



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Metod att på ett kontrollerat sätt utnyttja en byggnadsstommes värmeackumuleringsförmåga för att spara energi

Kurt Welmer

INSTITUTET FÖR
BYGGDOKUMENTATION

Accnr 81-1546

Plac *See*

R
01/8

BYGGDOK

Institutet för byggdokumentation
Hälsingegatan 49
113 31 Stockholm, Sweden
08-34 01 70 Telex 125 63

R104:1981

METOD ATT PÅ ETT KONTROLLERAT SÄTT UTNYTTJA
EN BYGGNADSSTOMMES VÄRMEACKUMULERINGSFÖRMÅGA
FÖR ATT SPARA ENERGI

Kurt Welmer

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
780402-0 från Statens råd för byggnadsforskning
till AB Bahco Ventilation.

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

REFERENSER

1. Berglund L G, Gonzalez R R (1978)
Human response to temperature drifts
ASHRAE Journal
Augusti 1978
2. Brown G, Isfält E (1969)
Instrålning från sol och himmel i Sverige under klara dagar
Rapport 19/69 från Byggforskningen
3. Shaw B H, Whyte W (1974)
Air movement through doorways - The influence of temperature and its control by forced airflow
B.S.E. December 1974 Volume 42
4. Taesler R (1972)
Klimatdata för Sverige
5. VVS-handboken
Tabeller och diagram (1974)
6. Ångström A (1958)
Sveriges klimat (Generalstabens Litografiska Anstalts Förlag), Stockholm

R104:1981

ISBN 91-540-3556-2
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

INNEHÅLL

FÖRORD	4
1 SAMMANFATTNING	5
2. INLEDNING	9
2.1 Bakgrund	9
2.2 Värmelagring med hålbjälklag (TermoDeck-systemet)	12
3 BYGGFORSKNINGSUPPDRAGETS SYFTE	15
4 PROVOBJEKT I FARSTA	16
4.1 Omgivningen	16
4.2 Byggnaden	17
4.3 Luftbehandlings- och ventilations- systemen	19
4.4 Styrningen och regleringen av TermoDeck-systemen	25
4.4.1 Luftbehandlingsaggregaten	25
4.4.2 Kallrasskydden	25
4.5 Provrummen	28
4.6 Mätutrustningen	35
4.7 Mätta storheter	37
5 MÄTRESULTAT OCH ANALYS	43
5.1 Allmänt	43
5.2 Det yttre klimatet	43
5.2.1 Utetemperaturen	43
5.2.2 Solstrålning	46
5.2.3 Vindhastigheter	51
5.3 Luftbehandlings- och ventilations- systemen för TermoDeck	51
5.3.1 Allmänt	51
5.3.2 Luftflödet	53
5.3.3 Till- och frånluftstemperaturen	54
5.3.4 Inblåsningstemperaturen	57
5.4 Det inre klimatet	60
5.4.1 Under provåret	60
5.4.2 Under två speciellt utvalda provveckor	67
5.4.2.1 Allmänt	67
5.4.2.2 Brisprogrammet	68
5.4.2.3 Jämförande beräkningar	68
5.5 Energiförbrukningen	77
5.5.1 Allmänt	77
5.5.2 Energiförbrukning för fläktdrift	77
5.5.3 För att värma tilluften	78
5.5.4 Energiförbrukning i kontorsplanet	80
5.5.5 Sammanfattning av energiförbruk- ningen	80

FÖRORD

I denna rapport redogörs för de resultat som framkommit vid ett års mätning i en TermoDeck-anläggning i Farsta (Stockholm).

Mätningarna har utförts i samråd med en referensgrupp bestående av:

Tor Göran Malmström	KTH
Karl Gustav Bernander	AB Strängbetong
Lars Olof Andersson	RLI Byggdata AB
Engelbrekt Isfält	KTH

Behjälplig vid mätningarnas uppläggning och genomförande har varit Hans Bängtsson, Bahco Ventilation Entreprenad AB.

Till ovanstående riktas ett varmt tack för gott bistånd i råd och dåd.

Ett varmt tack även till Sture Karlsson, Folksams Byggnadsavdelning, som möjliggjort mätningarnas genomförande.

Stockholm i maj 1981

Kurt Welmer

1 SAMMANFATTNING

I bostäder, kontors- och industrilokaler har man periodvis olika slag av gratisvärmestillskott (från sol, personer, belysning, maskiner o s v).

Storleken hos detta värmestillskott varierar givetvis från fall till fall. Med den isolering och täthet som man numera kräver inträffar det ofta att värmestillskotten även vintertid är större än byggnadens värmeförluster. Det vill säga att man periodvis vintertid har ett överskott av värme som rätt utnyttjat kan spara energi.

Hålls rumstemperaturen konstant så kan överskottet inte alls utnyttjas lika effektivt som om temperaturen tillåts variera under dygnet. Om rumstemperaturen tillåts variera kan nämligen en del av värmeöverskottet lagras i byggnadsstommen och kompensera senare värmebehov. Stommens värmelagringsförmåga är självfallet viktig i sammanhanget. I en tung stomme lagras och avges stora energimängder redan vid små temperaturvariationer, medan lagringsmöjligheterna i en lättare stomme begränsas av att temperaturvariationerna måste hållas inom rimliga gränser.

Vad som sker är att byggnadsstommen "laddas upp" med värme dagtid och "laddas ur" nattetid. Vintertid sker urladdningen lämpligen av sig själv så att värmekommer huset tillgodo. Sommartid däremot ventilerar man lämpligen bort det ackumulerade värmekommer. Med glidande rumstemperatur ökar uppladdningen, varvid mer värme kan sparas och det direkta kylbehovet minskar.

I dagens byggnadstyper är mellanväggarnas inflytande på rummets temperatursvängningar normalt mycket ringa, eftersom de utförs av lätta material. Den del av byggnaden som därför kan utnyttjas för att med hjälp av sin värmekapacitet hindra rumstemperaturen att anta för höga värden är i första hand bjälklagen.

I Termodecksystemet har man försökt att nyttja byggnadsstommens största värmeackumulator bjälklagen för att behandla värmebalansen så effektivt som möjligt sommar som vinter. Detta sker genom att integrera en del av ventilationssystemet med stommen, genom att låta luften passera i kanaler genom bjälklagen innan den blåses in i rummen.

Systemet, som är framtaget och utfört i samarbete mellan RLI Byggdata (L.O. Andersson och E. Isfält), Strängbetong och Bahco Ventilation, utnyttjar en specialvariant av Strängbetongs prefabricerade hålbjälklag SH-plattan. Luften leds via betongkanalerna på ett sätt som anpassas till det aktuella objektet.

Genom lämplig dimensionering av kanaler - bjälklag kan systemet anpassas till en naturlig belastningscykel för det aktuella objektet och genom att låta morgontempera-

turen hos bjälklaget vara en funktion av utetemperaturen kan man även få en anpassning till uteklimatet.

För att verkligen utnyttja bjälklagen förutsättes att man på ett kontrollerat sätt kan korrigera bjälklagstemperaturen under icke arbetstid så att man börjar den nya arbetsdagen med en lämpligt avpassad starttemperatur.

Hela denna dimensionering är mycket komplicerad och omständlig eftersom den förutsätter en icke stationär balansräkning av samtliga värmeflöden inom lokalen med omgivande väggar och bjälklag. Beräkningen måste göras på dator och det finns i dag bara ett dataprogram som klarar detta, nämligen en utbyggd version av BRIS-programmet. Detta har delvis tagits fram av en av upphovsmännen till Termodecksystemet, nämligen Engelbrekt Isfält.

I kv. Storö 9, Farsta i Stockholms södra förorter har den första Termodeckanläggningen uppförts. Därmed har också tillfälle givits att jämföra teori och praktik, att se om tänkta temperaturnivåer och temperaturglidningar klarar verklighetens alla avvikelser från teorens idealiserade förutsättningar beträffande yttre klimat, byggnad, ventilationsanläggning och regler-system.

Arbetet innebär:

- a) att i den befintliga byggnaden installera mätutrustning i speciellt utvalda rum och i tillhörande ventilationssystem
- b) att kontrollera och eventuellt modifiera utförd installation och reglerutrustning
- c) att etappvis under ett år utföra mätningar och utvärdera erhållna mätresultat
- d) att på basis av de uppmätta värdena teoretiskt (med datorprogrammet BRIS) beräkna rumstillstånd och jämföra med uppmätta värden.

Punkten b) innebar dels att normala flerpunktskrivare med manuell utvärdering ersattes av datalogger med utvärdering på data och beträffande installationen att speciellt regler-systemet kontrollerades.

I stället för att utföra mätningarna etappvis som var sagt i c) så gjordes mätningarna kontinuerligt under ett år. De avbrott som uppstod var på grund av service på dataloggern, strömavbrott och andra okontrollerbara händelser.

Den större datamängden gav ett säkrare underlag vid utvärderingar samtidigt som utvärdering på data blev en nödvändighet.

Provåret omfattade tiden fr o m 1978-12-04 t o m

1979-12-03 och under denna period registrerade dataloggern mätvärden timvis i medeltal ungefär 80% av tiden.

Under provåret gjordes de timvisa mätningarna i ett femtiotal punkter fördelade på två aggregat och två provrum. Ur den stora datamängden har vissa resultat-sammanfattningar framtagits, vilka redovisas i rapporten. Resultaten kan mycket kort sammanfattas enligt nedan.

Det yttre klimatet

Utetemperatur, solstrålning och vind visade sig under provåret vara rätt normala, varför resultaten kan betraktas som representativa vad gäller det yttre klimatets påverkan.

Luftbehandlingssystemet

I rapporten redovisas bl a till- och frånluftstemperaturernas samt inblåsningstemperaturens (= temperaturen hos den i rummet inblåsta luften) förlopp under året. Man kunde för inblåsningstemperaturen registrera ett mycket lugnt, nästan isotermiskt, inblåsningssvängigt förlopp. I medeltal var skillnaden mellan högsta och lägsta inblåsningstemperatur under arbetstid ungefär 1°C.

Det inre klimatet

Redovisningen av det inre klimatet är uppdelad på två delar, nämligen en del som talar om hur klimatet varit under provåret och en del som visar resultatet av en jämförande beräkning.

I den första delen visas bl a den överraskande låga temperaturglidningen under arbetstid. Den var i snitt 1,5 - 2°C för de båda provrummen.

Den andra delen visar en jämförande beräkning för en sommar- och en vintervecka utförd med hjälp av det tidigare nämnda datorprogrammet. Överensstämmelsen blev så god man kan begära vid en jämförelse där så många svårbestämbara parametrar samtidigt är "i rörelse".

Energiförbrukningen

På nästa sida följer en sammanfattning av uppmätta (M), beräknade (B) och uppskattade (U) årsenergier (m^2 = brutto kontorsarea). Uppgifterna om elenergi är, bortsett från fläktdriften, baserade på provvåningens (den del av byggnaden där mätningarna utfördes) förbrukning.

Elenergi

Fläktdrift	16 kWh/m ² , år	(M)
Belysning, kontorsrum	56 "	(M)
Belysning, övrigt	10 "	(U/B)
Övrig el	5 "	(U/B)
Kallrasskydd	22 "	(M)
	<hr/>	
	109 kWh/m ² , år	

Vattenburen energi

Uppvärmning av ventila- tionsluft	15 kWh/m ² , år	(M)
Värme för tappvarmvatten samt rörförluster	5 "	(U/B)
	<hr/>	
	20 kWh/m ² , år	

Energi direkt avsedd för uppvärmning

Uppvärmning av ventila- tionsluft	15 kWh/m ² , år	(M)
Kallrasskydd	22 "	(M)
	<hr/>	
	37 kWh/m ² , år	

Elförbrukningen 16 kWh/m², år för fläktdrift är onödigt stor. Dels har nämligen drifttiden varit onödigt lång på grund av en olämplig tidsstyrning av fläktarna och dels visade sig det installerade kylbatteriet med sitt luftmotstånd ej behövas för klimatstyrningen.

2 INLEDNING

2.1 Bakgrund

I bostäder, kontors- och industrilokaler har man periodvis olika slag av gratisvärmestillskott (från sol, personer, belysning, maskiner o s v).

Storleken hos detta värmestillskott varierar givetvis från fall till fall. Med den isolering och täthet som man numera kräver inträffar det ofta att värmestillskotten även vintertid är större än byggnadens värmeförluster. Det vill säga att man periodvis vintertid har ett överskott av värme som rätt utnyttjat kan spara energi.

Hålls rumstemperaturen konstant så kan överskottet inte alls utnyttjas lika effektivt som om temperaturen tillåts variera under dygnet. Om rumstemperaturen tillåts variera kan nämligen en del av värmeöverskottet lagras i byggnadsstommen och kompensera senare värmebehov. Stommens värmelagringsförmåga är självfallet viktig i sammanhanget. I en tung stomme lagras och avges stora energimängder redan vid små temperaturvariationer, medan lagringsmöjligheterna i en lättare stomme begränsas av att temperaturvariationerna måste hållas inom rimliga gränser.

Vad som sker är att byggnadsstommen "laddas upp" med värme dagtid och "laddas ur" nattetid. Vintertid sker urladdningen lämpligen av sig själv så att värmet kommer huset tillgodo. Sommartid däremot ventilerar man lämpligen bort det ackumulerade värmets. Med glidande rumstemperatur ökar uppladdningen, varvid mer värme kan sparas och det direkta kylbehovet minskar.

I dagens byggnadstyper är mellanväggarnas inflytande på rummets temperatursvängningar normalt mycket ringa, eftersom de utförs av lätta material. Den del av byggnaden som därför kan utnyttjas för att med hjälp av sin värmekapacitet hindra rumstemperaturen att anta för höga värden är i första hand bjälklagen.

Att principen, att så mycket som möjligt nyttja byggnaden för att utjämna belastningsvariationer och därmed spara energi, har stöd i dagens energitänkande framgår bland annat av texten i kommentarerna till SBN 75 (se figur 2.1 på nästa sida).

För att samspelet mellan rumsluft och byggnadsstomme (d v s i första hand bjälklagen) skall bli så gott som möjligt krävs att förmågan att transportera och ackumulera värme är god.

Den förra bestäms av storleken hos den värmeöverförande ytan samt värmeövergångstalet vid ytan och värmeledningsförmågan hos ingående materialskikt. Den senare bestäms av den ackumulerande massan och dess specifika värmekapacitet.

39:11K BYGGNADS UTFORMNING. ALLMÄNNA KRAV

Det är för närvarande inte möjligt att närmare kvantifiera SBN 39:11 utöver vad som framgår av övriga krav i k- 33, 35 och 36. Föreskriften kan i realiteten uppfattas att byggnader skall utformas så att energiförbrukningen är hög genom olämplig utformning. Detta gäller utformningen och planlösningen, orientering och orientering.

Inverkan på energiförbrukningen

- Byggnadens möjligheter att utjämna variationer i värmebelastningen genom lämpligt avpassad värmekapacitet bör utnyttjas liksom möjligheter att under tider med värmeöverskott kyla ned byggnaden med uteluft nattetid.

Från energihushållningssynpunkt är det lämpligt att stor restriktivitet tillämpas beträffande installation för kylning av rumsluften. I första hand skall strävan vara att utforma byggnaden så att kylinstallation kan undvikas. Detta medför att det för byggnader som avses bli utförda med kylinstallation erfordras en redogörelse i byggnadslovsansökan av motiven härför (beskrivning enligt SBN 11:126 c).

Figur 2.1 Ur Kommentarer till Svensk Byggnorm 1977:3

För mineralull, gips respektive betong gäller ungefär följande värden:

	Värmeledningsförmåga (W/m °C)	Akkumuleringsförmåga (Wh/m ² °C) för ett 1 cm tjockt skikt
Mineralull (100 kg/m ³)	0,04	0,24
Gips	0,22	2,70
Betong	1,70	5,80

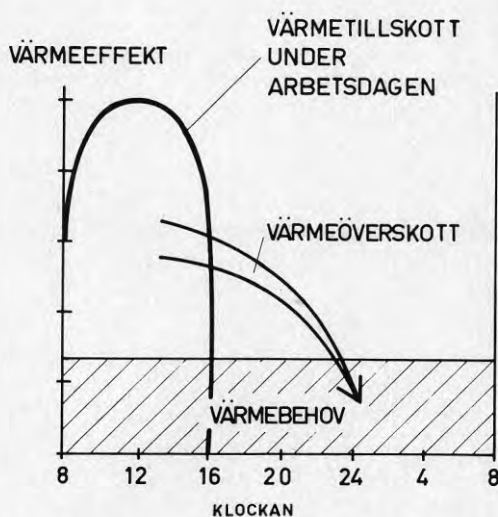
Som synes leder betong värme ungefär 40 gånger så bra som mineralull och ackumulerar värme ungefär 20 gånger så bra. Så mycket som möjligt av betongbjälklagen bör därför komma i direkt kontakt med rumsluften och så litet som möjligt "gömmas" bakom ljudabsorbenter och undertak. Om man måste ha ett undertak bör det utföras så att rumsluften får tillträde till undertaksutrymmet.

Studerar man energibalansen för exempelvis en kontorsmodul under en vintervecka finner man att energibalansen ofta kan upprätthållas enbart genom intern värmeutveckling (belysning, maskiner, personvärme e t c).

Exempel på värmebalans under en vintervecka för ett kontorsrum:

Förluster:	Yttervägg plus fönster	100 W
	Ofrivillig ventilation	30 W
		<hr/>
		130 W
Tillskott:	Person	100 W
	Belysning	300 W
		<hr/>
		400 W
Summa förluster:	$7 \times 24 \times 130 =$	<u>21 840 Wh</u>
Summa tillskott:	$5 \times (8 \times 100 + 12 \times 300) =$	<u>22 000 Wh</u>

Att uppnå ett sådant förlustfritt utnyttjande av värmertilskotten (figur 2.2) är inte möjligt, men ju mer man kan uppnå av detta desto bättre.



Figur 2.2 Schematiskt diagram över ett kontorsrums värmebehov och värmertilskott under ett vinterdygn samt hur värmeeffekten borde utnyttjas

2.2 Värmelagring med hålbjälklag (TermoDeck-systemet)

I TermoDeck-systemet har man försökt att nyttja byggnadsstommens största värmeackumulator, bjälklagen, för att behandla värmebalansen så effektivt som möjligt sommar som vinter. Detta sker genom att integrera en del av ventilationssystemet med stommen, genom att låta luften passera i kanaler genom bjälklagen innan den blåses in i rummet.

Systemet, som är framtaget och utfört i samarbete mellan RLI Byggdata (L O Andersson och E Isfält), Strängbetong och Bahco Ventilation Entreprenad AB, utnyttjar en specialvariant av Strängbetongs prefabricerade hålbjälklag SH-plattan. Luften leds via betongkanalerna på ett sätt som anpassas till det aktuella objektet.

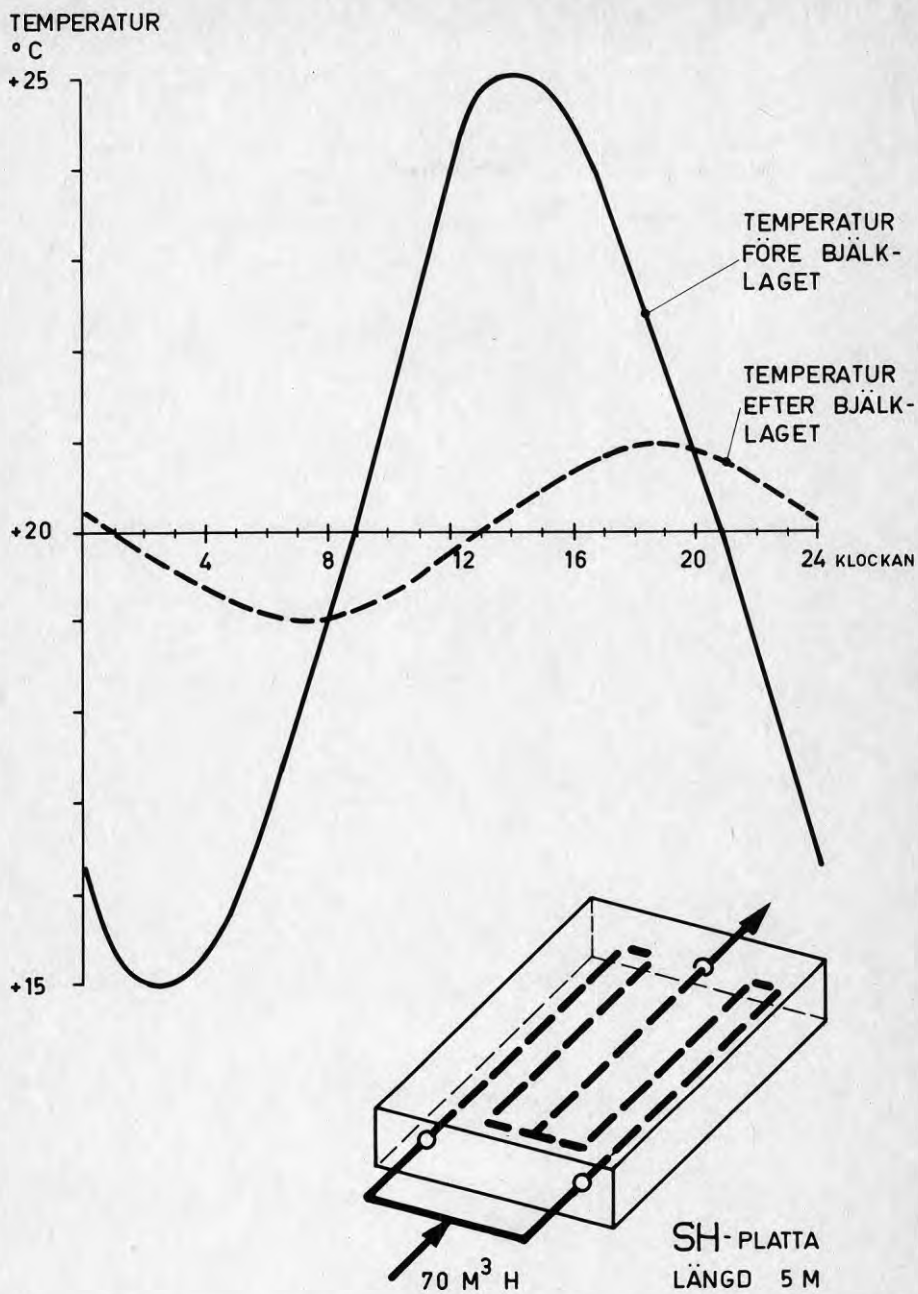
Figur 2.3 (se sid 13) visar dels en möjlighet till optimal luftförling i en SH-platta för att termiskt nå så stor bjälklagsmassa som möjligt, och dels temperaturförloppet hos luften före och efter bjälklagsplattan. Plattan är i detta fall cirka 5 m lång och 1,2 m bred. Totalt passerar plattan av 70 m³/h luft med en i tiden sinusformad ingående temperatur. Som synes blir temperaturvariationen kraftigt utjämnad och dessutom senareläggs temperaturtopparna.

