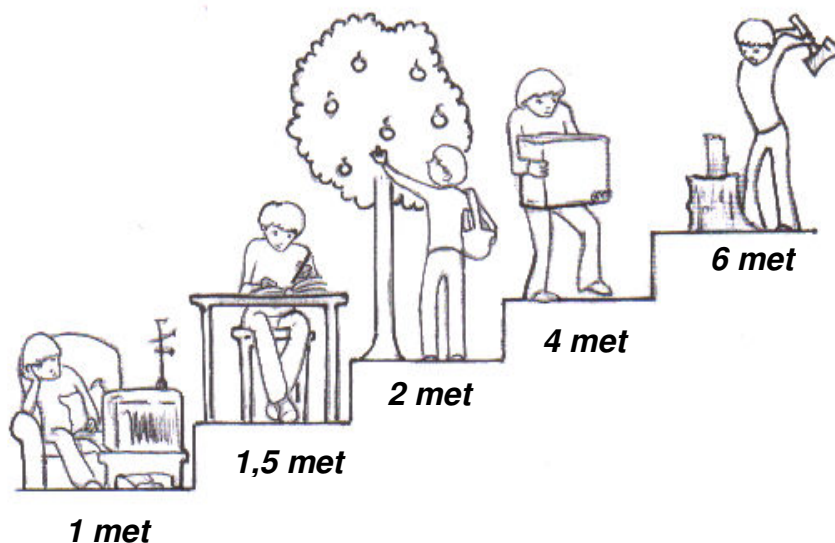
Många klimatproblem finns i kylda lokaler och utomhus. Där är orsakerna oftast mer uppenbara (låg/hög lufttemperatur, solstrålning, vind osv.) än i uppvärmda byggnader där orsakerna kan vara mer komplexa eller svårdiagnosticerade. Eftersom utomhusklimatet varierar mycket måste arbetet anpassas till säsong och väder. Vissa arbeten måste utföras oavsett väder, t.ex. reparation av tågväxlar som frusit eller asfaltläggning, och problem med nedkylning eller uppvärmning kan uppstå. För sådana tillfällen måste individen skyddas på bästa sätt genom individuella åtgärder, såsom personlig skyddsutrustning, eller/och organisatoriska åtgärder eller klimatskydd mot omgivningen ordnas, t.ex. uppvärmd arbetsbod.

3.2. Värmeutbyte med omgivningen

Klimatproblemen i omgivningen kan ge måttliga effekter, såsom komfortproblem, dvs. att man känner sig lite kall eller lite varm, men också innebära betydande fysiologiska effekter och medicinska risker. Klimatbelastning hos individen uppkommer som en effekt av obalans mellan kroppens värmeproduktion och värmeutbyte med omgivningen och leder till nedkylning respektive uppvärmning.

3.3. Värmeproduktion

Värme bildas i kroppen genom att energin i födan bryts ner och omsätts. Vid muskelarbete ökar energiomsättningen och effektutvecklingen med ökad arbetstyngd. I vila är kroppens effektutveckling omkring 100 W (ca 58 W per m² kroppsytta) eller 1 met (se nedan). Ur klimatsynpunkt är det kroppens värmeproduktion, som är särskilt intressant. Effektutvecklingen (värmeproduktionen) vid ett fysiskt tungt arbete kan vara sex gånger högre än i vila (ca 600 W eller ca 450 W/m²), se figur 2.



Figur 2. Kroppens effektutveckling vid några olika aktiviteter, se även bilaga 2.

Flera begrepp används i litteraturen för att beskriva samma sak: effektutveckling, energiomsättningshastighet, aktivitetsnivå, arbetstyngd och värmeproduktion. De anges i klimatsammanhang med enheterna W eller W/m², men ibland också i met. Enheten met konstruerades så att effektutvecklingen i vila (58 W/m²) fick värdet 1. Effektutveckling (aktivitetsnivå) och värmeproduktion kan mestadels jämföras, eftersom verkningssgraden är liten eller försumbar vid de flesta typer av arbeten. Aktivi-

tetsnivå och arbetstyngd anges också ibland som mängd syrgas som förbrukas per tidsenhet.

3.4. Värmeavgivning

Värmen som bildas i kroppen transporteras med blodet till kroppsytan. Värmen avges från huden och från slemhinnorna (främst andningsvägarna) på flera sätt, som skiljer sig fysikaliskt och därför påverkas av olika klimatfaktorer i omgivningen.

För att bedöma ett klimatproblems art och svårighetsgrad samt vidta ändamålsenliga och effektiva åtgärder krävs kunskap om hur olika faktorer påverkar värmeutbytet enskilt och i samverkan.

Sex huvudfaktorer bestämmer värmeutbytet mellan individ och omgivning, fyra klimatfaktorer och två individfaktorer (tabell 1):

Klimat

- lufttemperatur
- strålningstemperatur
- lufthastighet
- luftfuktighet

Individ

- arbetstyngd (värmeproduktion)
- klädselns termiska egenskaper (isolation och ångmotstånd)

Värmen från kroppsytan avges genom konvektion, strålning, ledning och avdunstning och via andningen genom konvektion och avdunstning (figur 3), se förklaringar nedan. Värmeöverföringen kan också ske i motsatt riktning, från omgivningen till kroppsytan, när kroppen utsätts för värmestrålning, fuktig eller/och varm luft.

Konvektion (strömning)

Luft värms upp vid kontakt med huden. Varm luft är lättare än kallare luft och strömmar därför uppåt längs kroppen och bort från kroppen. Vind eller kroppsrörelse leder till ökad konvektion, dvs. mer värme avges från kroppsytan.

Strålning

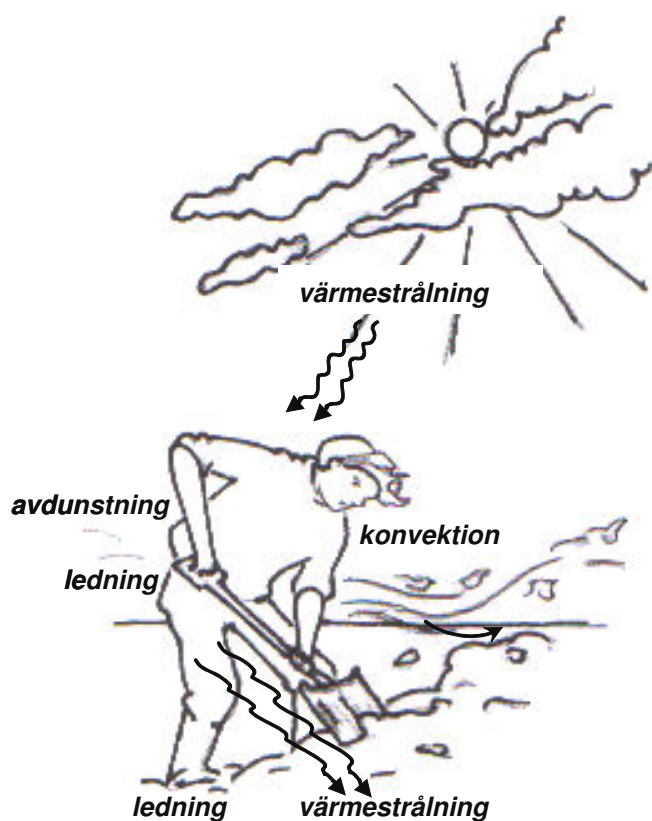
Värme avges genom infraröd strålning (elektromagnetiska vågor) direkt från huden till omgivande kallare ytor (eller tvärtom vid solstrålning eller annan värmestrålning, t.ex. från smältugn).

Ledning

Värme överförs direkt i kontaktytan mellan huden och materialet.

Avdunstning

Värme avges från kroppen genom att den följer med den vätska som förångas vid hudytan och bort från kroppen. Vid hög luftfuktighet i omgivningen eller om täta kläder bärs förångas svett sämre och avkylningseffekten minskar.



Figur 3. Kroppens värmeutbyte med omgivningen. Konvektion och avdunstning ökar med vindhastigheten. Ledning sker från händer till redskapet och från fötterna till marken.

Tabell 1. Bestämmande klimatfaktorer för värmeutbytet mellan kroppen och omgivningen.

Väg för värme- avgivning	Bestämmande klimat- faktor	Övriga påverkande faktorer
Konvektion	lufttemperatur lufthastighet klädernas isolation	kroppsrörelser
Strålning	strålningstemperatur klädernas isolation	ytans emissivitet (se bilaga 8)
Ledning	ytemperatur klädernas isolation	materialets ledningsförmåga
Avdunstning -från huden -från luftvägar	luftfuktighet lufthastighet klädernas ångmotstånd arbetstyngd	kroppsrörelser

De viktigaste av klädernas egenskaper i klimatsammanhang är *isolationen* ("motstånd mot" värmeledning) och *ångmotståndet* eftersom de påverkar

värmeutbytet mellan kroppen och omgivningen. Isolationen begränsar konvektion, strålning och ledning medan ångmotståndet begränsar avdunstningen. Isolationen anges i enheten $\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$ eller clo ($1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$ och ångmotståndet i $\text{Pa m}^2/\text{W}$).

I omgivning som är kallare än hudtemperaturen strömmar värme från kroppen genom klädseln till den kallare omgivningen (och direkt till omgivningen från bara hudytor). Utanför huden sjunker temperaturen raskt genom klädmaterialet och klädlagren. Ju högre isolation klädseln har, desto närmare kommer temperaturen på klädernas ytersida omgivningens temperatur. I kyla gör de stora temperaturskillnaderna mellan kroppsytan och omgivning att mycket värme avges genom konvektion och strålning.

Klädernas isolationsförmåga (och luftgenomsläpplighet) är därför mycket viktig vid arbete i kyla och vind. Lokalt kan ledning göra att nedkylningen blir stor, t.ex. från händerna när man håller i ett kallt verktyg. Det är därför viktigt att i kyla minska värmeavgivningen lokalt genom att t.ex. isolera handtag och underlag där arbetstagare står längre stunder. I fysiskt tunga arbeten förloras också mycket värme via andningen, eftersom mer kall luft andas in och värms upp av kroppen. Inomhus eller i fordon kan delar av kroppen bli nedkylda genom strålning från t.ex. överarm och huvud till kalla glasrutor.

I omgivning som är varmare än hudtemperaturen, i solsken eller framför en värmekälla (t.ex. en glasugn) inträffar det omvända - kroppen får värme från solen eller från omgivande varma ytor. I varmt klimat är avdunstningen av svett och kroppsukt det viktigaste sättet att avge värme från kroppen och kyla ner kroppen, medan strålning, konvektion och ledning bara bidrar till liten del till den totala värmeavgivningen. I omgivningstemperaturer som överskrider hudtemperaturen blir avdunstningen det *enda* möjliga sättet för kroppen att avge värme. I varm omgivning har därför klädernas förmåga att släppa ut ånga och värme från kroppen stor betydelse för att värmebalansen ska bibehållas.

4. Riskhantering

Varje organisation/ företag/ verksamhet bör ha ett effektivt och användbart system för att hantera risker som kan uppkomma vid arbete i värme och kyla. Detta system kan innehålla

- handledning/guidelines med mät- och bedömningsmetoder för klimat
- publicerad information och praktiska anvisningar
- mätprotokoll
- rekommendationer för exponering
- rutiner för kommunikation
- ansvarsfördelning och
- utbildningsprogram för arbetsledare och arbetstagare.

I riskhanteringen ingår att informera de anställda om risker med klimatet. Utbildning och träning av arbetstagarna bör ske då det finns risk för ohälsa och olycksfall, i andra fall ska information om arbetsförhållanden ges och hur arbetstagarna ska göra för att främja en tillfredsställande arbetsmiljö. Mer om reglerna för det systematiska arbetsmiljöarbetet finns i AFS 2001:1.

Den som utsätts för ett klimat som inte är optimalt, påverkas i olika grad, bland annat beroende på hur extremt klimatet är, tiden man utsätts för exponeringen, vilket skydd mot exponeringen som finns och individuell känslighet. Arbetsgivaren ska identifiera faror på arbetsplatsen och om riskerna är betydande, kontrollera och åtgärda dessa. Riskbedömning för att förebygga ohälsa och skador hos arbetstagarna ska göras för alla arbetsplatser enligt Arbetsmiljöverkets föreskrifter (AFS 2001:1 Systematiskt arbetsmiljöarbete, paragraf 8-11).

Riskbedömning kan baseras på effektnivåer och risknivåer (tabell 2). Vid risknivå 1) är åtgärder inte nödvändiga, 2) bör åtgärder på sikt övervägas och vid nivå 3) måste omedelbara åtgärder vidtas.

Tabell 2. Effekt- och risknivåer.

Effektnivå	Påverkan på	Effekt	Risk för
1. ingen-måttlig	subjektiv upplevelse	sinnelag koncentration ingen nämnvärd fysiologisk belastning	obehag sänkt arbetstakt
2. måttlig-stor	upplevelse och kroppens funktioner	fysiologisk belastning	felhandlingar försämrade arbetsförmåga
3. mycket stor-allvarlig	hälsa	skadar kroppen	ohälsa allvarliga skador död

Innan riskbedömningen görs behöver man ta reda på *om* faror kan finnas på arbetsplatsen (**Nivå 0**).

Riskbedömningen på arbetsplatsen inleds med att identifiera *vilka* faror som finns i arbetsmiljön.

Nivå 1 utförs av personer som har god kännedom om verksamheten t.ex. personal på arbetsplatsen. På arbetsplatsen söker man efter faror i arbetsmiljön i samband med kyla/värme och bedömer dessa. Man bedömer också vem eller vilka som riskerar att skadas och hur. Eventuella risker analyseras. En checklista för identifiering av faror relaterade till det termiska klimatet kan förslagsvis användas (se exempel i bilaga 5). Försiktighetsåtgärder som vidtagits på arbetsplatsen bedöms; om de är tillräckliga eller om mer skulle behövas. Dokumentation är viktig. Om riskbedömningen är svår eller orsakerna till klimatproblemen är oklara, behövs mätningar, går man vidare till nivå 2.

Nivå 2 utförs av tränade specialister, såsom arbetsmiljöingenjörer eller yrkeshygieniker. Enkla klimatparametrar mäts, termiska index beräknas om behov finns, klimatsituationen bedöms, förslag för hur problemen ska lösas och förslag på åtgärder läggs fram.

Nivå 3 utförs av experter inom området (företrädesvis forskare) med erkända bedömningsmetoder (standarder, forskningspraxis osv.). Vid särskilt svårbedömda fall kan djupare analys och bedömning behöva göras.

Riskbedömningen enligt den beskrivna flernivåmodellen syftar till att, med minsta möjliga resurser hitta faror i den termiska miljön som innebär risker för arbetstagarna. De krav som ställs på resurser i de olika stegen beskrivs närmare i tabell 3.

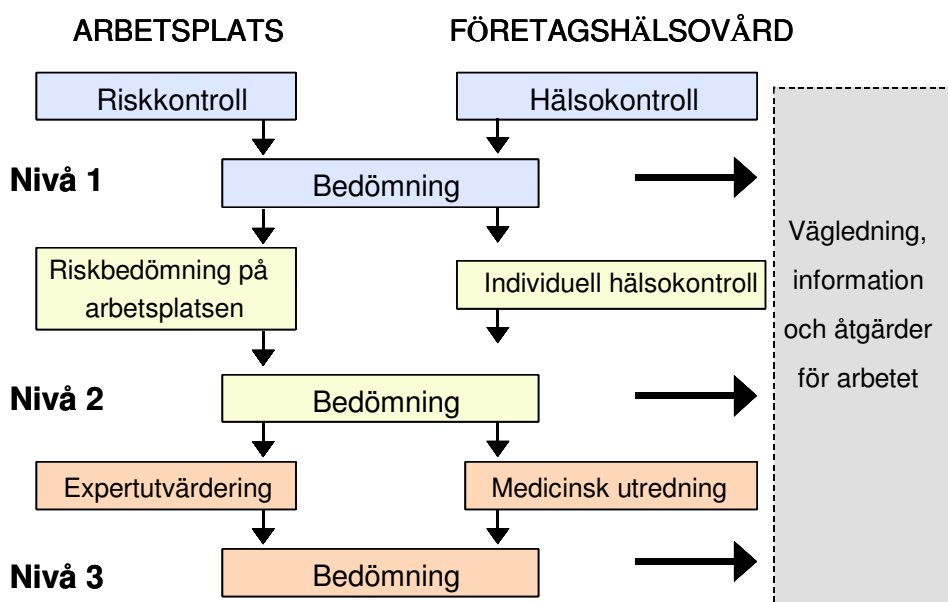
Tabell 3. Modell för riskbedömning i tre nivåer. Innan denna används, bedömer man om faror kan finnas på arbetsplatsen.

	Nivå 1 <i>Observation</i>	Nivå 2 <i>Analys</i> <i>a. Mät</i> <i>b. Beräkna/bedöm</i>	Nivå 3 <i>Expert</i>
När	när problem upptäckts	mer komplicerade fall	mycket komplicerade fall
Hur	kvalitativa observationer	vanliga mätningar	specialiserade mätningar
Kostnad	låg	medelhög	hög
Tidsåtgång	2 timmar	1 dag	Några dagar
Av vem?	arbetstagare+ företagsledning	som steg 1 + specialister	som steg 2 + experter
Kompetenskrav -arbetssituation -ergonomi	hög medelgod	låg specialist	låg expert

Ofta kan man efter en noggrann kartläggning av det termiska klimatet, reducera behovet av mätningar till någon eller några kontrollstationer. En sådan station väljs efter samråd med inblandade parter och ett mätschema utarbetas. Detta bör bland annat ta hänsyn till typ av produktion, väderleksförhållanden, tid på dagen etc. (se även kapitel 10.2).

Vid riskbedömning av kalla och varma arbetsplatser eller verksamhet som innebär extrem klimatexponering är det lämpligt att företagshälsovården gör en medicinsk riskbedömning (figur 4) parallellt med den tekniska riskbedömningen. På arbetsplatser med förhållandevis konstanta (och väderoberoende) klimatförhållanden och regelbundet återkommande, likartade arbetsuppgifter kan man med några av de beskrivna metoderna under avsnitt

värme och kyla (WBGT och PHS kap.7.7 och IREQ kap. 8.7.) på förhand utarbeta förslag till lämpliga arbetsrutiner/arbetsscheman för att säkerställa att arbetspassen inte innebär onödig och riskfylld klimatbelastning. Framtagna diagram som beskriver samband mellan klimatförhållanden, arbetsuppgifter och rekommenderad längsta arbetstid kan tjäna som hjälpmedel vid utformning av sådana arbetsscheman. Underlaget bör tas fram i samarbete med expertis på området.

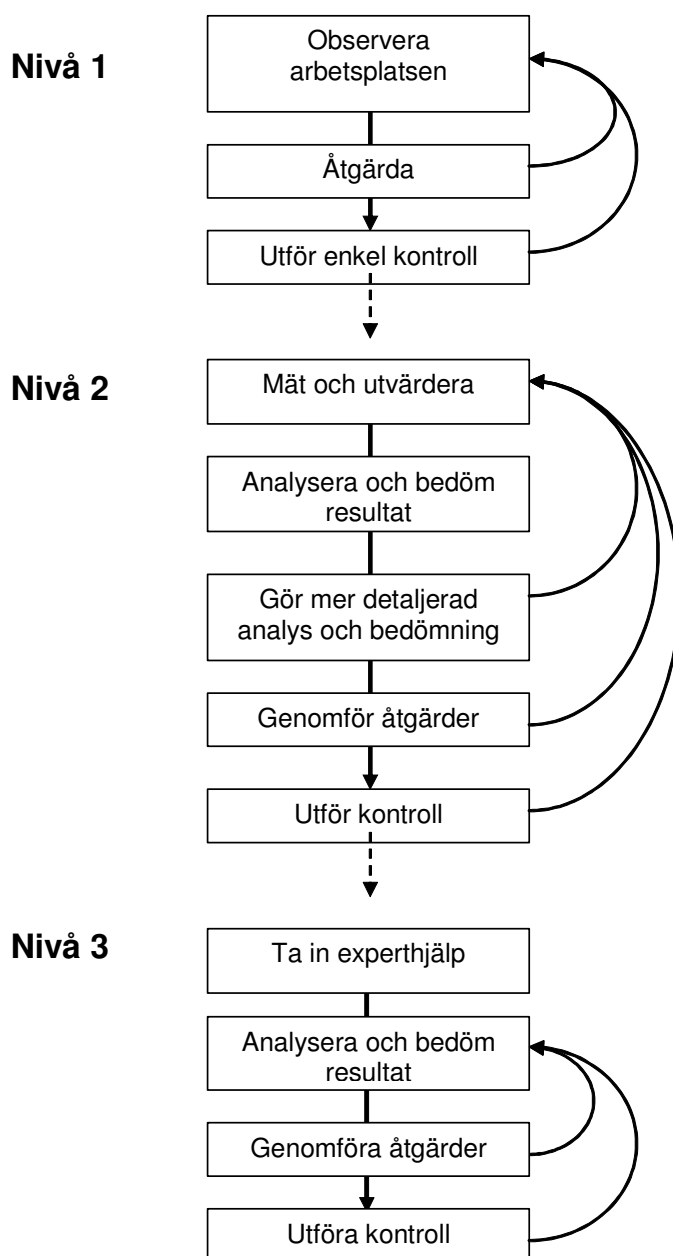


Figur 4. Organisation av riskbedömningsmodell på arbetsplats och med företagshälsovård enligt ISO/DIS 15743:2005.

Riskhanteringen omfattar, förutom riskanalys och riskbedömning, även åtgärder och efterkontroller. En modell för genomförande av stegen i riskhanteringsprocessen för de olika nivåerna beskrivs i figur 5. Alla steg i denna behöver inte alltid gås igenom. När riskbedömning av det termiska klimatet har gjorts och eventuella åtgärder vidtagits, bör efterkontroller göras för att säkra att åtgärderna fungerat och att inga problem kvarstår eller nya har uppkommit. Vid varje betydande förändring på arbetsplatsen behövs kontroll.

4.1.1. Standarder och regler för riskhantering

- AFS 2001:1 Systematiskt arbetsmiljöarbete, paragraf 8-11
- Ergonomi för termiskt klimat - Riskbedömningsstrategi för förebyggande av belastning eller obehag vid termiska arbetsförhållanden (SS EN ISO 15265:2004)

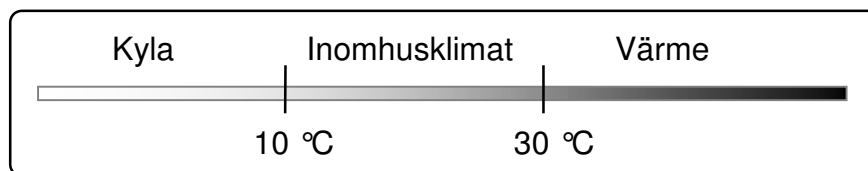


Figur 5. Modell för riskhantering med värdering, bedömning, åtgärder och kontroll.

5. Bedömning av termiskt klimat

Det finns ännu ingen bedömningsmetod, som kan användas för alla klimattyper. Det beror främst på klimatproblemens olika karaktär. Olika metoder används därför för kyla, värme respektive inomhusklimat. De ungefärliga temperaturgränserna illustreras i figur 6.

Lufttemperaturen, som är ett vanligt enkelt klimatmått, är ensamt otillräcklig för att tillfredsställande bedöma ett klimatproblem, eftersom värmestrålning, luftfuktighet och lufthastighet inte beaktas. Dagens metoder baseras på en sammanvägning av flera klimataktorer i så kallade *klimatindex*, vars talvärde anger graden av belastning på individen.



Klimatindex: **IREQ, WCI** **PMV** **WBGT, PHS**

Figur 6. Temperaturgränser för de kategorier av klimat som bygger på bedömningsmetoder (*klimatindex*). Klimatindexen beskrivs under respektive avsnitt om kyla kap.8.7, värme kap.7.7 och inomhusklimat kap.6.7.

Metoderna och klimatindex beskrivs nedan i respektive avsnitt om inomhusklimat, värme och kyla. De finns också beskrivna i ett antal standarder, som därför är användbara vid bedömning av klimatproblem. De har getts ut av svenska (SIS) och internationella standardiseringsorgan (Europeiska CEN och Internationella ISO). Flera av ISO-standarderna är även europeiska och svenska standarder, men det förekommer också standarder som är enbart europeiska och svenska. Inom klimatområdet finns inga standarder som är enbart svenska. En sammanställning av aktuella svenska och internationella standarder inom klimatområdet finns i bilaga 1. De viktigaste beskrivs senare i avsnitten om inomhusklimat (kap. 6.10), kyla (kap. 8.9), värme (kap. 7.9) och skyddsutrustning (kap. 11.5).

Alla bedömningsmetoderna är individorienterade. Med det menas att mätvärdet avspeglar den sammanlagda effekten av de aktuella yttre klimatfaktorerna på den enskilde arbetaren (individuell dos).

5.1. Referensvärden

Endast i några få fall finns idag bindande regler med angivna gränsvärden för exempelvis temperaturer eller indexvärden. Metoderna för klimatbedömning ger emellertid rekommenderade referensvärden, som underlättar bedömningsarbetet. Vare sig det handlar om gränsvärden eller referensvärden, kan dessa betraktas som *åtgärdsnivåer*. Med det menas att när ett värde överskrider, ska åtgärder vidtas som begränsar klimatexponeringen. Effekten av åtgärderna ska vid en förnyad mätning ge ett tidsvägt värde, som ligger under referensvärdet. En enkel åtgärd vid ett överskridande, som kan tillämpas i de flesta arbeten, är att begränsa expositionstiden per timme, genom att lägga in en vilopaus eller ett arbetspass med mindre klimatexposition.

Referensvärden är normalt satta så, att de flesta friska, arbetsföra, vuxna personer klarar arbete i aktuellt klimat upp till dessa nivåer utan risk för ohälsa. Även om metoderna är individorienterade, så förutsäger de inte *varje enskild individs* reaktion, utan snarare reaktionen hos en medelperson. Lämplig hänsyn måste därför tas till enskilda individernas förutsättningar och behov vid bedömning av mätningarna, t.ex. personer med högt blodtryck. Undantag gäller självfallet fysiologiska mätningar, som görs direkt på den enskilde individen. I sådana fall bör alltid företagsläkare konsulteras.

