

Ett projekt
inom
FoU-VÄST



RAPPORT

9509

Fuktbalans i kalla vindsutrymmen

Betydelsen av ventilation och valet av isoleringsmaterial



Ingemar Samuelson

FUKTBALANS I KALLA VINDSUTRYMMEN

Betydelsen av ventilation och valet av isoleringsmaterial

Borås i november 1995

Ingemar Samuelson

0 Förord

Det här redovisade arbetet ingår som en del i ett större projekt om kalla vindar på SP och Chalmers Tekniska Högskola, CTH. Detta större projekt omfattar delarna

- mätning av fukt och temperatur i vindsutrymmet (redovisas här)
- beräkning av fuktbalans i vindsutrymmet enligt olika modeller (redovisas här)
- utvärdering av fuktbalans i vindsutrymmet (redovisas här)
- utvärdering av ventilationens betydelse för klimatet i vindsutrymmet (redovisas här)
- mögelpåväxt på olika material exponerade i vindsutrymmet
- isolerförmågan hos olika lösfyllnadsisoleringar exponerade i vindsutrymmet
- litteraturstudium av klimat på kalla vindar. Arbetet utfört av professor Lars-Erik Larsson, CTH: Kallvindsutrymmen del I, II och III, institutionen för Byggnadsfysik CTH (3)

Projektet är en fortsättning på tidigare arbeten som bedrivits vid SP och som har redovisats bl a i Fuktsäkrare Byggnadsdelar SP AR 1992:17 (1).

I projektet har flera personer varit involverade. Lars Tobin har haft huvudansvaret för uppbyggnaden av vindarna och har haft kontakt med materialleverantörerna. Christer Johansson har ansvarat för mätningarna och Mats Tornevall har bearbetat mätresultaten samt ritat kurvor över mätta resultat jämfört med beräknade.

Projektet har samfinansierats av BFR, SBUF, Swedisol och SP. De företag som levererat lösfyllnadsisolering till provtaken har också medverkat till projektets finansiering genom att stå för materialkostnaden och välvilligt hjälpt till med att få isoleringen på plats.

FoU-Väst har utgjort referensgrupp för arbetet.

Borås november 1995

Ingemar Samuelson

Innehållsförteckning

Abstract	2
0 Förord	3
Innehållsförteckning	4
1 Sammanfattning och rekommendationer	5
2 Bakgrund	6
2.1 Allmänt	6
2.2 Ventilation	6
2.3 Olika isolermaterial	7
3 Syfte	8
4 Mätningar	9
4.1 Provtak	9
4.2 Ventilationsförhållanden	10
4.3 Materialegenskaper	10
4.4 Mätutrustning och metoder	11
4.5 Resultat	11
5 Utvärdering av mätresultat	15
5.1 Diskussion av mätvärden	24
6 Beräkningar	26
6.1 Thomas Blomberg	26
6.2 Carl-Erik Hagentoft	28
6.3 Lars-Erik Larsson	41
6.4 Morten Hjorslev Hansen	53
6.5 Diskussion av beräkningsresultat	65
7 Fortsatt arbete	66
8 Referenser	67
Bilaga	68
Referensgrupp FoU-Väst	

1 Sammanfattning och rekommendationer

I denna rapport sammanfattas mätresultat av temperatur, relativ fuktighet och fuktkvot i sex olika utförda vindsutrymmen under kontrollerade förhållanden. Alla sex vindar är utförda med samma dimensioner och ligger efter varandra i en lång rad men har olika isoler-material och ventileras på olika sätt.

På denna bank av mätdata har några forskare tillämpat sina beräkningsmodeller och med uppmätta uteklimatvärden som grund beräknat temperatur, relativ fuktighet och i något fall även fuktkvot på vindarna. Resultaten från dessa beräkningar visar svårigheter att anpassa modeller till verkliga fall.

Som sammanfattning av mätningar och beräkningar kan noteras

- att det sker en viss fuktbuffering i hygroskopisk isolering (cellulosamaterial) jämfört med icke hygroskopisk isolering (mineralull). Skillnaden är dock inte särskilt stor.
- att det råder stor skillnad i fukt- och temperaturvariationer på vindar med låg respektive hög ventilationsgrad. Ju mer ventilation med uteluft desto större variationer.
- att klimatet på vinden blir torrare ju mindre den ventileras. Detta resultat måste tolkas med stor försiktighet. I provtaket har fukt inifrån eliminerats dels genom ett i stort sett helt lufttätt bjälklag dels invändigt undertryck säkerställt med extra fläktar. I ett sådant tak tillför ventilationen fukt som under klara kalla nätter kan kondensera och bli kvar. Ventilationen är därför i detta fall till nackdel. I ett tak över ett normalt hus måste risken för inifrån kommande fukt beaktas.

Följande rekommendationer kan ges mot bakgrund av hittills utfört arbete:

De ovan nämnda synpunkterna och resultaten av projektet är tillämpbara på vindar utan tillförsel av fukt. Fukt kan tillföras under byggskedet eller vid brukandet. Byggfukt kan tillföras genom material som i sig innehåller fukt som kommer att torka ut under lång tid (t ex betong eller lättbetong) eller ofrivilligt genom nederbörd vid bygget. Byggfukten måste få möjlighet att torka ut innan skada sker. För bjälklag med betong eller lättbetong sker uttorkningen under lång tid och där hinner man inte torka tillräckligt länge för att undvika alla risker. Därför kan det vara nödvändigt att hindra uttorkning upp mot vindsutrymmet genom att lägga en ångspärr under isoleringen. I sådant fall måste man se till att bjälklagets undersida är öppen så att fukten kan torka inåt. Tät färg kan inte appliceras förrän konstruktionen är torr. Byggnaden skall vidare skyddas mot nederbörd under byggskedet.

I driftskedet skall konvektion av fuktig luft upp till vindsutrymmet förhindras. Detta sker genom att man bygger lufttätt i kombination med invändigt undertryck. I praktiken är det omöjligt att få bjälklaget helt lufttätt. Därför bör man alltid sträva efter invändigt undertryck för att förhindra konvektion. God ventilation inne är en annan förutsättning för sunt byggande eftersom god ventilation dels är en förutsättning för god innemiljö dels medför att inneluften inte blir onödigt fuktig vilket skulle kunna skada konstruktionerna med kondensutfällning.

I ett hus byggt efter dessa principer kommer ventilationen snarare att vara till nackdel än fördel vilket framgår av punkterna ovan. Ventilationen bör därför begränsas till exempel genom att man tar bort öppningarna vid takfot. Dessa får sällan den utformning och funktion man eftersträvar. Det räcker normalt med 1-2 ventiler på gavlarna på ett småhus för att ge erforderlig genomluftning som sommartid också möjliggör uttorkning. Vintertid är torkförmågan låg och då spelar ventilationen mindre roll för uttorkning av eventuell fukt. Ventilerna skall placeras så att hela utrymmet ventileras. För vinkelhus och hus med valmade tak skall särskilda anordningar göras för att säkerställa genomluftning.

