



# LUND UNIVERSITY

## Individuell värmedebitering från uppstart i kv grynmalaren till igångsättning i kv Labben

Rundberg, Gudrun

2005

[Link to publication](#)

*Citation for published version (APA):*

Rundberg, G. (2005). *Individuell värmedebitering från uppstart i kv grynmalaren till igångsättning i kv Labben*. (TVIT; Vol. TVIT-7005). Avd Installationsteknik, LTH, Lunds universitet.

*Total number of authors:*

1

### General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117  
221 00 Lund  
+46 46-222 00 00

# Individuell värmedebitering

Från uppstart i kv Grynmalaren  
till igångsättning i kv Labben

*Gudrun Rundberg*

---

Avdelningen för installationsteknik  
Institutionen för bygg- och miljöteknologi  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet, 2005  
Rapport TVIT--05/7005



## Lunds Universitet

Lunds Universitet, med nio fakulteter samt ett antal forskningscentra och specialhögskolor, är Skandinaviens största enhet för forskning och högre utbildning. Huvuddelen av universitetet ligger i Lund, som har 100 400 invånare. En del forsknings- och utbildningsinstitutioner är dock belägna i Malmö, Helsingborg och Ljungbyhed. Lunds Universitet grundades 1666 och har idag totalt 6 000 anställda och 41 000 studerande som deltar i ett 90-tal utbildningsprogram och ca 1000 fristående kurser erbjudna av 88 institutioner.

## 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 som ger bra inneklimat i samverkan med byggnaden.

Nuvarande forskning innefattar bl a utveckling av metoder för utveckling av beräkningsmetoder för godtyckliga flödessystem, konvertering av direktelvärmade 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 spargasmetod.

# Individuell värmedebitering

Från uppstart i kv Grynmalaren  
till igångsättning i kv Labben

*Gudrun Rundberg*



Arbetet har utförts på uppdrag av:

**LKF**

Lunds Kommuns Fastighets AB

© Gudrun Rundberg, 2005

ISRN LUTVDG/TVIT--05/7005--SE(30)

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

## Sammanfattning

För att minska människans energislöseri kan individuell värmemätning och debitering i den egna bostaden vara ett sätt att minska energianvändningen. Lunds Kommuns Fastighets AB (LKF) har valt att använda ”komfortmetoden”, rumstemperaturen mäts i alla rum utom i kök, hall och badrum, ett medelvärde beräknas och eventuellt korrigeras. Är medeltemperaturen över 21°C får hyresgästen betala 5 kr per m<sup>2</sup> lägenhetsyta och år för varje grad upp till 24°C och understiger temperaturen 21°C får hyresgästen tillbaka 5 kr per m<sup>2</sup> lägenhetsyta och år för varje lägre grad ned till 18°C. För en lägenhet på 72 m<sup>2</sup> blir detta cirka 360 kr per grad och år. Projektet startade våren 2003 med sju stycken lägenheter i kv Grynmalaren. Några av de problem som lösts under vägen är överföring av signaler i comhem:s kabeltevenät, placering av temperaturgivare, minimering av kanalisation och bättre instrumentering med halverat effektbehov.

Då den första utrustningen för temperaturmätning, brand- och rörelselarm monterades i kv Grynmalaren blev kanalisationen väldigt omfattande och var dåligt utförd. Temperaturgivarnas placering har stor betydelse för den uppmätta temperaturen som levererades till databasen. Att mäta temperaturen där den inte kan påverkas av teveapparater, sol mm och sedan korrigera värdet så det är likvärdigt med temperaturen i vistelsezonen kunde kanske lösa problemet och minimera kabeldragningen och därmed även kanalisationen. Det beslöts att temperaturgivarna kunde placeras över dörr i respektive rum. Temperaturgivarna, små sensorer, placerades dolt i en kabellist, kabeldragningen blev kortare och samtidigt minimerades installationskostnaden. Uppmätta temperaturvärden korrigeras och förslag till en formel har tagits fram som gör om denna till en uppskattad temperatur på en höjd 1,2 meter över golv i vistelsezonen. Temperaturgradienten i ett rum orsakas av konvektionsströmmar i rummet. Med ökande värmeförsel ökar temperaturgradienten men sambandet är inte linjärt. Även utan värmeförseln är temperaturgradienten 0,5 grader per meter och vid stor värmeförsel kan den öka till cirka 1,5 grader per meter. En uppdelning av värmeförseln på flera källor minskar storleken av temperaturgradienten.

I september 2004 monterades delvis ny utrustning för temperaturmätning, brand- och rörelselarm i 72 lägenheter i kv Labben. För att minska arbetet med kabeldragning placerades temperaturgivarna på lägenheternas innervägg precis över dörr i sovrum respektive vardagsrum. Här kan de inte påverkas av sol, teveapparater och dylikt. Den uppmätta temperaturen måste korrigeras så att den motsvarar den temperatur som råder i vistelsezonen. Förslag till korrektion har framtagits och testas nu i kv Labben. I oktober 2004 ingångsattes temperaturmätningen i dessa lägenheter.

En långtidsmätning bör utföras för att få mer kunskap om temperaturgradienter i lägenheter med radiatoruppvärmning och mekanisk frånluft.

Det kunde vara intressant att göra en enkel modell för att mäta värmetransmissionen mellan lägenheter och bestämma den lägsta temperatur en lägenhet kan ha för att inte grannlägenheternas komfort skall påverkas, alltså den temperatur på 21°C som alla lägenheter bör kunna uppnå.

Vid analys av temperaturvärden uppmätta i kv Labben kunde konstateras att flera hyresgäster har sänkt temperaturen i sin lägenhet och några hade sänkt temperaturen och sedan höjt den igen. Energibesparingen kan väntas bli mellan 10 – 20%.

# Innehållsförteckning

	sid
Sammanfattning	1
Innehållsförteckning	2
Förord	3
1. Inledning	
Syfte	5
”Komfortmetoden”	5
Vad bör utvärderas.	6
2. Kv Grynmalaren 5	7
Instrumentering och dess placering	7
Anmärkning	9
Temperaturgivare	9
Kontroll av temperaturgivare med lösa mätloggar	10
Kontroll av temperaturmätning	13
3. Debiterbar temperatur	17
Mätning av temperaturer	17
Teoretisk analys	20
Förslag till beräkning av debiterbar temperatur	22
Förslag till korrigerings av uppmätt temperatur	23
4. Studie av uppmätta temperaturer i kv Labben under oktober och november månad 2004	24
Hyresgästernas reaktioner	28
5. Slutsatser och rekommendationer	29
Rekommendationer	29
Slutsatser	30

## Förord

Denna rapport har följt det inledande arbetet med att skapa en billig och enkel lösning för att spara energi och ge hyresgästerna möjlighet att välja temperatur i sin lägenhet hos Lunds Kommuns Fastighets AB. Projektet igångsattes hösten 2002 och en provinstallation utfördes i kv Grynmalaren. I denna installation ingår även stöldskydd och brandskydd i form av rörelselarm, dörr- och fönsterkontakter samt brandlarm. Dessa delar är inte behandlade i denna rapport. Provinstallationen är i vissa delar utbytt.

Lars Jensen har utfört en teoretisk analys. Den finns återgiven i kapitel 3.

Lund i maj 2005  
Gudrun Rundberg





# 1 Inledning

I EU:s koldioxiddirektiv (EEG 1993) föreskrivs att medlemsländerna skall införa individuell värmemätning för att kunna debitera varje lägenhet den energi som har använts och därmed motivera lägenhetsinnehavarna att minska sin värmeanvändningen.

Lunds Kommuns Fastighets AB (LKF) har startat ett pilotprojekt med individuell värmemätning av lägenheter enligt komfortmetoden, dvs. mätning av rumstemperaturer och beräkning av rummens medeltemperaturer. Sju stycken lägenheter i fastigheten kv Grynmalaren 5 har försetts med temperaturgivare (sensorer) för temperaturmätning, dessa har via comhems kabeltevenät kopplats till en databas, som skall placeras hos LKF. Till detta nät har även brandvarnare, rörelsedetektorer och fönsterkontakter kopplats. Projektet startade våren 2003 och har stött på flera problem. Under hösten 2004 installeras utrustning i 72 lägenheter i kv Labben. Värmedebitering ingångsattes i januari 2005.

## Syfte

För att minska människans energislöseri kan någon form av individuell värmemätning i den egna bostaden vara ett sätt att minska energianvändningen. I kv Grynmalaren används ”komfortmetoden” som underlag för individuell debitering av värmekostnader. Rumstemperaturen mäts i alla rum utom i kök, hall och badrum, ett medelvärde beräknas och korrigeras. Är medeltemperaturen över 21°C får hyresgästen betala 5 kr per m<sup>2</sup> lägenhetsyta och år, för varje grad upp till 24°C och understiger temperaturen 21°C får hyresgästen tillbaka 5 kr per m<sup>2</sup> lägenhetsyta och år, för varje lägre grad ned till 18°C. För en lägenhet på 72 m<sup>2</sup> blir detta cirka 360 kr per grad och år.

Denna utredning skall ta fram en lämplig metod/formel för korrektion, att användas för att på ett någorlunda rättvist sätt beräkna medeltemperaturen som skall ligga till grund för debitering. Utredningen bör även bedöma hur man går tillväga då utetemperaturen överstiger den temperatur då lägenheten inte behöver värmas upp.

Var skall temperaturgivare placeras? Hur ofta bör medeltemperaturvärdet för lägenheten beräknas och hur ofta bör debitering göras? Kan det vara önskvärt att lägenhetsinnehavaren har möjlighet att se föregående dygns medeltemperatur för att därefter kunna justera temperaturen i lägenheten? Klarar värmesystemet av att hålla 21°C i den sämsta lägenheten ur uppvärmningssynpunkt, om grannlägenheternas temperatur understiger 18°C och utetemperaturen understiger -15°C? Dessa är frågor som har diskuterats.

## ”Komfortmetoden”

Medeltemperaturen i lägenheterna tillåts i debiteringssystemet att pendla mellan 18-24°C. I kv Grynmalaren erhåller lägenhetsinnehavarna ett belopp av 220 till 470 kr/grad och år, om medeltemperaturen i lägenheterna är mellan 18-21°C, medan de betalar 220-470 kr/grad och år om medeltemperaturen är mellan 21-24°C. I lägenheterna har temperaturgivare monterats i varje sov- och vardagsrum samt i taket i lägenheterna 121 och 133. Tyvärr har givarna placerats osystematiskt, olika höjder, olika ställen och på sådant sätt att de påverkas av sol, teve och husdjur.

I kv Labben har temperaturgivarna placerats vid ett av dörrrens övre hörn i respektive rum, med förhoppning att de inte direkt skall påverkas av sol eller andra yttre aktiviteter. I kapitel 3

finns förslag till beräkning av medeltemperaturen i rummets vistelsezon, baserat på den uppmätta temperaturen och där även utetemperaturen ingår som en faktor.

### **Vad bör utvärderas**

- Temperaturskillnader inom lägenheter och mellan lägenheter.
- Har givarnas placering påverkar mätresultaten?
- Överensstämmer den upplevda temperaturen med den uppmätta?
- Hur ofta läser hyresgästen av sina värden på displayen?
- Vill hyresgästen kunna styra lägenhetens temperatur och i så fall hur?

Finns det andra parametrar att ta hänsyn till vid debitering enligt komfortmetoden? Vid sammanträdet den 3 mars 2003 diskuterades huruvida lägenheternas elanvändning skall minska uppvärmningskostnaden och om LKF i så fall skulle ta hänsyn till detta vid debitering.

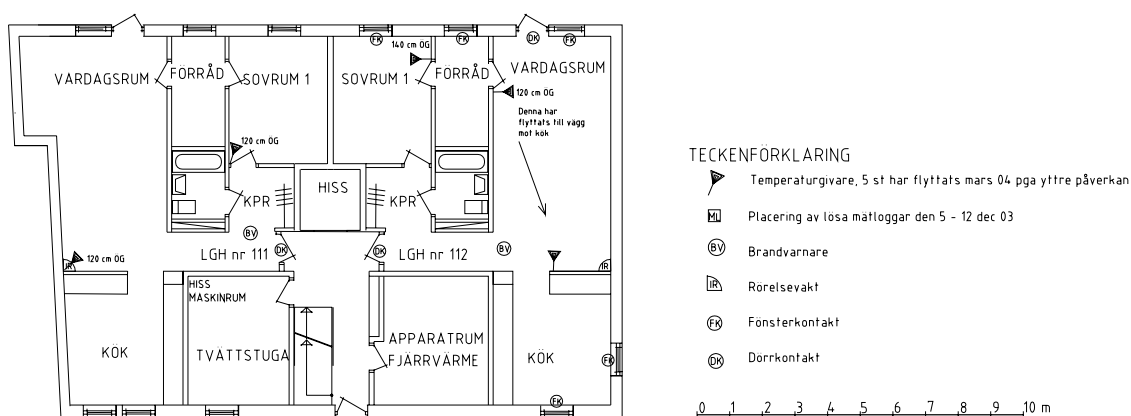
## 2 Kv Grynmalaren 5

Fastigheten byggdes år 1985 har sju lägenheter och är i fyra plan utan vind och källare. Långfasaden vetter mot öster respektive väster, gaveln mot norr är sammanbyggd med grannfastigheten och södergaveln är försedd med ett flertal fönster. I gatuplan finns aggregatrum med värmeväxlare och tvättstuga. På bottenplan, en halv trappa över gatuplanet, finns lägenheterna nr 111 och 112, på plan 2 finns två lägenheter, 121, 122 samt på plan 3 och 4 etagelägenheterna 131, 132 och 133.

### Instrumentering och dess placering

I varje lägenhet har följande utrustning installerats: brandvarnare, rörelsevakt, temperaturgivare, dörr- och fönsterkontakter. Placering och antal framgår av planer nedan. Utrustningen är ansluten till en ”intelligent enhet”. Denna är placerad nära lägenhetsdörren. Den ”intelligenta enheten” är försedd med display där lägenhetsinnehavaren har möjlighet avläsa temperatur, värmekontot och elmätare samt aktivera/avaktivera inbrottslarm och vidarekoppla detta till sin egen mobiltelefon via ett SMS.

