

Mätsystem för operativ temperatur - test av hemtillverkade globtermometrar

Ram Shiltagh

Avdelningen för installationsteknik
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet, 2015
Rapport TVIT--15/5054



Lunds Universitet

Lunds Universitet, med åtta fakulteter samt ett antal forskningscentra och specialhögskolor, är Skandinavien största enhet för forskning och högre utbildning. Huvuddelen av universitetet ligger i Lund, som har 112 000 invånare. En del forsknings- och utbildningsinstitutioner är dock belägna i Malmö, Helsingborg och Ljungbyhed. Lunds Universitet grundades 1666 och har idag totalt 6 800 anställda och 47 000 studerande som deltar i ett 280 utbildningsprogram och ca 2 200 fristående kurser.

Avdelningen för installationsteknik

Avdelningen för Installationsteknik tillhör institutionen för Bygg- och miljöteknologi på Lunds Tekniska Högskola, som utgör den tekniska fakulteten vid Lunds Universitet. Installationsteknik omfattar installationernas funktion vid påverkan av människor, verksamhet, byggnad och klimat. Forskningen har en systemanalytisk och metodutvecklande inriktning med syfte att utforma energieffektiva och funktionssäkra installationssystem och byggnader som ger bra inneklimat. Nuvarande forskning innefattar bl a utveckling av metoder för utveckling av beräkningsmetoder för godtyckliga flödessystem, konvertering av direktvärmade hus till alternativa värmesystem, vädring och ventilation i skolor, system för brandsäkerhet, alternativa sätt att förhindra rökspredning vid brand, installationernas belastning på yttre miljön, att betrakta byggnad och installationer som ett byggnadstekniskt system, analysera och beräkna inneklimatet i olika typer av byggnader, effekter av brukarnas beteende för energianvändning, reglering av golvvärmesystem, bestämning av luftflöden i byggnader med hjälp av spårgasmetod. Vi utvecklar även användbara projekteringsverktyg för energi och inomhusklimat, system för individuell energimätning i flerbostadshus samt olika analysverktyg för optimering av ventilationsanläggningar hos industrin.

Mätsystem för operativ temperatur - test av hemtillverkade globtermometrar

Ram Shiltagh

© Ram Shiltagh
ISRN LUTVDG/TVIT--15/5054--SE(48)

Avdelningen för installationsteknik
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
22100 LUND

Förord

Denna rapport är en del av ett examensarbete som har utförts på Avdelningen för Installationsteknik vid Lunds Tekniska Högskola.

Jag skulle vilja tacka min handledare universitetslektor Birgitta Nordquist, universitetsadjunkt Mats Dahlblom och doktorand Ann-Marie Ejlertsson för deras värdefulla hjälp, kommenterar och stöttning genom arbetsgången. Jag vill även tacka avdelningen för installationsteknik för köpet av utrustning från Swema och för tillhandahållandet av tillverkningsmaterial och mätinstrument från Hobo vilket gjorde det möjligt för mig att utföra mitt examensarbete.

Lund 2015-05-19

Ram Shiltagh

Abstract

The thermal climate experience is most affected by air temperature that is easy to measure with a standard thermometer, but to find out how the temperature in a room is felt it is not enough to merely examine the air temperature. Even if the air temperature is at a comfortable level, then a cold surface near get the person to feel that it is chilly in the room and correspondingly the hot surfaces or solar radiation make the person feel warm even though the thermometer shows an acceptable level.

Therefore, one must also take into account the surrounding surfaces' radiant heat and common method to measure the radiation contribution to climate measurement is to use the globe thermometer. The instrument is simple and practically valuable to get a physiologically adequate measure of the combined effect of air temperature and radiant heat, which is called the globe temperature. Globe thermometer is designed as a black air filled black painted globe sphere with a thermocouple in the centre.

Air movement can affect the human perception of temperature and time is measured using an air speedometer.

With the air temperature, globe temperature and air velocity one can calculate the average radiation temperature. The operative temperature in a room is a combination of air temperature and average radiation temperature at a specific point, and it can be counted with three different calculation methods.

In this study, a globe thermometer with an air velocity- and air temperature thermometer from Swema will be used for measuring the operative temperature. Furthermore seven homemade globe thermometers with external sensors that measure air velocity and air temperature will be used for the same purpose. At the same time a check will be performed on the operating temperature to see if it meets the recommended comfort requirements in climate.

The saturation was conducted on three different occasions twice in an office room both winter and summer, moreover in a classroom during the summer.

By comparing the results of the globe temperature and operative temperature of the seven homemade globes the latter yielded acceptable results which were close to what Swema's advanced equipment provided.

Sammanfattning

Den termiska klimatupplevelsen påverkas mest av lufttemperaturen som är enkel att mäta med en vanlig termometer, men för att ta reda på hur temperaturen i ett rum upplevs räcker det inte med att enbart undersöka lufttemperaturen. Även om lufttemperaturen ligger på en komfortabel nivå så kan en kall yta i närheten få personen att känna att det är kyligt i rummet och på motsvarande sätt kan varma ytor eller solinstrålning få personen att känna sig varm trots att termometern visar en acceptabel nivå.

Hänsyn måste därför tas även till de omgivande ytornas strålningsvärme och en vanlig metod för att mäta strålningsbidraget vid klimatmätning är att använda globtermometern. En globtermometer är ett enkelt och praktiskt värdefullt instrumentet för att få ett fysiologiskt tillräckligt mått på den kombinerade effekten av lufttemperatur och strålningsvärme, vilket kallas för globtemperaturen. Globtermometern är konstruerad som är ett luftfyllt svartmålat klot med ett termoelement i mitten.

Luftrörelsen kan påverka människans upplevelse av temperaturen och då mäts den med hjälp av en lufthastighetsmätare. Med lufttemperaturen, globtemperaturen och lufthastigheten kan man räkna ut medelstrålningstemperaturen. Den operativa temperaturen i ett rum är en kombination av lufttemperaturen och medelstrålningstemperaturen i en specifik punkt. Den operativa temperaturen kan räknas med tre olika beräkningsmetoder.

I denna studie kommer en globtermometer med en lufthastighet- och en lufttemperaturmätare från Swema att användas för att mäta den operativa temperaturen. Dessutom kommer sju hemtillverkade globtermometrar med externgivare som mäter lufttemperaturen att användas för samma ändamål. Samtidigt utfördes en kontroll om den operativa temperaturen uppfyller det rekommenderade komfortkravet för inomhusklimat.

Mätningen utfördes vid tre olika tillfällen, två gånger i ett kontorsrum båda på vintern och på sommaren samt en mätning i ett klassrum på sommaren.

Vid jämförelse av resultatet av den operativa temperaturen som är beräknad från de sju hemtillverkade globerna, gav de ett acceptabelt resultat som låg nära resultaten som Swema's avancerade utrustning gav. Skillnaden mellan de beräknade operativa temperaturerna var på tiondels decimalnivå.

Innehållsförteckning

Förord	3
Abstract	5
Sammanfattning	7
Innehållsförteckning	9
1 Inledning.....	11
1.1 Bakgrund	11
1.2 Syfte	12
1.3 Metod och genomförande	12
1.4 Definition av Operativ temperatur	13
1.4.1 Metod 1	13
1.4.2 Metod 2	13
1.4.3 Metod 3	13
2 Genomförande av mätningar	15
2.1 Mätinstrument	15
2.2 Mätfall	17
2.3 Mätning i ett kontorsrum utan personbelastning	17
2.3.1 Placering av mätinstrumenten	17
2.3.2 Mätprotokoll	18
2.3.3 Beräkning av den operativa temperaturen	19
2.3.4 Resultat	20
2.3.5 Diskussion	23
2.4 Mätning i ett kontorsrum med en personbelastning	24
2.4.1 Mätprotokoll	25
2.4.2 Resultat	26
2.4.3 Diskussion	30
2.5 Mätning i ett klassrum med personbelastning	31
2.5.1 Mätprotokoll	31
2.5.2 Resultat	32
2.5.3 Diskussion	36
3 Slutlig diskussion och slutsats	37
Referenser	39
Bilaga 1	41
Krav och rekommendationer på termiskt inneklimat	41
Bilaga 2	45
Standarder och rekommendationer vid mätning av inneklimat	45

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Människans upplevelse av temperaturen är komplicerad och är beroende av flera faktorer som påverkar den. För att kunna bedöma och få en uppfattning om det termiska inomhusklimatet i en bostad eller i lokaler så räcker det inte med att bara känna till lufttemperaturen utan man måste även känna till strålningstemperaturen på ytorna runt omkring, dvs. vid golv, väggar, tak, fönster och även från människor och apparater vilka alstrar värme samt inverkan av luftrörelser.

Den samlade inverkan med hänsyn till lufttemperatur och medelstrålningstemperatur från omgivande ytor benämns operativ temperatur. Tas även hänsyn lufthastigheten används benämningen ekvivalent temperatur.

Man har kommit fram till att den bästa strategin för att ta reda på temperaturkomforten för personer i en lokal är att bestämma den operativa temperaturen med hjälp av mätningar.

Skillnaden mellan den operativa temperaturen och lufttemperaturen är vanligen mindre än 1 °C och sällan mer än 2 °C i bostadsutrymmen vilket gör att lufttemperaturen i vissa fall kan vara ett tillräckligt bra mått. Om det är kallare utomhus än inomhus är normalt den operativa temperaturen inomhus lägre än den temperatur en mätning av enbart lufttemperaturen ger. Den operativa temperaturen kan ibland vara 2-3 °C lägre än lufttemperaturen, eftersom strålningsförlusterna till omgivande ytor, såsom köldbryggor, dåligt uppvärmda golv eller väggar i dåligt isolerade byggnader och dåligt isolerade fönster kan vara betydande. Även motsatsen kan ske, dvs. den operativa temperaturen kan bli högre än lufttemperaturen på grund av en varm källa som strålningsvärme höjer den.

Operativ temperatur kan mätas med hjälp av bland annat globtermometer, kubtermometer, ellipstermometer och svart metallklot (Gavhed et al 2006, Socialstyrelsen 2005).

Globtermometern är den vanligaste metoden för att mäta strålningstillskottet. Den är enkel och praktisk och ger ett bra fysiologiskt mått på den kombinerande effekten av strålningsvärme och lufttemperatur. Den består av en termometer som är insatt i ett luftfyllt svartmålat klot. Instrumenten ger globtemperaturen som närmast motsvarar den operativa temperaturen. Globtermometern behöver ca 25 minuter för att anpassa sig till omgivningen (Socialstyrelsen 2005).

Kubtermometern består av en liten polystyrenkub som på varje sida har en tunn svartmålad kopparfolie. Kuben mäter värmeutbytet mellan kubens ytor och motstående ytor i de sex olika riktningarna (Socialstyrelsen 2005).

Ellipstermometern har en skepnad som utformats så att den motsvarar människokroppens proportioner och ger ett noggrannare resultat än globtermometern (Socialstyrelsen 2005).

Oavsett vilket av dessa instrument som används kan mätningar inte göras momentant utan måste göras under en längre tider, t.ex. veckovis under olika årstider. Ska mätningarna

omfatta ett större antal lokaler i en byggnad eller ett större antal lägenheter i ett bostadshus blir instrumenteringen mycket kostsam.

Vid problem och klagomål gällande temperaturer i bostäder är Folkhälsomyndighetens allmänna råd att utredningen ska genomföras i två steg. Först görs indikerande mätningar och om den indikerande mätningen över- eller understiger riktvärdena, om drag påvisas eller även vid för höga temperaturer bör en utförlig mätning göras (FoHMFS 2014). Vilka dessa riktvärden är redovisas i Bilaga 2, Tabell 1 och Tabell 2. Syftet med strategins två steg är att förenkla utredningen och inte omedelbart vid klagomål från de boende utföra onödiga kostsamma mätningar.

Att ha tillgång till enklare och framförallt billigare mätinstrument skulle vara värdefullt i nämnda sammanhang. Hemmabyggda globtermometrar skulle kunna vara en sådan typ av instrument, förutsatt att de ger en tillfredsställande mätnoggrannhet. I skriften "Temperatur inomhus" (Socialstyrelsen 2005) tipsas att "Ett enkelt sätt att indikera den operativa temperaturen är att förse givaren på en lufttermometer med ett svartmålat ihåligt metallklot", vilket är just vad som har testats i detta examensarbete, med avvikelsen att klotet var ett svartmålat plastklot.

Om mätningarna ger försumbara skillnader så kan hemmabyggda enklare och billigare globtermometrar användas parallellt med globtermometern från SWEMA, vilket skulle innebära att omfattningen av mätningar i fallstudier, t.ex. av rumstemperaturer i lägenheter, kan bli avsevärt större.

1.2 Syfte

Huvudsyftet med detta projektarbete är att testa mätnoggrannheten för hemmabyggda globtermometrar och se hur bra och pålitliga de är i jämförelse med en globtermometer från SWEMA vid olika klimat förhållande och utrymmen.

Dessutom jämförs de tre olika beräkningsmetoderna för den operativa temperaturen med varandra och hur mycket de skiljer sig från varandra.

1.3 Metod och genomförande

I detta examensarbete har den operativa temperaturen beräknats baserat på mätningar med sju hemtillverkade globtermometrar och en mer avancerad globtermometer från SWEMA. Den operativa temperaturen har beräknats på 3 olika sätt.

Mätningarna utfördes vid tre mätningstillfällen, där globtermometrarna har placerades på olika plats och höjder i rummet, dels i en kontorslokal dels i en lektionsal, såväl med personer som utan personer, och vid olika klimat förhållande dvs. under vinter och sommar.

Resultaten från de sju hemtillverkade globtermometrarna och den mer avancerade globtermometern presenteras i olika diagram för att jämföras och studera hur mycket de skiljer sig från varandra.