Om figuren kan sägas motsvara ett sommardygnet med utetemperatur svängande sinusformad kring + 20°C och där uteluften otempererad blåses in blir resultatet följande jämfört med vid konventionell ventilation. Istället för att få in 25-gradig luft kl 15.00 får man in 20,5-gradig luft och temperaturtoppen som är knappt 21 grader kommer in först fyra timmar senare, d v s kl 19.00. Under natten kommer i första hand bjälklagets inre och i mindre utsträckning lokalens ytor att kylas ner (d v s man slipper att komma till en "utkyld lokal"). Även den utjämnade "kyltoppen" kommer att senareläggas fyra timmar, d v s lagom möte de interna värmebelastningarna på morgonen.

I en normal anläggning är bjälklagsplattan längre, vilket ytterligare plattar till och tidsförskjuter temperaturförloppet.

Under sommaren utnyttjas den svala nattluften för att kyla ned bjälklaget, vilket i sin tur under dagtid kyler dels den varma uteluften vid dess passage genom bjälklaget och dels rummet genom tak- och golvytornas sänkta temperatur. Byggnader med ej alltför höga installerade effekter behöver därför normalt inte någon kylutrustning för att klara acceptabla klimatkrav.

Utöver denna värmebalans mellan fasadrummet och dess bjälklag finns ytterligare ett värmefflöde som man kanske inte tänker på i första hand och som hänger samman med att bjälklagsplattan normalt täcker fasadrummet, korridoren och ibland även en del av husets kärna.



Figur 2.3 Temperaturutjämning i SH-platta

Under vintern har byggnadens inre normalt en högre temperatur än rum vid fasaden. Genom att tilluften får passera fram och tillbaka genom plattan växlar tilluften temperatur ett flertal gånger mellan ytter- och innerzon innan den når tillluftsdonet.

Överskottsenergi från husets inre transporteras på så vis ut till fasadrummen, där man har värmeförluster genom ytterväggen. Om temperaturskillnaden mellan två rum är 1°C kan luften i en gemensam bjälklagsplatta (bredd 1,2 m) överföra cirka 20 W, vilket är ett väsentligt effekttillskott.

Genom lämplig dimensionering av kanaler - bjälklag kan systemet anpassas till en naturlig belastningscykel för det aktuella objektet och genom att låta morgontemperaturen hos bjälklaget vara en funktion av uttemperaturen kan man även få en anpassning till uteklimatet.

Hela denna dimensionering är mycket komplicerad och omständlig, eftersom den förutsätter en icke stationär balansräkning av samtliga värmeflöden inom lokalen med omgivande väggar och bjälklag. Beräkningen måste göras på dator och det finns idag bara ett dataprogram som klarar detta, nämligen en utbyggd version av BRIS-programmet. Detta har delvis tagits fram av en av upphovsmännen till TermoDeck-systemet, nämligen Engelbrekt Isfält.

För att till fullo utnyttja bjälklagen förutsätts att man på ett kontrollerat sätt kan korrigera bjälklagstemperaturen under icke arbetstid så att man börjar den nya arbetsdagen med en lämpligt avpassad starttemperatur.

Detta innebär att fläktarna utöver arbetstid även går under en kontroll- och korrigeringsstid som på vintern kan vara någon timme och under de varma sommarägnen kan vara resten av dygnet.

3 BYGGFORSKNINGSUPPDRAGETS SYFTE

I Kv Storö 9, Farsta i Stockholms södra förorter har den första TermoDeck-anläggningen uppförts. Därmed har också tillfälle givits att jämföra teori och praktik, att se om tänkta temperaturnivåer och temperaturglidningar klarar verklighetens alla avvikelser från teorins idealiserade förutsättningar beträffande yttre klimat, byggnad, ventilationsanläggning och reglersystem.

Arbetet innebar:

- a. att i den befintliga byggnaden installera mätutrustning i speciellt utvalda rum och i tillhörande ventilationssystem;
- b. att kontrollera och eventuellt modifiera utförd installation och reglerutrustning;
- c. att etappvis under ett år utföra mätningar och utvärdera erhållna mätresultat;
- d. att på basis av de uppmätta värdena teoretiskt (med datorprogrammet BRIS) beräkna rumstillstånd och jämföra med uppmätta värden.

Punkten a resulterade i att två rum med varsitt ventilationssystem försågs med mätpunkter (se avsnitten 4.5 - 4.7).

Punkt b innebar dels att normala flerpunktskrivare med manuell utvärdering ersattes av datalogger med utvärdering på data och beträffande installationen att speciellt reglersystemet kontrollerades.

Istället för att utföra mätningarna etappvis som var sagt i punkt c så gjordes mätningarna kontinuerligt under ett år. De avbrott som uppstod var på grund av service på dataloggern, strömavbrott och andra okontrollerbara händelser.

Den större datamängden gav ett säkrare underlag vid utvärderingar samtidigt som utvärdering på data blev en nödvändighet.

4 PROVOBJEKTET I FARSTA

4.1 Omgivningen

Provobjektet, som är en kontorsbyggnad vilken ingår i Kv Storö 9, är beläget i Farsta i Stockholms södra förorter. Byggnaden är trots att den ligger i Farsta Centrum, relativt fritt belägen med de helt dominerande långsidorna mot relativt stora parkeringsytor (se figurerna 4.1 och 4.2)



Figur 4.1 TermoDeck-byggnadens VSV-fasad (den vänstra delen av den långa, höga byggnaden)



Figur 4.2 TermoDeck-byggnadens ONO-fasad (till höger på bilden)

Även om den omgivande bebyggelsen självfallet inverkar på det yttre klimatet kring byggnaden så gör den det troligen i måttlig utsträckning. Byggnaden är relativt fritt utsatt för väder och vind.

4.2 Byggnaden

Provobjektet är ett tvåkorridors kontorshus byggt 1976/77 ovanpå ett äldre platsgjutet låghus från 1957. Påbyggnaden är utförd som ett prefabbygge där stommen levererats av Strängbetong och ventilationsanläggningen av Bahco Ventilation Entreprenad.

Byggherre är Folksam med AB Farsta Centrum som totalentreprenör.

Delägare i AB Farsta Centrum:

Bygg-Oleba, Olle Engkvist AB
Byggmästare John Mattson
Nya Asfalt AB
Byggnads AB Projector
AB Skånska Cementgjuteriet
Svenska Industribyggen AB, SIAB

Arkitekt:

Arkitekter SAR Sven Backström, Leif Reinius AB

Konstruktör:

Bertil Olander Konsulterande Ingenjörbyrå AB

VVS-konsult:

AxRo Consult AB

Elkonsult:

Folke Johansson Ingenjörbyrå AB

Hur TermoDeck-byggnaden (provobjektet) ser ut framgår av figur 4.3 (se sid 18), där man i förgrunden har den äldre lågbyggnaden samt TermoDeck-byggnaden. I bakgrunden finns, som en ren fortsättning på TermoDeck-byggnaden, Folksams och HSBs långa kontorsbyggnad från början av 60-talet.

TermoDeck-byggnaden är ett sjuvåningshus, där den nedersta våningen är en läkarvåning som till sin användning och värmebelastning helt skiljer sig från de ovanförliggande ordinära kontorsvåningarna (typ cellkontor). Våningarna är uppdelade och nyttjas av olika hyresgäster.

I grova drag kan TermoDeck-byggnaden sägas vara uppbyggd av hålbjälklag (SH-plattor) vilande på betongbalkar vid fasad och korridorinnervägg.

TermoDeck-byggnaden



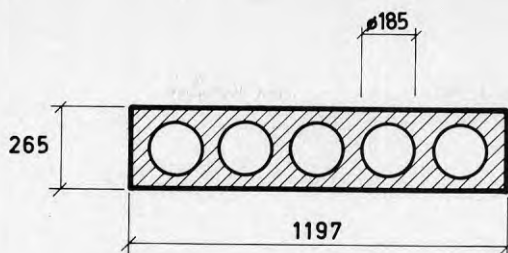
Figur 4.3 TermoDeck-byggnaden (Kv Storö 9) i Farsta

Balkarna vilar i sin tur på betongpelare. Mellan fasadpelarna finns ett utfackningsparti innehållande bland annat treglasfönster och elradiator. Byggnadens utsida är täckt med isolering och tegel motsvarande SBN 75's krav på värmeisolering. Fönsterareorna är dock något större än vad som är föreskrivet i SBN 75.

Husets bredd täcks av tre SH-plattor, nämligen en som täcker kärnan och två som täcker respektive fasadrum med tillhörande korridor.

Huvudmått, areor och teoretiska k-värden framgår av tabellerna 4.1 respektive 4.2.

Dimensionerna för bjälklagsplattan med sina fem stora parallella, längsgående kanaler framgår av figur 4.4 (se sid 19).



Figur 4.4 Sektion genom bjälklagsplatta

4.3 Luftbehandlings- och ventilationssystemen

Samtliga plan i och under TermoDeck-byggnaden servas ventilationsmässigt från fläktrum på TermoDeck-byggnadens tak. Ventilationssystemets uppbyggnad framgår schematiskt av flödesschemat i figur 4.5 (se sid 20).

De sex översta planen (kontorsplanen) får sin ventilation från TA3 och de fyra lika aggregaten TA4 - TA7. TA3 ventilerar på konventionellt sätt lokaler av typen större samlingsrum liggande ovanför varandra i byggnadens NNV-del. TA4 - TA7 däremot, som arbetar enligt TermoDeck-principen, svarar för kontorsventilationen i resten av de sex planen.

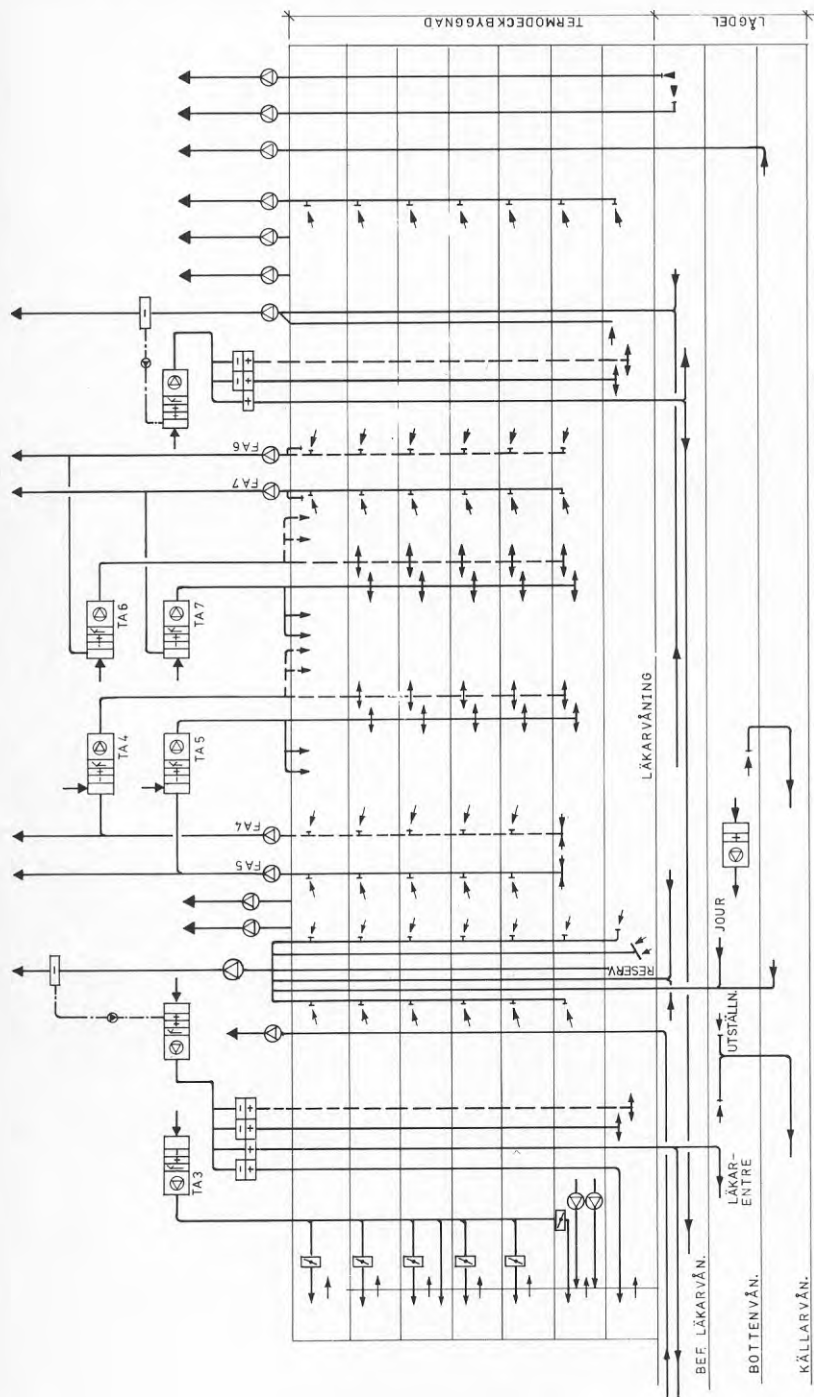
TermoDeck-byggnadens nedersta plan ventileras som synes av aggregat som även servar utrymmen i den underliggande äldre byggnadsdelen.

Aggregatuppdelningen är gjord på ett sätt som gör det mycket enkelt att utskilja en renodlad, väldefinierad TermoDeck-del, d v s de sex översta planen avsedda för ren kontorsverksamhet med fyra lika aggregat. Varje aggregat är avsett för en fjärdedel av huset i sex plan. Delningen fås genom att klyva huset mitt itu uppfifrån och ned, längs och tvärs.

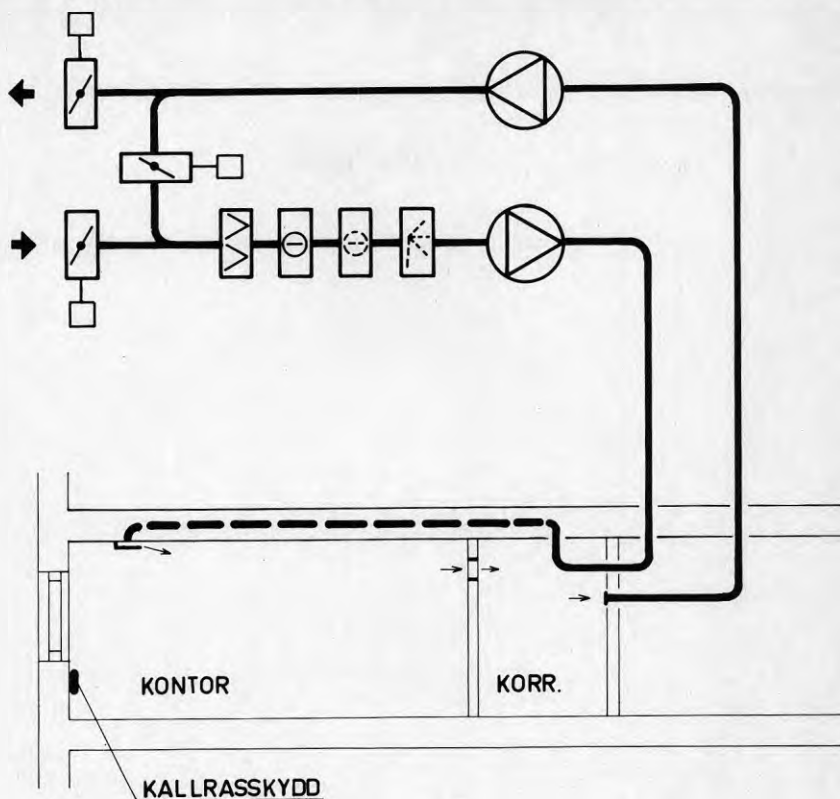
Uppbyggnaden för respektive aggregat (TA4 - TA7) framgår av figur 4.6 (se sid 21). Som synes innehåller aggregaten blandningsspjäll, värme- och kylbatteri samt fuktningsdel.

Kylbatteriet, som ej behövs ur TermoDeck-synpunkt, tillkom av förståeliga skäl på begäran av byggherren. Han ställdes ju inför något oprövat och behövde något att falla tillbaka på om temperaturnivåerna skulle stiga högre än vad teorierna utlovat.

Som framgår av resultaten längre fram, har kylbatterierna ej använts och ej heller behövts.



Figur 4.5 Flödeschema för ventilationsanläggningen



Figur 4.6 Principiell uppbyggnad av aggregat TA4 - TA7

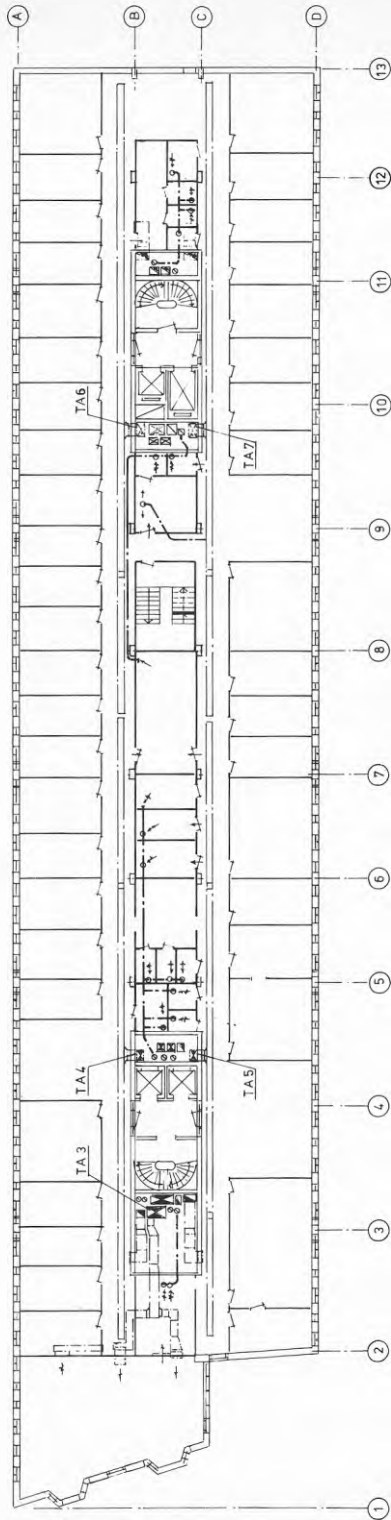
Av energiskäl har även fuktningsdelen varit frånkopplad. Den har heller ej använts sommartid för evaporativ kylning.

Luften från aggregaten fördelas via ett kanalsystem av plåt i schakt och korridorundertak till respektive bjälklagsplatta. Ett typiskt kontorsplan med sin kanaldragnings framgår av figur 4.7 (se sid 22).

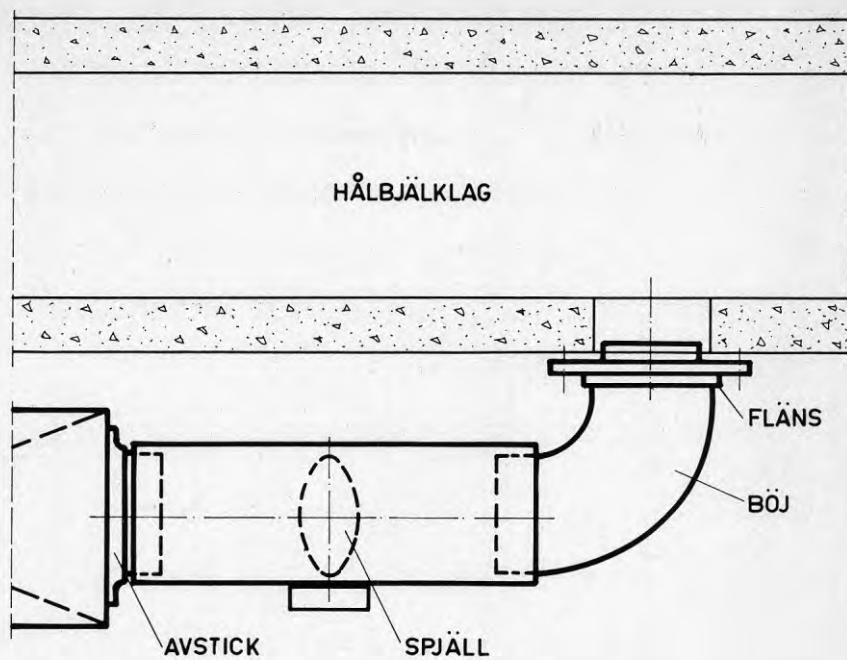
Anslutningen av bjälklagsplattan och kanaldragnings framgår av figurerna 4.8 och 4.9 (se sid 23 och 24).

I figur 4.6 är även markerat det kallrasskydd i form av en elradiator som placerats under varje fönster.