För personer med särskilda behov kan metoderna användas i vissa fall om särskilda hänsyn tas (se ISO/TS 14415).

Bedömningsmetoder enligt standarderna är i första hand avsedda att användas i situationer då behovet av tillförlitliga, noggranna och enhetliga metoder krävs. Det kan gälla till exempel vid myndigheters regelskrivning, vid avtal mellan parter, vid utarbetande av kontrollrutiner på arbetsplatser eller som underlag för problemanalys och bedömning av åtgärdsbehov.

I många situationer kan man få viss information om klimatproblemen genom betydligt enklare mätningar av exempelvis lufttemperatur och lufthastighet. Sådana mätningar kan indikera problemets art och dessutom tjäna som underlag för val av standardmetod.

Vid undersökning av klimatproblem, liksom av andra arbetsmiljöproblem, är det viktigt att samverka med både arbetsgivare och anställda på arbetsplatsen. Man kan också behöva ta hjälp av externa experter med annan kompetens än man har själv för att lösa problemen.

Man kan möta olika typer av svårigheter vid bedömning och åtgärd av klimatproblem. Några exempel på svårigheter är att:

- många orsaker samverkar
- orsaken är psykologiskt betingad (man projicerar andra problem på klimatet)
- svårt att åtgärda pga. att verksamheten är hårt styrd
- svårt att åtgärda lokalt begränsade problem i stora lokaler
- dyra tekniska lösningar krävs
- kommersiella tekniska lösningar saknas

6. Inneklimat

Människan vill ha ett klimat kring sig som känns behagligt - ett s.k. komfortklimat. Detta går ofta lätt att ordna inomhus genom lämplig justering av rumstemperaturen efter aktivitet och klädsel. Problem kan uppkomma när

- klimatanläggningen är dåligt anpassad till de krav, behov och önskemål, som brukarna har
- justeringsmöjligheterna är begränsade eller obefintliga, särskilt när flera personer vistas i samma lokal och när
- klimatet uppvisar lokala variationer på grund av solinstrålning, drag, kalla golv och väggar etc.

6.1. Komfort

Ganska små avvikelser från optimalt klimat ger en ökad besvärshänsyn vid stillasittande arbete, då kroppens värmeproduktion är liten. Obehag upplevs när någon kroppsdel kyls av och temperaturfördelningen på kroppsytan blir ojämn. Orsaken till obehagen kan vara för höga luftströmmar skapade av ventilationssystemet eller kallras, kalla golv eller väggar eller ojämn temperaturfördelning i rummet. Det finns även andra troliga förklaringar till känsligheten än att man inte har så stor egenproduktion av värme. Många till-

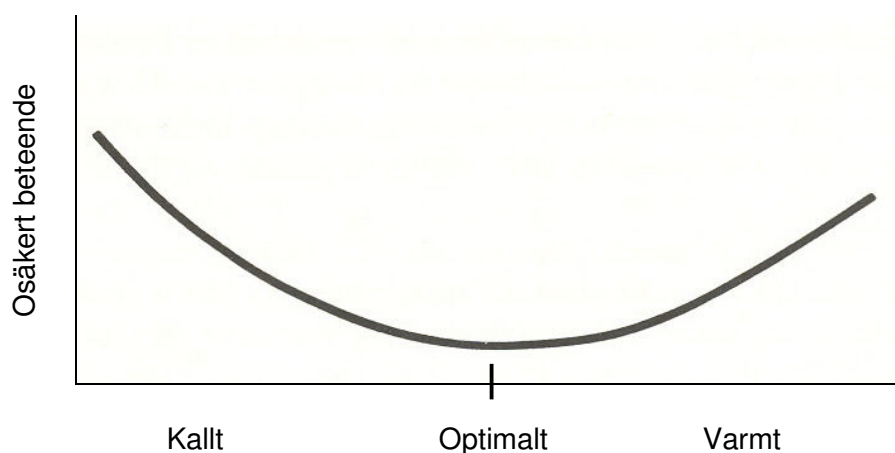
bringar 90 % - 95 % av sitt liv inomhus och med tiden blir experter på sin egen arbetsmiljö. Detta, tillsammans med den tekniska utvecklingen, som gett stora möjligheter att skapa ett bra termiskt klimat, har medfört att individen har höga förväntningar och ställer stora kvalitetskrav på den termiska miljön.

6.2. Fysiologiska effekter

I vanlig inomhusmiljö är klimatbelastningen sällan stor, men när klimatet avviker mycket i viss typ av verksamhet kan belastningen bli påtaglig. Exempel är vid tungt fysiskt arbete i lokaler under en värmebölja och vid stillasittande arbete under en kall vinterperiod med otillräcklig klimatreglering. Vid stillasittande arbete kan händerna bli så kalla att cirkulationen och nervmuskelfunktionen försämras. Det leder till sämre fingerfärdighet, minskad muskelstyrka och kan även ge smärta. Kalla fönsterytor och väggar samt drag innebär stor värmeavgivning lokalt och kyler särskilt ner kroppsdelar som är bara, t.ex. nacken. Den försämrade cirkulationen i samband med låg muskelaktivitet vid t.ex. långvarigt datorarbete kan bidra till uppkomst av eller förvärra besvär i rörelseorganen.

6.3. Psykologiska effekter

Om det känns för kallt eller för varmt i hela kroppen eller i kroppsdelar, skapas obehag, som distraherar. Klimatet påverkar kognitiva funktioner (t.ex. minne, problemlösning, uppmärksamhet, vakenhetsgrad och motivation). Det termiska klimatets påverkan på mentala funktioner är ytterst komplext och interagerar med många andra faktorer, såsom andra fysiska omgivningsfaktorer, tid och typ av arbetsuppgift. Effekterna ökar med större termisk belastning (figur 7).



Figur 7. Princip för effekter av det termiska klimatet (efter Ramsey, 1982). ”Optimalt” innebär ett klimat där värmebalans och komfort råder.

6.4. Hälsorisker, andra inverkan­de miljöfaktorer

Inneklimatet innebär normalt inga stora påfrestningar på kroppen på samma sätt som mer extrema klimat gör. Det kan dock förekomma hälsobesvär. Vissa besvär har samband med andra fysiska eller kemiska faktorer i arbetsmiljön än termiska, såsom lättflyktiga gaser, som emitteras från byggmaterial och inredning och påverkas av luftfuktighet och temperatur. Symptomen kan vara svåra att skilja från överkänslighet för andra faktorer i miljön. I torr luft, som framför allt förekommer vintertid, rapporteras oftare torr, irriterad och kliande hud, rinnande näsa och irriterade ögon. Mycket fuktig luft kan å andra sidan orsaka obehag, såsom klabbig hud och främja tillväxt av mikroorganismer som kan ge allergiska besvär.

Många arbetar bundet till en arbetsplats, t.ex. vid datorarbete. Blodcirkulationen i perifera delar av kroppen är begränsad vid stillasittande arbete. Det leder till att temperaturen i händer och fötter minskar. Det är vanligt att händerna känns kalla. Hos individer som har sjukdomar i rörelseorganen, t.ex. reumatism och dålig cirkulation, t.ex. "vita fingrar" kan för låg inne­temperatur förvärra symptomen. På motsvarande sätt kan en för hög innetemperatur ge problem för känsliga individer, men också om man inte dricker tillräckligt mycket under en värmebölja, då exponering för värme sker nästan dygnet runt en period. Se vidare om värme i kap.7 och om kyla i kap.8.

6.5. Prestationseffekter

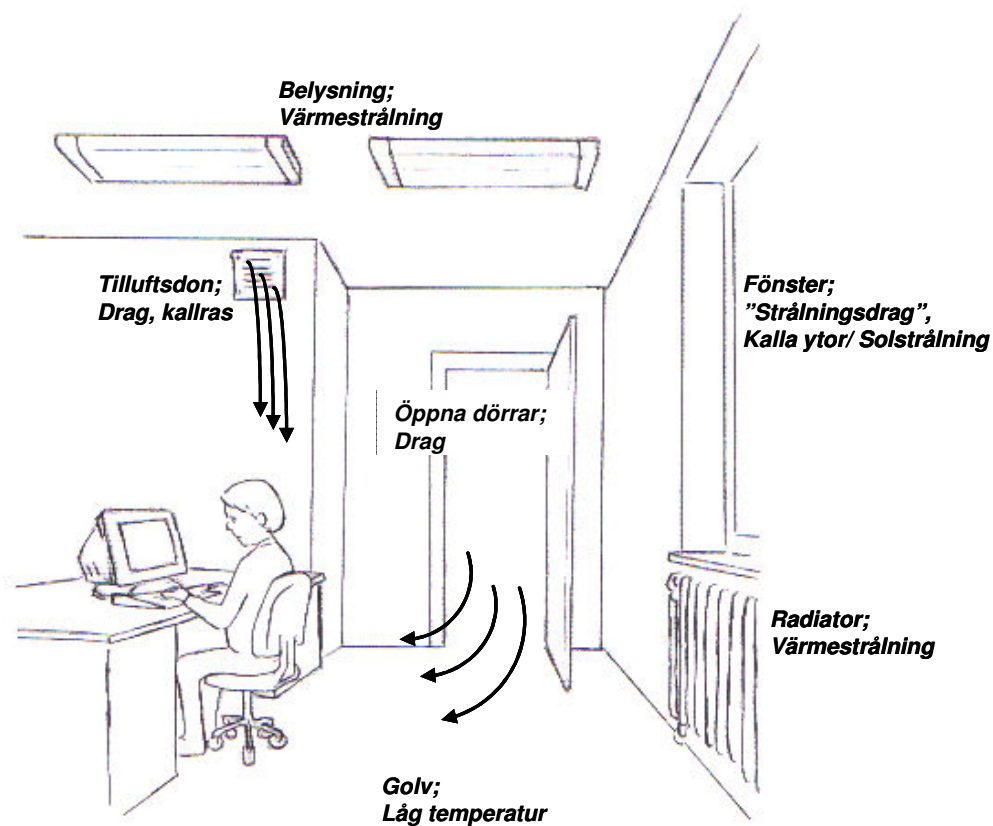
De huvudsakliga effekterna av avvikelser från optimalt klimat på prestationen i vanligt rumsklimat är

- fingerfärdigheten minskar med hand/fingertemperaturen
- koncentrationen försämras
- inläring försämras

6.6. Orsaker till problem

Vanliga orsaker till problem inomhus, t.ex. på kontor och i skolor, sammanhänger ofta med brister i byggnaders eller arbetsplatsers utformning eller ventilationsanläggningar (figur 8 och tabell 4). Vid extrem väderlek blir problemen särskilt uttalade, liksom i dåligt isolerade eller oisolerade byggnader, såsom förråd, lager och djurstallar. Problem med kyla i ouppvärmade lokaler tas upp under avsnitt 8.5.

Luftfuktigheten påverkar inte värmebalansen nämnvärt vid lufttemperaturer under 26 °C och vid måttlig arbetstyngd (<2 met, se bilaga 2). En ändring av relativa luftfuktigheten med 10 % upplevs till exempel som en ändring av den operativa temperaturen med 0,3 °C. Bortsett från värmebalansen accepteras vanligen luftfuktighet över ett stort intervall.



Figur 8. Exempel på orsaker till klimatproblem på kontor.

6.7. Bedömningsmodeller

6.7.1. Hela kroppen

Bedömning av klimatförhållandena görs med klimatindexet *PMV/PPD* enligt standard SS EN ISO 7730. Denna standard beskriver en metod, med vilken man bestämmer den förväntade upplevelsen av klimatet hos en grupp personer (PMV = predicted mean vote) med given fysisk aktivitet och klädsel. PMV-värdet anger på en skala mellan -3 (mycket kallt) och +3 (mycket varmt), hur personerna i lokalen i genomsnitt förväntas uppleva det (Figur 9).

Tabell 4. Klimatproblem och orsakande klimatfaktorer vid avvikelser från normalt inneklimat.

Problem med kyla		Problem med värme	
Klimatfaktor	Möjliga orsaker	Klimatfaktor	Möjliga orsaker
Låg lufttemperatur	Låg tilluftstemperatur, otät byggnad	Hög lufttemperatur	Hög utomhustemperatur
Luftrörelser, drag	Hög tilluftshastighet, olämplig placering av don, otät byggnad, öppna dörrar/portar, lokala temperatur-skillnader	Sol- och annan värmestrålning	Värmealstrande maskiner, datorutrustning etc.
Låga ytemperaturer	Stora fönsterytor enkel eller 2-glas, dåligt isolerade tak/golv/väggar	Höga ytemperaturer	Stora fönsterytor enkel eller 2-glas, dåligt isolerade tak/golv/väggar
Kontakt med kalla ytor	Kalla produkter, t.ex. livsmedel, kalla golv, kalla föremål och vätskor	Kontakt med varma ytor	Varma produkter, t.ex. nylagad mat, varma föremål och vätskor
Torr luft	Mycket torr tilluft (vid kall väderlek)	Fuktig luft	Processer som alstrar vattenånga
Otillräckligt värmande kläder	Okunskap, dåliga arbetskläder	Varma kläder, skyddsutrustning	Okunskap, riskfylld arbetsmiljö som kräver skyddsutrustning
Stillasittande/ låg fysisk aktivitet	Bunden arbetsplats	Hög fysisk aktivitet	Tunga arbetsmoment

PMV används för att bedöma klimatverkan på kroppen i sin helhet. Med hjälp av PMV-värdet kan den förväntade *andelen* missnöjda personer (som tycker det är *kallt*, *mycket kallt* eller *varmt*, *mycket varmt*) beräknas det s.k. *PPD*-värdet (PPD=predicted percentage dissatisfied, %).

Figur 9. Skattningsskala för upplevelse av temperatur i kroppen (PMV-skala).

+3	Mycket varmt
+2	Varmt
+1	Något varmt
0	Varken varmt eller kallt (neutralt)
-1	Något kallt
-2	Kallt
-3	Mycket kallt

	Idealt	Acceptabelt	Mätområde
PMV	0	$\pm 0,5$	+ 3 till -3
PPD	0%	10%	5% - 75%

Önskvärt är att PMV-värdet ska ligga vid $0 \pm 0,5$ (varken varmt eller kallt), då klimatet anses vara neutralt. Om PMV-värdet för lätt kontorsarbete konstateras ligga inom $\pm 0,5$, är motsvarande PPD-värde $<10\%$, dvs. mindre än 10% förväntas vara otillfredsställda med klimatet.

PMV kan användas för de flesta inneklimat, men observera att det finns begränsningar (se tabell 5). Exempelvis kan inte en säker bedömning göras med PMV om medelstrålningstemperaturen eller lufthastigheten är mycket hög eftersom indexet inte validerats i vissa betingelser.

Tabell 5. Gällande intervall för de termiska faktorerna i indexet PMV.

Lufttemperatur	10 °C - 30 °C
Medelstrålningstemperatur	10 °C - 40 °C
Lufthastighet (relativ)	0 m/s-1 m/s
Klädisolation	0 clo -2 clo (0-0,310 m ² K/W)
Värmeproduktion	0,8 met - 4 met (46-232 W/m ²)

6.8. Riskbedömning med exempel

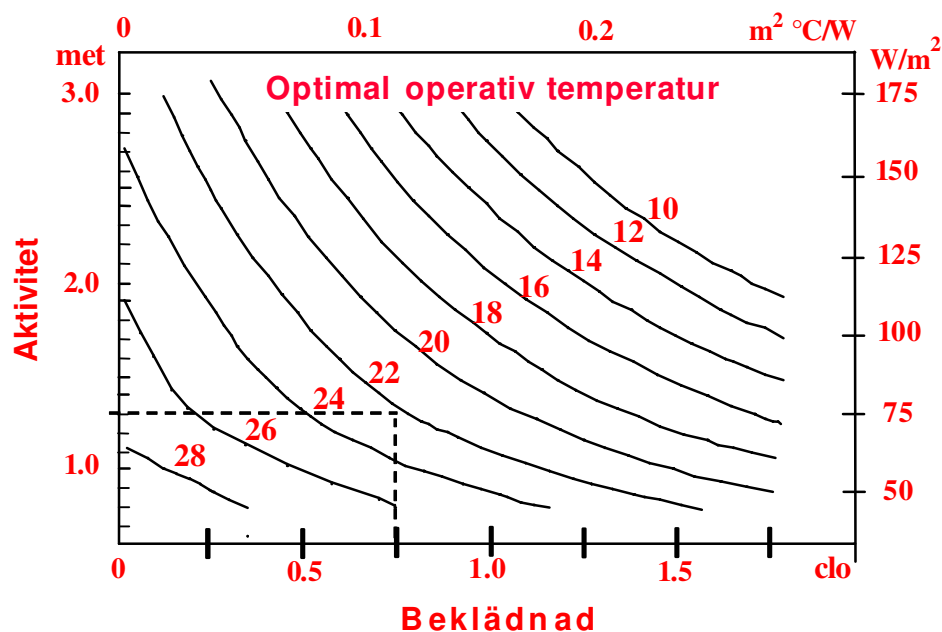
I figur 10 anges den optimala operativa temperaturen (sammanvägning av strålnings- och lufttemperatur, se kap. 10.1) för olika kombinationer av aktivitet och klädsel, dvs. $PMV=0$. I figuren ges också ett exempel.

6.8.1. Lokalt

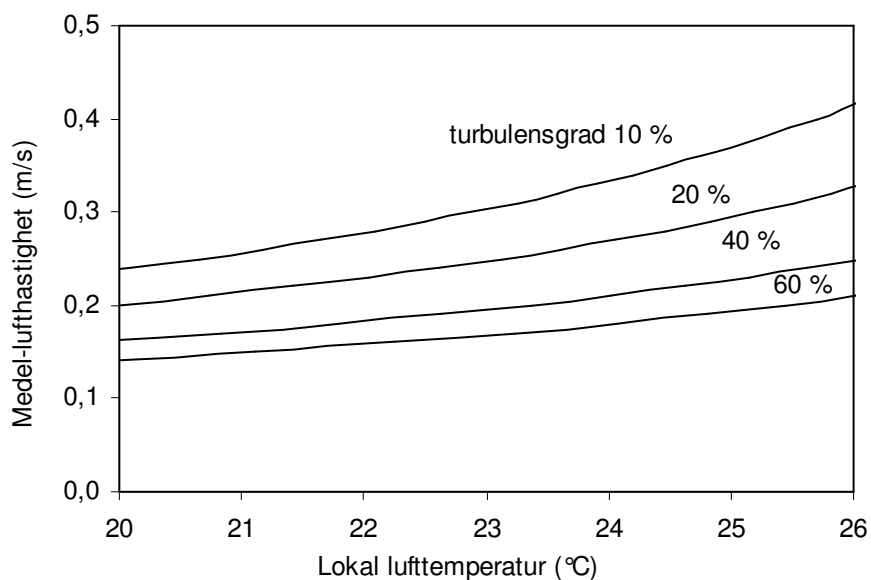
Den vanligaste orsaken till lokalt obehag är drag, men kan också bero på strålnings- eller lufttemperaturskillnader mellan tak och golv eller mellan vägg och fönster. För drag finns ett index (DR, draught rating), som anger andel personer som förväntas bli besvärade. Andelen besvärade ökar med lägre lufttemperatur och ökad turbulens i luften. $DR < 20\%$ bedöms acceptabelt (Figur 11). DR beskrivs i SS EN ISO 7730.

Tillvägagångssätt vid användning av PMV och PPD:

1. Mät lufttemperatur, medelstrålningstemperatur, lufthastighet och luftfuktighet enligt SS EN ISO 7726
2. Bestäm aktivitetsnivå enligt SS EN ISO 8996
3. Bestäm isolation hos tillgänglig/aktuell klädsel enligt SS EN ISO 9920
4. Beräkna PMV och PPD enligt SS EN ISO 7730
5. Mät lokal termisk påverkan (drag etc.) (SS EN ISO 7730)
6. Bedöm förutsättningarna för termisk komfort och eventuella åtgärdsbehov.



Figur 10. Samband mellan optimal operativ temperatur, aktivitet och beklädnadsisolation. Exemplet (streckade linjer) visar att den operativa temperaturen för beklädnad med isolationen 0,75 clo (normal inomhusklädsel och stoppad kontorsstol) och aktiviteten 1,2 met=70 W/m² (stillasittande kontorsarbete) bör vara omkring 23 °C (21-25 °C), dvs. PMV ska vara mellan -0,5 och +0,5 och PPD <10%.



Figur 11. Dragindex. Högsta accepterade medellufthastighet som en funktion av lokal lufttemperatur och turbulensgrad (förväntad andel som besväras <20 %).

6.9. Mätmetoder

För att beräkna PMV måste man mäta:

- lufttemperatur
- medelstrålningstemperatur
- luftfuktighet
- lufthastighet

och bestämma

- aktivitet och
- klädsel (se bilaga 2).

Mätning av omgivningsfaktorerna behandlas under kapitel ”Mätning av termiskt klimat” kapitel 10.

PMV ska beräknas som ett *genomsnittsvärde över en timme*. Vid behov ska därför mätvärdena *tidsvägas* om de ändras över tiden (se avsnitt 8.1). I allmänhet är dock förhållandena i kontorslokaler så pass konstanta att det räcker med kortare mätserier.

För att bedöma lokal klimatpåverkan krävs mätning av lufttemperatur och lufthastighet vid ankel och huvud (0,1 m resp. 1,1 m vid sittande eller 1,7 m över golvet vid stående) samt plan strålningstemperatur 0,6 m över golvet i vistelsezonen. Drag uppstår ibland tillfälligt och kan därför kräva kontinuerliga mätningar under hela arbetspass för att upptäckas och bedömas.

Tabell 6. Rekommendationer för inneklimat enligt SS EN ISO 7730.

Vinter (uppvärmningssäsong) <i>Klädsel 1,0 clo, stillasittande arbete</i> • operativ temperatur 20 °C - 24 °C • vertikal strålningstemperaturskillnad <5 °C • horisontal strålningstemperaturskillnad <10 °C • lufttemperaturskillnad (mellan 0,1 och 1,1 m över golvet) <3 °C • luftrörelser ≤0,20 m/s (beroende på turbulensgrad) • golvtemperatur >19 °C • relativ luftfuktighet 30 % - 70 % Sommar <i>Klädsel 0,5 clo, stillasittande arbete</i> • operativ temperatur 22 °C - 26 °C • lufttemperaturskillnad (mellan 0,1 och 1,1 m över golvet) <3 °C • luftrörelser ≤0,25 m/s, (högre tillåts med individuell kontroll) • relativ luftfuktighet 30 % - 70 %

6.10. Standarder, regler och rekommendationer för inneklimat

Regler och rekommendationer för inneklimat gäller dels byggnaden, dels arbetsplatsen ur klimatperspektiv. I den nya versionen av ISO 7730 finns designkriterier för klimatet för några olika typer av verksamheter.

I SS EN ISO 7730 ges rekommendationer avseende lokala klimateffekter för lätt, stillasittande arbete (motsvarande 70 W/m²), eftersom det är ett mycket vanligt förekommande arbete (Tabell 6). Uppfylls värdena förväntas mer än 80 % av dem som vistas i lokalen uppleva klimatförhållandena som acceptabla. Man skiljer mellan sommar- och vinterfall eftersom man antar att man har något mer kläder på sig på vintern även inomhus.

Byggnad och design

Regler och rekommendationer för klimatet i byggnader är utgivna av Boverket och Socialstyrelsen.

- Boverkets Nybyggnadsregler BBR 1988:18
- Boverkets författningssamling BFS 1993:57
Innehåller dimensioneringsriktlinjer för att skapa ett bra inneklimat; bl.a. riktlinjer för lufthastighet, strålningstemperaturskillnad och golvtemperatur, som ligger nära SS EN ISO 7730, utan krav på uppföljning.

Lagkraven är uppfyllda om byggnaden utformas så att vid Dimensionerande utetemperatur (DUT):

- den lägsta riktade operativa temperaturen i vistelsezonen blir 18 °C i arbetsrum och 20 °C i hygienrum, vårdlokaler samt i rum för barn i daghem och förskolor
- den riktade operativa temperaturens differenser vid olika punkter i rummets vistelsezon bedöms uppgå till högst 5 °C
- den beräknade ytemperaturen på golvet blir lägst 16 °C (för barnlokaler 20 °C) och högst 27 °C och
- lufthastigheten i ett rums vistelsezon inte överstiger 0,15 m/s

För utrymmen i kontor och liknande, kan kravet normalt anses uppfyllt om rummet har normal fönsterarea och uppvärms med radiatorer, tak- eller golvvärme samt inverkan av köldbryggor beaktats vid byggnadens utformning. Riktad operativ temperatur (ROT) används i BBR för att uttrycka det klimat som byggnaden ska kunna prestera. Det definieras som medelvärdet av den omgivande luftens temperatur i en viss punkt och den temperatur som omgivande ytor i en viss riktning har. I normalfallet svarar ROT för hur människan upplever det termiska klimatet.

Rekommendationer och regler om krav på och kontroll av ventilationssystem finns i standarddokument och Svensk Författningssamling:

- SS EN 13779:2004 Luftbehandling - Funktionskrav på ventilations- och luftkonditioneringssystem
- SS EN 13182 2002 Luftbehandling - Krav på mätinstrument för mätning av lufthastigheter i ventilerade utrymmen
- SFS 1991:1273 BFS 1991:36 Förordning om funktionskontroll av ventilationssystem
- Klassindelade inneklimatsystem – Riktlinjer och Specifikationer, R1, VVS-Tekniska föreningens riktlinjeserie 2000 R1, Handledning och hjälpmedel vid

projektering, upphandling och kontroll av ventilationsanläggningar, Svenska Inneklimatinstitutet.

Med riktlinjerna och den parallella handboksserien har SIKI sammanställt aktuella kunskaper och forskningsresultat. Man presenterar bland annat två olika schablonmetoder för beräkning av uteluftsflöden, utgående från tre olika luftkvalitetsklasser och tre materialemissionsklasser. Inneklimatet kan enligt R1 klassas i fyra olika klasser, som baseras på standarden ISO 7730

- Boverkets handbok Termiska beräkningar ISBN 91-7147-719-5 och ISSN 1400-1012
- NKB - Nordiska kommittén för byggbestämmelser, Nr. 40 Inomhusklimat
- NKB - Nordiska kommittén för byggbestämmelser, Nr. 61 Inomhusklimat - Luftkvalitet.