1.4 Definition av Operativ temperatur

Operativ temperatur är en kombination av medelstrålningstemperatur och lufttemperatur. Förhållandet mellan medelstrålningstemperaturen och lufttemperaturen när man beräknar operativ temperatur varierar också beroende på vad det är för lufthastighet.

Temperaturen som mäts med den svarta globen är helt enkelt något som kallas "Svart globtemperatur". Svart glob temperatur är inte direkt det samma som medelstrålningstemperatur. Medelstrålningstemperaturen kan beräknas utifrån uppmätt svart glob temperatur, lufttemperatur och lufthastighet (drag), sambandet som används för beräkningen är (SIS 2002):

$$t_r = \left[(t_g + 273)^4 + 2.5 \cdot 10^8 \cdot v_a^{0.6} \cdot (t_g - t_a) \right]^{0.25} - 273 \quad (\text{ekv 1})$$

t_r Medelstrålningstemperaturen, °C

t_g Temperaturen på den svarta globen, °C

t_a Lufttemperaturen, °C

v_a Lufthastigheten, m/s

När medelstrålningstemperaturen är beräknad kan den operativa temperaturen OT beräknas enligt tre metoder som beskrivs nedan.

1.4.1 Metod 1

I normalfallet beräknas operativ temperatur med följande ekvation (SIS 2002):

$$OT = \frac{t_a \cdot \sqrt{10 \cdot v_a} + t_r}{1 + \sqrt{10 \cdot v_a}} \quad (\text{ekv 2})$$

1.4.2 Metod 2

I sin enklaste form kan operativ temperatur beskrivas som ett medelvärde av medelstrålningstemperatur och lufttemperatur. Detta gäller bara om lufthastigheten är mindre än 0,2 m/s och temperaturskillnaden mellan medelstrålningstemperaturen och lufttemperaturen är mindre än 4°C.

Med antagande om relativ lufthastighet <0.2 m/s kan den operativa temperaturen, OT , enligt SIS (2002) beräknas enligt ekvation 3, här benämnd metod 2

$$OT = \frac{t_a + t_r}{2} \quad (\text{ekv 3})$$

1.4.3 Metod 3

Enda gången som svart globtemperatur och strålningstemperaturen blir det samma är om det inte finns någon som helst luftrörelse, dvs. för $v_a = 0$ m/s i ekv 1 blir $t_r = t_g$.

Resultatet blir att den operativa temperaturen är det samma som globtemperaturen. Om lufthastigheten är väldigt låg och temperaturskillnaden mellan globtemperatur och lufttemperatur är väldigt liten så motsvarar globtemperaturen i det närmaste den

operativa temperaturen. Att det är absolut ingen luftrörelse i ett rum är inte så troligt så detta är en ganska kraftig förenkling.

Med dessa förutsättningar och (ekv 1) erhålls:

$$OT = t_r = t_g$$

(ekv 4)

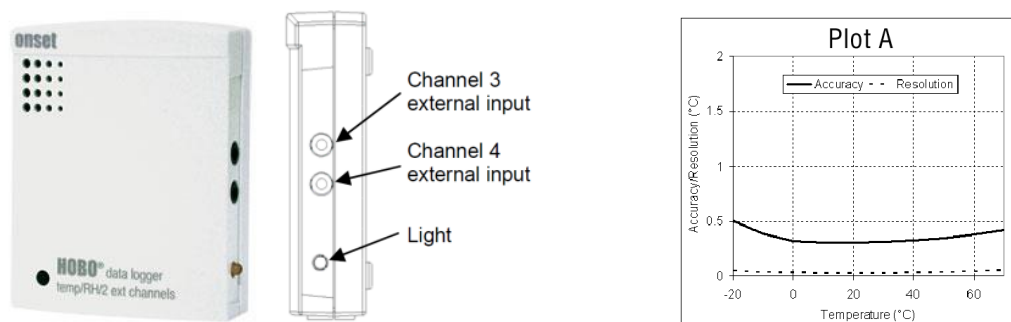
2 Genomförande av mätningar

I detta kapitel beskrivs utrustningens byggnadsdelar för Swema's och de sju hemgjorda globtermometrarna, de tre olika mätningstillfällena, placeringen av instrumenten i de aktuella rummen, de tre olika beräkningsmetoderna av den operativa temperaturen och jämförelse av resultatet med grafer.

2.1 Mätinstrument

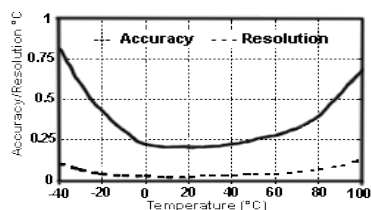
Instrumenteringen har bestått av åtta globtermometrar som använts vid mätningarna i de olika mätfallen. Sju av globtermometrarna är likadana och hemmabyggda. En hemmabyggd globtermometer består av ett svartmålat plastklot med ett mätinstrument bestående av en extern temperaturgivare ansluten till en Hobo datalogger av typen U12. Globtermometern mäter både luft- och strålningstemperatur och loggern kan lagra upp till 43 000 mätningar och kombinerande händelser.

En datalogger kräver en USB för att ansluta till datorn där mätresultat registreras. Mätningar vid temperaturer under 0°C och över 50°C ska undvikas. Loggern har noggrannhet vid mätning av lufttemperatur på $\pm 0,35^\circ\text{C}$ vid 0°C till 50°C, se figur 2.1. Loggning av mätvärden från sensorn, i det här fallet temperatur, kan registreras med intervall från 1 sekund till 18 timmar. Varje logger har ett unikt nummer när den kopplas till datorn.



Figur 2.1 HOBO U12 är en datalogger med 2 externa ingångar. Diagrammet visar mättnoggrannhet för den interna temperatursensorn.

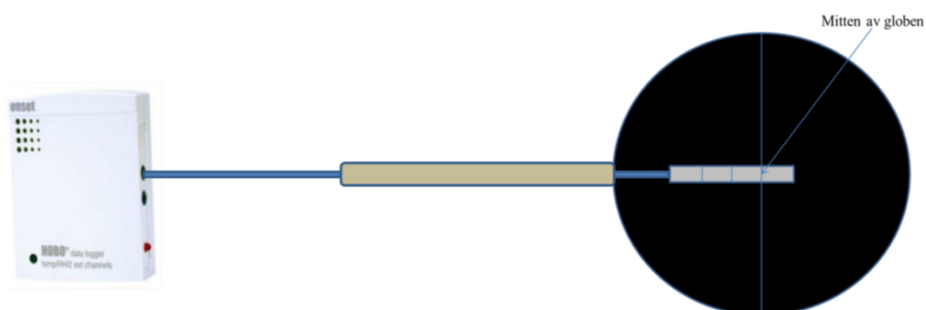
Varje logger har två kanaler, 3 och 4, vilka används för mätning av lufttemperatur, där kanal 3 har kalibrerats för en extern temperatursensor med noggrannhet $\pm 0,25^\circ\text{C}$ i området 0 – 50°C, se figur 2.2 (Onset Computer Corporation 2009).



Figur 2.2 Extern temperatursensor TMC x-HD för anslutning till HOBO U12. Diagrammet visar sensorns mätnoggrannhet.

Temperatursensorn består av en kabel med två ändar (Onset Computer Corporation 2013). Den ena kopplas till loggern och den andra änden förs igenom ett rör som kopplas fast till det svartfärgade plastklotet, som har radien 98 mm. Klotet har färgats svart för bättre absorbering av strålning.

Änden som förs in i globen består av en metallstav med längden 32 mm. Temperatursensorn som är placerad ytterst på staven känner temperaturen och resten av staven leder värme. Staven ska placeras så att fjärdedelspunkten hamnar i globens mittpunkt, se figur 2.3.



Figur 2.3 Princip för anslutning av extern temperatursensor till loggar och till glob.

Det åttonde mätinstrumentet, som kommer från Swema, figur 2.4, är mer avancerat och har större mätnoggrannhet. Instrumentet består av en globtermometer och en lufthastighets- och lufttemperaturmätare. Den svarta globen har en diameter på 160 mm, dvs. något större än de hemmabygda.



Figur 2.4 Globtermometer, lufthastighetsmätare och lufttemperaturmätare från SWEMA.

2.2 Mätfall

I tabell 2.1 redovisas de olika mätfallen. Höjderna har valts för att överensstämma med de höjder som används i den internationella standarden, EN ISO 7726, dvs ankelhöjd för stående och sittande person (0,1 m), huvudhöjd för stående (1,7 m), huvudhöjd för sittande person (1,1 m) samt abdomenhöjd för stående (1,1 m) och för sittande person (0,6 m).

Tabell 2.1 Mätfall.

Höjd			
Ankelhöjd	Abdomenhöjd för sittande person	Huvudhöjd för en sittande person samt abdomenhöjd för stående person	Huvudhöjd för stående person
0,1 m	0,6 m	1,1 m	1,7 m
Positionen i lokalen			
1 meter framför fönstret		Centralt mitt i rummet	
Aktivitet			
Med personbelastning		Utan personbelastning	
Årstid			
Sommar		Vinter	
Typ av rum			
Ett kontorsrum		Ett klassrum	

2.3 Mätning i ett kontorsrum utan personbelastning

2.3.1 Placering av mätinstrumenten

De sju egentillverkade globtermometrarna och Swema's globtermometer, tillsammans med en lufthastighets- och lufttemperaturmätare, placerades bredvid varandra, där globernas mittpunkt är på höjden 1,1 m. Avståndet mellan globerna är 150 mm för att undvika att de sitter för tätt, vilket skulle göra att de kan skugga varandra.

När mätningen startades kl. 15:30 så var globerna placerade centralt mitt i rummet 2,5 m från fönstret. Efter en timme, kl. 16:30, flyttades de närmare fasadväggen till avståndet 1 m från fönstret. Mätningen avslutades kl. 18:00.

Loggningen från de åtta globtermometrarna startades samtidigt och mätningarna genomfördes med ett samplingsintervall på 10 sekunder.



Figur 2.5 Bilden visar de åtta globtermometrarna är placerade centralt i ett kontorsrum framför ett fönster mot öster under februari månad.

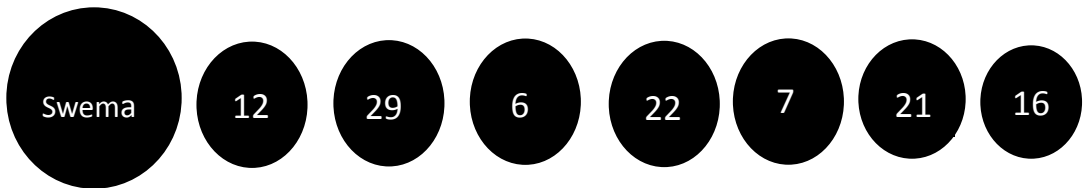
2.3.2 Mätprotokoll

Mätfallen och placering redovisas i tabell 2.2 med globernas ordning enligt figur 2.6

Tabell 2.2 Mätningfall för instrumenten vid olika placeringar i rummet vid olika tidpunkter.

15:30 - 16:30	Glob	Swema	12	29	6	22	7	21	16
	Placering	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet
	Höjd	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m

16:30 - 18:00	Glob	Swema	12	29	6	22	7	21	16
	Placering	1 m från fönstret	1 m från fönstret	1 m från fönstret	1 m från fönstret	1 m från fönstret	1 m från fönstret	1 m från fönstret	1 m från fönstret
	Höjd	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m



Figur 2.6 Inbördes ordning mellan globtermometrarna.

2.3.3 Beräkning av den operativa temperaturen

Lufttemperatur- och Lufthastighetsmätaren placeras mitt emellan Swema's glob och den glob som är närmast.

Swema's glob är kopplad till en dator med ett program som samlar data för:

t_g Temperaturen på den svarta globen i grader °C

t_a Lufttemperaturen i grader °C

v_a Lufthastigheten i meter per sekund m/s

Med hjälp av ovanstående data räknar Swema's program automatiskt ut den operativa temperaturen enligt metod 1.

Sedan plockas ovanstående data t_g , t_a och v_a från programmet och matas in i de olika ekvationerna för att med hjälp av Microsoft Excel beräkna medelstrålnings- och operativ temperatur enligt metod 2 och 3 för Svema's glob.