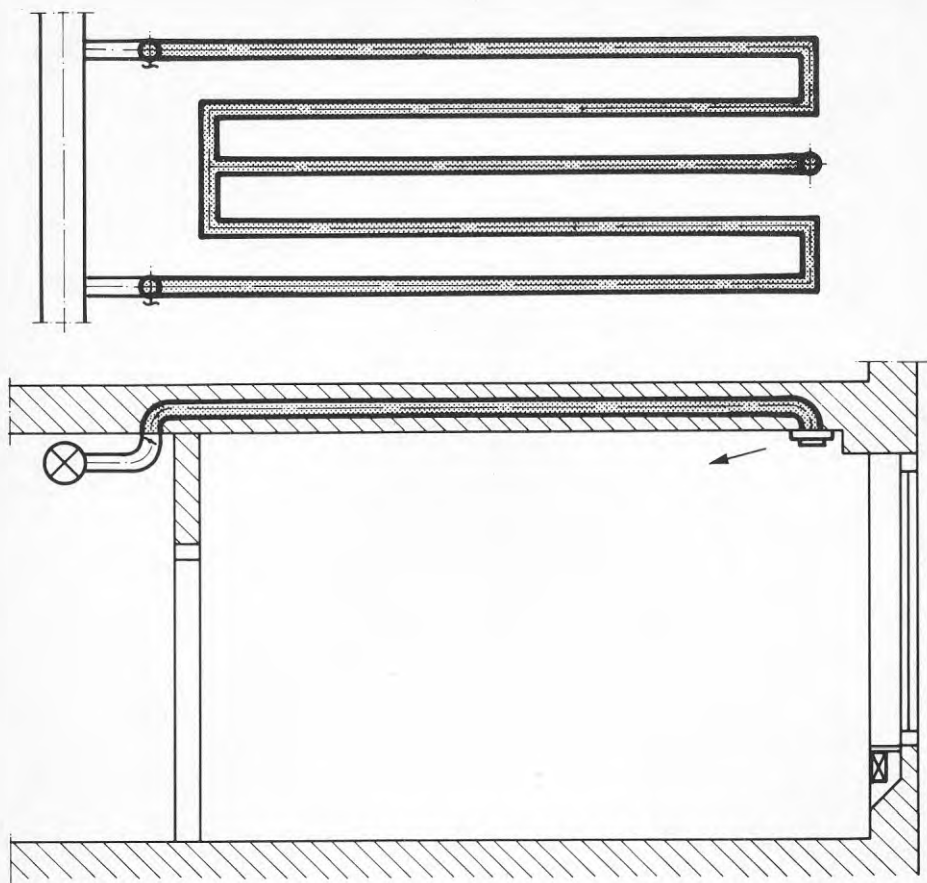
Ävenså visas hur frånluften får fritt strömma till korridoren via överluftsdon (med överhörningsdämpning).



Figur 4.7 Ett typiskt kontorsplan i TermoDeck-byggnaden



Figur 4.8 Anslutning av bjälklagsplatta



Figur 4.9 Kanaldragning i bjälklagsplattan

4.4 Styrningen och regleringen av TermoDeck-systemen

4.4.1 Luftbehandlingsaggregaten

För att rätt utnyttja byggnadsstommens ackumuleringsmöjligheter måste systemet dels dimensioneras riktigt (vilket som tidigare påpekats sker med hjälp av ett speciellt dataprogram) och dels styras och regleras riktigt.

Eftersom systemet är trögt så kan man inte med luftbehandlingens hjälp åstadkomma någon snabb korrigerings- eller avreglering av rumsluftens temperatur. Tvärtom bygger ju principen bland annat på att rumsluftens temperatur skall få "flyta" inom acceptabla gränser. Att temperaturglidningen inte blir för stor är en dimensioneringsfråga och berör inte reglerprincipen.

Det viktiga är att byggnadsmassan har rätt temperatur på morgonen för att kunna klara arbetsdagens skiftande belastningar med hänsyn tagen till utetemperatur. Regleringen är därför uppdelad i två tidsskeden, nämligen arbetstid och vad som skulle kunna kallas kontroll- och korrigeringsstid.

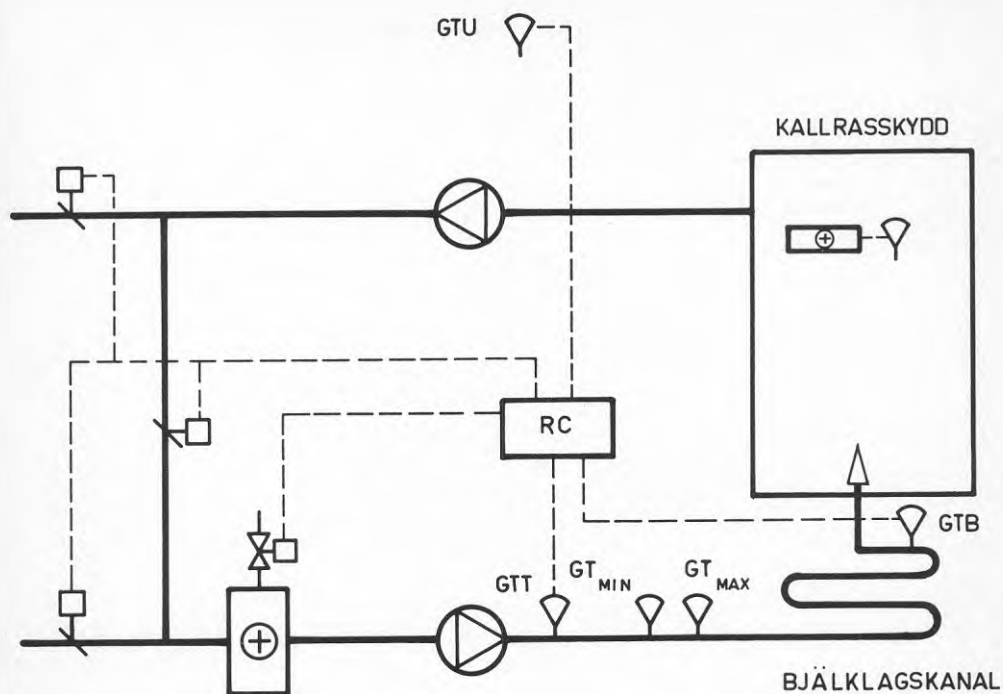
I Kv Storö 9 är reglersystemet uppbyggt som figur 4.10 visar (se sid 26). Det finns i princip tre stycken termostater som styr anläggningen, nämligen tilluftstermostaten GTT, bjälklagstermostaten GTB och utetermostaten GTU.

Under arbetstid bortser man från bjälklagstemperaturen och tilluftstemperaturens börvärde är en ren funktion av utetemperatur.

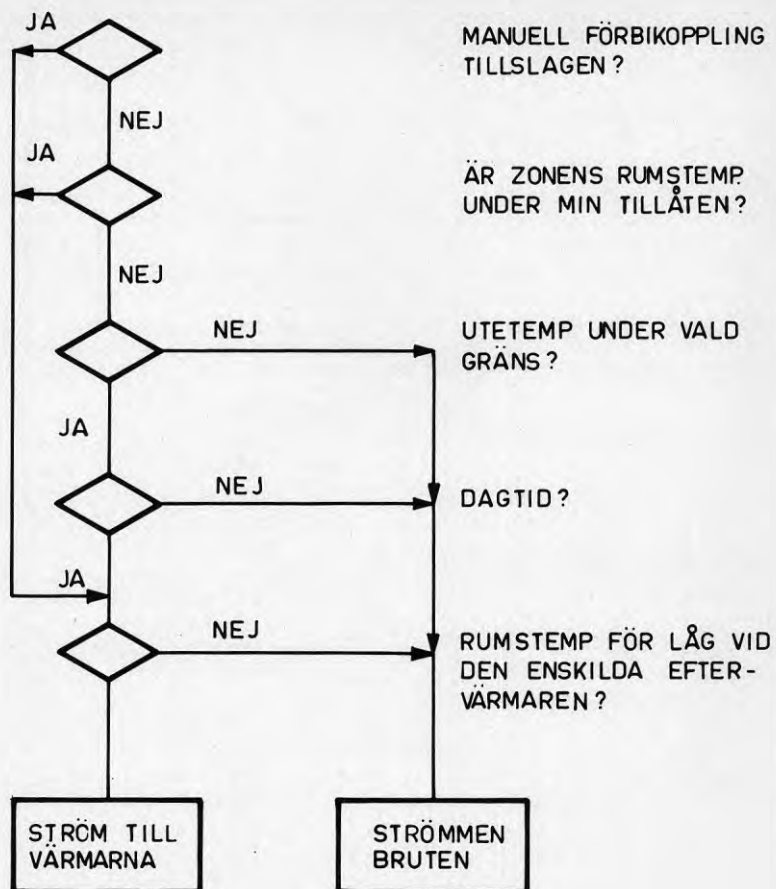
Under kontroll- och korrigeringsstiden, som vintertid är ett par timmar innan arbetstidens början respektive natten mellan söndag och måndag samt sommartid är hela natten, är ju målet att åstadkomma en bjälklagstemperatur som är den för årstiden riktiga. Den senare är i anläggningen given såsom ett samband mellan bjälklagstemperatur och utetemperatur. Bjälklagstemperaturens ärvärde avkänns av GTB, som via reglercentralen förskjuter GTT's börvärde.

4.4.2 Kallrasskydden

Elradiatorernas primära uppgift är att tjäna som kallrasskydd. Tanken var att de endast skulle vara inkopplade när kallrasrisk förelåg. De skulle därför enbart vara inkopplade under arbetstid, om utetemperaturen understeg ett visst värde och om rumstemperaturen ej tenderade att bli för hög. Regleringen skulle ske via tidur, utetermostat samt individuella rumstermostater. Dessutom skulle finnas möjlighet att zonvis koppla förbi tidur och utetermostat. Dessa funktioner framgår av flödesschemat i figur 4.11 (se sid 27).



Figur 4.10 Principiell uppbyggnad av reglersystemet för TermoDeck. Endast komponenter som är specifika för TermoDeck-systemet har medtagits



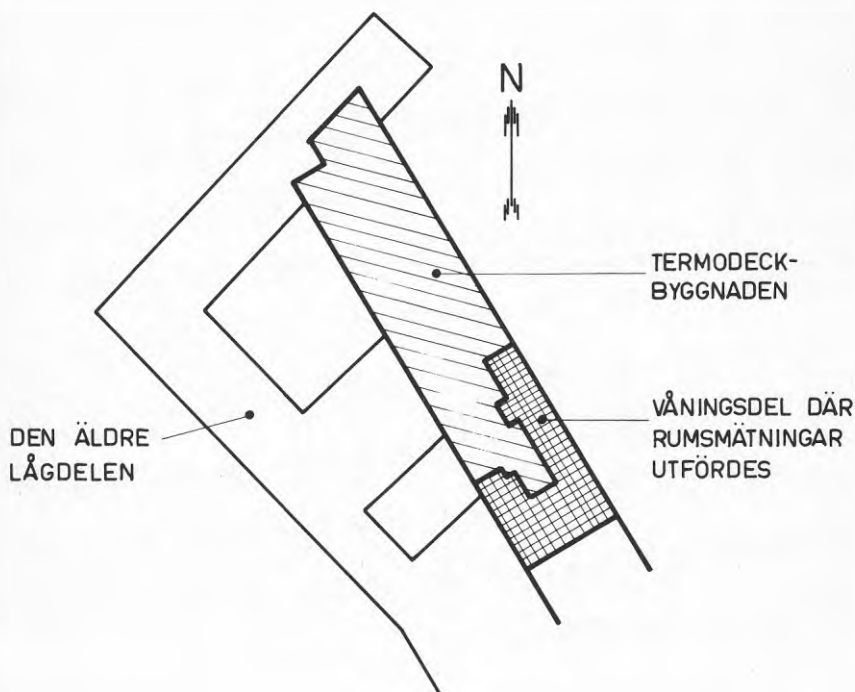
Figur 4.11 Reglering av kallrasskydden

Den verkliga inkopplingstiden blev dock längre än vad som skulle behövts ur kallrassynpunkt. Detta berodde dels på termostattrassel och dels på "den mänskliga faktorn".

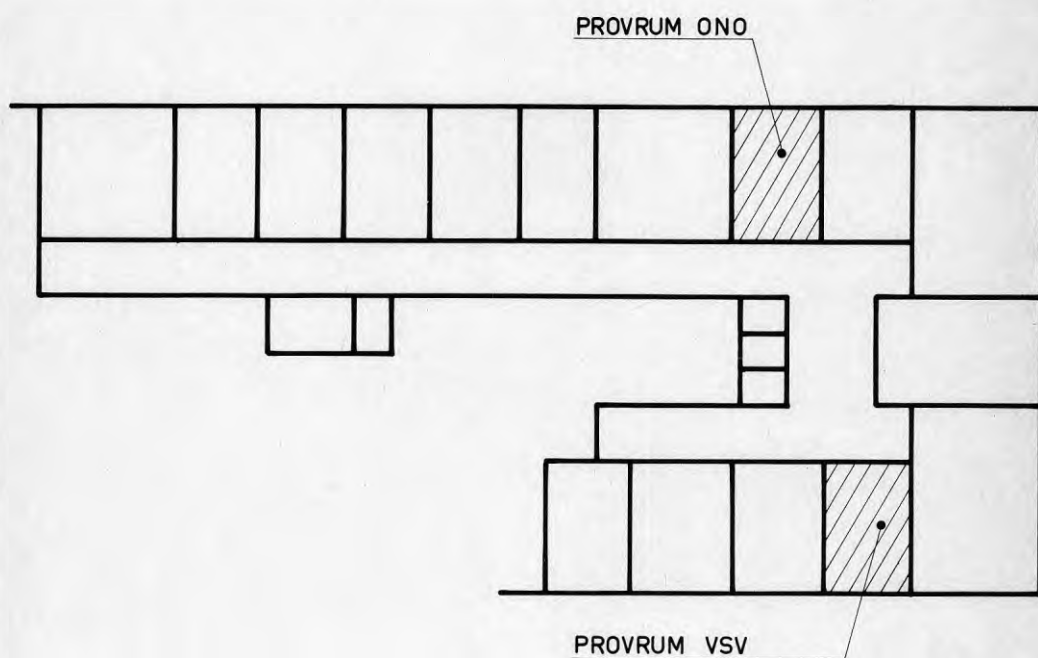
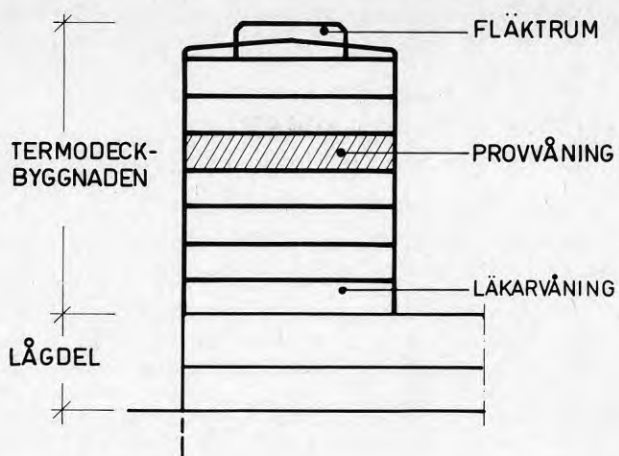
4.5 Provrummen

För att mäta de verkliga temperaturförloppen under ett år behövdes ett par representativa rum där man fick arrangera erforderliga mätpunkter. Rummen skulle ha någorlunda normala värmebelastningar, vara normalt "bebodda" och framför allt skulle rumsinnehavarna stå ut med att under minst ett år få sina rum "förskönade" av diverse ledningar. Genom vänligt tillmötesgående fick vi tillgång till ett par lämpligt placerade rum.

På planskissen i figur 4.12 (nedan) syns, förutom den äldre lågdelen och TermoDeck-byggnaden även en kraftigt markerad yta som visar den del av en våning (separat hyresgäst) där rumsmätningarna kunde utföras. I figur 4.13 (se sid 29) har denna yta förstörats och man ser nu rumsindelningen och de två provrummen. Provvåningens läge i höjddled framgår av den övre delfiguren.



Figur 4.12 Planskiss över provobjektet



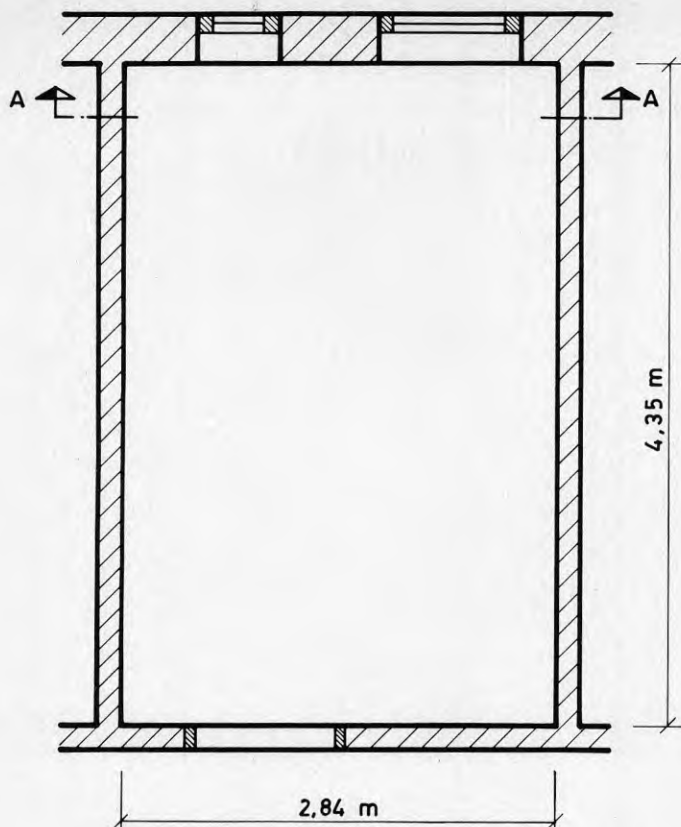
Figur 4.13 Våningsdel där rumsmätningar utfördes

Eftersom de två rummen aggregatmässigt tillhör var sin zon kom mätningarna att omfatta två rum och två aggregat.

Rummens mått m m är redovisade i figurerna 4.14 och 4.15 (se sid 31 och 32).

På figur 4.14, och ännu tydligare på figur 4.16 (se sid 33), syns den varierande storleken på fönstermodul, vilket något trasslade till samspelet med bjälklagsplattan med dess fixa breddmått. Problemet var dock mer av organisatorisk än av teknisk natur.

Figur 4.17 (se sid 34) visar det ungefärliga utseendet hos en sektion genom provrummen vid fasaden och figur 4.18 (sid 34) samt 4.19 (sid 35) interiören i de två rummen. Det säger sig självt, att man med hänsyn till rumsinnehavaren inte kan få alla mätpunkter exakt där man skulle önska. Speciellt gäller detta temperaturer mitt i rummet där man istället får söka sig till närmaste lediga vägg och sedan försöka att "tolka" värdena.



Golvarea	12,4 m ²
Volym	34,0 m ³
Fasad	9,0 m ²
därav vägg	6,0 m ²
fönster *	3,0 m ²
därav glas	2,0 m ²
karm	1,0 m ²
Innerväggar	32,0 m ²

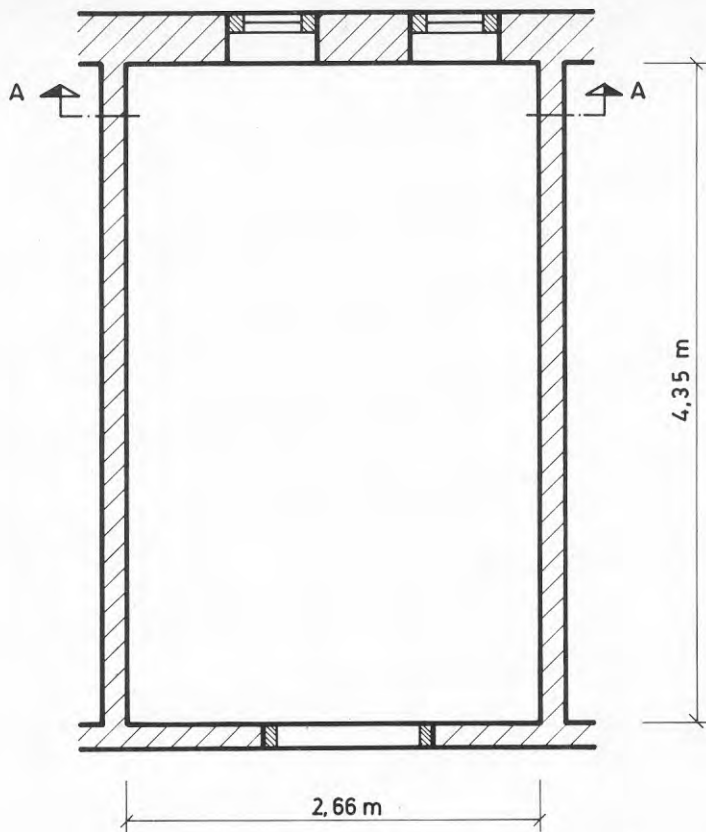
* 3-glasfönster med persienn mellan de innersta glasen

Belysning 4 x 1,25 x 3 x 40 = 600 W

Elradiatorer 100 + 200 = 300 W

Servas av TA-6

Figur 4.14 ONO-rummet



Golvarea	11,6 m ²
Volym	31,8 m ³
Fasad	8,5 m ²
därav vägg	6,2 m ²
fönster	2,3 m ²
därav glas	1,3 m ²
karm	1,0 m ²
Innerväggar	31,0 m ²

* 3-glasfönster med persienn mellan de innersta glasen

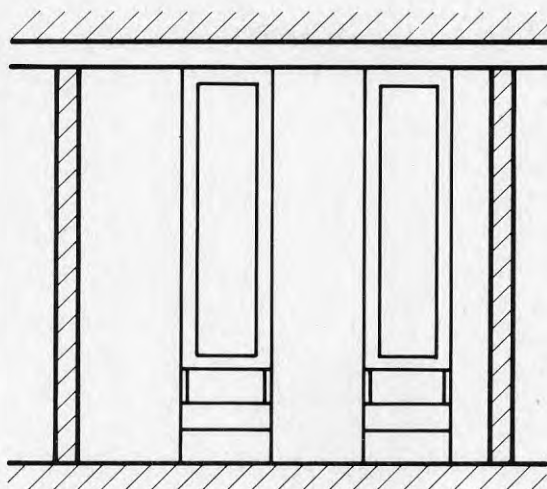
Belysning $4 \times 1,25 \times 3 \times 40 = 600 \text{ W}$