2 Bakgrund

2.1 Allmänt

De flesta småhus har ett kallt tak, dvs ett tak med ett värmeisolerat bjälklag, en uteluftsventilerad, kall vind och ett brant vattenavledande yttertak. Benämningen kallt tak hänför sig till den tid då snöavsmältningen på taket visade om det var varmt eller kallt (7). På ett kallt tak över en väl ventilerad vind låg snön kvar medan den smälte på ett homogent relativt dåligt isolerat tak som hade ett kraftigt värmefflöde inifrån och ut. Numera är såväl varma som kalla tak väl isolerade och ger ingen eller mycket måttlig uppvärmning av takets utsida och därmed ingen snöavsmältning. Idag kan alla tak betecknas som kalla och för att skilja taktyperna åt vore det bättre att tala om ventilerade och oventilerade tak (1).

Takets huvudfunktion är att avleda nederbörd. Detta står takpannorna för i kombination med underlagstäckningen. Takpannor, överläggsplattor eller plåt leder bort det mesta vatten, men i samband med regn och kraftig vind kan vatteninträning ske under pannorna. Detta vatten skall avbördas av underlagstäckningen. Denna brukar bestå av papp på råspont eller av skivor av plywood, spånskiva eller hård board. Även plastfolie av polyeten används som underlagstak (8).

Den lastbärande funktionen i ett brant tak upprätthålls av takstolar. På dessa ligger bärande underlagstak alternativt bärläkt som takpannorna ligger på. Den värmeisolerande funktionen finns oftast i det horisontella vindsbjälklaget där även lufttätning och ångtätning finns.

Ventilerade tak över välisolerade vindsbjälklag är känsliga för skador. Ju bättre man isolerar bjälklaget desto kallare blir det på vinden och därmed ökar skaderisken och desto mindre slarvmån har man. Om fuktig ineluft kommer upp i vindsutrymmet kan man få kondens och uppfuktning. Även små otätheter och små mängder fuktig luft inifrån kan ge stora problem (13). Risken finns att fukt ansamlas i vindsutrymmet, att mögelpåväxt sker och att missfärgningar, i allvarliga fall även rötskador, bildas framför allt på underlagstaket. Dessutom sker ofta mögelpåväxt och förstörelse av material som lagras på vinden, t ex resväskor och kartonger (1, 11).

Det ventilerade takets problem i nya hus accentueras i och med att man isolerar vindsbjälklaget allt kraftigare samtidigt som man minskar värmeförseln från skorstenstocken genom att gå över från oljeeldning till el (1).

Projektet är en fortsättning på tidigare arbeten om dels ventilation på vindar dels laboratorieundersökningar av fuktbuffering i olika isolermaterial och isoleringsförmåga i lösulls-isolering vid olika fuktinnehåll (1, 2, 9, 10).

2.2 Ventilation

Ventilationens uppgift har, som tidigare nämnts, historiskt sett varit att hålla takytan tillräckligt kall för att förhindra snösmältning. Numera behövs ingen ventilation av det skälet eftersom värmeläckaget genom väl isolerade bjälklag och tak är mycket litet. Nu ventileras vinden istället för att hålla eventuell fukt borta. Om fukt kommer in skall den också kunna föras bort så att materialen kan torka. Ventilationens funktion är emellertid inte enbart positiv, vilket visats i tidigare projekt (1,11). Ventilationen tillför under vissa förhållanden mer fukt än vad som förs bort. Detta gäller vintertid då uteluften har mycket liten förmåga att ta upp fukt. Det kan därför diskuteras om vinden överhuvud taget skall ventileras under vintern och i så fall om den ventilationsarea som används är motiverad. Sommartid är däremot ventilationen väsentlig för att föra bort eventuell fukt eftersom vinden värms av sol vilket medför att luften kan ta upp vattenånga och verkar uttorkande.

I projektet har mätningar gjorts på ett provtak över en kontorsbarack på SP i Borås med åtta olika vindsutrymmen där två är normenligt ventilerade, två har styrd ventilation (2 oms/h) och två är oventilerade. De båda gavelutrymmena används för denna del av projektet som skydds zoner.

2.3 Olika isolermaterial

De isolermaterial som ingår i projektet är lösffyllnad av cellulosa fibrer respektive mineralull. Att dessa två olika materialtyper har använts har att göra med att vi i projektet vill studera fuktbalansen i vindsutrymmet. Material som plastfolie och mineralull är inte hygroskopiska och kan inte ta upp fukt ur luften under fuktiga perioder för att sedan avge fukten när det blivit torrare. Trä har sådana egenskaper och ett skäl för undersökningen har alltså varit att undersöka om man genom att använda material med fuktbuffering också kan påverka klimatet på vinden. Cellulosafibrernas fuktabsorption skulle kunna påverka fuktbalansen på vinden. Dessa egenskaper har tidigare studerats i laboratorieskala (2) och i detta projekt har experimenten gjorts i full skala.

3 Syfte

Projektet har haft två syften. Avsikten har för det första varit att med mätningar studera fuktbalansen i vindsutrymmen vid olika materialval och vid olika ventilationsförhållanden. Erfarenheter från mätningarna skall ligga till grund för rekommendationer för hur vindsutrymmet skall utformas.

För det andra har avsikten varit att genom mätningar av temperatur och relativ fuktighet samt fuktkvot i trä under kontrollerade förhållanden vid olika uteklimat erhålla en bank av mätvärden och att jämföra dessa värden med resultat från olika beräkningsmodeller. Beräkningarna skall utföras av olika forskare. Dessa skall tillämpa sina beräkningsmetoder på de olika vindsutrymmena genom att använda ingångsvärden av uteklimat och konstruktionsutformning.