De sju egentillverkade globerna är kopplade till en dator med ett program som samlar data för:

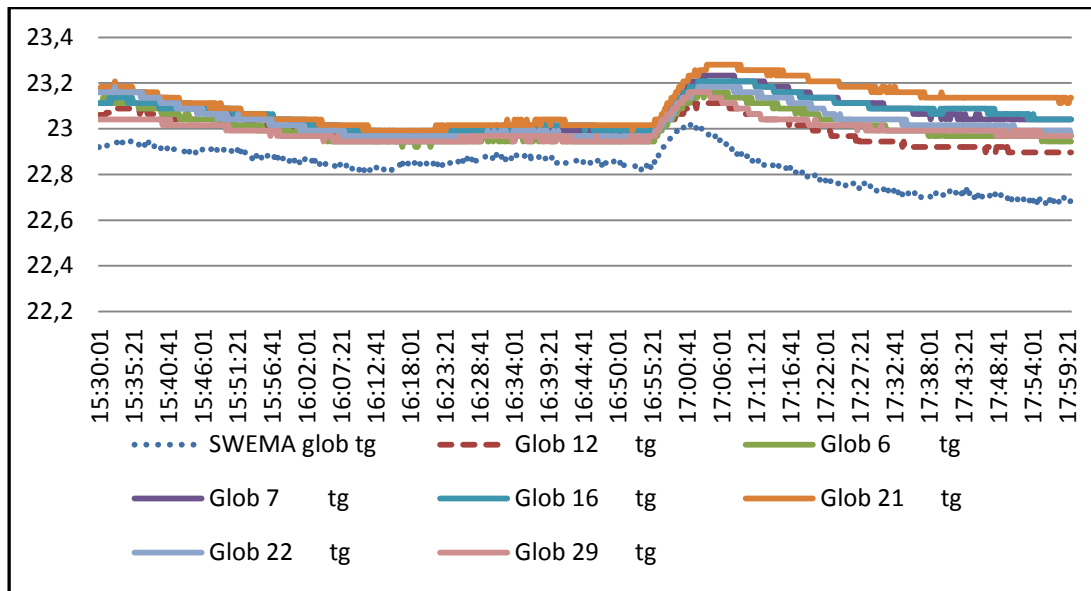
t_g Temperaturen på den svarta globen i grader °C

t_a Lufttemperaturen i grader °C

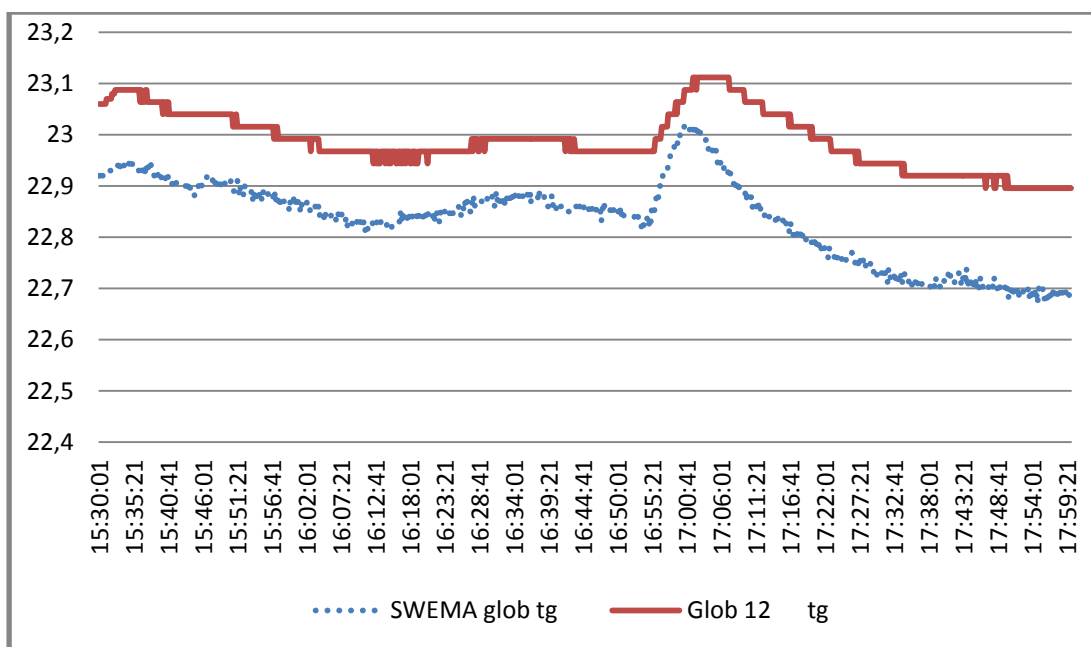
Lufthastighetsmätaren som placerats mitt mellan Swema's glob och glob 12, så därför används v_a från Swemas lufthastighetsmätare. Sedan sätts ovanstående data in i de olika ekvationerna och med hjälp av Microsoft Excel beräknas den operativa temperaturen enligt metod 2 och 3 för de sju egentillverkade globerna.

Först jämförs resultaten för de åtta svarta globernas temperatur, t_g , men vid jämförelse av den operativa temperaturen OT så räknas bara resultatet för Swema's glob och glob 12 som låg närmast varandra enligt beräkningsmetoderna 1, 2 och 3, där de jämförs med varandra.

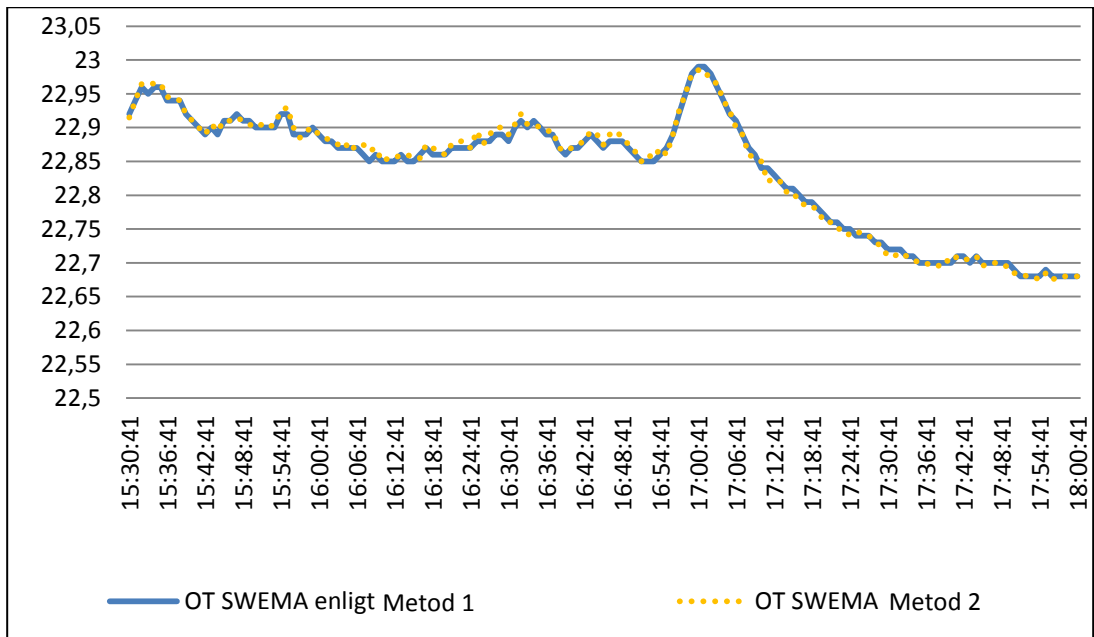
2.3.4 Resultat



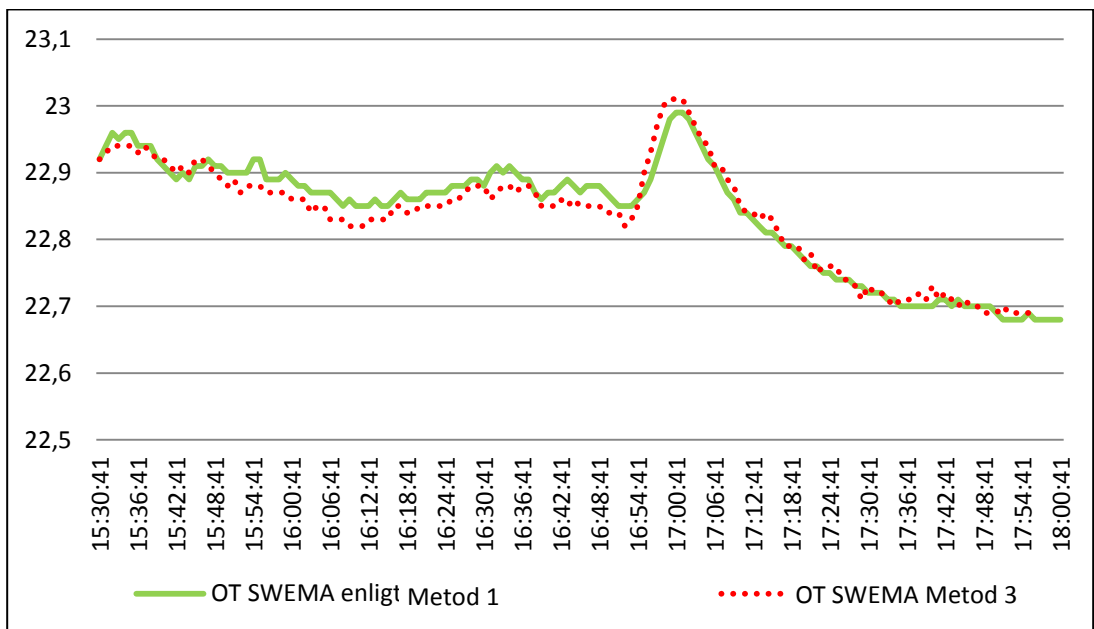
Figur 2.7 Globtemperaturen på de åtta svarta globerna, t_g i grader °C.



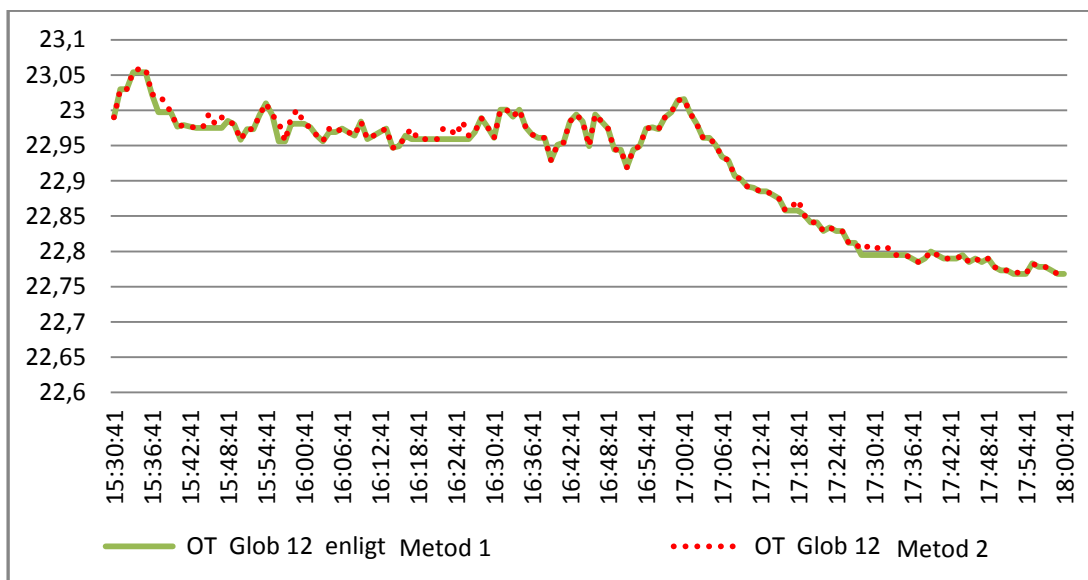
Figur 2.8 Globtemperaturen, t_g i grader °C på Swemas glob och glob nr 12 som ligger närmast.



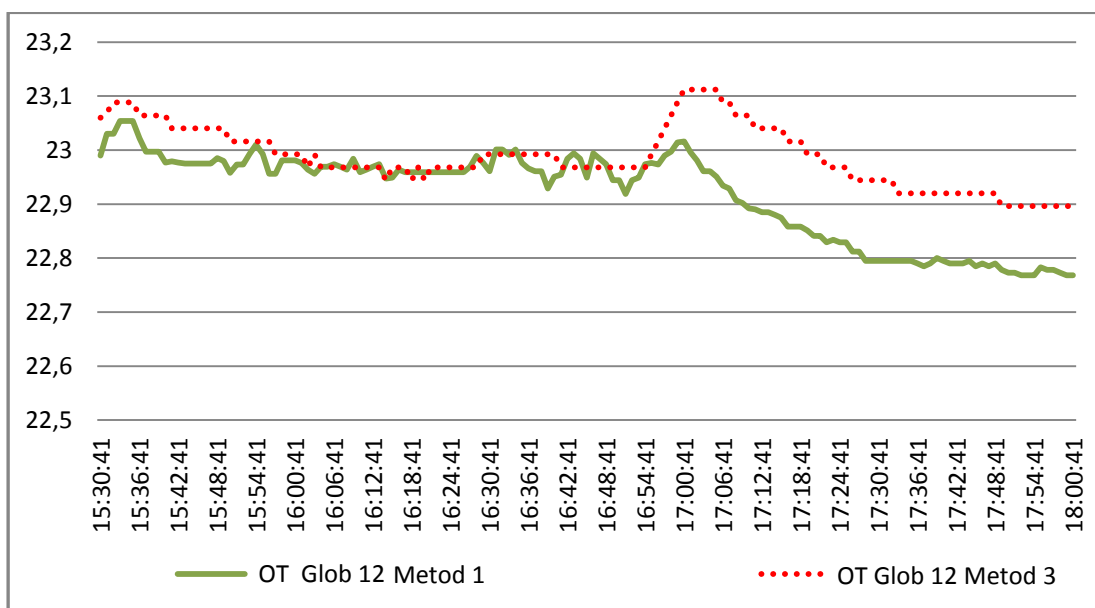
Figur 2.9 Jämförelse av Swema's operativa temperatur mellan metod 1 och 2.



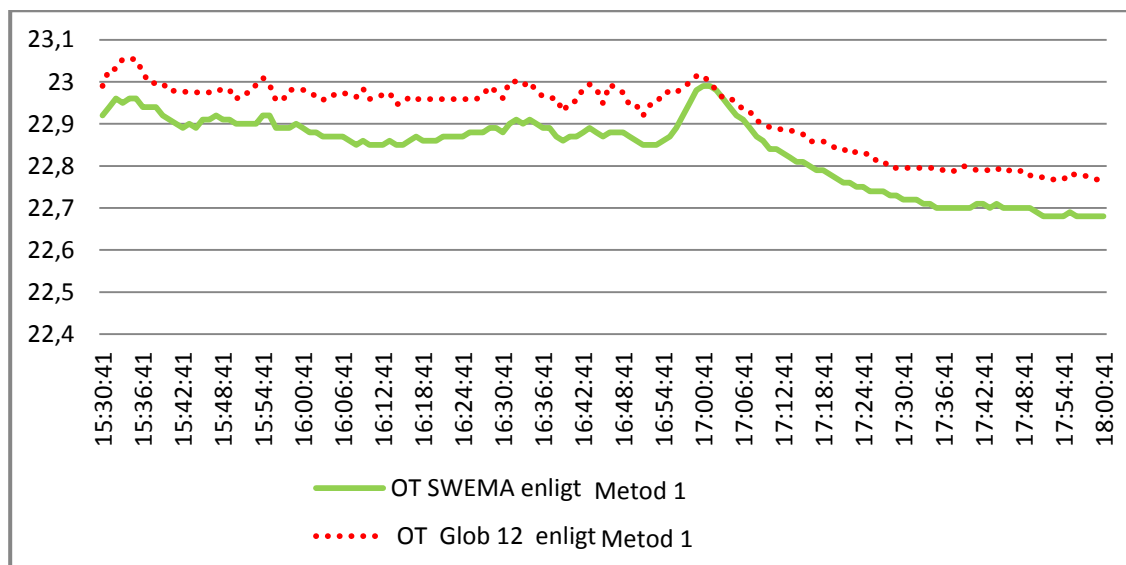
Figur 2.10 Jämförelse av Swema's operativa temperatur mellan metod 1 och 3.



