



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.



Rapport

R 40: 1972

**Klimatmätningar i skolor
med elektrisk takvärme
och fläktstyrd frånlufts-
ventilation**

Leif Lind

Sigvard Olsson

Byggforskningen



Klimatmätningar i skolor med elektrisk takvärme och fläktstyrd frånluftsventilation

Leif Lind & Sigvard Olsson

Enligt Svensk Byggnorm 67 skall skollokaler vara försedda med fläktstyrda till- och frånluftsflöden (s. k. FT-system), vilket ansetts nödvändigt med tanke på de dragproblem som normalt förekommer vid system med enbart fläktstyrda frånluftsflöden (s. k. F-system).

Innan Svensk Byggnorm 67 trädde i kraft byggdes det ett antal skolor med elvärmade tak där man utvecklat ett ventilationssystem med enbart fläktstyrda frånluftsflöden och med förvärmning av tilluften via taket.

Vissa positiva erfarenheter har rapporterats från dessa anläggningar, varför en ingående klimatteknisk undersökning har ansetts motiverad.

För undersökningen utvaldes fyra skolor med elvärmade tak. Tre av skolorna är försedda med det ovan beskrivna kombinerade värme- och ventilationssystemet. Den fjärde skolan är försedd med elektrisk takvärme och konventionell ventilation (FT-system).

Beskrivning av värme- och ventilationssystemet

Det elvärmade taket i skolorna består av metallfolieband inbakade i plastfolie, som är fästad under takstolarna och täckta med exempelvis gipsplattor. I FIG. 1 visas ett exempel på uppbyggnaden av taket.

Luftintaget är placerat ovanför fönster i ytterfasad. Tilluften värms då den passerar genom en luftspalt över den varma takytan och tillförs rummet via en spalt i innertaket. Luften sugas ut via frånluftsdon placerat vid innervägg.

Utförda mätningar

Mätningarna av inneklimatet gjordes dels vid låga utetemperaturer (vinterfallet), dels vid relativt låga utetemperaturer i kombination med solinfall (vårfalet).

Tidpunkterna har valts med tanke på att dessa klimatförhållanden bör vara de för detta värme- och ventilationssystem mest kritiska.

För att kunna göra en direkt jämförelse med Byggnormens Rapport 30/67 har mätmetoder och mätpunkter valts i enlighet med denna rapport.

De mätningar som utförts är:

Luftomsättning i klassrummen
Lufttemperaturer
Yttertemperaturer
Globtemperaturer
Utetemperaturer
Tilluftstemperaturer
Frånluftstemperaturer
Lufthastigheter och strömningsriktningar
Luftfuktighet

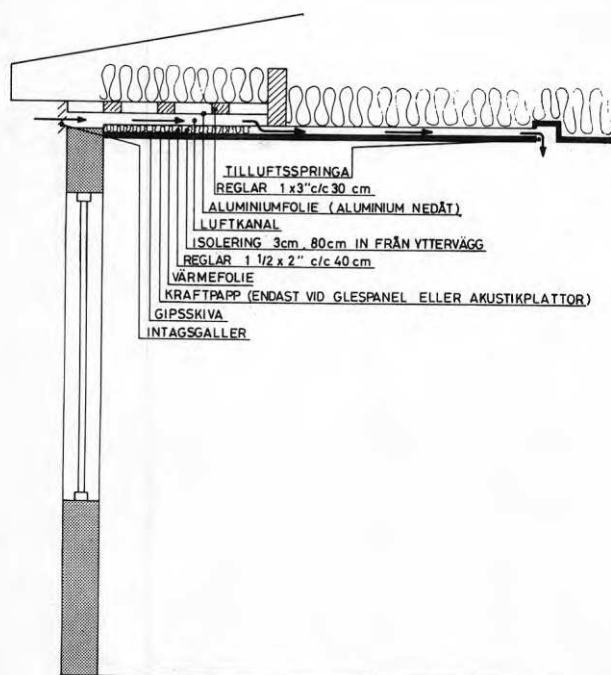


FIG. 1. Exempel på takkonstruktion vid elektrisk takvärme, kombinerad med tilluft via taket.

Byggnormens Sammanfattningar

R40:1972

Nyckelord:

elvärmade tak, fläktstyrd frånluftsventilation, skolhus, klimatmätningar

Rapport R40:1972 avser anslag D 626 från Statens råd för byggnadsforskning till ingenjör Lars I. Hansson, K-konsult.

UDK 727.1
697.273.8
628.88
SfB (56)
(57)
ISBN 91-540-2070-0

Sammanfattning av:

Lind, L & Olsson, S, 1972, *Klimatmätningar i skolor med elektrisk takvärme och fläktstyrd frånluftsventilation*. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport R40:1972, 52 s., ill. 16 kr.

Rapporten är skriven på svenska med svensk och engelsk sammanfattning.

Distribution:

Svensk Byggtjänst
Box 1403, 111 84 Stockholm
Telefon 08-24 28 60

Grupp: installation

I FIG. 2 visas klassrum fotograferat under pågående mätning. Värmeavgivningen från eleverna simuleras med elektriska glödlampor monterade i pappstrutar.



FIG. 2. Klassrum fotograferat under pågående mätning.

Mätresultat

Lufttemperaturerna i klassrummen var i allmänhet acceptabla. Mätningarna visar att temperaturgradienterna (dvs. temperaturskillnaderna på olika nivåer över golv) vid detta värme- och ventilationssystem är relativt små och att en viss övertemperatur på golvytan erhålls då takytan är varm.

Mätningarna visar också att lufttemperaturerna under skolbänkarna endast är någon tiondels grad lägre än lufttemperaturen vid sidan av bänkarna.

Lufthastigheterna har i allmänhet varit acceptabla. I området närmast yttervägg har dock hastigheterna vid vinterfallet varit för höga på grund av kallras.

Luftväxlingarna var vid tre av skolorna betydligt lägre än de i Svensk Byggnorm angivna värdena.

Konstruktiva synpunkter

I ett par av skolorna kunde konstateras kortslutningseffekter mellan tilluft och frånluft. Dessa förorsakades i första hand av att tilluften tillfördes med låg impuls. I ett fall konstaterades också att takluftningen medförde en termisk strömning av övertempererad tilluft i riktning mot frånluftsdonen.

Vid studium av kallraseffekterna vid fönstervägg kunde konstateras relativt höga nedåtriktade lufthastigheter närmast fönsterytan och ytterväggen.

Vid en av skolorna fanns fönsterbänkar installerade vilket visade sig ha en gynnsam effekt på kallrasen. Denna effekt erhöles dels genom att fönsterbänken uppvärmdes av strålningsvärmen från taket, vilket i viss mån motverkade kallrastendenserna, dels genom att den kalla nedåtgående luftströmmen avlänkades in mot rummet, vilket medförde en ökad turbulensbildning och alltså bättre inblandning av den varmare rumsluften.

Vid mätningarna av takets yttemperaturer i ytterzon visade det sig att den i flera fall var lägre än lufttemperaturen i rummet. Detta orsakades av att takytan kylades ned av tilluften. Ur klimatsynpunkt vore det önskvärt med en relativt hög yttemperatur på taket i denna zon, vilket kan uppnås dels genom att högre effekter installeras närmast fönstervägg, dels genom en bättre isolering i denna zon mot den kalla tilluften.

Vid samtliga skolor styrdes hela den i takvärmeanläggningen installerade effekten av rumstermostater. Någon stegreglering förekom alltså inte. Detta medförde bl. a. att tillufttemperaturen i några skolor varierade starkt under en regleringsperiod.

För att kunna upprätthålla jämnare temperaturer borde någon form av grundeffekt vara inkopplad vid låga utetemperaturer.

Sammanfattningsvis kan sägas att det undersökta systemet för uppvärmning och ventilation torde kunna ge ett acceptabelt rumsklimat i skollokaler, men att speciell omsorg måste ägnas åt dimensioneringen av systemet samt samordningen mellan bygg-, ventilations- och elkonstruktörerna.

Climatological measurements in schools equipped with electric ceiling heating and fan-operated exhaust ventilation

Leif Lind & Sigvard Olsson

The Swedish Building Standard (SBN 67) stipulates that school buildings must be equipped with mechanical ventilation systems (with fresh air input and exhaust mechanisms run by fans). This is considered necessary in view of the problem of draughts normally encountered with systems where fans are used only to extract air (exhaust system).

Before the Swedish Building Standard came into force a number of schools were built with electric ceiling heating. These were equipped with a ventilation system whereby exhaust air alone was extracted by the use of fans and where inlet air was preheated by the heating elements in the ceilings.

A number of good results were reported on these systems, thus motivating a detailed climatological study.

Four schools with electrically heated ceilings were chosen for this study, three of which are equipped with the combined system of ventilation and heating mentioned above. The third school has electric ceiling heating and the conventional system of ventilation (mechanical inlet and exhaust).

The heating and ventilation system

The electrically heated ceilings in the schools studied comprised thin strips of metal encased in plastic sheet fixed to the purlins and covered with, for example, plasterboard panels. FIG. 1 shows

an example of the ceiling structure.

The air inlet is placed over the window in the outer wall. The air is warmed while passing through a duct which traverses the heated ceiling space and is delivered to the room via an opening in it. The used air is extracted via an exhaust device on one of the inside walls.

Tests

Measurements were taken of the indoor climate when outdoor temperatures were low (winter) and when outdoor temperatures were relatively low but combined with solar radiation (spring).

The times were chosen on the assumption that these particular climatic conditions should be the most critical for this combined heating and ventilation system.

Methods of measurement and measuring points were chosen as in Report 30/67 from the National Swedish Institute for Building Research in order to permit comparison.

Measurement operations carried out were the following:

- Air changes in classrooms
- Air temperatures
- Surface temperatures
- Bulb temperatures
- Outdoor temperatures
- Inlet air temperatures
- Exhaust air temperatures
- Air velocities and directions of flow
- Air humidity

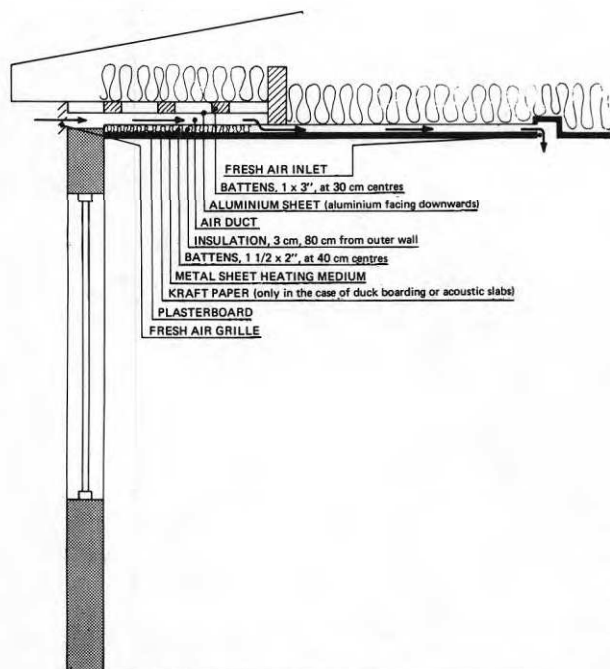


FIG. 1. Example of a structure with electric ceiling heating combined with fresh air intake via the roof.

National Swedish Building Research Summaries

R40:1972

Key words:

electrically heated ceilings, fan-operated exhaust ventilation, school buildings, climatological measurements

Report R40:1972 has been supported by Grant D 626 from the Swedish Council for Building Research to Lars I. Hansson, K-konsult.

UDC 727.1
697.273.8
628.88
SfB (56)
(57)
ISBN 91-540-2070-0

Summary of:

Lind, L & Olsson, S, 1972, *Klimatmätningar i skolor med elektrisk takvärme och fläktstyrd frånluftsventilation*. Climatological measurements in schools equipped with electric ceiling heating and fan-operated exhaust ventilation. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. 52 p., ill. 16 Sw.Kr.

The report is in Swedish with Swedish and English summaries.

Distribution:

Svensk Byggtjänst
Box 1403, S-111 84 Stockholm
Sweden

FIG. 2 is a photograph of a classroom taken during measuring operations. The heat given off by pupils is simulated using electric light bulbs mounted in paper cones.



FIG. 2. Classroom photographed during measuring operations.

Results

The air temperatures in the classrooms were as a rule acceptable. The measurements showed that the temperature gradients (i. e. differences in temperature at different levels above the floor) are relatively slight with this system of heating and ventilation and that a certain amount of surplus heat occurs at floor level when the surface of the ceiling is warm.

The measurements also show that the air temperatures under the school desks were only around one tenth of a degree lower than the air temperature alongside them.

The air velocities were as a rule acceptable, although during winter they were too high in the zone nearest the outer walls on account of down-draughts.

The degree of air change was considerably lower than that stipulated in the Swedish Building Standard (SBN 67) in three of the schools.

Constructive remarks

Short circuiting processes were noted between inlet and exhaust air in two of the schools. This was primarily due to the insufficient force with which the fresh air entered the system. In one case it was also found that ceiling ventilation caused thermal flows of overheated inlet air towards the exhaust air outlet.

Studies of down-draughts along window walls revealed relatively high downward air velocities nearest the window surfaces and outer wall.

Window sills had been fitted in one of the schools and this proved to have a favourable effect on the down-draught. This was due to the fact that the window sills were heated by the radiant heat from the ceiling, which to some extent counteracted the tendency for down-draught to occur. It was also due to the fact that the cold downward flow of air was diverted into the interior of the classroom, causing increased turbulence and thus a more thorough mixture of the warmer room air.

On measuring surface temperatures in the ceiling's outer zone it was found that these were in several cases lower than the air temperature in the room. This was due to the fact that the surface of the ceiling was cooled down by the inlet air. It would be better from the point of view of climate to have a relatively high ceiling temperature in this zone; this can be achieved by installing more powerful elements nearest the window wall and by better insulation in this zone to counteract the cold inlet air.

In all the schools studied, the ceiling heating system was thermostat controlled. There were no facilities for adjusting the output. This meant that, for instance, the inlet air temperature in some schools varied considerably over a control cycle.

Some means of maintaining a minimum level of heat should therefore be installed for periods with low outdoor temperatures.

In short, one can say that the system of heating and ventilation studied should be capable of providing an acceptable room climate in school buildings, but that special care must be taken with the design of the system and with co-ordination of the work of the structural designers and the designers of electrical services.

Rapport R40:1972

KLIMATMÄTNINGAR I SKOLOR MED ELEKTRISK TAKVÄRME
OCH FLÄKTSTYRD FRÅNLUFTSVENTILATION

CLIMATOLOGICAL MEASUREMENTS IN SCHOOLS EQUIPPED WITH
ELECTRIC CEILING HEATING AND FAN-OPERATED EXHAUST
VENTILATION

av Leif Lind & Sigvard Olsson

Denna rapport avser anslag D 626 från Statens råd för byggnads-
forskning till ingenjör Lars I. Hansson, K-konsult. Försäljnings-
intäkterna tillfaller fonden för byggnadsforskning.

Statens institut för byggnadsforskning, Stockholm
ISBN 91-540-2070-0

Rotobekman

INNEHÅLL

CAPTIONS (Figurtexter och tabellrubriker översatta till engelska)	4
1 INLEDNING	6
2 BESKRIVNING AV VÄRME- OCH VENTILATIONSSYSTEMET	7
3 UNDERSÖKTA SKOLOR	9
3.1 Urval av skolor	9
3.2 Skolor med elektriskt uppvärmt tak och F-ventilation	9
3.3 Skola med elektriskt uppvärmt tak och FT-ventilation	9
4 UTFÖRDA MÄTNINGAR	15
5 INSTRUMENT OCH MÄTNOGGRANNHET	19
6 MÄTRESULTAT	20
6.1 Riktlinjer för klimatbedömningen	20
6.2 Skolor med elektriskt uppvärmt tak och F-ventilation	20
6.3 Skola med elektriskt uppvärmt tak och FT-ventilation	23
7 SAMMANFATTANDE BEDÖMNING AV UPPMÄTTA KLIMATDATA	35
7.1 Temperaturer	35
7.2 Lufthastigheter	38
7.3 Luftomsättning	39
8 KONSTRUKTIVA SYNPKUNKTER	43
8.1 Byggkonstruktionernas täthet	43
8.2 "Kortslutningseffekter"	43
8.3 Kallraseffekter	45
8.4 Takytans temperatur vid fönstervägg	46
8.5 Tilluftens temperatur	47
8.6 Effekter och effektregering	47
8.7 Speciella observationer	48
9 SLUTORD	50

CAPTIONS (Figurtexter och tabellrubriker översatta till engelska)

- FIG. 1 Example of a structure with electric ceiling heating combined with fresh air intake via the roof.
- FIG. 2 Vallmo school, Kolbäck, classroom 1.
- FIG. 3 Vallmo school, Kolbäck, classroom 2.
- FIG. 4 Marieberg school.
- FIG. 5 Hjälmared college (folkhögskola).
- FIG. 6 Sandåkra school.
- FIG. 7 Diagram of classroom showing positions of measuring points.
- FIG. 8 Vallmo school, Kolbäck. Classroom 1, series I.
- FIG. 9 Vallmo school, Kolbäck. Classroom 1, series II.
- FIG. 10-
11 Vallmo school, Kolbäck. Classroom 2, series I.
- FIG. 12 Marieberg school, series I.
- FIG. 13 Marieberg school, series II.
- FIG. 14 Hjälmared college, series I.
- FIG. 15 Hjälmared college, series II.
- FIG. 16 Sandåkra school, Sköndal. Series I.
- FIG. 17 Sandåkra school, Sköndal. Series II.
- FIG. 18 Relative humidity and room temperature. Series II, winter.
- FIG. 19 Temperature gradients in C-4 and D-4.
- FIG. 20 Temperatures in a classroom (Kolbäck) with a constant supply of heat.
- FIG. 21 Temperature on the inside surface of the window. Not sunlit.
- FIG. 22 Adjustment. On = ———
- PHOTO 1 Classroom in Marieberg school photographed during the first series of tests. The heat given off by the pupils is simulated using electric light bulbs mounted in paper cones.
- PHOTO 2 Short circuit.

PHOTO 3 Photograph of inlet air channel showing how the fresh air mixes with the air in the room when there is a good draught in the air channel (outdoor temp. of -10°C).

PHOTO 4 Down-draught under window photographically recorded with the aid of flakes. Exposure time = 1 second. A trace 1 cm in length corresponds to a speed of 10 cm/s.

TABLE 1 Methods of measurement.

TABLE 2 Important climatological data.

TABLE 3 Difference recorded between bulb temperature and air temperature.