NKB innehåller detaljerade förslag till utformning av klimat- och ventilationsregler inom byggbranschen. Baseras i allt väsentligt på motsvarande ISO-dokument. Skriften är avsedd som en rekommendation till berörda myndigheter vid utformning av regler och riktlinjer. Man ger bland annat förslag på hur beräkningar av lägsta uteluftsflöden skall utföras. För ett normalt kontorsrum på 10 m² golvyta för en person innebär detta beräkningsförslag ett uteluftsflöde på 10,5 l/s, person. Om okontrollerade eller högemitterande ytmaterial används eller om annan aktivitet än normalt kontorsarbete är aktuellt skall detta flöde ökas.

Inneklimatet i en fastighet kan certifieras av Statens Provningsinstitut (P-märkning avseende innemiljö, SPCR 114). För certifiering krävs att orsaken till klagomål i enkätundersökningar skall utredas. Även om andelen som klagar understiger de 20 % som anses acceptabelt, måste förvaltaren förvissa sig om att klagomålen inte är orsakade av skador i byggnadskonstruktionerna, bristfällig ventilation etc. som måste rättas till.

- SS EN ISO 7730 Neutrala termiska miljöer - Bestämning av indexen PMV och PPD samt fastställande av betingelser för termisk komfort
- CR 1752 Ventilation for buildings - Design criteria for the indoor environment (europeisk norm)

I dessa båda dokument finns förslag på klassificering av inomhusklimatet i tre olika kvalitetsklasser. Grundläggande för klassificeringen är det förväntade PPD-värdet (se kap. 6.7). Kriterierna ska kunna användas för att specificera brukarkrav i samband med upphandling och projektering av byggnader och ventilationssystem. Se också ovan *Klassindelade inneklimate-system*. Tabell 7 redovisar de krav på det termiska klimatet enligt SS EN ISO 7730. Klassindelningen utgår från människans upplevelse av olika faktorer.

Tabell 7. Rekommenderade termiska värden i olika kvalitetskategorier.

Inneklimatfaktor	Värde i kvalitetskategori		
	A (PPD<6%)	B (PPD<10%)	C (PPD<15%)
Operativ temperatur, °C för sittande arbete			
klädsel 1,0 clo (vinterfall)	21-23	20-24	19-25
klädsel 0,5 clo (sommarfall)	23,5-25,5	23-26	22-27
Lufthastighet, m/s, tidsmedelvärde (varierar med turbulensgrad)			
- vinterfall	0,1-0,15	0,15-0,3	0,15-0,5
- sommarfall	0,1-0,2	0,1-0,4	0,2-0,5
Vertikal temperaturskillnad mellan 0,1 och 1,1 m över golvet - sommar- och vinterfall °C	<2	<3	<4
Strålningstemperaturasymmetri, °C			
- mot varmt tak	<5	<5	<7
- mot kall vägg (fönster)	<10	<10	<13
- mot varm vägg	<23	<23	<35
Golvtemperatur, °C enligt BFS 1988:18	19-29	19-29	17-31
- högsta värde, °C	27	27	27
- optimalvärde, °C	24	24	24
- lägsta värde, °C	16	16	16

Arbetsplatsens klimat

- Boverkets föreskrifter och allmänna råd BFS 1993:57 (senast ändrad genom BFS 2002:19)
Innehåller råd om utformning av termiskt klimat i byggnader med arbetslokaler
- Svensk standardisering SS EN ISO 7730 Neutrala termiska miljöer - Bestämning av indexen PMV och PPD samt fastställande av betingelser för termisk komfort
Innehåller rekommendationer för lätt, stillasittande arbete i sommar- och vinterfall; anger utvärderingsmetod. Innehåller också förslag till tre kvalitetsklasser för bedömning av den termiska miljön (se ovan Byggnad och design)
- Arbetsmiljöverkets föreskrift, Arbetsplatsens utformning, AFS 2000:42
Allmänt hållna råd, rekommendationer avseende normala temperaturer, bygger på SS EN ISO 7730.

I Socialstyrelsens rekommendationer för temperatur inomhus (SOSFS 2005:15) följer man i allt väsentligt ovanstående rekommendationer.

- Socialstyrelsens Allmänna råd, SOSFS 2005:15. Temperatur inomhus.
Rekommendationer angående termiskt klimat i bostäder och lokaler för allmänna ändamål där människor vistas längre tid än tillfälligt.

I tabell 8 anges riktvärden för klimatet när utredning och bedömning bör göras och rekommenderade gränser för termiska klimatfaktorer. Dessa regler gäller bland annat för förskolor, skolor och vårdhem, som ju också är arbetsplatser.

Tabell 8. Indikerande värden för utredning och för fördjupad bedömning av olägenhet för människors hälsa

Klimatfaktor		Utredning	
Lufttemperatur		< 20 °C	
Lufttemperatur, generellt		> 24 °C	
sommars		> 26 °C	
Golvtemperatur		< 18 °C	
		Fördjupad bedömning	
		Riktvärden	Rekommenderade värden
1. Operativ temperatur		<18 °C ¹	20 °C –23 °C ²
2. Operativ temperatur, varaktigt		> 24 °C ³	
3. Operativ temperatur, kortvarigt		> 26 °C ⁴	
4. Skillnad i operativ temperatur mätt vertikalt 0,1 och 1,1 m över golv			Ej över 3 °C
5. Strålningstemperatur-skillnad Fönster – motsatt vägg Tak – golv			Ej över 10 °C Ej över 5 °C
6. Luftens medelhastighet			Ej över 0,15 m/s ⁵
7. Ytemperatur, golv		< 16 °C ⁶	20 °C –26 °C

1 För känsliga grupper, 20 °C.

2 För känsliga grupper, 22 °C –24 °C.

3 Under sommaren, högst 26 °C.

4 Under sommaren, högst 28 °C.

5 Vid inomhustemperatur över 24 °C kan högre lufthastigheter accepteras.

6 För känsliga grupper, 18 °C.

6.11. Åtgärder

Åtgärder för att förbättra den termiska arbetsmiljön eller förebygga att ett oacceptabelt termiskt klimat uppkommer kan vidtas på olika sätt. I första hand försöker man eliminera källorna till risker och obehag i den fysiska omgivningen och anpassa organiseringen av arbetet till klimatförhållandena. I andra hand anpassas individfaktorerna, såsom beklädnad (t.ex. personlig

skyddsutrustning) och aktivitet. Förslag på åtgärder i vanlig inomhusmiljö ges i tabell 9.

Tabell 9. Förslag på åtgärder i vanlig inomhusmiljö.

Vanliga problem	Åtgärder
- för hög temperatur	- beräkna PMV/PPD, - anpassa (minska) temperatur till aktivitet och klädsel, - om möjligt, minska aktiviteten under varmaste perioden och/eller anpassa klädseln, - avskärma eller isolera varma ytor (maskiner, heta produkter, fasader, ytterväggar), - avskärma solstrålning (markis, fönsterfilm), - öka lufthastigheten (vädning, fläkt) - tillför kyld luft eller installera kylbafflar/kyltak
- för låg temperatur	- beräkna PMV/PPD, - anpassa (öka) temperaturen till aktivitet och klädsel - om möjligt, öka aktiviteten under kallaste perioden och/eller anpassa klädseln, - isolera kalla ytor (fasader, dörrar, produkter), - tillför värmestrålning (infravärmare), - värmefläkt - tillför varmare luft
- drag	- mät lufthastigheten - begränsa luftrörelserna - justera tilluftsdon - förhindra kallras - avskärma eller isolera kalla ytor - flytta arbetsplats
- solstrålning	- avskärma fönster (markis, fönsterfilm), - avskärma eller isolera ytterväggar, tak
- torr luft	- sänk lufttemperaturen, - se över städrutiner - se över elektriska installationer för att eliminera statisk elektricitet (datorer, kopiatorer etc.)

Personal som har externa kontakter i arbetet har normalt formell klädsel, profilkläder eller uniform och kan därför inte alltid anpassa klädseln till värmen. Det kan finnas möjligheter att godta en lättare variant av den formella klädseln, vilket är en förhandlingsfråga mellan anställda och arbetsgivare.

6.12. Litteratur om inneklimat

- Inneboken - en bok för alla som bryr sig om hälsosam inomhusmiljö.* Folkhälsoinstitutet och Socialstyrelsen, AB Svensk Byggtjänst, Stockholm 1998, ISBN 91-7332-860-X. (sammanfattning av samband mellan inomhusmiljö och hälsa, tar upp vanliga frågor om t ex buller, elektriska och magnetiska fält, kvalitetsrelaterade tips om vart man kan vända sig för att få hjälp och kunskap.)

- *Inneklimat och hälsa – en handbok om inneklimatets inverkan på människors trivsel, komfort och hälsa.* Rengholt U, Handboksserien, Svenska Inneklimatinstitutet, 1991.
- *Luften vi andas inomhus.* Sundell, J & M Kjellman, Folkhälsoinstitutet, 1995 (vetenskaplig kunskapssammanställning om inomhusmiljöns betydelse för allergi och annan överkänslighet).
- *Inomhusklimat för människan,* Magnusson L och Qvist L, Liber 1990.
- *Människors hälsa och innemiljön, Hus & Hälsa,* Byggforskningsrådet, Stockholm, 2000 (om allergier, överkänslighet och andra symptom på ohälsa som sätts i samband med brister i innemiljön.)
- *Inomhusluft – Egenskaper, påverkan på människor, metoder för förbättringar.* Hammargren U, Lunds Tekniska Högskola, 2003.
- *Inneklimat och energihushållning.* Johnson BG, Kronvall J, Lindvall T, Wallin A, Lindencrona HW. Hus & Hälsa, Byggforskningsrådet, Stockholm 1990.
- *Temperatur inomhus.* Socialstyrelsen 2005-101-6

7. Värme

Omkring 300 000 personer utsätts för värme så att man svettas minst 25 % av arbetstiden. Många arbetsplatser där värme är ett problem har verksamhet med *värmealstrande processer eller varma produkter*. Livsmedelsframställning och tillverkningsindustri är sådana exempel. Typiska varma lokaler utgörs av industrilokaler med ugnar för smältning och gjutning av material som metaller och glas, torkningsutrymmen vid papperstillverkning, restaurangkök, bageri, tvätteri, trätorkar, livsmedelsproduktion, växthus samt laboratorier och lokaler för framställning och bearbetning av kemiska ämnen. Bland speciella och *tillfälliga arbeten* kan nämnas rengörings- och renoveringsarbeten som utförs inne i olika typer av ugnar.



I vissa arbeten beror värmebelastningen till *övervägande del av solstrålning* under sommaren. Exempel på sådana arbeten är trädgårdsarbete, skogsarbete och gatuarbete, kontorsarbete samt många arbeten i förarhytter som lyftkran och travers. Räddningstjänst är ett särskilt problemområde där både stark strålningsvärme och höga lufttemperaturer förekommer.

Värmeproblem uppkommer vid arbete i hög lufttemperatur, hög strålningsvärme, hög luftfuktighet eller kombinationer av dessa. Varma sommar dagar ger ibland upphov till problem med värme på arbetsplatser där klimatet annars är acceptabelt. De varmaste delarna av landet har omkring 20 högsommar dagar (dygnets maxtemperatur minst 25 °C) i genomsnitt. Ofta är det dock inte lufttemperaturen, som ger de största problemen utan

solstrålningen som utsätter kroppen för stark värme. Även då lufttemperaturen är sval eller normal under vår/sommar/höst en klar dag, kan solstrålningen göra att lokaler och fordon blir obehagligt varma att arbeta i.

Vid tungt arbete (hög alstring av kroppsvärme) kan värmeproblem uppkomma redan vid måttliga temperaturnivåer. Detsamma gäller då täta eller tjocka skyddskläder används. Eftersom sådana kraftigt försämrar kylningen av kroppen (genom svettavdunstning och konvektion/strålning) kan problemen många gånger bli allvarigare än vid arbete i normal klädsel.

7.1. Arbete i värme – fysiologiska effekter och fysisk prestation

Den fysiologiska anpassningen till arbete i värme innebär att hjärta och cirkulation belastas hårdare samt att kroppens värme- och vätskebalans störs. Värme från arbetande muskler och värme som härrör från omgivningen, måste avges via kroppsytan (huden). En större andel av det cirkulerande blodet måste omdirigeras till hud och extremiteter som därigenom tävlar med de arbetande musklernas krav på genomblödning. Dessa samtidiga krav på cirkulationen kan leda till överbelastning, utmattning och kollaps.

Om inte cirkulationsomställningen är tillräcklig för att kyla kroppen ökas kylningen väsentligt genom att svettning stimuleras. Förmågan att svettas är människans viktigaste egenskap för att tåla värme. När svetten avdunstar tas värme från huden och därmed möjliggörs en borttransport av den värme som förs dit med blodet. Svettning leder dock till vätskeförlust, som efter en tid rubbar vätskebalansen. Vätskeförlusten minskar den fysiska arbetsförmågan i värme. En vätskeförlust på t.ex. 1,6 liter hos en individ som väger 80 kg (dvs. 2 %) reducerar uthålligheten med 10-20 %. Muskelkramp kan inträffa till följd av stora salt- och mineralförluster genom svettning.

Vatten är bästa dryck för att ersätta vätskeförluster genom svettning.

Kaffe och andra koffeinhaltiga drycker bör undvikas, eftersom koffein ökar utsöndringen av urin.

En mugg 10-15-gradigt vatten var 20:e minut vid fysiskt arbete i värme är ett riktvärde.

Det bör dock anpassas till rådande situation.

Mängden spontana klagomål på värme är ofta stor i början av en period med varm väderlek. Avsaknad av värmeträning (se nedan) gör att många personer upplever de första dagarna som påfrestande. Efterhand sker emellertid en tillvänjning och påfrestningen minskar automatiskt. Effekten av värmeträning är viktig att beakta vid bedömning av värmeproblem i arbetslivet.

7.2. Medicinska risker

De största riskerna med arbete i värme är överhettning av kroppen, uttorkning/vätskebrist och brännskador. Om värmen inte kan avges i tillräcklig mängd/hastighet kan utmattning och värmeslag inträffa. Överhettning av kroppen är mycket farligt om det inte behandlas i tid. Det är viktigt att vara uppmärksam på tidiga signaler (starkt obehag och värmekänsla/känsla av kyla, huvudvärk, illamående, försämrad koncentration). Arbetet bör genast avbrytas och åtgärder vidtas på en gång.

Intensiv svettning och otillräckligt drickande kan leda till svimning och muskelkramp. En tidig och regelbunden tillförsel av vatten, som motsvarar vätskeförlusten, motverkar i stor utsträckning dessa effekter. Vatten i tillräckliga mängder måste därför finnas lätt tillgängliga på arbetsplatsen. Om värmeslag eller andra värmeproblem inträffar måste rätt akut behandling ges och eventuell sjukhusvård följa.

Brännskador kan uppkomma vid frivillig eller ofrivillig kontakt med heta material och vätskor. Särskilt stor är risken då arbetsplatsen är trång och när varma vätskor hanteras. Brännskador kräver snabb kylning och oftast eftervård beroende på omfattning och svårighetsgrad av skadan.

De flesta friska människor klarar måttlig värmebelastning och kan träna upp sin tålighet. Under inverkan av alkohol, droger och vissa läkemedel är värmetåligheten försämrad. Den fysiologiska kapaciteten vid varmt arbete varierar mycket mellan individer. En mycket liten grupp av människor är värmeintoleranta och lider svårt vid varm väderlek. Personer med hjärt-kärlsjukdom, njurbesvär, kraftig övervikt eller försvagat hälsotillstånd i största allmänhet är känsliga för värmebelastning.

7.3. Acklimatisering

Genom upprepad vistelse eller arbete i värme förbättras svettningsskapacitet och cirkulationsreglering. Denna process kallas värmeacklimatisering eller värmeträning. Full effekt uppnås efter 7–10 dagars regelbunden värmeexposition, men merparten av den positiva effekten uppnås redan efter 3–4 dagar. Värmeträning är, i analogi med fysisk träning, effektivare ju större och varmare den dagliga dosen är. Effekten av värmeträning är en mycket markant minskning av känslan av ansträngning och fysiologisk påfrestning i arbetet.

7.4. Psykologiska effekter, mental prestation och risker

De första märkbara effekterna av värmebelastning är, förutom känsla av överhettning, psykologiskt betingade besvär, såsom obehag och irritation. Koncentration, uppmärksamhet och omdöme påverkas gradvis, vilket efterhand kan leda till sänkt prestationsförmåga. Risken att göra missa viktiga signaler och att göra fel ökar med värmebelastningen. Både obehag och uppvärmning kan påverka mentala funktioner, såsom uppmärksamhet och förmågan att utföra komplexa arbetsuppgifter. Hur mycket olika individer

påverkas varierar och beror på hur snabbt värmen lagras i kroppen, typ av arbetsuppgift och skicklighet.

7.5. Orsaker till termiska klimatproblem, försvårande faktorer

Värmebelastning är vanligast vid arbete i lokaler som saknar eller har otillräcklig klimatreglering, där verksamheten innefattar värmealstrande processer, t.ex. pappersframställning och värmekraftverk och vid arbete utomhus sommartid, t.ex. asfalthäggning. Några orsaker till värmeproblem visas i tabell 10.

Tabell 10. Klimatproblem och orsakande klimatfaktorer i värme.

Klimatfaktor	Möjliga orsaker
Hög lufttemperatur	Hög utomhustemperatur, värmealstrande processer och maskiner
Sol- och annan värmestrålning	Värmealstrande processer, varma maskiner, avskärmning saknas
Höga yttemperaturer	Stora fönsterytor enkel eller 2-glas, dåligt isolerade tak/golv/väggar, ingen eller dålig isolering av varma ugnar, maskiner etc.
Kontakt med varma ytor	Varma produkter, t.ex. nylagad mat, varma föremål och vätskor
Fuktig luft	Processer som alstrar vattenånga

Flera faktorer i omgivningen medför särskilda risker för värmebelastning eller skador:

- Hög vatten- eller lufttemperatur
- Hög luftfuktighet
- Solstrålning
- Heta ytor
- Heta vätskor
- Täta kläder
- Hög arbetsintensitet, tungt fysiskt arbete

En mängd individfaktorer utöver klimatexponeringen ökar risken för värmebelastning:

- liten kroppsmassa (värms snabbt upp)
- övervikt (cirkulationen redan belastad)
- ålder (mindre tålighet med ökad ålder)
- tidigare besvär i samband med värme
- hjärt-kärlssjukdom
- diabetes
- hud-, lever-, njur- eller lungproblem

- vätskebrist
- graviditet
- alkohol, koffein, nikotin

Som tumregel kan gälla att bedömning bör göras då lufttemperaturen överstiger 32°C vid lätt arbete och 25°C vid tungt arbete. Problem med strålningsvärme, hög luftfuktighet och täta skyddsdräkter bör alltid utredas.

7.6. Bedömning av arbete i värme

Bedömning av värme kan ske enligt modellen som beskrivs i figur 5, kap. 4.

Nivå 1

Observera förhållanden och klimatfaktorer

- Vilka riskfaktorer har identifierats?

- Utför enkla åtgärder och enkel kontroll
- Finns riskfaktorer kvar?

Om riskfaktorer finns kvar och mätningar behöver göras, gå vidare till nivå 2.

Nivå 2

Mät och utvärdera

- Mät lufttemperatur
- Gör en första bedömning med hjälp av tabell 11.
- Analysera och bedöm resultat
- Åtgärda och kontrollera.

Efter en första analys i nivå 2 kan åtgärder vidtas direkt, men ibland kan en mer detaljerad analys och bedömning behövas för att åtgärderna ska vara effektiva.

- Mät relevanta klimatfaktorer:
globtemperatur (strålningstemperatur), naturlig våttemperatur (luftfuktighet), lufttemperatur, yttemperatur/vätsketemperatur
- Gör ny bedömning. Klimatindexet WBGT (se kapitel 7.7) kan användas.
- Överskrids arbetstid i värme?
- Åtgärda och kontrollera genom mätning och bedömning.

Om problem kvarstår gå vidare med nivå 3.

Nivå 3

- Ta in experthjälp. PHS-modellen kan användas

Tabell 11. Riktlinjer/riktvärden för olika nivåer av risk för värmebelastning. Förslaget bygger på SS EN ISO 15265. Faktorerna bedöms enskilt, men nivån ”viss risk” kan ge stor risk i kombination med annan faktor.

Klimatfaktor	Viss risk	Stor risk
Lufttemperatur	25-32 °C	Över ca 32 °C
Värmestrålning	Varm i ansiktet efter 2-3 minuter	Outhärdlig värmestrålning i mer än 2 minuter
Lufthastighet	Varm luft med låg hastighet	Varm luft med hög hastighet
Luftfuktighet Relativ luftfuktighet	Fuktig hud 60 %	Huden helt våt 80 %
Arbetsstyngd	Måttligt tungt arbete	Tungt arbete
Kläder	Täckande klädsel	Tung täckande klädsel, tät klädsel
Upplevelse	Viss svettning och obehag, törst	Intensiv svettning, stark törst, trötthet, utmattning

7.7. Bedömningsmodeller med exempel

Det finns framför allt två metoder som används för att analysera och bedöma klimatpåverkan i värme. En relativt enkel och vanlig metod är WBGT (wet bulb globe temperature). Den andra metoden, PHS (predicted heat strain) som analyserar värmebalansen är mer komplicerad och kräver särskilda kunskaper.

WBGT, wet bulb globe temperature

WBGT är ett klimatindex, som kräver förhållandevis enkla och okomplicerade klimatmätningar. Utöver dessa krävs en enkel klassificering av aktiviteten. För merparten av förekommande värmeproblem inom svenskt arbetsliv är den en enkel, användbar och tillräckligt noggrann bedömningsmetod. Indexet används för att bedöma effekten av kontinuerligt eller växlande arbete i värme och är särskilt lämpad för bedömning av miljöer med hög luftfuktighet. Där stark värmestrålning förekommer kan WBGT-värdena överskatta värmebelastningen något. Metoden beskrivs i standarden SS EN ISO 7243 och i föreskriften AFS 1997:2.

WBGT anger den samlade påverkan av värmestrålning, lufttemperatur och luftfuktighet i omgivningen med hänsyn tagen till den fysiska arbetsstyngden. WBGT beräknas med hjälp av naturlig våttemperatur och globtemperatur. Tidsvägda mätvärden ska användas (se kap.10). Följande formel används:

$$WBGT = 0,7 \cdot t_{nv} + 0,3 \cdot t_g$$

t_{nv} är den naturliga våttemperaturen

t_g är globtemperaturen.

Vid arbete utomhus i solsken används en något modifierad formel:

$$\text{WBGT} = 0,7 \cdot t_{nv} + 0,2 \cdot t_g + 0,1 \cdot t_a$$

t_a är lufttemperaturen utomhus

Tabell 12. Förenklad tabell med referensvärden för WBGT.

Aktivitetsklass	Intensitet	WBGT	WBGT
		Acklimatiserad	Ej acklimatiserad
0	Vila	33	32
1	Låg	30	29
2	Måttlig	28	26
3	Hög	26	23
4	Mycket hög	24	20

Det uppmätta WBGT-värdet jämförs med referensvärden (tabell 12), som anges i en bilaga till den standarden SS EN ISO 7243. Referensvärdena anger en nivå på värmebelastning, som är acceptabel och ofarlig för så gott som alla friska människor, men inte för personer, som av olika orsaker har en försämrad värmeförmåga (se 7.5). Värdena gäller för personer som bär normal arbetsklädsel (motsvarande sommarkläder). En klassificering av den fysiska aktiviteten måste göras för att rätt referensvärde ska väljas (bilaga 2). En förenklad tabell med referensvärden kan rekommenderas (tabell 12). Den fullständiga finns i bilaga 4. Exempel på några klimatsituationer där referensvärdena för WBGT överskrids finns i tabell 13.

Tabell 13. Exempel på kombinationer av klimatparametrar då referensvärdet för WBGT överskrids.

Relativ luftfuktighet		Aktivitetsklass			
		1	2	3	4
50 %	Globtemperatur	36	34	31,6	31
	Naturlig våttemperatur	27,5	26	24	23,4
80 %	Globtemperatur	32	30	28	27
	Naturlig våttemperatur	29,2	27,3	25,4	24,4

WBGT kan inte användas för alla typer av varma arbeten och exponeringar. För dessa måste man göra en särskild riskbedömning, som vanligtvis kräver experthjälp. WBGT ska inte tillämpas vid kortvariga expositioner (några få minuter) för extrem värme. Den saknar också relevans för bedömning av värmeproblem strax över den så kallade *komfortzonen* (lufttemperatur 25-30 °C) vid normal luftfuktighet. WBGT tar inte heller hänsyn till arbete med speciella skyddskläder. Det finns dock förslag till faktorer för skyddskläder

som kan användas för att korrigera referensvärdena (se bilaga 4, Tabell b, faktorer och tabell a, referensvärden). Observera att arbete i miljöer med stark värmestrålning kan bedömas fel med denna korrektion och ge något för höga värden. Detta beror på att mätvärdena på psykrometer och glob blir överskattade av strålningen. Eftersom det är svårare att bli av med kroppsvärme genom svettavdunstning vid hög luftfuktighet är toleransen mot värme lägre än i en torrare miljö. Vid tillfällen då en mer detaljerad och analyserande bedömning av klimatsituationen önskas kan klimatindexet PHS användas (se nedan). När WBGT överskrids kan man ibland också behöva använda PHS.

Exempel på arbetssituation där WBGT används för bedömning

En anställd på pappersbruk klagar under sommarmånaderna på för hög värmebelastning i kokeriet. Två av de anställda jobbar varje dag inomhus enligt följande. En person står vid mesakokare en timme åt gången, globtemperatur=36 °C, naturlig våttemperatur=33 °C. En annan person arbetar i kontrollrummet, globtemperatur =26 °C, naturlig våttemperatur =21 °C. Arbetet innebär aktivitetsklass "låg". Personerna är acklimatiserade till värme.