Figur 2.11 Jämförelse av den operativa temperaturen för Glob 12 mellan metod 1 och 2.



Figur 2.12 Jämförelse av den operativa temperaturen för Glob 12 mellan metod 1 och 3.



Figur 2.13 Jämförelse av den operativa temperaturen mellan Swemas och Glob 12 enligt metod 1.

2.3.5 Diskussion

Man kan i figur 2.7 se att skillnaden i t_g mellan de åtta globerna är liten, på ± 0.20 °C och deras kurvor har samma variationer.

Vid jämförelse mellan glob 12 som placerades närmast till Swema's glob så ser man att skillnaden i t_g också är liten, på ± 0.20 °C och kurvorna har nästan samma variationer i lutningen vid olika tidpunkter, se figur 2.8.

I detta fall är lufthastigheten är mindre än 0,2 m/s och temperaturskillnaden mellan medelstrålningstemperaturen och lufttemperaturen är mindre än 4°C, så därför kan den operativa temperaturen beskrivas som ett medelvärde av medelstrålningstemperatur och lufttemperatur.

I figur 2.9 och figur 2.11 ser man jämförelse mellan OT som är räknat enligt metod 1 och OT som är räknat som medelvärdet mellan luft- och medelstrålningstemperatur enligt metod 2 så ser man att det finns nästan ingen skillnad och båda kurvorna ligger nästan ovan på varandra. Så i detta fall är skillnaden liten mellan beräkningsmetod 1 och 2 vilket bekräftar denna teori.

Vid jämförelse mellan beräkningsmetod 1 och 3 ser man att skillnaden mellan dem är ännu större. I detta fall så är lufthastigheten inte 0 m/s och skillnaden mellan lufttemperatur och globtemperaturen är inte 0°C så därför blir resultatet att den operativa temperaturen inte är det samma som globtemperaturen, se figur 2.10 och figur 2.12.

Metod 1 är den ger det mest noggranna resultatet eftersom man tar hänsyn till luftrörelser under hela beräkningsprocessen för den operativa temperaturen, dessutom gav metod 2 inte heller så stor skillnad i resultatet jämfört med metod 1, medan metod 3 ger ett

resultat som skiljer sig mycket från metod 1, eftersom det är en grov förenkling att försumma luftrörelsen helt.

Luftrörelser gör att man upplever temperaturen kallare, det är därför kurvan för den operativa är lägst enligt metod 1, där man tar hänsyn till lufthastigheten i alla beräkningsekvationer, sedan kommer metod 2 där lufthastigheten används bara vid beräkningen av medelstrålnings temperatur och sist metod 3 som gav den högsta operativa temperaturen, eftersom man inte tar hänsyn till lufthastigheten alls.

Och vi jämförelse mellan OT för glob 12 och Swema's glob enligt metod 1 så är skillnaden väldigt liten, på ± 0.10 °C och kurvorna har nästan samma variationer i lutningen vid olika tidpunkter, se figur 2.13.

2.4 Mätning i ett kontorsrum med en personbelastning



Figur 2.14 Bilden visar de åtta globtermometrarna är placerade centralt i ett kontorsrum framför ett fönster mot öster under maj månad.

2.4.1 Mätprotokoll

Tabell 2.3 Mättningsfallet för instrumenten vid olika placeringar och förhållanden i rummet vid olika tidpunkter.

10:50 - 11:00	Glob	Swema	16	21	7	22	6	29	12
	Placering	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet
	Höjd	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m

11:00 - 11:45	Glob	Swema	16	21	7	22	6	29	12
	Placering	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet
	Höjd	0.6 m	0.6 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m

11:45 - 12:30	Glob	SWEMA	16	21	7	22	6	29	12
	Placering	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet
	Höjd	0.1 m	0.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m

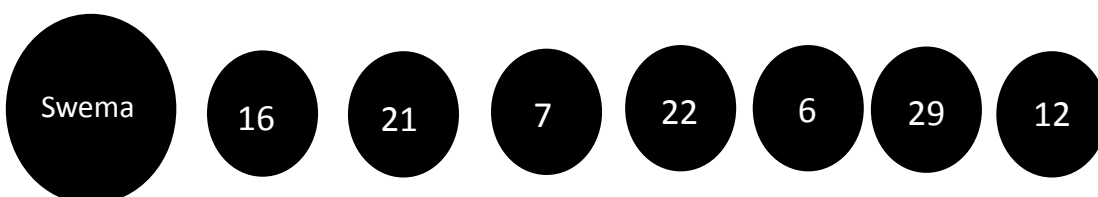
12:30 - 13:15	Glob	Swema	16	21	7	22	6	29	12
	Placering	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet
	Höjd	1.7 m	1.7 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m

13:15 - 14:00	Glob	Swema	16	21	7	22	6	29	12
	Placering	1 m från fönstret	1 m från fönstret	1 m från fönstret	1 m från fönstret	1 m från fönstret	1 m från fönstret	1 m från fönstret	1 m från fönstret
	Höjd	1.7 m	1.7 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m

14:00 - 14:45	Glob	Swema	16	21	7	22	6	29	12
	Placering	1 m från fönstret	1 m från fönstret	1 m från fönstret	1 m från fönstret	1 m från fönstret	1 m från fönstret	1 m från fönstret	1 m från fönstret
	Höjd	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m

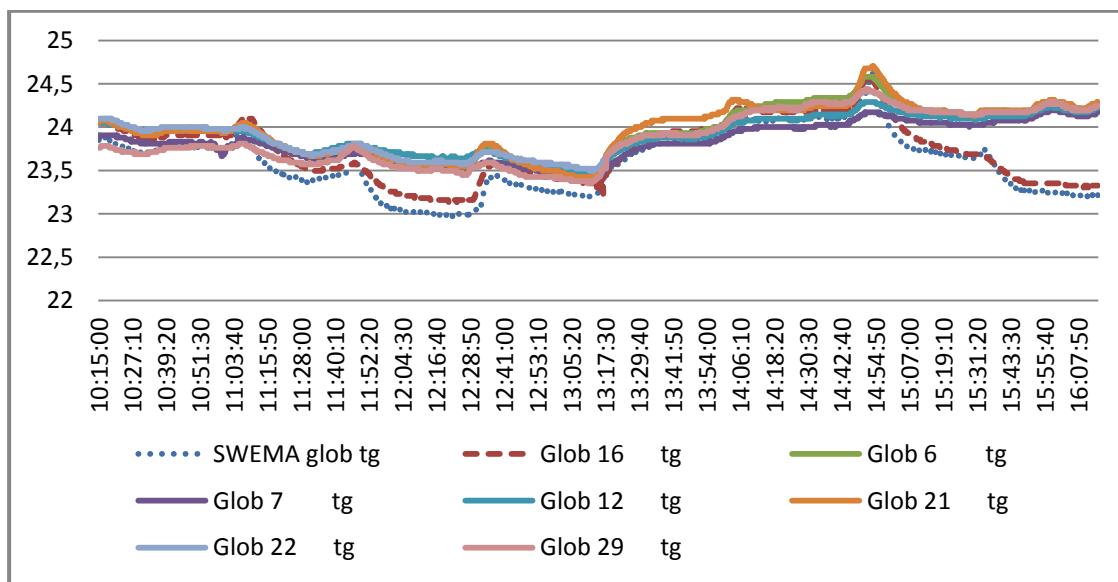
14:45 - 15:30	Glob	Swema	16	21	7	22	6	29	12
	Placering	1 m från fönstret	1 m från fönstret	1 m från fönstret	1 m från fönstret	1 m från fönstret	1 m från fönstret	1 m från fönstret	1 m från fönstret
	Höjd	0.6 m	0.6 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m

15:30 - 16:15	Glob	Swema	16	21	7	22	6	29	12
	Placering	1 m från fönstret	1 m från fönstret	1 m från fönstret	1 m från fönstret	1 m från fönstret	1 m från fönstret	1 m från fönstret	1 m från fönstret
	Höjd	0.1 m	0.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m

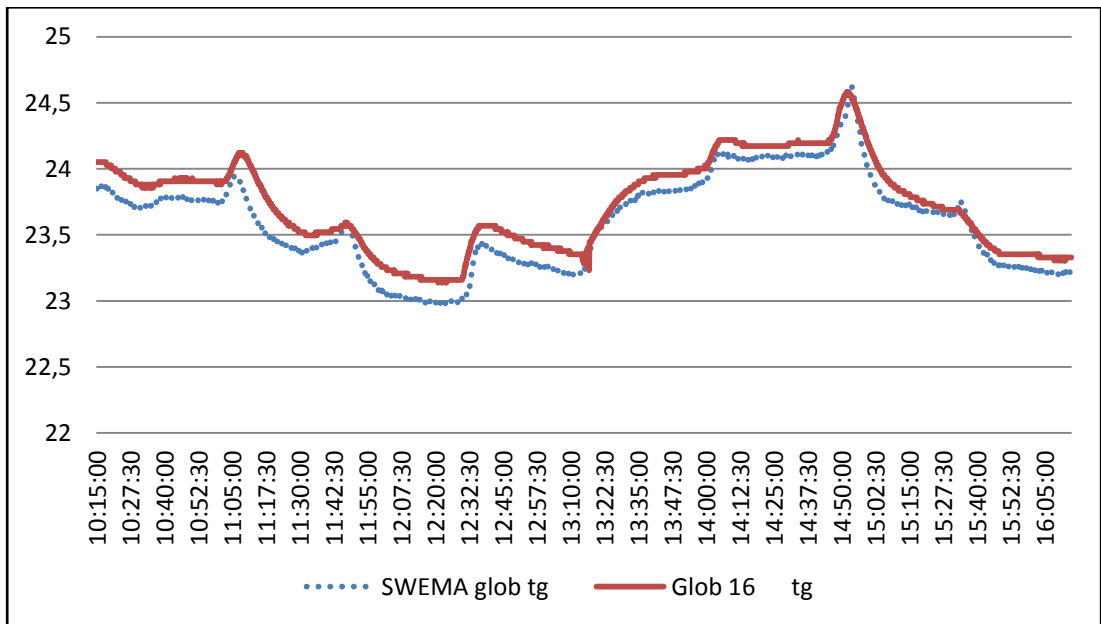


Figur 2.15 Inbördes ordning mellan globtermometrarna.

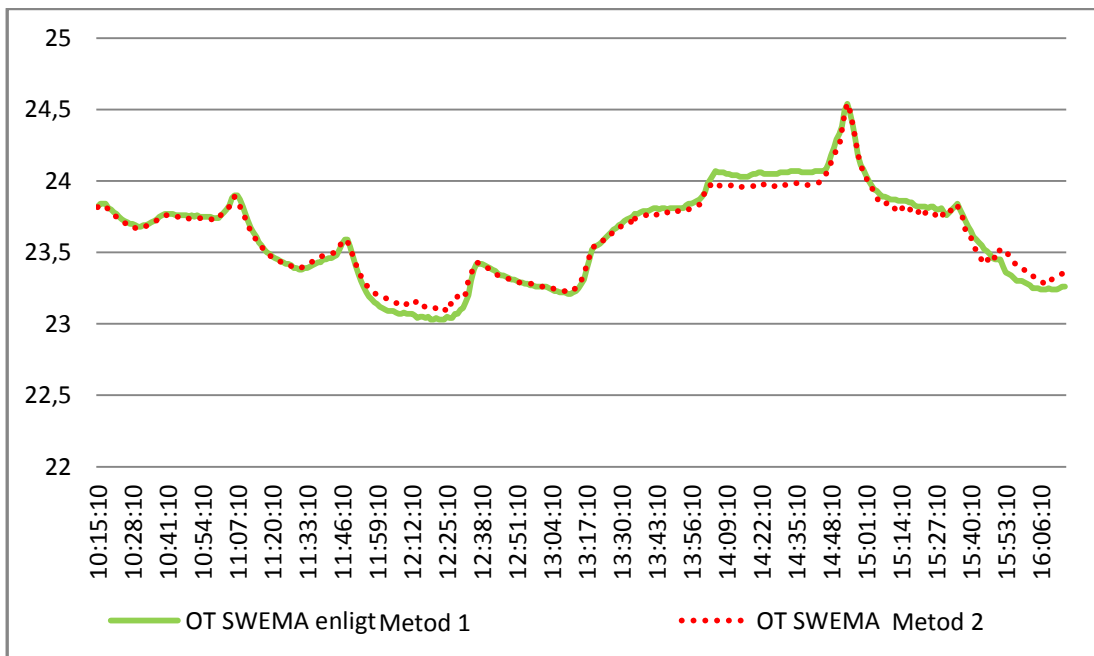
2.4.2 Resultat



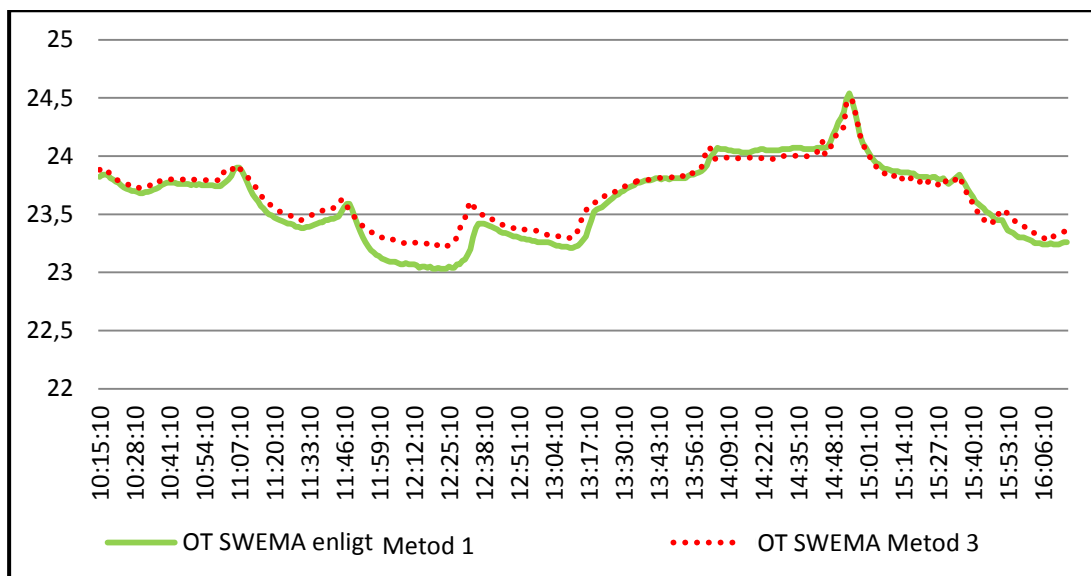
Figur 2.16 Globtemperaturen på de åtta svarta globerna, t_g i grader °C.