TABLE 4 Bulb temperatures governed by direction.

TABLE 5 Bulb and air temperatures under and alongside classroom desk.

Enligt Svensk Byggnorm 67 skall skollokaler av permanent karaktär vara försedda med ventilationssystem med fläktstyrda till- och frånluftsflöden (s k FT-system). Denna typ av ventilationssystem har ansetts nödvändig med tanke på de problem som ofta förekommer vid system med enbart fläktstyrda frånluftsflöden (s k F-system) där otempererad och ofiltrerad luft tillföres lokalen genom undertryck. Tidigare utförda undersökningar har även visat att avsedd luftväxling ofta ej kunnat erhållas vid F-system.

Innan Svensk Byggnorm 67 trädde i kraft byggdes det ett antal skolor med elvärmda tak där man utvecklat ett speciellt ventilationssystem med enbart fläktstyrda frånluftsflöden och med förvärmning av tillluften. Positiva erfarenheter har inrapporterats från den personal som varit i kontakt med de nämnda anläggningarna, varför en ingående klimatteknisk undersökning av systemet har ansetts vara motiverad.

Av ovan nämnda skäl startades klimatmätningar i fyra skolor med elvärmda tak. Tre av de undersökta skolorna är försedda med det ovan nämnda uppvärmnings- och ventilationssystemet. Som jämförelseobjekt har dessutom medtagits en skola med elektrisk takvärme och konventionell ventilation (fläktstyrda till- och frånluftsflöden).

För att kunna göra en direkt jämförelse med Byggeforskningens Rapport 30/67 har mätmetoder och mätpunkter valts i enlighet med denna.

Den klimattekniska bedömningen har gjorts i samarbete med docent Börje Löfstedt, som också deltagit i uppläggnings- och mätprogrammet.

2 BESKRIVNING AV VÄRME- OCH VENTILATIONS-
SYSTEMET

De undersökta skolorna har varit försedda med elvärm-
da tak bestående av metallfolieband inbakade i plast-
folie, som fästes under takstolarna och täckes med
exempelvis gipsplattor. De elektriska elementen är
dimensionerade så att man vid maximalt effektbehov
erhåller en högsta yttemperatur på taket av ca +40°C.
Om det sker en överbelastning smälter metallfolien
av och strömmen brytes, varvid brandrisken elimineras.

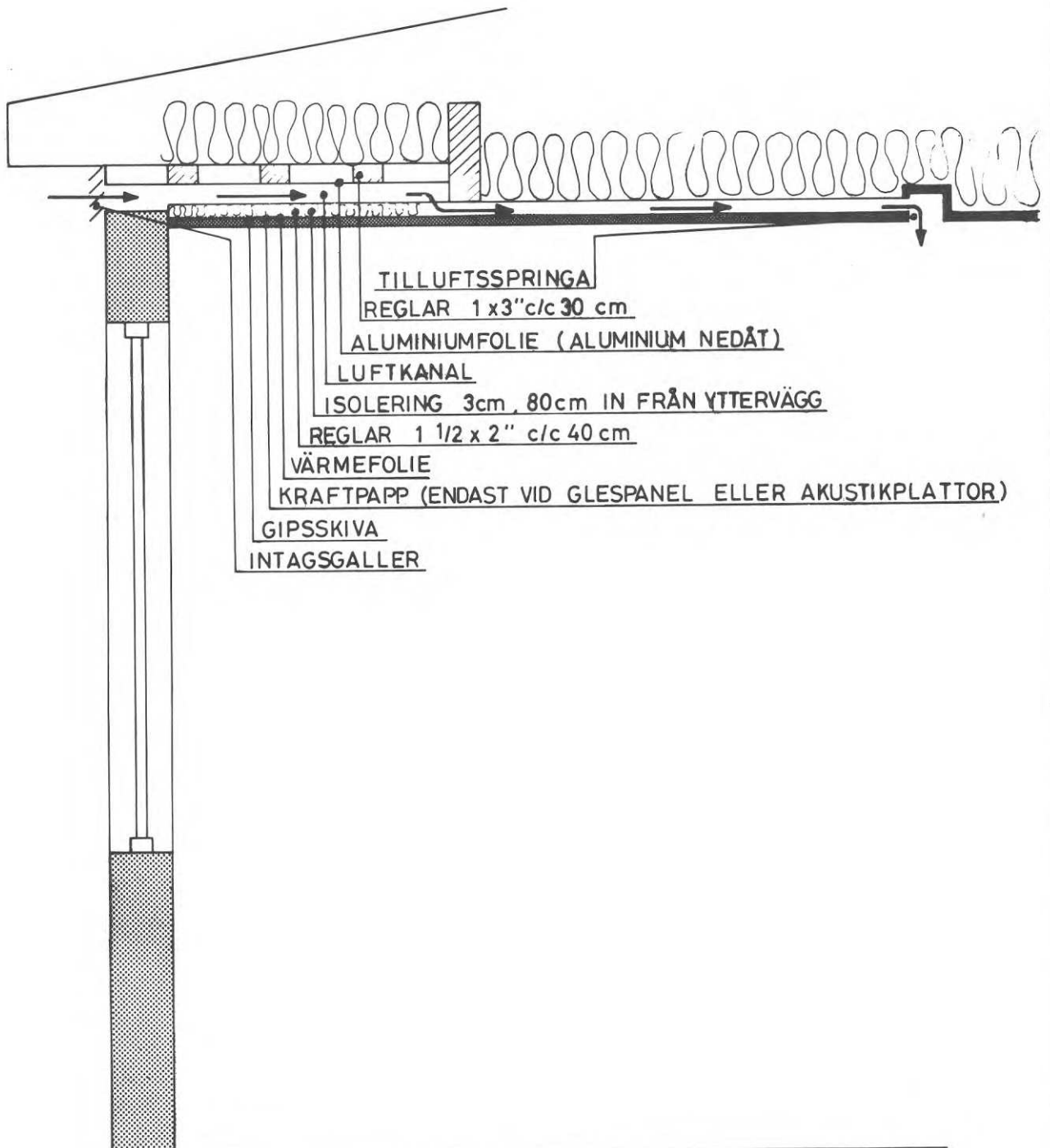
I FIG 1 visas ett exempel på uppbyggnaden av taket
vid det undersökta värme- och ventilationssystemet.

Luftintaget är placerat ovan fönster i ytterfasad.
Tilluften förvärmes då den passerar genom en luft-
spalt över den varma takytan och tillföres rummet
via en spalt i innertaket. Luften utsuges via från-
luftdon placerade vid innervägg. Den erforderliga
luftväxlingen erhålles enbart av frånluftsfläktar
vid detta ventilationssystem. Då det kunde förvän-
tas att undertrycket i klassrummet kunde skapa drag-
problem i zonen närmast ytterväggen gjordes, i jäm-
förande syfte, motsvarande klimatmätningar i en skola
med elektriskt uppvärmt tak och balanserad ventila-
tion (fläktstyrda till- och frånluftsflöden). I denna
skola tillfördes luften klassrummet via två takdif-
fusorer.

EXEMPEL PÅ TAKKONSTRUKTION
VID ELEKTRISK TAKVÄRME, KOM-
BINERAD MED TILLUFT VIA
TAKET.

FIG.1

8



3 UNDERSÖKTA SKOLOR

3.1 Urval av skolor

Fyra representativa skolor med elektrisk takvärme har utvalts i samråd med leverantören av takvärmeanläggningarna. Vid urvalet har eftersträvat att erhålla skolor med olika ventilations- och byggnadstekniskt utförande. De skolor som valts är byggda mellan 1967 och 1969 och belägna i Syd- och Mellansverige.

3.2 Skolor med elektriskt uppvärmt tak och F-ventilation

Skola I (Vallmoskolan i Kolbäck) har tillförsel av förvärmad uteluft via tilluftsspringa i tak. Frånluften sugas ut via frånluftsdon placerade vid innervägg i golvnivå. Klassrum 1 har horisontellt tak medan klassrum 2 har snedtak (Se FIG 2 och 3).

Skola II (Mariebergsskolan i Skara) har tillförsel av förvärmad uteluft via tilluftsspringa i tak. Frånluften sugas ut via överluftsdon placerade vid innervägg ovan dörr. Klassrummen har snedtak med svag lutning med högsta höjd vid yttervägg (Se FIG 4).

Skola III (Hjälmareds Folkhögskola i Alingsås) har tillförsel av förvärmad uteluft via tilluftsspringa i tak. Frånluften sugas ut via frånluftsdon placerade vid innervägg 2,5 m över golv. Klassrummen har snedtak med högsta takhöjd vid innervägg (Se FIG 5).

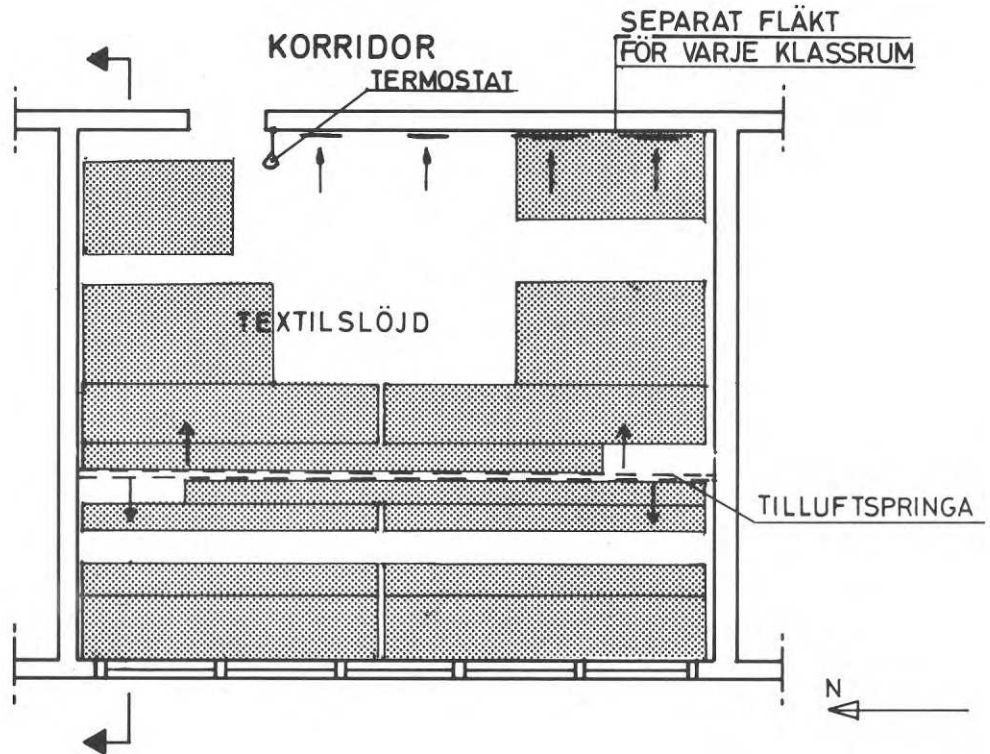
3.3 Skola med elektriskt uppvärmt tak och FT-ventilation

Skola IV (Sandåkraskolan i Sköndal) har tillförsel av förvärmad uteluft via två tilluftsdon (diffusortyp) i tak. Frånluften sugas ut via två överströmningsdon placerade vid innervägg ovan dörr. Klassrummen har horisontellt tak (Se FIG 6).

VALLMOSKOLAN, KOLBÄCK
(KLASSRUM 1)

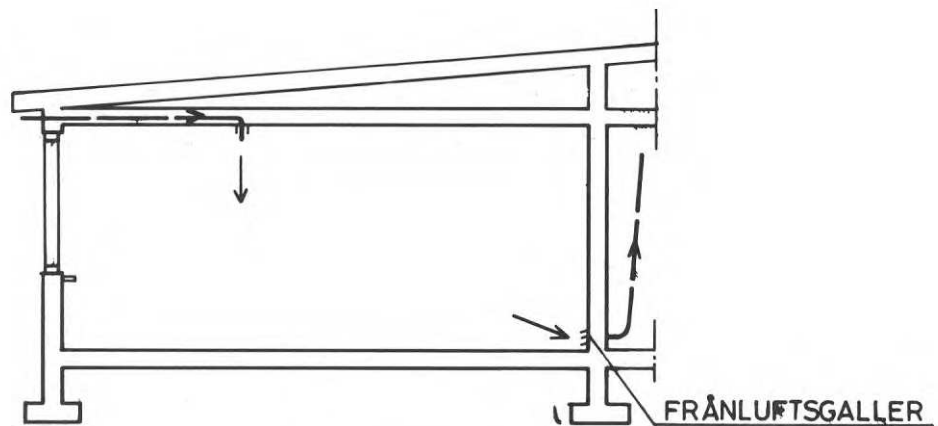
FIG. 2

10



TOTAL VÄRMEEFFEKT 5,9 kW (95 W/m²)
(BELYSNING 2,7 kW)

■ = VÄRMEAVGIVANDE TAKYTA 34 m² (55%)

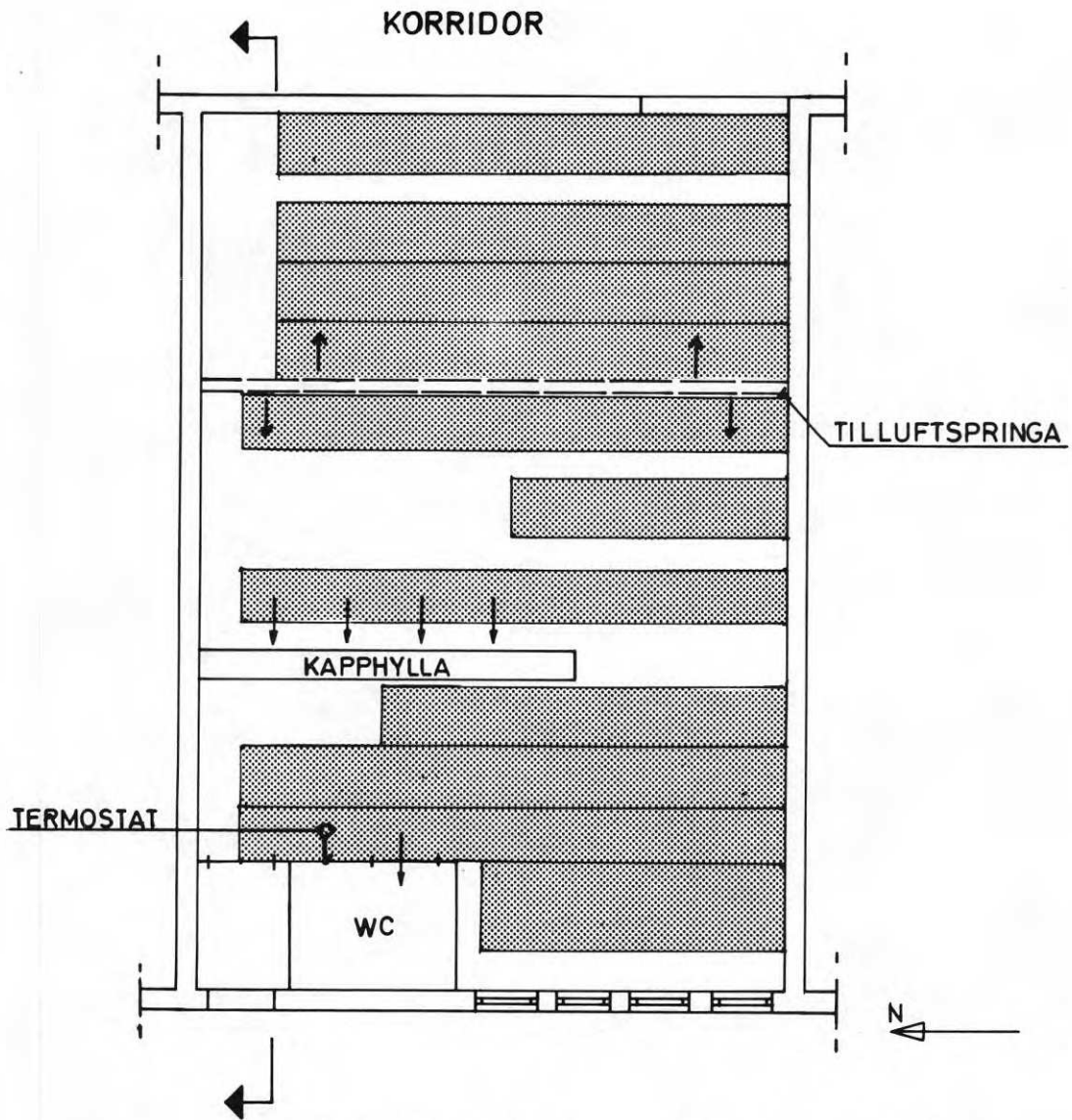


SEKTION

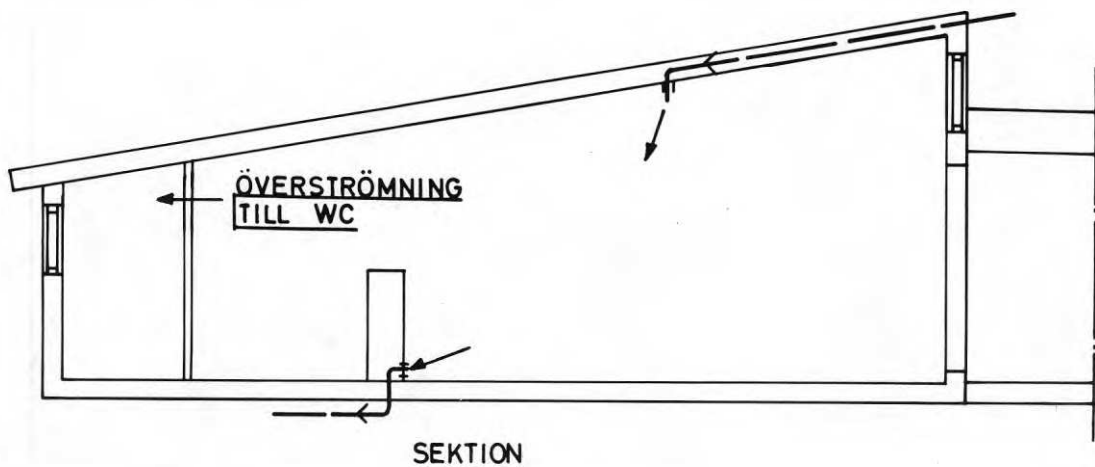
VALLMOSKOLAN, KOLBÄCK
(KLASSRUM 2)