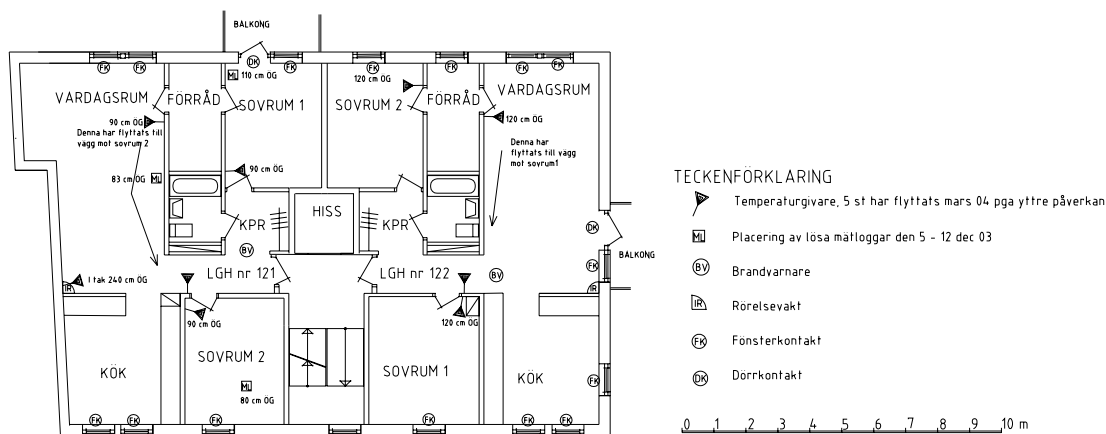
Brandvarnare är placerad i tak i hall alternativt i vardagsrum. Rörelsevakten är placerad högt upp på vägg i ett hörn i vardagsrummet så att den kan observera eventuella rörelser vid lägenhetens dörr. En dörrkontakt är monterad i varje lägenhetsdörr och balkongdörr. Temperaturgivare placerades i sovrum och vardagsrum på innervägg mellan 90 cm och 140 cm över golv samt i tak i två lägenheter.



PLAN 1

Figur 2.1 Plan över lägenheterna 111 och 112

Lägenhet 111 och 112 är tvårumslägenheter med en yta av ca 72 m<sup>2</sup>, där en temperaturgivare var placerad i sovrummet och en i vardagsrummet. I lägenhet 111 var de monterade på en höjd av 120 cm över golv. I lägenhet 112 var temperaturgivaren i vardagsrummet monterad bakom teven, men flyttades till vägg mot kök 140 cm över golv. Även temperaturgivaren i sovrummet var placerad 140 cm över golv samt endast en halv meter från ytterväggen på väggen mot lägenhetens förråd.



PLAN 2

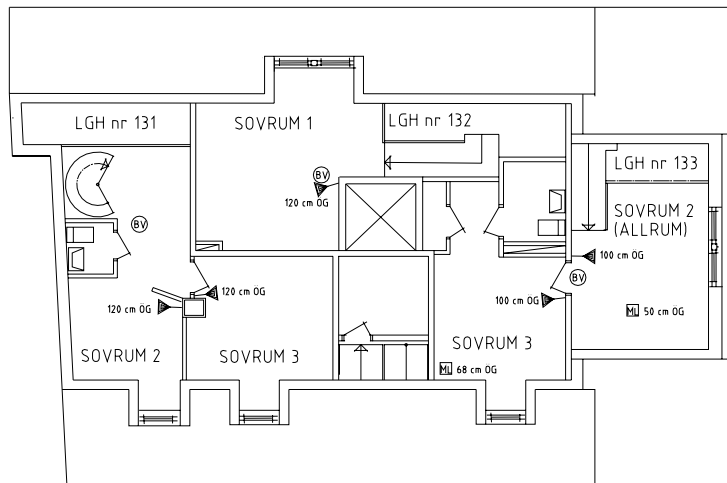
Figur 2.2 Plan över lägenheterna 121 och 122

Lägenhet 121 och 122 har tre rum och kök med en yta av ca 86 m<sup>2</sup>. Temperaturgivarna var placerade på en höjd av 90 cm över golv i lägenhet 121 och på 120 cm över golv i lägenhet 122. Tyvärr hade temperaturgivaren i vardagsrummen råkat hamna bakom teven, dessa flyttades. Förslag till placering, se ovan. I lägenhet 122 var givaren i sovrums 2 monterad ca en halv meter från yttervägg medan samma givare i lägenhet 121 var monterad bakom dörr till sovrumsrummet. I lägenhet 121 hade även en givare monterats i vardagsrummets tak. Denna har aldrig varit inkopplad.

Lägenhet 131 har en yta av ca 86 m<sup>2</sup>, med kök, badrum, ett sovrumsrum och vardagsrum på plan 3 och på plan 4 finns ett sovrumsrum, badrum och en öppen del, som är avdelad med en skjutsdörr så att det har bildats ett litet sovrumsrum. Fyra givare hade placerats i lägenheten. Under givaren som var placerad i det lilla sovrumsrummet fanns ett litet husdjur i en bur. Denna givare bör slopas. Givaren i vardagsrummet visade cirka tre grader högre temperatur än övriga givare i lägenheten. Denna givare måste vara felaktig.







I lägenhet 132, den minsta lägenheten med en yta av ca 44 m<sup>2</sup>, fanns två givare, en på etageplanet (sovrumsrummet) och en i ett hörn i vardagsrummet. Även här hade givaren placerats bakom teven och påverkades även av solen. Denna flyttades till hallen nära ytterdörren. Givarna var placerade 120 cm över golvet. Givaren på etageplanet visade nästan konstant någon grad lägre än givaren på planet under. Denna lägenhet saknar frånluft på etageplanet.

Lägenhet 133, med en yta av ca 94 m<sup>2</sup>, har kök, badrum, sovrumsrum och vardagsrum på plan 3 och sovrumsrum, badrum, allrum med en öppen trappa till vardagsrummet. Detta utrymme har stora fönster som vetter mot söder. De två temperaturgivarna på plan fyra var placerade 100 cm över golv. Den som var placerad i det öppna hyllplanet påverkades av solen. Tre temperaturgivare var monterade på plan tre, en av dessa var placerad i taket i hallen på gränsen till vardagsrummet. Övriga var placerade 120 cm över golv. Den som var placerad i vardagsrummet, under trappan, påverkades av solen och bör flyttas. Temperaturgivaren i taket har inte givit värde till databasen.

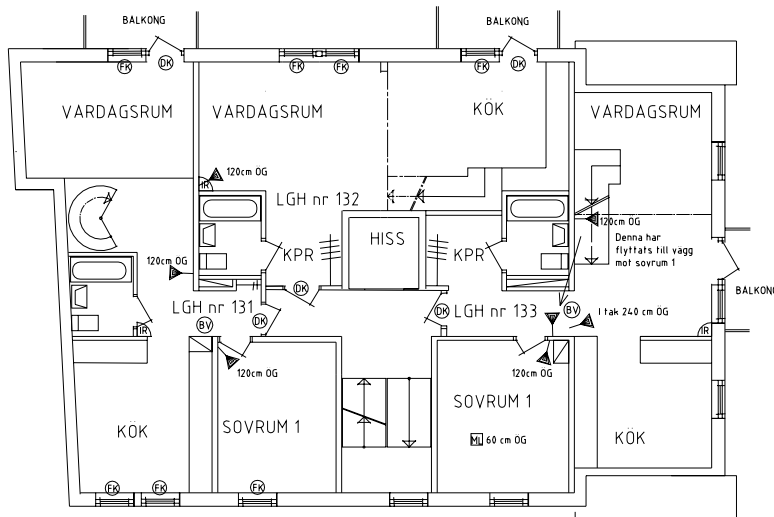


ETAGEPLAN

#### TECKENFÖRKLARING

-  Temperaturgivare, 5 st har flyttats mars 04 pga yttre påverkan
-  Placering av lösa mätloggar den 5 - 12 dec 03
-  Brandvarnare
-  Rörelsevakt
-  Fönsterkontakt
-  Dörrkontakt

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 m



PLAN 3

Figur 2.3 Plan över etagelägenheterna 131, 132 och 133

## Anmärkning

Alla temperaturgivare med ledningar har demonterats och ersatts med temperaturgivare som är placerade i en list över dörr i sovrum respektive vardagsrum. Denna utrustning och dess placering är identisk med det som finns i kv Labben.

## Temperaturgivare

Temperaturgivaren är en sensor som är placerad på ytan av en liten plastlåda ca 5x5 cm med en höjd av 1cm. Denna givare byttes ut mot en annan typ, som placerades i en något större plastlåda 7x7 cm med en höjd av 2,5 cm. Detta utbyte skedde den 15 och 16 april 2004. Samtidigt flyttades vissa givare på grund av påverkan från yttre faktorer som sol, teve mm. Detta utfördes endast till vissa delar.

Temperaturgivarnas noggrannhet är  $\pm 0,5\text{K}$  och ändras med steg av  $0,2\text{ }^\circ\text{C}$ . Temperaturgivarna installerades under hösten 2003. De första värdena i databasen är från början av november 2003. Dessa givare har senare bytts ut.

### Kontroll av temperaturgivare med lösa mätloggar

Kontroll av temperaturgivarna gjordes från 4 till 8 december 2004, med lösa mätloggar. De lösa mätloggarna (termoelementen) placerade i små burkar som lagrade värde var femte minut. Sex stycken placerades i var sitt rum, så mitt i rummet som det var möjligt. Tre av dessa placerades i lägenhet 121 och tre i lägenhet 133. Nedan redovisas resultat från fyra av dessa mätningar, under tiden från den 6 december kl. 00:00 till 7 december kl. 21:23. Mätloggarnas noggrannhet är  $\pm 0,5^\circ\text{C}$  och ändras med steg om  $0,3^\circ\text{C}$ .

Felplacerade temperaturgivare upptäcktes vid denna test. Några hade en förhöjd temperatur på kvällen. Dessa var vid okulär kontroll placerade bakom teveapparater, andra var placerade så att solen lysten på dem och åter andra påverkades av både sol och värmen från teven. Vid jämförelse med temperaturgivarna visade de lösa mätloggar en till tre grader lägre temperatur.

I lägenhet 121 var skillnaden en grad till en och en halv grad.

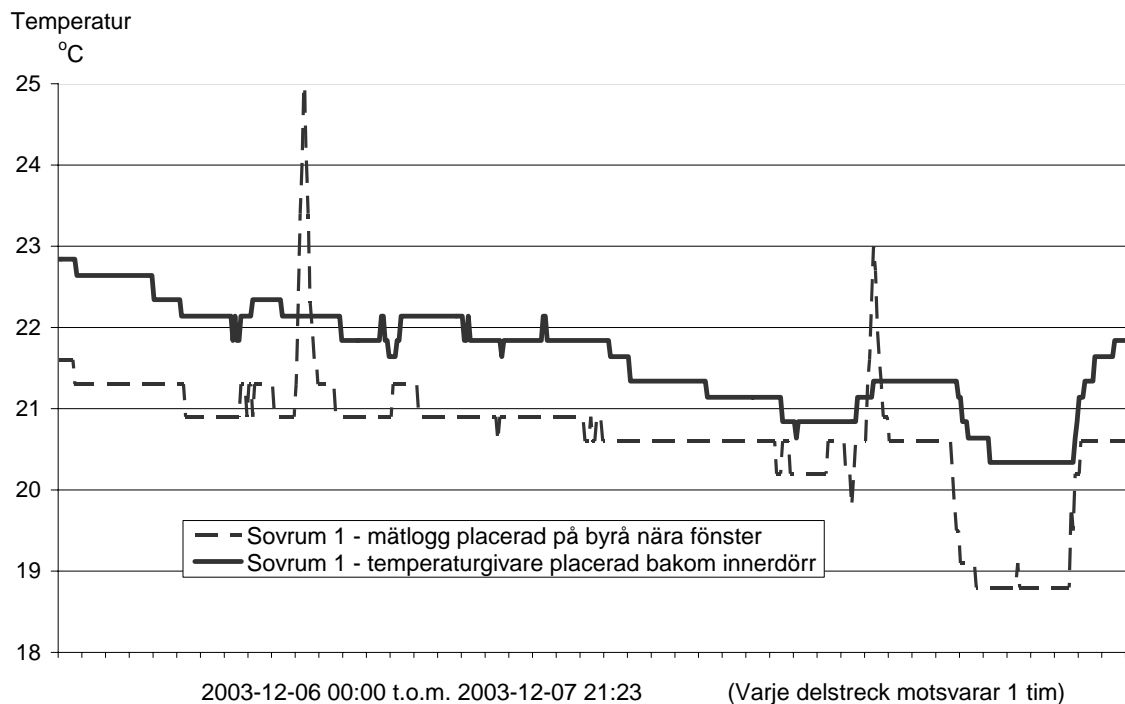


Diagram 2.1 Kontroll av temperaturgivare i sovrums 1 i lägenhet 121.

Mätloggen påverkades av sol.

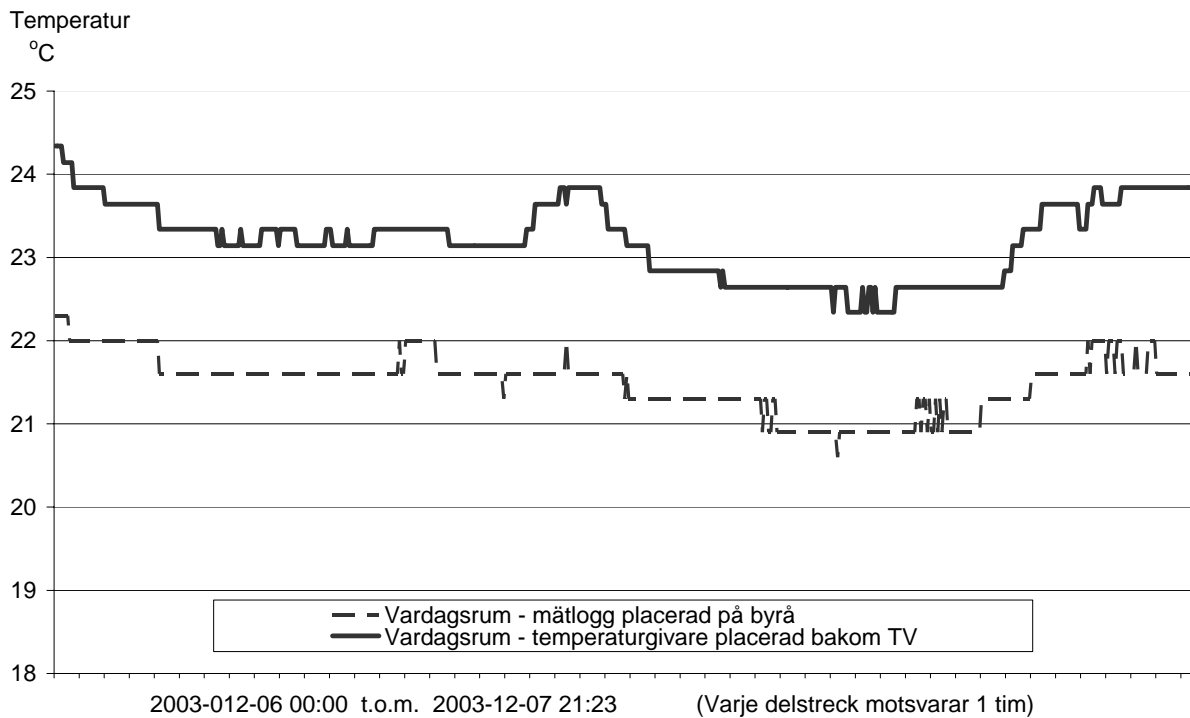


Diagram 2.2 Kontroll av temperaturgivare i vardagsrum i lägenhet 121.