Elradiatorer $2 \times 100 = 200 \text{ W}$

Servas av TA-7

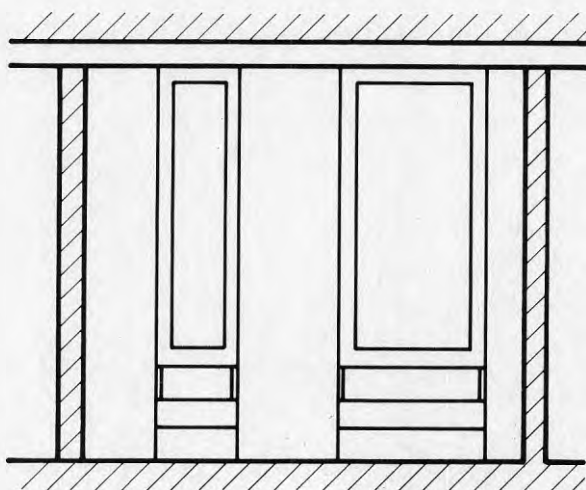
Figur 4.15 VSV-rummet

VSV- RUMMET



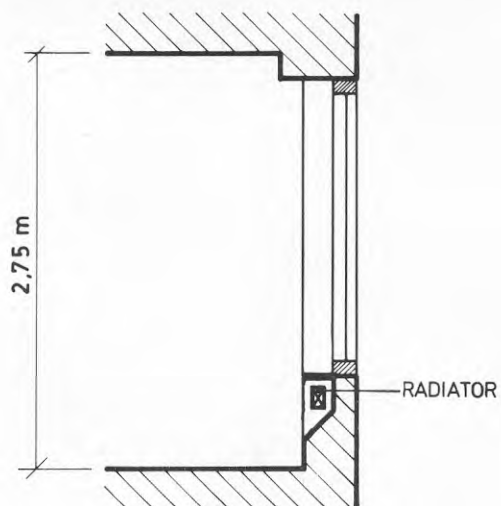
SEKTION A-A

ONO- RUMMET



SEKTION A-A

Figur 4.16 Sektioner genom provrummen



Figur 4.17 Sektion genom provrummets fasaddel



Figur 4.18 Interiör av ONO-rummet



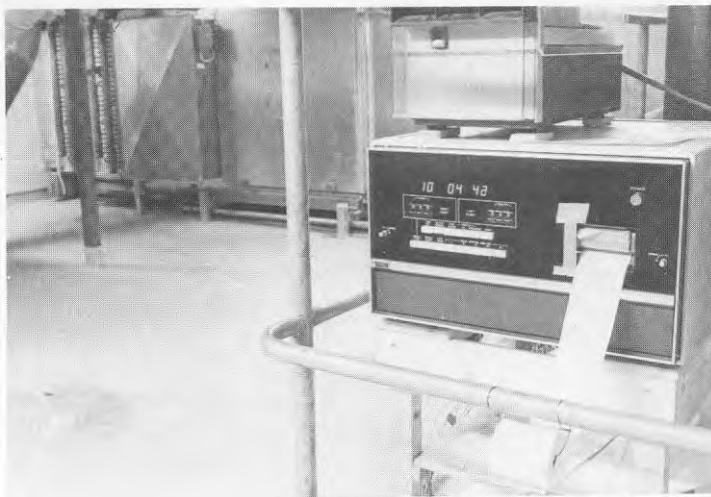
Figur 4.19 Interiör av VSV-rummet

4.6 Mätutrustningen

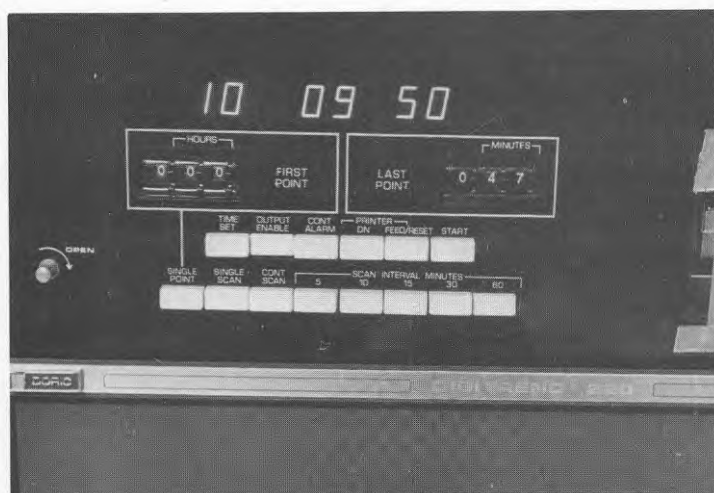
Under ett inledningskede av mätningarna, när ventilations- och regleranläggningens funktion kontrollerades, användes en normal flerpunktsskrivare. Det visade sig under dessa mätningar att det skulle bli svårt, för att inte säga praktiskt omöjligt, att fortsätta provarets mätningar på samma sätt. Dels var det svårt att läsa av kurvorna som slingrade sig om varandra, men framför allt skulle mängden av mätdata göra en manuell hantering otänkbar. Av denna anledning skaffades en datalogger typ Doric Digitrend 220 plus en hålremsstans typ Facit 4070 (se figurerna 4.20 och 4.21 på sid 36). För att läsa över informationen från hålremsa till magnetband införskaffades även en hålremsläsare. Resultaten bearbetades sedan med speciellt framtagna dataprogram i den minidator vi normalt använder för tekniska beräkningar på Bahco Ventilation Entreprenad.

Dataloggern visade sig vara ett utmärkt hjälpmedel även under kontrollskedet genom dess möjlighet till snabb central avläsning av reglerförlopp. Eftersom registrering även kunde fås av samtliga eller vissa utvalda mätvärden, kontinuerligt eller i tidssteg upp till en timme med en i dataloggern inbyggd printer kunde insvägningsförlopp lätt följas.

Vid den mätning som gjordes under provåret med timvis registrering av 47 mätvärden räckte en rulle med hålremsa i något mer än en vecka, vilket gav ett lagom tidsintervall för kontroll av anläggningen samtidigt med remsbytet.



Figur 4.20 Dataloggern och ovanpå denna remsstansen



Figur 4.21 Närbild av dataloggern som visar den digitala avläsningsmöjligheten och de olika möjligheterna till tidssteg vid registrering

För mätning av temperaturer användes termoelementråd medan eventuellt fönsteröppnande registrerades med hjälp av signal från mikrobrytare. Solintensitet mot horisontell yta mättes med hjälp av solarimeter och med signal från tryckvakter registrerades om fläktarna var i drift.

4.7 Mätta storheter

Bortsett från vissa interna kontrollstorheter i data-loggern mättes direkt eller indirekt de storheter som redovisas i figur 4.22 (se sid 38). Bortsett från "Sol" och " t_{ute} " skall antalet mätstorheter multipliceras med två, eftersom det var två rum och två aggregat för vilka mätningarna gjordes.

Eventuella kalibreringsavvikelser lagrades på en speciell datafile och korrigeringsarna skedde i samband med databehandlingen.

En faktor som inverkar på rummets/byggnadens värmebalans är den ofrivilliga ventilationen. En kontinuerlig mätning av denna i de båda provrummen hade naturligtvis varit önskvärd men praktiskt omöjlig att genomföra. Byggnaden har dock bedömts vara relativt tät.

Följande gällde för de olika mätstorheterna med beteckningar enligt figuren:

Sol

Solintensiteten mot horisontell yta mättes med en solarimeter placerad på yttertak på ett fläktrum. Den registrerade spänningen översattes med en viss faktor till W/m^2 .

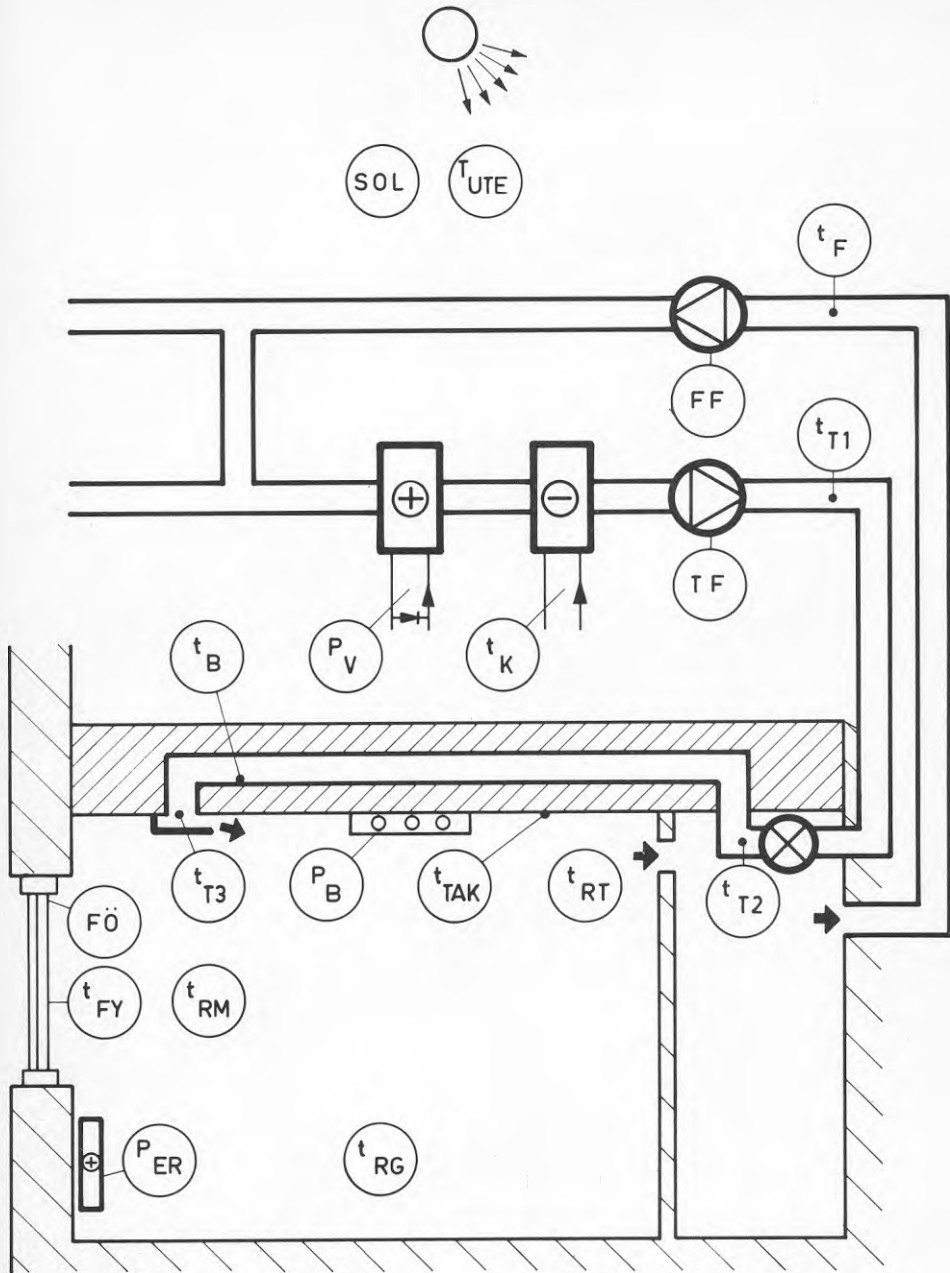
t_{ute}

Utemperaturen mättes med ett termoelement placerat i en speciell, vitmålad, ventilerad bur placerad på en stång på yttertak till ett fläktrum.

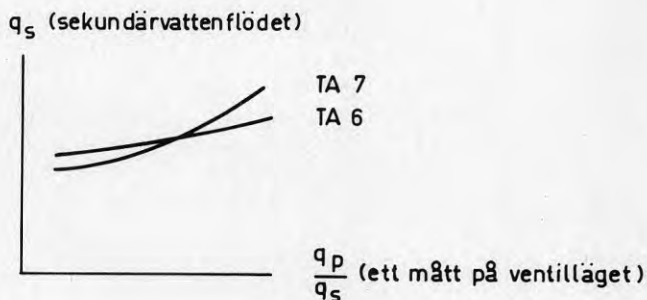
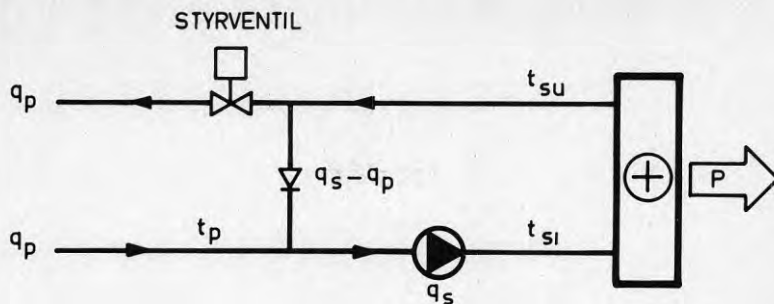
P_v

Värmeeffekten till värmebatteriet mättes indirekt genom tre temperaturmätningar, nämligen värmevattnets temperatur till batteriets cirkulationskrets samt vattentemperaturen till och från batteriet.

För att få värmeeffekt behövs ju förutom vattentemperaturerna till och från batteriet även uppgift om motsvarande vattenflöde genom batteriet. Vid mätning av detta flöde kunde man konstatera att det varierade något, beroende på läget hos styrventilen.



Figur 4.22 Mätta storheter



Figur 4.23 Bestämning av sekundärvarvattenflödet

Man har (se figur 4.23 ovan):

$$q_s \times t_{si} = q_p \times t_p + (q_s - q_p) \times t_{su}$$

vilket kan omskrivas till:

$$\frac{q_p}{q_s} = \frac{t_{si} - t_{su}}{t_p - t_{su}} \quad (4.7:1)$$

$$P = \rho_v \times C_v \times q_s (t_{si} - t_{su}) \quad (4.7:2)$$

Ur mätningarna med varierande strypning hos styrventilen erhöles kurvor motsvarande den undre delen av figur 4.23. Genom att bestämma q_p/q_s ur de tre temperaturerna t_p , t_{si} och t_{su} enligt ekvationen 4.7:1 kunde man således ur de nämnda kurvorna få fram q_s och därmed ur ekvationen 4.7:2 värmeeffekten P .

Kurvornas ekvationer plus ekvationerna 4.7:1 och 4.7:2 ingår i utvärderingsprogrammet, varför de tre temperaturerna var tillräcklig information för effektberäkningen.

t_K

Eftersom kylbatteriet ej skulle användas (kylan var spärrad av termostat) kontrollerades endast att någon kyla ej kom till batteriet. Kontrollen skedde med ett termoelement på batteriets (direkt expansion) vätskeledning.

TF och FF

Om fläktarna var i drift eller ej vid mättillfället registrerades med hjälp av differensträckmätare.

 t_F

Genom att mäta frånluftens temperatur (termoelement) vid frånluftsfläktarna erhöles en uppfattning om husets totala temperaturnivå (inklusive inverkan av korridorer m m).

 t_{T1}

Temperaturen en bit efter tilluftsfläkten mättes med två termoelement för att även få med eventuell temperaturskiktning. Denna visade sig i praktiken vara liten, men som ett mått på temperaturen användes medelvärdet.

 t_{T2}

Tilluftstemperaturen omedelbart före luftens inträde i bjälklagsplattan mättes (termoelement) dels för att se temperaturändringen från fläkt och dels se temperaturändringen i bjälklagsplattan.

 t_B och t_{T3}

Med termoelement mättes dels betongkanalens ytemperatur strax innan tilluftsdonet (t_B) och dels lufttemperaturen i tilluftsdonet (t_{T3}). Dessa visade sig ligga mycket nära varandra.

 P_B

De båda rummen är försedda med fyra belysningsarmaturer var, där varje armatur kan tändas och släckas individuellt. Det visade sig att rumsinnehavarna trots detta gärna använde armaturerna parvis, d v s antingen tände de båda armaturerna vid fasaden eller samtliga armaturer på en gång.

Registreringen av om belysningen var släckt eller tänd gjordes därför så att armaturerna mättes parvis (fasadarmaturerna resp armaturerna åt korridorsidan) med ett termoelement per armatur. Termoelementen fästes på ett lysrör i resp armatur och seriekopplades parvis. Armaturerna i ett armaturpar definierades som tända om den uppmätta temperaturen översteg ett viss referensvärde.

Metoden som var enkel innebar självfallet en viss risk för felmätning. Felkällorna var bland annat att rumsinnehavaren frångick sitt "tändningsmönster", att något lysrör gick sönder och att en temperatur över referensnivån i själva verket innebar att armaturerna höll på att svalna efter en släckning.

De två första anledningarna bedöms ha bidragit mycket litet till en felmätning eftersom kontrollmöjlighet gavs så ofta.

Den tredje anledningen bedöms heller inte ha bidragit så mycket. För årsenergiberäkning där sorteringen tänd/icke tänd gjorts slaviskt efter referensnivån kommer troligen antalet fall med just släckt belysning över referensnivån att tas ut av antalet fall med just tänd belysning under referensnivån. Man får en utjämnning av den stora mängden fall.

När det gäller att studera ett dygns- eller veckoförlopp skulle en sådan stelbent hantering kunna ge upphov till fel. Vid en sådan analys är dock antalet registreringar inte fler än att man "för hand" ur timregistreringarna kan få fram om belysningen just tänts eller släckts.

P_{ER}

Varje rum innehåller två elradiatorer där, på samma sätt som för belysningen, yttemperaturerna mätts genom två seriekopplade termoelement. Samma resonemang har tillämpats som för belysningen.

FÖ

Med mikrobrytare i fönstren har kontrollerats om fönstren öppnats eller ej.

t_{FY}

Med termoelement på fönstrets insida har det innersta glasets yttemperatur mätts. Temperaturen påverkas av rumstemperaturen, utetemperaturen, strålningsutbyte med interna ytor och eventuell solstrålning. Med viss tolkning talar temperaturen om ifall fönstret varit utsatt för solstrålning.

t_{RT}

Ett termoelement vid överluftsdonet ger rumstemperaturen i rummets övre del. Temperaturen är representativ så länge fläktarna är igång, men blir tidvis missvisande vid avstängda fläktar. Det har då hänt att okontrollerade luftströmmar fört luft från korridorrens undertaksutrymme till rummet. Har då korridorbelysningen varit tänd, dvs luften varit varm i undertaksutrymmet, så har oväntade temperaturtoppar registrerats.

t_{RM}

Ett termoelement placerades vid fasadväggen mitt emellan golv och tak. Mätpunkten placerades mitt emellan fönstren ungefär 1 dm från vägg, d v s så att den skulle påverkas så litet som möjligt av ytterväggen och ändå inte nås av direkt solstrålning.

t_{RG}

För att få en uppfattning om temperaturskiktningen i höjddled placerades ett termoelement ungefär 1 dm över golv och 1 dm ut från mitten på en mellanvägg.

t_{TAK}

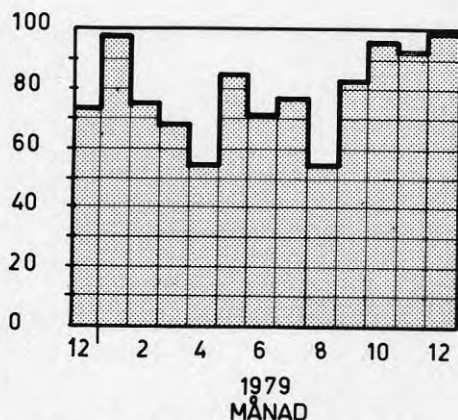
För att se hur takytans temperatur varierade fästes ett termoelement mot takytan så långt från belysningsarmaturer som möjligt. Termoelementet täcktes med en liten bit isolering för att så mycket som möjligt eliminera inverkan av rumsluftens temperatur.

5 MÄTRESULTAT OCH ANALYS

5.1 Allmänt

Provåret omfattade tiden fr o m 1978-12-04 t o m 1979-12-03 och under denna period registrerade dataloggern mätvärden timvis i medeltal ungefär 80 % av tiden. Se figur 5.1 nedan som visar den månatliga fördelningen.

% TID MED REGISTRERING
AV MÖJLIG TID

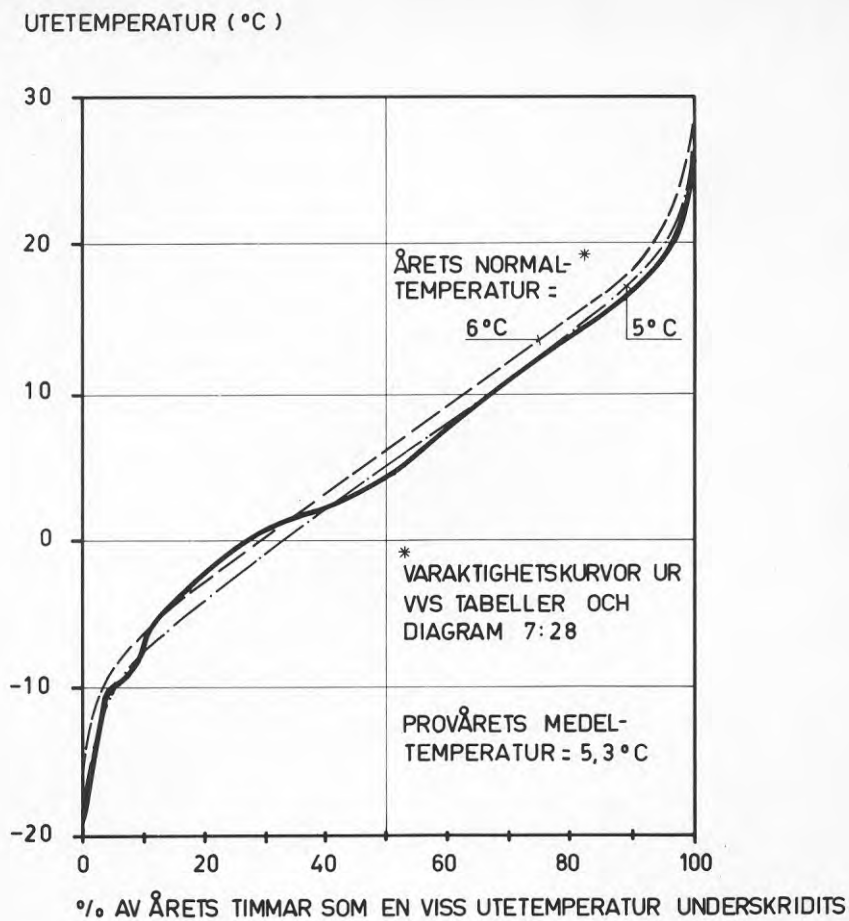


Figur 5.1 Andel av möjlig tid som dataloggern registrerat mätvärden

5.2 Det yttre klimatet

5.2.1 Utetemperaturen

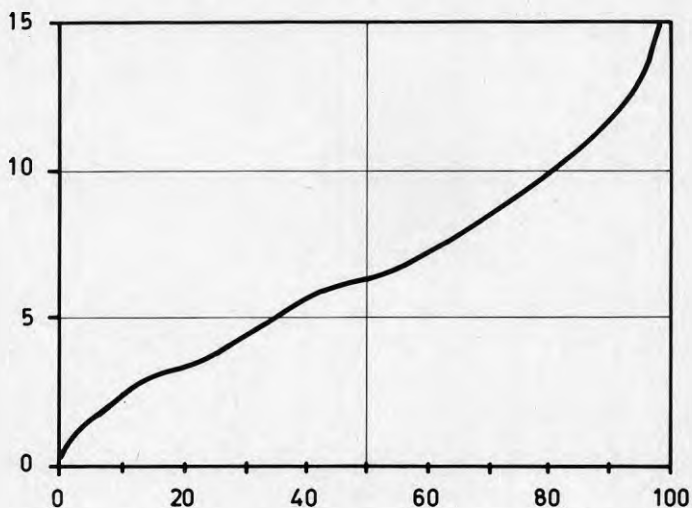
Figur 5.2 (se sid 44) visar utetemperaturen under provåret uppritad som varaktighetskurva. I samma diagram har även varaktighetskurvorna för årsmedeltemperaturen 5°C respektive 6°C ritats in. En jämförelse med dessa kurvor, som hämtats ur VVS Tabeller och diagram, visar på ett något varmare vinterhalvår och ett något kallare sommarhalvår än vad de stiliserade kurvorna anger. Årsmedeltemperaturen $5,3^{\circ}\text{C}$ är lägre än normalvärdet $6,6^{\circ}\text{C}$ för Stockholm.