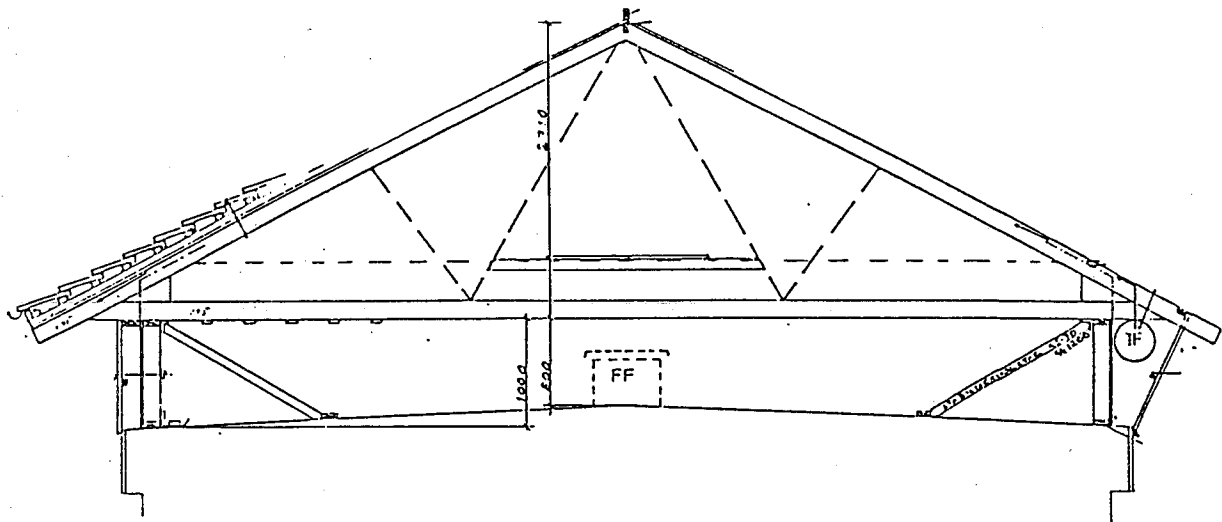
4 Mätningar

4.1 Provtak

Provtaket har byggts upp på så sätt att en sarg på 1 m har lagts ovanpå ett befintligt yttertak (längd 30, bredd 10 m) över en barackbyggnad på SP i Borås. På sargen har nya takstolar monterats. Isoleringen ligger mellan underramarna och därmed skapas ett kallt vindsutrymme. Detta kalla vindsutrymme har delats in i åtta sektioner åtskilda med isolerande och lufttäta mellanväggar på cc-avstånd 3,60 m. Bjälklaget över det uppvärmda utrymmet och den kalla vinden är utförd med 500 mm lösullsisolering lagd på plastfolie, glespanel och gipsplank. Plastfolien är i det närmaste fri från genomföringar.

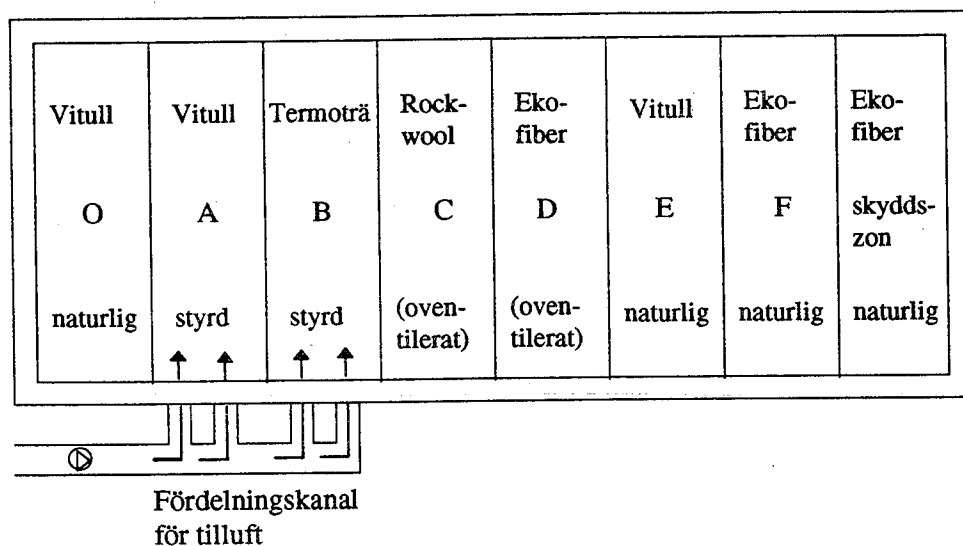
Frånluften från kontoren mynnar i det 1 m höga utrymmet under bjälklaget som vintertid därmed värms upp till cirka 22 °C. Två frånluftsfläktar suger ut luft från utrymmet så att invändigt övertryck undviks. På så sätt säkerställs att konvektion av varm luft upp i vindsutrymme inte förekommer. Utvändigt har yttertaget betongtakpannor. Som underlagstak har använts skivor av plywood utom i fack O och A där plastfolie använts, se figur 4.2.

Barackbyggnaden gränsar åt norr till halva sin längd mot en högre laboratoriebyggnad. För att ventilationen av de olika sektionerna skall vara likvärdig har de två naturligt ventilerade taken placerats längst åt söder utan påverkan från den högre byggnaden. Övriga sektioner är oventilerade eller har styrd ventilation.



Figur 4.1 Principsektion av provtak.

Av de åtta sektionerna används sex för mätningar inom det här redovisade projektet. Sektion O som ligger i byggnadens norra del och skyddszonen i söder används inte.



Figur 4.2 De olika vindsutrymmena har olika isolermaterial och olika ventilation. Fack O och A har plastfolie av polyeten, PE, som underlagstak (Monarfol), övriga har plywood (Vänerply).

4.2 Ventilationsförhållanden

De naturligt ventilerade taken har en luftspalt på ca 50 mm utefter takfoten. Taknocken saknar luftspalt. Sektionerna med styrd ventilation har fläktventilering inställd på 2 oms/h. I de två oventilerade sektionerna finns inga avsiktliga öppningar.

4.3 Materialegenskaper

De i vindsutrymmet ingående materialens egenskaper sammanfattas i tabell 1. Observera att de här angivna egenskaperna är de som gäller för laboratorieförhållanden. Här finns inga påslag för fukt eller arbetsutförande. Egenskaperna i tabellen är de som har använts vid beräkningarna.

Tabell 4.1 Materialegenskaper för de olika materialen i vindsutrymmena.