På kvällen mellan 19.00 och 22.00 syns en förhöjd temperatur av cirka 0,8 grader, vilket kan bero på att teven var igång. Den största avvikelserna fanns i lägenhet 133 med tre grader i sovrum 1.

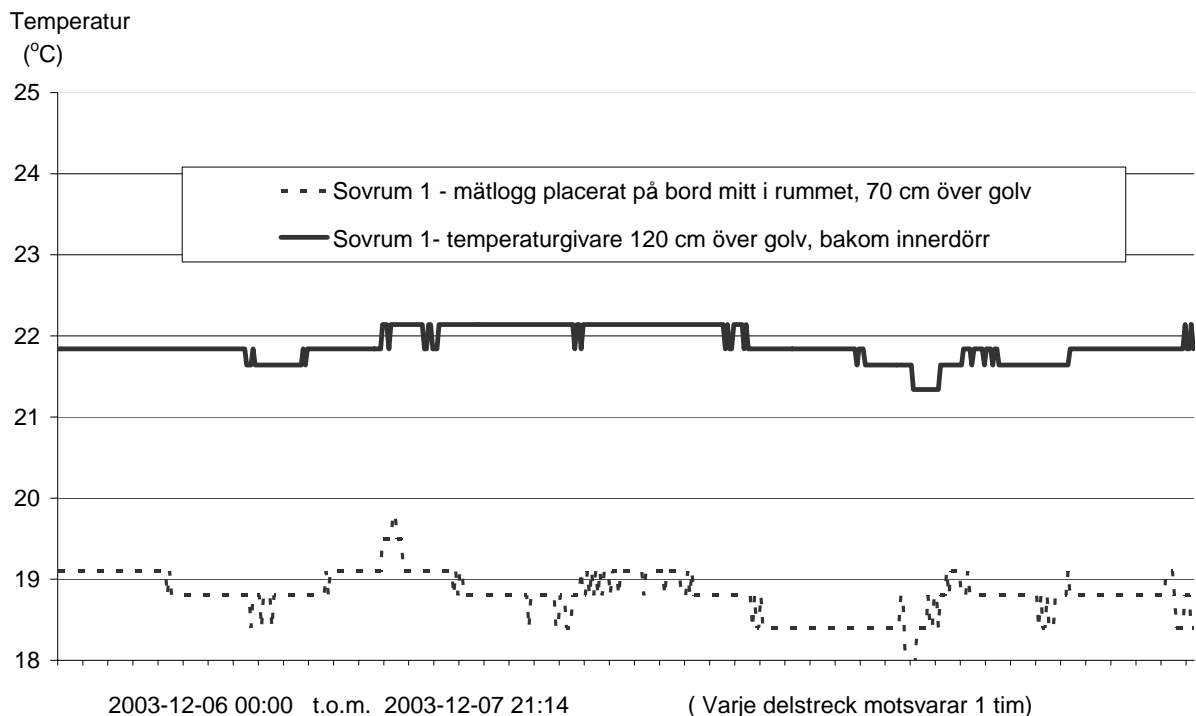


Diagram 2.3 Kontroll av temperaturgivare i sovrum i lägenhet 133.

I sovrum 2, allrummet på etageplanet påverkade solen både temperaturgivare och mätloggen. Temperaturerna följs åt. Dock visade mätloggen en och en halv grad lägre temperatur.



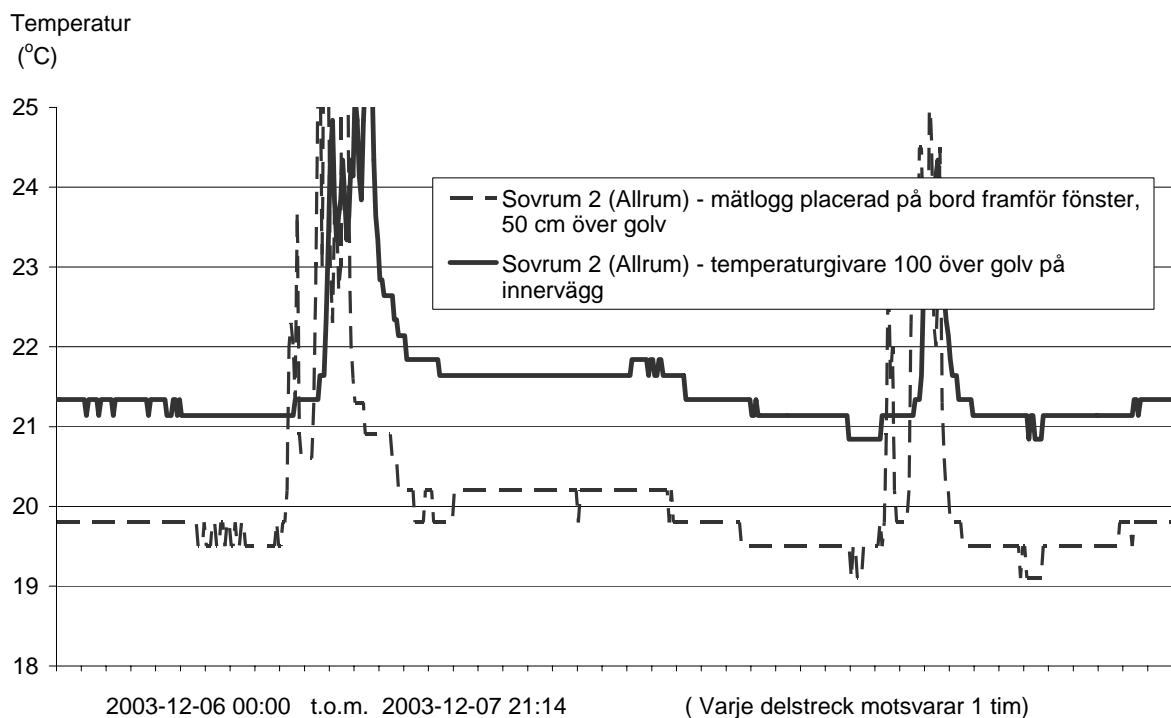


Diagram 2.4 Kontroll av temperaturgivare i sovrum 2 (allrum) på etageplanet i lägenhet 133.

En skillnad på tre grader ansågs för mycket. Därför gjordes en kontroll av de lösa mätloggarna. De lades i en skrivbordslåda, där temperaturen var ganska stabil och de sex lösa mätloggarna visade i stort sett samma temperatur – endast ett steg av 0,3 grader skiljer vid något tillfälle under en tid av tre dygn. Tre mätloggar kontrollerades dessutom mot en kvicksilvertermometer med gradering om 0,1 grads noggrannhet. De tre loggarna och kvicksilvertermometern lades i en skrivbordslåda. Se diagram nedan!

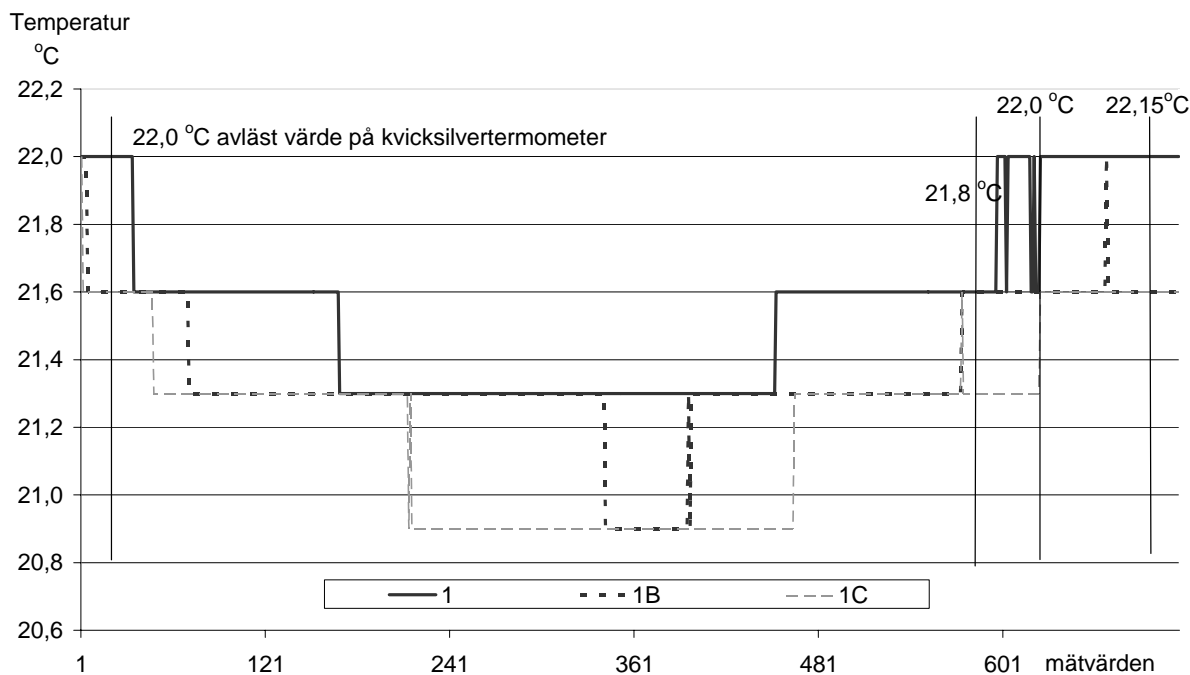


Diagram 2.5 Tre lösa mätloggar jämförs med varandra och en kvicksilvertermometer.

## Kontroll av temperaturmätning

Nedan redovisas temperaturer i de sju lägenheterna i kv Grynmalaren samt utetemperaturen under 10 dagar i januari 2004. Temperaturvärdena är loggade var 15:de minut från den 1 januari kl. 00:00 till den 10 januari kl. 20:30.

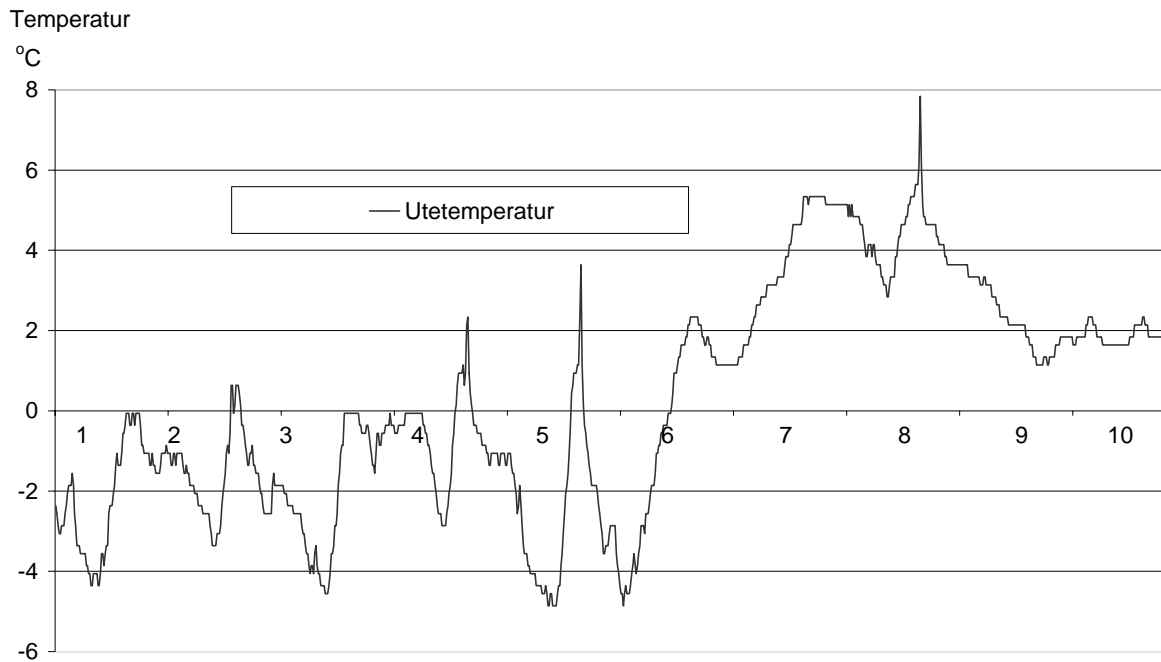


Diagram 2.6 Uppmätt utetemperatur från 2004-01-01 till och med 2004-01-10.

I lägenhet 111 sjunker temperaturen kraftigt under natten. Sannolikt är värmeförseln avstängd i detta rum under och dörren stängd.