Figur 5.2 Utetemperaturens varaktighet under provåret

Intressant är även att se dygnsamplitudens storlek och varaktighet. I figur 5.3 nedan visas hur skillnaden mellan dygnets högsta och lägsta utetemperatur har fördelats under året. De höga värdena inträffade under den varmaste respektive kallaste delen av året med de högsta värdena under sommaren. Jämför med figur 5.4 (se sid 46) som visar max temperaturstegring som funktion av utetemperaturen för tre orter i Sverige. De senare är baserade på värden för perioden 1949 - 1969.

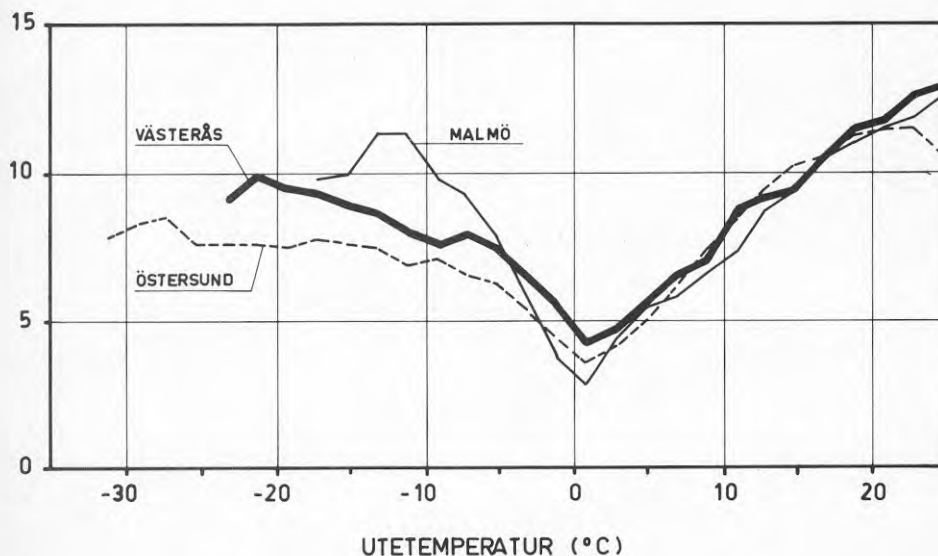
(MAX-MIN) UTETEMPERATUR UNDER DYGNET ($^{\circ}\text{C}$)



% AV ÅRETS DYGN SOM EN VISS UTETEMPERATUR-
STEGRING UNDERSKRIDITS

Figur 5.3 Max utetemperaturstegring per dygn

(MAX-MIN) UTETEMPERATUR UNDER DYGNET (°C)



Figur 5.4 Max utetemperaturstegring per dygn som funktion av utetemperaturen

5.2.2 Solstrålning

Resultat av solmätningarna framgår av figureerna 5.5 - 5.8 (se sid 47 - 50). I de två första diagrammen har veckomedelvärdet samt veckans max och min av solintensiteten mot horisontell yta uppritats. Det första diagrammet avser hela dygnet, varför minvärdet av naturliga skäl hela tiden varit 0. Luckorna i kurvorna beror på avbrott i mätningarna.

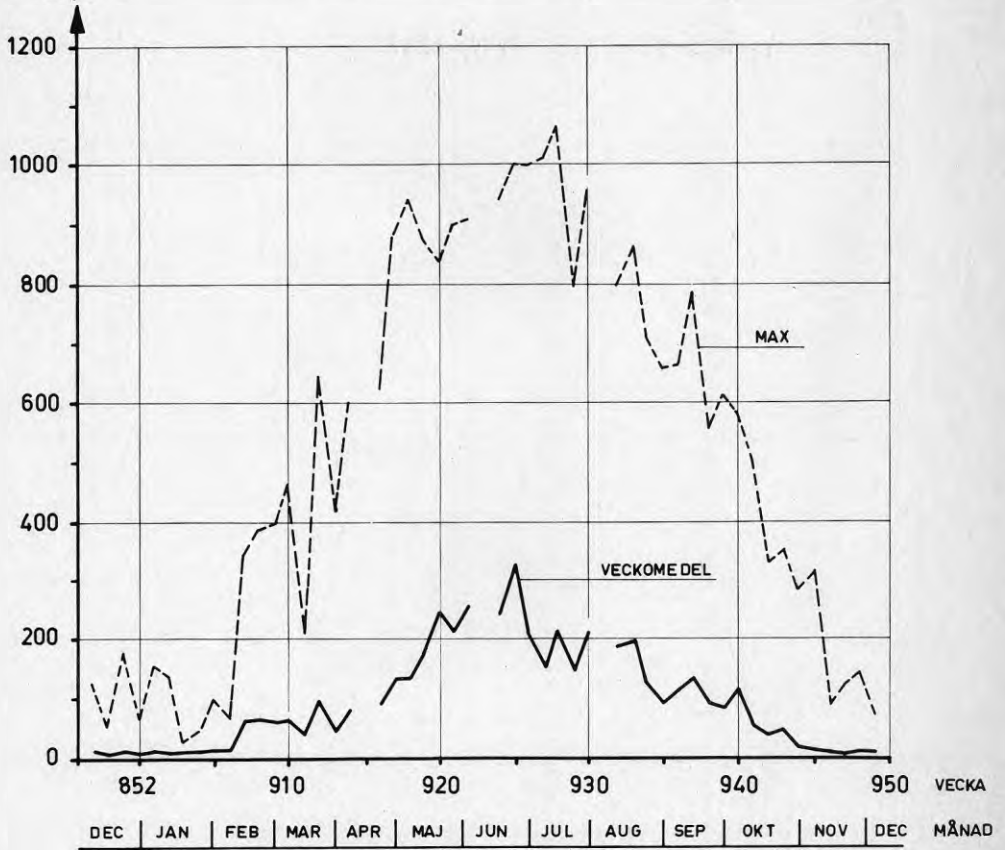
Intressant är de tillfälliga höga topparna på över $1\ 000\ \text{W/m}^2$, vilka överstiger värdena för klar himmel enligt till exempel /2/. För till exempel latitud 60 grader fås följande maxvärden ur /2/:

15 maj	$770\ \text{W/m}^2$
15 juni	$820\ \text{W/m}^2$
15 juli	$800\ \text{W/m}^2$

Siffrorna kan även jämföras med den sk solarkonstanten (ungefär $1\ 400\ \text{W/m}^2$) som är den värmeinstrålning från solen som når jordens atmosfär.

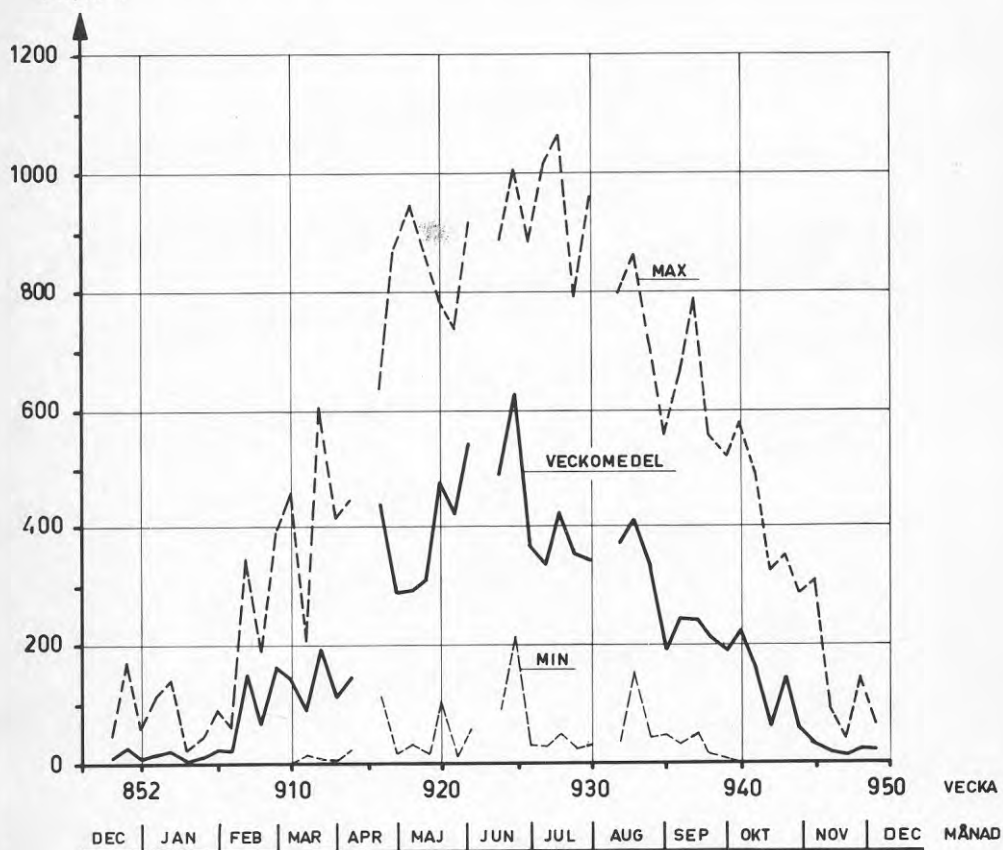
När värden av storleksordningen $1\ 000\ \text{W/m}^2$ uppträder ligger det nära till hands att misstänka fel på mätutrustningen. En långtidsjämförelse med SMHI's värden tyder dock ej på någon systematisk avvikelse. Skillnaden i totalt instrålad energi under en längre period låg inom några procent.

TOTAL SOLINTENSITET MOT HORIZONTELL YTA
(W/m²)

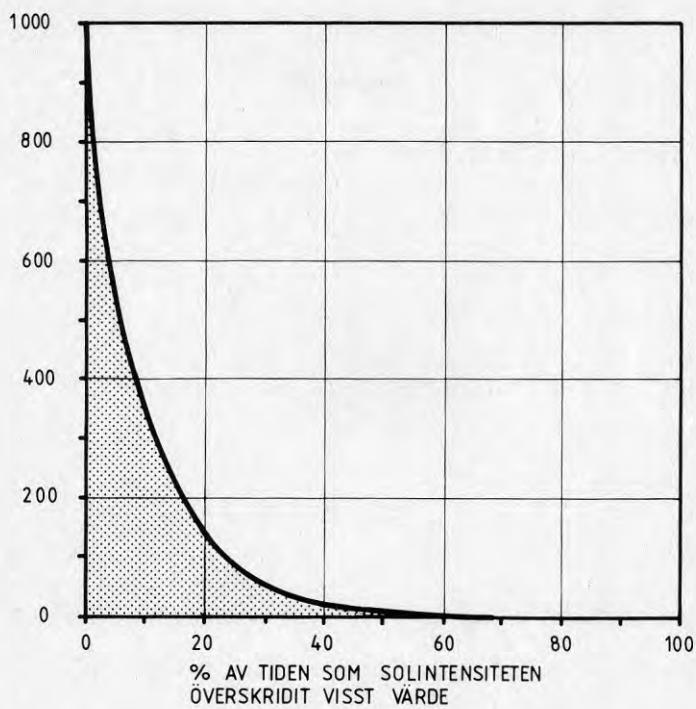


Figur 5.5 Total solintensitet mot horisontell yta under provåret

TOTAL SOLINTENSITET MOT HORIZONTELL YTA
(W/m²)

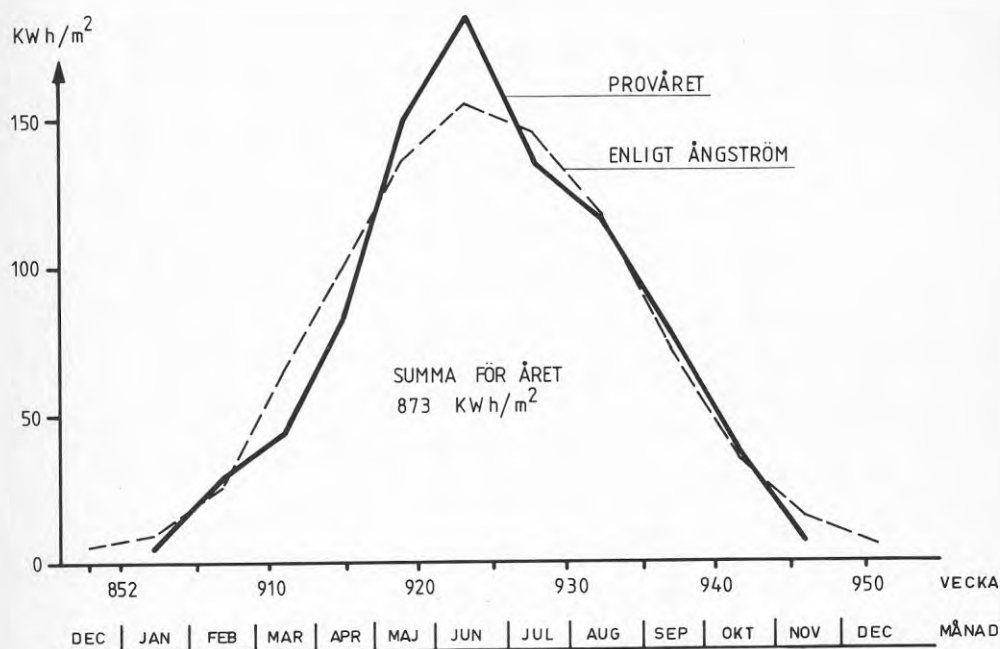


Figur 5.6 Total solintensitet mot horisontell yta under provåret. Enbart arbetstid.

SOLINTENSITET (W/m^2)

Figur 5.7 Varaktighetskurva för solintensitet mot horisontell yta under provåret

SOLENERGI MOT HORIZONTELL YTA



Figur 5.8 Månadsvis instrålad solenergi mot horisontell yta jämfört med motsvarande värden för Stockholm enligt Ångström /6/

Om himlen endast delvis är skydd av moln kan den direkta solstrålningen förstärkas genom reflexion mot molnens sidor /4/, varför tillfälliga extremvärden kan inträffa.

I figur 5.7 är solintensiteten för provåret redovisad i form av en varaktighetskurva där arean under kurvan representerar instrålning årsenergi. Denna uppgift återfinns även i figur 5.8 som visar den månatliga instrålningen av solvärme mot horisontell yta. I figuren är också inlagd en motsvarande kurva gällande Stockholm som är baserad på uppgifter ur /6/.

Man kan våga påstå, att provåret ur solsynpunkt varit rätt normalt.

5.2.3 Vindhastigheter

Några vindhastigheter har ej uppmätts i Farsta, utan dessa uppgifter är hämtade från SMHI's resultat från Bromma. Värdena går naturligtvis ej att direkt överföra till Farsta, men bör ändå i stort kunna visa hur vindförhållandena varit i Farsta under provåret jämfört med under ett normalår.

I figur 5.9 (se sid 52) är den procentuella frekvensen av olika vindstyrkor uppritad som varaktighetskurvor för dels provåret och dels medelvärdet av perioden 1931 - 1960. Vindstyrkan under provåret var aningen under normalårets men avvikelserna bör kunna betraktas som försumbar vad gäller byggnadens energibalans. Även vindriktningens variation under året (se figur 5.10 sid 53) stämmer mycket väl med normalårets.

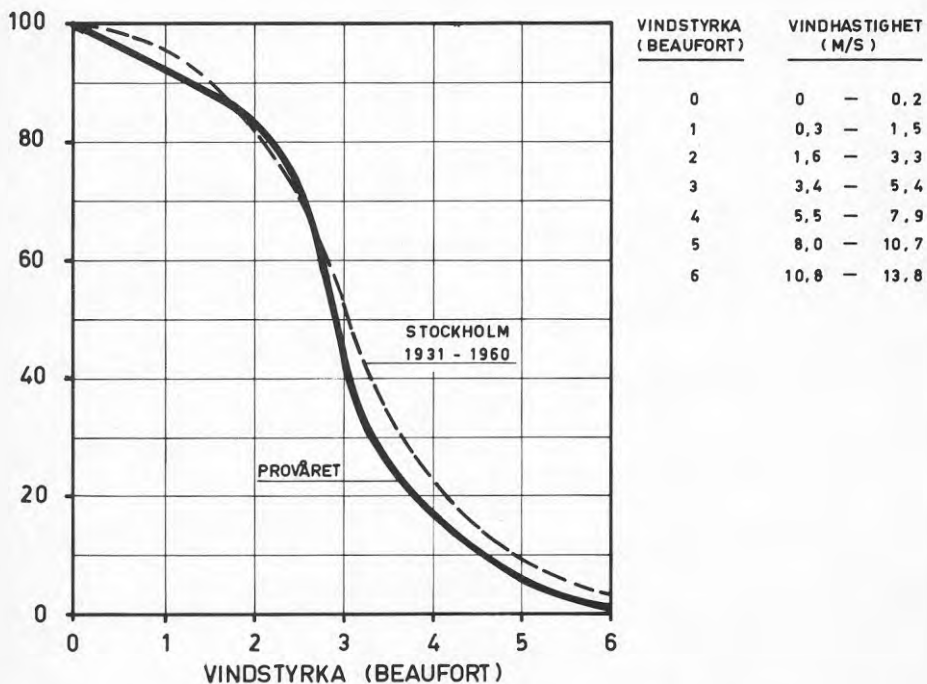
5.3 Luftbehandlings- och ventilationssystemen för TermoDeck

5.3.1 Allmänt

Som tidigare nämnts har ventilationssystemet som uppgift att, förutom den självklara uppgiften att ventileras, hålla bjälklagens temperatur på en nivå som är lämplig för att bidra till en acceptabel inomhusmiljö under arbetstid.

Det betyder bland annat att ljudnivå, luftrörelser i rummet och tilluftstemperatur efter aggregat under arbetstid samt kontroll- och korrigeringsstemperatur skall ha lämpliga värden. Under punkterna 5.3.2 - 4 kommer detta att beröras.

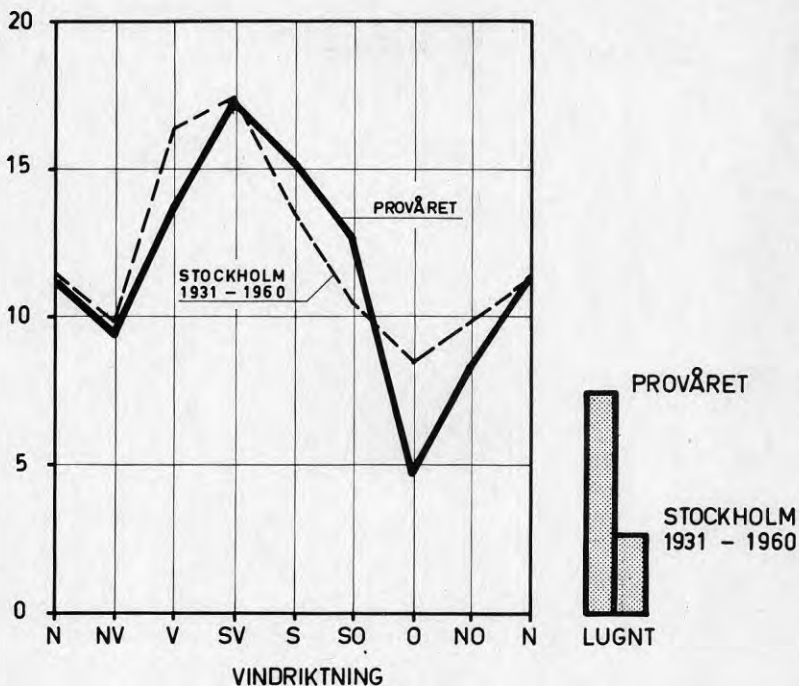
Beträffande ljudnivån kan sägas att denna subjektivt upplevts som mycket låg (ljudmätning ingick ej i BFR-uppdraget). Det är kanske inte alltför förvånansvärt eftersom ventilationssystemets avslutande serpentinledning i varje SH-platta utgör en terminalljudfälla (och tillika överhörningsskydd) samtidigt som tilluftsdonen varit lågt belastade tryckmässigt.

% AV TIDEN \geq VISS VINDSTYRKA

MEDELVINDHASTIGHET PROVÅRET 3,6 m/s.
 STOCKHOLM (1939-1948) 3,8 m/s

Figur 5.9 Procentuell frekvens av olika vindstyrkor

% AV TIDEN FÖR VISS VINDRIKTNING



Figur 5.10 Procentuell frekvens av olika vindriktningar

5.3.2 Luftflödet

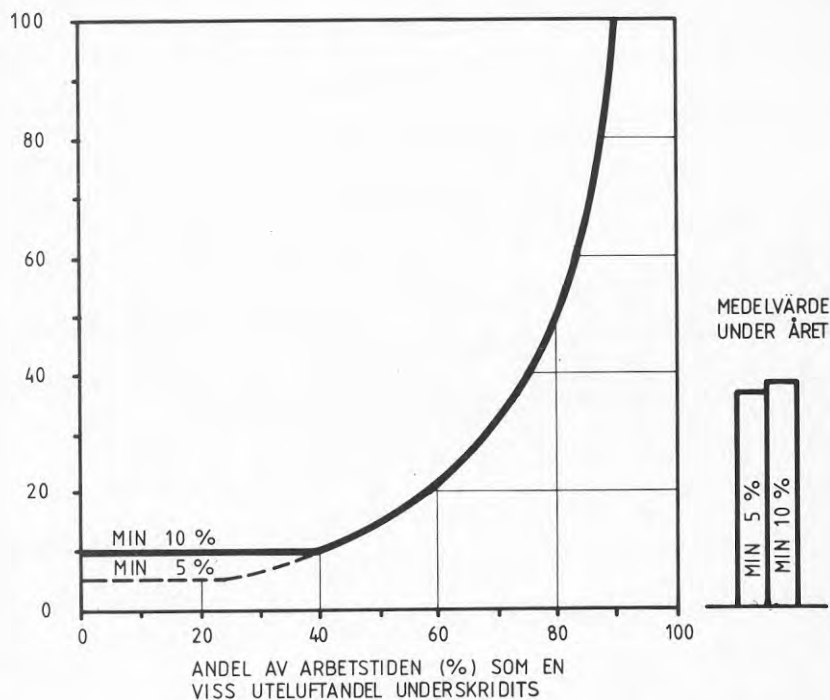
I TermoDeck-byggnaden är totalluftflödet 19 l/s ($70 \text{ m}^3/\text{h}$) per 1,2 m fasadmodul eller 2,0 l/s ($7,3 \text{ m}^3/\text{h}$) per m^2 brutto kontorsarea eller 2,4 luftomsättningar/h.