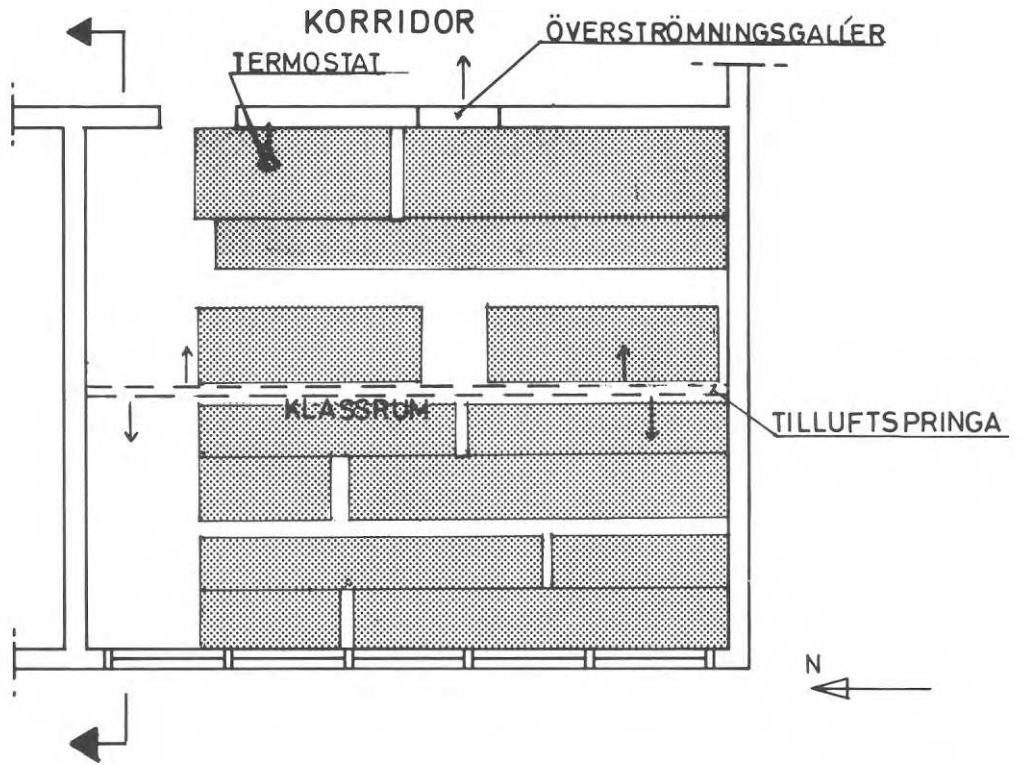
FIG. 3

11

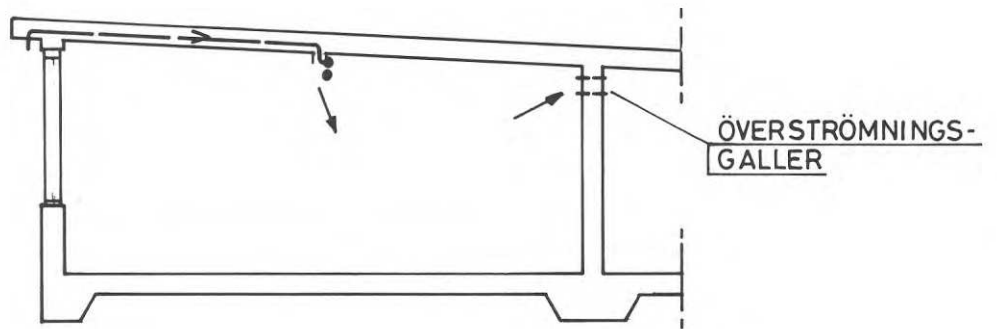


■ TOTAL VÄRMEEFFEKT 9,2 kW (99 W/m²)
= VÄRMEAVGIVANDE TAKYTA 58 m² (62 %)

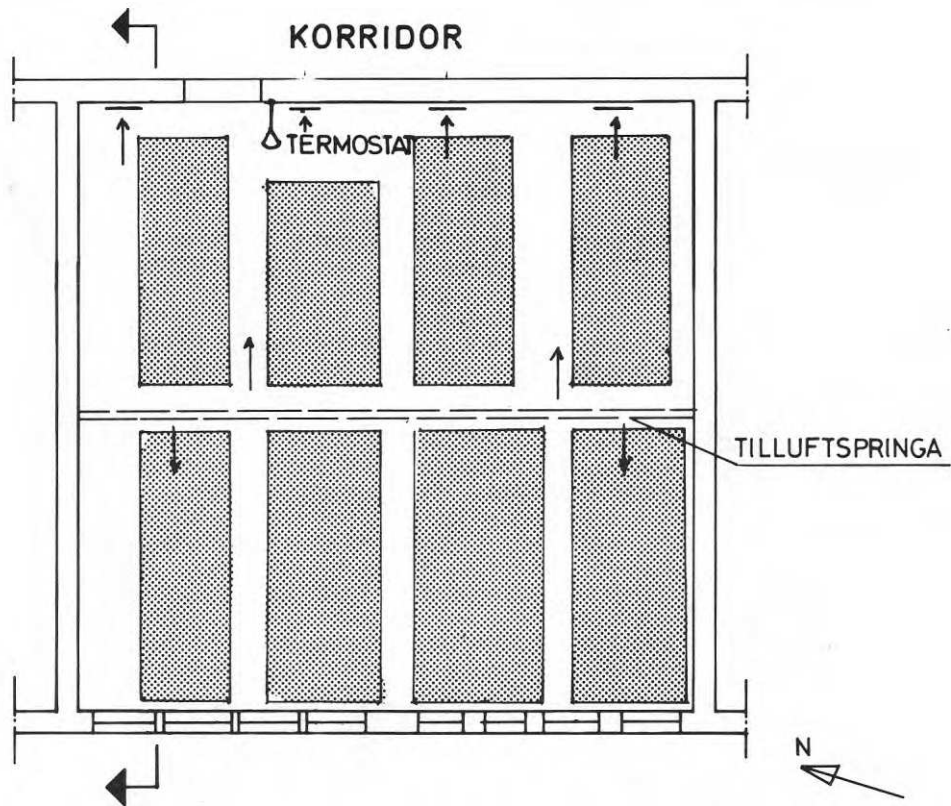




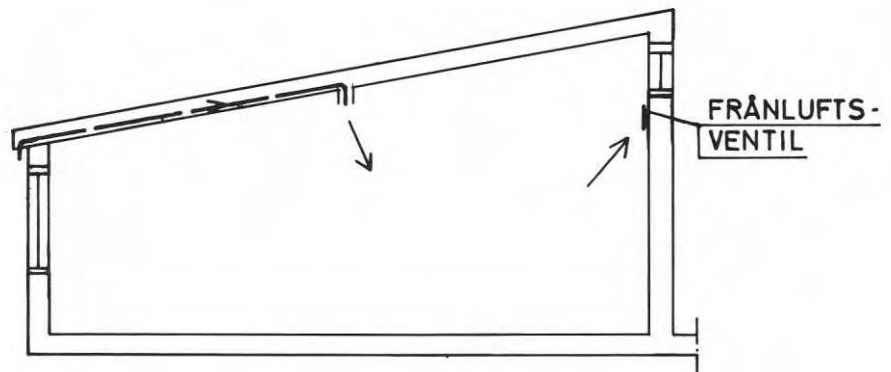
	TOTAL VÄRMEEFFEKT	68 kW (110 W/m ²)
	= VÄRMEAVGIVANDE TAKYTA	39 m ² (63%)



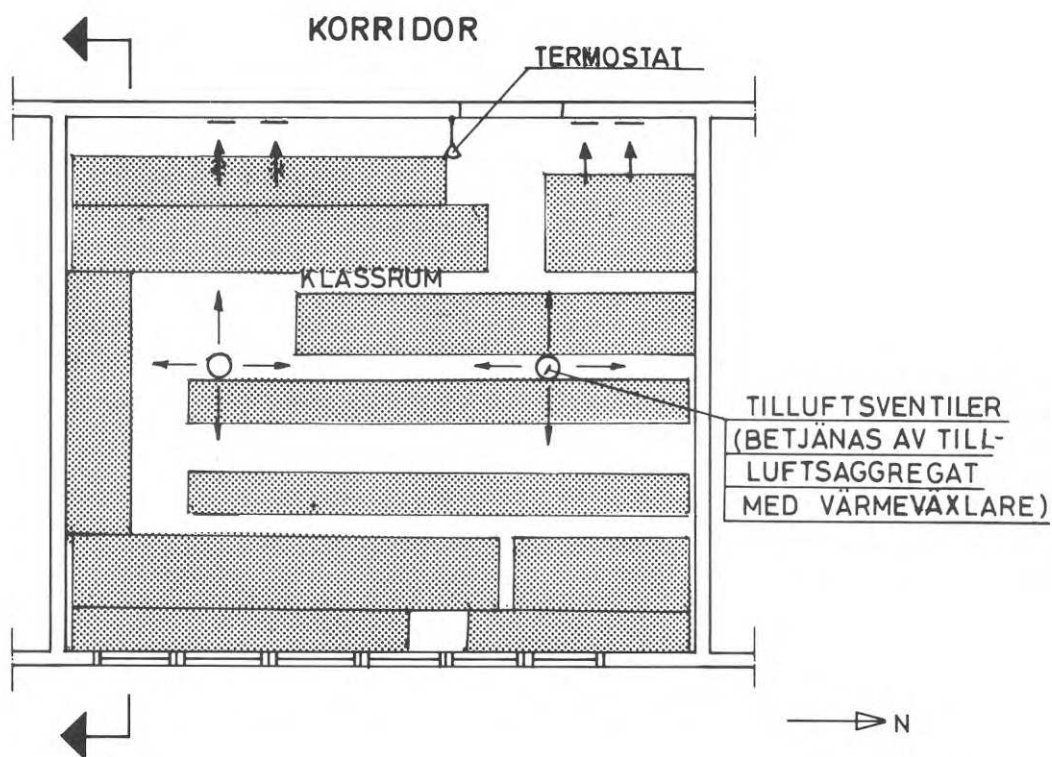
SEKTION



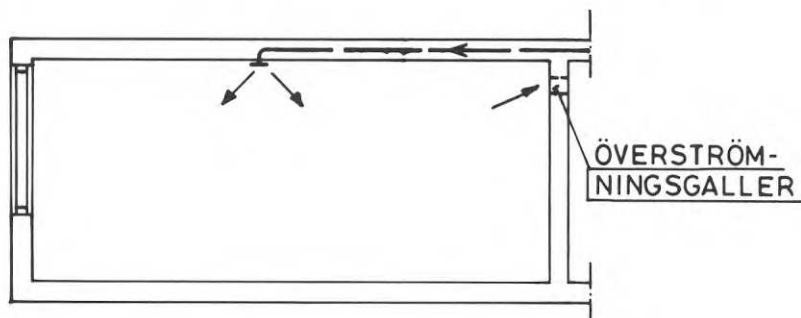
■ TOTAL VÄRMEEFFEKT 5,9 kW (86 W/m²)
= VÄRMEAVGIVANDE TAKYTA 38m² (55%)



SEKTION



TOTAL VÄRMEEFFEKT 5,4 kW (86 W/m²)
 (EFFEKTEN FÖR UPPVÄRMNING
 AV TILLUFTEN EJ MEDTAGEN)
 ■ = VÄRMEAVGIVANDE TAKYTA 35 m² (55 %)



SEKTION

4 UTFÖRDA MÄTNINGAR

Av TABELL I framgår vilka mätinstrument som använts vid undersökningarna, typ av mätning, mätningens omfattning och valda mätpunkter.

Mätpunkternas läge framgår av koordinatsystem i FIG 7.

Mätningarna av inneklimatet gjordes dels vid låga utetemperaturer i februari (vinterfallet), dels vid relativt låga utetemperaturer i kombination med solinfall i april (vårfallet). Dessa tidpunkter har valts med tanke på att dessa klimatförhållanden bör vara de för detta värme/ventilationssystem mest kritiska.

Vid vintermätningarna utfördes dels grundläggande mätningar i momentan- och registrerande form (mätserie I), dels registrerande temperaturmätningar (mätserie II).

Vid vårmätningarna utfördes endast registrerande temperaturmätningar (mätserie II).

De grundläggande mätningarna (mätserie I) utfördes av praktiska skäl i tomt klassrum, där elevernas värmeavgivning simulerades med elektriska glödlampor (60 watt) monterade i pappersstrutar (Se BILD 1).

Vid de grundläggande mätningarna mättes:

- luftomsättningen i klassrummen (spårgasmetoden)
- lufttemperaturer
- yttemperaturer (tak, golv, fönster, ytterväggar)
- globtemperaturer
- utetemperaturer
- tilluftstemperaturer
- frånluftstemperaturer
- lufthastigheter och strömningsriktningar
- luftfuktighet

TABELL 1. Mätmetoder

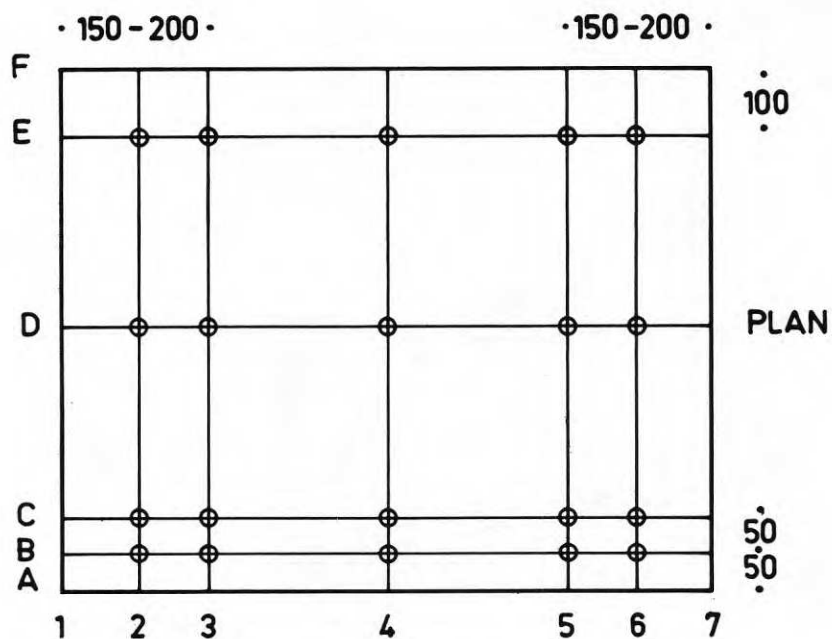
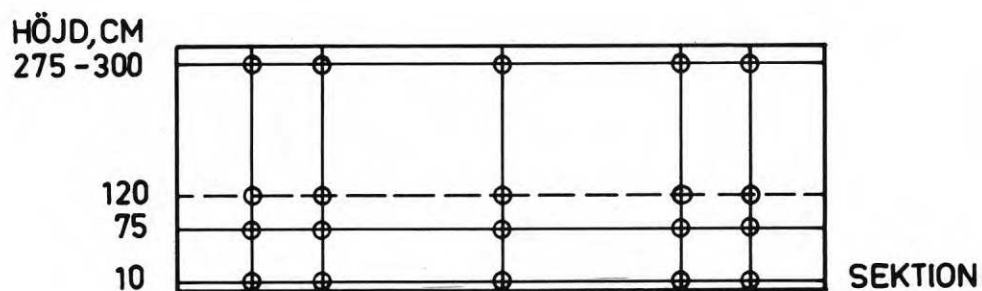
Instrument	Uppmätt faktor	Mätningens omfattning	Mätpunkternas läge
Termograf (Lambrecht)	Lufttemperatur- variationer	1 dag - 1 vecka	Innervägg (F) 120 cm över golv
Hygrograf (Lambrecht)	Luftfuktighets- variationer	1 dag - 1 vecka	Innervägg (F) 120 cm över golv
Varmtråds- anemometer I (Hastings)	Lufthastighet	Momentan- mätning	Centralsnitt (4)
Varmtråd- anemometer II (Wallac)	Lufthastighet och luftomsätt- ning	Momentan- mätning	Vid fönster och frånluftsdon
Gasanalysator (Uras)	Luftomsättning	Momentan- mätning	(D4) 75 cm över golv
Rökbriketter och metafloccar	Lufthastighet (uppmätt fotogra- fiskt och visuellt med hjälp av kro- nometer)	Momentan- mätning	Vid fönster och tilluftsspringa
Rökgaspistol	Luftens ström- ningsriktning	Momentan- mätning	Centralsnitt (4)
Globetermo- meter ¹	Globetempere- tur	Momentan- mätning	C4
Potentiometer- skrivare (Honeywell)	Luft- och yt- temperatur	Kontinuerlig	Centralsnitt (4)

1 (blå ballong \emptyset 150 med instucken kvicksilvertermometer eller termo-
element)

PRINCIPSKISS AV KLASSRUM
MED MÄTPUNKTERNAS LÄGE

FIG. 7

17



FÖNSTERFASAD

(ALT. FASAD MED STÖRSTA FÖNSTERYTA)

Mätningarna är avsiktligt utförda med stängda fönster och dörrar och med normal drift av ventilationsanläggningen, vilken alltså inte justerats före mätningarna. (termostatinställningar kontrollerade). Mätningarna bör alltså ge en uppfattning om hur ventilationsanläggningarna normalt fungerar under den del av läsåret, då man inte utan obehag kan vädra under lektionerna för att förbättra ventilationen.

För att få en säkrare bild av anläggningens funktion vid praktisk drift utfördes dessutom registrerande temperaturmätningar med potentiometerskrivare (mätserie II) under ca en vecka med normal undervisning i klassrummen. Av praktiska skäl utfördes dessa mätningar i ett begränsat antal punkter.



Bild 1

Klassrum i Mariebergsskolan fotograferat under mätserie I. Värmeavgivningen från eleverna simuleras med elektriska glödlampor monterade i pappstrutar.

5 INSTRUMENT OCH MÄTNOGGRANNHET

Termograferna (Lambrecht) har kalibrerats mot kvicksilvertermometer. Under mätningarnas gång har upprepade kontroller mot termometrar utförts. Avläsningsnoggrannheten uppskattas till ca $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$. Mättnoggrannheten på momentanvärdena blir dock sämre på grund av en viss eftersläpning.

Hygrograferna (Lambrecht) har kalibrerats mot Assmanpsykrometer. Under mätningarnas gång har kontroller mot slungpsykrometer utförts. Mättnoggrannheten beräknas ligga vid ca $\pm 2\%$.

Potentiometerskrivaren (Honeywell, 24 punkter) med termoelement för lufttemperaturmätning har större noggrannhet än avläsningsnoggrannheten $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$.