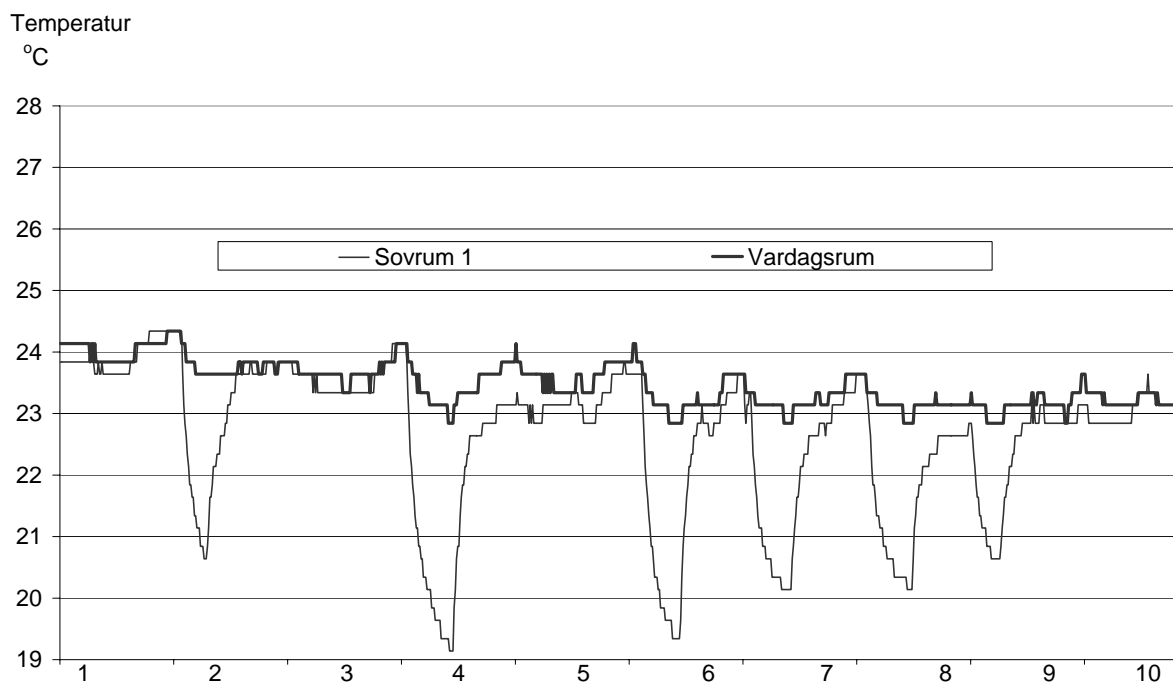


Diagram 2.7 Uppmätta temperaturer i lägenhet 111 från 2004-01-01 till och med 2004-01-10.

När utetemperaturen hastigt sjunker, sjunker även temperaturen inomhus cirka en grad och när utetemperaturen stiger, stiger även temperaturen inomhus.

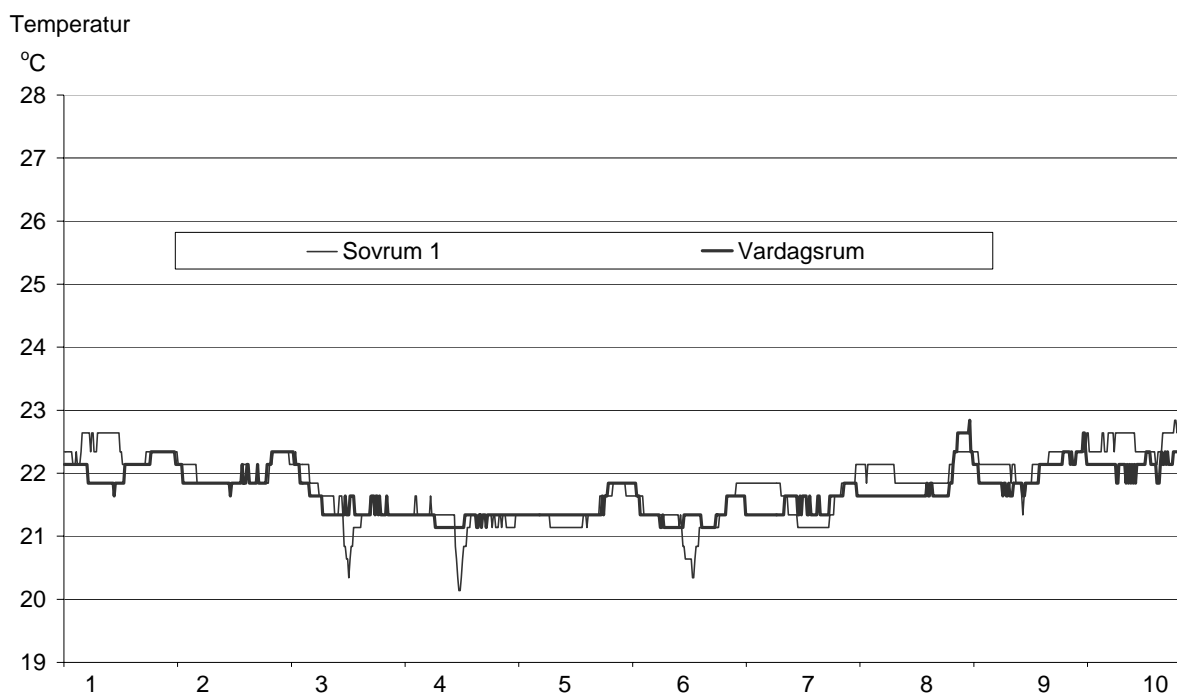


Diagram 2.8 Uppmätta temperaturer i lägenhet 112 från 2004-01-01 till och med 2004-01-10.

Temperaturen i sovrum 1 i lägenhet 121 är cirka två grader lägre än temperaturen i övriga rum. Teven påverkar temperaturgivaren i vardagsrummet, vilket ger en höjning på cirka 1,5°C av den uppmätta temperaturen. Staplarna i diagrammet nedan visar detta.

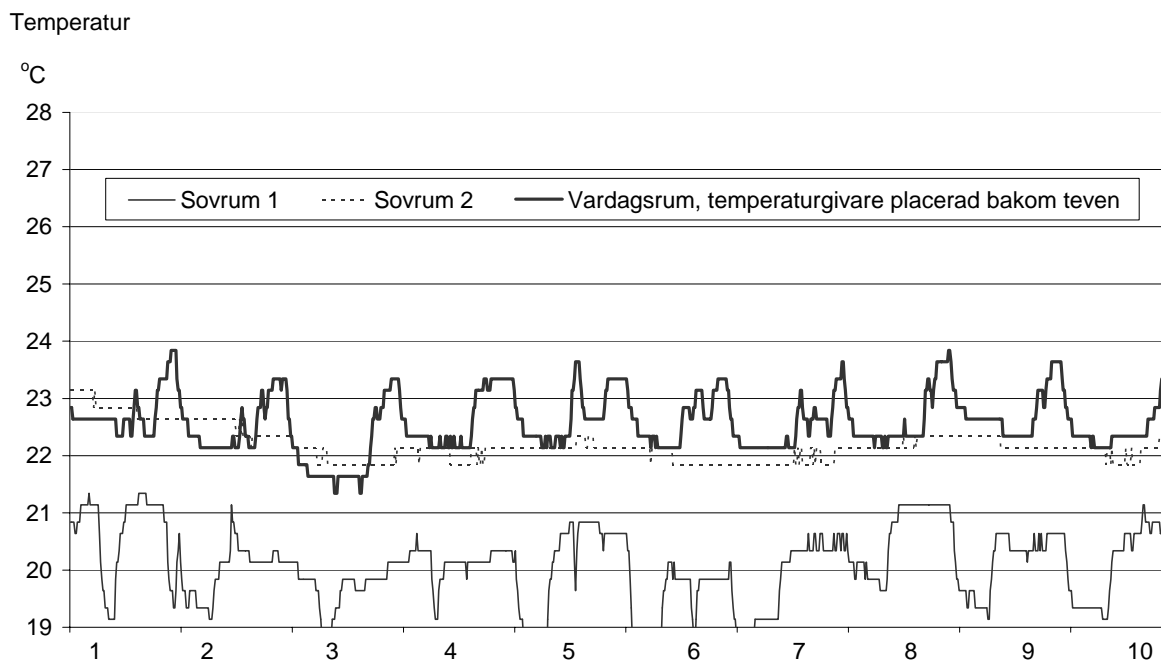


Diagram 2.9 Uppmätta temperaturer i lägenhet 121 från 2004-01-01 till och med 2004-01-10.

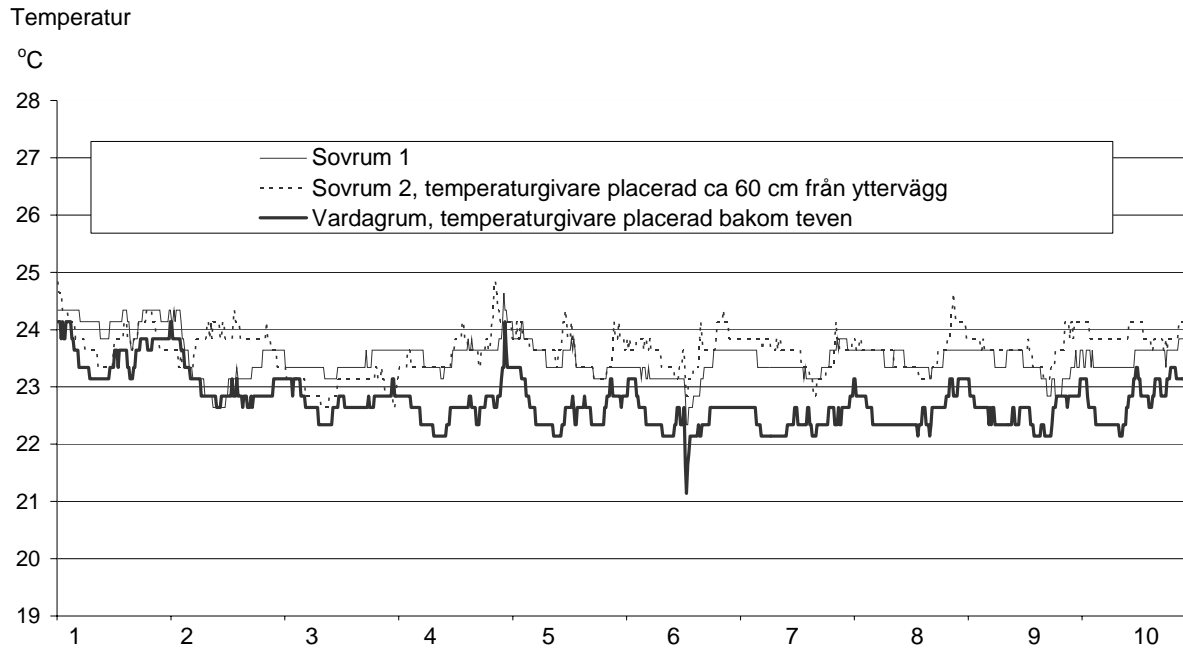


Diagram 2.10 Uppmätta temperaturer i lägenhet 122 från 2004-01-01 till och med 2004-01-10.

I lägenhet 131 visade temperaturgivare i vardagsrummet extremt höga värden. Temperaturgivaren satt på väggen mot lägenhet 132:s badrum, 1,2 m över golv. Vid besök på plats fanns inget som kunde förklara denna höga temperatur. Denna givare redovisade värden som översteg de övriga givarna i lägenheten med cirka tre grader. Lägenheten är en öppen lägenhet, som endast har dörrar mot sovrummen och med en öppen trappa till etageplanet.

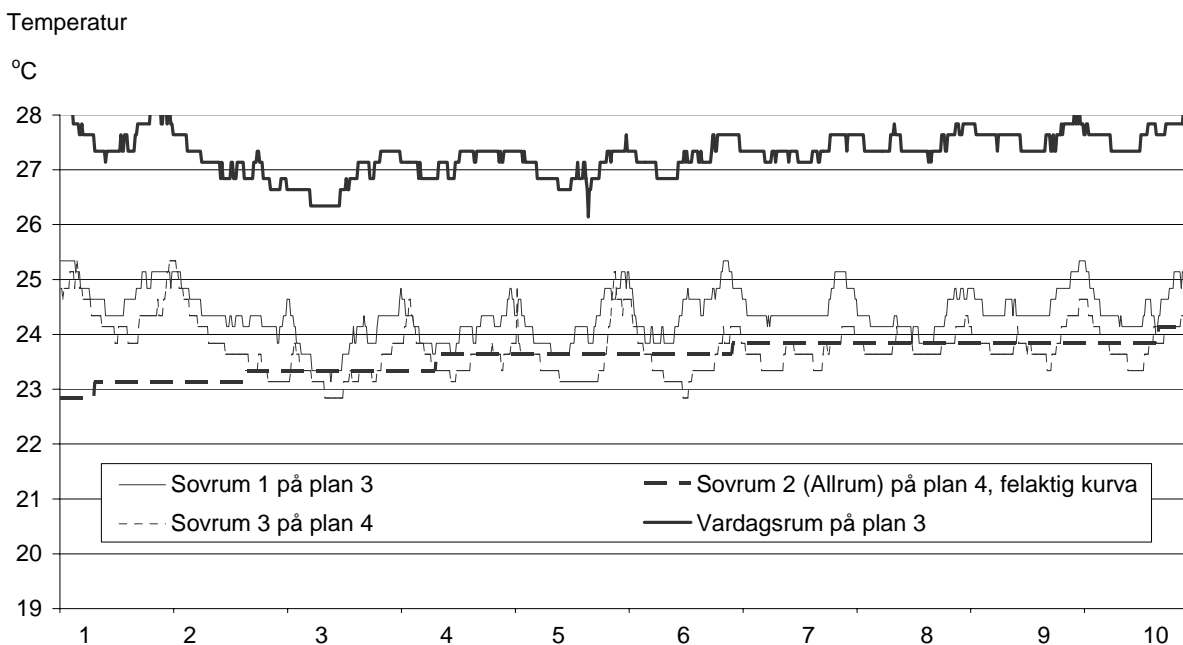


Diagram 2.11 Uppmätta temperaturer i lägenhet 131 från 2004-01-01 till och med 2004-01-10.

Temperaturen i sovrum 1 beläget på etageplanet i lägenhet 132 med en öppen trappa till det kombinerade kök och vardagsrummet, har en grad lägre temperatur än vardagsrummet på planet under. Lägenheten saknar frånluft från etageplanet.