Material	Densitet kg/m ³	Värmeledningsförmåga λ W/mK	Vattenångpermeabilitet $\delta \cdot 10^{-6}$ m ² /s	Kommentar
Monarfol, polyeten			-0	plastfolie (underlagstak)
Plywood		0,14	-2,0	underlagstak
Trä	450	0,14	-2,0	takstolar
Vitull	22	0,040	20	lösfillnad
Rockwool	27	0,040	20	lösfillnad
Ekofiber	32	0,036	10	lösfillnad
Termoträ	26	0,039	10	lösfillnad

4.4 Mätutrustning och metoder

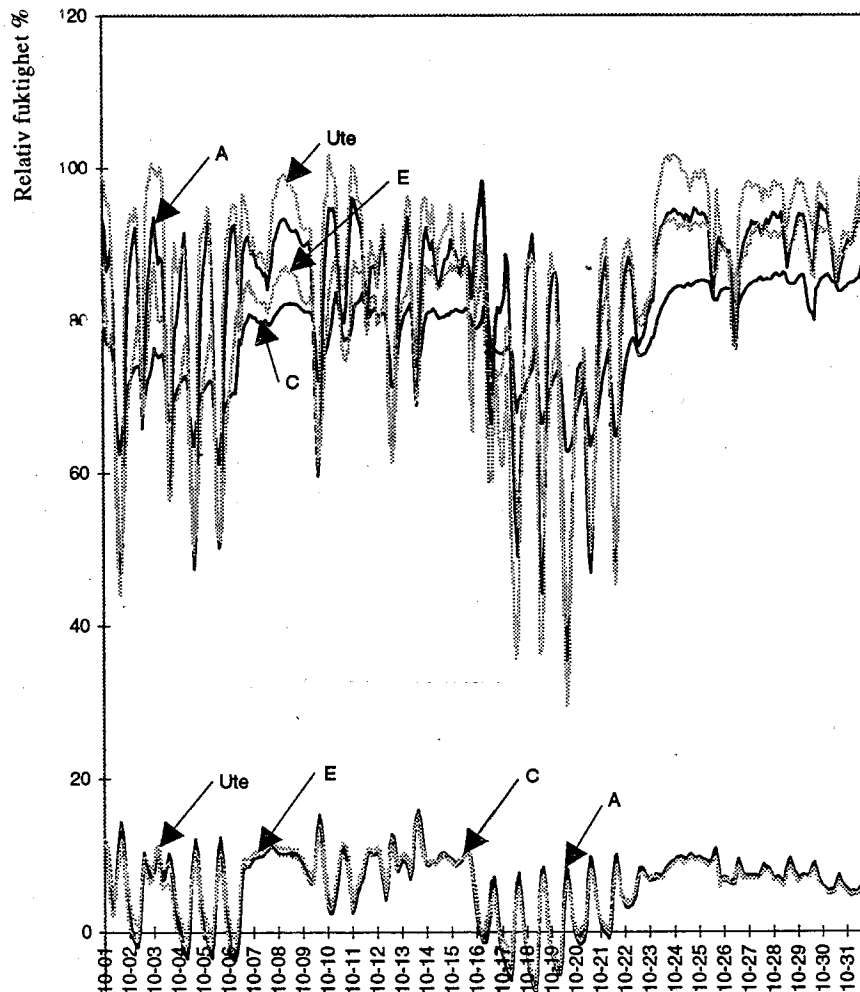
Temperatur och relativ fuktighet RF har mätts ute, i vindsutrymmet, på olika djup i isoleringen samt under bjälklaget (inne). Mätningen i uteluften har skett dels under östra takfoten i strålningskyddat läge (temperatur och RF), dels på takytan (temperatur) för att få en uppfattning om ekvivalent utetemperatur.

Nederbörd, vindhastighet, vindriktning och solstrålning har registrerats. Temperaturerna har mätts med termoelement, RF med elektriska givare för kapacitiv mätning. Fuktkvoten har mätts genom elektrisk resistansmätning mellan islagna stift i träbitar (12).

Samtliga givare har kopplats till en logger som mäter under 5 sekunder var 5:e minut.

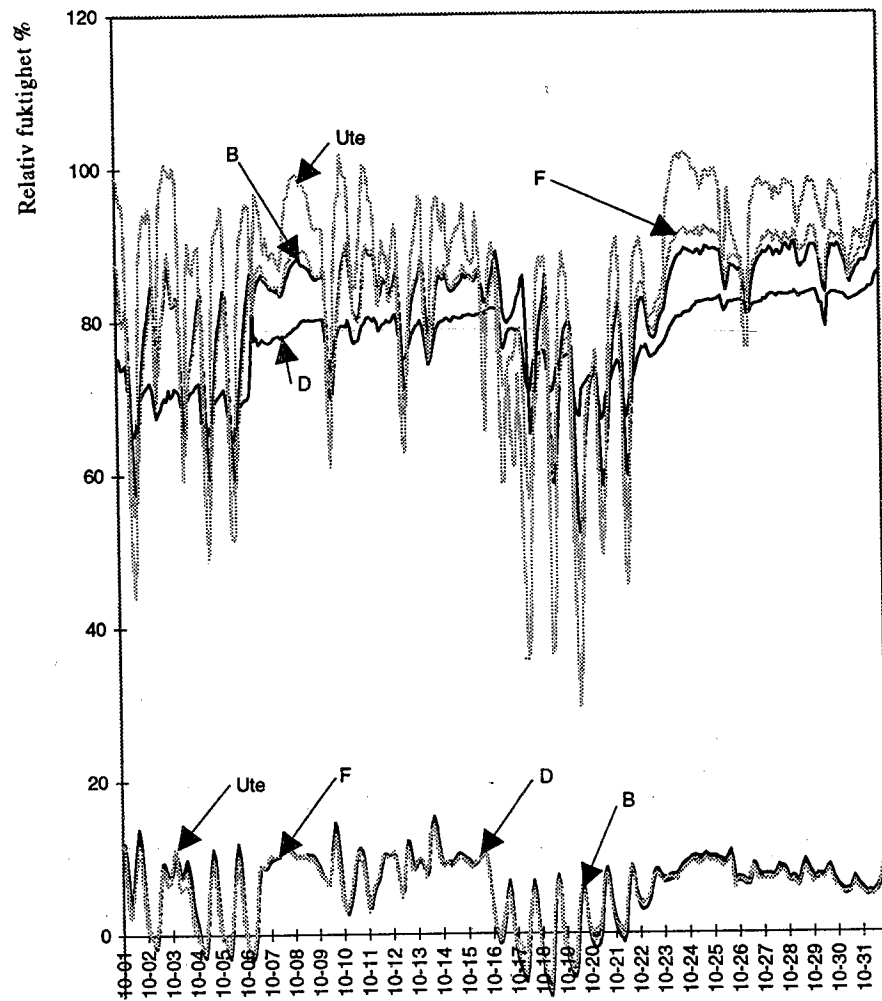
4.5 Resultat

Nedan visas uppmätta värden i de olika vindsutrymmena under några veckor i oktober 1994. Resultaten visas för taken med mineralullsisolering och för taken med cellulosaisolering var för sig.



Figur 4.3 Uppmätt temperatur och relativ fuktighet i fack A, C och E (fack med mineralullsisolering) under oktober 1994.

	A	B	C	D	E	F
ventilation	2 oms/h	2 oms/h	nej	nej	naturlig	naturlig
underlagstak	folie	plywood	plywood	plywood	plywood	plywood
isolering	Vitull	Termoträ	Rockwool	Ekofiber	Vitull	Ekofiber



Figur 4.4 Uppmätt temperatur och relativ fuktighet i fack B, D och F (fack med cellulosaisolering) under oktober 1994.