WBGT beräknas på den varma arbetsplatsen, vilket ger 33,9 °C
WBGT beräknas på den svalare arbetsplatsen, vilket ger 22,5 °C

Bedömning görs genom att mätvärdet för WBGT jämförs med referensvärdet i tabell 12. "Aktivitetsklass 1 Acklimatiserad" har referensvärdet 30.

Gränsvärdet överskrids, vilket måste leda till åtgärd.

Åtgärd: Kokaren avskärmas med strålningsskydd. Detta hjälper bara delvis. Luftfuktigheten gör att värmen ändå är besvärande.

Ny mätning ger WBGT-värde 32 °C.

Åtgärd: Tidsbegränsning av arbete vid kokaren. Denna beräknas och visar att 14 minuter per timme bör arbetet ske på sval plats eller pauser tas i svalt utrymme. Två personer låts växla arbetsuppgifter mellan kokare och kontrollrum var 40:e minut.

Denna åtgärd ger WBGT-värde 28,8 °C, vilket är mindre än referensvärdet även för icke acklimatiserad (29 °C resp. 30 °C, för acklimatiserad)

Tillvägagångssätt vid användning av WBGT:

1. Mät globtemperatur och våttemperatur och lufttemperatur (endast för arbete utomhus) enligt EN ISO 7243 och EN ISO 7726
2. Skatta aktivitetsklass enligt EN ISO 7243
3. Beräkna tidsvägt WBGT
4. Jämför WBGT med referensvärden enligt EN ISO 7243 eller ovan nämnda temperaturvärden
5. Bedöm och vid behov vidta åtgärder

PHS (Predicted Heat Strain model)

Metoden PHS ("förväntad värmebelastning") bygger på en beräkning av svetttningsbehovet för att underskrida en acceptabel gräns för värmeupplagring och vätskeförlust hos en normalperson. Den baseras på alla klimatfaktorer, arbetstyngd och klädernas isolation och ångmotstånd. Modellen har validerats för lufttemperaturer mellan 15 °C och 50 °C.

Det PHS-värde (anger svetttningsbehovet) man räknat fram jämförs med referensvärden för olika belastningsnivåer. Metoden möjliggör en kvantitativ bedömning av såväl den samlade effekten av alla viktiga faktorer, som den inbördes betydelsen av de olika faktorerna. Det är därmed möjligt att exempelvis bedöma effekten av olika åtgärder av klimatet (tekniska eller organisatoriska) eller individfaktorerna (klädsel, arbetstyngd etc.). Om referensvärdena överskrids, kan man med metoden beräkna DLE (Duration Limited Exposure), tidsbegränsning för arbete i värme under en arbetsdag. Metoden kräver mer komplicerade mätningar, beräkningar och bedömningar än WBGT och bör endast utföras av särskilt utbildad personal (nivå 3 i riskbedömningsmodellen).

Andra modeller

Det finns även andra bedömningsmodeller, som visserligen sällan används i Sverige, men kan vara värda att nämnas eftersom de ibland förekommer i litteratur om arbete i värme. *Effective Temperature index (ET)* kombinerar temperatur, luftfuktighet och lufthastighet. Det har använts i andra länder för inneklimat, men har också varit användbart i gruvor och andra miljöer som domineras av hög luftfuktighet och måttlig medelstrålningstemperatur.

7.8. Mätmetoder och mätinstrument

WBGT beräknas med hjälp av *naturlig våttemperatur* och *globtemperatur*, (se kap.10). Då bedömningen ska göras för arbete utomhus ingår också lufttemperatur. Dessutom krävs en klassificering av aktiviteten (se kap.10).

- *Naturlig våttemperatur* (t_{nv}) mäts med en givare som hålls fuktad av en bomullsstrumpa och som inte strålningsskyddas.
- *Globtemperaturen* (t_g) mäts med en temperaturgivare placerad i centrum av en svart ihålig glob.
- *Lufttemperaturen* mäts med strålningsskyddad termometer eller elektronisk givare.

Under särskilt besvärliga klimat- eller arbetsförhållanden kan det visa sig vara svårt att tillämpa ovanstående tekniska mätmetoder. En möjlighet är då att mäta den fysiologiska belastningen på exponerade personer. Sådana mätningar kan innefatta exempelvis registrering av hjärtfrekvens (*puls*), kroppstemperatur eller svetttningsintensitet. Denna typ av mätningar får

endast genomföras av personal med särskild utbildning (t.ex. medicinsk personal inom företagshälsovården). I svårbedömda fall med komplexa arbetsmönster och svärmätta utrymmen kan bärbar mätutrustning med elektronisk registrering av mätvärden vara lämplig.

7.9. Standarder, regler och rekommendationer för värme

Arbetsmiljöverkets föreskrifter

För arbete i stark värme, framför allt i kombination med hög luftfuktighet och strålningsvärme finns en särskild föreskrift (*AFS 1997:2 Arbete i stark värme*) där gränsvärden anges. För arbeten i andra varma lokaler kan till viss del *AFS 2000:42 Arbetsplatsens utformning* användas, där rekommendationer om lämplig temperatur finns angiven. I några av AV:s föreskrifter finns regler och rekommendationer angående skyddsanordningar och personlig skyddsutrustning för värme.

AFS 1997:2 Arbete i stark värme

Föreskriften är i första hand tillämplig på rörligt kroppsarbete i industrilokaler med stark värme, hög lufttemperatur/värmestrålning och/eller hög luftfuktighet. Den är också tillämplig för hårt kroppsarbete utomhus under mycket varma dagar, men gäller inte arbete där risken för skadlig inverkan av värme "till helt övervägande del beror av solen". För kontorsarbete och fordonskörning under varma sommardagar är föreskriften därför inte tillämplig. Det beror på att värmeexponering från solen i denna typ av arbete bedöms att inte innebära någon direkt hälsofara och i allmänhet kommer tidsvägt WBGT inte att överskridas i denna typ av situationer. Det finns därför i allmänhet inget skäl att mäta WBGT i sådana fall. Situationen kan emellertid under extremt varma dagar upplevas som mycket obehaglig och starkt påverka prestationsförmågan.

AFS 2000:42 Arbetsplatsens utformning

Regler om termiskt klimat finns i föreskriften, men det finns ingen övre temperaturgräns angiven, bara rekommenderade temperaturintervall. I vissa lokaler anges att det kan vara nödvändigt att hålla annan temperatur än vad som ovan anges av produktionstekniska skäl, t.ex. i lokaler där ugnsarbeten utförs.

Andra föreskrifter där värme beaktas:

- AFS 1999:3 Bygg och anläggningsarbete
- AFS 1982:20 Restauranger och andra storhushåll
- AFS 1998:5 Arbete vid bildskärm
- AFS 2000:16 Dykeriarbete
- AFS 1999:7 Första hjälpen och krisstöd
- AFS 1997:5 Smältning och gjutning av metall
- AFS 1995:1 Rök- och kemdykning

Internationella standarder

En serie internationella standarder och förslag till standarder kan användas vid mätning och bedömning av varmt klimat. Några är även antagna som svenska standarder och någon av dem finns översatta till svenska.

- SS EN ISO 7243:1993 Hot environments – Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT index
- SS EN ISO 7933:2004 Ergonomi för termiskt klimat – Analytisk bestämning och bedömning av värmebelastning genom beräkning av indexet PHS
- EN ISO 9886:2004 Ergonomics – Evaluation of thermal strain by physiological measurements
- prEN ISO 14505-1 Ergonomics of the thermal environment – Evaluation of thermal environment in vehicles – Part 1: Principles and methods for assessment of thermal stress
- prEN ISO 13732-1 Ergonomics of the thermal environment – Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces – Part 1: Hot surfaces
- SS EN ISO 9920 Ergonomi för termiskt klimat – Skattning av termisk isolation och ångmotstånd hos beklädnad
- EN 563:1994 Safety of machinery – Temperatures of touchable surfaces – Ergonomics data to establish temperature limit values for hot surfaces
- SS EN ISO 8996:2004. Ergonomi för termiskt klimat – Bestämning av metabolisk energiomsättning
- SS EN ISO 726: 2001 Ergonomi för termiskt klimat – Instrument för mätning av fysiska storheter
- SS EN ISO 15265:2004 Ergonomi för termiskt klimat – Riskbedömningsstrategi för förebyggande av belastning eller obehag vid termiska arbetsförhållanden
- SS EN ISO 12894:2001 Ergonomi för termiskt klimat – Medicinsk övervakning av individer utsatta för extremt varma eller kalla miljöer
- EN ISO 10551:2001 Ergonomics of the thermal environment – Assessment of the influence of thermal environment using subjective judgement scales
- ISO NP 14415 Ergonomics of the thermal environment – The application of International Standards for people with special requirements.

7.10. Åtgärder

Liksom för andra arbetsmiljöfaktorer måste en riskbedömning göras för arbete i värme och förebyggande åtgärder ska vidtas. Dessa bör omfatta bl.a. vätsketillförsel, värmeträning, kamratövervakning samt kunskap om risker med värme och symptom på värmebelastning. I situationer då hög värmeexponering inte kan undvikas, kan skyddsutrustning behövas (se kap. 11.4). Det är dessutom viktigt att rutiner skapas för akuta åtgärder om problem uppkommer.

Värmeupplagring i kroppen kan förhindras på framför allt tre sätt:

1. Minskning av värme som bildas vid kroppsarbete.
Exempel på åtgärd: Reducera den totala arbetstiden per timme, t.ex. genom införandet av pauser, eller minska arbetets tyngd.
2. Förhindrande att värme tillförs från omgivningen genom direkt strålning eller varm luft.
Exempel på åtgärd: Avskärma värmestrålkällor och öka luftrörelser (vid lufttemperaturer lägre än cirka 35 °C).
3. Ökning av värmeavgivningen från kroppen, främst genom svettavdunstning.
Exempel på åtgärd: Underlätta avdunstningen genom att använda lämplig klädsel och dryck, öka värmetåligheten genom värmeträning och minska luftfuktigheten

Vid olika typer av klimatproblem finns ett antal åtgärder som kan prövas, se tabell 14 och avsnitt 7.10.1.

Tabell 14. Förslag på åtgärder som kan vidtas för att förhindra värmeproblem.

<i>Vanliga problem</i>	<i>Förslag på åtgärder</i>
Överskridet WBGT/PHS	sänk arbetstakten, begränsa arbetstiden i värme, öka paustiden per timme, rotera med flera arbetslag, begränsa arbetstiden, i sista hand använd kylkläddräkt/kylväst
Hög lufttemperatur	sänk temperaturen, öka luftrörelsen vid temperatur <35 °C (fläkt)*
Hög strålningsvärme	sänk strålkällans temperatur, isolera, avskärma strålkällan, i sista hand använd reflekterande skyddsplagg
Hög luftfuktighet i värme	begränsa arbetstiden i värme, öka paustiden per timme, använd tunna luftiga plagg, sänk arbetstakten, i sista hand använd kylkläddräkt/kylväst
Heta vätskor	ta fram skyddsrutiner, isolera, avskärma, använd skyddsplagg

*Obs! Kylfläktar måste placeras så att de inte stör lokala utsug för föroreningar.

7.10.1. *Strategier och åtgärder för arbete i värme*

Maskinell utrustning, redskap och verktyg

- Välj maskiner och utrustning som är tillverkade för att användas i värme.
- Se till att handtag och reglage kan skötas med handskar på.
- Isolera utrustning, handtag, spakar och reglage.
- Förvara arbetsutrustning och verktyg i svalt utrymme

Arbetsplatsens förhållanden

- Organisera arbetet så att det tyngsta arbetet görs när det är som svalast. Roterat arbetet mellan tunga och lättare arbetsuppgifter.

- Om temperaturen är under 35 °C, kan lufthastigheten ökas långt över 0,2 m/s.
- Avskärma värmestrålning
- Isolera marken/golvet om det är hett där arbete ska utföras stående, på knä eller liggande.
- Tillhandahåll dryck vid arbetsstationen. Vatten är normalt tillräckligt, men i extrema fall kan dryck med salter och socker vara motiverad för att kompensera förluster vid kraftig och långvarig svettning ("energidryck" eller "sportdryck").
- Tillhandahåll tillräckligt svalt utrymme/skyddat utrymme för återhämtning.

Beteende

- Efter en veckas frånvaro eller mer från rutinmässigt varmt arbete bör gradvis tillvänjning ske innan arbetet sker i normal omfattning
- Rapportera hur arbetet fortgår till arbetsledare (vid avskilt arbete).
- Var uppmärksam på tecken på riskabel uppvärmning
- Arbeta i lägre takt i värme än vid normal temperatur

Händer, fötter och ansikte

- Om handskar, skor eller kroppsskydd inte klarar att motverka upphettning, ordna med kylning och begränsa kontakttiden
- Det är lämpligt att metallhandtag på verktyg, redskap och räcken i lufttemperaturer över 45 °C är försett med isolerande material.

Arbete med vätskor

- Särskild försiktighet måste vidtas vid arbete med heta vätskor för att undvika spill på händerna i kyla.

Klädsel

- Om kläderna inte räcker för att motverka upphettning måste arbetet organiseras om och exponeringen för värme minskas eller stoppas tills det är svalare.
- Plaggen ska medge god ventilation.

Avkylning

- Använd svala rast- och pausutrymmen (tält, arbetsbod, pausrum i byggnad etc.)
- Tillhandahåll svala drycker.
- Begränsa kaffeintaget för att undvika diures (ökar vätskeförlusten)

Extremt varmt arbete

- Informera och utbilda arbetstagare om säkerhet och hälsa, riktlinjer och första-hjälpen
- Övervaka arbetstagare, helst med hjälp av arbetskamrater.
- Undvik perioder med tungt arbete som påskyndar uppvärmning

Övriga hälsoaspekter

- Ögonskydd måste tillhandahållas vid stark värmestrålning.
- Medicinsk kontroll rekommenderas för personer som arbetar rutinmässigt i stark värme.

Utbildning och övning

- Tillhandahåll utbildning och information om de speciella problem som värme innebär.
- Tillhandahåll utbildning och övning i första-hjälpen och behandling av medicinska värmeproblem. Informera om olyckor och olycksfallsförebyggande åtgärder.
- Testa maskiner, utrustning och verktyg i kontrollerade varma betingelser.
- Öva komplexa uppgifter i kontrollerade varma betingelser.

Utbildningen bör ge kunskap om skyddsutrustning, arbetssätt, risker, igenkänning av tecken och symptom på skadlig uppvärmning och akut behandling vid olyckshändelse.

7.11. Litteratur och länkar om arbete i värme

- *Arbete i värme – Konsekvenser av bedömning med WBGT*. Holmér I. Arbete och Hälsa 1990:25:1-22, Arbetslivsinstitutet, Stockholm 1990.
- *Guidelines for the Management of Work in Extreme Hot and Cold Environments*, New Zealand Occupational and Health Service, Department of Labour,
<http://www.osh.dol.govt.nz/order/catalogue/381.shtml>
- *Heat Stress*, U.S. Department of Labor, Occupational Safety & Health Administration
<http://www.osha.gov/SLTC/heatstress/index.html>

8. Kyla

Omkring 650 000 personer utsätts för kyla minst 25 % av sin arbetstid. Exponering för kyla förekommer i hög grad i typiska utomhusyrken och i arbeten där man växlar mellan varm och kall miljö vintertid. En stor andel av dessa är verksamma inom jordbruks- och jaktsektorn samt inom bygg- och anläggningssektorn. Oberoende av årstid exponeras också många för kyla inomhus i kyllda lokaler, till exempel styckningslokaler för kött (ca +12 °C), kyl- och frys-lager.



Av bebodda delar av Sverige blåser det mest på Västkusten, i Skåne och på Gotland. Där är det också i allmänhet fuktigare än på andra håll i Sverige.

Med lämplig anpassning av aktivitet och klädsel kan man ofta skapa god värmebalans även i mycket kallt klimat. Priset kan dock vara sämre möjligheter att utföra vissa arbetsuppgifter, eftersom t.ex. tjocka kläder gör kroppsrörelser omständligare, tyngre och klumpigare. Detaljarbeten blir svårare att utföra med handskar på händerna etc.

8.1. Arbete i kyla – effekter, prestation och risker

I kall omgivning kyls kroppen lätt av. Problem kan uppstå både om den inre kroppstemperaturen minskar eller om bara enskilda kroppsdelar blir kalla. Vid låg fysisk aktivitet i kyla kan det vara svårt att bibehålla en normal kroppstemperatur eftersom den egna värmeproduktionen då är låg, särskilt i de yttre delarna av kroppen, som händerna. Stillastående arbete i kyla innebär därför en större risk för nedkylning. Vid avkylning drabbas först händer och fötter.

De första autonoma reaktionerna på kyla i kroppen är att kärlen i de ytliga blodkärlen dras samman. Blodet omfördelas så att hud, händer och fötter får mindre blod, medan djupare liggande vävnader i bålen (kroppskärnan) får lika stor eller större volym blod. Det leder till att

- hudens och extremiteternas temperatur sjunker, vilket bevarar värmen i bålen och huvudet och reducerar värmeförlusten till omgivningen
- händernas och fötternas funktion försämras i takt med nedkylningen (tabell 15).

Vid stark nedkylning av kroppen initieras huttring eller frosskakning (ofrivilliga muskelsammandragningar), som ökar värmeproduktionen i kroppen och därmed bromsar upp avkylningstakten.

När avkylningen sprider sig gradvis in mot djupare delar av kroppen drabbas muskel- och nervvävnader påtagligt. Nedkylning ger nedsatt muskelfunktion och leder till sämre muskelkraft, koordination och precision i rörelserna. Därmed sänks arbetsförmågan.

Leder och muskler kan löpa ökad risk för belastningsskador när de avkyls t.ex. nacke och axlar vid kontorsarbete. Det är t.ex. svårare att skriva med kalla fingrar.

8.2. Medicinska risker

De viktigaste hälso- och skaderiskerna i kyla är

- lokal nedkylning
- kylskador
- allmän nedkylning

Tabell 15. Temperaturer och handfunktion (från ILO Encyclopedia)

Hudtemperatur hand	Effekt
32 – 36 °C	Optimal handfunktion
27 – 32 °C	Effekt på fingerfärdighet; precision och snabbhet
20 – 27 °C	Försämrad funktion vid arbete; minskad uthållighet
15 – 20 °C	Effekt på grövre handarbeten: smärteförmåga
10 – 15 °C	Nedsatt funktion vid grova handarbeten; försämrad styrka och koordinationsförmåga; smärtekänsla
<10 °C	Känslöshet; grav funktionsstörning; spontan, kortvarig och upprepade uppvärmning vanligt ("Lewis' reaktion")
< 0 °C	Risk för frystning

Lokal nedkylning kan ge eller förvärra besvär i rygg, nacke, leder, händer och fingrar. Nedsatt funktion i händerna är särskilt besvärande eftersom de används i de flesta arbetsmomenten (tabell 15 handfunktion ovan).

Kyla kan öka risken för

- belastningsskador, t.ex. ryggskott, vid ogynnsamma arbetsställningar eftersom det höjer den relativa arbetsbelastningen
- karpaltunnelsyndrom och senskideinflammation
- nack-, axel- och ryggbesvär
- hörselskador vid bullrigt arbete
- luftvägsinfektioner, bronkit och astma vid långvarig och/eller upprepade exponering
- hjärtinfarkt hos hjärtsjuka personer.
- "vita fingrar" (Raynaud's fenomen)
- att symptom förvärras vid pågående sjukdom
- olyckor eller skador, eftersom nedkylda fingrar ger fumlighet (exempelvis skärskador på slakterier)
- olyckor och belastningsbesvär pga. mycket kläder som ger försämrad rörelseförmåga

Vid kraftig nedkylning tilltar risken för kylskada. Kylskada kan uppstå i perifera delar av kroppen vid stark lokal nedkylning, även om den djupa kroppstemperaturen är normal. Vanligast är kylskador i ansikte, näsa, öron, fingrar och tår. Frystning av vävnad kan variera i omfattning och svårighetsgrad. Kylskador kan uppstå på mycket kort tid genom kontakt med kondenserade gaser, t.ex. kvävgas, som har en mycket låg temperatur eller vid kontakt med kalla vätskor, t.ex. bensin. Kylskador uppkommer också om bar hud utsätts för stark vind och kyla. I vindstilla finns risk för kylskada på naken hud vid en temperatur under -25 °C.

Skador och olyckor kan också ske på grund av att material eller materiel förlorar sin hållfastighet eller slutar att fungera som avsett när de utsätts för kyla. I flera av Arbetsmiljöverkets föreskrifter AFS skriver man om att utrustning och maskiner ska vara hållfasta och fungera i kyla. Det gäller bl.a. grävmaskiner, kranhissar, kranar, ställningar, slipmaskiner, plastkärl för kemikalier, fallskydd, ras-skydd, stolpskor, dykerimaterial och luftflaskor för rök- och kemdykning.

Kyla ger också indirekt ökade risker för skador. I samband med ishalka ökar risken för benbrott, ryggskador och hjärnskakningar. Trafikolyckor är vanligare också i snöväder, halka och i mörker.

Tabell 16. Fysiologiska och psykologiska effekter av kylaexponering med olika varaktighet (modifierad från ILO Encyclopedia).

Varaktighet	Fysiologiska effekter	Psykologiska effekter
Sekunder	Snabb reflex-inandning Hyperventilation Pulsökning Perifer kärlsammandragning Blodtrycksökning	Förnimmelse av kyla i huden, obehag
Minuter	Pulssänkning Nedkylning av vävnad Nedkylning av händer och fötter Försämring av neuro-muskulär funktion Huttring, fross-skakning Kylskada, ytlig till djup	Försämrad arbetsförmåga Smärta vid lokal nedkylning
Timmar	Försämrad fysisk arbetsförmåga Hypotermi Kylskada	Försämrad mental funktion
Dagar/månader	"Non-freezing" kylskada Acklimatisering	Tillvänjning vid kyla Minskat obehag
År	Kroniska vävnadseffekter (?)	

8.3. Tillvänjning till kyla

Både upplevelsen och fysiologiska reaktioner i kyla kan påverkas genom upprepad vistelse i kyla. Den första tillvänjningen gör att temperaturupplevelsen blir svagare. Lokal tillvänjning sker i händerna. Den köld-inducerade kärlsammandragningen är svagare hos individer som utsatts för kyla ofta. Tillvänjning till kyla för hela kroppen kräver ganska kraftig kylaexponering. Det sker sällan i vanliga livet, men har påvisats experimentellt och i särskilda situationer såsom under militär manöver och vistelse i polarmiljö samt i studier av primitivt levande etniska grupper som periodvis utsätts för kyla.

8.4. Psykologiska effekter, mental prestation och risker

Avvikelse från normal kroppstemperatur leder till minskning av välbefinnandet och till försämrade psykiska funktioner. Både obehag och nedkylning påverkar förmågan att tänka, observera och utföra komplexa arbetsuppgifter. Nedkylning kan ge försämrade omdöme, reducerad arbetsförmåga och sämre uthållighet (tabell 16). Risken för felhandlingar och olycksfall ökar.

Vid kraftig avkylning, så att kroppskärnans temperatur minskar ett par grader, inställer sig en känsla av apati, uppgivenhet och modlöshet. Med fallande kroppstemperatur inträder så småningom medvetenlöshet och stor risk att man fryser ihjäl.

8.5. Orsaker till termiska klimatproblem, försvårande faktorer

Problem med kyla (< 10 °C) är vanligast på vintern i uppvärmda lokaler, t.ex. kylrum, frysrum och godslager och utomhus vid t.ex. underhåll av spårväxlar och kommunikationsmaster och byggnadsarbete.

Vanliga orsaker till klimatproblem visas i tabell 17. Vind ökar kyleffekten på kroppen och är därför en viktig klimatfaktor att beakta vid riskbedömning. Problem med kyla i uppvärmda lokaler tas upp under kapitel 6.6.

Tabell 17. Klimatproblem och orsakande klimatfaktorer i uppvärmda och kylda lokaler.

Klimatfaktor	Möjliga orsaker
Låg lufttemperatur	Låg omgivningstemperatur, otät byggnad
Luftdrag, vind	Otät byggnad, öppna dörrar/portar, fläktar; blåst väder
Kontakt med kalla ytor	Kalla produkter (t.ex. livsmedel), kalla golv, kalla föremål och vätskor, olämpliga handskar/skor
Fukt	Väta (t.ex. regn/snö som dras in med fordon eller produkter)
Kläder	Okunskap, för tunn klädsel, olämpliga arbetskläder
Fysisk aktivitet	Stillasittande/stående arbete, lätt arbete, bunden arbetsplats

8.6. Bedömning av arbete i kyla

Bedömning av kyla kan ske enligt modellen som beskrivs i figur 5, kap. 4.

Nivå 1

Observera förhållanden och klimatfaktorer

- Vilka riskfaktorer har identifierats?

- Utför enkla åtgärder och enkel kontroll
- Finns riskfaktorer kvar?

Om riskfaktorer finns kvar och mätningar behövs, gå vidare till nivå 2.

Nivå 2

Mät och utvärdera

- Mät lufttemperatur
- Gör en första bedömning med hjälp av tabell 18
- Analysera och bedöm resultat
- Åtgärda och kontrollera

Tabell 18. Riktlinjer/riktvärden för olika nivåer av risk för kylbelastning vid temperaturer under +10 °C. Faktorerna bedöms enskilt, men kan ge högre risk i kombination med annan faktor. Förslaget bygger på SS EN ISO 15265, men gränserna har anpassats till svenska förhållanden.

	Viss risk	Stor risk
Klimatfaktor	Visst obehag av kyla lokalt	Starkt lokalt obehag, känsla av kyla i hela kroppen
Lufttemperatur	-10 °C till +10 °C	Under -10 °C
Lufthastighet	vind upp till 5 m/s	vind över 5 m/s
Luftfuktighet	torr hals eller torra ögon efter 2-3 timmar	-
Kontaktkyla	metallföremål och flytande vätskor 0 °C till +10 °C	metallföremål och flytande vätskor under 0 °C
Klädsel	två lager kläder, ofodrat ytterplagg	ett lager kläder, ofodrat ytterplagg
Arbetsstyngd	måttligt tungt arbete	stillastående och lätt arbete
Upplevelse	visst obehag av kyla lokalt	starkt lokalt obehag (smärta), känsla av kyla i hela kroppen

Efter en första analys i nivå 2 kan åtgärder vidtas direkt, men ibland kan en mer detaljerad analys och bedömning behövas för att åtgärderna ska vara effektiva.