Varmtrådsanemometern I (Hastings) har vid kalibrering mot mätfläns visat följande överensstämmelse:

Mätfläns (m/s)	0,05	0,10	0,20	0,30
Anemometer I (m/s)	0,04 -	0,07 -	0,22	0,38
	0,06	0,09		

Felet i mätflänsvärdena torde ligga omkring $\pm 2\%$.

Varmtrådsanemometer II (Wallac) har vid kalibrering mot vindtunnel visat följande överensstämmelse:

Verklig hastighet (m/s)	0,19	0,29	0,41	0,54
Anemometer (m/s)	0,19	0,30	0,40	0,53

Instrumentet är temperaturkompenserat.

Gasanalysatorn (Uras) har kalibrerats i mätkammare mot strypfläns. Hänsyn har tagits till kalibreringsdiagram.

Dessutom uppmättes lufthastigheterna i vissa skolor med fotografiska (metaflockar) och visuella (rökbricketter) metoder.

6 MÄTRESULTAT

6.1 Riktlinjer för klimatbedömningen

På grundval av mätdata från de olika skolorna har en klimathygienisk bedömning gjorts i samarbete med docent Börje Löfstedt. Denna bedömning redovisas i det följande, tillsammans med en översiktstabell, TABELL 2A, B, som upptar mätresultat för några av de variabler som inverkar på inneklimatet. Tabellen utgör en sammanställning av data (mätserie I), som mer detaljerat redovisas i efterföljande avsnitt.

Riktlinjerna för klimat- och ventilationsbedömningen framgår av de allmänna synpunkter som redovisas i rapport 30/67. Detta innebär bland annat att lufttemperaturen ansetts böra vara 20-24°C. Förutsättningen för att dessa gränser skall gälla är enligt tidigare att lufthastigheten är 0,10 m/sek och att beklädnaden motsvarar 1,0-1,5 clo (medellätt till lätt klädsel). Luftväxlingen beräknad enligt anvisningarna i SBN 67 motsvarar ca 15 m³/h, elev.

Vid bedömningen har i huvudsak hänsyn tagits till rumsklimatet inom vistelsezonen vars gräns mot yttervägg ansetts ligga 0,5-1,0 m från fönster.

För att kunna göra jämförelser mellan klimatet i de olika skolorna önskas lika yttre klimatförhållanden. Här har valts att redovisa de klimatdata som erhållits vid en utetemperatur av -10°C, eller så nära denna temperatur som möjligt. Vid temperaturredovisningar i tabeller och figurer anges högsta och lägsta temperaturen under en regleringsperiod.

6.2 Skolor med elektriskt uppvärmt tak och F-ventilation

Skola I (Vallmoskolan i Kolbäck, se FIG 8-11)

Lufttemperaturerna i klassrummet var vid vintermät-

ningen relativt jämna och låg inom acceptabla värden. Vid värmätningarna erhöles höga lufttemperaturer främst beroende på dålig solavskärmning. De uppmätta frånlufttemperaturerna är oförklarigt låga och passar inte in i det övriga temperaturmönstret. Anledningen till de låga värdena kan vara att temperaturerna uppmätts inne i frånluftkanalen och där kan ha påverkats av att kall uteluft läckt in i kanalen.

Luftomsättningen i klassrummet var acceptabel (2,85 oms/h, motsvarande 20,4 m³/h, elev) och lufthastigheterna utan anmärkning. Den goda funktionen torde till stor del bero på att frånluftdonen placerats vid golv, varvid en jämn luftrörelse erhöles i klassrummet. En reducering av kallraseffekten har erhöles genom att en fönsterbänk finns monterad under fönster.

Skola II (Mariebergsskolan i Skara, se FIG 12-13). Lufttemperaturerna visade stor differens under en regleringscykel beroende på att takvärmen var frånslagen långa perioder, i övrigt var lufttemperaturerna acceptabla.

Luftomsättningen i klassrummet var mycket låg (1,25 oms/h, motsvarande 8,8 m³/h, elev, i det redovisade klassrummet. I ett annat likadant klassrum i skolan uppmättes 0,70 oms/h, motsvarande 4,9 m³/h, elev). Orsaken till de låga luftomsättningarna var dels att man beroende på dragproblem minskat den fria arean på luftintaget, dels att utsugningen av förbrukad luft skedde via överströmningsdon till korridor. Överluften från klassrummen suges från korridoren ut via frånluftfläktar. För att få fullgod funktion av ett sådant system krävs att erforderligt undertryck kan hållas i korridoren. Vid denna anläggning kunde sådant undertryck inte upprätthållas beroende på inläckning av uteluft genom entrédörrarna, dels genom läckage vid detta dörrparti, dels genom livlig

trafik (dörröppning) genom dörrarna.

Lufthastigheterna i vistelsezonen var olämpliga med låga genomsnittliga hastigheter.

Skola III (Hjälmarets Folkhögskola i Alingsås, se FIG 14-15). Lufttemperaturerna i klassrummet var vid vintermätningarna låga och vid mätserie II då utetemperaturen var ca -15°C var den tillförda värmen otillräckligt och lufttemperaturen i centrum av rummet endast $+17^{\circ}\text{C}$. De låga rumstemperaturerna torde bero på att den uppvärmda tilluften inte kommer klassrummet till del utan följer takytan främst beroende på temperaturskillnaden i kombination med dålig impuls. Kortslutningseffekten förstärks dessutom av att taket lutar och frånluftdonen placerats vid innervägg, där takhöjden är som högst.

Vid värmätningen erhöles måttliga lufttemperaturer detta till stor del beroende på att tiden för solinfall var relativt kortvarig vid mättillfället, varvid en stor del av värmeinläckningen kunde ackumuleras i huskroppen.

Lufthastigheterna var höga vid yttervägg och golv närmast yttervägg på grund av kallras. I övriga delar av klassrummet var lufthastigheterna acceptabla.

Luftomsättningen i klassrummet var låg (1,48 oms/h motsvarande $9,9 \text{ m}^3/\text{h}$, elev). Det bör dessutom tas i beaktande att de redovisade mätresultaten ej tar hänsyn till den ovan nämnda kortslutningseffekten, varför luftomsättningen i vistelsezonen torde vara mycket låg vid övertemperatur på tilluften.

Anmärkning

Enligt modellförsök utförda av professor Rydberg har ventilationens effektivitetsfaktor ϵ

uppmätts till 0,81 vid isometrisk inblåsning och med tilluft- resp frånluftdon placerade vid tak i motstående väggar. Vid inblåsning av övertempererad luft torde denna faktor vara mindre än 0,81.

Vid det här undersökta klassrummet där i vissa fall övertempererad luft tillföres i kombination med en för kortslutning gynnsam taklutning borde effektivitetsfaktorn ε vara betydligt lägre än 0,81. Någon kompletterande mätning för att bestämma storleken av ε har inte utförts.

Professor Rydberg definierar ventilationens effektivitetsfaktor genom uttrycket:

$$\varepsilon = \frac{C_a}{C_r}$$

där C_a är den avgående luftens koncentration av föroreningar och C_r rumsluftens medelkoncentration.

6.3 Skola med elektriskt uppvärmt tak och FT-ventilation

Skola IV (Sandåkraskolan i Sköndal, se FIG 16-17). Vid detta system värmes tilluften via värmeväxlare av regenerativ typ samt elbatteri. Tilluftens temperatur är således oberoende av takets yttemperatur. Mätningarna visar att temperaturgradienterna är acceptabla och temperaturamplituderna små.

Luftomsättningen i klassrummet var låg (1,77 oms/h, 13,6 m³/h, elev, i det redovisade klassrummet. I ett annat likadant klassrum i skolan uppmättes 2,22 oms/h 17,1 m³/h, elev.

Lufthastigheterna i vistelsezonen var acceptabla utom i området närmast yttervägg där en utpräglad kallraseffekt erhöles.

TABELL 2 A. Sammanställning av viktigare klimatdata (Mätserie I)

Skola	Ventilations-system	Ute-temp (°C)	Tempgradient ^{c,d}		Temp t_{120}	Yttemp fönster-glas
			Snitt $t_{120} - t_{10}$ C-4	Snitt D-4		
Vallmoskolan Klassrum I (Kolbäck)	F ^a	- 8	1,0(1,0)	0,7(0,1)	21,5(20,5)	11,1-18,0
Mariebergsskolan (Skara)	F ^a	-10	2,5(2,0)	4,0(2,5)	24,0(20,5)	10,5-19
Hjälmareds Folk- högskola (Alingsås)	F ^a	-11	2,5(2,0)	0,2(0,1)	20,0(19,0)	10,3-13,8
Sandåkraskolan (Sköndal)	FT ^b	- 7	1,4	1,2	23,8	13,5-19,6

a = Fläktstyrda frånluftsflöden

b = Fläktstyrda till- och frånluftsflöden

c = Acceptabelt värde 1,65°C

d = 00,0 = varmt tak (00,0) = kallt tak

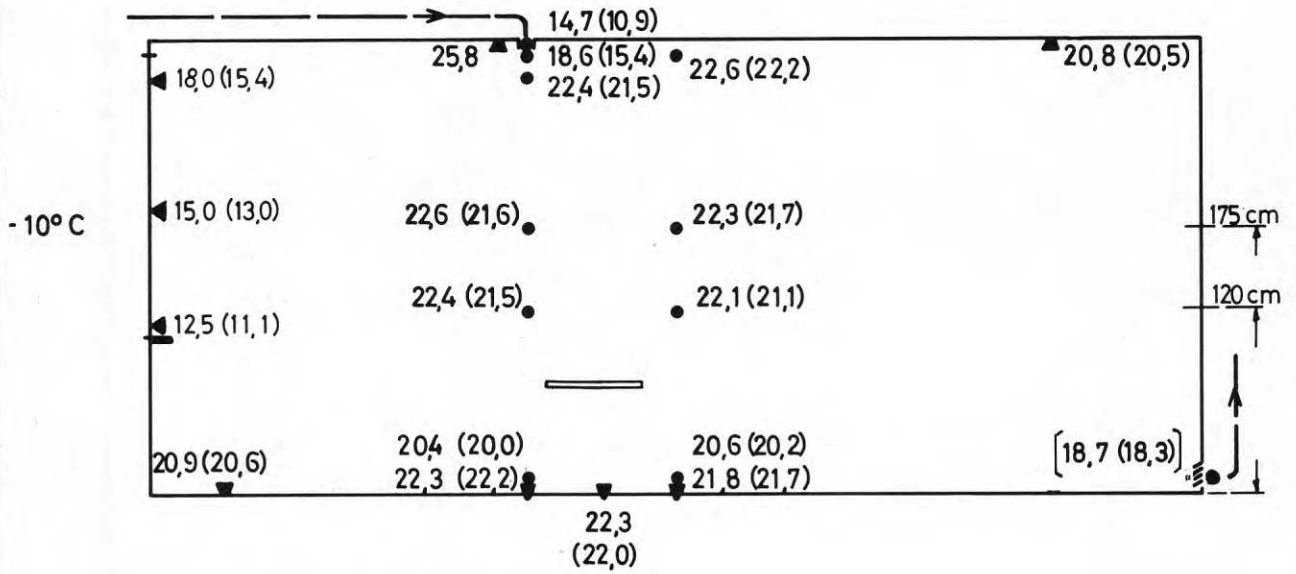
TABELL 2 B. Sammanställning av viktigare klimatdata (Mätserie I)

Skola	Luftkub m ³ /elev	Ventilation		Lufthastighet 5 cm ö g (cm/s)	Lufthastighet 120 cm ö g (cm/s)
		m ³ /h, elev	m ³ /h		
Vallmoskolan Klassrum I (Kolbäck)	10	20,4	510	Mv 11 Maxv 17	Mv 4 Maxv 6
Mariebergsskolan (Skara)	8	8,8	220	Mv 12 Maxv 22	Mv 4 Maxv 8
Hjälmareds Folk- högskola (Alingsås)	6,7	9,9	248	Mv 23 Maxv 46	Mv 8 Maxv 10
Sandåkraskolan (Sköndal)	7,7	13,6	340	Mv 12 Maxv 27	Mv 6 Maxv 8

VALLMOSKOLAN, KOLBÄCK
(KLASSRUM 1)
SNITT 4 (se fig. 7)

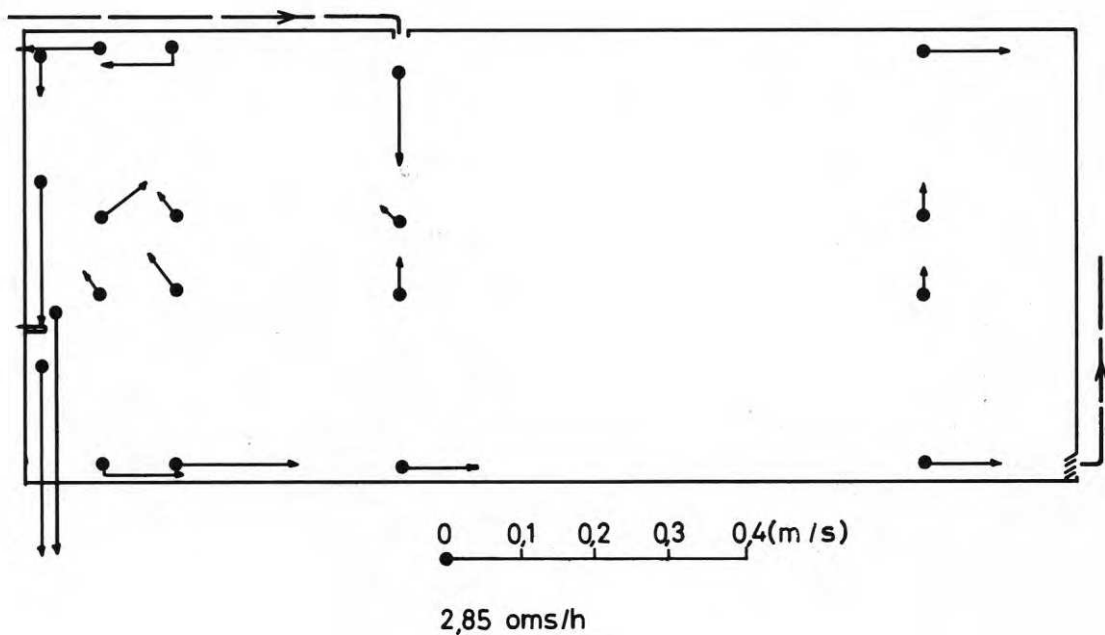
FIG. 8 25
MÄTSERIE I
10. 2. 1970

LUFTTEMPERATURER
(BELYSNINGEN SLÄCKT)



- = LUFTTEMPERATUR
- ▲ = YTTEMPERATUR
- 00,0 = MAX. TEMPERATUR } UNDER EN CYKEL
- (00,0) = MIN. TEMPERATUR } VARMT RESP. KALLT TAK

LUFTHASTIGHETER (2,5 m/s NORDLIG VIND)

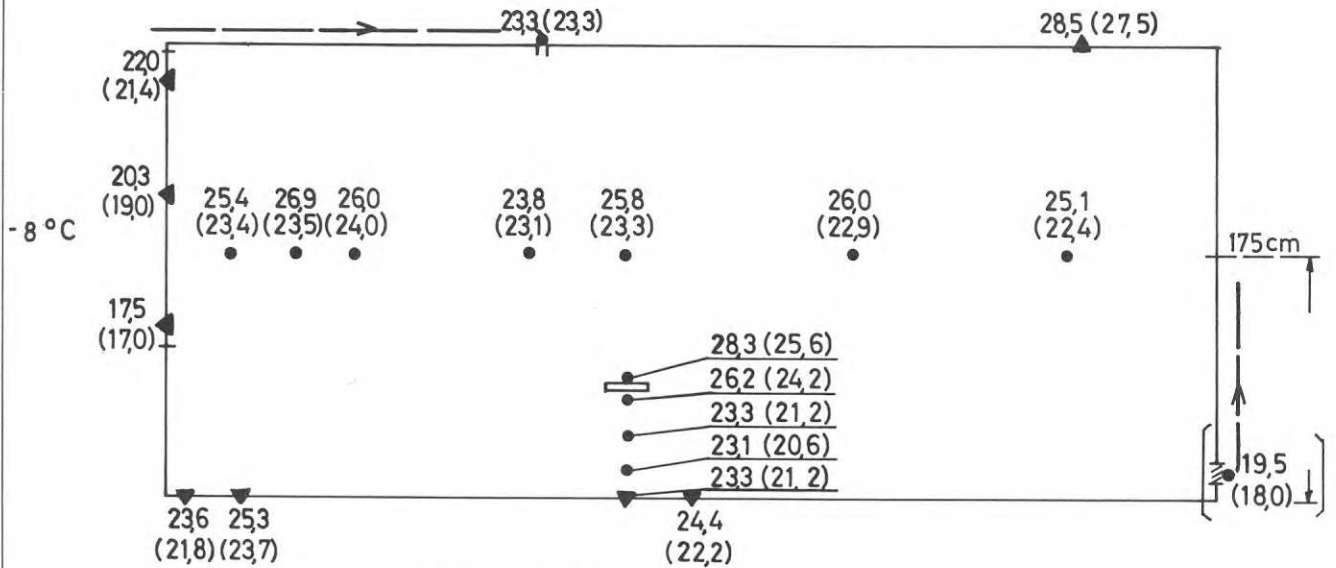


VALLMOSKOLAN, KOLBÄCK
(KLASSRUM 1, SYSLÖJD)
SNITT 4

FIG. 9 26

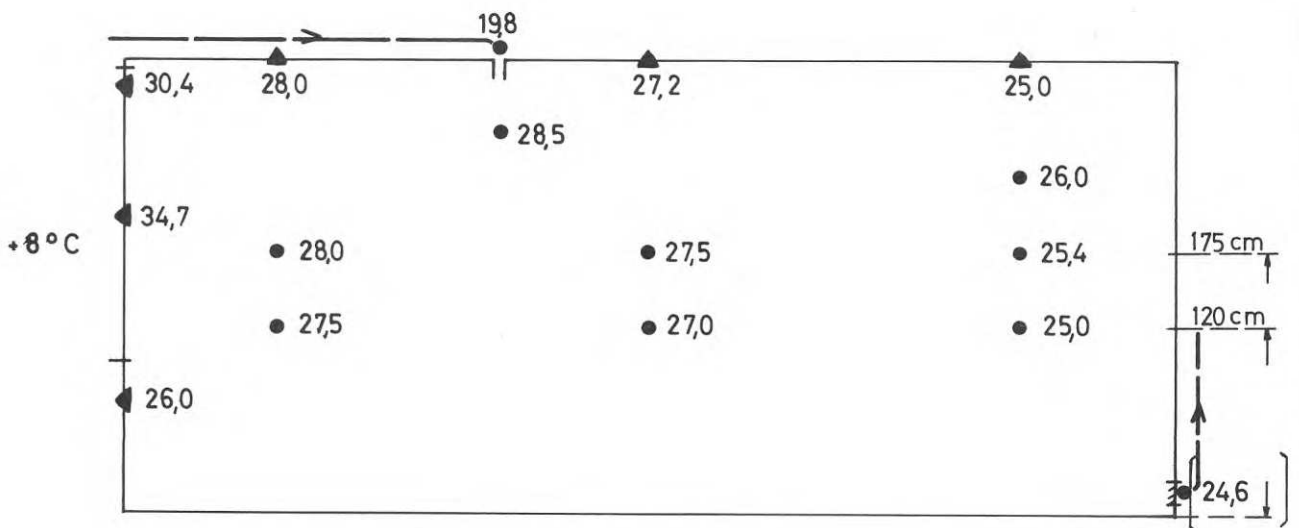
MÄTSERIE II

LUFTTEMPERATURER, VINTER (26. 2. 1970)
(BELYSNING 2,4 KW, 18 ELEVER)