	A	B	C	D	E	F
ventilation	2 oms/h	2 oms/h	nej	nej	naturlig	naturlig
underlagstak	folie	plywood	plywood	plywood	plywood	plywood
isolering	Vitull	Termoträ	Rockwool	Ekofiber	Vitull	Ekofiber

I figuren 4.3 visas mätta värden från oktober 1994 för vindsutrymmena A, C och E, dvs tre utrymmen med mineralullsisolering men olika ventilationsgrad. Som synes av figuren är skillnaden stor mellan styrd ventilation 2 oms/h och ingen ventilation. I figur 4.4 visas motsvarande värden för vindsutrymmena B, D och F, dvs tre utrymmen med cellulosaisolering men olika ventilationsgrad. Även här är skillnaden stor mellan styrd ventilation och ingen ventilation.

Mätningarna har pågått sedan juni 1994. Värdena lagras som tvåtimmarsmedelvärden. En redovisning av mätta värden enligt figurerna 4.3 och 4.4 ger en visuell uppfattning om variationerna i de olika provtaken men redovisningen blir svår att utvärdera. Därför har vi valt att samla mätvärdena i fallande ordning för varje mätperiod för sig. Detta genomförs och utvärderas i avsnitt 6. Nedan redovisas mätta månadsmedelvärden av temperatur och relativ fuktighet ute, inne och i de olika vindsutrymmena.

I tabell 4.2 anges månadsmedelvärden ute, inne samt för de olika vindsutrymmena. Ur tabellen ses skillnaden mellan olika ventilationsgrad och olika material. För oktober, januari, och april gäller t ex värdena i tabellerna 4.3, 4.4 och 4.5.

Tabell 4.2 Månadsmedelvärden av temperatur och relativ fuktighet juni 94 - juni 95.

		juni	juli	aug	sept	okt	nov	dec	jan	feb	mar	apr	maj	juni
A Styrd	Temp	19,7	24,9	19,5	12,4	6,3	4,0	2,4	-1,8	1,5	2,1	6,7	12,8	17,8
Vitull	RF	56	43	59	80	82	91	96	91	91	81	67	59	63
B Styrd	Temp	20,2	25,4	20,1	12,9	6,4	4,0	2,4	-1,9	1,5	2,2	6,7	13,0	18,0
Termoträ	RF	51	41	53	75	81	89	93	90	89	82	68	58	63
C Ingen	Temp	20,5	25,8	20,4	13,2	6,2	3,5	1,8	-2,4	1,0	1,9	6,9	13,5	18,5
Rockwool	RF	50	40	52	72	77	86	90	89	88	83	67	52	55
D Ingen	Temp	19,8	25,0	19,9	12,8	6,1	3,4	1,8	-2,4	1,0	1,8	6,8	13,1	18,2
Ekofiber	RF	48	40	49	68	76	85	89	90	89	84	68	53	53
E Naturlig	Temp	19,9	24,8	20,2	13,9	6,5	3,6	1,9	-2,3	1,0	1,6	6,4	12,4	17,5
Vitull	RF	54	43	56	73	79	91	95	93	92	83	67	57	61
F Naturlig	Temp	19,0	24,2	19,3	12,3	6,1	3,6	2,0	-2,2	1,1	1,6	6,1	12,2	17,3
Ekofiber	RF	57	43	56	76	80	90	94	91	90	82	68	57	61
Ute	Temp	16,8	20,9	17,1	11,4	6,0	3,9	2,2	-2,1	1,3	1,5	5,0	10,1	14,9
	RF	72	58	73	89	84	90	94	89	88	80	72	68	71
Inne	Temp	21,7	23,9	21,8	18,6	20,2	19,9	18,6	16,2	17,7	19,6	21,4	21,9	22,6
	RF	47	42	49	55	43	43	42	38	40	31	25	31	43

Tabell 4.3 Månadsmedelvärden för oktober. Skillnad mellan klimatet på vindarna dels med olika isolermaterial, dels med olika ventilationsgrad.

Oktober 1994	Medeltemperatur °C	Medel RF %
Mineralull (A, C och E)	6,3	79
Cellulosa (B, D och F)	6,2	70
Styrd ventilation (A och B)	6,4	82
Naturlig ventilation (E och F)	6,3	80
Ingen ventilation (C och D)	6,2	77

Tabell 4.4 Månadsmedelvärden för januari 1995. Skillnad mellan klimatet på vindarna dels med olika isoleringsmaterial, dels med olika ventilationsgrad.

Januari 1995	Medeltemperatur °C	Medel RF %
Mineralull (A, C E)	-2,2	91
Cellulosa (B D F)	-2,2	90
Styrd ventilation (A och B)	-1,8	91
Naturlig ventilation (E och F)	-2,2	92
Ingen ventilation (C och D)	-2,4	90

Tabell 4.5 Månadsmedelvärden för april 1995. Skillnad mellan klimatet på vindarna dels med olika isoleringsmaterial, dels med olika ventilationsgrad.

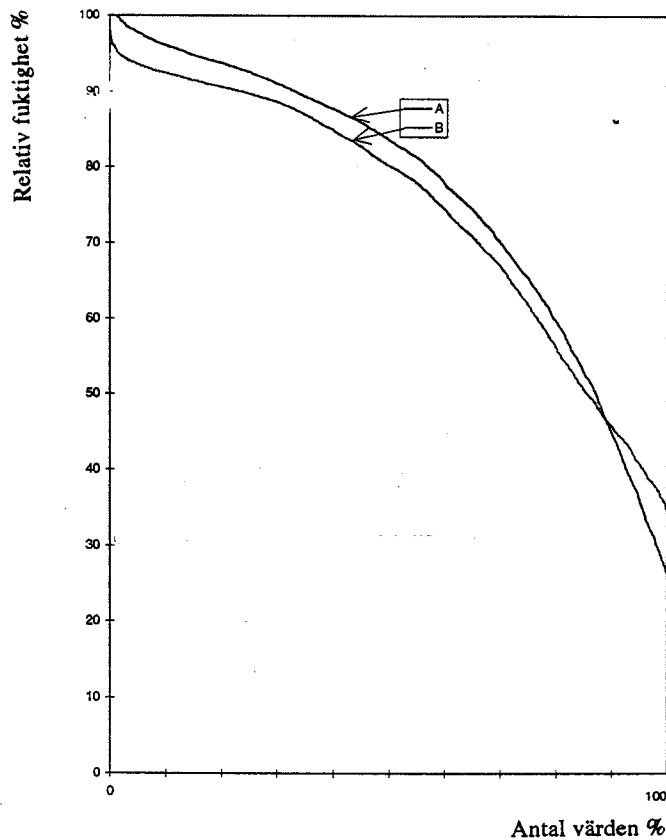
April 1995	Medeltemperatur °C	Medel RF %
Mineralull (A, C E)	6,7	67
Cellulosa (B D F)	6,5	68
Styrd ventilation (A och B)	6,7	68
Naturlig ventilation (E och F)	6,3	68
Ingen ventilation (C och D)	6,9	68