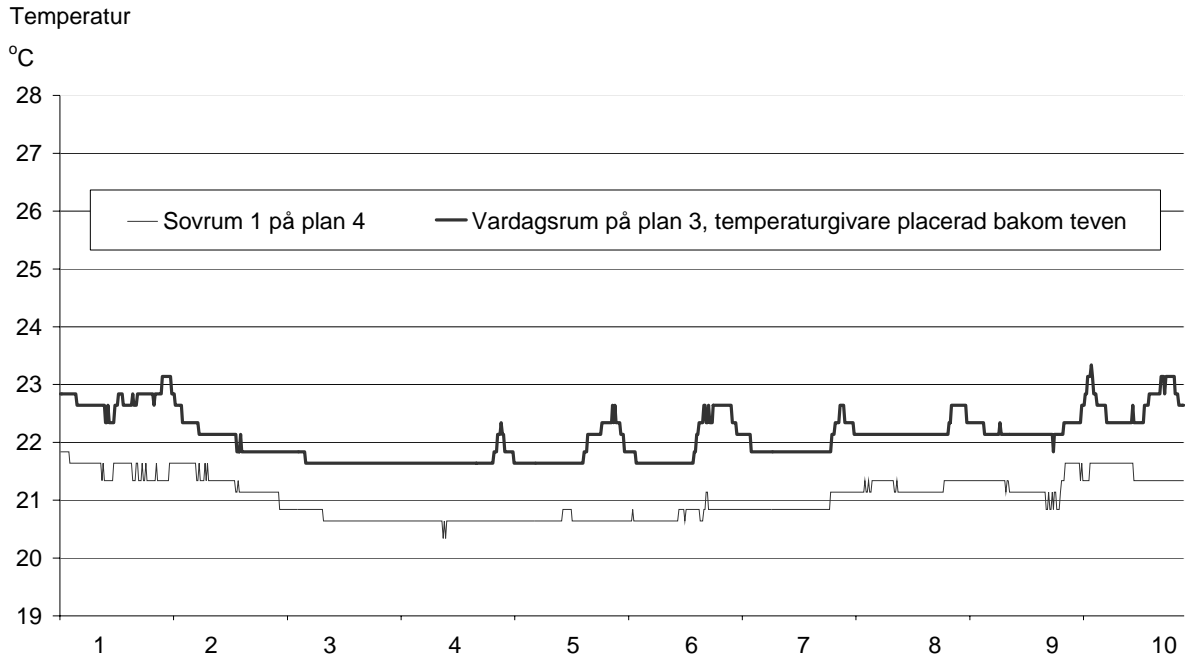


Diagram 2.12 Uppmätta temperaturer i lägenhet 132 från 2004-01-01 till och med 2004-01-10.

Topparna i diagrammet under visar solens påverkan på två av temperaturgivarna.

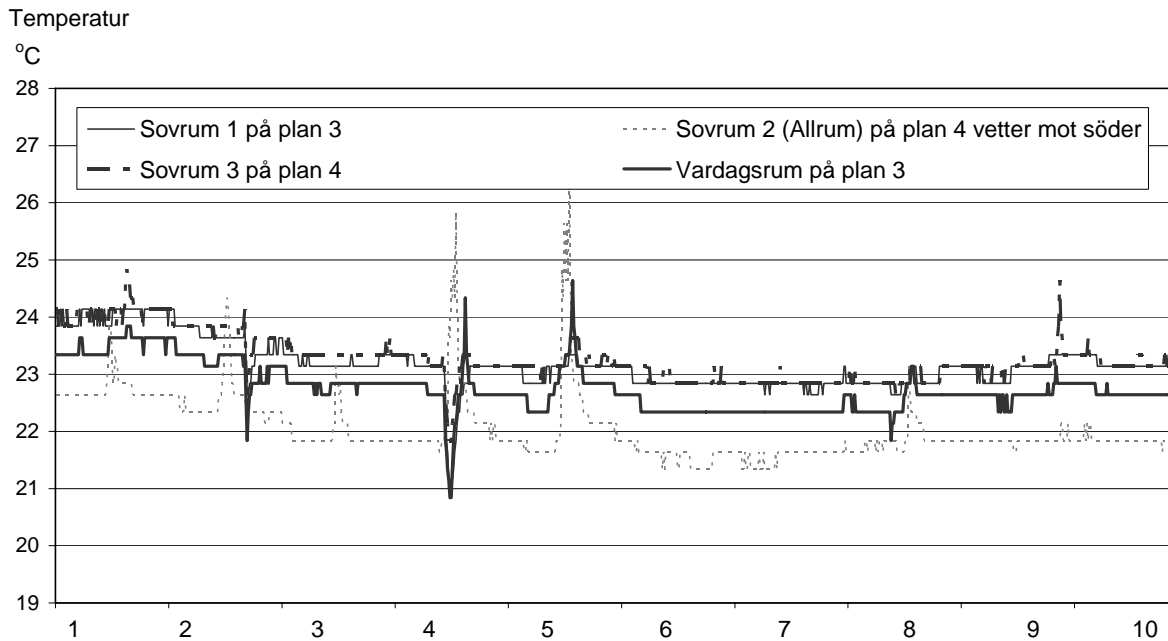


Diagram 2.13 Uppmätta temperaturer i lägenhet 133 från 2004-01-01 till och med 2004-01-10.

Temperaturdiagram finns även för mars månad 2004, dessa redovisas ej här.

### 3 Debiterbar temperatur

För att få en uppfattning om temperaturgradienten i rummet, temperaturskillnaden mellan golv och tak och utseendet på temperaturkurvan, har några enkla mätningar utförts.

#### Mätning av temperaturer

Tre temperaturmätningar har utförts i tre olika lägenheter i tre olika fastigheter vid olika utetemperaturer. Temperaturer är uppmätta på olika höjder i sovrum och vardagsrum, dels mitt i rummet och dels intill dörr från hall till respektive rum eller vid öppning då dörr har saknats. Inga yttemperaturer har uppmätts. Swema Air 30, ett instrument för mätning av temperatur och lufthastighet, har använts vid två mätningar. Instrumentet har en noggrannhet och visar grader om 0,1 grad. Varje temperatur är momentant mätt. En mätning med sex punkter tog cirka 20 minuter att göra. Mätningen är utförd vid golv, 60, 90, 120 och 210 centimeter över golv samt vid tak.

Diagrammet nedan visar temperaturer mätt på olika höjder i en 2-rums lägenhet i en äldre hyresfastighet. Lägenheten, är en hörnlägenhet med yta på cirka 80 m<sup>2</sup>, belägen på översta våningen (4:e våningen), delvis utan vindsydd av annan fastighet.

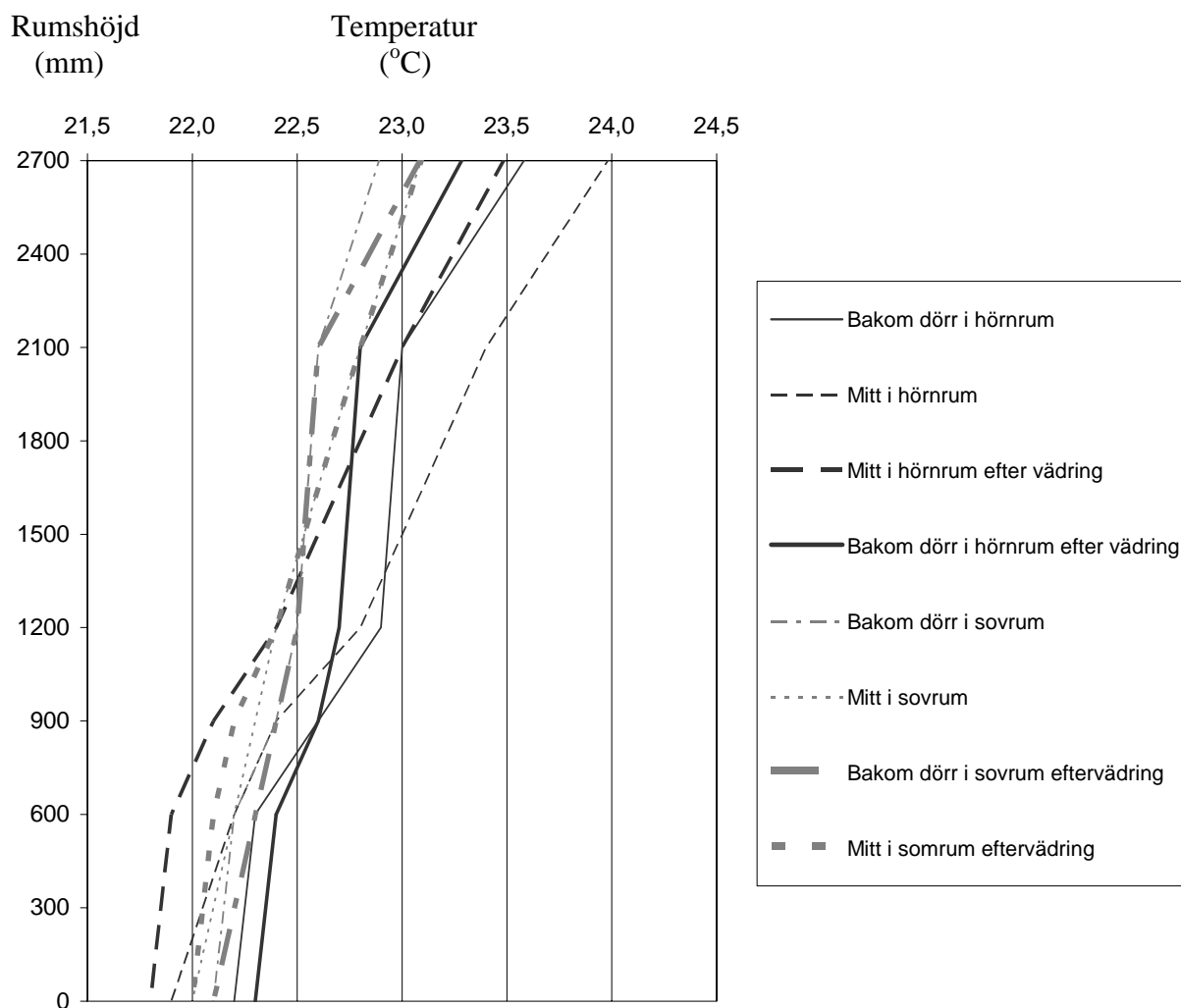


Diagram 3.1 Temperaturgradientens mätning utförd i äldre hyresfastighet vid en utetemperatur av +8°C.

Fastigheten är byggd på 1920-talet och har vattenburet radiatorsystem som är anslutet till fjärrvärmenätet. Ventilationen är troligen självdrag med springventiler under fönster. Inga större renoveringar har utförts, de ursprungliga 2-glas fönstren finns kvar. Mätningen är utförd 2004-04-07 vid en utetemperatur av cirka 8°C med mulet och råkallt väder. Först utfördes en mätning, därefter vädrades i 30 minuter genom en liten fönsterspringa och efter ytterligare 5 minuter gjordes mätning nr 2.

Diagrammet nedan visar temperaturer mätt på olika höjder i en 2-rums lägenhet i en hyresfastighet byggd på 1950-talet. Lägenheten, en genomgående mittlägenhet, cirka 70 m<sup>2</sup> på 2:a våningen med ytterliggare ett våningsplan samt vind över. Fastigheten är friliggande men skyddad mot vind av andra byggnader. Fastigheten är tilläggsisolerad och försedd med 3-glasfönster. Detta är utfört på 1990-talet. Vattenburet radiatorsystem är anslutet till fjärrvärmenätet. Ventilationen är troligen styrd frånluft med springventiler under fönster. Mätningen är utförd i maj 2004 vid en utetemperatur av cirka 14°C, en ljummen kväll. Vädret har under dagen varit soligt och nästan 20°C. Vädrat i 20 minuter och efter 5 minuter gjort mätning nr 2.

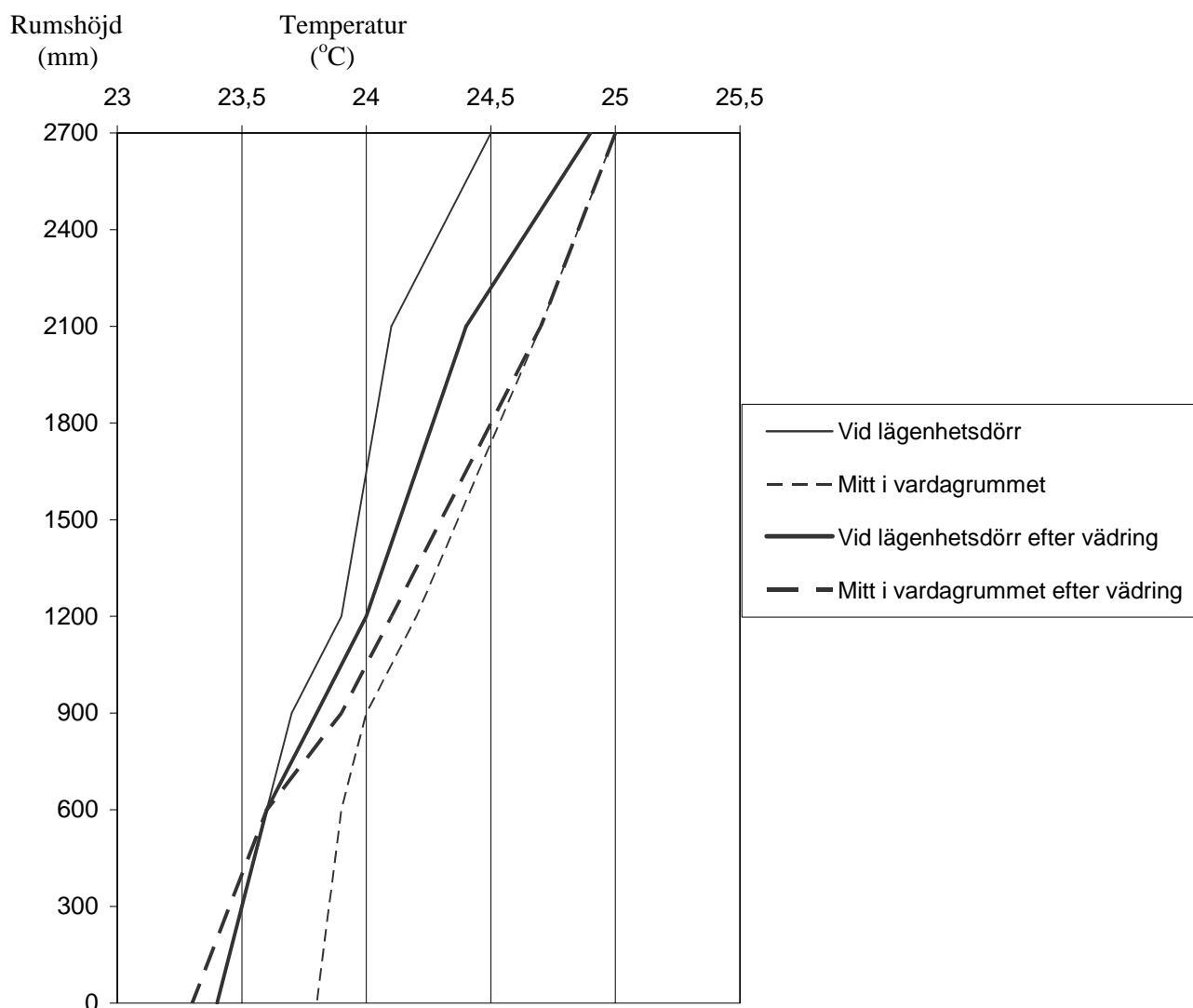


Diagram 3.2 Temperaturgradientmätning utförd i hyresfastighet vid en utetemperatur av +14°C.