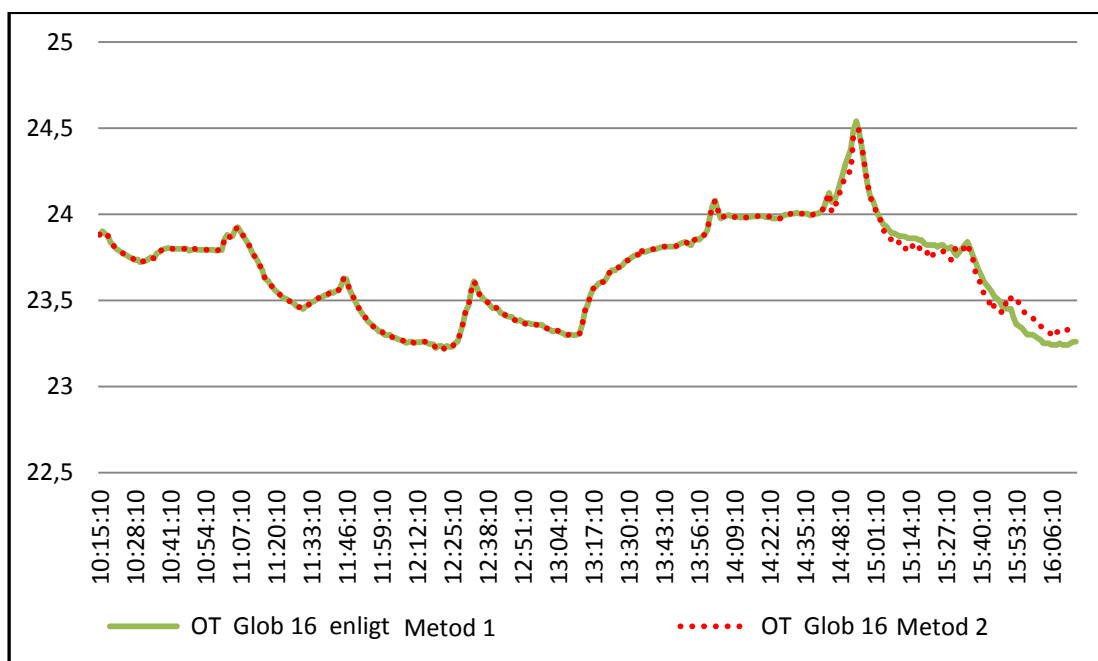
Figur 2.17 Globtemperaturen, t_g i grader °C på Swemas glob och glob nr 16 som ligger närmast.



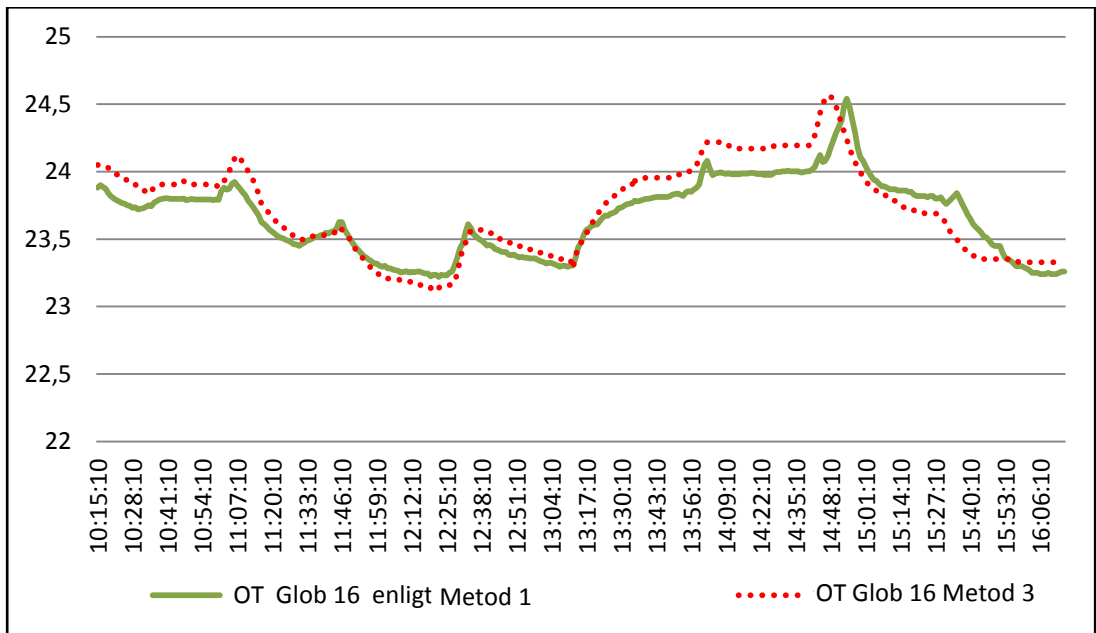
Figur 2.18 Jämförelse av Swema's operativa temperaturen mellan metod 1 och 2.



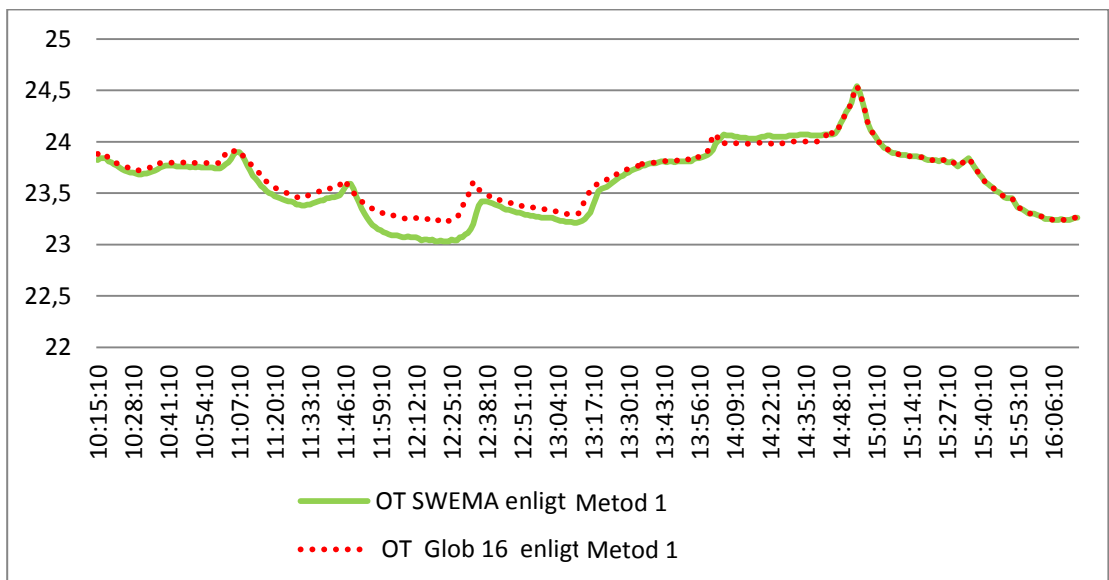
Figur 2.19 Jämförelse av Swemas operativa temperaturen mellan metod 1 och 3.



Figur 2.20 Jämförelse av den operativa temperaturen för Glob 16 mellan metod 1 och 2.



Figur 2.21 Jämförelse av den operativa temperaturen för Glob 16 mellan metod 1 och 3.



Figur 2.22 Jämförelse av den operativa temperaturen mellan Swemas och Glob 16 enligt metod 1.

2.4.3 Diskussion

Man kan se i figur 2.16 skillnaden i t_g mellan de åtta globerna på höjden 1,1 är liten på ± 0.20 °C och deras kurvor har samma variationer.

Och vid jämförelse mellan glob 16 som placerades närmast till Swemas globen så ser man att skillnaden i t_g är också liten på ± 0.15 °C och deras kurvor har nästan samma variationer i lutningen vid olika tidpunkter, se figur 2.17.

I detta fall är lufthastigheten är mindre än 0,2 m/s och temperaturskillnaden mellan medelstrålningstemperaturen & lufttemperaturen är mindre än 4°C, så därför kan den operativ temperatur beskrivas som ett medel av medelstrålningstemperatur och lufttemperatur.

Figur 2.18 och figur 2.20 visar jämförelse mellan OT som är räknat enligt den svenska standarden SS-EN ISO7730:1995 och OT som är räknat som medelvärdet mellan luft- och medelstrålningstemperatur så ser man att det finns nästan ingen skillnad och båda kurvorna ligger nästan ovan på varandra. Så i detta fall är skillnaden liten mellan beräkningsmetod 1 och 2 vilket bekräftar denna teori.

Och vid jämförelse mellan metod 1 och 3 så ser man att skillnaden mellan dem är ännu större. I detta fall så är lufthastigheten inte 0 m/s och skillnaden mellan lufttemperatur och globtemperaturen är inte 0°C så därför blir resultatet att den operativa temperaturen inte är det samma som globtemperaturen, se figur 2.19 och figur 2.21.

Metod 1 är den ger mest noggranna resultat efter som man tar hänsyn till luftrörelser under hela beräkningsprocessen för den operativa temperaturen, dessutom metod 2 gav också inte så stor skillnad i resultatet jämfört med metod 1 men däremot metod 3 ger ett resultat som skiljer sig ganska mycket från metod 1 eftersom de är en grov förenkling att försumma luftrörelsen helt.

Luftrörelser gör att man upplever temperaturen kallare, det är därför kurvan för den operativa är lägst enligt metod 1, där man tar hänsyn till lufthastigheten i alla beräknings ekvationer, sedan kommer metod 2 där lufthastigheten används bara vid beräkningen av medelstrålningens temperatur och sist metod 3 som gav det högsta operativa temperatur upplevelse, eftersom man inte tar hänsyn till lufthastigheten alls.

Och vi jämförelse med OT för glob 16 och Swemas glob enligt metod 1 så är skillnaden väldigt liten på ± 0.10 °C och kurvor har nästan samma variationer i lutningen vid olika tidpunkter, se figur 2.22.

2.5 Mätning i ett klassrum med personbelastning



Figur 2.23 Bilden visar de åtta globtermometrarna är placerade centralt i klassrummet V:C framför ett fönster under maj månad.

2.5.1 Mätprotokoll

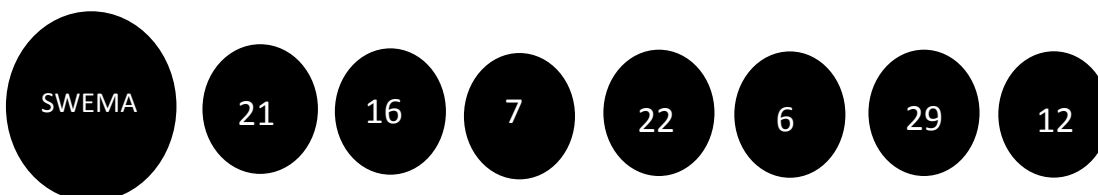
Tabell 2.4 Mättningsfallet för instrumenten vid olika placeringar och förhållande i rummet vid olika tidpunkter.