	A	B	C	D	E	F
ventilation	2 oms/h	2 oms/h	nej	nej	naturlig	naturlig
underlagstak	folie	plywood	plywood	plywood	plywood	plywood
isolering	Vitull	Termoträ	Rockwool	Ekofiber	Vitull	Ekofiber

5 Utvärdering av mätresultat

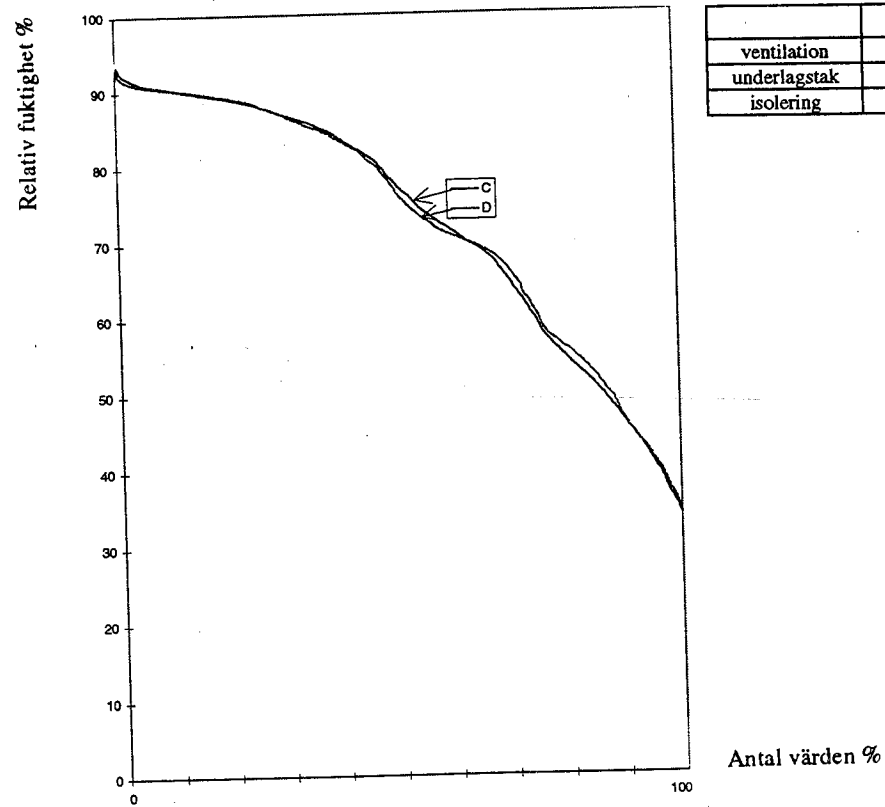
I figurerna nedan visas uppmätta värden av relativ fuktighet på vindarna under perioden juni 1994 - juni 1995. Kurvorna visar dels mätta värden under de olika månaderna dels värden för hela året. Resultaten har ställts samman i kurvor där samtliga mätdata för perioden har sorterats i fallande ordning. En helt horisontell kurva visar att samtliga värden under perioden har varit lika dvs att klimatet varit stabilt. Ju brantare kurva desto större variationer under perioden. Vill man jämföra förhållandena i ventilerade vindar med oventilerade kan kurvornas lutning ge god upplysning, vill man jämföra fuktbufferingen i olika material låter detta sig göras på samma sätt. Nivån på kurvor med samma lutning anger olika fuktighet t ex beroende på att det ena vindsutrymmet varit något kallare än det andra.

Figurerna 5.1, 5.2 och 5.3 anger mätta värden under ett år för vindar med styrd ventilation 2 oms/h, ingen ventilation resp naturlig ventilation. I varje figur finns två kurvor, en för tak isolerat med cellulosa, en för mineralull. I figur 5.1 är skillnaden stor mellan vindsutrymmet A med Monarfol underlagstak och Vitull och vindsutrymmet B med plywood och Termoträ. I figurerna 5.2 och 5.3 är skillnaderna mindre mellan olika isolermaterial.

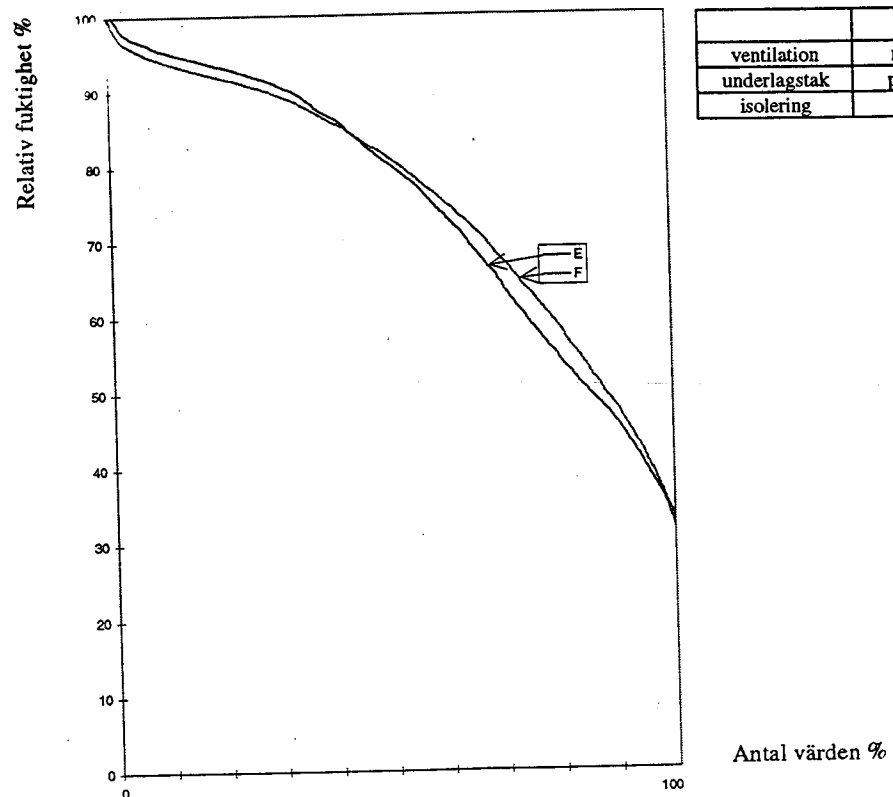


	A	B
ventilation	2 oms/h	2 oms/h
underlagstak	folie	plywood
isolering	Vitull	Termoträ