- Mät relevanta klimatkfaktorer: lufttemperatur, lufthastighet, strålningstemperatur, ytemperatur, luftfuktighet
- Gör ny bedömning. Använd WCI för lokal bedömning och IREQ för helkroppsbedomning (se nedan, kap. 8.7).
 - Överskrids arbetstid i kyla?
- Åtgärda och kontrollera genom mätning och bedömning

Om problem kvarstår gå vidare med nivå 3.

Nivå 3

- Ta in experthjälp.

8.7. Bedömningsmodeller

Det finns två viktiga metoder för att analysera och bedöma klimatpåverkan i kyla. En metod används för bedömning av lokal kyleffekt av vind och låg temperatur — Wind Chill Index. Den andra metoden används för att bedöma kylverkan på hela kroppen — IREQ (Insulation REQuired index).

WCI, Wind Chill Index

Wind Chill Index (WCI) eller *vindkyleindex* beräknas på basis av lufttemperatur och vindhastighet. Det beräknade effektvärdet (den energi som kylvärmer huden per tidsenhet och kroppsytan) jämförs med värden i en tabell, som beskriver den förväntade effekten. Ju högre värde, desto större är kylverkan på huden och därmed risken för kylskada.

En variant av samma metod, och mer lättfattlig, är att beräkna den så kallade kyltemperaturen (kyleffekten). Den anger den lufttemperatur vid lugnt väder, som ger samma kylverkan som den uppmätta kombinationen av lufttemperatur och vind. Ju kraftigare vind, desto lägre blir kyltemperaturen. Risken för kylskada på bar hud bedöms enligt tabell 19.

Tabell 19. Kyleffekten av vind och lufttemperatur på *bar hud*. Kan användas för bedömning av risk för obehag och kylskada. Fyllda rutor innebär stor risk för kylskada (inom 30 minuter). Försiktighet bör iaktas redan vid kyltemperatur på -15 °C till -20 °C, då smärta kan uppkomma och det finns risk för kylskada vid längre tids exponering.

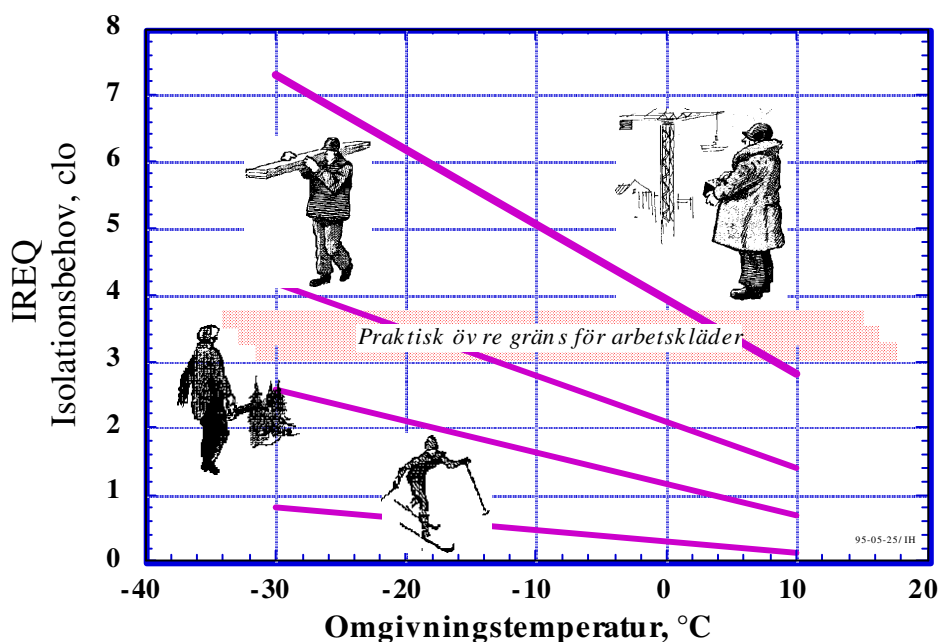
Vind (m/s)	Vind ¹ (m/s)	Lufttemperatur (°C)								
		0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40
1,3	2	-3	-8	-14	-20	-26	-32	-37	-43	-49
3,3	5	-5	-11	-17	-24	-30	-36	-43	-49	-55
5,3	8	-6	-13	-19	-26	-32	-38	-45	-52	-58
6,7	10	-7	-14	-20	-27	-34	-40	-47	-53	-60
10	15	-8	-15	-22	-29	-36	-43	-50	-56	-63
13,3	20	-9	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-59	-66

¹ meteorologiska värden som mäts på 10 m höjd. Dessa multipliceras med 2/3 för att motsvara värdet på marken (första kolumnen). Värden uppmätta på arbetsplatsen ska således använda den vänstra vindkolumnen.

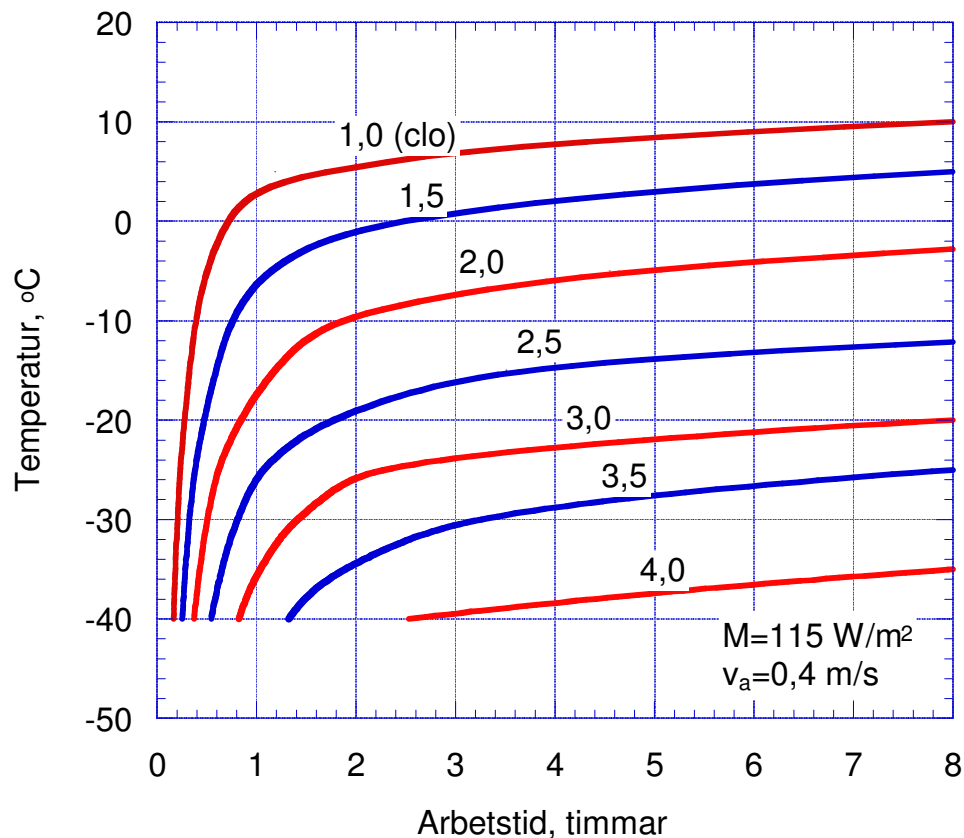
IREQ

IREQ är en förkortning av Insulation Required, dvs. isolationsbehov. Klimatindexet IREQ anger den isolation klädseln måste bidra med, för att kroppen i sin helhet ska kunna upprätthålla värmebalans under de aktuella klimat- och aktivitetsförhållandena. Om tillgänglig klädsel inte uppfyller isolationsbehovet, kan en rekommenderad längsta vistelsetid (DLE) beräknas. DLE står för Duration Limited Exposure.

Bedömning av kroppens värmebalans görs med IREQ. I figur 12 och 13 anges isolationsbehovet vid olika klimat, aktivitet och vistelsetider. Detta bör vara vägledande vid val av klädsel för arbete i kyla. I vissa fall vet eller kan man bedöma isolationstalet hos den klädsel, som används (se kapitel 10.4). Med detta som underlag kan rekommendationer om lägsta temperaturer och vistelsetider utformas (se exempel i figur 13). Det är viktigt att varje person ges utrymme för individuell anpassning, eftersom behov och önskemål varierar.



Figur 12. Isolationsbehov vid olika kombinationer av aktivitet och temperatur (operativ). Linjerna representerar uppfifrån 70, 115, 175 och 260 W/m². Lufthastigheten antas vara 0,2 m/s. Ett måttligt tungt arbete (175 W/m²) kräver en resulterande isolation hos klädseln på ca 2 clo vid -20 °C. I figuren anges den praktiska övre gränsen för den isolation som dagens beklädnadssystem kan erbjuda (3-4 clo). Ovanför denna gräns måste arbetstiden begränsas (se figur 13 nedan).



Figur 13. Rekommenderad arbetstid med lätt arbete vid olika isolationstal hos klädseln. En klädsel med en grundisolation på 2,5 clo ger ett acceptabelt skydd mot avkylning under ca 3 timmar vid -15 °C vid denna arbetstyngd och vindhastighet.

Tillvägagångssätt vid användning av IREQ:

1. Mät lufttemperatur och lufthastighet enligt ISO/DIS 11079 och EN ISO 7726 (om speciella förhållanden råder gällande strålning eller luftfuktighet behöver de mätas också)
2. Skatta arbetstyngd enligt SS EN ISO 8996
3. Skatta isolationen enligt EN ISO 9920
4. Beräkna IREQ.
5. Jämför IREQ med isolationsvärdet på den klädsel som används eller är tänkt att användas
6. Bedöm och vidta åtgärder vid behov

Exempel på arbetssituation där IREQ och WCI används för bedömning

En anställd i en hamn fryser under de kalla perioderna på vintern när han övervakar lastning och lossning av lastbåtar. Han står vid lastkajen två timmar åt gången. Lufttemperatur= -10 °C, vindhastighet= 5 m/s. Arbetstyngden skattas (bilaga 2) till 70 W/m². Klädseln består av vanliga vinterkläder. Den skattas (bilaga 3) till 2,5 clo.

WCI kollas i tabell. Vindhastigheten som markvärde är 5 m/s·1,5= 7,5 m/s. WCI underskrider risk för kylskada.

IREQ beräknas till 4,2 clo med datorberäkningsprogram. Man kan även använda grafer för att göra en bedömning. I graferna visas dock bara IREQ för vindhastigheten 0,2 m/s resp. DLE för 115 W/m²

IREQ-värdet överskrider den isolation som faktiskt finns, vilket måste leda till åtgärd.

Åtgärd: Klädseln förstärks med kraftigare skor, mössa, handskar och ett underställ med bättre isolation än det tidigare, vilket totalt ger 3,2 clo

IREQ-värdet överskrider även den nya klädseln isolation.

Åtgärd: Tidsbegränsning av det stillastående arbetet. DLE beräknas med datorprogrammet och visar att signalarbetet bara får fortgå i 1,5 timmar. Sedan bör arbete ske på varm plats eller paus i varmt utrymme tas. Två personer får växla arbetsuppgifter mellan signalarbete och rörligt lätt inomhusarbete var 90:e minut. Ett vindskydd med strålningsvärme monteras på kajen. Signalisten ges information om vikten av att röra på sig så snart tillfälle ges. En stegpall sätts in i vindskyddet som man kan gå upp och ner på för att hålla värmen.

8.8. Mätmetoder

WCI, vindkyleindex, kräver mätning av lufttemperatur och vindhastighet, medan IREQ dessutom kräver mätning av medelstrålningstemperatur, alternativt operativ temperatur, se kapitel 10. Luftfuktigheten har liten effekt vid temperaturer under 0 °C, varför ett konstant värde på 50 % kan användas. Aktiviteten (effektutvecklingen) mäts eller skattas som genomsnittsvärde under en timme. För tolkning av IREQ-värdet krävs dessutom ett mått på isolationen hos använd klädsel.

8.9. Standarder, regler och rekommendationer för kyla

En serie internationella standarder och förslag till standarder kan användas vid mätning och bedömning av kallt klimat. Några är även antagna som svenska standarder och några av dem finns översatta till svenska.

Standarder för bedömning av arbete i kyla

- SS EN ISO 15265 Ergonomi för termiskt klimat – Riskbedömningsstrategi för förebyggande av belastning eller obehag vid termiska arbetsförhållanden

- prEN ISO 11079 Ergonomics of the thermal environment – Determination and interpretation of cold stress when using required clothing insulation (IREQ) and local cooling effects (ISO/DIS 11079:2005) (under utarbetning 2006)
- SS EN ISO 8996:2004 Ergonomi – Bestämning av metabolisk energiomsättning
- SS EN ISO 9920:1995 Ergonomi för termiskt klimat – Skattning av termisk isolation och ångmotstånd
- EN ISO 10551:2001 Ergonomics of the thermal environment – Assessment of the influence of thermal environment using subjective judgement scales
- EN ISO 9886:2004 Ergonomics – Evaluation of thermal strain by physiological measurements
- SS EN ISO 12894:2001 Ergonomi för termiskt klimat – Medicinsk övervakning av individer utsatta för extremt varma eller kalla miljöer
- ISO NP 14415 Ergonomics of the thermal environment – The application of International Standards for people with special requirements.
- prEN ISO 13732-3 Ergonomics of the thermal environment – Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces – Part 3: Cold surfaces (på remiss 2006)
- prEN ISO 15743 Ergonomics of the thermal environment – Cold workplaces – Risk assessment and management (under omarbetning 2006)

Arbetsmiljöverkets regler för arbete i kyla

Det är få regler som innehåller gränsvärden för temperatur i kall omgivning. Följande föreskrifter behandlar kyla särskilt:

Arbetsplatsens utformning, AFS 2000:4

Allmänt skrivet om att temperaturen i arbetslokaler ska vara lämplig med bl.a. rekommendationer om lämpliga inomhustemperaturer. Skydd för väder och vind anmodas för arbetsplatser utomhus.

Kylda livsmedelslokaler, AFS 1982:12.

*Lufttemperatur $\geq 16\text{ }^{\circ}\text{C}$, tillgång till varma kläder
Dispens för tex mejerier och exportanläggningar för kött*

Arbete i frysrum., Anvisning nr 95 & Meddelande 1974:35.

Rekommendationer om arbetstid, pauser och skydd, men inga krav på lägsta temperatur.

Värme i taxibilar. AFS 1983:18.

Rekommendation om minst $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ lufttemperatur i förarhytten

Restauranger och andra storhushåll, AFS1982:20

*Besvärande kyla skall undvikas.
Kläder mot kyla ska bäras i kylrum o liknande.
Åtgärder mot besvärande kyla och drag kan behövas vid kassaarbetsplats*

Hamnarbete, AFS 1986:18

Lämpliga skyddskläder skall användas om arbetsuppgifterna blir svåra att utföra vid bl.a. kyla.

Byggnads- och anläggningsarbete, AFS 1999:03

Arbetstagarna ska skyddas mot atmosfärisk påverkan som kan inverka menligt på deras hälsa och säkerhet vid arbete utomhus

I följande anvisningar och föreskrifter finns krav på säkerhet som gäller maskiner och skyddsanordningar:

anvisning 90	Grävmaskiner
anvisning 131	Kranhissar
AFS 1980:19	Kranar
AFS 1981:14	Fall
AFS 1981:15	Ras
AFS 1984:1	Stolpskor
AFS 1987:18	Slipmaskiner
AFS 1992:7	Oorganisk ytbehandling
AFS 1990:12	Ställningar
AFS 1991:6	Underhåll av teknisk anordning
AFS 1993:57	Dykeri
AFS 2000:4	Farliga ämnen
AFS 1995:1	Rök- och kemdykning

Följande föreskrifter nämner risk för skador och ohälsa för vissa grupper och arbetssituationer:

Belastningsergonomi AFS 1998:1

Vid arbete i kyla är det särskilt viktigt att starta arbetet lugnt och värma upp muskler och leder innan full kraft sätts in.

Vibrationer från handhållna maskiner AFS 1986:7

Symptom på vibrationsskada kan utlösas i kyla.

Härdplast AFS 1996:4

Vid hudskador av epoxi kan symptomen förvärras av kyla. I checklistan för medicinsk kontroll ingår frågor om kyla som orsak till andfåddhet eller hosta.

Gravida och ammande arbetstagare AFS 1994:32

Bl.a. extrem kyla anses kunna medföra fosterskador och arbetsgivaren skall göra en bedömning.

Minderåriga AFS 1996:1

Stark kyla nämns bland särskilda riskfaktorer.

Ensamarbete AFS 1982:3

Kyla är en risk i t ex fryshus.

Utöver dessa regler och föreskrifter avtal träffas lokalt mellan arbetsmarknadens parter. Det har varit mest vanligt inom bygg- och anläggningssektorn.

8.10. Åtgärder

I första hand ska arbetsplatsen anpassas till klimatet och fysiska och organisatoriska åtgärder vidtas. I kyla behövs ofta åtgärder även som inriktar sig på individen. Ett viktigt skydd mot kyla är ändamålsenlig och varm klädsel samt att man håller sig i rörelse. Vid låg aktivitet och minusgrader kan det vara svårt att klä på sig så mycket som behövs för att hålla värmen under längre tid. Anpassning av kläder till klimatet är viktigt för välbefinnande och att minska risken för nedkylning. Mer om kläders egenskaper och hur man kan välja kläder beskrivs i kapitel 11.3 och i bilaga 6. Omväxling i arbetet med pauser i varma utrymmen är en lämplig och självklar åtgärd. Förslag på åtgärder i kyla ges i tabell 20 och i avsnitt 8.10.1. En mer omfattande checklista med åtgärder som kan vidtas i förebyggande syfte, dels vid planering av en arbetsplats, dels på arbetsplatsen, finns i bilaga 5.

Tabell 20. Förslag på åtgärder för att förhindra kylproblem.

Vanliga problem	Åtgärder
låg temperatur	begränsa vistelsetiden, förstärk klädsel
kylande vind	skapa vindskydd, vindskyddande klädsel
otillräcklig klädsel	förstärk klädseln, begränsa vistelsetiden
låg fysisk aktivitet	lägg in aktiva arbetsmoment, begränsa vistelsetiden
kalla händer/fötter	förbättra totalvärmebalansen genom varmare kläder och/eller högre aktivitet, varmare hand- och fotbeklädnad, byt våta kläder till torra, varm ofta, varmt på huvudet

8.10.1. Strategier och åtgärder på kalla arbetsplatser

Maskinell utrustning, redskap och verktyg

- Välj utrustning som är tillverkad för att användas i kyla.
- Förvara maskiner, utrustning och verktyg i uppvärmt/torrt utrymme.
- Välj verktyg som är utformade för att kunna skötas med handskar på.
- Se till att handtag och reglage kan skötas med handskar på.
- Värm upp maskiner och annan utrustning innan de används.
- Isolera utrustning, handtag, spakar och reglage.
- Förbered för lagning och underhåll under svåra klimatförhållanden.

Arbetsplatsens förhållanden

- Håll så låg lufthastighet som möjligt. Sträva efter att hålla lufthastigheten under 1 m/s.
- Använd väderskydd och vindtäta kläder.
- Isolera marken/golvet där arbete ska utföras stående, på knä eller liggande.
- Tillhandahåll extravärme vid lätt eller stationärt arbete.

Beteende

- Ge tid för att justera beklädnaden
- Förebygg svettning och kylande effekt genom att justera kläderna i tid innan arbetsintensiteten ändras och/eller innan klimatsituationen ändras.
- Anpassa arbetstygden för att hålla nere svettningen. Om svettning har skett ska kläderna bytas till torra innan arbete i kyla återupptas.
- Byt sockor under dagen.
- Se till att kläder inte blir våta.
- Undvik snabba ändringar i arbetsintensitet.
- Se till att tillräcklig mängd varm dryck och mat kan intas.
- Ge tid för att återgå till väderskydd eller varmt utrymme (utomhusarbete).
- Tillhandahåll tillräckligt uppvärmt utrymme/skyddat utrymme för återhämtning (tält, arbetsbod etc.).
- Rapportera hur arbetet fortgår till arbetsledare (utomhusarbete).
- Rapportera betydande avvikelser från plan och schema (utomhusarbete).
- Vid stark kyla arbeta i par eller grupp och övervaka varandra.

Händer, fötter och ansikte

- Om handskar, skor eller ansiktsskydd inte klarar att motverka nedkylning, ordna med tillskottsvärme.
- Det är lämpligt att metallhandtag på verktyg, redskap och räcken i lufttemperaturer under -1 °C är försett med isolerande material.
- Finmotoriska arbeten som måste utföras vid lufttemperaturer under +16 °C med bara händer mer än 10-20 minuter kan behöva anordning för att värma händerna, t.ex. varmluftsfläkt, strålningsvärmare och isolerade handtag.
- Om finmotoriskt arbete inte krävs, är det lämpligt att använda handskar för
 - Stillasittande eller stående < +10 °C
 - Lätt fysiskt arbete < +4 °C
 - Måttligt tungt arbete < -7 °C
- Vid -17 °C behövs isolerande vantar.

Arbete med vätskor

- Särskild försiktighet måste vidtas vid arbete med flyktiga vätskor för att undvika spill på händerna i kyla.
- Flyktiga vätskor som förvaras vid 4 °C eller lägre ska hanteras så att stänk undviks på bara eller dåligt skyddade hudområden.

Klädsel

- Om kläderna inte räcker för att undgå nedkylning måste arbetet organiseras om och exponeringen för kyla minskas eller stoppas tills det är varmare.
- Vid lätt arbete ska vattentäta kläder användas; vid måttligt till tungt arbete ska kläderna bytas när de blir våta.
- Plaggen ska medge god ventilation.

Uppvärmning

- Använd uppvärmda rast- och pausutrymmen (tält, arbetsbod, pausrum i byggnad etc.).
- Ta av ytterplaggen i värmen eller byt till annan varm klädsel, inklusive skor.
- Tillhandahåll varma drycker.
- Begränsa kaffeintaget för att undvika diures (ökar kissbehovet) och cirkulationseffekter (ökar nedkylningen).

Extremt kallt arbete

- Informera och utbilda arbetstagare om riktlinjer och första-hjälpen
- Vid arbete $< -12^{\circ}\text{C}$ (ekvivalent kyltemperatur) bör arbetstagare övervakas, helst med hjälp av arbetskamrater. När temperaturen är ännu lägre blir det ännu viktigare att arbetstagarna informeras och utbildas om säkerhet och hälsa i kyla.
- Undvik svettning.
- Undvik perioder med vila eller lågintensivt arbete som påskyndar nedkylning.

Övriga hälsoaspekter

- Ögonskydd bör tillhandahållas vid stark sol och snötäckt mark.
- Medicinsk kontroll rekommenderas för personer som arbetar rutinmässigt i kyla under -18°C .

Utbildning och övning

- Tillhandahåll utbildning och information om de speciella problem som kyla innebär.
- Tillhandahåll utbildning och övning i första-hjälpen och behandling av kylskador.
- Testa maskiner, utrustning och verktyg i kontrollerade kalla betingelser.
- Öva komplexa uppgifter i kontrollerade kalla betingelser.
- Informera om olyckor och olycksfallsförebyggande åtgärder.

Innan arbetstagare börjar arbeta i extrem kyla, bör de få information om säkerhet och hälsa i kyla. Förslag till vad som kan ingå i denna finns i bilaga 7. Utbildningen bör ge kunskap om skyddsutrustning, arbetssätt, risker,

igenkänning av tecken och symptom på skadlig nedkylning och akut behandling vid olyckshändelse.

8.11. Litteratur och länkar om arbete i kyla

Information och råd om arbete i kyla finns förutom för det ”vanliga” arbetslivet även i fritidssektorn och inom försvaret.

- *Handbok för kallt arbete*, Hassi J, Mäkinen T, Holmér I, Påsche A, Risikko T och Toivonen L (redaktion), Arbetslivsinstitutet 2002.
- *Kalla fakta om arbete i kyla*, Statliga sektorns arbetsmiljönämnd, Utbildningsförlaget Brevskolan Stockholm 1994, ISBN 91-574-4145-6
- *Kallt på jobbet*, Holmér I, i *På jobbet* - ett utbildningsprojekt om arbetsmiljö och människa, Magnusson S, Arbetarskyddsnämnden, Stockholm, 2000, ISBN 91-7522-693-6.
- *Snöskoter som arbetsredskap*, f.d. Statshälsans broschyr, avsnitt med råd om arbete i kyla
- *Kalla produkter & Goda arbeten*, Steen J, Projektrapport, KTH
- *Att förebygga och behandla kylskador*, Checklista från Försvarsmakten
- *Kallt väder*. Utbildningspaket. Försvarsmaktens e-bok (CD), M7734-029002 UP, 2005.
- *Problems with cold work*. Holmér I och Kuklane K (red.), Proceedings från internationellt symposium i Stockholm, Grand Hotel Saltsjöbaden, 16-20 November 1997, Arbete och Hälsa 1998:18, Arbetslivsinstitutet 1998.
- *Cold Stress*, i *Threshold Limit Values for Physical Agents*. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). ACGIH, 2001.
- *Cold environments and cold work*, Holmér I, Granberg P-O, Dahlström G. <http://www.ilo.org/encyclopaedia/?d&nd=857100121&prevDoc=857000190>
- *Cold indices and standards*, Holmér I. <http://www.ilo.org/encyclopaedia/?d&nd=857100144&prevDoc=857000190>

9. Fordonsklimat och förarplatser

Den tekniska utvecklingen har varit stor de senaste åren när det gäller förarplatsens klimat med avancerade fönsterglas, isolering, fläktsystem och ventilerade stolar. Trots detta förekommer många problem med förarplatser. Alla fordon som används i yrkesarbete har dock inte klimatanläggningar och annan komfortskapande utrustning.