För att klara det hygieniska uteluftkravet enligt SBN 75 fordras med aktuell personbelastning ett min uteluftsflöde som är 10 % av det totala luftflödet. En kontrollmätning visade att uteluftandelen vid den spjällinställning som motsvarar min uteluftsflöde istället var cirka 5 %.

Detta har ventilationsmässigt inte vållat några bekymmer. Förklaringarna kan vara flera. Dels har det relativt rikliga totalluftflödet gett en god utblandning av eventuella odörer. Dels får man komma ihåg att de verkligt låga uteluftsandelarna endast används en begränsad del av året (se figur 5.11 på sid 54) och dessutom inträffar under den kalla årstiden när infiltrationen är som störst.

I redovisningen av energiätgången (avsnitt 5.5) har dock denna räknats upp till att motsvara min 10 % uteluft.

UTELUFTANDEL (%)



Figur 5.11 Erforderlig uteluftsandel för att klara kravet på min uteluftsflöde respektive ge önskad tillluftstemperatur

5.3.3 Till- och frånluftstemperaturen

Med till- och frånluftstemperaturen avses tillluftens temperatur efter aggregatet respektive den samlade frånluftens temperatur omedelbart före frånluftsfläkten. Eftersom frånluften från de olika rummen fritt får strömma över till korridor och där sugas ut på några få ställen så kan man ej sätta likhetstecken mellan frånluftstemperatur och rummens medeltemperatur. Den utjämnande effekten hos korridorerna ligger emellan.

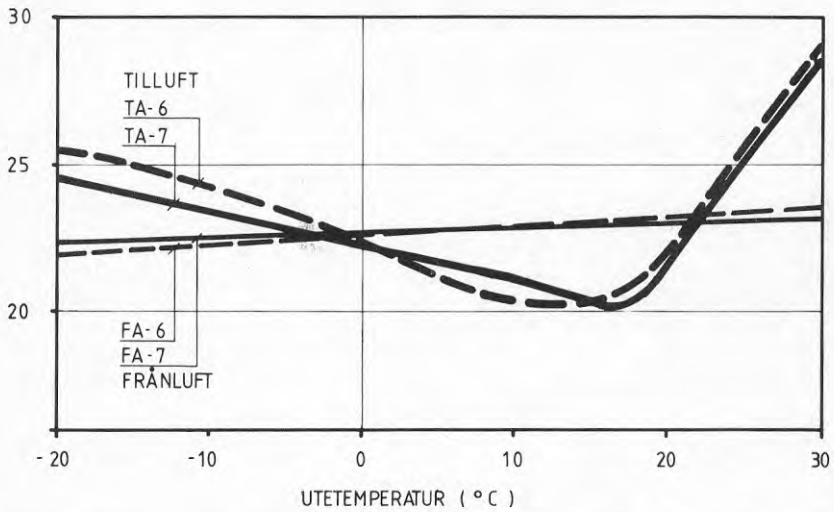
Figurerna 5.12 och 5.13 (se sid 56) visar nämnda temperaturer för ONO- och VSV-systemen under de två driftsperioderna arbetstid respektive kontroll- och korrigeringsstid. Kurvorna, som egentligen var och en är en medelkurva framtagen med regressionsanalys ur cirka 4 000 registreringar, visar som sig bör något olika förlopp under de olika driftsperioderna. Egentligen borde de två tilluftskurvorna under arbetstid ha sammanfallit, eftersom det då för båda aggregaten var fråga om att åstadkomma en tilluftstemperatur (lika för båda aggregaten) som enbart var utetemperaturberoende. På grund av vissa problem med reglerutrustningen lyckades dock inte detta. Den uppåtgående avslutningen hos tilluftskurvorna hänger ihop med att kylanläggningen ej använts, varför uteluftens temperatur här har tagit kommandot. Att temperaturen bitvis ligger under utetemperaturen beror på viss återluftskörning (kallare frånluft än uteluftstemperaturer). Det bör påpekas att dessa kurvor endast gäller provobjektet med dess speciella förutsättningar.

Under kontroll- och korrigeringsstiden är tilluftstemperaturen styrd av att åstadkomma önskad bjälklags-temperatur, vilket återspeglas i det mer oroliga förloppet i figur 5.13.

TEMPERATURER UNDER ARBETSTID (°C)

TA 6 - FA 6 (ON0)

TA 7 - FA 7 (VSV)

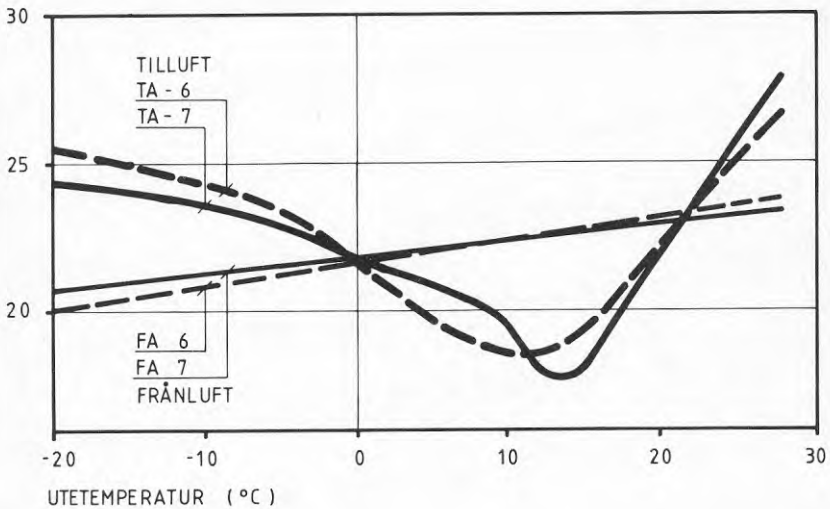


Figur 5.12 Till- och frånluftstemperatur under arbetstid som funktion av utetemperaturen

TEMPERATURER UNDER KONTROLL- OCH
KORRIGERINGSTID (°C)

TA6 - FA6 (ON0)

TA7 - FA7 (VSV)



Figur 5.13 Till- och frånluftstemperatur under kontroll- och korrigeringsstid som funktion av utetemperaturen

5.3.4 Inblåsningstemperaturen

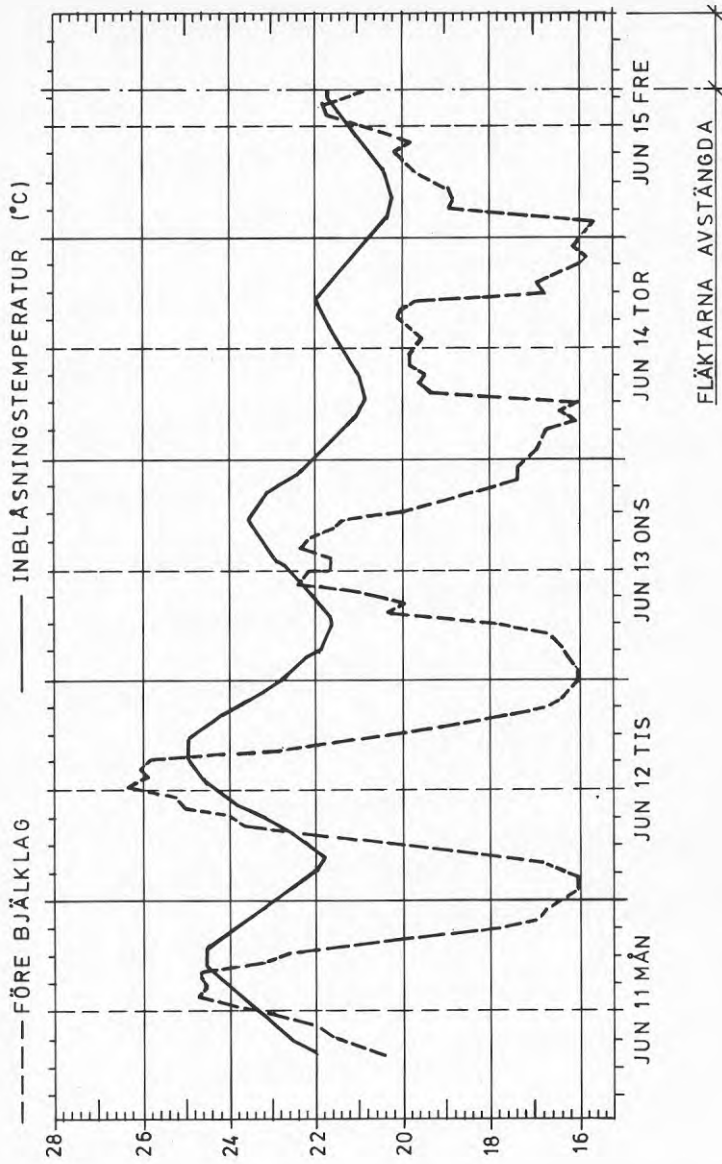
Att tillföra undertempererad luft dragfritt till en lokal är inte alltid så lätt. Ju mindre skillnaden är mellan rumstemperaturen och den inblåsta luftens temperatur desto enklare blir problemet. Ännu större är förutsättningarna för att lyckas om tilluftstemperaturen är någorlunda konstant och ej varierar frekvent, vilket kan störa inblåsningsskildningen.

Som tidigare påpekats utgör SH-plattan en kraftig dämpare för utetemperaturens dygnsvariationer. För svängningar med kortare periodlängd blir dämpningen ännu kraftigare, vilket gör att snabba variationer i tilluftstemperaturen (t ex på grund av pendlande reglering) är så gott som omärkliga efter passagen genom en SH-platta. Detta plus att inblåsningstemperaturen mycket nära ansluter till bjälklagstemperaturen (nära rumstemperatur) underlättar inblåsningsskildningen.

Figur 5.14 (se sid 58) visar hur plattan utjämnat en kraftigt varierande temperatur hos tilluften. Man ser hur inblåsningstemperaturen följer den långsamma dygnsvisa variationen hos tilluften dämpad och med fyra timmars eftersläpning (jämför figur 2.3), medan de mer kortvariga slumpmässiga variationerna helt dämpats ut.

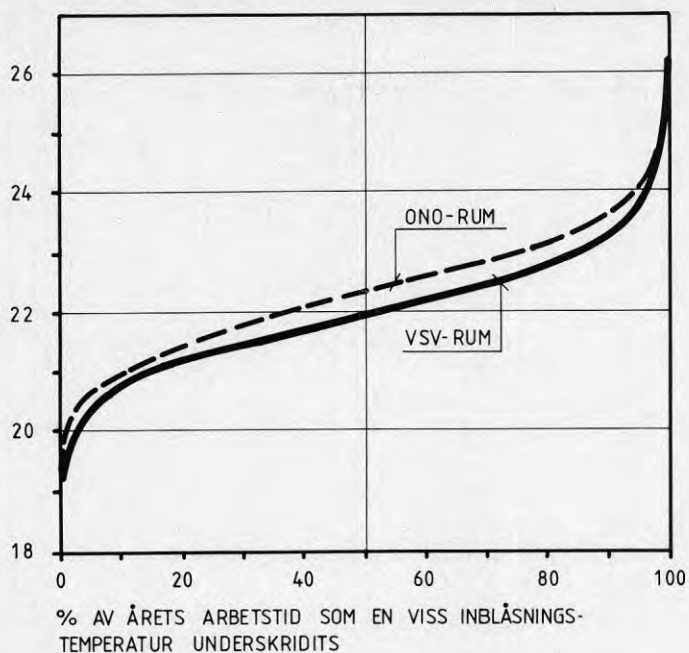
Inblåsningstemperaturen har under året i stort sett legat mellan 21 och 24°C med en snittsiffra på ungefär 22°C (figur 5.15 på sid 59). Av figuren framgår även att skillnaden varit obetydlig mellan de två rummens inblåsningstemperatur.

Under arbetstid har variationen i inblåsningstemperatur varit ungefär 1°C i snitt, vilket framgår av figur 5.16 (se sid 59), vilken också visar på den goda samstämmigheten mellan rummen.



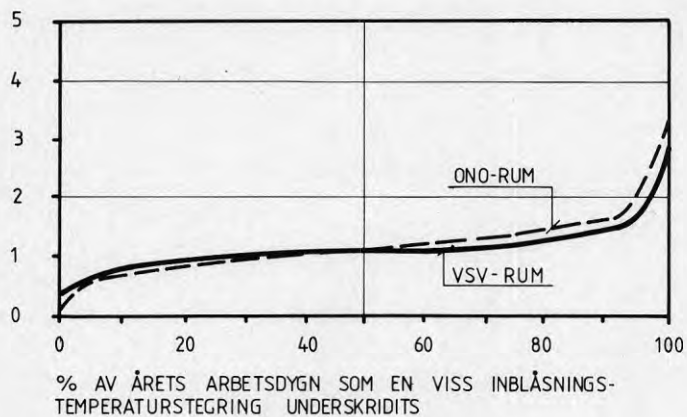
Figur 5.14 Temperaturutjämnning i SH-platta

INBLÅSNINGSTEMPERATUR (°C)



Figur 5.15 Inblåsningstemperaturens varaktighet under arbetstid för provåret

(MAX - MIN) INBLÅSNINGSTEMPERATUR UNDER ARBETSTID (°C)



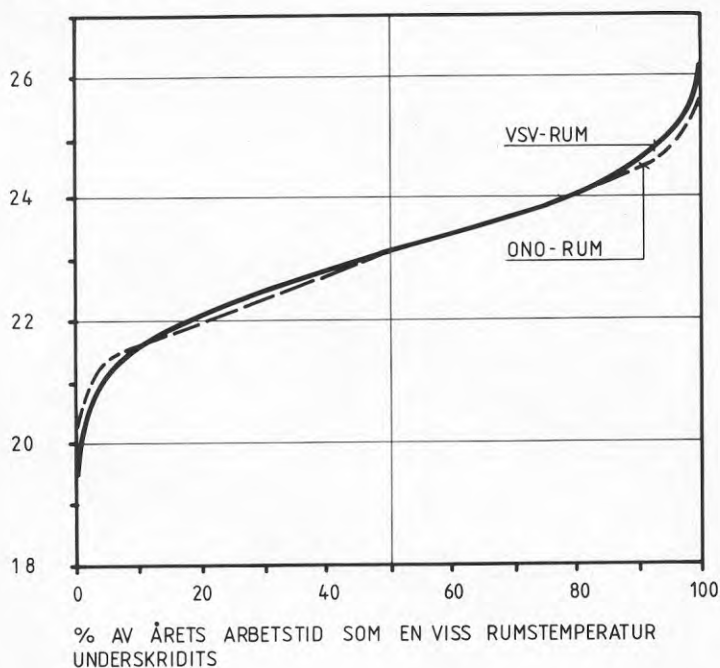
Figur 5.16 Inblåsningstemperaturens glidning under arbetstid för provåret

5.4 Det inre klimatet

5.4.1 Under provåret

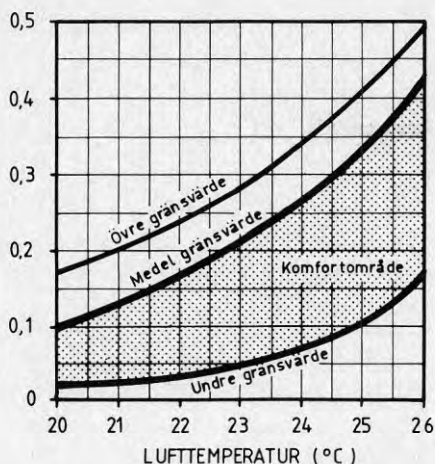
Figur 5.17 nedan visar i form av en varaktighetskurva hur rumstemperaturen har varierat för de båda rummen under årets arbetstid. Som synes har de båda rummen så gott som identiska varaktighetskurvor. Temperaturen har huvudsakligen legat mellan 21 och 25°C, vilket vid ordinära lufthastigheter faller inom det normala komfortområdet (se figur 5.18 sid 61).

RUMSTEMPERATUR (°C)



Figur 5.17 Rumstemperaturens varaktighet under arbetstid för provåret

MEDELVÄRDE AV LUFTHASTIGHET (m/s)



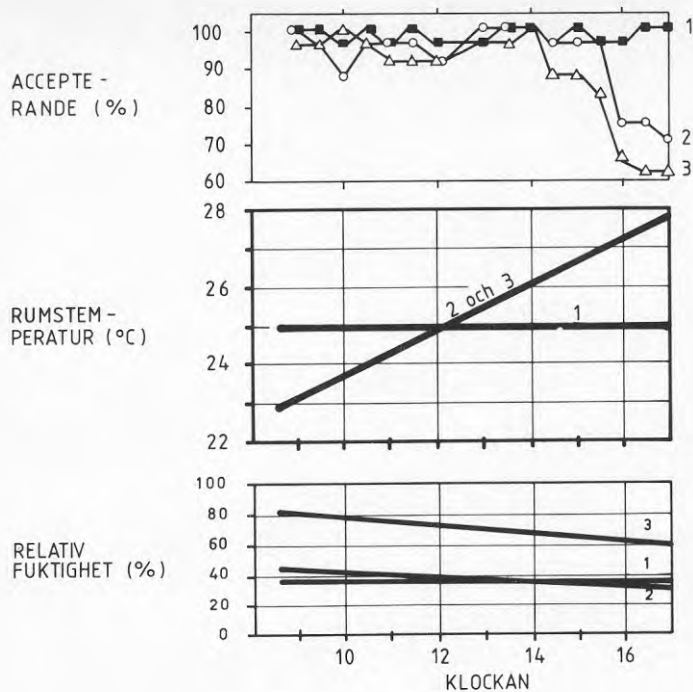
Figur 5.18 Komfortområde enligt DIN 1946, blad 2/5/

Av stort intresse när det gäller den här typen av anläggning är, förutom temperaturnivån, även att konstatera hur stor temperaturglidningen varit under arbetstid. Komfortupplevelsen vid glidande temperatur är inte lika utredd som vid de stationära betingelser som ligger bakom diagram liknande den i figur 5.18. En viss vägledning kan man dock få av komfortområdets bredd (3 - 5°C vid normala lufthastigheter) i denna figur samt prov som har gjorts med flytande temperatur i USA /1/. Man har där studerat sommarfallet med relativt höga temperaturer och varierande fuktigheter.

Ett antal personer har i klimatkammare, ovetande om vilken typ av klimat man utsatts för, utfört sysselsättningar metaboliskt motsvarande normalt kontorsarbete. Tre typer av klimatvariation har använts.

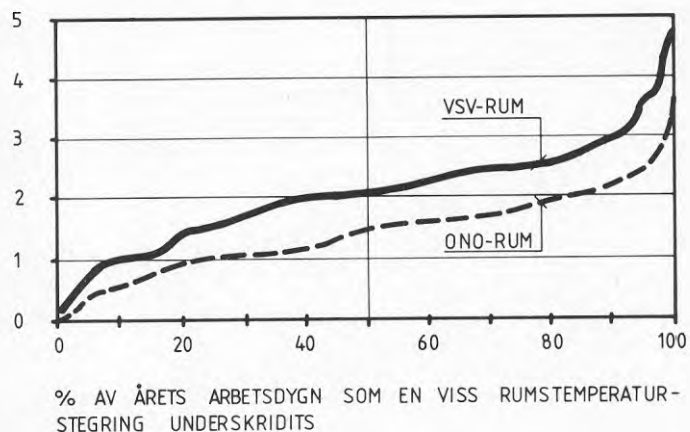
Hur klimattyperna sett ut och hur personerna accepterat dessa framgår av figur 5.19 (se sid 62). En temperaturhöjning på tre grader från kl 07.30 till 14.00 har inte uppfattats mycket annorlunda än en konstant temperatur. Att kurvorna sedan skiljer sig åt verkar förr ha att göra med att man passerat gränsen till svettning än temperaturglidningen som sådan.

Motsvarande temperaturglidning för de båda provrummen i TermoDeck-byggnaden framgår av figur 5.20 (se sid 62). I snitt har den legat på 1,5 - 2°C under arbetstid. En temperaturhöjning på 3°C har i medeltal överskridits ungefär 5 % av tiden.



Figur 5.19 Prov med flytande rumstemperatur /1/

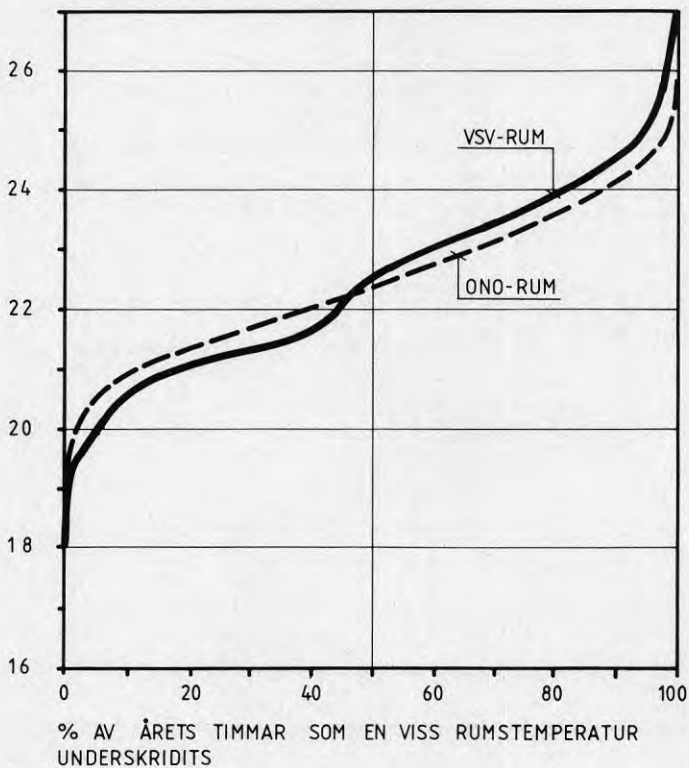
(MAX - MIN) RUMSTEMPERATUR UNDER ARBETSTID (°C)



Figur 5.20 Rumstemperaturens glidning under arbetstid för provåret

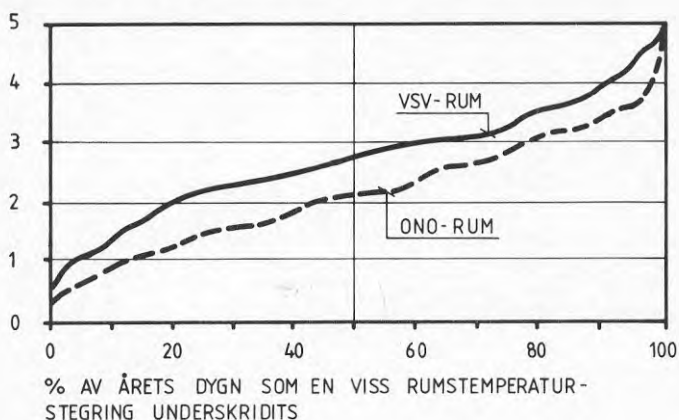
Figurerna 5.21 och 5.22 visar varaktighetskurvorna för temperaturnivå respektive glidning för hela dygnet, d v s även inklusive lördagar och söndagar. Högre max- och lägre mintemperaturer har kommit med liksom att temperaturglidningen självfallet blivit större.