Diagrammet nedan visar temperaturer mätta på olika höjder i en 2-rums bostadsrätt. Fastigheten är byggd på 1940-talet. Lägenheten ligger på bottenplan, cirka 65 m<sup>2</sup>, över det som tidigare var ett pannrum. Lägenheten är genomgående och belägen mot den sammanbyggda grannfastigheten. För några år sedan försågs fastigheten med 3-glasfönster. Vattenburet radiatorsystem är anslutet till fjärrvärmenätet, ventilationen är självdrag med springventiler under fönster.

Mätningen är utförd med fem stycken temperaturgivare av samma sort som är monterade i kv Labben dessa är loggade mot en centralenhet. Fem mätpunkter mäts samtidigt vid golv, 60, 120 och 210 centimeter över golv samt vid tak. Mätningen är utförd i mars 2005 vid en utetemperatur av cirka 1°C, med grått och mulet vädret ute.

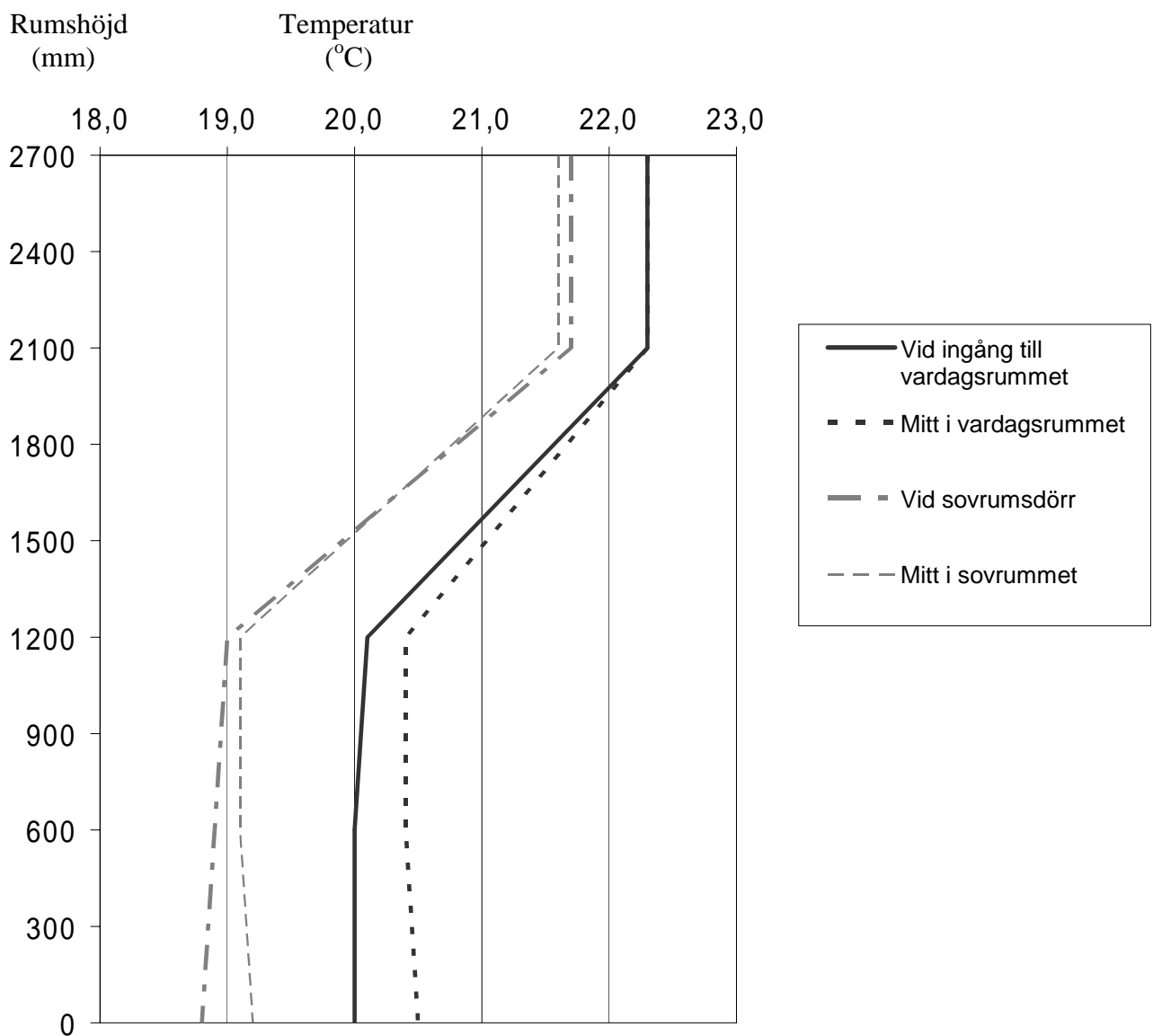


Diagram 3.3 Temperaturgradientmätning utförd i en fastighet med bostadsrätter vid en utetemperatur av +1°C.



## Teoretisk analys

Syftet med detta avsnitt är att undersöka hur den uppmätta rumstemperaturen på 2,1 m över golv kan omformas till en rumstemperatur på 1,2 m över golv och mitt i rummet.

Temperaturgradienter i ett rum orsakas av konvektionsströmmar i rummet. En enkel konvektionskälla är en punktformig värmekälla som även kan ges en viss utsträckning. Luftflödet ökar med höjden samtidigt som temperaturen minskar eftersom den tillförda effekten  $P$  är den samma under hela strömningsförloppet. Följande samband gäller för totalflödet  $q$  och för medeltemperaturskillnaden i plymen  $\Delta T$  till rummet i övrigt.

$$q = a P^{1/3} z^{5/3} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (1)$$

$$\Delta T = b P^{2/3} z^{-5/3} \quad (\text{K}) \quad (2)$$

Den tillförda effekten  $P$  kan skrivas som

$$P = \rho c_p q \Delta T \quad (\text{W}) \quad (3)$$

Insättning av (1) och (2) i tre ger efter förenkling att

$$\rho c_p a b = 1$$

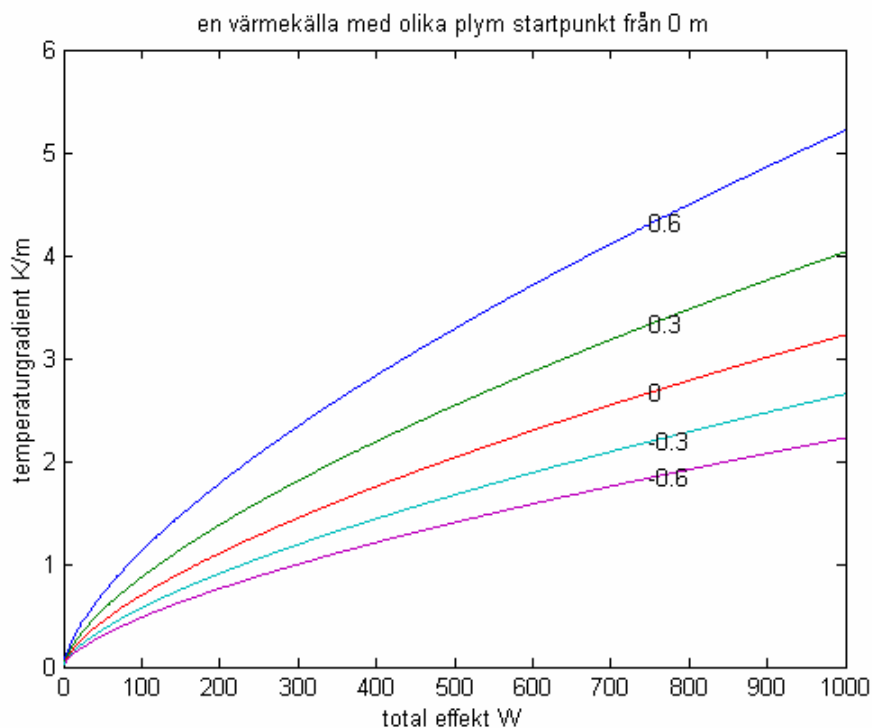
För parametrarna ovan gäller att:

$$\begin{aligned} \rho &= 1.2 \text{ kg/m}^3 \\ c_p &= 1000 \text{ J/KgK} \\ a &= 0.005 \\ b &= 0.167 \\ z &= \text{höjd (m)} \end{aligned}$$

Modellen/analysen är oberoende av rumsstorleken.

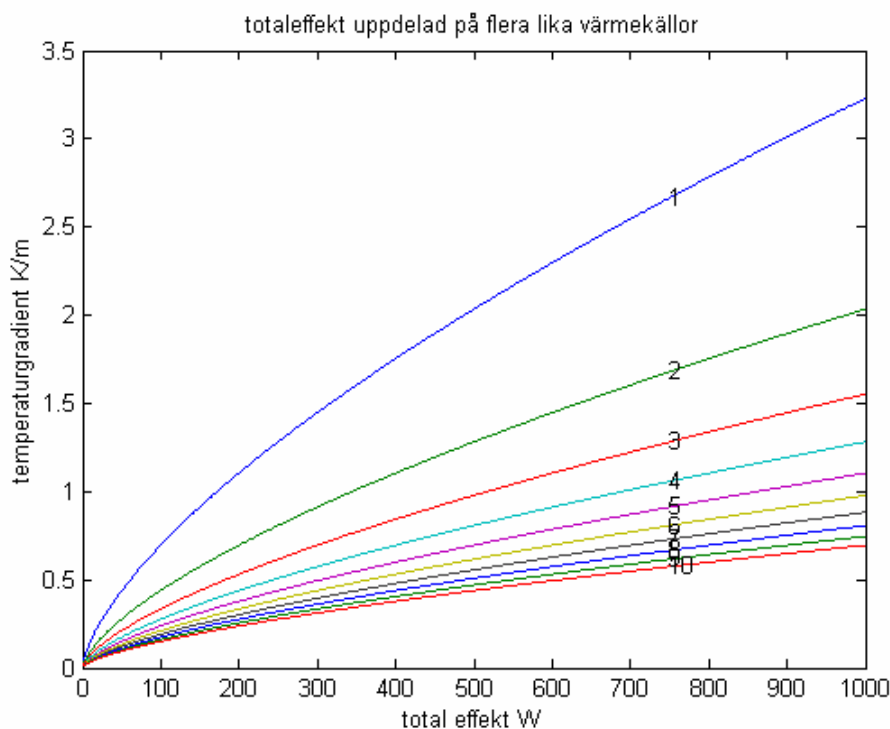
Den totala temperaturskillnaden i rummet mellan golv och tak har satts lika med två gånger plymövermedeltemperaturen. Plymens sluttemperatur skall vara lika med taktemperaturen. Plymen har beräknats för ett fall med konstant rumstemperatur lika med dess medeltemperatur. Gradientens inverkan på konvektionsströmmen har försumrats.

Temperaturgradient räknad per meter höjdskillnad redovisas i figur 3.1 som funktion av tillförd effekt och för plymens olika startpunkt över golv. Kurvorna visar att temperaturgradienten ökar något med tillförd effekt, men inte linjärt. Temperaturgradienten halveras om effekten minskas till en tredjedel ( $0.5^{1.5}$ ).



Figur 3.1 Temperaturgradient för en punkformig värmekälla med olika starthöjd.

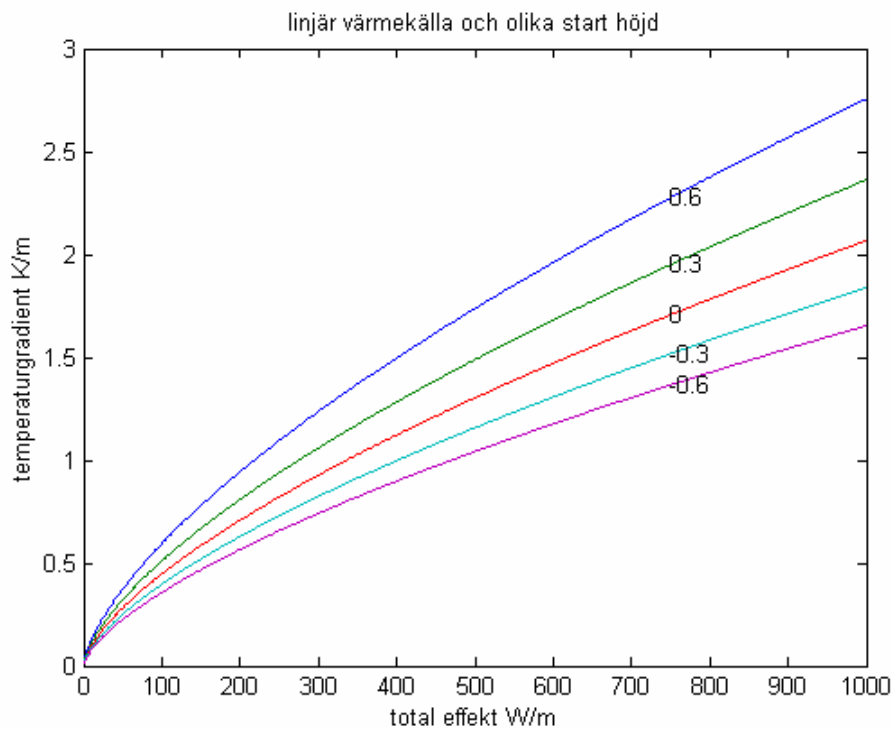
Om värmeförseln sker uppdelat på flera lika stora värmekällor minskar plymens övertemperatur betydligt. Detta kan stämma bättre överens med ett fall med en enda stor värmekälla. En värmekälla kan vara en människa, en televisionsapparat, en dator, en lampa, ett värmeelement, ett akvarium mm.



Figur 3.2 Temperaturgradient för en eller flera punkformiga värmekällor.

I figur 3.2 redovisas resultatet för en upp till tio lika stora värmekällor för samma totaleffekt. En uppdelning av värmeförseln på flera källor minskar temperaturgradienten betydligt. Effekt beroendet är givetvis det samma.

En värmekälla kan ha en viss utsträckning och ett sådant exempel är en linjär värmekälla (en horisontell varm tråd). Sambandet mellan effekt och flöde är liknande det för en punktformig värmekälla. Den framräknade temperaturgradienten enligt figur 3.3 är något lägre än den för en punktformig källa. En jämförelse mellan dessa två typer visar att en linjekälla är grovt lika med två punktkällor med samma effekt.



Figur 3.3 Temperaturgradient för en linjär värmekälla.