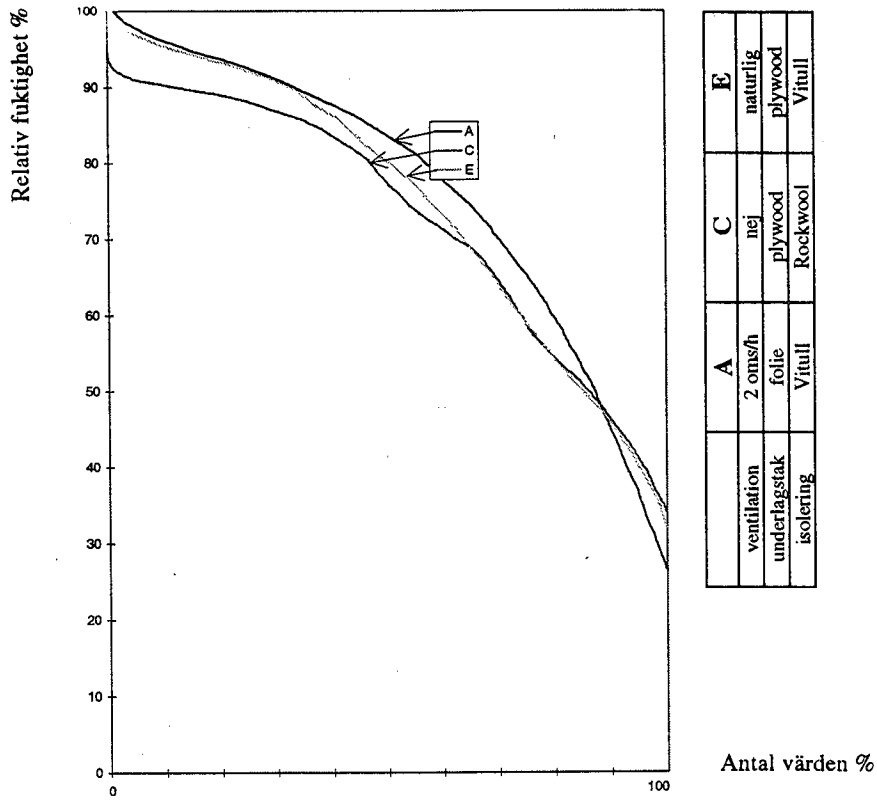
Figur 5.1 Samtliga mätvärden i vindsutrymme A och B under året samlade i fallande ordning.



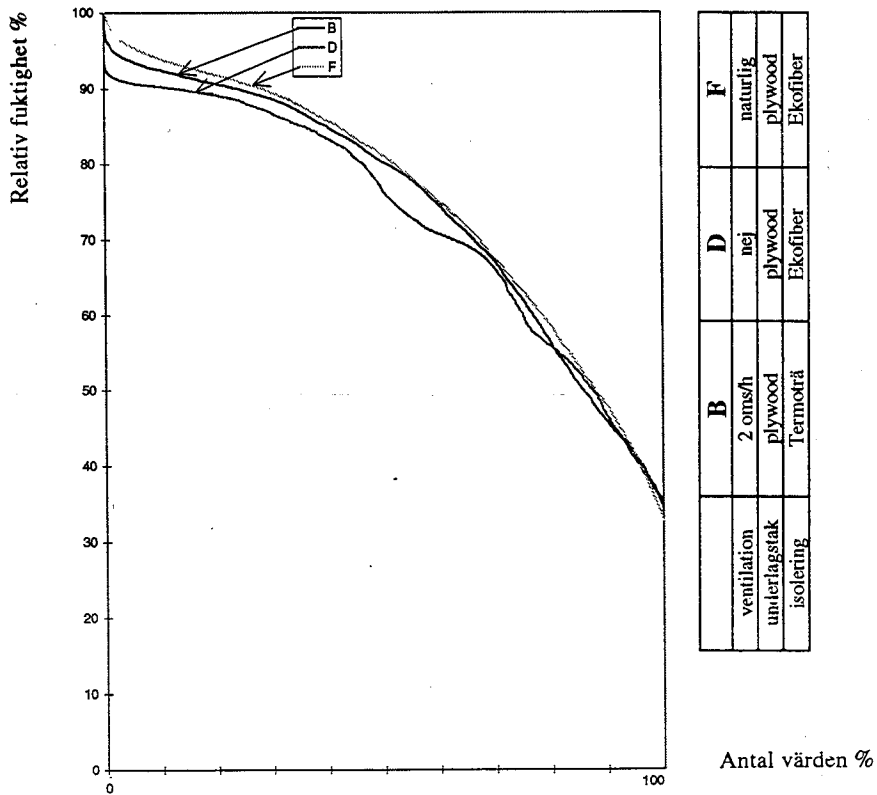
Figur 5.2 Samtliga mätvärden i vindsutrymme C och D under året samlade i fallande ordning.



Figur 5.3 Samtliga mätvärden i vindsutrymme E och F under året samlade i fallande ordning.



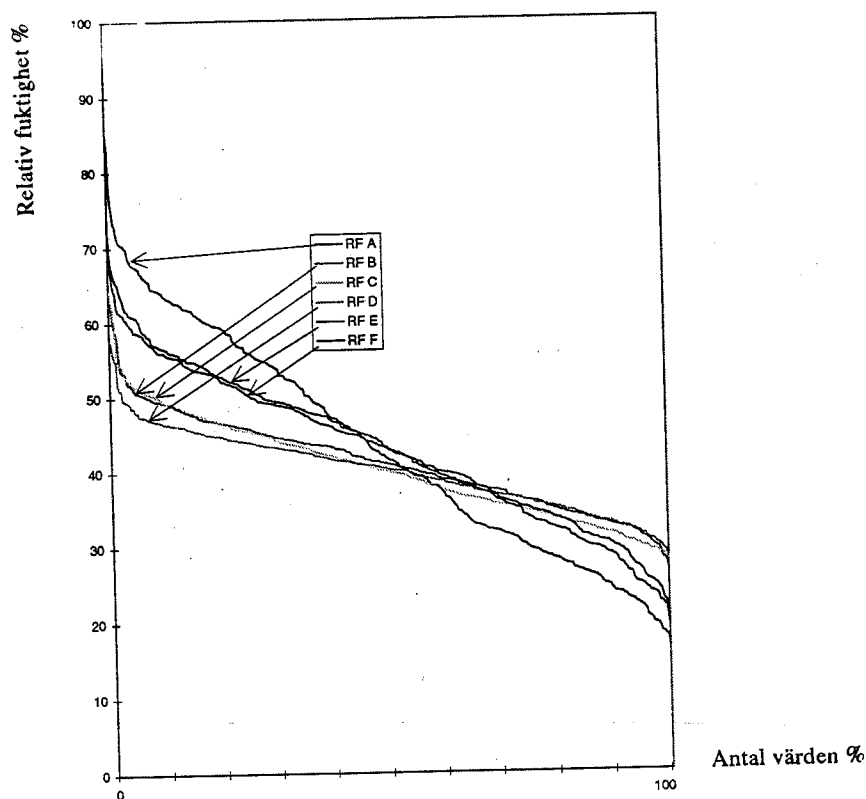
Figur 5.4 Samtliga mätvärden under året samlade i fallande ordning för vindarna som är isolerade med mineralull (A, C och E).