09:45 - 08:45	Glob	Swema	21	16	7	22	6	29	12
	Placering	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet
	Höjd	1.7 m	1.7 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m

10:45 - 09:45	Glob	Swema	21	16	7	22	6	29	12
	Placering	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet
	Höjd	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m

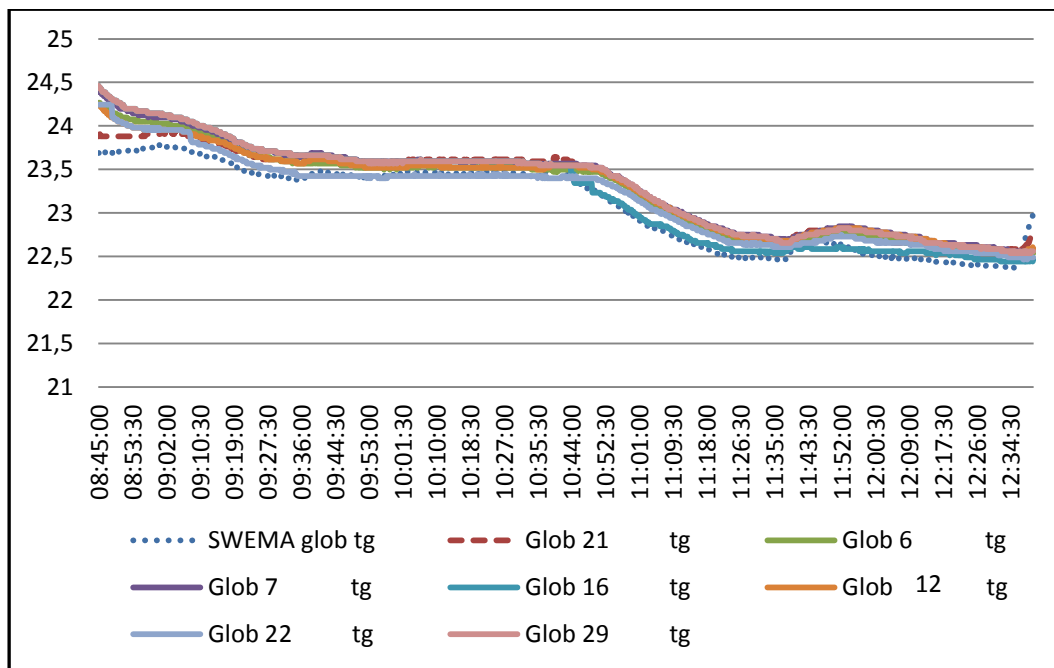
11:45 - 10:45	Glob	Swema	21	16	7	22	6	29	12
	Placering	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet
	Höjd	0.6 m	0.6 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m

12:45 - 11:45	Glob	Swema	21	16	7	22	6	29	12
	Placering	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet	Centralt i rummet
	Höjd	0.1 m	0.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m	1.1 m

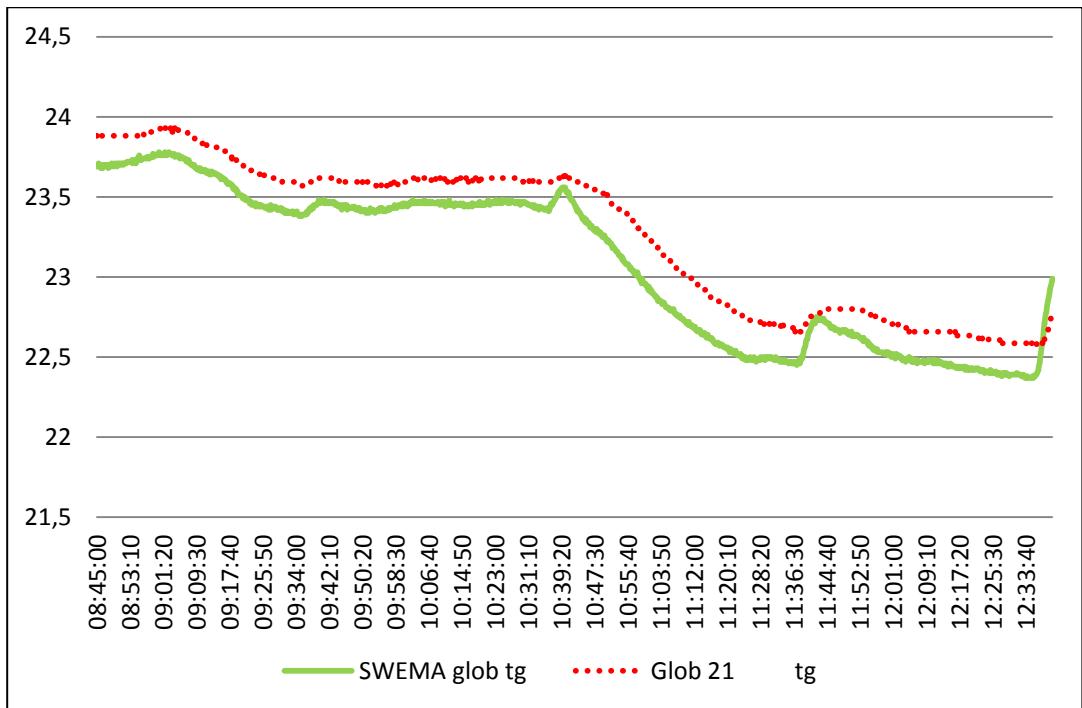


Figur 2.24 Inbördes ordning mellan globtermometrarna.

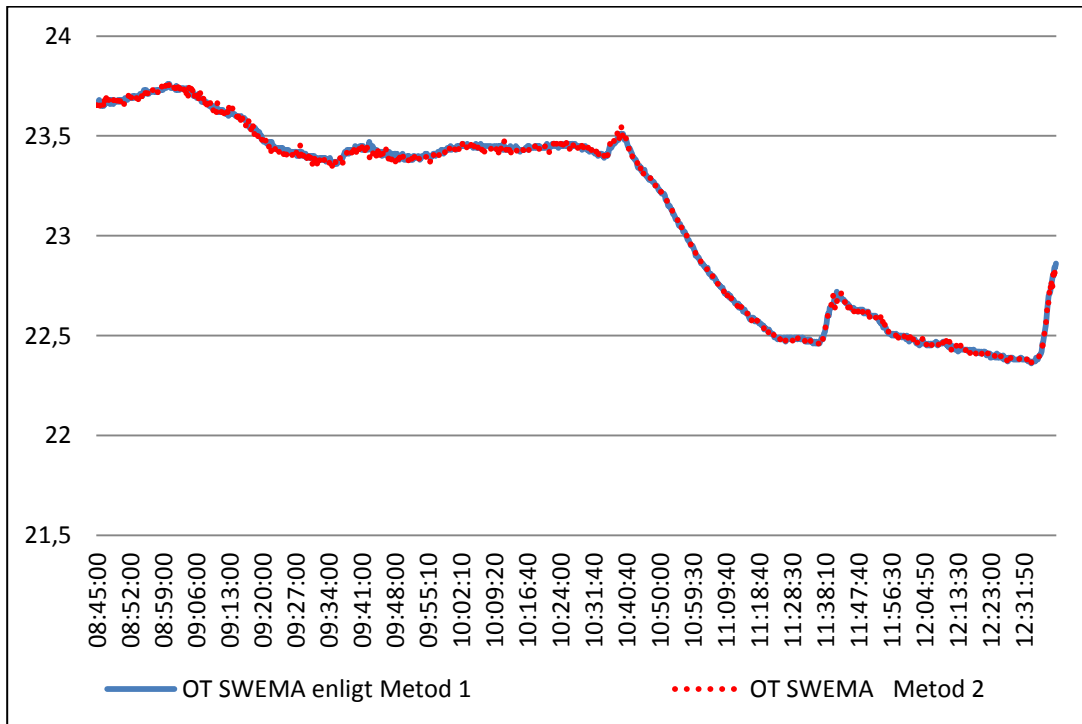
2.5.2 Resultat



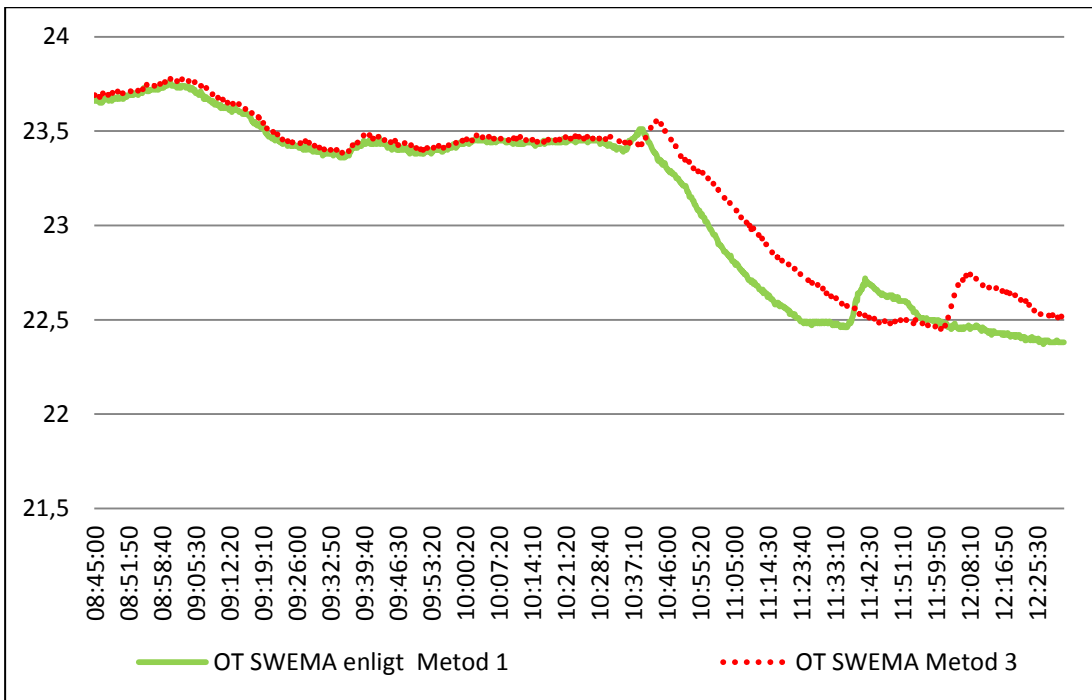
Figur 2.25 Globtemperaturen på de åtta svarta globerna, t_g i grader °C.



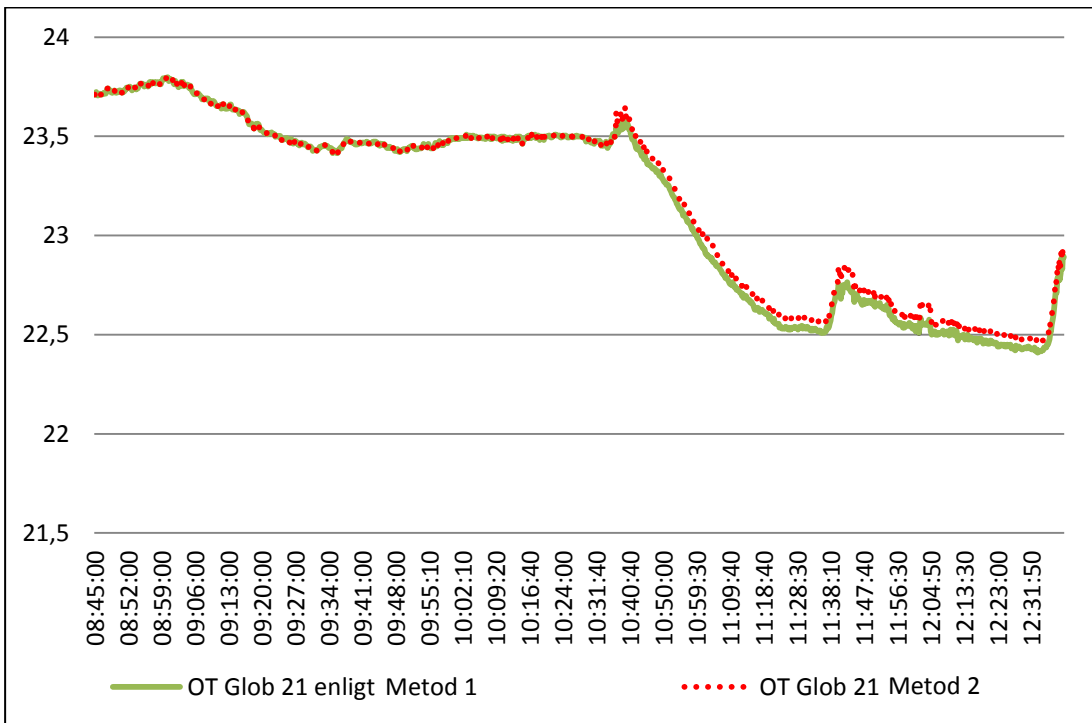
Figur 2.26 Globtemperaturen, t_g i grader °C på Swemas glob och glob nr 21 som ligger närmast.



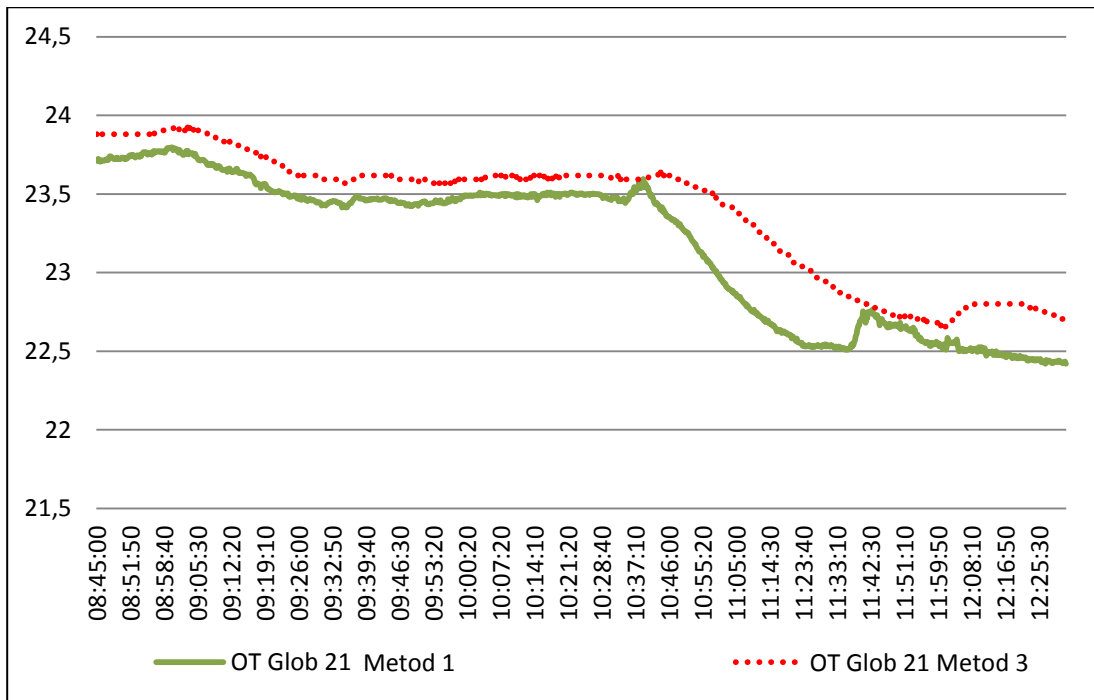
Figur 2.27 Jämförelse av Swemas operativa temperaturen mellan metod 1 och 2.