- = LUFTTEMPERATUR
- ▲ = YTTEMPERATUR
- 0,00 = MAX. TEMPERATUR } UNDER EN CYKEL
- (0,00) = MIN. TEMPERATUR } VARMT RESP. KALLT TAK

LUFTTEMPERATURER, VÅR (14.4.1970)
(INFALLANDE SOL)



VALLMOSKOLAN, KOLBÄCK (KLASSRUM 2)

SNITT 4

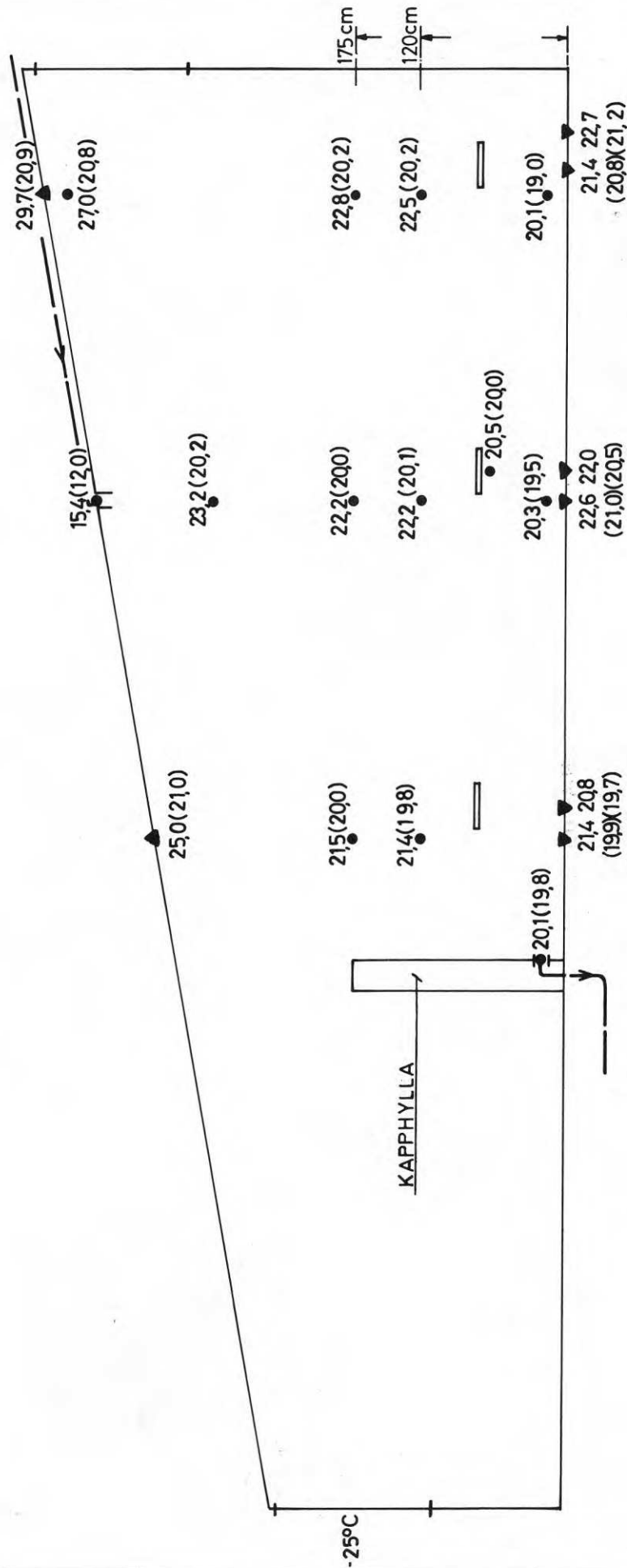
FIG. 10

27

MÄT SERIE I

11. 2. 1970

LUFTTEMPERATURER



- = LUFTTEMPERATUR
- ▲ = YTTEMPERATUR
- 00,0 = MAX. TEMPERATUR UNDER EN CYKEL
- (00,0) = MIN. TEMPERATUR VARMT RESP. KALLT TAK

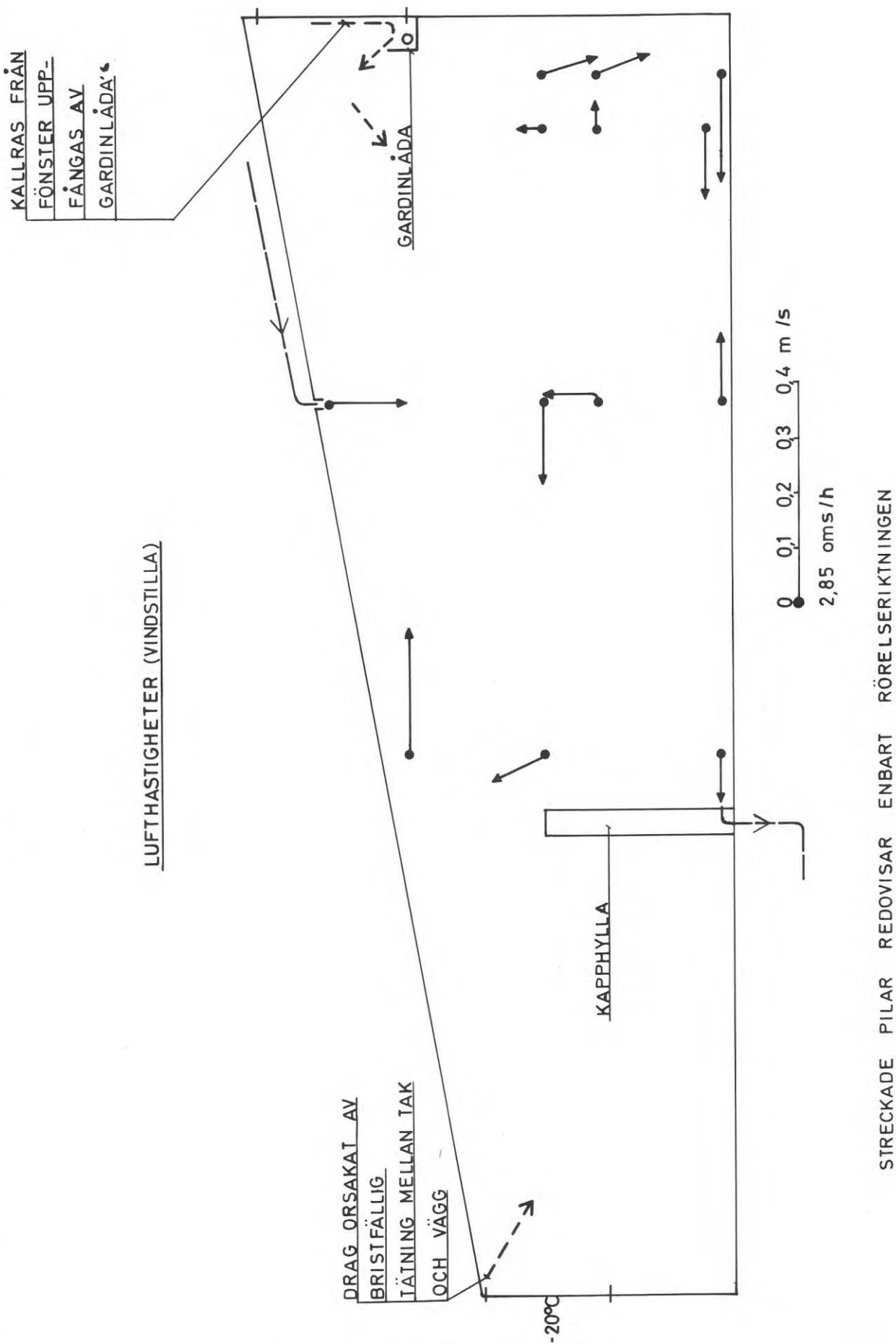
VALLMOSKOLAN, KOLBÄCK
(KLASSRUM 2)
SNITT 4

FIG. 11

28

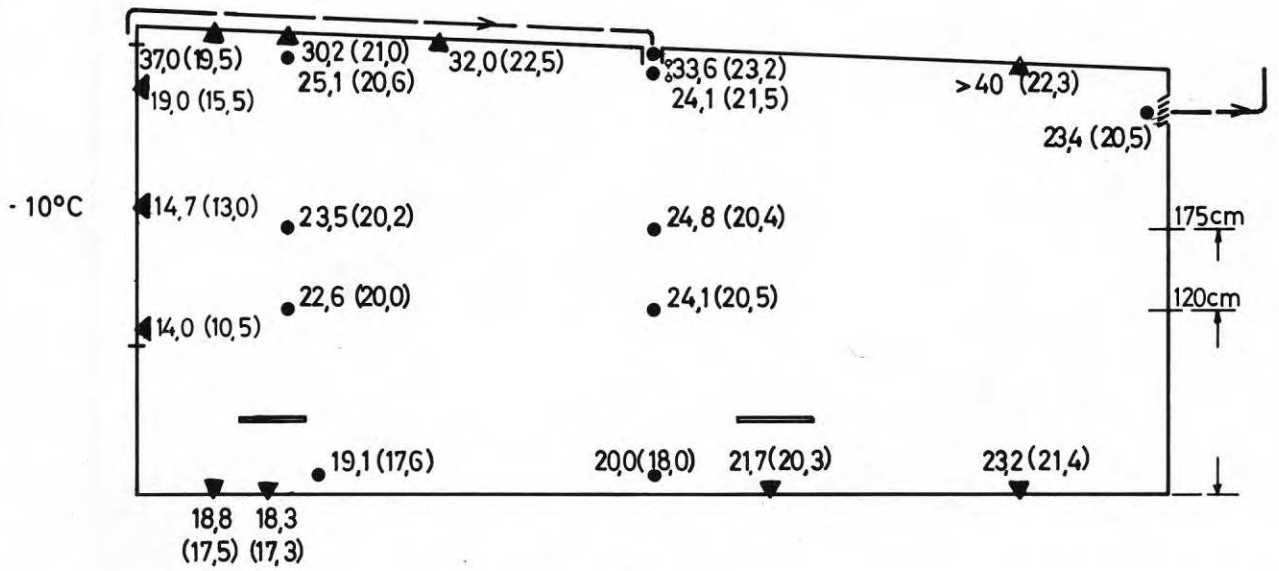
MÄTSERIE I

11.2.1970



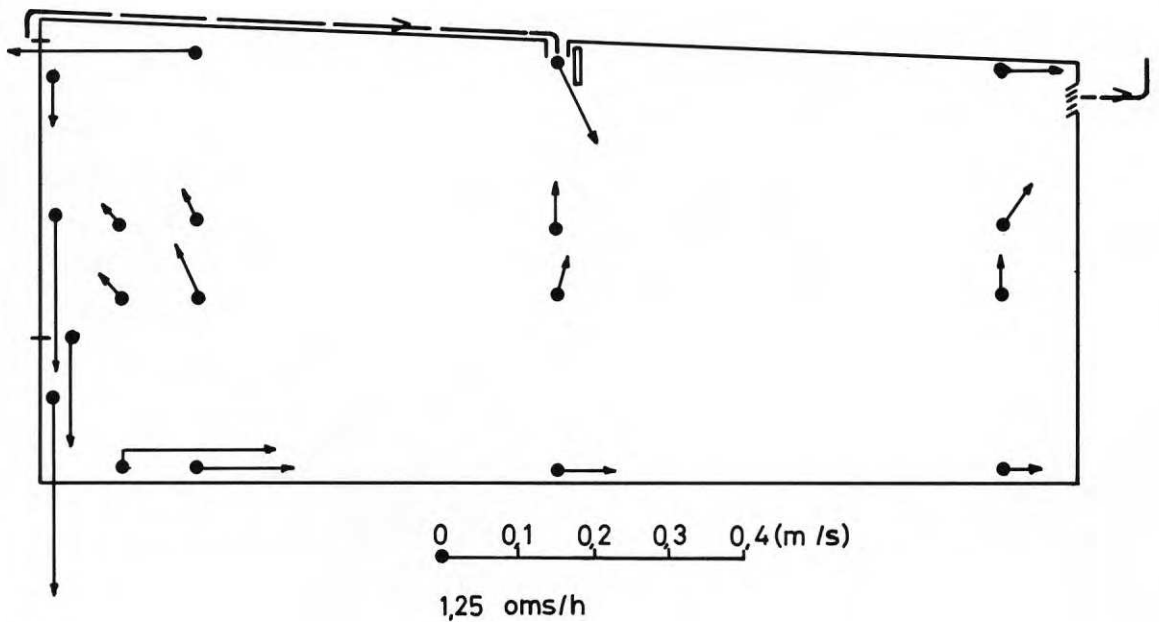
SNITT 4

LUFTEMPERATURER



- = LUFTEMPERATUR
 - ▲ = YTTEMPERATUR
 - 00,0 = MAX. TEMPERATUR
 - (00,0) = MIN. TEMPERATUR
- } UNDER EN CYKEL
} VARMT RESP. KALLT TAK

LUFTHASTIGHETER (VINDSTILLA)

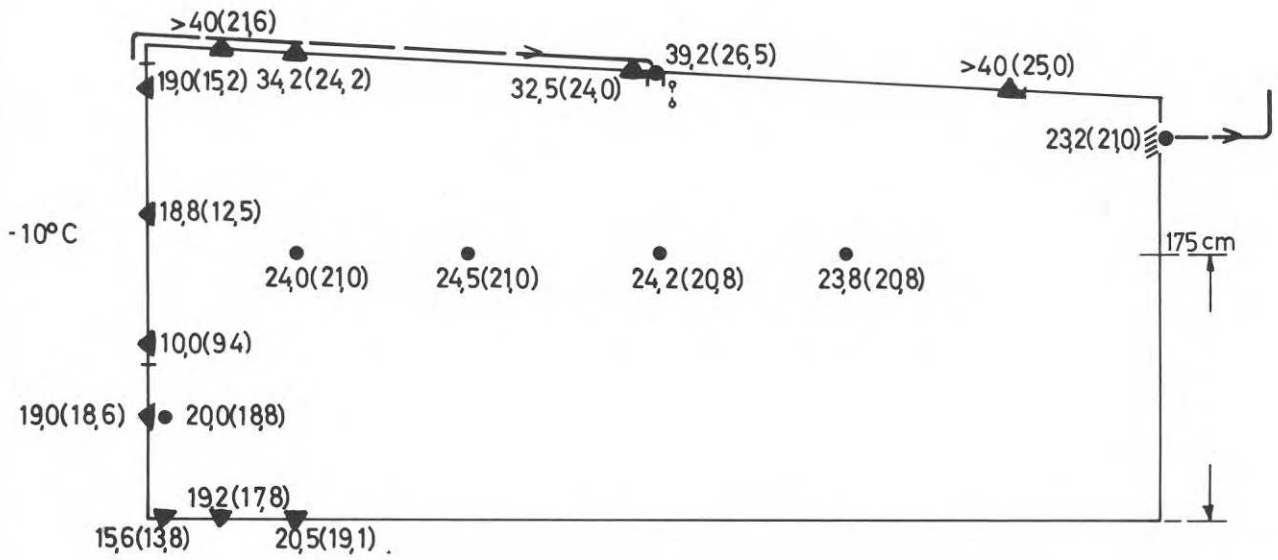


MARIEBERGSSKOLAN

MÄTSERIE II

SNITT 4

LUFTTEMPERATURER, VINTER (18.2.1970)
(BELYSNINGEN SLÄCKT)



- = LUFTTEMPERATUR
- ▲ = YTTEMPERATUR
- 000 = MAX. TEMPERATUR } UNDER EN CYKEL
- (000) = MIN. TEMPERATUR } VARTM RESP. KALLT TAK