Förarhytten i fordon och arbetsmaskiner som arbetsplats är komplex ur termisk synvinkel. Utrymmet är begränsat, vilket gör att små förändringar ger stora effekter på upplevelsen av klimatet och på kroppen. Kroppsställningen är dessutom närapå fixerad och möjligheten att undgå klimatets effekter är små under körning. Klimatet är ofta inhomogent med stora temperaturskillnader.

9.1. Psykologiska och fysiologiska effekter

De flesta förararbeten innebär ansvar för personer eller gods, såsom busskörning och manövrering av byggkranar. Det är därför viktigt att föraren inte tappar uppmärksamhet från körningen. Ett dåligt klimat upplevs ofta som störande och kan leda till att koncentrationen på uppgiften försämras. Värmebelastning gör att signaler missas i större utsträckning än annars och reaktionstiden förlängs. Kalla händer och fötter medför att manöverförmågan försämras eftersom rörelserna blir klumpigare.

9.2. Orsaker till problem

På vintern är problemen störst med kalla förarplatser, både vid början av varje arbetspass och efter längre stopp. Värme från kroppen strålar ut mot kalla fönsterytor och dåligt isolerad kaross, vilket ger obehag i de delar av kroppen som kyls av. Ett problem som är typiskt för transportbranschen och upplevs som besvärande, är en ständigt varierande temperatur och arbets-tyngd, eftersom man ofta hoppar i och ur fordonet och går ut och in i byggnader.

På sommaren är det solstrålningen som ställer till mest bekymmer. Det är också det svåraste enskilda tekniska problemet att lösa. Fordonet blir varmare och varmare under dagen och föraren utsätts för stark värme även om fläkten är igång.

9.3. Mätning och bedömning

Mätning sker av samma faktorer som i inomhusmiljö (kap. 6), respektive varmt (kap.7) och kallt klimat (kap.8) och samma bedömningsmetoder används, beroende på de rådande förhållandena. Mätningen är dock praktiskt svårare eftersom förarhytten oftast är liten.

För bedömning av mindre avvikelser i normalt klimat kan förutom PMV/PPD, även ekvivalent temperatur (se 10.1) användas.

Framför allt fordonsindustrin använder ekvivalent temperatur för design av den termiska miljön i förarkupén. De använder en så kallad termisk manikin som mätkropp. Det är en fullskalemodell av en sittande människa med uppvärmd yta, som kan användas för att mäta värmeförluster från olika delar av kroppen. Med den kan man förutsäga hur personer upplever klimatet, på liknande sätt som PMV (se kap. 6.7). Även virtuella termiska manikiner används för simulering av förarmiljöer. På varma förarplatser med solstrålning används globtemperatur med fördel. Genom att avskärma strålningen vid en av mätningarna kan man få fram andelen som strålningen påverkar temperaturen. För kyla gäller IREQ-metoden.

9.4. Standarder, regler och rekommendationer för fordonsklimat

- SS ISO 16121-4 Vägfordon – Ergonomiska krav för förarens arbetsplats i linjebussar – Del 4: Förarmiljö
- prEN ISO 14505-1 Ergonomics of the thermal environment – Thermal environment in vehicles – Part 1: Principles and methods for assessment of thermal stress (under utarbetning 2006)
- prEN ISO 14505-2 Ergonomics of the thermal environment – Thermal environment in vehicles Part 2: Determination of equivalent temperature (under utarbetning 2006)

9.5. Litteratur om fordonsklimat

- *Comfort climate evaluation with thermal manikin methods and computer simulation models.* Nilsson H O. Doktorsavhandling. KTH, Höskolan I Gävle och Arbetslivsinstitutet. Arbete och Hälsa 2004:2, Arbetslivsinstitutet 2004. ISBN 91-7045-703-4, ISBN 91-7283-693-8, ISSN 0346-7821.

9.6. Åtgärder

Den mest uppenbara åtgärden för att åstadkomma eller förbättra den termiska förarmiljön är en klimatanläggning med kapacitet för det aktuella omgivningsklimatet. Med detta följer även att inställningen och underhållet av den görs på ett riktigt sätt.

På vintern måste fordonet värmas innan det tas i bruk. Värmesits, både elektriskt uppvärmd och enbart isolerande är en enkel och bra utrustning för att förhindra ledning av kyla från kroppen till förarsätet. Varma kläder i lager, som är enkla att ta på och av, gör det enklare att anpassa sig till förändringar under arbetsdagen.

På sommaren kan ventilerade stolar behövas, som kan kyla kroppen. Sådana finns i många nyare arbetsmaskiner, men saknas i det äldre beståndet. Kläderna bör vara i luftigt material. På sätet kan man ha textilier som absorberar fukt från ryggen och som kan bytas ut vid pauser. Pauser i svalare klimat bör tillåtas oftare än vanligt om det är varmt i fordonet.

10. Mätning av termiskt klimat

Vissa klimatproblem har en uppenbar orsak och kan åtgärdas utan att mätningar behöver göras. I många fall måste dock mätningar göras för att en välgrundad riskbedömning ska kunna göras och relevanta åtgärder vidtas. Vid behov kan en systematisk kartläggning av klimatförhållandena i tid och rum ligga till grund för en bedömning av



problemens omfattning och svårighetsgrad samt som underlag för bedömning och prioritering av olika åtgärdsinsatser.

Följande enskilda klimatfaktorer mäts vid bedömning av klimat:

- Lufttemperatur
- Strålningstemperatur
- Lufthastighet
- Luftfuktighet
- Arbetstyngd
- Klädernas termiska egenskaper
 - isolation
 - ångmotstånd

Vissa av dessa klimatfaktorer behöver inte mätas vid användning av vissa bedömningsmetoder. I tabellen nedan (tabell 21) ges en översiktlig presentation av vilka mätningar de olika bedömningsmetoderna kräver. Metoderna beskrivs i kap. 6.7, 7.7 och 8.7.

10.1. Klimatfaktorer och specifikation av mätinstrument

Standarden SS EN ISO 7726 beskriver detaljerat de krav, som ställs på instrument och mätförfarande för att ge tillfredsställande noggrannhet vid den slutliga beräkningen av olika klimatindex. Nedan följer några korta förklaringar och råd.

Tabell 21. Krav på mätningar för olika bedömningsmetoder.

	inneklimate	värme		kyla	
Metod	PMV/PPD	WBGT	PHS	WCI	IREQ/DLE
Lufttemperatur	x		x	x	x
Medelstrålningstemperatur	x		x		x
Lufthastighet	x		x	x	x
Luftfuktighet	x		x		x
Naturlig våttemperatur		x			
Globtemperatur		x			
Aktivitet	x	x	x		x
Klädselns termiska egenskaper	x		x		x
Tidsvägning	x	x	x		X (DLE)

Lufttemperatur (enhet: °C) ska mätas med en givare som är strålnings-skyddad och helst också ventilerad. Mätfelet kan bli många grader om inte dessa krav uppfylls i en miljö med kraftig strålningsvärme. Medelvärde över en minut är önskvärt.

Medelstrålningstemperatur (enhet: °C) kan förenklat beskrivas som medelvärde av alla omgivande ytors strålningstemperatur. Definitionen av

medelstrålningstemperatur är den temperatur i en fiktiv lokal med samma temperatur på alla ytor där värmeavgivning från kroppen genom strålning är lika stor som i den uppmätta aktuella lokalen. Medelstrålningstemperaturen (*MRT*) är normalt svår (och dyrbar) att mäta direkt eftersom det kräver att de geometriska förhållandena mellan personen och alla omgivande ytor viktas för varje ytas medelstrålningstemperatur. Hur det görs beskrivs i standardens annex. Därför beräknas den ofta på basis av andra mätningar (globtemperatur, t_g , lufttemperatur, t_a , och lufthastighet, v_a).

$$MRT = \left((t_g + 273)^4 + 2,5 \cdot 10^8 \cdot v_a^{0,6} \cdot (t_g - t_a) \right)^{0,25} - 273$$

vid $t_g - t_a < 20$ °C kan enklare formel användas

$$MRT = 2,2 \cdot \sqrt{v_a} \cdot (t_g - t_a) + t_g$$

Beroende på onoggrannheten hos mätinstrumenten för lufthastighet, lufttemperatur och globtemperatur kan den beräknade medelstrålningstemperaturen ha ett totalt fel på upp till 20 °C.

Strålningsfältet kan bestämmas med IR-instrument (värmekamera eller pyrometer). IR-strålningen är proportionell mot ytans temperatur.

Ytemperatur (enhet: °C) används bland annat för att bedöma effekten av direktkontakt med kalla eller varma ytor. Den kan mätas med kontakttermometer (t.ex. Pt100) och infraröd sensor.

Luftfuktighet (enheter: kPa för absolut luftfuktighet/ångtryck, eller relativ luftfuktighet, %) anger hur stor andel eller mängd vattenånga som finns i luften. Det mått på luftfuktighet som är relevant för bedömning av klimatproblem eftersom den påverkar avdunstningen från kroppen är framför allt den absoluta luftfuktigheten. Denna mäts bäst som vattenångans partialtryck i luften. Partialtrycket, p_a , kan beräknas med nedanstående formel eller beräknas på basis av mätning av den relativa luftfuktigheten, RH, och lufttemperaturen, t_a (t.ex. med ett Mollier-diagram eller psykrometriskt diagram):

$$p_a = (RH/100) \cdot 0,1333 \cdot e^{18,6686 - 4030,183/(t_a + 235)}$$

Relativ luftfuktighet kan mätas med en så kallad psykrometer, som består av två vanliga termometrar där den ena spritbehållaren är täckt av ett vått hölje av vävd bomull, som ventileras och strålningskyddas under mätningen. Ångtrycket kan också mätas direkt med elektroniska instrument, som måste kalibreras noga. Påverkan från luftfuktigheten är liten vid lufttemperaturer under 26 °C och måttlig arbetstyngd (<2 met).

Psykrometrisk våttemperatur representerar luftfuktigheten. Den mäts med en psykrometer, som består av två termometrar, strålningskydd och en manuell uppdragbar fläkt. Den ena fläktade termometern hålls fuktad av en bomullsstrumpa. Vid låg luftfuktighet kommer mer vätska att avdunsta från givaren och kyla den än i hög luftfuktighet.

Naturlig våttemperatur (t_{nv}) kan enkelt mätas med en psykrometer där strålningskyddet tas bort. t_{nv} används särskilt vid bedömning av varma arbetsplatser med indexet wet bulb globe temperature, WBGT (se kap.7.7)

Våttemperaturen och lufttemperaturen kan användas i ett psykrometriskt diagram för att avläsa relativ luftfuktighet.

Lufthastighet (enhet: m/s): Lufthastigheten kan mätas med mekanisk vinghjulsanemometer eller elektriska instrument, där givaren kan utgöras av varm tråd (riktningsberoende) eller varm kula (riktningsoberoende). Vid bedömning av dragproblem inomhus måste en känslig, noggrann, snabb och riktningsoberoende givare användas. Eftersom lufthastigheten vanligen varierar mycket, mäts lufthastigheten som ett 3-minuters medelvärde och med standardavvikelsen i procent av medelvärdet som ett mått på turbulensgraden. Vid andra mätningar än av drag inomhus är kraven på instrument och givarutformning lägre.

Plan strålningstemperatur (enhet: °C) Definitionen av plan strålningstemperatur är den temperatur i en fiktiv lokal där värmestrålningen på ena sidan av ett plant element är lika stor som i den uppmätta aktuella lokalen. Plan strålningstemperatur mäts med en liten plan sensor, som "känner av" yttemperaturerna i en halvsfär av rummet. Den bestäms genom att strålningen i två motstående riktningar samtidigt mäts med hjälp av två sammanbyggda givare. Den mot ytan infallande strålningsintensiteten kan bestämmas från skillnaden i yteffekt vid konstant temperatur. Sensorn påverkas ej av luftens rörelser eller temperatur. Måttet används främst för att bedöma skillnader i strålningstemperatur mellan golv och tak resp. yttervägg/fönster och innervägg. Plan strålningstemperatur, T_{pr} , kan också beräknas med hjälp av yttemperaturer och formfaktorer (se standard EN ISO 7726).

Operativ temperatur (t_o). Operativ temperatur är det sammanvägda värde på lufttemperaturen och medelstrålningstemperaturen som ger samma värmeavgivning från kroppen som de faktiska temperaturerna i den aktuella lokalen ger. Operativ temperatur kan mätas med ett speciellt instrument, som har en mätgivare som är ellipsformad (därmed liknar ytförhållandena en människas). Lufttemperatur, t_a , och medelstrålningstemperatur, MRT , integreras och anges på instrumentet. Operativ temperatur kan också mätas med globtermometer (se nedan) och ger då ett närmevärde. Operativ temperatur kan beräknas om lufttemperatur, medelstrålningstemperatur och lufthastighet, v_a , är kända. Då den fysiska aktiviteten är låg, klimatet är omkring komfort och lufthastigheten låg, kan den operativa temperaturen beräknas

approximativt som medelvärdet av lufttemperaturen och medelstrålningstemperaturen. Vid högre lufthastighet än 0,2 m/s väger lufttemperaturen något mer.

Operativ temperatur är vid låga lufthastigheter (under 0,2) och lufttemperaturskillnad och medelstrålningstemperatur mindre än 4:

$$t_o = 0,5 \cdot (MRT + t_a)$$

vid större asymmetrier viktas bidragen enligt nedan

$$t_o = a \cdot t_a + (1 - a) \cdot MRT$$

där $a = 0,5$ för $v_a < 0,2$, $a = 0,6$ för $v_a = 0,2-0,6$ och $a = 0,7$ för $v_a = 0,6-1,0$ m/s

t_o kan också beräknas om den operativa temperaturen mätt i sex ortogonala riktningar är känd. Den operativa temperaturen som mäts med en mät-kropp i varje riktning kallas för riktad operativ temperatur (ROT, $t_{o,riktad}$).

Globtemperaturen (t_g) mäts med en temperaturgivare (elektronisk eller sprittermometer) placerad i centrum av en 15 cm i diameter, svartmålad, matt kopparglob. Det finns mindre glober på marknaden. Eftersom lufthastigheten påverkar mätvärdet, är de bara lämpliga att använda i miljöer med låg lufthastighet. Mätvärdena kan också korrigeras för lufthastighet (se SS EN ISO 7730). Alternativa givare kan användas om de kalibrerats enligt standarden SS EN ISO 7243.

Ekvivalent temperatur kan mätas med ett speciellt instrument, som har en mät-kropp uppvärmd till samma yttemperatur som en människa. Mät-kroppens värmeavgivning mäts och omvandlas till ekvivalent temperatur av avläsningsinstrumentet. Det finns två typer av mät-kropp. Den ena är ca 20 cm lång och har elliptisk form. Den andra är en fullskalemodell av en människa och är indelad i flera individuella uppvärmningszoner, en s.k. *termisk manikin*. Med en termisk manikin kan man bedöma klimateffekten för olika kroppsdelar och relatera dessa till komfortnivåer. Ekvivalent temperatur kan även beräknas från operativ temperatur och lufthastighet.

Referens: Svensk standard Ergonomi för termiskt klimat - Instrument för mätning av fysiska storheter (SS EN ISO 7726:1998)

10.2. Mätförfarande

Mätningarna måste ske i samråd med arbetsgivare och arbetstagare och dokumenteras noga.

Mätperioder/mättider

I princip bör mätningarna förstås ske under sådana förhållanden som råder då klimatproblem uppstår för att vara representativa. Orsakerna till klimat-

problemen kan, som nämnts, hänga samman med verksamheten eller/och utomhusklimatet. Det kan innebära att vissa mätningar bara är lämpliga att göra på sommaren vid solstrålning och andra bara till exempel när verksamheten är som intensivast.

Vilken tid på dagen mätningarna ska genomföras bestäms på samma grunder som val av mätperiod på året, då problemen antas vara värst. Solstrålningen kanske till exempel besvärar mest på eftermiddagarna i kontor som ligger i söder- och västläge. Eftersom väderläget skiftar är det bra om man har en viss flexibilitet i val av mät dagar.

Hur lång tid mätningarna ska göras på mätplatsen avgörs av mätinstrumentets inställningstid och variationen i respektive klimatfaktor, se standard SS EN ISO 7726 för detaljerad information. Lufthastigheten ska t.ex. mätas under 3 minuter och globtemperaturen minst 20 minuter.

Mätplats

Mätningar ska i första hand göras på platser där personer arbetar och där problem förekommer eller kan förväntas. Ofta måste därför flera mätplatser användas för en klimatbedömning. Mätgivarna ska placeras på sådant sätt att onormal inverkan av personerna undviks. Mätningarna ska göras på platser som är representativa för den exponerade personens arbetsuppgifter. Om detta inte går på grund av hinder för arbetet eller liknande, kan klimatomätningarna göras utan personens närvaro, men under i övrigt så likartade förhållanden som möjligt.

Mäthöjd

När så krävs, ska mätningarna genomföras på de höjder i rummet som motsvarar olika kroppsdelar i sittande eller stående ställning (tabell 22). Mäthöjderna 0,1 m och 1,1 m används således vid båda kroppsställningarna. Flera mäthöjder används då omgivningsklimatet kan förväntas variera mellan olika nivåer, t.ex. då golvvärme används eller då ventilationen av lokalen är liten eller ojämn.

Tabell 22. Mäthöjder enligt standard ISO 7726.

Kroppsställning	(föthöjd)	(bål)	(huvud)
Sittande	0,1 m	0,6 m	1,1 m
Stående	0,1 m	1,1 m	1,7 m

Tidsvägning av mätvärdena

WBGT, PHS, IREQ och PMV bestäms på basis av ett *tidsvägt medelvärde* beräknat över *en timme*. Detta innebär att om klimatet på arbetsplatsen varierar eller personen växlar mellan olika platser och arbetsuppgifter, ska indexet bestämmas på de platser personen arbetar och för den arbetstyngd arbetsuppgiften innebär. Värdena vägs sedan samman i proportion till den tid personen befinner sig på varje plats och till den motsvarande arbetstyngden.

10.3. Mätning av aktivitetsnivå

Det finns flera olika sätt att mäta eller skatta fysisk aktivitetsnivå (värmeproduktion). Metoderna beskrivs i standarden SS EN ISO 8996. Ergonomi – Bestämning av energiomsättning.

För bedömning av varmt arbete med WBGT behöver man bara avgöra i vilken av fem aktivitetsklasser arbetet ifråga hör hemma (se bilaga 2, bilaga 4/ tabell 12). För övriga klimatbedömningsmetoder (PMV, PHS och IREQ) krävs ett värde på aktivitetsnivån (i W/m^2 eller met). Några exempel på effektutveckling vid olika aktiviteter återfinns i bilaga 2.

Flera metoder för att bestämma värmeproduktionen baseras på tabeller med värden i W/m^2 med beskrivning av yrken (t.ex. måleriarbete), typarbeten (t.ex. blanda cement) eller arbetsrörelser (t.ex. stående, tungt arbete med båda armarna). Andra metoder beskriver hur man indirekt (hjärtfrekvens) eller direkt (syreförbrukning) kan mäta effektutvecklingen.

Standard

- Ergonomi för termiskt klimat - Bestämning av metabolisk energiomsättning (SS EN ISO 8996:2004)

10.4. Mätning av beklädnad

Klädseln har två grundläggande egenskaper som påverkar värmeutbytet - isolation och ångmotstånd. Isolationen är ett mått på motståndet mot värmeledning genom klädseln, medan ångmotståndet är ett mått på motstånd att släppa igenom vattenånga (avdunstad kroppsfukt och svett). I många fall kan båda dessa egenskaper skattas med hjälp av tabeller med mätvärden för likartad klädsel. I standarden finns ett antal sådana tabeller. Exempel på värden finns i bilaga 3.

I speciella fall behöver klädselns isolation och ångmotstånd mätas. Det kan göras med en så kallad *termisk docka/manikin*. En europeisk standard beskriver sådana mätningar (SS EN 342:2004).

Standarder

- Ergonomi för termiskt klimat - Skattning av termisk isolation och ångmotstånd hos beklädnad (SS EN ISO 9920:1995)
- Beklädnad - Fysiologisk inverkan - Mätning av värmeisolering med hjälp av en termisk docka (SS EN ISO 15831:2004)
- Skyddskläder - Hela dräkter och plagg till skydd mot kyla (SS EN 342:2004)

11. Termiska aspekter på arbetskläder och personlig skyddsutrustning

De två viktigaste egenskaperna hos kläderna för att bibehålla kroppens värmebalans är isolation och ångmotstånd. Luftgenomsläpplighet (vindtätthet) har särskild betydelse vid arbete utomhus, i dragig miljö för att minska vär-

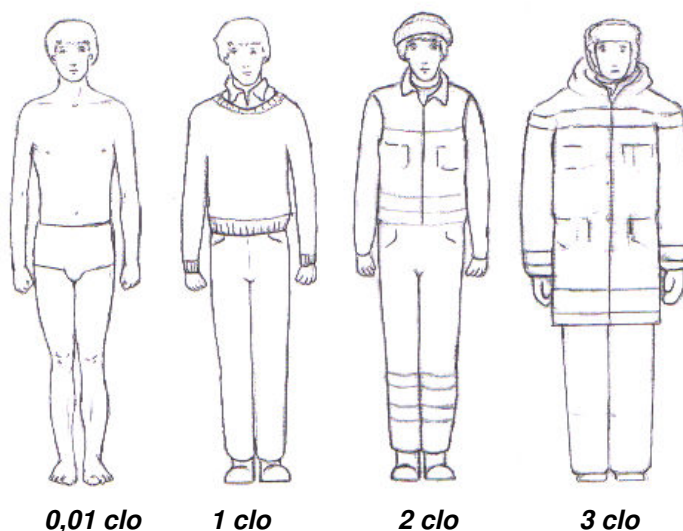
meavgivningen från kroppen genom konvektion, respektive i varm miljö där mycket värme och fukt måste kunna avges från kroppen.

11.1. Isolation

Isolationen anger hur mycket plagget och klädlagren hindrar värmetransport genom strömning (konvektion), ledning och strålning ("torr" värmeavgivning). Den bästa isolatorn är stillastående luft. Materialet i kläderna bidrar framför allt till isolationen genom att hålla kvar luft vid kroppen, i och mellan klädfibrerna och i och mellan klädlagren.

Mellan huden och klädernas utsida finns det skikt som bestämmer klädsystemets egen isolation. Vid klädytan mot omgivningen finns ett luftskikt, som bidrar med ytterligare lite isolation kring kroppen. Vid en lufthastighet över ca 0,2 m/s (på grund av drag, vind eller kroppsrörelser) bryts detta luftskikt. Tillsammans bildar klädernas isolation och isolationen hos klädytans luftskikt klädselns *totala värmeisolation*. Båda värdena sjunker vid kroppsrörelser och tilltagande vind. Hur mycket de ändras beror på vilka rörelser och hur snabba de är, liksom på klädernas konstruktion, tjocklek och material. Isolationen kring kroppen är störst när man står still och det inte blåser.

Isolationen anges, som nämnts i kap. 3, i enheten *clo* (av engelska "clothing" = beklädnad). SI-enheten är $\text{m}^2 \text{°C/W}$. 1 *clo* = 0,155 $\text{m}^2 \text{°C/W}$ och motsvarar isolationen hos en normal inomhusklädsel vintertid. Isolationen kan variera mellan 0,01 *clo* (ett par badbyxor) till omkring 4 *clo* (extrem polarklädsel), figur 14. Klädisolationen kan skattas med hjälp av tabeller (se bilaga 3).



Figur 14. Exempel på isolation hos klädsystem med noll, ett, två och tre lager.

11.2. Ångmotstånd

Ångmotståndet anger hur mycket plagget och klädlagren hindrar värmetransport genom avdunstning ("våt" värmeavgivning). Ångmotståndet ökar med isolationen. Utöver materialens ångmotstånd bidrar plaggens design till hur mycket ånga som kan ventileras bort genom öppningar i kläderna (ärmar, halsöppning, byxben etc.) och därmed kyla kroppen.

Plast och andra ångtäta material eller ångtäta ytbeläggningar hindrar avdunstningen helt och är därför inte så lämpligt för rörligt arbete i rumstemperatur och kyla och helt olämpligt i värme.

Ett klädsystem är ofta sammansatt av plagg med olika egenskaper. Det är viktigt att dessa kombineras ihop rätt så att hela klädsystemet fungerar. Se kapitel 11.3 och 11.4 nedan.

När man ska åtgärda ett klimatproblem bör man, som nämnts, i första hand försöka minska klimatpåverkan, i andra hand kläderna. Man bör titta på organisatoriska lösningar som alternativ eller komplement till bättre arbetskläder. Anpassning av kläderna är ett av de enklaste individualiserade sätten att skydda individen mot klimatpåverkan. Skyddskläder är ibland nödvändiga.

11.3. Skydd mot kyla

Är skyddet otillräckligt kyls å andra sidan hela eller delar av kroppen, vilket också leder till försämringar i funktion och arbetsförmåga. Ergonomiska åtgärder för att optimera arbetsförhållandena efter förutsättningarna är viktiga.

Vid arbete i kyla är kläderna en av de viktigaste möjligheterna att skydda individen mot nedkylning. Det är också den enda omgivningsfaktor som är möjlig att variera för att anpassa till olika klimatförhållanden i arbetet. De arbetskläder som används är bland inte tillräckligt varma för det aktuella klimatet. Det kan helt enkelt bero på okunskap eller dålig tillgång på lämpliga kläder. Problem med nedkylning kan också bero på att man inte varit beredd på tillfälliga köldknäppar eller blåsväder vid utomhusarbete. Som tidigare nämnts, bör det finnas beredskap för sådana situationer. Information kan behöva ges om till exempel att temperatur och vindhastigheter bör kollas innan arbetstagaren lämnar hemmet och om hur man ska klä sig vid arbete i kyla.