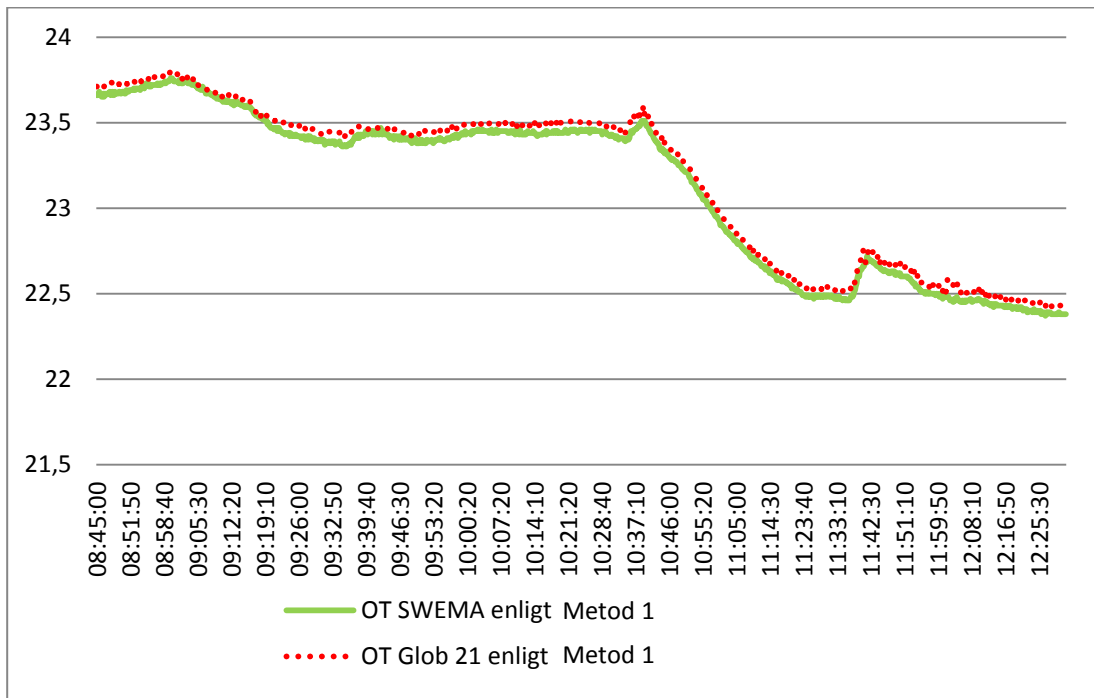
Figur 2.28 Jämförelse av Swema's operativa temperaturen mellan metod 1 och 3.



Figur 2.29 Jämförelse av den operativa temperaturen för Glob 21 mellan metod 1 och 2.



Figur 2.30 Jämförelse av den operativa temperaturen för Glob 21 mellan metod 1 och 3.



Figur 2.31 Jämförelse av den operativa temperaturen mellan Swema och Glob 12 enligt metod 1.

2.5.3 Diskussion

Man kan se i figur 2.25 skillnaden i t_g mellan de åtta globerna på höjden 1,1 är liten på ± 0.20 °C och deras kurvor har samma variationer.

Och vid jämförelse mellan glob 21 som placerades närmast till Swemas globen så ser man att skillnaden i t_g är också liten på ± 0.10 °C och deras kurvor har nästan samma variationer i lutningen vid olika tidpunkter, se figur 2.26.

I detta fall är lufthastigheten är mindre än 0,2 m/s och temperaturskillnaden mellan medelstrålningstemperaturen & lufttemperaturen är mindre än 4°C, så därför kan den operativ temperatur beskrivas som ett medel av medelstrålningstemperatur och lufttemperatur.

figur 2.27 och figur 2.29 visar jämförelse mellan OT som är räknat enligt metod 1 och OT som är räknat som medelvärdet mellan luft- och medelstrålningstemperatur så ser man att det finns nästan ingen skillnad och båda kurvorna ligger nästan ovan på varandra. Så i detta fall är skillnaden liten mellan beräkningsmetod 1 och 2 vilket bekräftar denna teori.

Och vid jämförelse mellan metod 1 och 3 så ser man att skillnaden mellan dem är ännu större. I detta fall så är lufthastigheten inte 0 m/s och skillnaden mellan lufttemperatur och globtemperaturen är inte 0°C så därför blir resultatet att den operativa temperaturen inte är det samma som globtemperaturen, se figur 2.28 och figur 2.30.

Metod 1 är den ger mest noggranna resultat efter som man tar hänsyn till luftrörelser under hela beräkningsprocessen för den operativa temperaturen, dessutom metod 2 gav också inte så stor skillnad i resultatet jämfört med metod 1 men däremot metod 3 ger ett resultat som skiljer sig ganska mycket från metod 1 eftersom de är en grov förenkling att försumma luftrörelsen helt.

Luftrörelser gör att man upplever temperaturen kallare, det är därför kurvan för den operativa är lägst enligt metod 1, där man tar hänsyn till lufthastigheten i alla beräkningsekvationer, sedan kommer metod 2 där lufthastigheten används bara vid beräkningen av medelstrålningens temperatur och sist metod 3 som gav det högsta operativa temperatur upplevelse, eftersom man inte tar hänsyn till lufthastigheten alls.

Vid jämförelse med OT för glob 16 och Swemas glob enligt metod 1 så är skillnaden väldigt liten på ± 0.08 °C och kurvor har nästan samma variationer i lutningen vid olika tidpunkter, se figur 2.31.

3 Slutlig diskussion och slutsats

Tabell 3.1 Jämförelse av det slutliga resultatet enligt metod 1 för de tre olika mätningstillfällena.

Lokal typ	Kontorsrum utan personbelastning	Kontorsrum med en personbelastning	Klassrum med och utan personbelastning
Maximal skillnad mellan Swema's glob och globen som är närmast			
Globtemperaturen t_g	± 0.20 °C	± 0.15 °C	± 0.10 °C
Den Operativa temperaturen OT	± 0.10 °C	± 0.10 °C	± 0.08 °C

Förklaringen till dessa små skillnader i t_g är att de åtta globerna placerade bredvid varandra och inte i exakt samma position i rummet, vilket gör att de får olika strålningsvärme från omgivande ytor.

Den operativa temperaturen kan ibland vara lägre eller högre än dem andra eftersom strålningen från omkringliggande ytor är inte samma, vilket kan påverka resultatet.

Även kalla köldbryggor, dåligt uppvärmda golv eller dåligt isolerade väggar, tak och fönster i rummen kan påverka den operativa temperaturen.

Dessutom kan det bero på att Swemas glob har en större diameter, vilket gör att globen kyls av luftrörelsen medan de små globerna värms upp snabbare vilket gör de har högre temperatur, och de kan man märka genom att Swemas kurva ligger alltid underst.

Vi kan se i tabellen ovan att skillnaderna mellan Swemas och de sju globerna inte är så stora. Så man kan dra slutsatsen att det går att använda en hemtillverkad globtermometer för att ta reda på den operativa temperaturen och bedömning av inomhusklimat och kan ge ett acceptabelt noggrant resultat som Swemas dyra avancerade globtermometer.

Metod 1 är bäst när det gäller noggrannhet där man tar hänsyn till luftrörelsen i de olika ekvationerna i beräkningsprocessen, sedan kommer metod 2 och sist metod 3 där man försummar lufthastigheten, vilket kan aldrig bli 0 i verkligheten.

Och enligt det allmänna rådet som Boverket, Arbetsmiljöverket, Socialstyrelsen och Folkhälsomyndigheten gällande termiskt inomhusklimat är har båda kontorsrummet och klassrummet fyllt komfortkraven, se tabell 3.2.

Tabell 3.2 Resultat och bedömning om kontorsrummet och klassrummet fyller komfortkraven.

SS-EN ISO 7730	Vinterförhållanden	Sommarförhållanden
Operativ temperatur	Ligger mellan 20 °C– 24 °C Godkänd	Ligger mellan 23° C– 26 °C Godkänd
Vertikal skillnad i lufttemperatur mellan 1,1 m och 0,1 m över golvet (huvud- och ankelhöjd)	Mindre än 3 °C Godkänd	Mindre än 3 °C Godkänd
Skillnad i operativ temperatur mätt vertikalt 0,1 och 1,1 m över golv (huvud- och ankelhöjd)	Mindre än 3 °C Godkänd	Mindre än 3 °C Godkänd
Golvets yttemperatur	19 °C–26 °C	
System med golvvärme	Max 29 °C	
Luftens medelhastighet	Mindre än 0,15m/s Godkänd	Mindre än 0,25 m/s Godkänd
Strålningstemperaturasymmetrin på grund av fönster eller andra kalla vertikala ytor (i förhållande till ett litet vertikalt plan 0,6 m över golvet)	Mindre än 10 °C Godkänd	
Strålningstemperaturasymmetrin på grund av ett varmt (uppvärmt) tak (i förhållande till ett litet horisontellt plan 0,6 m över golvet).	Mindre än 5 °C Godkänd	

Referenser

AFS 2009:2. *Arbetsmiljöverkets föreskrifter om arbetsplatsens utformning samt allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna*. Stockholm.

AFS 2013:3. *Arbetsmiljöverkets föreskrifter om ändring i Arbetsmiljöverkets föreskrifter (AFS 2009:2) om Arbetsplatsens utformning*. Stockholm.

BFS 2011:6. *Boverkets byggregler – föreskrifter och allmänna råd, BBR 22*. Karlskrona.

FoHMFS 2014:17. *Folkhälsomyndighetens allmänna råd om temperaturen inomhus*. Tillgänglig: <https://www.folkhalsomyndigheten.se/publicerat-material/foreskrifter-och-allmanna-rad/fohmfs-201417/>.

Gavhed, Désirée och Holmér, Ingvar. (2006). *Det termiska klimatet på arbetsplatsen*. Stockholm: Arbetslivsinstitutet, förlagstjänst. Tillgänglig: http://nile.lub.lu.se/arbarch/arb/2006/arb2006_02.pdf

Onset Computer Corporation. (2009). *HOBO® U12 Temp/RH/2 External Data Logger. Manual*. Tillgänglig: <http://www.onsetcomp.com/products/data-loggers/u12-013>.

Onset Computer Corporation. (2013). *TMCx-HD Water/Soil Temperature Sensor. Specifications*. Tillgänglig: <http://www.onsetcomp.com/products/sensors/tmc6-hd>.

Socialstyrelsen. (2005). *Temperatur inomhus*. Stockholm. Tillgänglig: <http://www.folkhalsomyndigheten.se/publicerat-material/publikationer/Temperatur-inomhus/>

Svenska Standardiseringsinstitutet (SIS). (2002). *SS-EN ISO 7726:1998 Ergonomi för termiskt klimat - Instrument för mätning av fysiska storheter*.

Svenska Standardiseringsinstitutet (SIS). (2006). *SS-EN ISO 7730:2006 Ergonomi för den termiska miljön - Analytisk bestämning och bedömning av termisk komfort med hjälp av indexen PMV och PPD samt kriterier för lokal termisk komfort*.

Swema AB. (2014). *Operativ temperatur*. Tillgänglig: <http://www.swema.se/instrument.php?p=Operativ%20temperatur>

Bilaga 1

Krav och rekommendationer på termiskt inneklimat

Utredning

I Boverkets byggregler (BBR) ställs kravet att "tillfredsställande termiskt klimat kan erhållas" (Boverket, 2011, s. 205) och råd ges om att riktad operativ temperatur vid dimensionerande utetemperatur ska vara lägst 18 °C.

Det allmänna rådet som Boverket ger gällande termiskt klimat är:

"Med tillfredsställande termiskt klimat avses

- när termisk komfort i vistelsezonen uppnås,
- när ett för byggnaden lämpligt klimat kan upprätthållas i övriga utrymmen i byggnaden med beaktande av avsedd användning. Termiskt klimat har också inverkan på byggnadens beständighet.

Regler om termisk komfort ges även ut av Arbetsmiljöverket och Folkhälsomyndigheten".
(BBR, Avsnitt 6 Hygien, hälsa och miljö 2014, sida 7)

Enligt arbetsmiljöverket är det lämpligt att man granskar och dimensionera inomhusklimatet och komfort med hjälp av rekommendationer och riktvärden enligt standarden SS-EN ISO 7730, och den är enbart tillämplig vid inomhustemperatur mellan 10 och 30 °C.

Så för att ett hus ska ha ett behagligt och komfortabelt inomhusklimat med hänsyn till boendens aktivitet så bör den fylla komfortkraven och riktvärden enligt den internationella standarden SS-EN ISO 7730.

Tabell 1 Rekommendationer för inneklimat enligt SS EN ISO 7730 (Gavhed och Holmér 2006).