RUMSTEMPERATUR (°C)



Figur 5.21 Rumstemperaturens varaktighet för provåret

(MAX-MIN) RUMSTEMPERATUR UNDER DYGNET (°C)



Figur 5.22 Rumstemperaturens glidning under hela dygnet (även lördag och söndag) för provåret

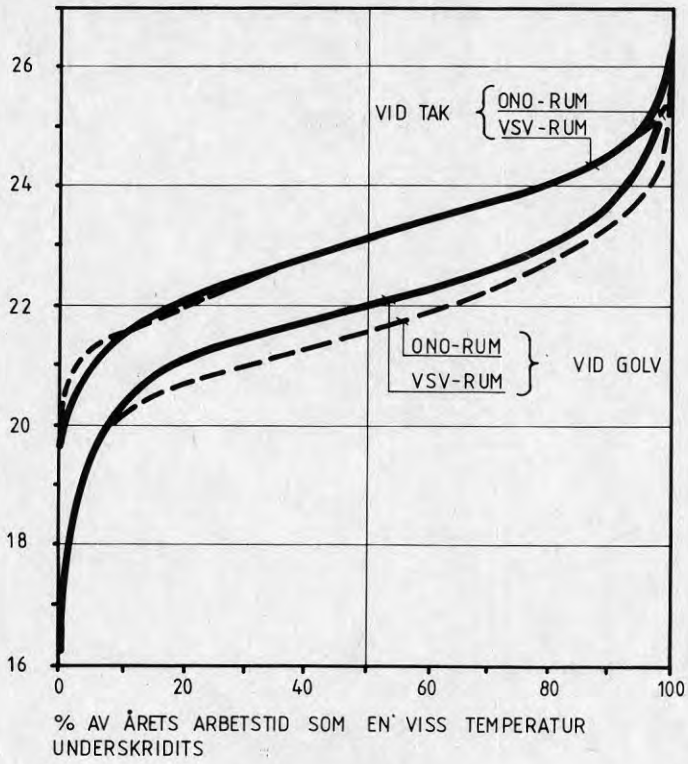
Vidare ser man en större skillnad mellan de båda rummen som kan ha att göra med att VSV-rummet är utsatt för både den förhärskande vindriktningen och mer solbelysning. VSV-rummet får därför stå ut med mer infiltration av kall luft vintertid och mer solvärme sommartid än ONO-rummet. Skillnaden accentueras när de interna värmetillskotten är borta.

Figur 5.23 (sid 65) visar rumstemperaturens varaktighet under arbetstid för de båda rummen vid golv och tak. Kurvorna visar på en genomsnittlig temperaturskillnad på cirka 1°C, vilket tyder på en hygglig omrörning med ventilationsluften.

Av figuren framgår också att temperaturen vid golv varit onödigt låg under viss tid. Detta är delvis ett resultat av en onödigt hög ambitionsnivå när det gäller att hålla nere starttemperaturen på morgonen. Största orsaken är dock att regleringen saknat en minbegränsande funktion för att starta aggregaten om rumstemperaturen under kalla helger tenderat att gå ned för långt.

Senare TermoDeck-anläggningar har kompletterats med denna funktion.

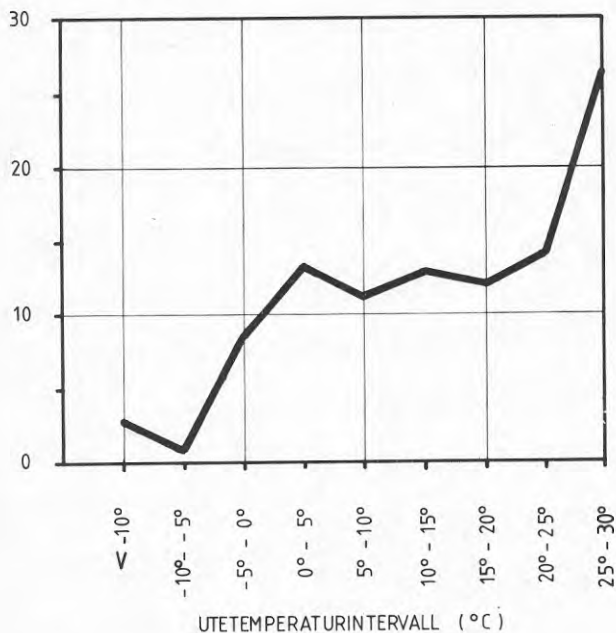
TEMPERATUR (°C)



Figur 5.23 Rumstemperaturens varaktighet vid golv och tak under arbetstid för provåret

Under året registrerades även om de båda provrummens fönster varit öppnade. Det visade sig att ONO-rummets fönster aldrig blivit öppnade, medan däremot VSV-rummets fönster öppnats desto mer (se figurerna 5.24 nedan + 5.25 sid 67). Ur materialet är det svårt att få fram någon skillnad mellan de två rummen som motiverar denna radikala skillnad i fönsteröppnande.

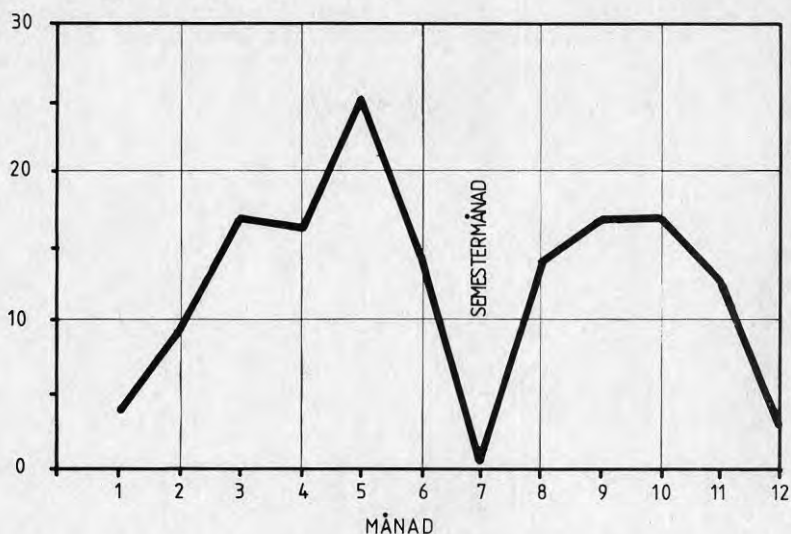
% AV ARBETSTIDEN SOM VSV-RUMMET
HAFT ÖPPET FÖNSTER



ONO-RUMMETS FÖNSTER ALDRIG ÖPPNADE

Figur 5.24 Provrummens fönstervädning vid olika utetemperatur

% AV ARBETSTIDEN SOM VSV-RUMMET
HAFT ÖPPET FÖNSTER



ONO-RUMMETS FÖNSTER ALDRIG ÖPPNADE

Figur 5.25 Provrummens fönstervädning respektive månad

Rumstemperaturerna var mycket lika för de båda rummen (se varaktighetskurvorna i figur 5.17 som är så gott som identiska) och var vid öppningstillfällena i snitt $23,6^{\circ}\text{C}$ i VSV-rummet, vilket inte är så speciellt högt.

Skillnaden i orientering av rummen skulle ha kunnat vara en förklaring, men fönsteröppnandet har skett vid både låga och höga solintensiteter, varför någon påtaglig koppling till sol ej finns.

Troligen beror skillnaden på olikheter hos rumsinnehavarna där det skilde både i kön, kroppsbyggnad och arbetsuppgifter.

5.4.2 Under två speciellt utvalda provveckor

5.4.2.1 Allmänt

Dimensioneringen av ett TermoDeck-system sker som tidigare nämnts med ett speciellt dataprogram, en utbyggd version av BRIS-programmet. Av stort intresse var därför att se hur väl detta avancerade program klarade av att beräkna fall ur den "kalla verkligheten" med slumpmässiga termiska störningar istället för de snälla indata man normalt använder i form av konstanta personbelastningar, sinusformad utetemperatur m m.

För jämförelsen valdes två veckor ut. Den ena (vecka 906) var en relativt kall vintervecka med en utetemperatur varierande mellan $-17,0^{\circ}\text{C}$ och $-0,9^{\circ}\text{C}$ och ett medelvärde av $-6,2^{\circ}\text{C}$. Solintensiteten varierade mellan 0 och 69 W/m^2 med ett medelvärde av 10 W/m^2 , d v s försumbar jämfört med andra inblandade effekter.

Den andra veckan (vecka 924) var desto varmare med en utetemperatur varierande mellan $10,8^{\circ}\text{C}$ och $25,9^{\circ}\text{C}$ och ett medelvärde av $16,6^{\circ}\text{C}$. Solintensiteten var relativt hög med ett lägsta värde av 0 W/m^2 , ett högsta av 938 W/m^2 och ett medelvärde av 247 W/m^2 (jämför figur 5.5).

Som ingångsdata vid beräkningarna valdes förutom behövliga rumskonstanter, uppmätta timvisa värden på belysning, radiatorvärme, solintensitet, utetemperatur m m.

5.4.2.2 Brisprogrammet

Originalprogrammet, som vid det här laget har några år på nacken (det förberedande arbetet började för över 20 år sedan), var från början avsett som ett forskningsprogram och arbetar på en mycket hög detaljnivå med vad som brukar kallas en riktig fysikalisk modell. Man har så mycket som möjligt undvikit fysikaliska genvägar, såsom användning av responsfaktorer (ett slags stegsvar på en instorhet), sammanbaking av värmeackumulerande delar o s v. Detta gör programmet på en gång flexibelt och kanske aningen omständligt att arbeta med. För den aktuella jämförelsen var dock flexibiliteten en klar fördel.

Programmet har, som nämnts, byggts på med avsnitt som möjliggör en samtidig beräkning av den komplicerade värmeströmningen i en ventilerad SH-platta.

Dessutom har programmet just för den här jämförelsen kompletterats med ett speciellt solvärmeavsnitt baserat på den s k Berlagrutinen. Med hjälp av detta, datum, klockslag, ortens geografiska belägenhet och solintensitet mot horisontell yta (vilket var det solvärde som uppmättes) beräknar rutinen den direkta och diffusa solstrålningen mot de aktuella fasaderna.

5.4.2.3 Jämförande beräkningar

Resultat av beräkningarna återfinns på följande figurer:

Figur 5.26 (sid 70)	Vecka 906 för ONO-rummet
Figur 5.27 (sid 71)	Vecka 906 för VSV-rummet
Figur 5.28 (sid 72)	Vecka 924 för ONO-rummet
Figur 5.29 (sid 73)	Vecka 924 för VSV-rummet
Figur 5.30 (sid 74)	Vecka 924 för VSV-rummet, special

I samtliga figurer är redovisat dels uppmätta tre rumstemperaturer (golvtemperatur = 1 dm ovan golv, rumstemperatur = mitt emellan golv och tak, vid frånluftsdon = uppe vid tak) och dels den beräknade rumstemperaturen. Eftersom beräkningen ej tar hänsyn till någon temperaturgradient har jämförelsen gjorts med samtliga mätta rumsnivåer.

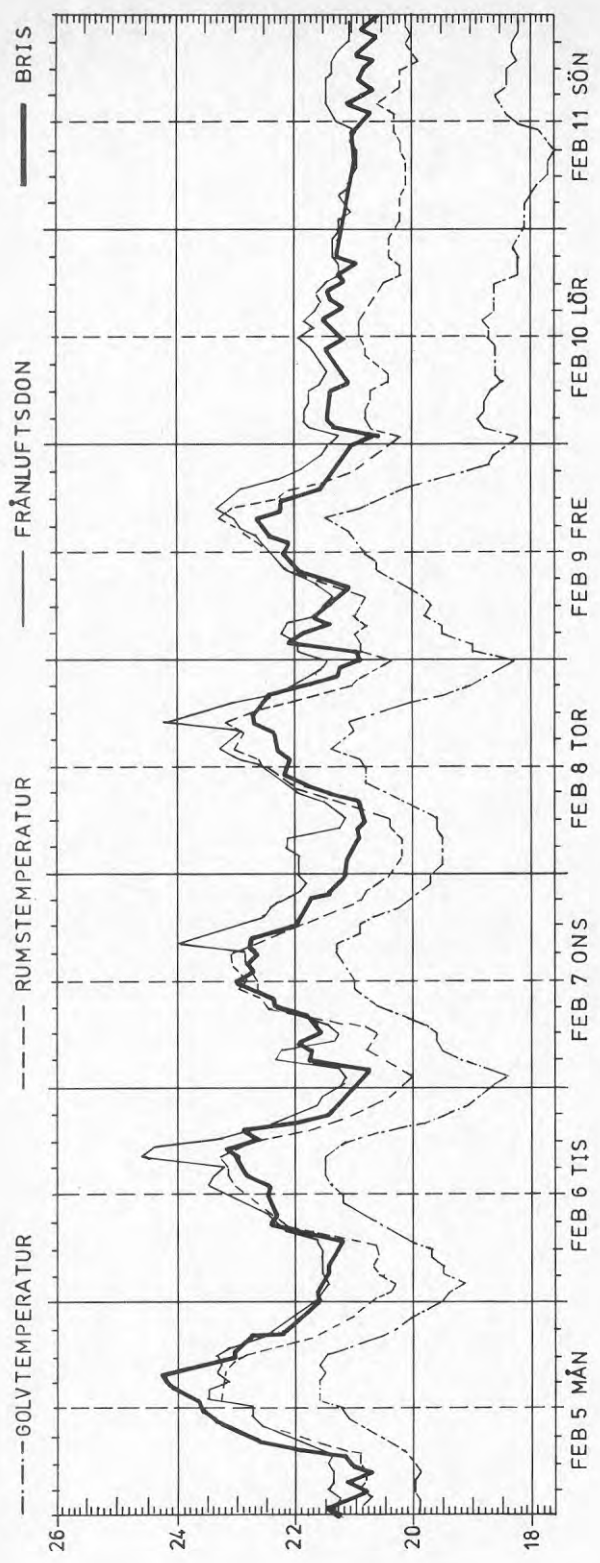
Man kan för det första konstatera en större spridning mellan de uppmätta värdena under vinterveckan (906) än under sommarveckan (924). Temperaturskillnaden mellan golv och tak är på vintern cirka 2°C när fläktarna går och 3°C när fläktarna är avstängda. På sommaren har skillnaden minskat till cirka $0,5^{\circ}\text{C}$ respektive 1°C . Som synes är det vintertid i första hand temperaturen vid golv som särat sig från de övriga och åstadkommit den stora skillnaden.

Iögonfallande är även djupdykningen vid lunchtid fredagen den 9 februari i VSV-rummet (figur 5.27) som beror på fönsteröppning. Detta efterliknades vid beräkningarna med en momentan kraftig ökning av infiltrationen.

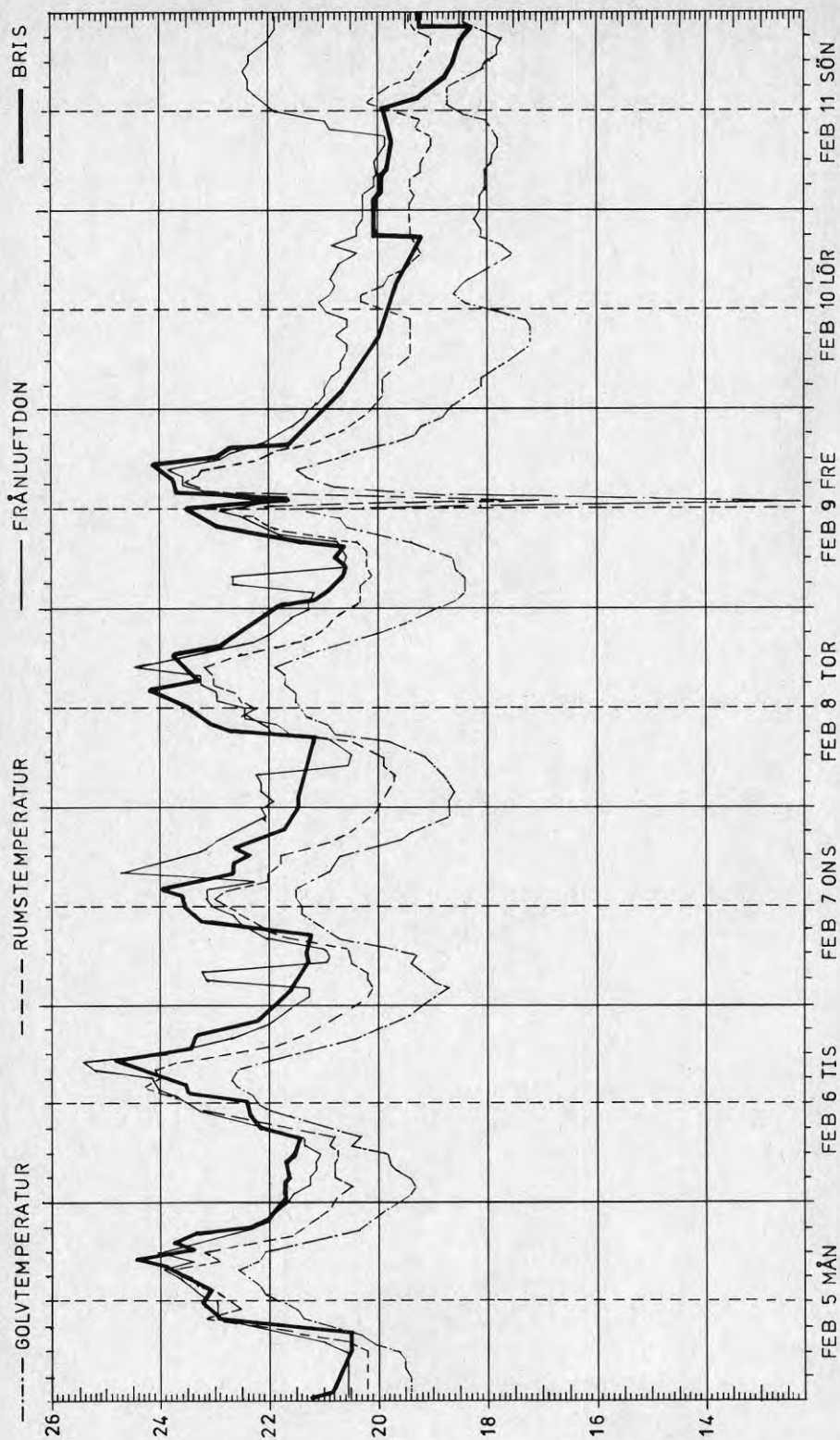
I de fyra första beräkningarna är rummens data inmatade på "traditionellt" sätt, d v s för de olika delytorna (väggar, fönster o s v) har matats in areor, materialtjocklekar och termiska konstanter. Genomgående för resultaten kan sägas att överensstämmelsen är bra bortsett från vissa överpendlingar vid dygnets högsta och lägsta temperaturer. Detta syns tydligast i figurerna 5.28 och 5.29. Verkligheten bjöd således på en bättre dämpning av rumsluftens temperatur än vad beräkningarna visade. Skälen kunde naturligtvis vara många, men en faktor som ej kommit med i beräkningarna hittills var provrummens ständigt öppna dörr till korridoren.

Korridorerna, som ej utsätts för samma belastningsvariationer som fasadrummen, får en temperatur som ej varierar så mycket som fasadrummens. Figurerna 5.31 och 5.32 (sid 75 och 76) visar indirekt något av denna skillnad, där temperaturen vid frånluftsfläkten i viss mån är ett mått på korridorstemperaturen. Temperaturskillnaden mellan korridor och fasadrum åstadkommer ett luftutbyte via den öppna dörren som håller ner fasadrummets höga temperaturer och lyfter dess låga.

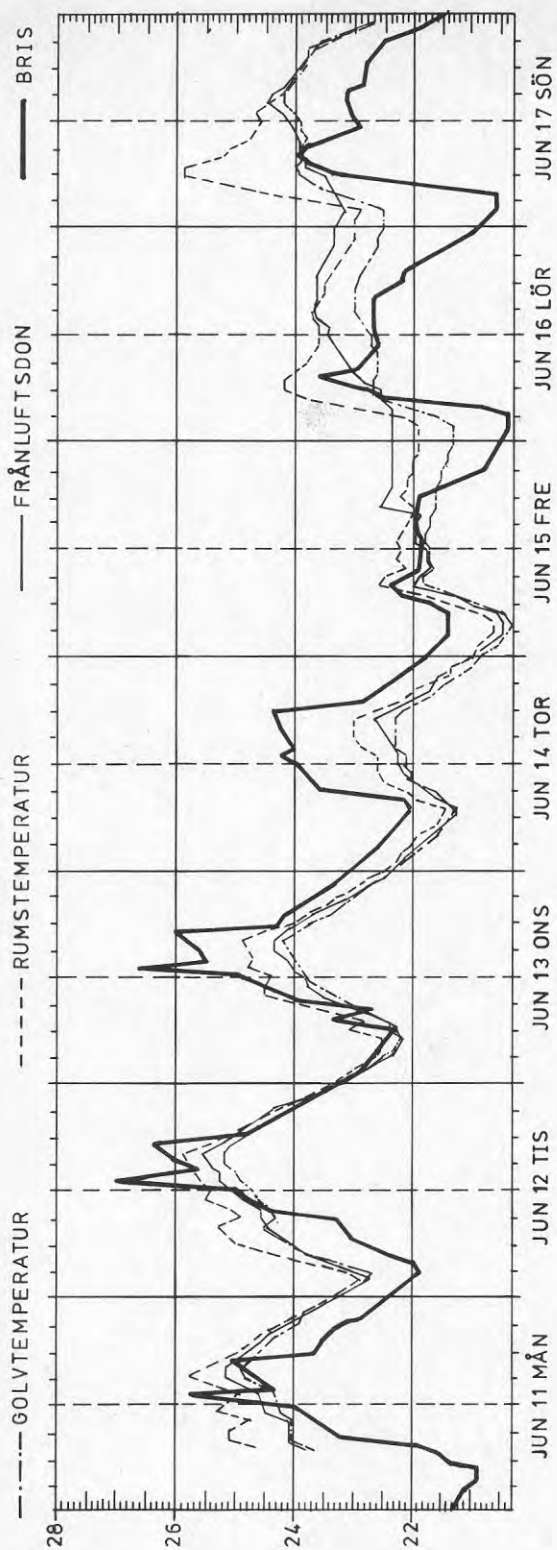
En beräkning av det troliga luftutbytet i en öppen dörr enligt /3/ visade att detta kunde vara avsevärt redan vid små temperaturskillnader. Beräkningen enligt figur 5.29 gjordes därför om, med hänsyn tagen till den öppna dörren och resultatet syns i figur 5.30. Överensstämmelsen har nu blivit så god man kan begära vid en jämförelse där så mycket svårbestämbara parametrar samtidigt är "i rörelse".