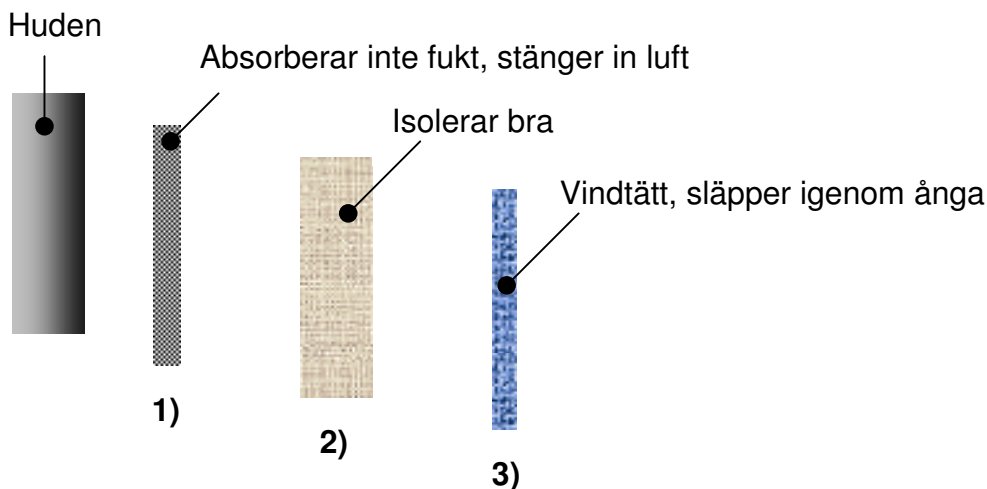
Normalt behövs särskilda kläder mot kyla. Skydd mot artificiell kyla tillhandahålls vanligen av arbetsgivaren och skydd mot naturlig kyla står oftast den anställda själv för. Det är bäst om arbetsgivaren och arbetstagaren kommer överens om hur klädfrågan ska hanteras och avtalas.

För alla kombinationer av termiskt klimat och fysisk aktivitet i kyla finns en optimal klädisolation, undantaget lättare arbete i extrem kyla. Vid lättare arbete i extrem kyla kan inte ens mycket varma kläder till fullo kompensera för den stora värmeavgivningen till omgivningen. En rekommendation är att stillasittande, stående och lätt fysiskt arbete inte utförs en hel arbetsdag vid lägre lufttemperatur än -10 °C och vindstilla eftersom få klädsystem kan ge

det skydd mot nedkylning som behövs då. Vid högre lufthastigheter gäller högre lufttemperatur som riktmärke.

Vid arbete som måste utföras i extrem kyla kan andningsskydd behövas. Det finns masker och andra typer av skydd med värmeväxlare, som förvärmer luften innan den andas in. I blåst kan ansiktsskydd behövas för att minska risken för kylskador. En ”rånarhuva” skyddar både ansikte och öron.

Isolationen hos kläderna är viktig. Eftersom stillastående luft isolerar bra bör klädsystem för kyla bland annat bygga på *flerskiktsprincipen*, som innebär att man har flera lager kläder på varandra. Principen har fördelen att de olika lagren kan ha olika funktioner och luft som kroppen värmt upp kan inneslutas mellan lagren och isolationen därmed förbättras. Klädsystemet kan byggas upp så här:



- 1) Kläderna närmast kroppen, det *innersta lagret*, ska sluta tätt kring kroppen, så att den uppvärmda luften vid huden stannar kvar där. Materialet ska inte absorbera fukt, för att kropps-fukt och svett ska kunna föras vidare utåt och inte bli kvar nära huden. Om ringa svettning förväntas går det bra att använda ett absorberande material.
- 2) Nästa klädlager, *mellanlagret*, ska isolera bra, vara följsamt och hålla formen väl. Vilken absorptionsförmåga materialet i mellanlagrets plagg har är inte så betydelsefullt, så länge fukten har möjlighet att föras vidare utåt. Torra plagg isolerar bättre än fuktiga, eftersom vatten leder värme mycket bättre än luft och för att den isolerande luften trängs undan av fukten (materialet komprimeras eller fibrerna klibbar samman). I extremt kallt klimat kan mellanlagret behöva bestå av två isolerande lager. Användbara vanliga material i mellanlagret är ull eller ullblandningar, fleece och fiberpås.
- 3) Ytterlagret bör vara ett skalplagg som är ånggenomsläppligt, vindtätt och tåligt. Vindtätheten är särskilt viktig om plagget ska användas utomhus eller i kyl- och frysrum, där truckar används. Reglerbara öppningar i t.ex. nacke, ärm- och benslut ska finnas för att möjliggöra ventilation. I ytterlagret kan isolerande foder finnas, men det är

mindre flexibelt än att ha isolering i separata plagg eftersom det inte kan anpassas till olika klimat/säsonger eller olika tunga arbetsmoment. Det finns dock ytterplagg med löstagbart foder. I arbeten där man bara exponeras för kyla kort tid, kan förstärkningsplagg, såsom värmeväst eller jacka, användas ovanpå de ordinarie arbetskläderna.

Klädsystem för kyla medför några negativa ergonomiska konsekvenser. Klädsystemen omfattar många plagg som tillsammans utgör en relativt hög vikt. Därmed begränsas rörelseomfång och rörelsefrihet och energikravet ökar. Huvor och i viss mån andra huvudbonader begränsar synfältet och hörförmågan så att kommunikationen med omgivningen försämras, vilket är en betydande riskfaktor i många arbetsmiljöer. Vid omväxlande lätt och tungt arbete i måttlig kyla blir kläderna lätt för varma eftersom man väljer klädsel efter de lättare arbetsmomenten. Det är därför viktigt att anpassa och lätta på klädseln på ett förutseende sätt så att svettning kan undvikas eller minimeras vid tyngre arbete.

11.4. Skydd mot värme

Skyddskläder mot värme används i extrema miljöer där det finns risk för brännskador. Skydd mot värmestrålning och mot heta ytor och vätskor kräver tåliga material och plagg. Två principer används för skydd mot värmestrålning: värmeisolation och reflexion av strålning. Välisolerade plagg, t.ex. av ull, hindrar värmen att nå kroppen. Metallbelagda plagg kan reflektera värmestrålning (elektromagnetiska vågor i det infraröda våglängdsområdet). Samtidigt som sådana skyddsplagg skyddar, hindras värmen som bildas i kroppen från att avges. I välisolerande plagg hindras främst konvektion och ledning från kroppsytan, men också avdunstning, genom sin tjocklek. Metallbelagda plagg behöver inte vara tjocka, men materialet släpper oftast inte igenom någon ånga. Därför hindras avdunstningen, som är nödvändig för att motverka överhettning. I fysiskt rörliga arbeten då den egna värmeproduktionen är hög, måste arbetspassens längd begränsas eftersom skyddet också innebär risk för ökad värmebelastning.

I varma, men mindre extrema miljöer där skyddskläder inte behöver användas, är det viktigt att arbetskläderna har låg isolation och släpper igenom ånga. Plaggen bör inte sitta åt och öppningarna (halslinning, ärm- och benlut) ska vara så vida att stor luftväxling kan ske över kroppen.

11.5. Standarder, regler och rekommendationer för skyddskläder

11.5.1. Skyddskläder mot kyla

Skyddskläder mot kyla kan CE-märkas om isolationen har mätts enligt europeisk standard EN 342. De märks med en etikett fastsydd i plagget där CE-märket och en symbol med isolationsvärdet anges. För skyddskläder mot högre temperaturer än -5 °C är det tänkt att EN 14058, ska användas.

Denna handlar i huvudsak om förstärkningsplagg, västar etc. För dåligt väder med regn etc. finns EN 343. För handskar mot kyla gäller EN 511. Det skydd mot kyla som handskar kan ge kan bestämmas med hjälp av standarden EN 511 där fyra skyddsklasser anges.

- EN 342 Protective clothing – Ensembles and garments for protection against cold
- EN 343 Protective clothing – Protection against rain
- EN 511 Protective gloves against cold
- EN 14058 Protective clothing – Garments for protection against cool environments cool
- ISO 15831 Clothing – Physiological effects – Measurement of thermal insulation by means of a thermal manikin

11.5.2. Skyddskläder mot värme

Det finns ett antal standarddokument som anger vilka metoder och principer som råder för värmemotstånd och flamskydd.

- EN 407 Protective gloves against thermal risks (heat and/or fire).
- EN 469 Protective clothing for firefighters – Performance requirements for protective clothing for firefighting
- prEN 13921 Personal protective equipment – Ergonomic principles (på remiss under 2006)
- ISO/DIS 13506 Protective clothing against heat and flame – Test method for complete garments – Prediction of burn injury using an instrumented manikin
- ISO/DIS 14116 Protective clothing – Protection against heat and flame – Limited flame spread materials, material assemblies and clothing

11.5.3. Regler om personlig skyddsutrustning

I arbetsmiljölagen står: "Kan betryggande skydd mot ohälsa eller olycksfall icke nås på annat sätt, skall personlig skyddsutrustning användas". Bestämmelserna bygger på tanken att arbetsplatserna i första hand ska utformas så att personlig skyddsutrustning inte behöver användas. Bestämmelser om personlig skyddsutrustning finns i Arbetsmiljöverkets föreskrifter om användning av personlig skyddsutrustning, AFS 1993:40.

11.6. Litteratur om arbetskläder

- *Klimat, kläder och textilier*. Hänel S-E. och Holmér, I. STU-information nr 554-1986. Printcom, 1986. ISBN 91-7850-090-7.
- *Rätt klädd för jobbet*, Anderson G, Prevent, 1999, ISBN: 91-7522-653-7.
- *Arbete i kyla - Beklädnad, värmebalans och fysiologisk påverkan*, Gavhed D och Holmér I, Arbete och Hälsa 1992:32, Arbetslivsinstitutet 1992.
- *Personlig skyddsutrustning*, Arbetsmiljöverket 1999, 230 s.
- *Din personliga skyddsutrustning*, Arbetsmiljöverket 2003, 120 s.

- *Rätt klädd i Armén* (Räk 90), Marinen och flygvapnet, Försvarets materielverk 1990.
- *Ergonomics of Protective Clothing*, Proceedings of NOKOBETEF 6 and 1st European Conference on Protective Clothing held in Stockholm, Sweden, May 7-10, 2000, K Kuklane and I Holmér (red.) Arbete och Hälsa 2000:08, Arbetslivsinstitutet (på engelska), 2000.
- *Heat exchange through clothing*, Loutens W
<http://www.ilo.org/encyclopaedia/?d&nd=857100116&prevDoc=85700010> (på engelska)

12. Övergripande regler med tillämpning på klimatområdet - EU och Sverige

EU-direktiven för säkerhet och hälsa på arbetsplatsen är vägledande för svensk lagstiftning. Enligt EU-direktivet 89/654/EEG (www.europa.eu.int) ska slutna arbetsplatser ventileras och ha en temperatur, som är lämplig med hänsyn till de arbetsmetoder som används och de fysiska krav som ställs på arbetstagarna, utan att dessa utsätts för drag. Temperaturen i pausutrymmen och andra biutrymmen skall vara lämplig för respektive lokals ändamål. För arbetsplatser utomhus gäller att dessa, så långt möjligt, skall vara utformade så att arbetstagarna skyddas mot väder och vind och så att arbetstagarna inte kan halka eller falla.

Tabell 23. Övergripande regler för arbetsmiljön med relevans för den termiska miljön

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • EU-direktiv 89/654/EEG om minimikrav för säkerhet och hälsa på arbetsplatsen • EU-direktiv 89/655/EEC om minimikrav för säkerhet och hälsa på arbetsplatsen vid användning av arbetsutrustning i arbetet • EU-direktiv 89/656/EEC om minimikrav för säkerhet och hälsa på arbetsplatsen vid användning av skyddsutrustning i arbetet • EU-direktiv 90/270/EEC om minimikrav för säkerhet och hälsa på arbetsplatsen vid användning av bildskärm • EU-direktiv 89/391/EEG om åtgärder för att främja förbättringar av arbetstagarnas säkerhet och hälsa i arbetet • EU-direktiv 92/85/EEC om åtgärder för att uppmuntra förbättringar av säkerhet och hälsa hos gravida arbetstagare, kvinnor som nyligen fött barn och kvinnor som ammar • EU-direktiv 94/33/EC om skydd av minderåriga arbetstagare • Arbetsmiljölagen (finns på Arbetsmiljöverkets hemsida www.av.se) • Arbetsmiljöverkets föreskrifter (AFS) (finns på Arbetsmiljöverkets hemsida www.av.se) • Lokala avtal |
|---|

EU-direktivet gäller *inte* arbetsplatser på transportmedel, tillfälliga eller rörliga arbetsplatser, utvinningsindustrier, fiskebåtar, åkrar, skogar och an-

nan mark som hör till lantbruks- eller skogsdrift, men som ligger utanför den bebyggda delen av ett sådant företag. Direktivet 89/391/EEG om åtgärder för att främja förbättringar av arbetstagarnas säkerhet och hälsa i arbetet implementeras i delar i den nationella föreskriften om systematiskt arbetsmiljöarbete (AFS 2001:01).

I Sverige är Arbetsmiljölagen (AML) ramlag för den fysiska arbetsmiljön och således också den termiska miljön. Enligt Arbetsmiljölagen 2:4, ska luft-, ljud- och ljusförhållanden och övriga arbetshygieniska förhållanden vara tillfredsställande. Arbetsmiljöreglerna gäller både för anställda (arbetstagare hos arbetsgivare) och för skolelever. Detta gäller även elever i vuxenutbildning, men inte utbildning i rena fritidsaktiviteter eller hobbyverksamhet. Reglerna finns för att säkerställa en miniminivå för både godtagbar säkerhet och temperaturkomfort i arbetet. AML gäller för alla arbetsplatser, alltså även för fordon, men arbete i arbetsgivares hushåll är undantaget. Arbetsmiljölagstiftningen anger också att arbetsgivaren är skyldig att bedöma risker och vidta åtgärder så att arbetstagaren inte utsätts för ohälsa i arbetet (AFS 2001:1). Planering av arbetsmiljön, bl.a. utformningen av arbetet och val av skyddsutrustning, ska ske i samarbete mellan arbetsgivare och arbetstagare.

Arbetsmiljöverket ger ut föreskrifter och allmänna råd, som preciserar vilka krav som ska ställas på arbetsmiljön (föfattningssamling AFS), t.ex. vid arbete i stark värme. En sammanställning av grundläggande regler för arbetsmiljön visas i tabell 23.

13. Referenser om termiskt klimat

- *Arbete – Människa – Teknik*, Ericsson M och Odenrick P. Arbetarskyddsnämnden, Stockholm, 1995.
- *Arbetsplatsens klimat - mätning och bedömning*. Elnäs S, Holmér I, Olesen BW. *Arbete och Hälsa* 1985:43, Arbetslivsinstitutet, Stockholm 1985.
- *Värme och Kyla*, Holmér I i: *Människan i arbete*. Lundgren N, Luthman G, Elgstrand K (red.) Almqvist och Wiksell, Stockholm, s 127-166. 1987.
- *Inomhusklimat för människan*. Magnusson LPE, Qvist L. Liber, Stockholm. 1989
- *Human thermal environments*, Parsons K. Taylor & Francis, London, 2002.
- *Climate and Clothing*. Bensek CK, Santee WR. Chapter 28 i *Handbook of Human Factors and Ergonomics*, Salvendy G (red). John Wiley and Sons, Toronto; s. 909-934: 1997.
- *Environmental Ergonomics – Human performance in extreme environments*. Holmér I, Lunds tekniska högskola 2006.
- Beräkningsprogram för kylaindex kan provas på Klimatlaboratoriets hemsida, Lunds tekniska högskola. www.eat.lth.se/Forskning/Termisk/Default.htm

Bilaga 1. Översikt över standarder från SIS, CEN och ISO

Internationella standarder och förslag till standarder inom området termiskt klimat gällande 2005-12-31. SS innebär Svensk Standard, EN Europeisk standard (Europeisk Norm) och ISO Internationell Standard (Organization), TS=teknisk rapport eller specifikation, pr= förslag till standard (pre-standard), NP=Nytt förslag (New proposal), WD=Arbetsdokument (Work Document), DIS=Internationellt standardförslag (Draft International Standard), FDIS=Final Draft International Standard, CR=Committee Report

Övergripande standarder

- SS EN ISO 15265:2004 Ergonomi för termiskt klimat – Riskbedömningsstrategi för förebyggande av belastning eller obehag vid termiska arbetsförhållanden
- SS EN ISO 11399:1995 Ergonomi för termiskt klimat – Principer och tillämpning av relevanta internationella standarder
- SS EN ISO 13731:2001 Ergonomi för termiskt klimat – Terminologi och symboler
- ISO/TS 14415:2005 Ergonomics of the thermal environment – Application of International Standards to people with special requirements

Mätning av klimatfaktorer

- SS EN ISO 27726:1998 Ergonomi för termiskt klimat – Instrument för mätning av fysiska storheter

Metoder som stöd vid bedömning av klimat

- SS EN ISO 10551:1995 Ergonomi för termiskt klimat – Bedömning av påverkan av termiskt klimat vid användning av subjektiva bedömningsskalor
- SS EN ISO 9886: 2004 Ergonomi – Bedömning av termisk påfrestning genom fysiologiska mätningar
- SS EN ISO 8996:2004 Ergonomi – Bestämning av metabolisk energiomsättning
- SS EN ISO 9920:1995 Ergonomi för termiskt klimat – Skattning av termisk isolation och ångmotstånd hos beklädnad (under revision 2006)

Neutralt klimat

- SS EN ISO 7730: 1994 Neutrala termiska miljöer - Bestämning av indexen PMV och PPD samt fastställande av betingelser för termisk komfort. *Kommer att ersättas av EN ISO 7730 Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort (på remiss under 2006)*
- ISO/TS 13732-2:2001 Ergonomics of the thermal environment – Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces - Part 2: Human contact with surfaces at moderate temperature

Medicinsk övervakning för extrema miljöer

- SS EN ISO 12890:2001 Ergonomi för termiskt klimat – Medicinsk övervakning av individer utsatta för extremt varma eller kalla miljöer

Varma miljöer

- SS EN 27243:1989 Varmt klimat – Skattning av värmebelastning på människa i arbete med värmeindex WBGT
- SS EN ISO 7933:2004 Ergonomi för termiskt klimat - Analytisk bestämning och bedömning av värmebelastning genom beräkning av indexet PHS
- SS EN 13202:2000 Termiskt klimat – Temperaturer på berörbara varma ytor – Vägledning för att sätta gränsvärden för yttemperaturer i produktionsstandarder med hjälp av EN 563
- prEN ISO 13732-1 Ergonomics of the thermal environment - Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces - Part 1: Hot surfaces (på remiss till 2006)

Kalla miljöer

- prEN ISO 11079 Ergonomics of the thermal environment – Determination and interpretation of cold stress when using required clothing insulation (IREQ) and local cooling effects (ISO/DIS 11079:2005) (under utarbetning 2006)
- ISO 13732-3:2005 Ergonomics of the thermal environment – Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces – Part 3: Cold surfaces (på remiss 2006)
- prEN ISO 15743 Ergonomics of the thermal environment – Cold workplaces – Risk assessment and management (Under utarbetning 2006)

Fordonsklimat

- prEN ISO 14505-1 Ergonomics of the thermal environment – Evaluation of thermal environment in vehicles – Part 1: Principles and methods for assessment of thermal stress (på remiss 2006)
- prEN ISO 14505-2 Ergonomics of the thermal environment – Evaluation of thermal environment in vehicles – Part 2: Determination of equivalent temperature (på remiss 2006)
- prEN ISO 14505-3 Ergonomics of the thermal environment – Thermal environments in vehicles – Part 3: Evaluation of thermal comfort using human subjects (på remiss 2006)

Skyddskläder för värme och kyla

- ISO 13688:1998 Protective clothing – General requirements
- SS EN 340:2004 Skyddskläder – Allmänna fordringar
- SS EN 342:2004 Skyddskläder – Hela dräkter och plagg till skydd mot kyla
- SS EN 407:2004 Skyddshandskar mot termiska risker (hetta och/eller brand)
- SS EN 511:2005 Skyddshandskar mot kyla

- ISO 20877:2001 Footwear --Test methods for whole shoe – Thermal insulation
- ISO 2801:1998 Clothing for protection against heat and flame – General recommendations for selection, care and use of protective clothing
- ISO 11612:1998 Clothing for protection against heat and flame – Test methods and performance requirements for heat-protective clothing
- SS EN ISO 15831:2004 Beklädnad - Fysiologisk inverkan – Mätning av värmeisolering med hjälp av en termisk docka
- SS EN 343:2004 Skyddskläder – Skydd mot dåligt väder
- prEN 13921 Personal protective equipment - Ergonomic principles (på remiss 2006)
- ISO/DIS 13506.3 Protective clothing against heat and flame – Test method for complete garments - Prediction of burn injury using an instrumented manikin (under utarbetande 2006)

Bilaga 2. Tabell arbetstyngd vid fysisk aktivitet

Exempel på effektutveckling vid olika aktiviteter. 1 Watt = 3,6 kJ/timme = 0,86 kcal/timme = 1 met. För beräkning av effekten i W/m^2 antas standardpersonen (medel av man och kvinna) ha en kroppsytta på ca $1,7 \text{ m}^2$. Värmeproduktionen kan antas vara lika stor som effektutvecklingen under de flesta av aktiviteterna.

Aktivitet	W	W/m^2	met
Sömn	80	48	0,8
Vila, sittande	100	58	1,0
Datorarbete	110	65	1,1
Vila, stående	120	70	1,2
Laboratoriearbete	145	85	1,5
Lätt monteringsarbete	162	95	1,6
Maskinsågning	170	100	1,7
Enklare lyft- och bärarbete	180	105	1,8
Tungt lyft- och bärarbete	240	140	2,4
Gång 5 km/tim	350	205	3,5
Manuell sågning av trä	375	220	3,8
Löpning, motionsfart	400	235	4,1
Gång med 30 kg börda	425	250	4,3
Manuell slipning	510	300	5,2
Rökdykning	800	475	8,2
Löpning, tävlingsfart	1000	580	10,0

Bilaga 3. Tabeller beklädnadsegenskaper

Tabell a. Exempel på beklädnadens eget (I_{cl}) resp totala (I_{tot}) isolationsvärde (inkl. yttre luftlagrets bidrag) för olika typer av vardags- och arbetskläder. De angivna värdena gäller vid stillastående och vindstilla. Vid fysisk aktivitet bör värdena reduceras med 10-20% för att ge det så kallade resulterande isolationsvärdet. Isolationen anges i clo (1 clo = 0,155 m²°C/W). Vid bedömning med PMV, PHS och IREQ används I_{cl} -värdet.

Klädsel	I_{cl}	I_{tot}
Trosa, linne, strumpbyxa, tunn klänning, sandaler	0,4	1,0
Kalsong, skjorta m kort ärm, tunna byxor, tunna sockor, skor	0,5	1,1
Trosa, linne, strumpbyxa, klänning, skor	0,6	1,2
Kalsong, skjorta, byxor, sockor, skor	0,6	1,2
Kalsong, skjorta, overall, sockor, skor	0,7	1,3
Kalsong, skjorta, byxor, arbetsrock, sockor, skor	0,8	1,4
Trosa, blus, kjol, pullover med rund hals, kraftiga knästrumpor, skor	0,8	1,4
Kalsong, undertröja med kort ärm, skjorta, byxor, V-ringad pullover, sockor, skor	1,0	1,5
Kalsong, skjorta, byxor, kavaj, sockor, skor	1,0	1,5
Kalsong, undertröja med kort ärm, skjorta, byxor, jacka, sockor, skor	1,0	1,5
Långkalsong, undertröja med lång ärm, byxor, termojacka, sockor, skor	1,2	1,7
Kalsong, undertröja med kort ärm, overall, termojacka + byxor, sockor skor	1,4	1,9
Kalsong, undertröja med kort ärm, skjorta, byxor, jacka, termojacka + byxor, sockor, skor	1,5	2,0
Kalsong, undertröja m. kort ärm, skjorta, byxor, jacka, kraftigt fodrad ytterjacka och hängselbyxa, sockor, skor	1,9	2,3
Kalsong, undertröja med kort ärm, skjorta, byxor, jacka, kraftigt fodrad ytterjacka och hängselbyxa, sockor, skor, huva, handskar	2,0	2,4
Långkalsong, undertröja m med lång ärm, termojacka + byxor, täckjacka, täckbyxor, sockor, skor	2,2	2,6
Långkalsong, undertröja m lång ärm, termojacka, termobyxor, parkas m kraftigt foder, hängselbyxor med kraftigt foder, sockor, skor, huva, handskar	2,5	2,9

Tabell b. Exempel på ångmotstånd hos beklädnad. En fördubbling av ångmotståndet motsvarar ungefär en halvering av den möjliga värmeavgivningen genom svettavdunstning.

Klädkombination	Ångmotstånd Pa·m ² /W
1. Shorts	9
2. Overall, shorts	19
3. Verkstadsoverall, underställ med långa ärmor och ben	35
4. Fiberpälsjacka och byxa, underställ enligt 3	52
5. Regnställ (PVC), overall, shorts	77
6. Regnställ (med Goretex), overall, shorts	34
7. Aluminiumbelagd jacka och byxa, overall, underställ som kombination 3	70
8. Jacka och byxa i flamhärdig ull, overall, underställ enl. 3	57
9. Kemsyddsdräkt, overall, underställ enligt 3	180

Bilaga 4. Referensvärden och korrektionsfaktorer för WBGT

Tabell a) Referensvärden för bedömning av värmebelastning med WBGT enligt ISO 7243.

Effektutveckling M (W/m ²)	Referensvärde WBGT			
	Värmeacklimatiserad		Ej värmeacklimatiserad	
0. Vila ≤ 65	33		32	
1 Lätt $65 \leq M \leq 130$	30		29	
2. Måttligt $120 \leq M \leq 200$	28		26	
	Ingen förnimbar luftströmning	Förnimbar luftströmning	Ingen förnimbar luftströmning	Förnimbar luftströmning
3. Tungt $200 \leq M \leq 260$	25	26	22	23
4. Mycket tungt ≥ 260	23	25	18	20

Notera att värdena har fastställts för en maximal kroppstemperatur (rektal mätning) på 38 °C.

Tabell b) Korrektionsfaktorer för referensvärden för WBGT då arbetskläder med högre isolation än 0,6 clo används. Faktorn dras av från referensvärdet i tabell a. Vid hög luftfuktighet är denna tabell inte tillämplig eftersom svetten inte avdunstar.