SS-EN ISO 7730	Vinterförhållanden	Sommarförhållanden
Operativ temperatur	20 °C–24 °C	23° C–26 °C
Vertikal skillnad i lufttemperatur mellan 1,1 m och 0,1 m över golvet (huvud- och ankelhöjd)	Mindre än 3 °C	Mindre än 3 °C
Golvets ytemperatur	19 °C–26 °C	
System med golvvärme	Max 29 °C	
Luftens medelhastighet	Mindre än 0,15 m/s	Mindre än 0,25 m/s.

Strålningstemperatrasymmetrin på grund av fönster eller andra kalla vertikala ytor (i förhållande till ett litet vertikalt plan 0,6 m över golvet)	Mindre än 10 °C	
Strålningstemperatrasymmetrin på grund av ett varmt (uppvärmt) tak (i förhållande till ett litet horisontellt plan 0,6 m över golvet).	Mindre än 5 °C	

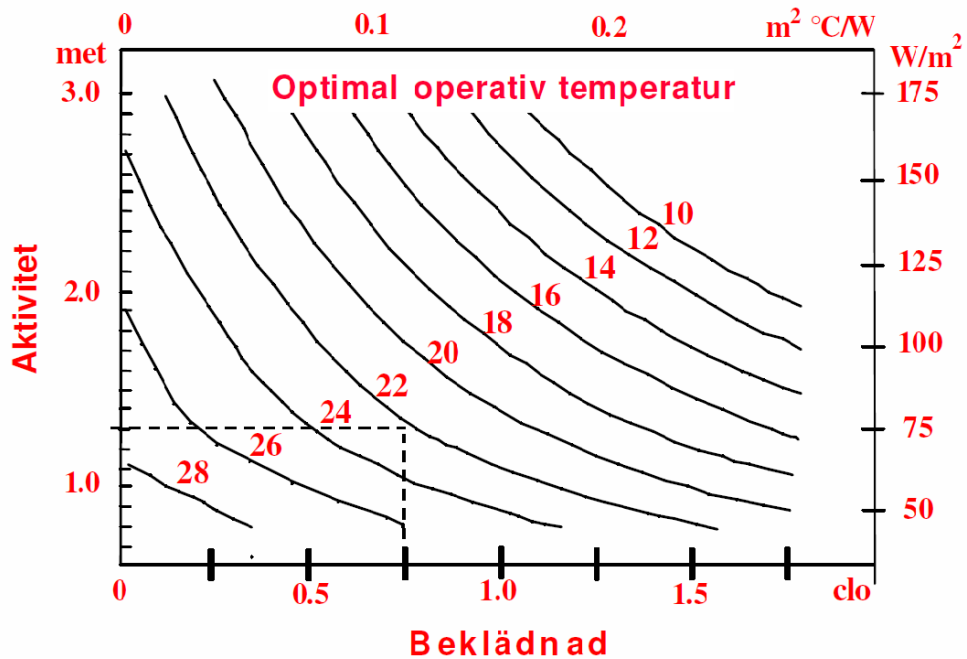
Upplevelsen av inneklimat varierar från en person till en annan eftersom vissa är känsligare än andra. Det går inte att få alla helt nöjda eftersom vissa föredrar ett varmare inneklimat än andra. Vid beräkning bestäms därför en teoretisk ämnesomsättning samt hur mycket de kläder som bärs isolerar och den termiska komforten upplevs beror till stor del av klädsel och aktivitet.

Standarden SS-EN ISO 7730 kan skrivas om till en statistisk modell PMV (predicted mean vote). Den visar sambandet mellan PMV och skattad andel missnöjda (PPD) personer [%] och samt klassificering av termiskt klimat sker med hjälp av en 7-gradig skala för upplevelsen av termisk komfort.

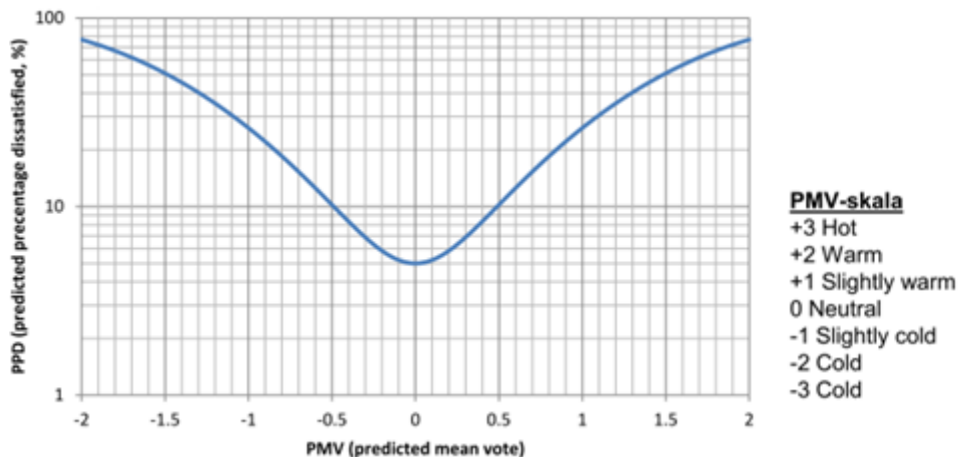
Från nedanstående diagram kan man dra slutsatsen att det inte går att skapa ett inomhusklimat där alla är nöjda samtidigt.

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 1 Samband mellan optimal operativ temperatur, aktivitet och beklädnadsisolation.



Figur 2 Sambandet mellan PMV och skattad andel missnöjda (PPD) personer [%]. (Gavhed och Holmér, 2006, Det termiska klimatet på arbetsplatsen).

En utförlig mätning ska genomföras enligt folkhälsomyndigheten allmänna råd om temperatur inomhus.

Utöver några råd om temperaturdifferenser och lufthastighet hänvisar Boverket i övrigt till Folkhälsomyndigheten (BFS 2011:6).

Bilaga 2

Standarder och rekommendationer vid mätning av inneklimat

Utredning

Att bestämma den termiska komforten med enbart den uppmätta lufttemperaturen är svårt eftersom den termiska komforten beror på många andra parametrar. De parametrar som Folkhälsomyndigheten tittar på är för att ange värden för bedömning av olägenhet för människors hälsa.

Det finns några olika krav och rekommendationer när det gäller innetemperatur och termisk komfort i bostäder. Folkhälsomyndigheten rekommenderar en operativ temperatur på mellan 20 och 23 °C. Riktvärden för olägenhet på grund av hög temperatur är varaktig operativ temperatur över 24 °C och kortvarig över 26 °C. För olägenhet på grund av för låg operativ temperatur gäller 18 °C. Samtidigt ger man råd om en indikerande mätning som kan göras av enbart lufttemperaturen, där man säger att värden under 20 °C eller över 24 °C (26 °C på sommaren) indikerar att fortsatt utredning behövs.

Tabell 1 Parametrar som enligt Socialstyrelsen bör utvärderas vid en utförlig mätning. I tabellen redovisas även riktvärden och rekommenderade värden.

1. Lufttemperatur	Under 20 °C
2. Lufttemperatur	Över 24 °C vintertid Över 26 °C sommartid
3. Golvtemperatur	Under 18 °C

Tabell 2 Värden för bedömning av olägenhet för människors hälsa.

	Riktvärden	Rekommenderade värden
1. Operativ temperatur Under	18 °C ¹	20–23 °C ²
2. Operativ temperatur, varaktigt	Över 24 °C ³	
3. Operativ temperatur, kortvarigt	Över 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. Yttemperatur, golv	Under 16 °C ⁶	20–26 °C

¹ För känsliga grupper, 20 °C.

² För känsliga grupper, 22–24 °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.

(Socialstyrelsen 2005)

Standard för ergonomi och mätutrustning:

Ergonomi för termiskt klimat – Instrument för mätning av fysiska storheter anger förutsättningar och metoder för hur man mäter och beräknar det termiska klimatet enligt Folkhälsomyndigheten och den är baserad på SS-EN ISO 7726.

(FoHMFS, 2014:17, sida.6)

Indikerande mätning

kontroll och bedömning av för denna mätning grundas på Svensk Standard SS-EN ISO 7726:

- Lufttemperatur
- Golvtemperatur
- Luftrörelser

Lufttemperaturen kan mätas med en lufttermometer. Att använda en registrerande lufttemperaturmätare (logger) är oftast bäst eftersom den registrerar och samlar mätvärden under en längre tid. Även en termograf eller hygrotermograf kan användas.

Golvtemperatur kan mätas med kontaktermometer och kontroll av luftrörelser utförs enklast med indikatorrök.

(Socialstyrelsen 2005).

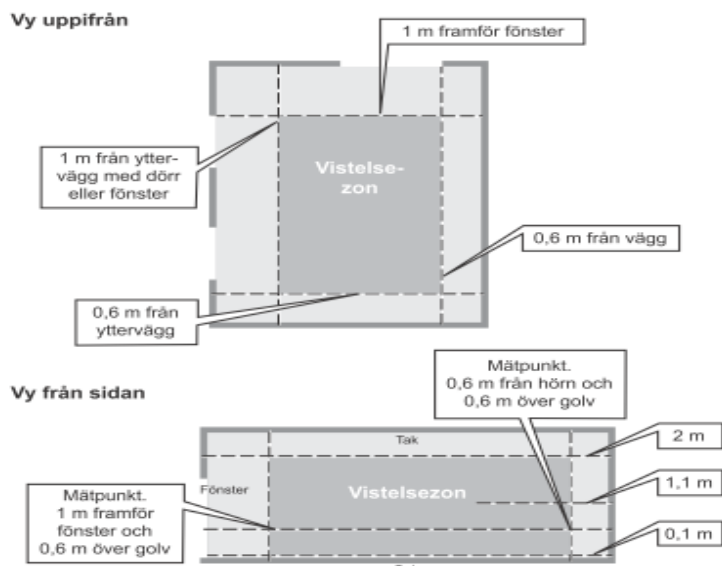
Utförlig mätning

Utförlig mätning kan innehålla kontroll och bedömning av:

- operativ temperatur
- strålningstemperaturskillnad
- vertikal lufttemperaturskillnad 0,1–1,1 meter över golv
- yttemperatur på golv.

(Socialstyrelsen 2005).

Placering



Figur 1 En skiss av var i rummet sker mättningskontrollen.

Lufttemperaturen och den operativa temperaturen mäts på minst två ställen i det aktuella rummet, dels 1 meter framför ett fönster 0,6 meter ovanför golvet, dels i ett hörn 0,6 meter från vardera väggen och 0,6 meter över golvet (figur 1). Vid klagomål mäts temperaturen även på de platser i rummet där de klagande känner besvär.

Strålningstemperaturskillnaden bestäms 0,6 meter över golvet. Mätinstrumenten får inte vara utsatta för direkt solljus.

Lufthastigheten och den vertikala lufttemperaturskillnaden undersöks vid samtliga mätpunkter och genom mätning 0,1 meter och 1,1 meter över golvet. Detta motsvarar fot- och huvudhöjd för en sittande person.

Givaren (glob-, kub- eller ellipstermometer) placeras 0,6 meter över golvet,

1 meter innanför fönstret. Vid vertikal temperaturskillnad mäts den operativa temperaturen 0,1 meter och 1,1 meter över golvet (Socialstyrelsen 2005).

Mättider/perioder

Mättiden varierar från mätinstrument till annat beroende på hur känslig instrumentet för klimatvariationer för olika årstider och hur länge man behöver mäta utrymmet för att få den mest noggranna resultatet som ligger närmast den verkliga operativa temperaturen.

Om mätningen utförs vid en extrem utetemperatur för orten så för säkerhets skull registrerar man av utetemperaturen före och efter mätningen. Under mätperioden kan ibland utomhustemperaturen variera mycket eller har varierat kraftigt dagarna före, så för

säkerhetsskull mäts inomhustemperaturen under flera dagar med registrerande instrument. Man kan även mäta den två gånger med några dygns mellanrum.

Det är också viktigt att kontrollera så att låg lufttemperatur inte beror på tillfällig störning i värmesystemet.

Kalibrering

Kalibreringsintervall varierar från ett mätinstrument till annat. I mätprotokollet är det lämpligt att ange när och hur kalibrering har skett och hur länge kalibreringsintyget är giltigt. När givaren är inställd (1–25 minuter beroende på instrumentets inställnings tid) avläses värdet.

De mätningar som har gjorts, dokumenteras förslagsvis enligt protokoll, se figur 2.

Exempel på mätprotokoll

Handläggare		Temperatur och drag				
Hyresgäst		Datum				
Namn		Fastighetsägare				
Adress		Namn				
Tfn		Adress				
Mobiltel		Tfn				
Mobiltel		Mobiltel				
Utelufttemperatur °C		Vindhastighet m/s				
Mätinstrument		Fabrikat				
Typ		Kalibrering				
Mätpunkter		Framför fönster	I hörn	Mitt i rum	Annan punkt	Om annan punkt var
Golvttemperatur °C						
Lufttemperatur över golv °C		0,1 m				
		0,6 m				
		1,1 m				
		Skilnad mellan 1,1 och 0,1 m				
Lufthastighet, m/s (bedömt 3 min genomsnittsvärde)		0,1 m				
		1,1 m				
Operativ temperatur, t_o , 0,6 m över golv, °C						
Strålningstemperaturassymetri, Δt_o , 0,6 m över golv, °C						
Allmän bedömning Bl.a. karaktärisering av byggnaden i termiskt hänseende, bedömd upp- värmningskapacitet, värmeanord- ningens typ och dess funktion vid måttillfället, solbelastning, möble- ring, rummets användningssätt.						
Övriga mätuppgifter Här kan anges om riktad strålning- temperatur, golvttemperatur, relativ fuktighet etc Se vidare bilaga Mätning av termiskt klimat						

Figur 2 Exempel på ett mätprotokoll för bedömning av inomhusklimat. (Socialstyrelsen 2005).