### Förslag till beräkning av debiterbar temperatur

Kurvorna visar att temperaturgradienten ökar med ökande värmeförsel. Sambandet är inte linjärt och redan en mindre effektförsel skapar en måttlig temperaturgradient, t ex redan i fallet utan uppvärmning med storleksordningen 0.5 K/m. Vid stor värmeförsel under svåra vinterförhållanden kan temperaturgradient öka till uppskattningsvis 1.5 K/m.

Det skall påpekas att fasadens kyleffekt kan kompenseras av radiatorsystemets värmeeffekt. I ett idealt fall, där dessa två effekter mer eller mindre kan kvittas mot varandra, återstår endast de värmekällor som skapar icke uppvärmningstemperaturgradienten.

Ett förslag för kompensering av givarens placering är följande:

$$T_{1,2m} = T_{2,1m} - 1 + 0.025 T_{ute} \quad (^\circ\text{C}) \quad (4)$$

$T_{1,2m}$  = Den temperatur som är föreslagen att användas som underlag vid beräkning av medeltemperaturen i rummet för debiteringssystemet.

$T_{2,1m}$  = Givarens uppmätta temperatur 2,1 m över golv

$T_{ute}$  = Uppmätt utetemperatur

Uttemperaturen 20, 0 och -20 °C ger reduktionen 0.5, 1.0 respektive 1.5 °C.

De två konstanterna i kompenseringstrycket (4) beror på grundeffekten och radiator-effekten. Radiatoreffekten beror på isoleringsstandarden för den aktuella byggnaden. Hur stor gradienten är för ett sommarfall kan bedömas med en grundeffekt på 200 W per rum. Samma sak för ett vinterfall fås för sommareffekten ökad med radiator-effekten, vilket blir 400 till 1000 W per rum.

Radiator-effekten kan skattas genom att utgå från årsförbrukningen kWh/m<sup>2</sup> (endast värme) som räknas om till en specifik värmeförlust W/Km<sup>2</sup> med hjälp av antalet gradtimmar. Ett sif-ferexempel är 150 kWh/m<sup>2</sup> och 100000 °C som ger en specifik förlust på 1.5W/°Cm<sup>2</sup>. Radia-toreffekten för ett rum med ytan 15 m<sup>2</sup>, innetemperaturen 20°C och uttemperaturen -20°C blir 900 W.

Andra värmertilskott har här försumrats.

### **Förslag till korrigerig av uppmätt temperatur**

I hyreskostnaden ingår uppvärmning till en temperatur av 21°C i vistelse zonen. För varje lägenhet och dag beräknas en medeltemperatur. Denna presenteras för hyresgästen dagen ef-ter. Debitering görs när uttemperaturen understiger 16°C och för en inomhustemperatur mel-lan 18 och 24°C. Korta toppar och dalar av uppmätta temperaturer skall inte debiteras.

För att få en någorlunda rättvis medeltemperatur görs följande korrigeringar före beräkning enligt (4) ovan:

- 10% av de högst uppmätta värden tas bort
- av de kvarstående värdena skall de mätvärden som överstiger 24°C räknas som 24°C
- uppmätta värden under 18°C räknas som 21°C
- när utomhustemperaturen stiger, sker ingen debitering från och med den 5: te timmen efter att 16°C har uppnåtts. Medeltemperaturen sätts till 21°C
- när utomhustemperaturen sjunker sker debitering från den 5: te timmen efter att tem-peraturen sjunkit under 16°C. Beräkning av temperaturen i vistelse zonen påbörjas.

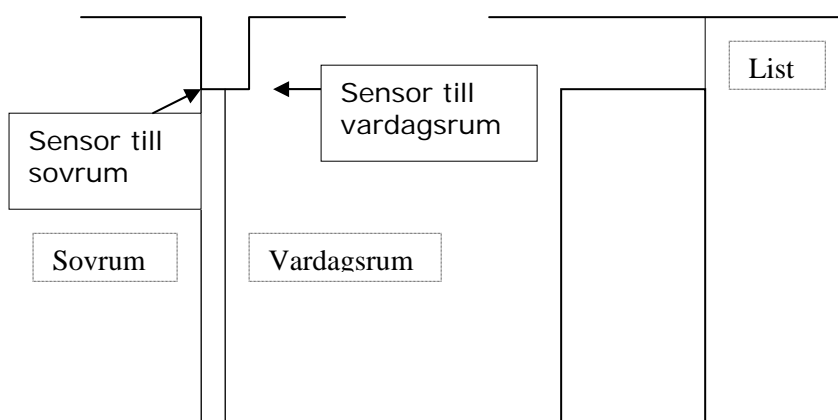
All insamlad data samlas i standard SQL-databas. Denna finns för närvarande (mars 2005) på CompWell. Medeltemperaturvärdet i vistelsezonen för varje rum beräknas enligt ovan och därefter beräknas medeltemperaturen för hela lägenheten. Lägenhetens medeltemperatur leve-reras till LKF:s hyresdebiteringssystem för varje månad.

#### 4 Studie av uppmätta temperaturer i kv Labben under oktober och november månad 2004



*Bild 4.1 Längst ner i den vita listen från skugglist till karmfoder finns en sensor. Här utförs kontrollmätning. För att se så adressen i databasen går till rätt sensor.*

I ett hyresbestånd med 72 lägenheter i olika storlekar, byggda under 1970-talet, har installerats likartad utrustning som i kv Grynmalaren, utom temperaturgivarna. Dessa är små sensorer som har monterats dolda i en plastlist, 8 mm hög och 20 mm bred. Sensorn är monterad över dörrfoder, cirka 2,1 m över golv i sovrum och vardagsrum. Platslisten döljer även kabeln.



*Figur 4.1 Princip för montering av temperaturgivare (sensorer) i lägenheterna i kv Labben.*

En serie av mätvärden uppmätta under sextio dygn i kv Labben med början den förste oktober 2004 har behandlats i statistikprogrammet Matlab. Två lägenheter av tjugo studerade lägenheter redovisas här samt utetemperaturen. Bortfallet av mätvärden var stort, mellan 20 och 30 %. I levererad datafil fanns fem avbrott längre än 24 timmar och 30 till 100 kortare avbrott. Detta hade berott på service av databasen. När denna åter kallade på värde förkastades de i noderna (sensorerna) lagrade värdena, då de ansågs för gamla.

Förklaring till i diagrammen: redovisad statistik:

rum	rumnummer
min	lägsta temperatur
med	medeltemperatur
max	högsta temperatur
std	standardavvikelse
ant	antal data (antal lagrade temperaturvärden)
>1	antal mätintervall > 20 minuter
>4	antal mätvärden >60 minuter
96	antal mätintervall > 24 h
tfl	tillförlitlighet

Nedan redovisas temperaturvärden för ett dygn, dels utetemperaturen samt två stycken lägenheter. Temperaturvärden lagras i databasen med 15 minuters mellanrum och givarens noggrannhet är +/- 0,13 K med 0,065 K.

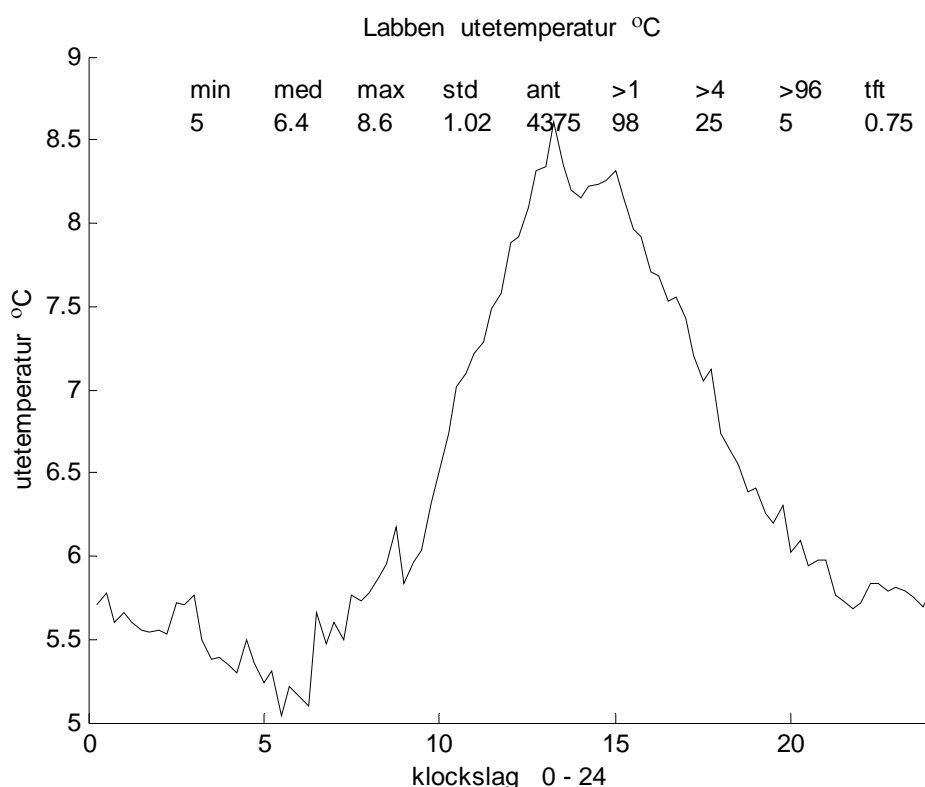


Diagram 4.1 Utetemperaturens medelvärde under dygnet för 60 dygn.

Lägenhet nr 3 har små variationer över dygnet som mest är det 0,6 grader och endast 0,2 graders skillnad mellan rummen. Här syns heller inga vädringstoppar.

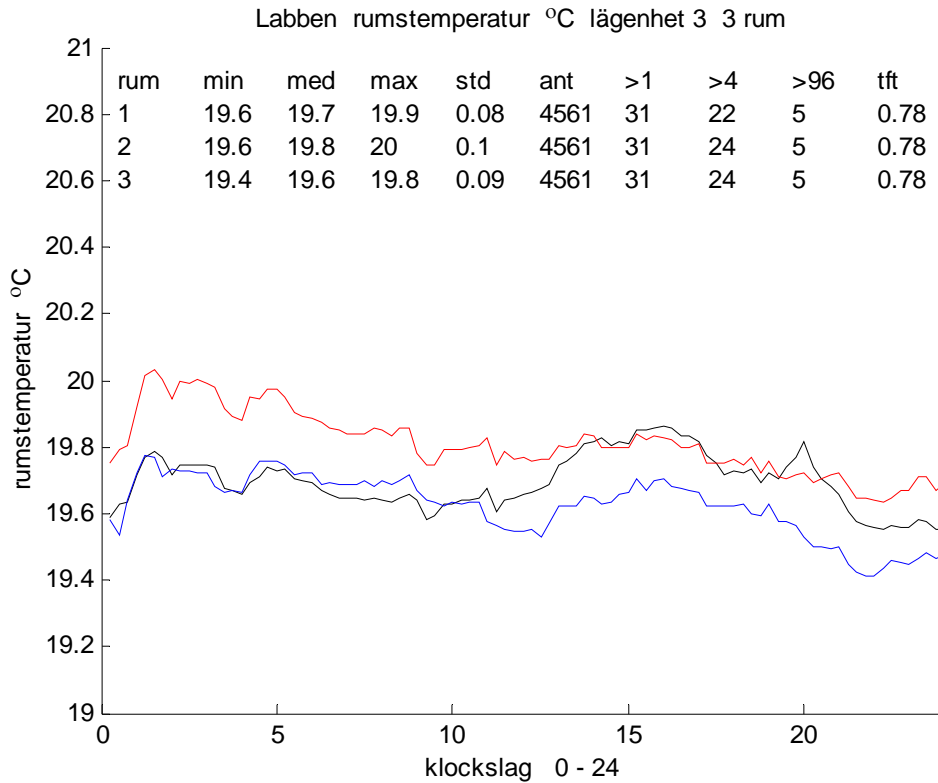


Diagram 4.2 Här visas temperaturens medelvariation i lägenhet nr 3 under 60 dygn. Lägenhet nr 10 har betydligt större variationer över dygnet, som mest 1,5 grader och temperaturskillnaden mellan rummen är ganska konstant 0,5 grader. Under morgontimmarna är skillnaden större.

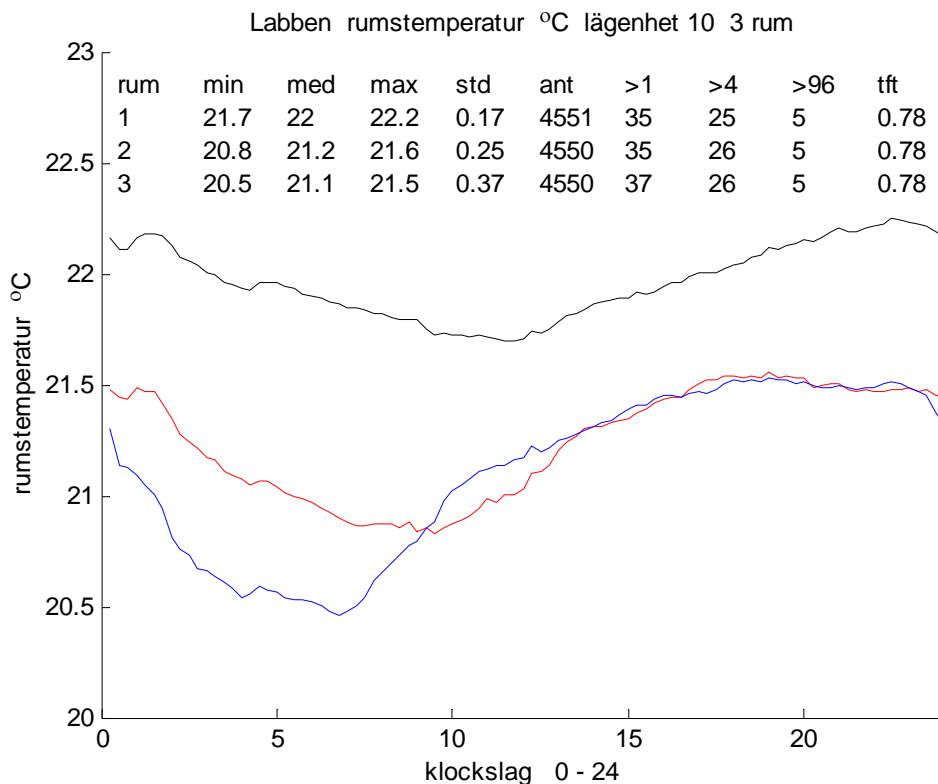


Diagram 4.3 Här visas temperaturens medelvariation i lägenhet nr 10 under 60 dygn.