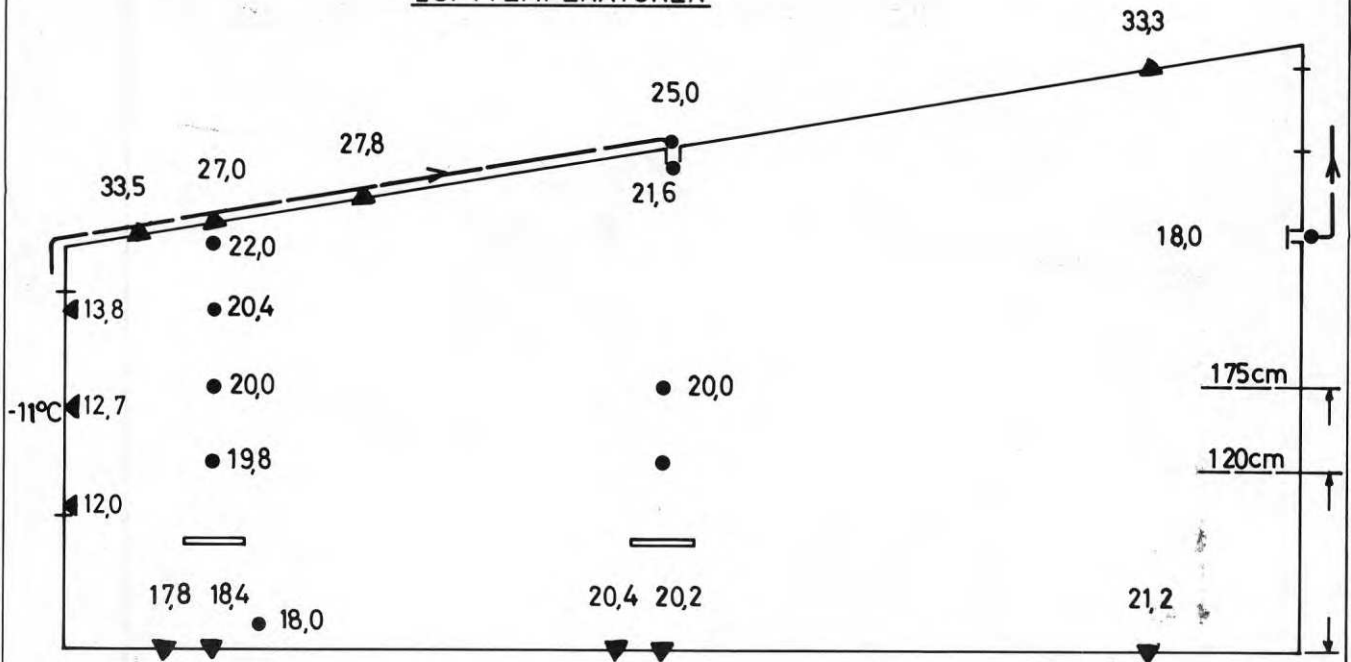
HJÄLMAREDS FOLKHÖGSKOLA
SNITT 4

FIG. 14 31

MÄTSERIE I

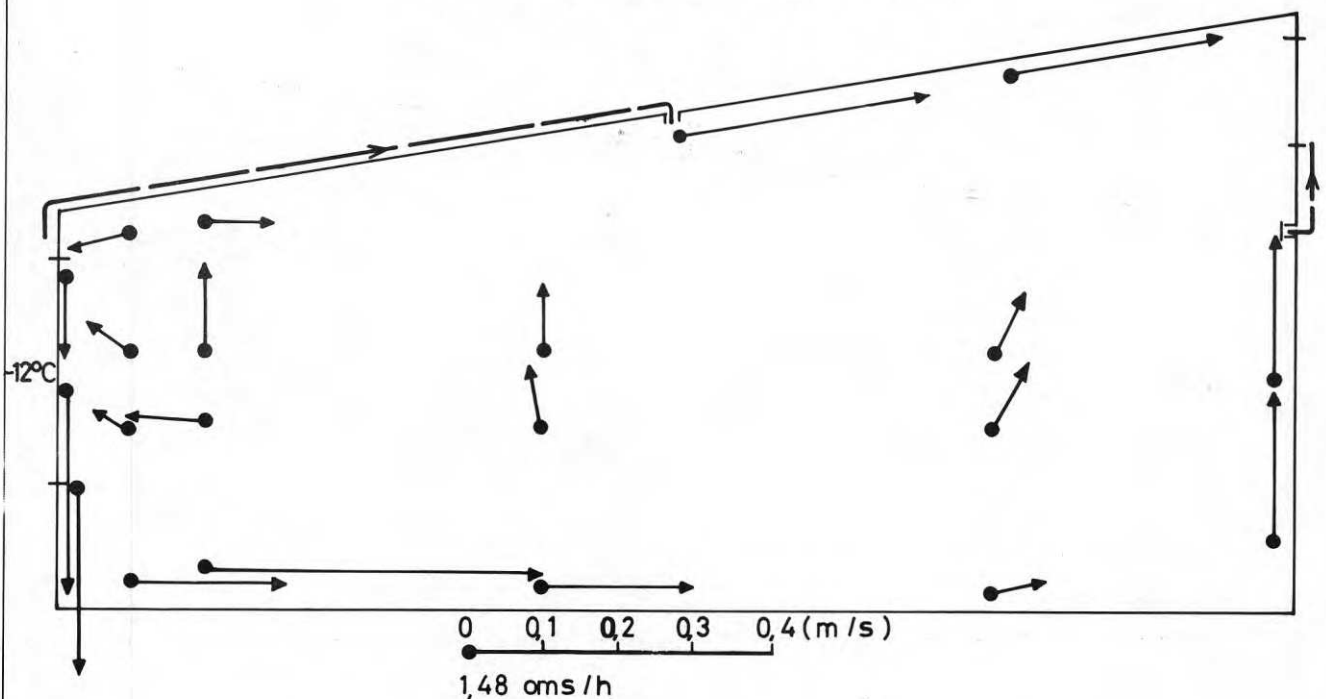
14. 2. 1970

LUFTEMPERATURER



- = LUFTEMPERATUR
- ▼ = YTTEMPERATUR
- 00,0 = MAX. TEMPERATUR } UNDER EN CYKEL
- (00,0) = MIN. TEMPERATUR } VARMT RESP. KALLT TAK

LUFTHASTIGHETER (1 m/s NORDLIG VIND)

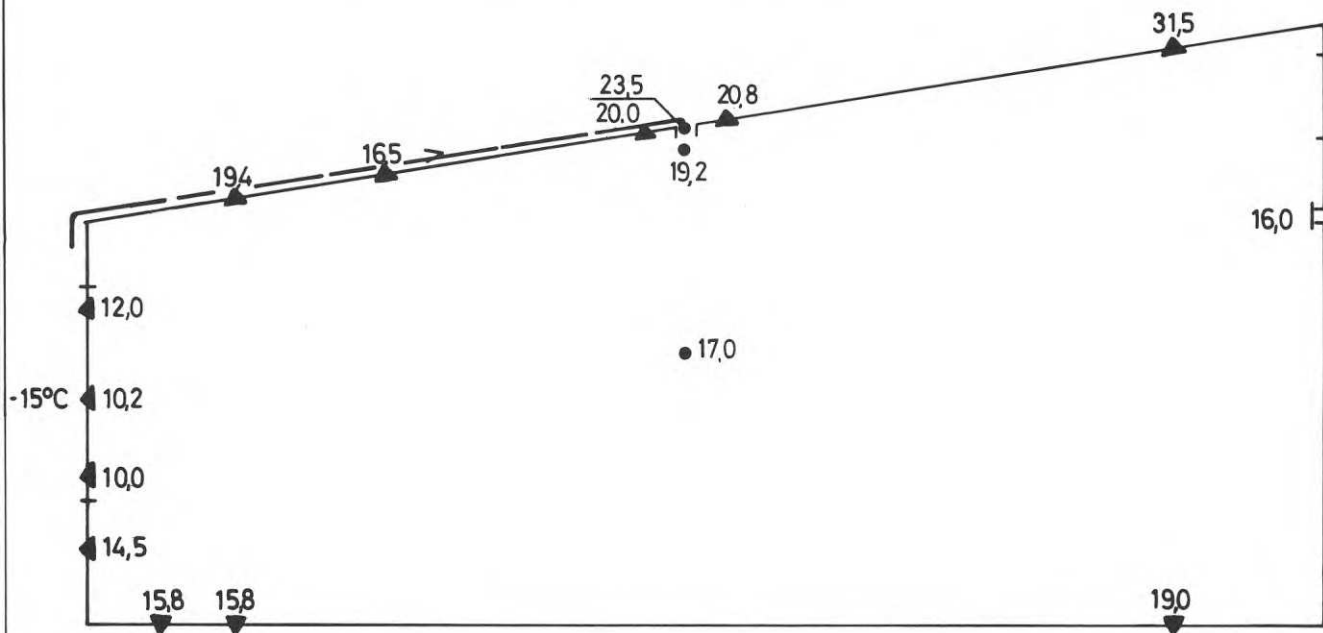


HJÄLMAREDS FOLKHÖGSKOLA

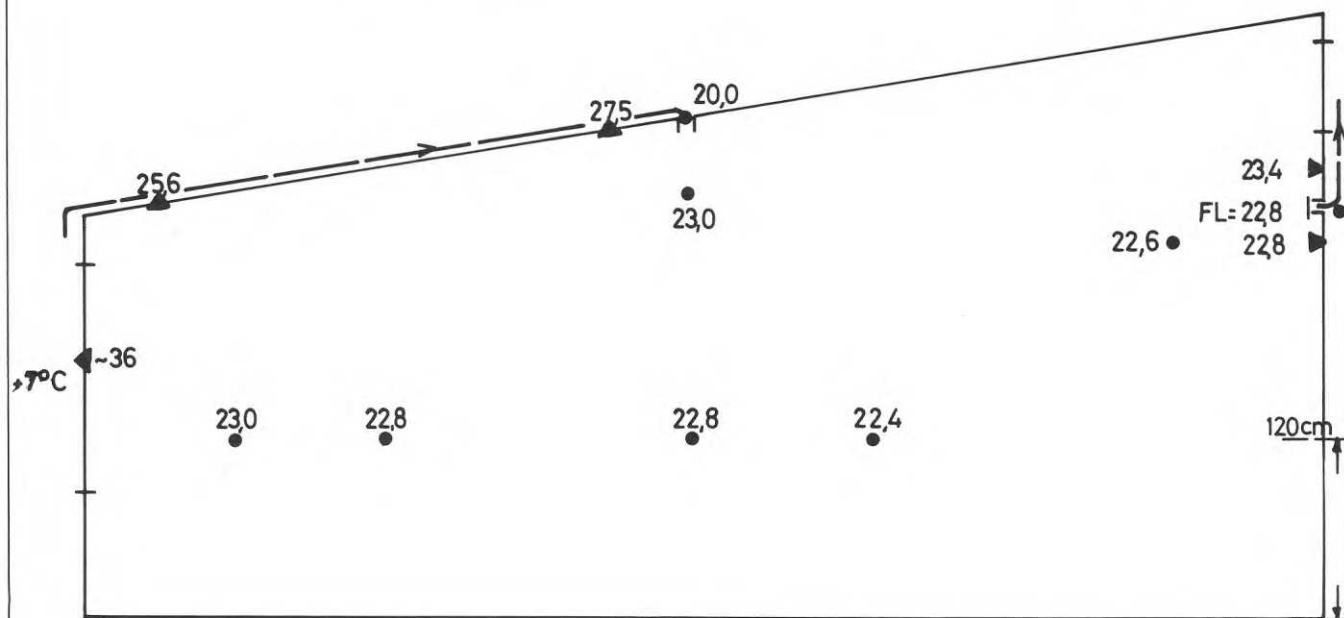
MÄT SERIE II

SNITT 4

LUFTTEMPERATURER, VINTER (16.2.1970, 25 ELEVER)

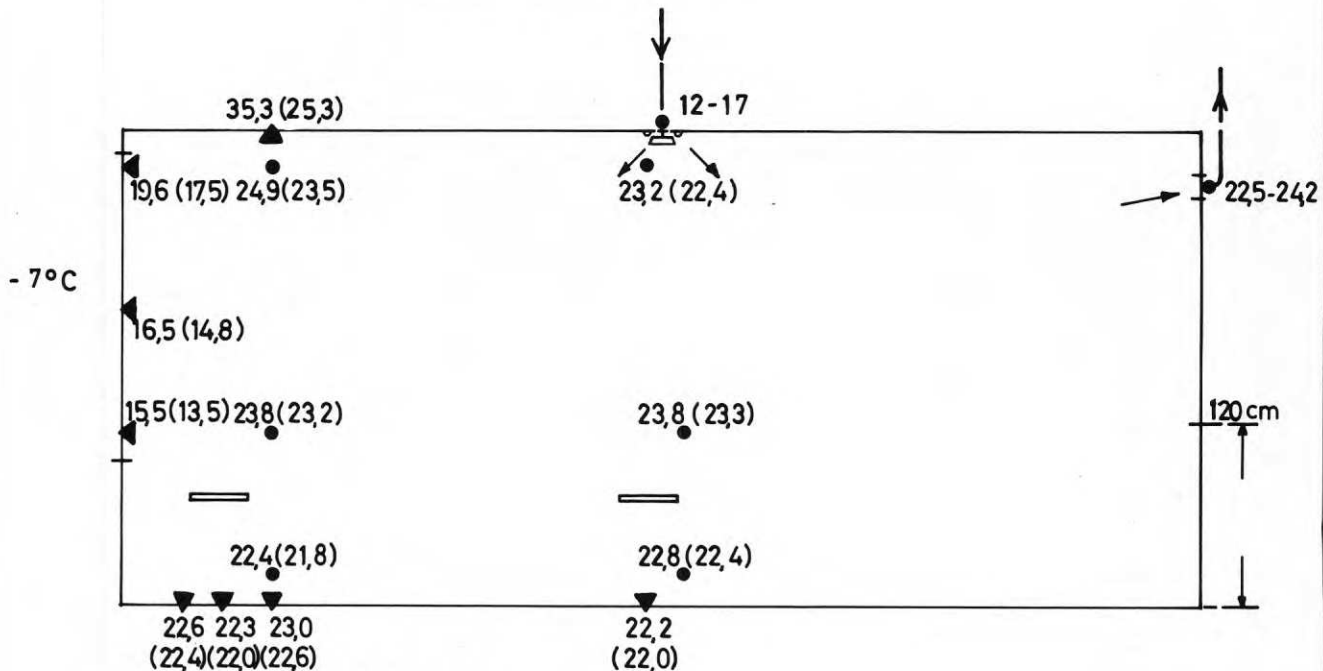


LUFTTEMPERATURER, VÅR (19.4.1970)
(INFALLANDE SOL)



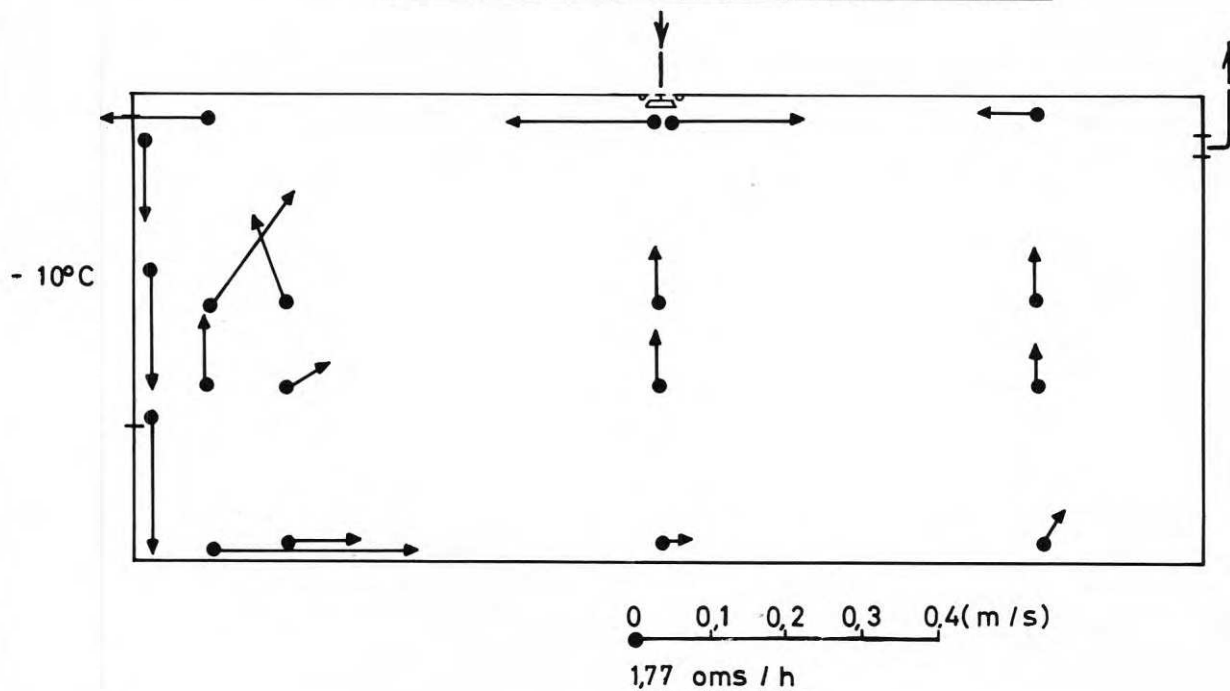
● = LUFTTEMPERATUR
▲ = YTTEMPERATUR

LUFTTEMPERATURER

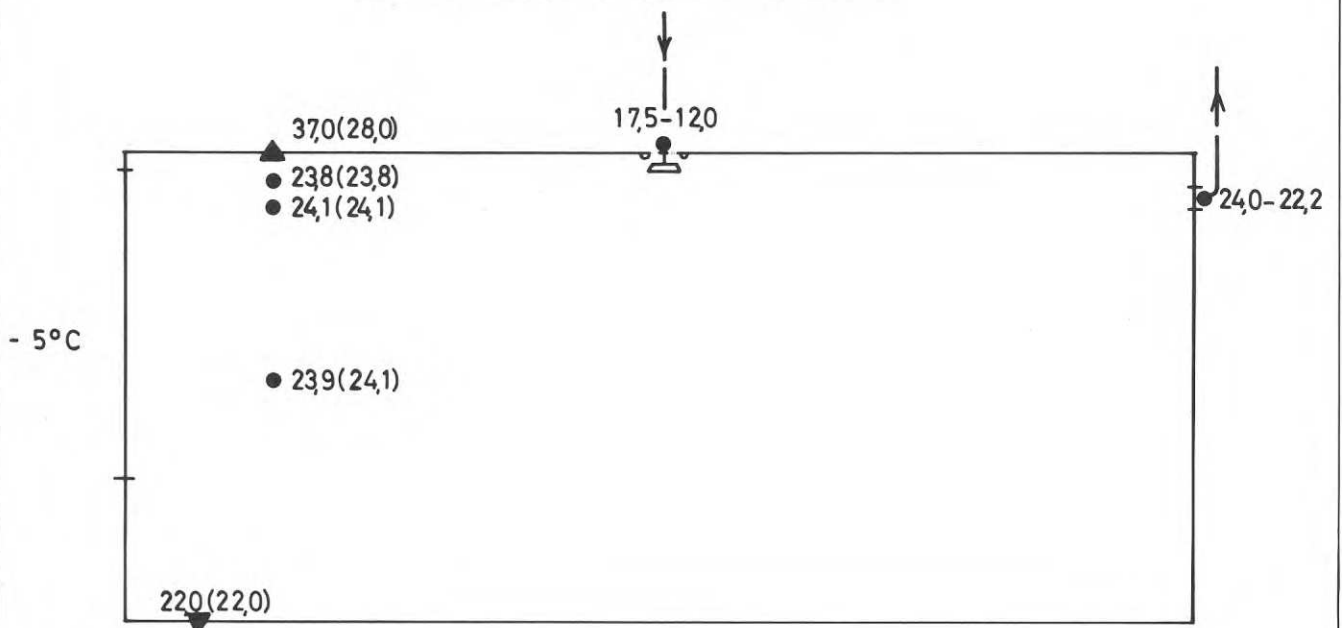


- = LUFTTEMPERATUR
- ▲ = YTTEMPERATUR
- 000 = MAX. TEMPERATUR } UNDER EN CYKEL
- (00,0) = MIN. TEMPERATUR } VARMT RESP. KALLT TAK

LUFTHASTIGHETER (3 m/s NORDOSTLIG VIND)



LUFTTEMPERATURER, VINTER (9. 2. 1970)



- = LUFTTEMPERATUR
- ▲ = YTTEMPERATUR
- 00,0 = MAX. TEMPERATUR } UNDER EN CYKEL
- (00,0) = MIN. TEMPERATUR } VARMT RESP. KALLT TAK

7 SAMMANFATTANDE BEDÖMNING AV UPPMÄTTA KLIMATDATA

7.1 Temperaturer

Lufttemperaturerna är i allmänhet acceptabla utom i Hjälmareds Folkhögskola där den installerade effekten var otillräcklig.