Kläder	Isolation (clo)	Korrektionsfaktor för WBGT ¹
Sommarkläder (referens för WBGT)	0,6	0
Bomullsoverall	1,0	-2
2-lagers klädsel	1,4	-4
Vattentät, ånggenomsläpplig klädsel ²	1,2	-6

¹ Exempel: för låg aktivitet är WBGT 30, men med bomullsoverall ska referensvärdet WBGT vara 28

² Gäller främst i fuktigt klimat

Bilaga 5. Checklistor för att förebygga och minska kylans påverkan

Planeringsfas

- ☐ Kan arbetet kan förläggas till varmare perioder (utomhusarbete)?
- ☐ Kan arbetet utföras inomhus (utomhusarbete)?
- ☐ Kan mer tid tillåtas för arbetsuppgifter, särskilt i extrem kyla och då skyddsutrustning används?
- ☐ Är de verktyg och utrustning som ska användas lämpliga i kyla?
- ☐ Separeras gods och arbetstagare?
- ☐ Har gods- och personzoner olika avpassad temperatur?
- ☐ Har klimatanläggningar ger låg lufthastighet, låg-normal luftfuktighet och låg ljudnivå?
- ☐ Gör upp lämpliga arbete-paus-scheman, med hänsyn tagen till arbetsuppgiften, belastningen och skyddsnivån
- ☐ Ordna uppvärmt utrymme och skyddat utrymme för återhämtning
- ☐ Finns passande och tillräcklig skyddsbeklädnad och annan personlig skyddsutrustning?
- ☐ Kolla upp personalens medicinska historia (om företaget har tillgång till sådana journaler, med arbetstagarens godkännande)
- ☐ Säkerställ att personalen har tillräcklig kunskap och kompetens för arbetet i kyla.
- ☐ Informera om risker, problem, symptom och förebyggande åtgärder.
- ☐ Håll övningar för komplexa arbetsuppgifter under normala klimatförhållanden.
- ☐ Finns extrapersonal för att förkorta exponeringen för kyla?

Före arbetspasset

- ☐ Kontrollera väder och väderprognos vid arbetsdagens början (utomhusarbete).
- ☐ Förbered schema och kontrollstationer (utomhusarbete).
- ☐ Organisera kommunikationssystem (utomhusarbete).
- ☐ Kontrollera klimatet vid arbetsdagens början.
- ☐ Gör upp lämpliga arbete-paus-scheman, med hänsyn tagen till arbetsuppgiften, belastningen och skyddsnivån .
- ☐ Se till att arbetsintensitet och beklädnad kan varieras och kontrolleras individuellt.
- ☐ Välj passande och tillräcklig skyddsbeklädnad och annan personlig skyddsutrustning.

Under arbetspasset

- ☐ Minimera lufthastigheten i arbetszonerna.
- ☐ Tillhandahåll uppvärmda utrymmen och se till att rast och pauser tas i dem
- ☐ Tillse att raster ges för att inta varm dryck och mat.

- ❑ Tillhandahåll uppvärmda utrymmen för ombyte och tillhandahåll klädombyte (sockor, handskar etc.)
- ❑ Tillhandahåll förstärkningsplagg.
- ❑ Skydda kroppen och kroppsdelar mot avkylning mot kalla ytor.
- ❑ Håll arbetsplatsen ren från vatten, is och snö.
- ❑ Isolera marken/golvet där arbete ska utföras stående.
- ❑ Skydda arbetstagarna mot blåst och nederbörd (utomhusarbete).
- ❑ Övervaka klimatförhållandena och planera för åtgärder vid väderomslag (utomhusarbete).
- ❑ Övervaka subjektiva reaktioner, arbetstagarna kollar varandra (utomhusarbete).
- ❑ Rapportera regelbundet till arbetsledare (utomhusarbete).
- ❑ Se till att tillräcklig återhämtningstid ges efter arbete i extrem kyla (utomhusarbete).

Bilaga 6. Riktlinjer för val av kläder och skyddsutrustning för kyla

Övergripande

- ❑ Välj kläder som arbetstagaren har erfarenhet av i möjligaste mån.
- ❑ Om nya kläder ska användas, välj testade kläder
- ❑ Välj isolationsnivå för det förväntade klimatet och arbetstygden
- ❑ Se till att isolationen fördelas någorlunda lika över hela kroppen
- ❑ Klädernas isolation ska kunna varieras mycket
- ❑ Kläderna måste vara enkla att ta av och på.
- ❑ Minska friktionen mellan klädlagren genom att välja passande material.
- ❑ Välj storlek på ytterplaggen så att klädlagren innanför får plats.
- ❑ Plaggen ska överlappa varandra i midjan och ryggen
- ❑ Blixtlås och andra förslutningar måste fungera i snö och blåst.
- ❑ Knappar bör undvikas
- ❑ Kläderna ska kunna användas och regleras med kalla, klumpiga händer.
- ❑ Designen måste tillåta böjda arbetsställningar utan att kläderna komprimeras och isolation förloras.
- ❑ Undvik onödig sammanpressning av plagg.

Handskydd

- ❑ Långvarigt arbete i kyla som kräver finmotoriskt manuellt arbete måste utföras med frekventa pauser i värme.
- ❑ Tumvantar ger bättre isolation än handskar med separata fingrar.
- ❑ Vantar ska medge att tunna innerhandskar kan bäras under.
- ❑ Ärmar måste vara så vida att handskyddet kan bäras under ärmslutet eller vara så smala att handskyddet kan bäras utanpå ärmen.
- ❑ Ytterplagget måste ha fickor eller anordning för förvaring av handskydd då det inte används.
- ❑ Värmepåsar eller andra externa värmekällor kan motverka eller senarelägga nedkylningen av händerna.

Fotskydd

- ❑ Yttersulorna ska ge hög isolation mot marken.
- ❑ Yttersulorna ska tillverkas av flexibelt material och ha anti-halk-mönster.
- ❑ Välj storlek så att flera lager sockor och en innersula får plats.
- ❑ Byxben på ytterplagg måste ge möjlighet att stövlar bärs utanpå eller innanför byxor med överlappning.
- ❑ Ventilationen i de flesta skyddsskor mot kyla är liten, så fukten bör regleras genom frekvent byte av sockor och innersula och torkning.
- ❑ En ångspärr mellan inner- och ytterlagret i skon kan hålla foten torrare.
- ❑ Torka skor helt mellan arbetspassen.

Huvudskydd

- ❑ Flexibelt huvudskydd bidrar till att reglera värmeavgivningen från huvud och kropp.
- ❑ Huvudskyddet ska vara vindtätt.
- ❑ Huvudskyddet ska ge skydd för öron och nacke.
- ❑ Huvudskyddet måste fungera ihop med andra typer av personlig skyddsutrustning (t.ex. hörselskydd, skyddsglasögon).

Ansiktsskydd

- ❑ Ansiktsskyddet bör vara vindtätt och ska isolera bra.
- ❑ Inga metalledar ska vara i kontakt med huden.
- ❑ Betydande värmning och fuktning av inandad luft kan fås med särskilda andningsmasker eller munstycken (värmväxlare).
- ❑ Använd skyddsglasögon utomhus, särskilt i snö och snöslask.
- ❑ Använd ögonskydd mot UV-strålning och bländning.

Bilaga 7. Förslag till information/utbildning om arbete i kyla

Innan arbetstagare börjar arbeta i extrem kyla, bör de instrueras om säkerhet och hälsa i kyla.

Utbildningen kan omfatta:

- Hur man väljer lämplig klädsel och utrustning
- Säkert arbetssätt i kyla
- Vägledning för mat och dryck
- Riskfaktorer som påverkar hälsan vid kylaexponering
- Hur man känner igen tecken och symptom vid lokal kylskada
- Hur man känner igen tecken och symptom vid helkroppsnedkylning (hypotermi)
- Första-hjälpen behandling och uppvärmning av nedkyld

Tabell a. Förslag till förberedande introduktions- och utbildningsprogram för arbetstagare som ska arbeta i kyla (ILO, International Labour Organization, internationellt fackligt organ).

Element	Utomhusarbete	Fryshusarbete	Arbete i polarklimat
Medicinsk kontroll (se tabell b)	***	**	***
Basal introduktion	***	**	***
Förebyggande av olycksfall	***	**	***
Basal första-hjälpen	***	***	***
Fördjupad första-hjälpen	**	*	***
Skyddsåtgärder	***	**	***
Överlevnadsträning	*** vid arbete på svårtillgängliga platser	*	***

Tabell b. Rekommenderad medicinsk kontroll för personal som utsätts för kyla och faktorer relaterade till kyla (ILO, International Labour Organization, internationellt fackligt organ).

Faktor	Utomhusarbete	Fryshusarbete	Arbete i polarklimat
Infektionssjukdomar	**	**	***
Hjärt-kärlsjukdomar	***	**	***
Metaboliska sjukdomar	**	*	***
Muskuloskelettala besvär	***	*	***
Kryopatier (abnorm reaktion på kyla)	**	**	**
Psykologisk stress	***	**	***
Graviditet	**	**	***
Medicinering	**	*	***

*= rutinkontroll, **= viktig faktor att beakta, ***= mycket viktig faktor att beakta.

Bilaga 8. Ordlista

aktivitetsklass

används för att kategorisera arbetsintensitet. Klasserna beskrivs med hjälp av två olika variabler: energiomsättning i W/m^2 och "arbetsstyngd".

arbetsstyngd, arbetsintensitet

den belastning kroppen utsätts för av det fysiska arbetet, betecknar ofta energiomsättning, bedöms med ledning av en beskrivning av typiska arbetsuppgifter och statistiska data från undersökningar av sambandet mellan arbete och energiomsättning.

anemometer

instrument som mäter vindhastighet

clo

enhet för ett plagg eller en hel beklädnads isolationsvärde ($1 \text{ clo} = 0,155^\circ\text{C}\cdot\text{m}^2/\text{W}$).

daggpunktstemperatur

den temperatur som luften måste avkylas till för att bli mättad med fuktighet, den relativa fuktigheten är då 100 %. Den temperatur vid vilken vattenånga kondenserar från luften och bildar dagg på närmaste yta. Uttrycks i grader och representerar det absoluta vatteninnehållet i luften vid konstant lufttryck.

dehydrering

ett tillstånd av uttorkning, som orsakas av att celler och organ i kroppen förlorar vätska t.ex. genom svettning samtidigt som förlusten inte kompenseras genom tillräcklig mängd dryck. Dehydrering leder till en minskning av den fysiska arbetskapaciteten: en person på 75 kg som svettas 1,5 l får en vätskeförlust på cirka 25 % och kan förväntas förlora 20 % av sin prestationsförmåga.

dimensionerande utetemperatur

den lägsta temperatur där byggnaden ska klara en acceptabel inomhustemperatur och som varierar geografiskt

ekvivalenttemperatur ($^\circ\text{C}$)

den temperatur som i ett tänkt rum utan luftrörelse och med samma medelstrålningstemperatur som lufttemperatur, en persons värmeutbyte genom konvektion och strålning skulle vara lika som i det aktuella rummet (ger ett sorts mått på hur en person upplever klimatet i en komplex termisk miljö)

ellipstermometer

termometer med ellipsformad mätkropp som motsvarar människans kropp och tar hänsyn till både lufttemperatur och strålningstemperatur

emissivitet

egenskap hos ett material, som anger hur stor andel energi som strålar ut i förhållande till ett helt absorberande material vid samma temperatur.

energiomsättning

omvandlingen i kroppen av kemisk energi (vanligen hämtad från födan) till värme och mekaniskt arbete. Den totala *effekten* av all energiproduktion i kroppen (energiomsättningshastigheten) anges i watt per kvadratmeter kroppsytan (W/m^2). En del av energin omvandlas utanför kroppen till mekanisk energi (mekanisk eller "yttre" effekt) i form av kropps rörelser.

fysiologi

läran om kropps funktioner. Sammanfattar de biologiska, kemiska och fysikaliska

mekanismer, som ingår i olika organfunktioner, t.ex. *andningsfysiologi* (upptag av syrgas i lungorna, passage av syrgas genom lungvävnadens väggar till och från blodet, och avgivning av koldioxid genom utandning), *hjärt- och kärlfysiologi* (pumpning och cirkulation av blod genom blodomloppets olika delar, passage av blod till och från olika organ, mekanismerna för avgivning av syrgas till kroppens organ och vävnader, syrgasens användning i dessa, blodkärlens funktioner som ett led i närings- och syrgasförsörjningen till vävnaderna, etc.).

globtemperatur

integrerad luft- och medelstrålningstemperatur, mäts med en temperaturgivare placerad i centrum av en sfär med tunna väggar, starkt värmeabsorberande yta och vissa dimensioner. Ingår i bestämningen av WBGT

globtermometer

termometer i en glob med mattsvart yta (vilket medför att den ger en bild av hur en person påverkas både av omgivningens strålningstemperatur och lufttemperatur)

hårhygrometer

fuktighetsmätare, utnyttjar det förhållandet att ett hårstrå töjs ut då det är fuktigt och drar ihop sig då det är torrt.

infraröd strålning (värmestrålning)

elektromagnetisk strålning inom våglängdsområdet 400 nm - 1 mm (1 nm = 1 miljondels millimeter). Alla kroppar med temperatur över noll Kelvin (-273 °C) emitterar elektromagnetisk strålning. Strålningsintensiteten och intensitetsmaximum, bestäms av kroppens temperatur: Ju högre temperatur desto högre intensitet och kortvågigare strålning (högre energi hos fotonerna). Vid vår normala omgivningstemperatur, emitteras ljus inom det infraröda området, dvs. ljus med längre våglängd än synligt ljus. IR-strålning, liksom UV-strålning, absorberas snabbt i t.ex. huden. Därmed påverkas hud och ögon av strålningen (ögonlocksinflammation, smärta, brännskador)

IREQ

Insulation Required, kylindex för bedömning av nedkylning av kroppen. Bygger på värmebalansberäkningar.

ISO

Ursprungligen en förkortning av International Standards Organization. Det officiella namnet på detta organ är numera International Organization for Standardization, men förkortningen ISO har behållits oförändrad.

isolation

motstånd mot värmeförlust genom konvektion, anges i enheten clo eller m^2K/W

komfort

De klimatförhållanden, som gör att kroppen varken upplevs som för kall eller för varm, sammanfattas i termen "komfortzon". Denna utgör vanligen ett brett område av temperaturer och andra klimatifaktorer (som luftfuktighet och lufthastighet), till vilka man kan anpassa sig med hjälp av lämpliga kläder eller på annat sätt. Upplevelsen av klimatkomfort är beroende också av psykologiska och medicinska faktorer och varierar därför kraftigt mellan olika personer. Att betingelserna för komfort är uppfyllda betyder dock inte att miljön är "termoneutral", som har en särskild definition (se detta ord).

konduktion

ledning av värme från en varmare till en kallare yta (t ex från foten till ett kallt golv)

konvektion

överföring av värmeenergi med strömmande luft från en varm yta till en kallare

omgivning. Sker i motsatt riktning om omgivningens lufttemperatur är högre än hudtemperaturen. Synonym: *strömning*.

kärntemperatur

temperaturen i de djupare liggande delarna av bålen och huvudet, t.ex. i det blod, som strömmar genom stora kroppspulsådern. Mäts vanligen som rektaltemperatur (temperaturen i ändtarmen) men kan vid laboratorie-experiment också med tillfredsställande precision skattas med hjälp av en temperaturgivare nedförd i matstrupen. Synonym: *djup kroppstemperatur*

luftfuktighet

mäts som mängden vattenånga i luften i g/kg torr luft eller som vattenångans partialtryck i Pa. Den *relativa* luftfuktigheten definieras som det procentuella förhållandet mellan den uppmätta vattenångan i omgivningsluften och den största mängd vattenånga, som kan finnas där vid den rådande lufttemperaturen.

lufthastighet

luftens strömningshastighet i förhållande till en mätpunkt på kroppsytan. Vid bedömning av exponering för klimatfaktorer anges den som medelhastigheten i m/s under 3 minuters mätning.

lufttemperatur

mäts med en konventionell termometer, som är skyddad från direkt sol- och värmestrålning, och som är placerad så att luftrörelser runt termometern inte hindras

mekanisk effekt

se energiomsättning och metabolisk värme

metabolisk värme

värme bildad i kroppen vid energiomsättningen. En mindre del av den metaboliska värmen omvandlas till mekanisk effekt i form av kroppsrörelser. Metabolisk värme kan bestämmas genom metoder angivna i den internationella standarden SS EN ISO 8996, "Ergonomi - Bestämning av metabolisk energiomsättning"

metabolism

ämnesomsättning, se även metabolisk värme

medelstrålningstemperatur

medelvärde av temperatur på omgivande ytor, mätt i olika riktningar, en parameter som kan användas vid termisk värdering av en arbetsplats. Den utgörs av ett viktat medelvärde av temperaturen hos omgivande ytor och beror på individens position i förhållande till dessa. Medför samma värmeförlust genom strålning som de faktiska yttemperaturerna ger.

operativ temperatur (t_o)

sammanvägt värde av lufttemperaturen (t_a) och medelstrålningstemperaturen (MRT) från omgivande ytor som medför samma värmeförlust från människan som de faktiska temperaturerna ger. Kan i vissa fall appromixeras till $(t_a + \text{MRT})/2$

optimal operativ temperatur

den operativa temperatur som tillfredsställer de flesta människor vid given beklädning och aktivitet

PHS

Predicted Heat Strain, värmeindex för bedömning av värmebelastning. Bygger på värmebalansberäkningar.

PMV (Predicted Mean Vote)

klimatindex för bedömning av människans upplevelse av det termiska klimatet

PPD (Predicted Percentage Dissatisfied)

förväntat antal missnöjda

PPE (engelska), PSU

personlig skyddsutrustning

psykrometer

instrument som genom samtidig mätning av lufttemperatur och våttemperatur bestämmer den relativa luftfuktigheten

relativ luftfuktighet (RF)

förhållandet mellan mängden vatten i luften och det maximalt möjliga vatteninnehållet vid den aktuella lufttemperaturen. Uttrycks i %. Varierar med temperaturen. Varm luft kan innehålla mer fukt än kall luft.

riktad operativ temperatur, °C (ROT)

medelvärde av lufttemperatur och strålningstemperaturen i en viss riktning. Observera att detta är ett byggnadstekniskt beräkningsvärde

strålningstemperatursymmetri, °C

skillnad i mellan strålningstemperaturen på två motstående ytor i omgivningen (vilket resulterar i olika värmestrålning till olika ytor i omgivningen)

temperatur

Ett mått på molekylernas rörelseenergi. Vid absoluta nollpunkten 0 K är molekylerna stilla.

termoneutral miljö

en miljö med lufttemperatur 20 °C - 26 °C och relativ fuktighet 30-50 %.

termiskt klimat

generell benämning av de faktorer som påverkar människans värmeutbyte med omgivningen

termisk neutralitet

upplevelse av att kroppen inte är för kall eller varm

vertikal temperaturskillnad

temperaturskillnad på olika höjder

vindkyleffekt

fiktiv temperatur som illustrerar kyleffekten genom kombination av vindhastighet och temperatur (WCI på engelska)

vistelsezon

den del av en lokal där personer vistas, vanligen definierad som den zon i rummet som horisontellt avgränsas 0,1 m och 1,8 m över golvet samt vertikalt på 1,0 m avstånd från vägg med fönster och 0,6 m från övriga väggar.

våttemperatur

den temperatur som mäts med en termometer som har givaren täckt av en våt bomulls"strumpa". Mäts med en 30 mm lång, cylindrisk temperaturgivare med diametern 6 mm, som omsluts av en ständigt fuktig bomullsstrumpa. Psykrometrisk våttemperatur registreras då sensorn är strålningsskyddad och ventilerad. Givaren kyla i proportion till avdunstningen från strumpan. Våttemperaturen används tillsammans med lufttemperaturen i det psykrometriska diagrammet för att avläsa relativ luftfuktighet. *Naturlig våttemperatur* (som används vid bestämning av WBGT) innebär att det saknas strålningsskydd och att luften strömmar naturligt kring givaren.

värmebalans

tillstånd då den metaboliskt producerade värmeeffekten, minskad med mekanisk effekt, samt värmeeffekt tillförd utifrån uppvägs av avgiven värme.

värmebelastning

upplagring av värme i kroppen på grund av otillräcklig avgivning av överskotts-värme, vilket kan leda till skadlig påfrestning på kroppen.

värmeexponering

förhållandet att en person utsätts för värme. Med "stark värme" avses i dessa föreskrifter vanligen sådan värme, som kan resultera i värmebelastning.

värmeindex

metod för bedömning av värmebelastning, t.ex. WBGT.

värmeslag

livshotande tillstånd, framkallat av värmebelastning. Det kännetecknas av förvirring, nedsatt eller upphörd svettning och cirkulationskollaps. Om det tillåts fortsätta resulterar det i medvetslöshet och död.

värmestrålning

innebär vanligen ett flöde av värme till kroppen från en värmekälla i omgivningen genom strålning i de synliga och infraröda frekvensområdena (400 nm-1 mm). Storleken av den strålningsenergi som upptas av kroppen är omvänt proportionell mot den upptagande ytans reflektionsförmåga. Människans hud tar upp praktiskt taget all infallande strålningsvärme. Motsatsen gäller för värmeskyddskläder med blank, ljus yta och hög reflektion. *Se även infraröd strålning*

värmeträning

ökning av värmetåligheten genom en acklimatisering till värmeexponering. Den åstadkoms på grundval av både fysiologiska och psykologiska mekanismer.

W/m²

effekt (energi per tidsenhet) per kvadratmeter (kropp)syta

WBGT

Wet Bulb Globe Temperature, värmeindex som används för att bedöma risk för överbelastning av värme. Tar hänsyn till strålningstemperatur, luftfuktighet och arbetstyngd

WCI

Wind Chill Index, vindkyleindex, bedömer risken för kylskada på bar hud.

Ångtryck

det tryck som gasmolekyler (vattenånga) i luften utövar. Uttrycks i Pascal.

Index

- AFS, 14, 41, 48, 73, 75
aktivitet, 11
aktivitetsnivå, 8, 10, 68, 79
allergiska besvär, 21
arbetskläder, 23, 49, 68, 70, 73, 80
Arbetsmiljölagen, 6, 75
arbetstyngd, 6, 8, 10, 37, 50, 63, 67, 89
autonom, 7, 46
avdunstning, 6, 11, 70, 72
avkylning, 46, 53, 84
bedömningsmetod, 17
belastningsskador, 46, 47
brännskador, 34
CEN, 18, 76
cirkulation, 8, 21, 33, 90
clo, 13
DLE, 40, 52, 63
effektutveckling, 10, 68, 79
ekvivalent temperatur, 66
energiomsättningshastighet, 10
EU-direktiv, 74
fingerfärdighet, 21
flerskiktprincipen, 71
fysiologisk, 6
fysiologisk anpassning, 33
fysiologiska effekter, 20, 33, 48, 61
företagshälsovård, 15, 40
globtemperatur, 37, 40, 63, 64, 67, 90
golvtemperatur, 26, 27
handfunktion, 47
huttring, 7, 46
individfaktorer, 11
industri, 5
inomhusklimat, 17
IREQ, 52, 63, 90
ISO, 18, 76, 90
isolation, 13, 52, 55, 63, 68, 85, 90
isolationsbehov, 52
ISO-standarder, 18
klimatbelastning, 6, 7
klimatfaktorer, 11, 17, 23, 35, 49, 63, 76
klimatindex, 17
kognitiva funktioner, 20
kontorsarbetsplats, 5
konvektion, 6, 11, 72, 90
koordination, 46
kroppstemperatur, 6
kyla, 17
kylskada, 47, 51
kyltemperatur, 51
kärntemperatur, 6, 7, 8
köldbryggor, 27
ledning, 6, 11, 69, 72, 90
luftfuktighet, 11, 21, 37, 50, 63, 64, 91, 92
lufthastighet, 11, 29, 37, 50, 63, 65
luftrörelser, 6, 19, 26, 43, 91
lufttemperatur, 11, 31, 32, 37, 38, 63, 65, 92
medelstrålningstemperatur, 11
muskler, 7, 33, 46, 56
mätthöjd, 67
mätning, 26, 40, 61, 62, 63, 76
mätplats, 67
naturlig våtemperatur, 37
obehag, 8, 14, 20, 34, 37, 49, 50
operativ temperatur, 21, 25, 26, 65, 91, 92
personlig skyddsutrustning, 9, 31, 41, 68, 73, 83, 86, 92
PHS, 40, 63, 77, 91
plan strålningstemperatur, 65
PMV, 22, 23, 24, 26, 63, 91
PPD, 22, 23, 29, 63, 92
psykologiska effekter, 20, 34, 48, 49, 61
referensvärde, 18, 38, 39, 40, 82
relativ luftfuktighet, 26, 64, 92
riskbedömning, 8, 14, 38, 42
riskhantering, 14
risknivå, 14
salt, 44
skyddskläder, 33, 38, 72, 73
Socialstyrelsen, 30
solstrålning, 33
standard, 15, 42, 54, 76
standarder, 18

stillasittande, 8, 20, 25, 27, 70
strålning, 6, 11, 64, 69, 90, 93
strålningstemperatur, 29, 63
systematiskt arbetsmiljöarbete, 14
termisk komfort, 8, 28
termisk manikin, 61, 66
utomhusarbete, 5
WBGT, 37, 38, 40, 63, 77, 82, 93
ventilation, 9, 28, 44, 59, 71
wet bulb globe temperature, 37
vind, 11, 23, 47, 49, 51
Wind Chill Index, 51, 93
vistelsezon, 92
vita fingrar, 21, 47
värme, 17, 32
värmeacklimatisering, 34
värmeavgivning, 7, 20, 64, 69
värmebelastning, 34, 35, 37, 38, 72, 77, 82, 91, 93
värmeproblem, 7, 32, 35, 38
värmeproduktion, 7, 10, 11, 18, 68
värmereglering, 7
värmestrålning, 11, 17, 23, 35, 37, 72, 90, 91, 92, 93
värmeträning, 33, 34, 42, 43, 93
värmeutbyte, 10, 12, 92
vätskeförlust, 33, 40, 89
ångmotstånd, 55, 63, 68, 81
överhettning, 34, 72