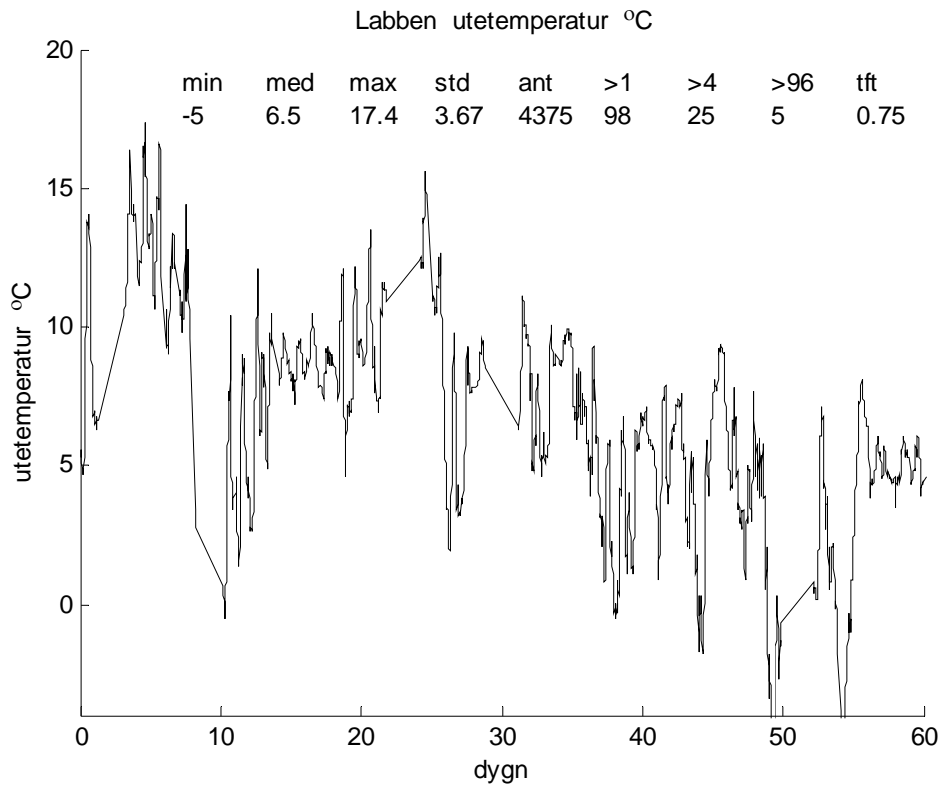


Diagram 4.4 Utetemperaturen över sextio dygn.

Temperaturen i lägenhet nr 3 har sänkts från 21.5 °C till cirka 19°C.

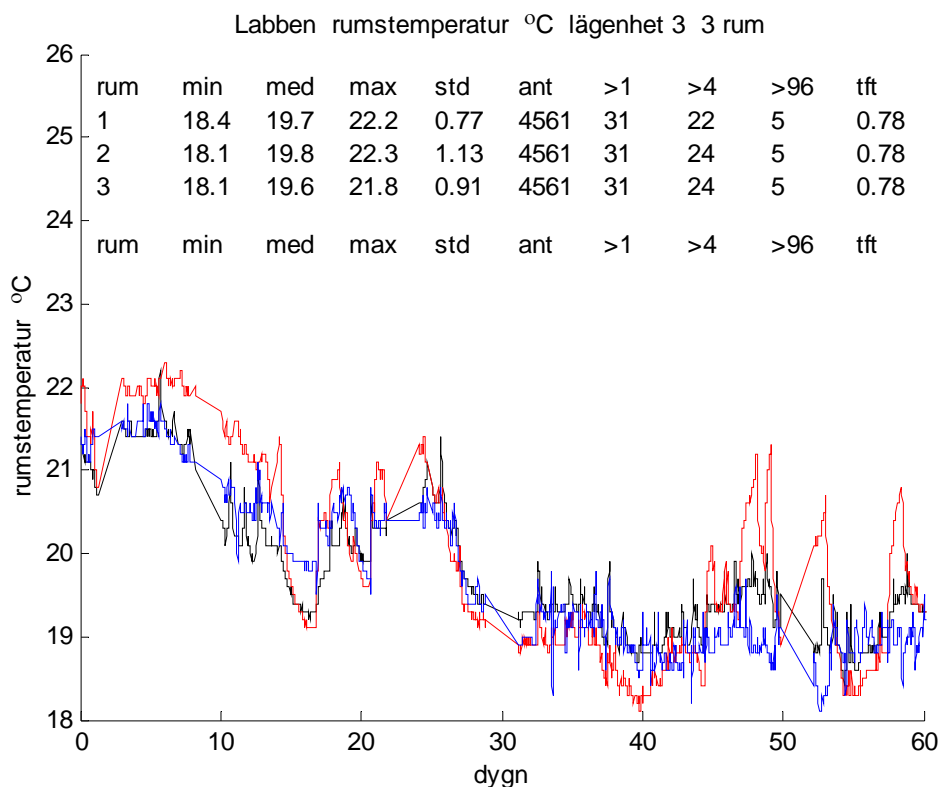


Diagram 4.5 Här visas temperaturens variation i lägenhet nr 3 under sextio dygn.

I diagrammet nedan finns stora variationer i temperaturen, kan eventuellt bero på vädring. Även i denna lägenhet har temperaturen sänkt omkring en grad men senare har den ökats lite.



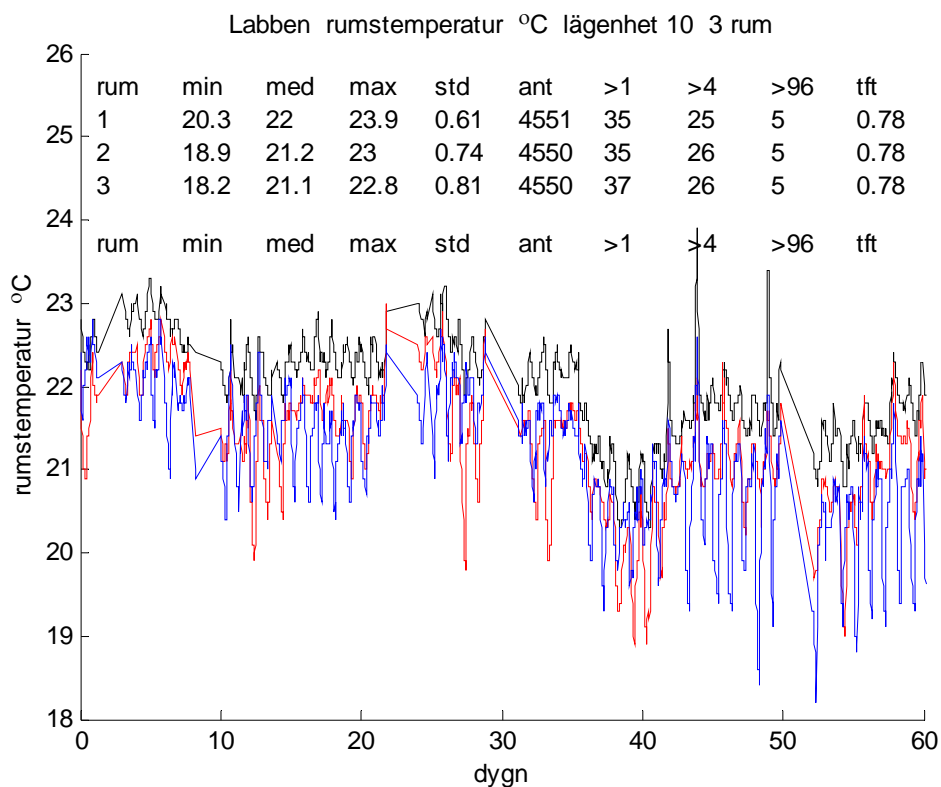


Diagram 4.6 Här visas temperaturens variation i lägenhet nr 10 under sextio dygn.

Det kunde konstateras att flera lägenhetsinnehavare hade sänkt sin temperatur i lägenheterna och några har försökt, men sedan skruvat upp värmen igen, i likhet med ovan redovisade lägenheter. I en lägenhet var medeltemperaturen nästan 24°C. Detta bör kontrolleras.

## Hyresgästernas reaktioner

Av de 72 lägenhetsinnehavarna har endast ett fåtal hört av sig med klagomål angående installationen. Klagomålen var betydligt fler i kv Grynmalaren, där kanaliseringen var slarvigt utförd och väldigt omfattande, eftersom givarna var placerade lågt och långt in i rummen.

Under informationsmötet med hyresgästerna den 3 februari framfördes bland annat följande önskemål:

- hur kan vi se att vi inte debiteras, t.ex. när utetemperaturen överstiger 16°C
- skriva in önskad temperatur på displayen och sedan justerar LKF:s fastighetsskötare temperaturen så den blir den önskade. (Funktionen finns i displayen.)
- att centralenheten ("intelligent enhet") skall sitta nära lägenhetsdörren för att underlätta vid på- och avlarmning.

Flera av hyresgästerna hade skrivit ned de temperaturmedelvärden som hade visats i displayen under november och december månad och några av dessa tyckte inte de överstämde med de siffror som levererades av CompWell till LKF. De mätvärden som föll bort ersattes av temperaturen 21 grader C vilket inte gav några pengar tillbaka.

## 5 Slutsatser och rekommendationer

### Rekommendationer

LKF bör utveckla sitt komfortvärmesystem så att husets hela drift av värme- och ventilations-system kan övervakas. Den som sköter huset bör ha tillgång till de ojusterade temperaturvärdena. En jämförelse mellan energistatistik före och efter installation för värmemätning bör göras.

För att få bättre kunskap om temperaturgradienten bör en långtidsmätning utföras i minst en lägenhet, helst tre stycken, där mätning av temperaturer bör ske på olika höjder i rummen. Av den teoretiska analysen om enkla samband avseende plymer framgår att flera värmekällor ger en betydligt lägre gradient ( $^{\circ}\text{C}/\text{m}$ ) än om det bara är en värmekälla med samma effekt. I litteraturen finns olika mätningar av temperaturgradienter redovisade men dessa gäller oftast rum med golvvärme, medan rum uppvärmda med radiatorer i byggnader med en väl isolerad klimatskärm och mekanisk frånluftsventilation inte har påträffats. För att kunna bestämma en mer exakt korrektionsformel för den placering av temperaturgivare över dörren i respektive rum som har gjorts i kv Labben bör en långtidsmätning göras. Mätningen bör helst göras i lägenheter med radiatoruppvärmning, mekanisk frånluft och med en eller flera boende för att se hur gradienten ser ut i verkligheten.

Byggnadens förmåga att lagra värme påverkar också temperaturgradienten. De flesta nya hyresfastigheter har en stomme av betong med stor värmelagringsförmåga och där värmetransporten mellan lägenheterna är stora. Av tidigare undersökningar framgår att ungefär hälften av årsvärmebehovet täcks av grannlägenheterna vid en grads skillnad mellan lägenheterna. (Individuell värmemätning i flerbostadshus, Jagemar och Bergsten, Effektiv 2003.) Det kunde vara intressant att göra en enkel modell för att mäta värmetransmissionen mellan lägenheter och bestämma den lägsta temperatur en lägenhet kan ha för att inte grannlägenheternas komfort skall påverkas, alltså den temperatur på  $21^{\circ}\text{C}$  som alla lägenheter bör kunna uppnå.

Problem med temperatur över respektive under den av hyresgästen önskade på grund av dåligt eller oisolerade vindar, fönster med dåliga U-värden eller helt enkelt stora glasytor bör detta snabbt kunna upptäckas vid analys av mätvärden. Hyresgästen bör kanske kompenseras för detta tills felen har åtgärdats. Eventuellt kan systemet förses med en utegivare lämpligt placerad och när utetemperaturen snabbt stiger påverkas den av sol och då debiteras inte hyresgästen för högre temperatur än den önskade.

Följande bör följas upp:

1. Byggnadernas energianvändning.
2. Hyresgästernas synpunkter.
3. Driftspersonal/fastighetsskötares synpunkter. (Utbildning av personal för att få en bättre drift, justering av värmebehovet efter årstiden, injustering av radiatorer, kontroll av flöden mm när det gäller ventilation.)
4. Analys av temperaturkurvor i några utvalda lägenheter. Uppmätt temperatur i temperaturgivare jämförs med temperaturer från mätare placerade i lägenhetens vistelsezon och den debiterbara temperaturen.
5. Analys av temperaturkurvor i en fastighet, där energianvändningen för både el och värme avläses vid samma tidpunkter som temperaturen för att på detta sätt kunna bedöma den totala energibesparingen.
6. Temperaturgradienter.

Följande bör utvecklas vidare :

1. Ansökan om medel till forskning avseende styrning av fastighetens reglerkurva med hänsyn till mätvärden från lägenheter.
2. Fungerar det att skicka meddelande över centralenheten? Hyresgästen bör kunna ställa önskemål när det gäller temperaturer mm och rapportera fel till LKF. Samtidigt bör LKF kunna skicka kortare meddelande till hyresgästen. Funktionen finns idag – maj 2005.
3. Varmvattenmätning
4. Kallvattenmätning
5. Mätning av varmvatten – examensarbete?
6. Elmätning (Elmätaren går att avläsa idag – maj 2005)

## **Slutsatser**

Om alla hyresgäster sänker sin temperatur med 1 grad sänks husets energianvändning med 6%. Om detta kommer alla lägenhetsinnehavare till del, ökar motivationen att bidra till en minskad energianvändning.

Kan driftpersonalen studera de verkliga temperaturerna, uppritade som kurvor och jämföra dessa med den energistatistik som bör finnas för varje hus, bör husets drift kunna effektiviseras och eventuella brister och felaktigheter i värme- och ventilationssystem kunna upptäckas och åtgärdas. Med tillgång till lägenheternas elanvändning, mängden luft som skall värmas och husets klimatskärm, kan byggnadens energianvändning uppskattas. Uppgifter om fjärrvärmens levererade temperaturer och flöde bör också ingå som en naturlig del av innehållet i den framtida databasen, som bör vara tillgänglig för LKF:s driftpersonal. Dessa åtgärder kan ge flera procents besparing, kanske upp till 30 % av husets totala energianvändning.

Uppmana gärna hyresgästerna att anmäla drag och andra olägenheter och åtgärda dessa. För att kompensera mot drag måste temperaturen vara en till två grader högre än annars, detta kan både LKF och hyresgästen tjäna på.

För hyresgästerna bör installationen av brandlarm och inbrottslarm ge trygghet och kanske en billigare hemförsäkring.