I FIG 18 visas lufttemperaturens och luftfuktighetens variationer uppmätta med en termohygrograf, vilken av praktiska skäl placerats vid innervägg ca 1 m över golv. Mätningarna ägde rum under en skoldag med elever i klassrummen. Ur kurvorna framgår också vid vilka tidpunkter fönstervädring förekommit. Eftersom lufttemperatur och fuktighet har ett samband med luftomsättningen anges också denna.

Temperaturgradienterna uppmätta i C-4 (1 m från yttervägg) och D-4 (centralsnitt) finns sammanställda i FIG 19. Mätningarna, som är att betrakta som stickprov, utfördes vid en utetemperatur av ca -10°C . Resultatet visar att temperaturgradienterna vid detta värmesystem är relativt låga samt att man erhåller en viss övertemperatur på golvytan då det varma taket är inkopplat. Temperaturen på golvytan i området närmast yttervägg reduceras i viss mån av "kallras" från fönster samt genom ökade transmissionsförluster.

Globtemperaturerna redovisas i TABELLERN 3-5.

I TABELL 3 anges den uppmätta differensen mellan glob- och lufttemperaturer i huvudhöjd. Vid varmt tak är denna differens i medeltal $0,9^{\circ}\text{C}$ och vid kallt tak $0,5^{\circ}\text{C}$.

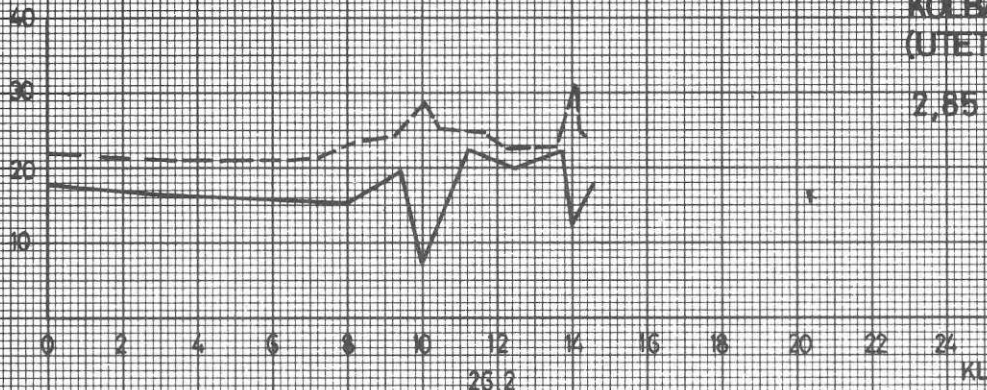
I TABELL 4 finns en sammanställning av de uppmätta riktningsberoende globtemperaturerna. Dels har globtemperaturen mot fönstret uppmätts, dels in mot rummet. Utetemperaturen var vid mätningarna ca -10°C . Mätresultatet visar att man vid varm takyta får en

RELATIV FUKTIGHET OCH RUMSTEMPERATUR

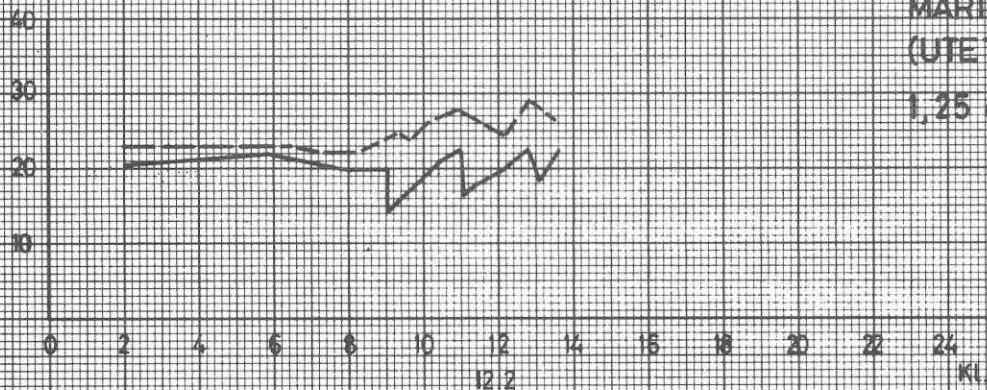
MÄTSERIE II

VINTER

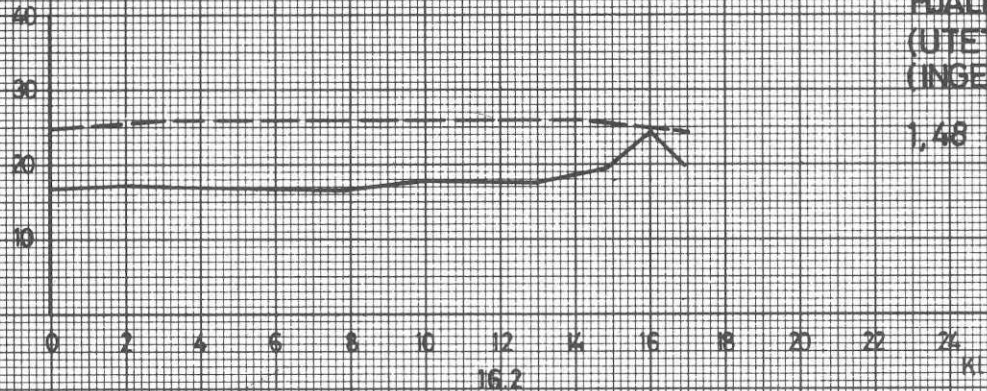
REL FUKT (%)
TEMP (°C)



REL FUKT (%)
TEMP (°C)



REL FUKT (%)
TEMP (°C)

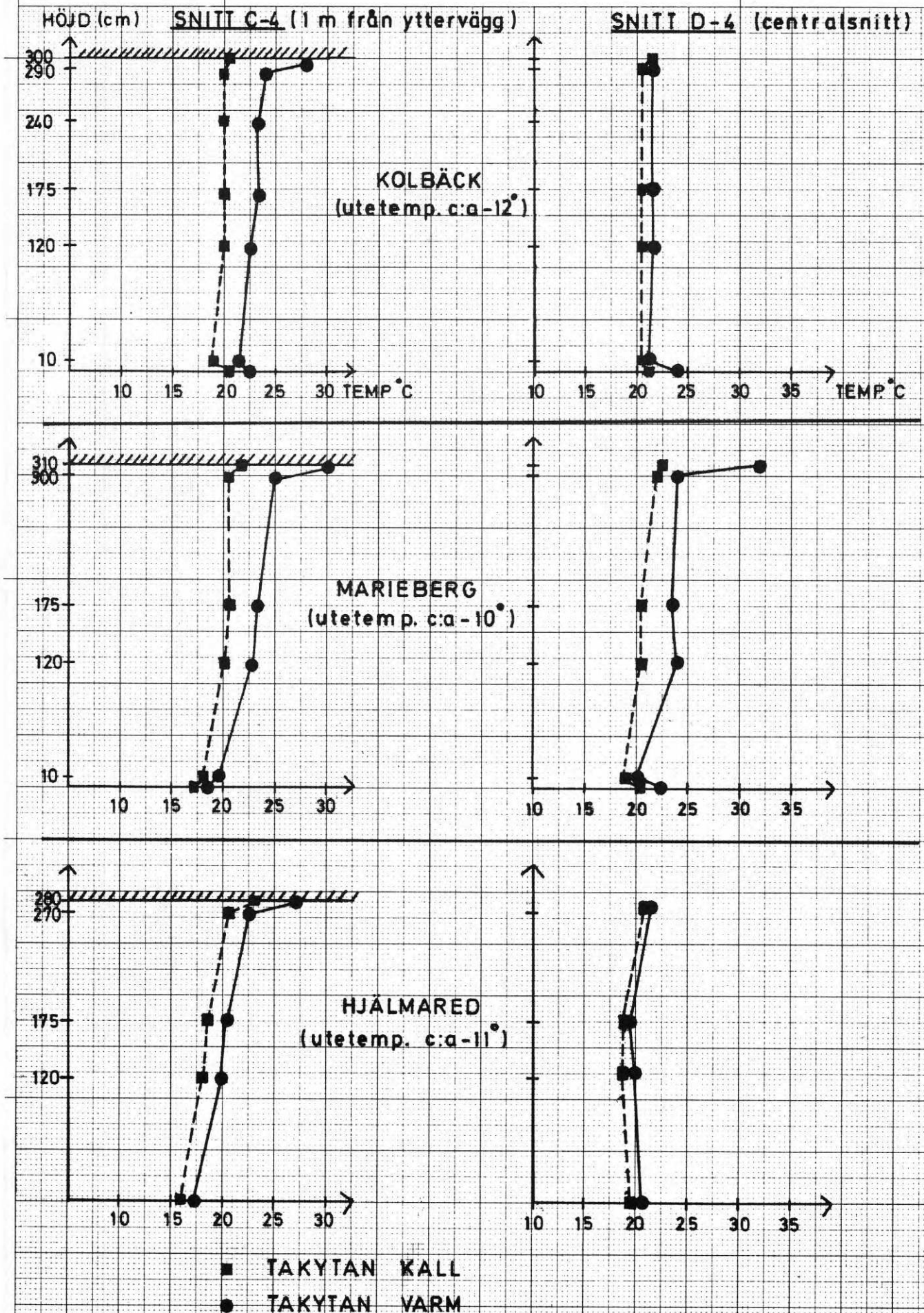


RELATIV LUFTFUKTIGHET OCH RUMSTEMPERATUR
UPPMÄTT MED TERMCHYGROGRAF PLACERAD
VID INNERVÄGG C: A 1 M ÖVER GOLV.

— = RELATIV FUKTIGHET

— = LUFTTEMPERATUR

TEMPERATURGRADIENTER I C-4 OCH D-4



temperaturdifferens av $1,9^{\circ}\text{C}$ mellan de två huvudriktningarna. Vid kall takyta (takvärmen frånkopplad) erhöles en temperaturdifferens av $1,1 - 1,5^{\circ}\text{C}$. Detta resultat får anses vara acceptabelt med hänsyn till att man vanligen tolererar en globtemperaturdifferens av 2° i två diametralt motsatta huvudriktningar.

I TABELL 5 finns de uppmätta luft- och globtemperaturerna under och vid sidan av en skolbänk redovisade. Tabellen visar att lufttemperaturen under en bänk endast är någon tiondels grad lägre än vid sidan av bänk. Globtemperaturerna visar större skillnad (ca 1°C), vilket är naturligt.

Som komplement till ovanstående tabell finns i FIG 20 temperaturförloppet vid avbruten värmeförsel uppritat.

I FIG 21 finns fönsterytans yttemperatur vid varm och kall takyta redovisad.

7.2 Lufthastigheter

Från hygienisk synpunkt önskar man, som tidigare framhållit, att lufthastigheterna skall ligga inom området $0,07 - 0,15$ m/s. Risk för drag uppstår om hastigheterna är $0,20$ m/s eller större. Lufthastigheterna har i allmänhet varit acceptabla utom vid Mariebergsskolan där mycket låga lufthastigheter uppmätts, detta till stor del beroende på de låga luftväxlingarna. I området närmast yttervägg har dock hastigheterna vid vinterfallet varit för höga på grund av kallras.

Lufthastigheterna vid de olika punkterna är sällan stabila utan varierar både till storlek och riktning. Mätningarna synes stödja den slutsatsen att termiska störningar i rummen och yttre störningar (såsom höga vindhastigheter) i stor utsträckning bestämmer strömningsbilden.

7.3 Luftomsättning

Som framgår av resultatet är luftomsättningen tillräcklig (svarar mot min kravet) endast i en av skolorna.

I praktiken förekommer variationer i de uppmätta värdena, förorsakade dels av de yttre klimatfaktorernas växlingar (temperaturdifferens ute - inne, vindhastighet och vindriktning), dels av mer eller mindre intensiv fönstervädning. Av dessa faktorer har fönstervädningen helt dominerande betydelse.

TABELL 3. Uppmätt differens mellan glob- och lufttemperatur

Mätunkt:	C4-120	D4-120
Utetemperatur (°C)	$t_{glob} - t_{luft}$ (°C)	$t_{glob} - t_{luft}$ (°C)
-20 (Kolbäck)	1,0 (--)	1,1 (--)
-13 (Kolbäck)	0,9 (0,5)	
-10 (Kolbäck)		0,8 (0,4)
-10 (Hjälmaröd)	0,8 (--)	0,9 (--)
- 8 (Marieberg)	1,5 (0,5)	1,1 (0,6)
- 6 (Sköndal)	0,4 (0,2)	0,6 (0,4)

0,0 = taket varmt

(0,0) = taket kallt

TABELL 4. Riktningberoende globtemperaturer
Punkt C4-120 (1 meter från fönster)

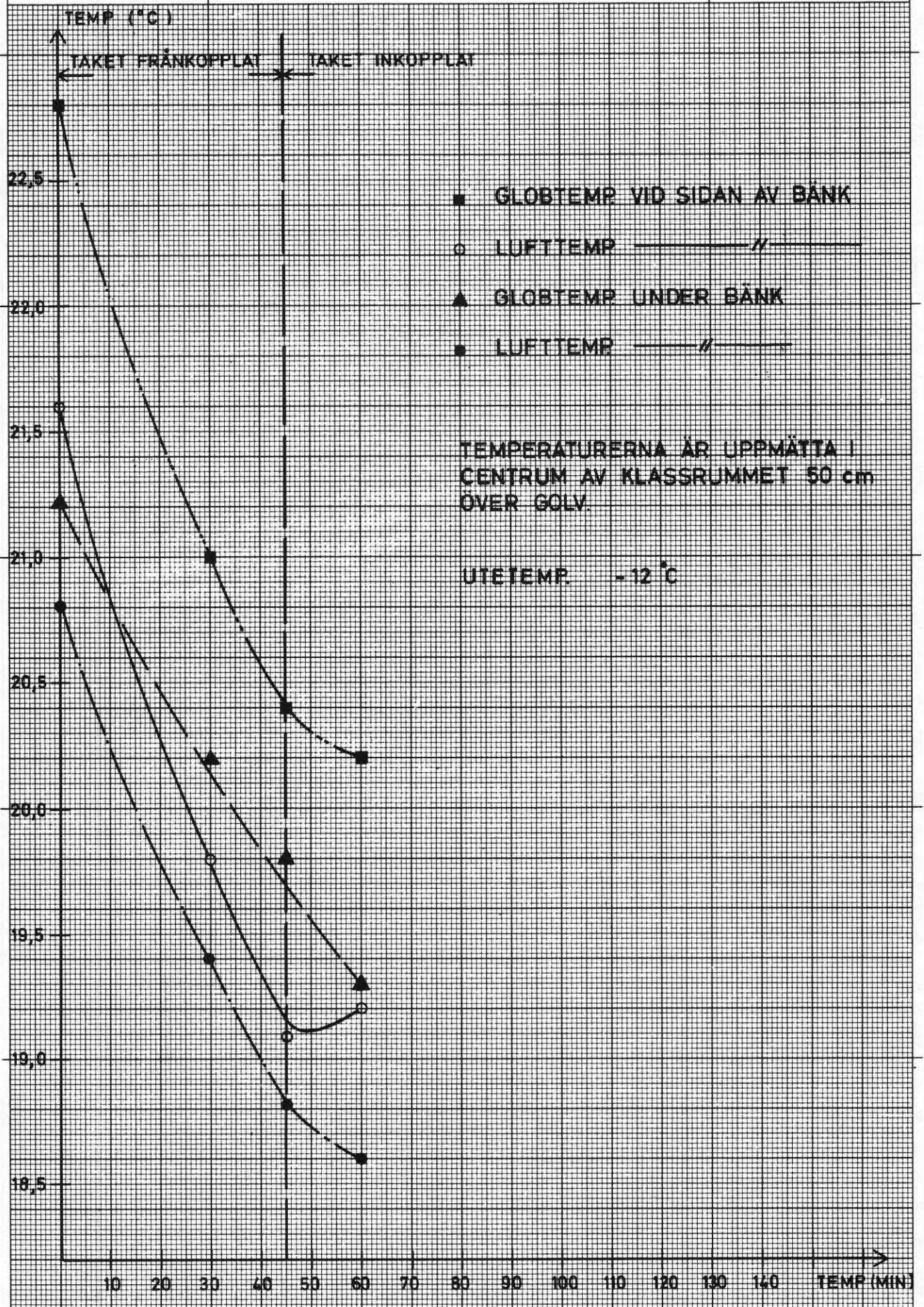
	Hjälmared (-10°C)	Marieberg (-12°C)
Taket kallt		
Luft	20,0	19,6
Glob mot fönster	18,2	18,2
Glob från fönster	19,3	19,7
Taket varmt		
luft	19,8	21,6
Glob mot fönster	18,0	20,9
Glob från fönster	19,9	22,8

TABELL 5. Glob- och lufttemperaturer under och vid sidan av skolbänk
(Uppmätt i punkt D4 -50)

	Kolbäck I	Kolbäck II	Marieberg	Hjälmared
Taket kallt				
Under bord	20,2/19,4		19,7/19,4	(Taket påslaget kontinuerligt)
Vid sidan av bord	21,0/19,5		20,1/19,6	
Taket varmt				
Under bord	21,2/20,8	20,4/19,7	20,3/20,0	18,1/17,8
Vid sidan av bord	22,8/21,0	21,0/20,0	21,8/20,2	18,2/18,1