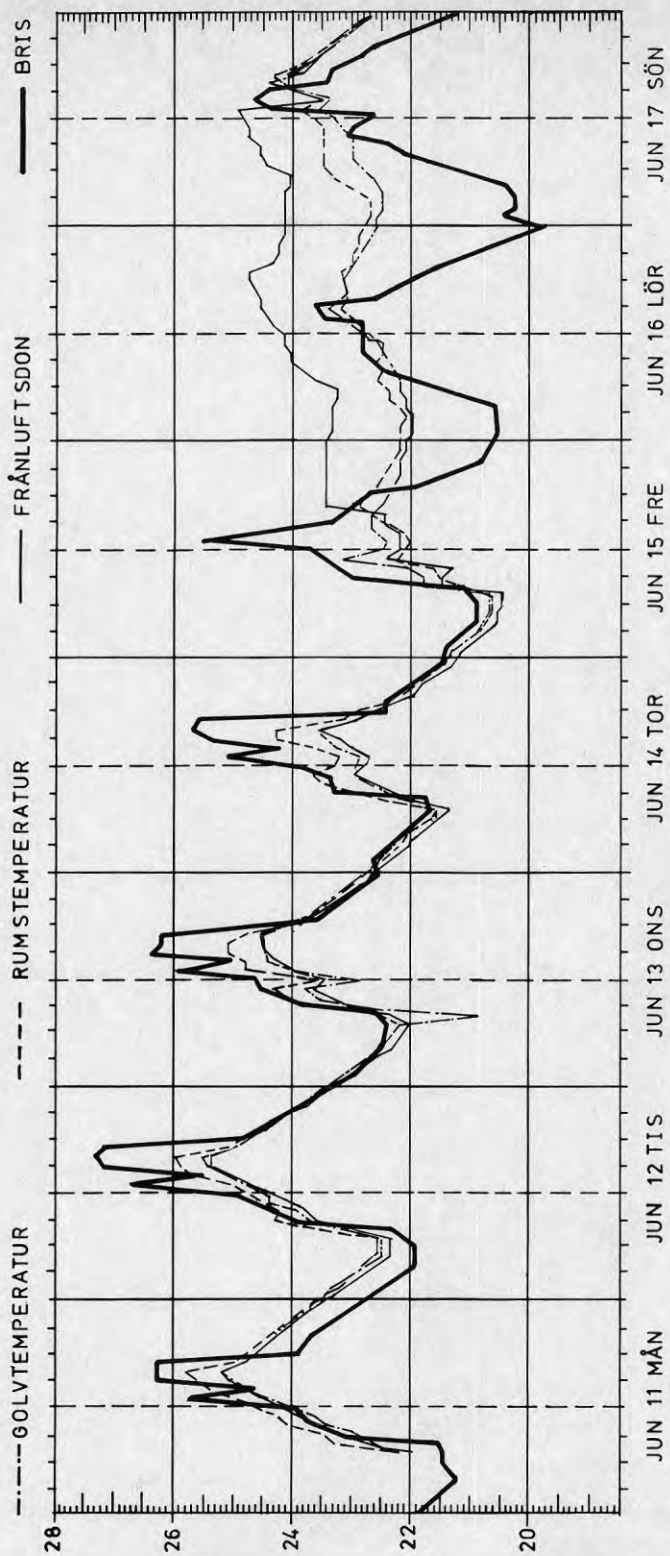
Figur 5.26 Jämförelse mellan beräknade och uppmätta temperaturer Vintervecka för ONO-rummet



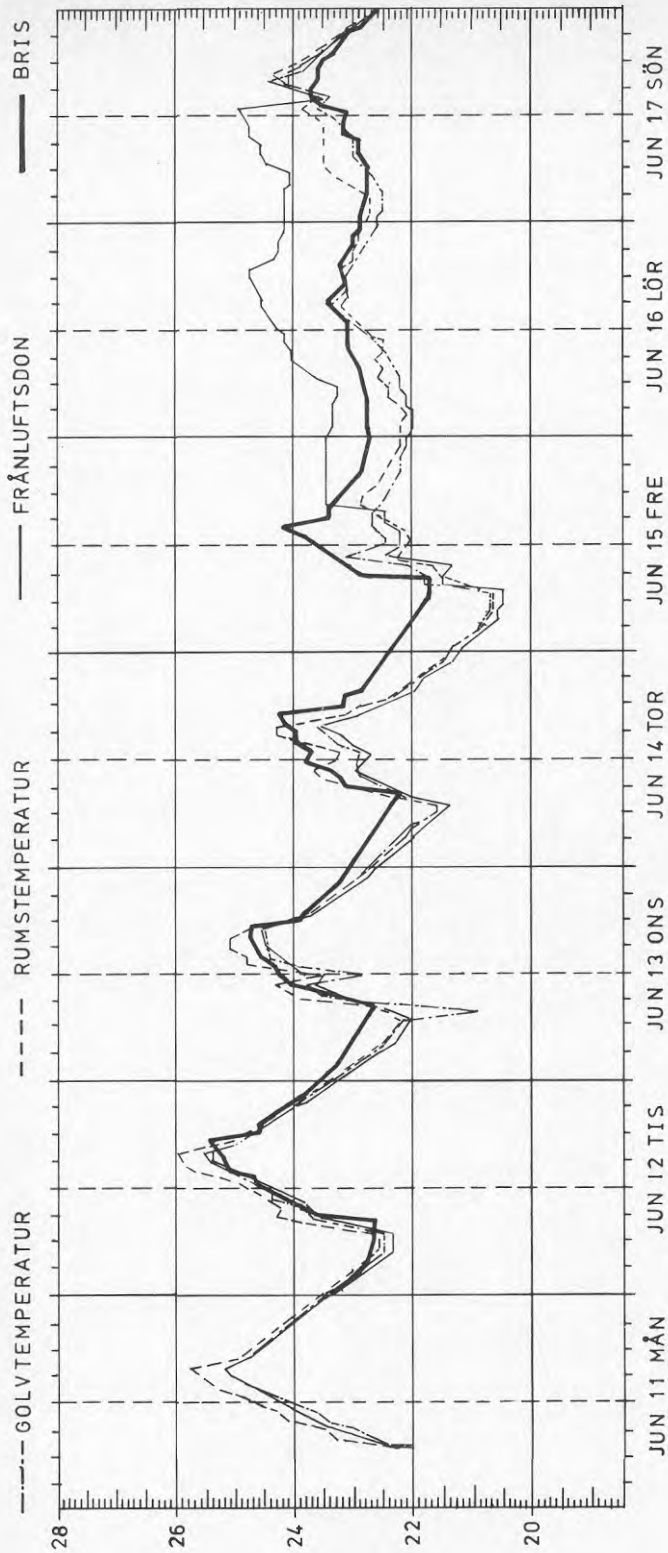
Figur 5.27 Jämförelse mellan beräknade och uppmätta temperaturer
Vintervecka för VSV-rummet



Figur 5.28 Jämförelse mellan beräknade och uppmätta temperatur
Sommarvecka för ONO-rummet

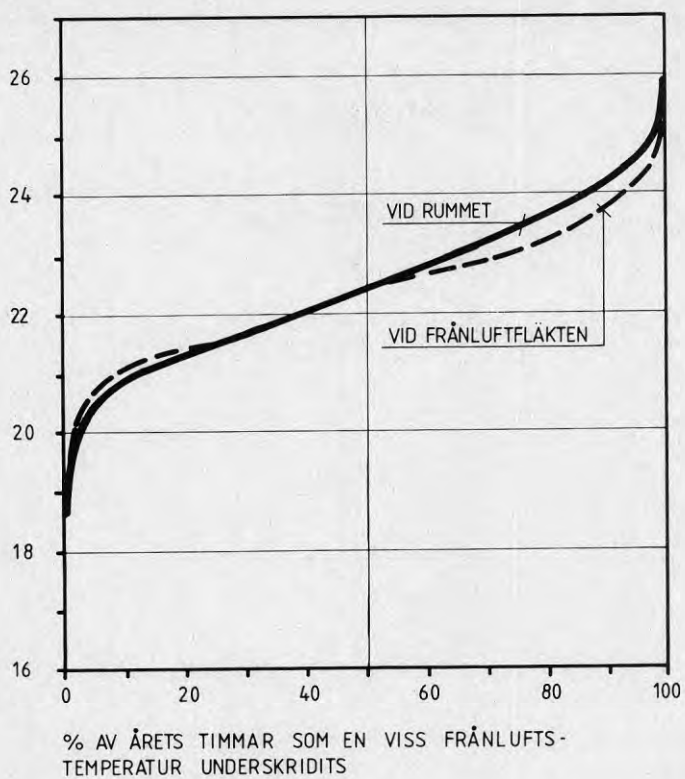


Figur 5.29 Jämförelse mellan beräknade och uppmätta temperaturer
Sommarvecka för VSV-rummet



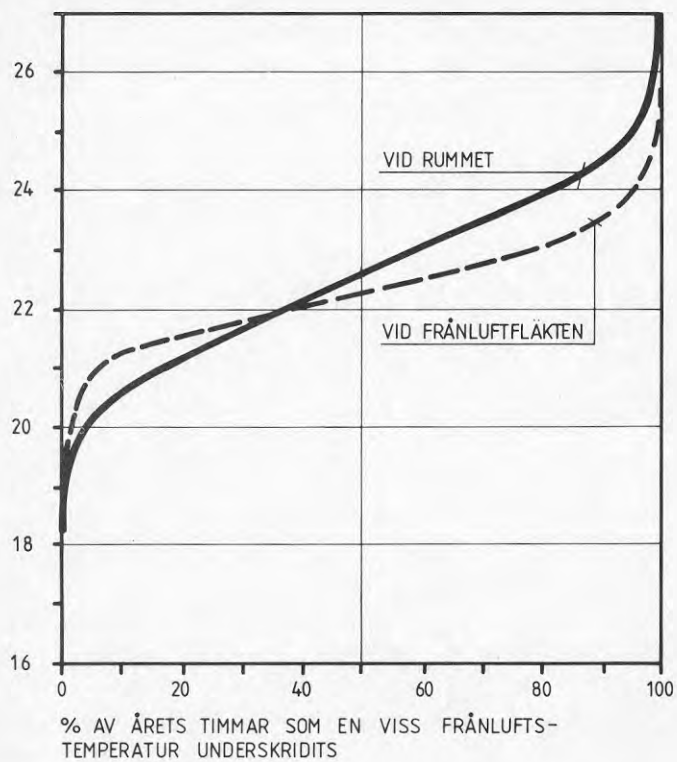
Figur 5.30 Jämförelse mellan beräknade och uppmätta temperaturer
Sommarvecka för VSV-rummet
Hänsyn tagen till luftutbyte i öppen dörr till korridor

FRÅNLUFTENS TEMPERATUR (°C)



Figur 5.31 Frånluftens temperatur vid ONO-rummet respektive vid tillhörande frånluftsfläkt

FRÅNLUFTENS TEMPERATUR (°C)



Figur 5.32 Frånluftens temperatur vid VSV-rummet respektive vid tillhörande frånluftsfläkt

5.5 Energiförbrukningen

5.5.1 Allmänt

Med energiförbrukningen avses i detta fall dels den vattenburna energi som krävts för att ge tilluften önskad temperatur, dels fläktenergin och dels den elburna energi som krävts för elradiatorerna. I samtliga fall avses enbart den renodlade TermoDeck-delen av påbyggnaden, d v s de sex översta kontorsplanen servade av aggregaten TA-4 - 7 (se figur 4.5). TA-3, som på "konventionellt sätt" ventilerar samlingsrum m m belägna vid varje plans NNV-gavel, ingår således ej i redovisningen.

I de fall energiuppgifter är lämnade per m^2 golvyta så avses brutto golvarea i de aktuella planen, d v s inklusive korridorer och kärnutrymmen.

5.5.2 Energiförbrukning för fläktdrift

För TA-6 och 7 har den registrerade drifttiden uppräknad till fullt år varit 5 200 respektive 5 180 timmar. Av årets 8 760 timmar har fläktarna varit i drift ungefär 59 %.

Fördelningen av provårets 8 760 timmar som ett medelvärde för de två aggregaten framgår av figur 5.33 (se sid 78).

Tiden för kontroll och korrigerings av bjälklagstemperaturen var onödigt stor. Detta är att hänföra till systemets barnsjukdomar och beror på det något "stembenta" sätt på vilket temperaturkorrigeringen sker i detta första TermoDeck-objekt.

Tiden för temperaturkorrigeringen bestäms nämligen helt av tidur, d v s fläktarna går vare sig korrigerings behövs eller ej. Denna onödiga säkerhet är borttagen i efterföljande objekt och kommer även att tas bort i pionjärojektet. Genom att dessutom välja större överrespektive undertemperatur vid värmingen respektive kylningen av bjälklagen bör kontroll och korrigerings-tiden kunna nedbringas avsevärt.

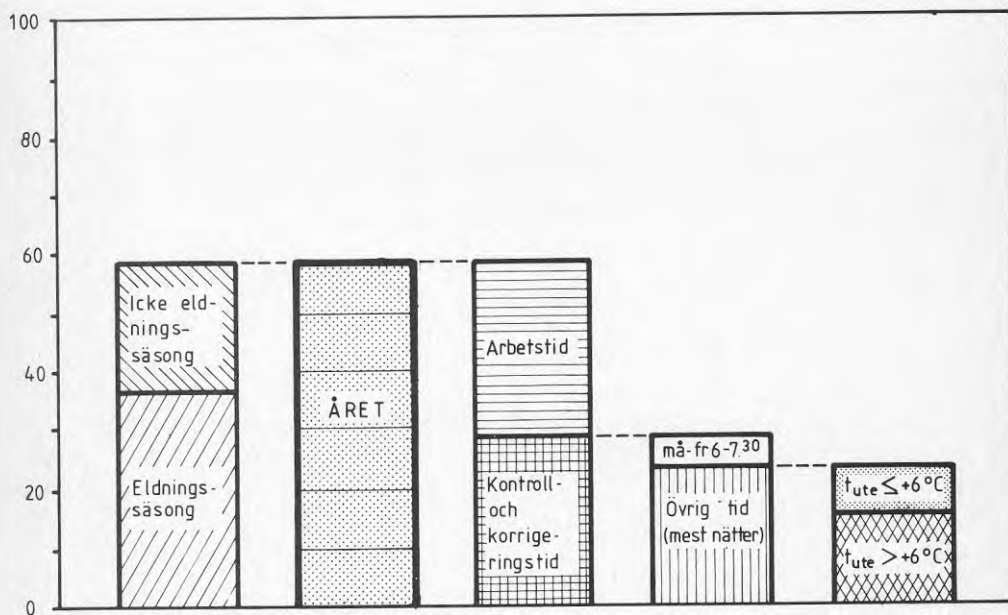
Man sparar då dels fläktenergi och dels onödig uppvärmning av uteluft. Tanken är ju nämligen att systemet vintertid skall arbeta med 100 % återluft under korrigeringstiden. I praktiken har man dock alltid något luftläckage förbi utespjället, vilket drabbat Storö-objektet onödigt hårt genom den långa drifttiden.

Ärsenergin för drift av de aktuella fläktarna (TA-4 - 7 plus motsvarande frånluftsfläktar) motsvarar ungefär 16 kWh/år/m^2 . Siffran är onödigt stor av tre skäl. Dels är, som tidigare påpekats, drifttiden onödigt stor och dels kan man av resultatet se att det totala luftflödet varit onödigt stort. Luftflödet har i senare anläggningar av motsvarande slag reducerats med 25 - 30 %. Det tredje skälet är att provanläggningen är

försedd med både kylbatteri och luftfuktare, vilka genom sitt luftmotstånd svarar för ungefär 15 % av årsenergin. Båda luftbehandlingsenheterna tillkom av säkerhetsskäl för att kunna möta eventuella klagomål från personalen men har ej behövt användas.

En anläggning med Storö's drifttid, men utan kylbatteri och luftfuktare samt med lägre luftflöde, skulle få en fläktenergiförbrukning av ungefär 10 kWh/år/m². Tar man dessutom hänsyn till att drifttiden varit ungefär dubbelt så lång som behövts ur ventilations-synpunkt kan det vara rimligt att anta att en anläggning baserad på erfarenheterna från provanläggningen får en förbrukning någonstans under 10 kWh/år/m².

% AV ÅRETS 8760 TIMMAR SOM FLÄKTARNA VARIT IGÅNG



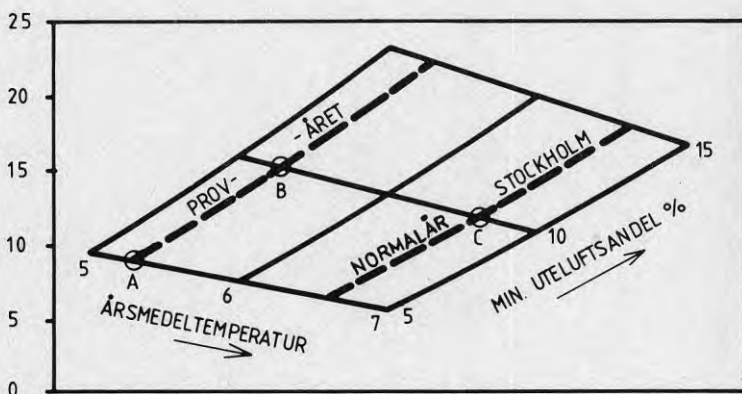
Figur 5.33 Fördelning av TermoDeck-fläktarnas drifttid

5.5.3 Energiförbrukning för att värma tilluften

Energiförbrukningen för att värma TermoDeck-aggregatens tilluft var, uppräknat till fullt år, 9 kWh/m² brutto golvarea. Som tidigare nämnts, var dock min uteluftsandel endast 5 %, varför värdet måste räknas upp till det erforderliga minvärdet 10 %.

Ur datamängden från mätningarna har med regressionsanalys skapats samband mellan till-, från- och uteluftstemperatur. Med hjälp av detta underlag har värmeförbrukningen vid annan årsmedeltemperatur och min uteluftsandel beräknats. Resultatet redovisas i diagramform i figur 5.34 nedan, där punkten A motsvarar det uppmätta värdet och punkten B (15 kWh/m^2) värdet vid rätt min uteluftsandel.

ÅRSVÄRMEFÖRBRUKNING FÖR UPPVÄRMNING
AV VENTILATIONS LUFTEN (kWh/m^2)



- A - UPPMÄTT VÄRDE
- B - OMRÄKNAT TILL RÄTT MIN. UTELUFTANDEL
- C - B OMRÄKNAD TILL NORMALTEMPERATUR FÖR STOCKHOLM

Figur 5.34 Årsvärmeförbrukningen för uppvärmning av ventilationsluften

Genom att dra ned totalluftflöde och drifttid kan en viss (svåruppskattad) vinst göras. Vinsten har inte så mycket att göra med det minskade luftflödet som sådant (uteluftsandelen och bjälklagen skall fortfarande ha sin värme). Det hänger mer ihop med att "100 % återluft" inte är "100 % återluft" ens vid goda spjäll. Under den del av kontroll- och korrigeringsstiden när man har uppvärmningsbehov och anläggningen skall gå med 100 % återluft kan ett läckande uteluftsspjäll försämra värmekonomin. Ju kortare tid man behöver köra anläggningen och ju mindre uteluftsspjäll (mindre totalluftflöde) desto mindre läckageförlust.

5.5.4 Energiförbrukning i kontorsplanet

Ur den uppmätta tid som provrummens belysning och kallrasskydd varit i drift samt respektive effekter har årsenergin för belysning och kallrasskydd beräknats. Genom att varje hyresgäst har sin egen elmätare som registrerar energiåtgången för belysning, kallrasskydd samt övrig elutrustning har siffrorna kunnat kontrolleras. Kontrollen har gjorts för just den våningsdel där rumsmätningarna utfördes (se figur 4.12) och där energiåtgången för övrig el var lätt att uppskatta.

Resultatet blev i kWh/år och m² brutto kontorsarea:

Kallrasskydd	22
Belysning, kontorsrum	56
Belysning, övrigt	10
Övrig elutrustning	5
	—
	93

5.5.5 Sammanfattning av energiförbrukningen

Nedan följer en sammanfattning av uppmätta (M), beräknade (B) och uppskattade (U) årsenergier.

Elenergi

Fläktdrift	16 kWh/m ² , år (M)
Belysning, kontorsrum	56 " (M)
Belysning, övrigt	10 " (U/B)
Övrig el	5 " (U/B)
Kallrasskydd	22 " (M)
	—
	109 kWh/m ² , år

Vattenburen energi

Uppvärmning av ventilationsluft	15 kWh/m ² , år (M)
Värme för tappvarmvatten samt rörförluster	5 " (U/B)
	—
	20 kWh/m ² , år

Energi direkt avsedd för uppvärmning

Uppvärmning av ventilationsluft	15 kWh/m ² , år (M)
Kallrasskydd	22 " (M)
	—
	37 kWh/m ² , år

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
780402-0 från Statens råd för bygnadsforskning
till AB Bahco Ventilation.**

R104: 1981

ISBN 91-540-3556-2

Statens råd för bygnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700404

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirka pris: 30 kr exkl moms