00,0/00,0 = globtemperatur/lufttemperatur

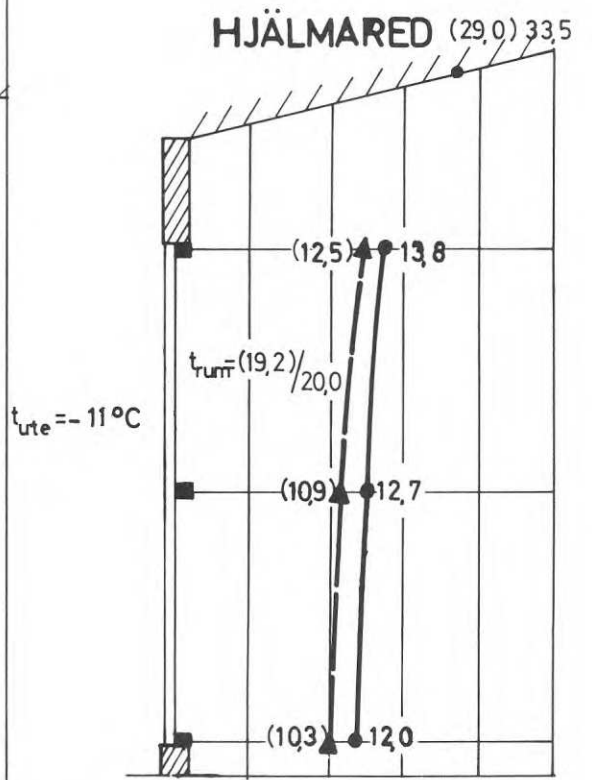
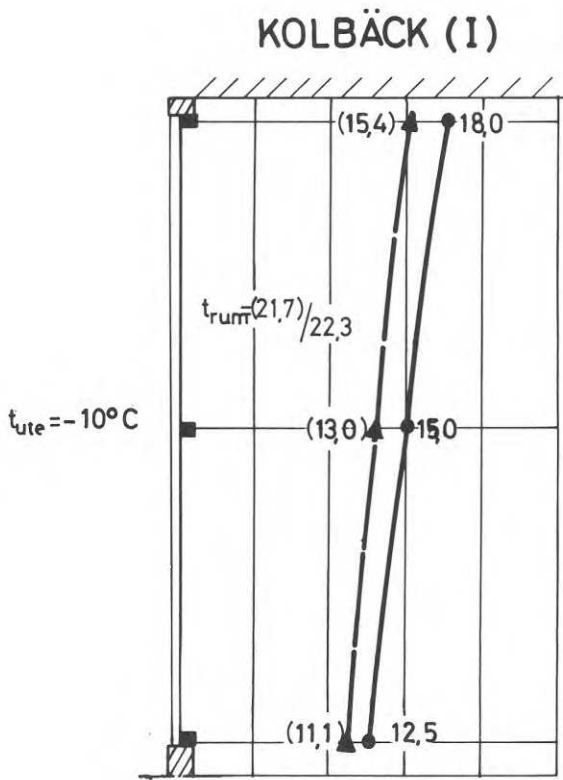
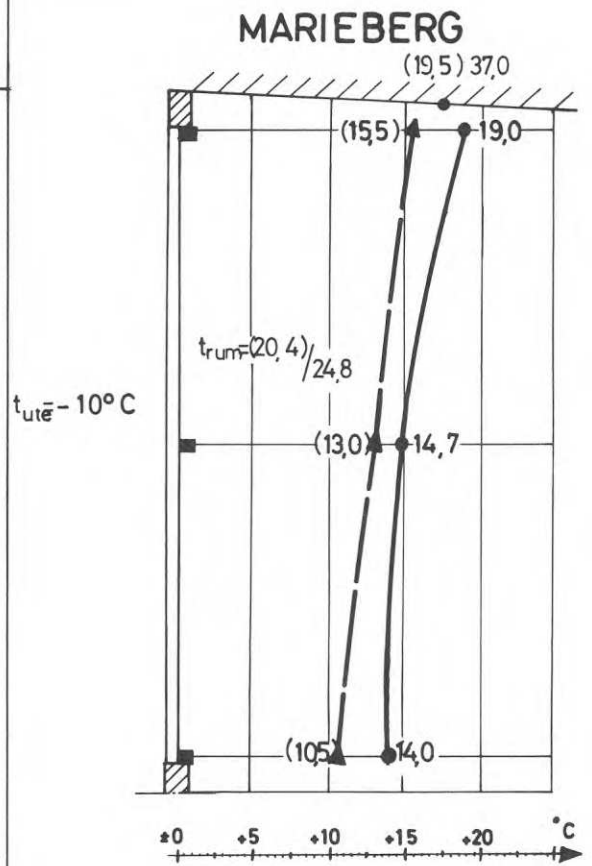
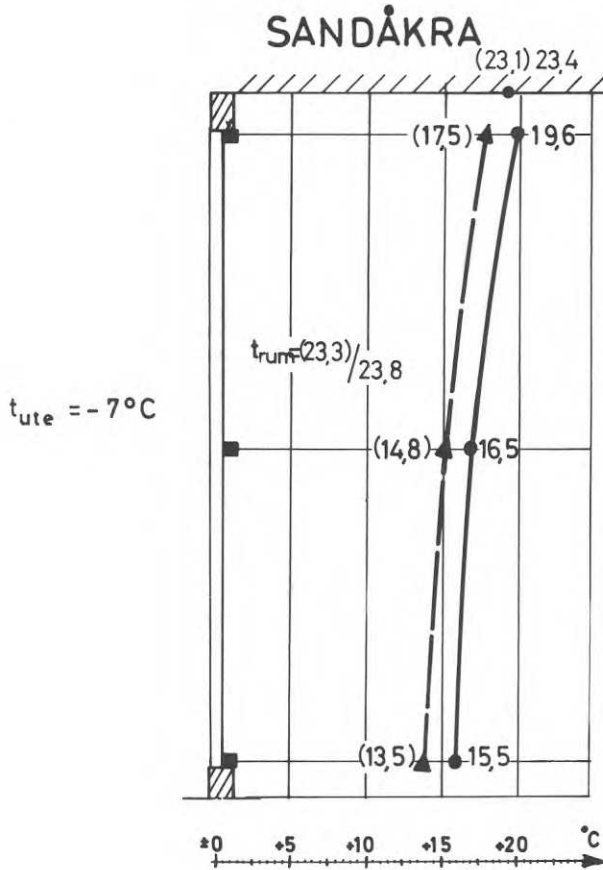
TEMPERATURFÖRLOPPET
I KLASSRUM (KOLBÄCK)
VID AVBRUTEN VÄRMETILLFÖRS.



YTTEMP. PÅ FÖNSTERS INSIDA
(EJ SOLBELYST)

FIG. 21

42



- = MÄTPUNKTENS PLACERING
- (—) = MAX. YTTEMPERATUR (TAKVÄRMEN TILLSLAGEN)
- ▲ (---) = MIN. YTTEMPERATUR (TAKVÄRMEN FRÅNSLAGEN)

8 KONSTRUKTIVA SYNPUNKTER

8.1 Byggkonstruktionernas täthet

Vid mätningarna kunde höga lufthastigheter beroende på otätheter i väggkonstruktionerna konstateras vid Vallmoskolan (klassrum II). Läckage konstaterades vid anslutning av taket mot en tegelvägg., lufthastigheter på upp till 1 m/s uppmättes vid en mot denna vägg placerad arbetsbänk (Se FIG 11).

Vid övriga skolor kunde inte några större otätheter konstateras i byggnadskonstruktionerna.

Det är vid de här undersökta systemen speciellt viktigt att väggar och fönster utföres med största möjliga täthet så att tilluft enbart kan tillföras via takspringorna och på så sätt erhålla en viss uppvärmning.

8.2 Kortslutningseffekter

Vid Hjälmarreds Folkhögskola kunde konstateras en markerad kortslutningseffekt mellan tilluft och frånluft. (se bild 2). Orsaken till denna kortslutningseffekt var dels att tilluften tillfördes med låg impuls, varvid den övertempererade tilluften spreds utmed takytan och till viss del bortfördes av de vid innervägg placerade frånluftsdonen, dels taklutningen vilken medförde en termisk strömning av den övertempererade tilluften i riktning mot frånluftsdonen. Det bör framhållas att det här redovisade fenomenet enbart torde uppträda vid tillförsel av övertempererad tilluft.

Bild 3 visar ett klassrum (Kolbäck) där tilluften har högre impuls och en god inblandning erhålles. Tillluftens inblandning har i bild 2 och 3 kunnat åskådliggöras genom att en rökbrikett placerats vid intags-

gallret. Orsaken till den högre impulsen vid Vallmo- skolan i Kolbäck är dels den mindre fria arean på till- luftsspringan, dels det högre luftflödet jämfört med Hjälmaredsskolan.



Bild 2 "Kortslutningseffekt"

Tillluften följer takytan och utsuges direkt via från- luftsväntilerna. (utetemp -10°C , rumstemp $+21^{\circ}\text{C}$, till- luftstemp $+25^{\circ}\text{C}$, luftväxling 1,48 oms/h).



Bild 3 visar hur tillluften blandar sig med rumsluften vid god impuls i tillluftsspringan. (Utetemp -10°C)

8.3 Kallraseffekter

Vid studium av kallraseffekterna vid fönstervägg kunde konstateras relativt höga nedåtriktade luft-hastigheter närmast fönsterytan och ytterväggen. Speciellt markerat har detta varit vid Hjälmares Folkhögskola där höga hastigheter uppmätts upp till 1 m från fönstervägg vid golvnivå. Bild 4 visar ett prov av kallraseffekten från denna skola.



Bild 4

Kallras vid fönster uppmätt fotografiskt med hjälp av metafloccar. Exponeringstid = 1 sek. Ett spår på 1 cm motsvarar en hastighet av 10 cm/sek.

Vid Kolbäcksskolan har installerats fönsterbänkar under fönstren. Mätningar av lufthastigheter samt prov med rökpistol visade att fönsterbänken hade en gynnsam effekt på kallraset. Dels uppvärmdes fönsterbänken av strålningsvärme från taket, vilket i viss mån motverkade kallrastendenserna, dels avlänkades den nedåtriktade kalla luftströmmen av fönsterbänken in mot rummet, vilket medförde en ökad turbulensbildning och alltså bättre inblandning av rumsluft.

Mätningar av yttemperaturer på fönstrens insidor visar att dessa temperaturer är ca 2° högre vid inkopplat tak än vad som är fallet vid frånkopplat tak. Denna höjning av yttemperaturen bör minska riskerna för besvärande kallras. För att kunna utnyttja denna gynnsamma effekt krävs naturligtvis att reglersystemet är rätt utformat så att längre urkopplingstider undvikas vid låga utetemperaturer.

8.4 Takytans temperatur vid fönstervägg

De utförda klimatmätningarna visar att vid undersökta skolor med F-ventilation takytans temperatur invid fönstervägg i flera fall är lägre än rummens lufttemperatur (speciellt vid långa perioder med frånslagen värmeeffekt).

Orsaken till de konstaterade låga yttemperaturerna i denna zon är dels att installerad effekt ej klarat uppvärmningen av tilluften vid låga utetemperaturer dels att takytan vid frånslagen effekt kyls ner av tilluften (normalt är värmefolien värmeisolerad mot tilluften med 3 cm mineralullsmatta 80 cm in från yttervägg).

Ur klimatsynpunkt vore det önskvärt med en relativt hög yttemperatur på taket i denna zon. En bättre temperaturfördelning på taket skulle kunna uppnås genom att högre effekter installerades närmast fönstervägg

ev kombinerat med en kontinuerlig eller stegvis effektregering.

8.5 Tilluftens temperatur

Vid mätningarna har konstaterats att tillufttemperaturerna varierar starkt under en regleringsperiod. Sålunda uppmättes vid Mariebergsskolan en lägsta tillufttemperatur av $+23,2^{\circ}\text{C}$ och en högsta av $+33,6^{\circ}\text{C}$ (FIG 12). Vid Kolbäck registrerades en lägsta tillufttemperatur av $+10,9^{\circ}\text{C}$ (FIG 8).

För att hålla tillufttemperaturen på en önskvärd nivå kan lämpligen en grundeffekt inkopplas vid lägre utetemperaturer.

Vid Mariebergsskolan täcker de installerade värmefolierna inte hela den takyta som passeras av tilluften (se FIG 4). Den tilluft som tas in närmast katederväggen uppvärmdes därför inte vilket medförde besvärande drag för läraren. För att minska dessa dragproblem hade på ett tidigt stadium denna del av tilluftsspringan igensatts med mineralull.

8.6 Effekter och effektregering

Effektbehovet för uppvärmning och ventilation måste vid de här beskrivna takvärmeanläggningarna noggrant beräknas. Vid Hjälmares Folkhögskola kunde den installerade effekten ej upprätthålla önskad rumstemperatur vid utetemperaturer på -15°C . Vid Vallmoskolan (klassrum 1) kunde visserligen önskad temperatur upprätthållas vid -10°C utetemperatur, men vid denna utetemperatur var eleffekten kontinuerligt inkopplad, varför någon effektmarginal för lägre utetemperaturer inte kan påräknas (Se FIG 22).

För att undvika de tidigare nämnda låga takytetemperaturerna utmed fönstervägg bör en differentiering

av den installerade effekten ske, så att högre yt-effekter installeras i denna zon och lägre yteffekter i rummens inre delar.

Vid samtliga skolor styrdes hela den i takvärmeanläggningen installerade effekten av rumstermostater. Någon stegreglering förekom alltså inte. För att kunna upprätthålla jämnare temperaturer och mindre variation på tilluftens temperatur skulle någon form av stegreglering vara önskvärd utöver termostatregleringen. Som tidigare omnämnts borde också en viss grundeffekt vara inkopplad vid lägre utetemperaturer.

8.7 Speciella observationer

Vid temperaturmätningarna i Vallmoskolan, Kolbäck, kunde det konstateras att lufttemperaturerna under nätterna sjönk ner till 16 à 17°C, detta trots att termostaterna var inställda på +22°C (Se FIG 18, kap 7).

Orsaken till denna temperatursänkning visade sig vara att luften nattetid genom självdragseffekt strömmade i fel riktning genom ventilationssystemet. Frånluftsfläktarna, som var anslutna till vid golv placerade frånluftsventiler stängdes av under nattetid. Luften i klassrummet strömmade därvid genom termiska krafter ut via tilluftspalten i taket, varvid luften ytterligare uppvärmdes av de i taket installerade elementen. Via frånluftsfläktarna och frånluftsventilerna sögs kall uteluft in i rummet. En del av den i taket installerade effekten erfordrades för att höja frånluftens temperatur, varför avsedd rumstemperatur inte kunde upprätthållas.

EFFEKTREGLERING

FIG. 22

49

TILLSLAGEN EFFEKT = _____

KOLBÄCK (KLASSRUM 1) -10°C
(F-VENTILATION)

EFFEKT: 95 W/m²
2,85 oms/h

MARIEBERG -10,5°C
(F-VENTILATION)

EFFEKT: 85 W/m²
1,25 oms/h

HJÄLMARED -11°C
(F-VENTILATION)

EFFEKT: 92 W/m²
1,48 oms/h

SANDÅKRA -7°C
(F-VENTILATION)

EFFEKT: 92 W/m²
1,77 oms/h

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 MIN.

De utförda klimatmätningarna visar att ingen av de provade anläggningarna fungerat helt tillfredsställande. Orsaken till detta torde framförallt vara bristande samordning mellan konstruktörerna för ventilationssystem, byggnad och elanläggning samt olämplig dimensionering och reglering av systemet.

Av konstaterade funktionsstörningar kan nämnas:

- . läckage i byggnadskonstruktioner vilket medförde höga lufthastigheter orsakade av inläckande ovärm� uteluft
- . kortslutningseffekter mellan tilluft- och frånluftsdon, orsakad av för låg impuls i tilluftsdonen vid tillförsel av övertempererad luft
- . för låga installerade värmeeffekter i zonerna närmast yttervägg och/eller för dålig isolering mellan tilluft och värmefolie i denna zon
- . stora växlingar i tilluftens temperatur orsakad av att hela takytans effekt styrs av rumstermostat i ett steg
- . i två av skolorna var de installerade effekterna för små för att upprätthålla önskad rumstemperatur vid låga utetemperaturer
- . hänsyn har i en del fall ej tagits till luftintag och tilluftspalter vid dimensionering av frånluftsfläktar
- . vid en skola erhöles en kraftig sänkning av rumstemperaturen nattetid orsakad av utströmning av övertempererad rumsluft genom tilluftspalten i taket och motsvarande insugning av ofövärm�

uteluft via de nattetid avstängda frånluftsfläktarna och de vid golv placerade frånluftsdonen. Dessa problem torde kunna undvikas genom att spjäll installeras i frånluftskanalerna.

Temperaturgradienterna i de undersökta skolorna har legat inom acceptabla värden. Golvens yttemperaturer har normalt varit något högre än lufttemperaturen närmast golvet. Detta gäller dock inte golvpartiet närmast ytterväggen där låga yttemperaturer uppmätts. Dessa låga yttemperaturer orsakas dels av köldbryggeffekter, dels av att takyttemperaturen i denna zon sänkts genom avkylning av den kalla tilluften. Högre installerade värmeeffekter i denna zon borde minska dessa problem.

Differenserna mellan lufttemperaturerna under och vid sidan av skolbänk har uppmätts till maximalt $0,3^{\circ}\text{C}$. Beträffande globtemperaturerna har motsvarande differenser uppmätts till maximalt $1,6^{\circ}\text{C}$.

Stora differenser har uppmätts vad beträffar tilluftens temperatur. Sålunda har för en skola värden mellan $+26,5$ och $39,2^{\circ}\text{C}$ uppmätts vid utetemperaturen -10°C .

Luftväxlingarna var vid tre av skolorna betydligt lägre än de i Svensk Byggnorm angivna värdena. Vid en av skolorna orsakades detta av att man på grund av dragproblem delvis tätat luftintagen. Det måste observeras att de utförda mätningarna enbart visar klimatförhållandena vid de aktuella luftväxlingarna.

Kallraseffekter kunde konstateras i samband med fönsterpartierna. Genom att skolbänkar inte placerats utmed yttervägg innebar detta dock inte några märkbara störningar inom vistelsezonen.

Sammanfattningsvis kan sägas att det här undersökta systemet för uppvärmning och ventilation borde kunna ge ett acceptabelt rumsklimat i skollokaler. För att få ett fullgott resultat bör dock speciell omsorg ägnas åt utförande och dimensionering av systemet samt samordningen mellan bygg-, ventilations- och elkonstruktörerna. I detta sammanhang bör också påpekas att ventilationsprincipen har vissa nackdelar som ej går att eliminera. Man har således ingen möjlighet att filtrera tilluften eller erhålla värmeåtervinning.

R40:1972

**Denna rapport hänför sig till anslag D 626 från Statens råd för byggnadsforskning till ingenjör Lars I. Hansson, K-konsult.
Försäljningsintäkterna tillfaller fonden för byggnadsforskning.**

**Distribution: Svensk Byggtjänst, Box 1403, 111 84 Stockholm
Grupp: installation**

Pris: 16 kronor