Figur 5.5 Samtliga mätvärden under året samlade i fallande ordning för vindarna som är isolerade med cellulosafibrer (B, D och F).

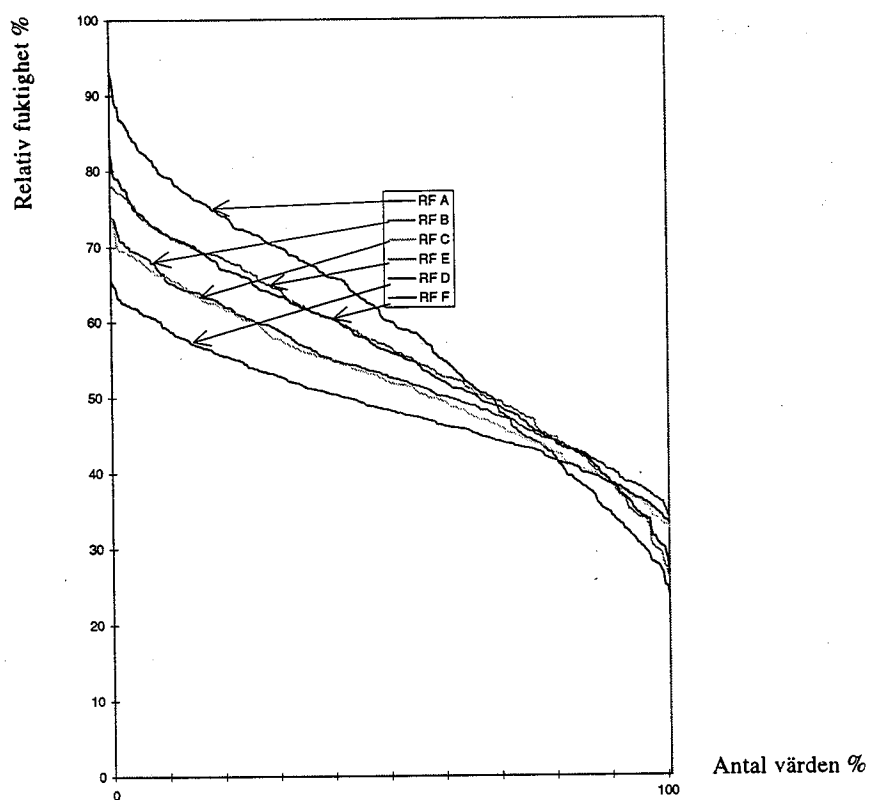
Figureorna 5.4 och 5.5 visar skillnaden mellan olika ventilationsgrad för mineralullsolerade respektive cellulosaisolerade tak. Oventilerade tak är generellt torrare än ventilerade och har även ett jämnare klimat.

Figureorna 5.6 till 5.18 visar mätvärden för samtliga vindsutrymmen månad för månad under året. Ju kallare månad desto jämnare (och fuktigare) klimat. Skillnaden mellan de olika vindarna är liten under vintermånaderna. Under december och januari är t ex de flesta uppmätta värden av relativ fuktighet > 90 %. Undantaget är de oventilerade vindsutrymmena C och D som har ett stabilt klimat nära 90 % under hela perioden. Under vår, sommar och höst är skillnaderna stora, framför allt mellan vindar med olika ventilationsgrad.

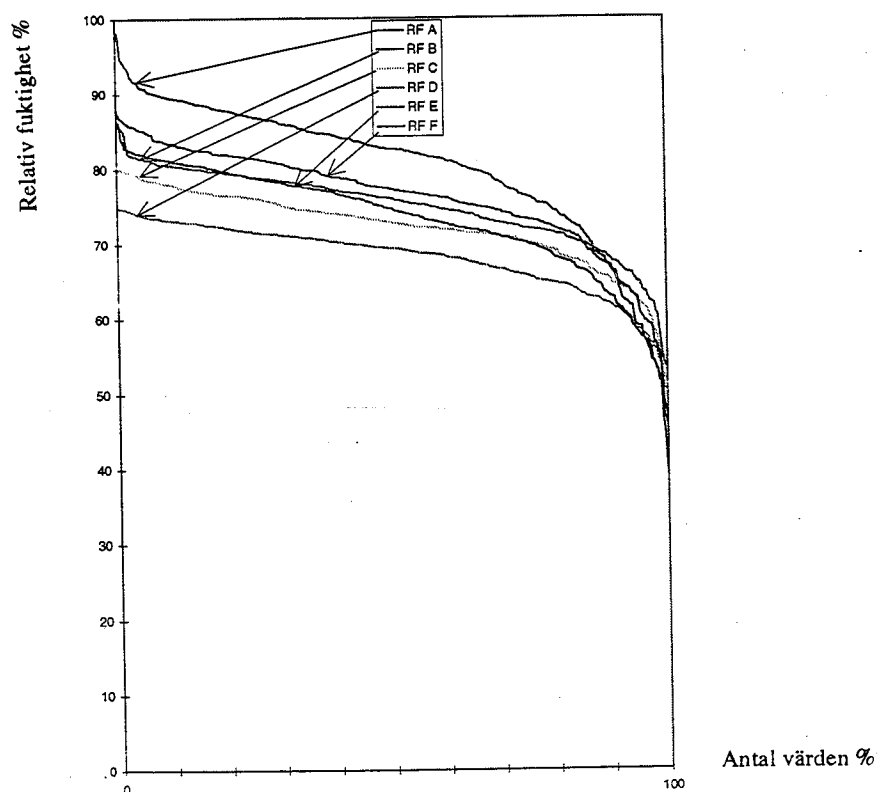


Figur 5.6 Mätvärden för de olika vindarna samlade i fallande ordning. Figuren avser juli 1994.

	A	B	C	D	E	F
ventilation	2 oms/h	2 oms/h	nej	nej	naturlig	naturlig
underlagstak	folie	plywood	plywood	plywood	plywood	plywood
isolering	Vitull	Termoträ	Rockwool	Ekofiber	Vitull	Ekofiber

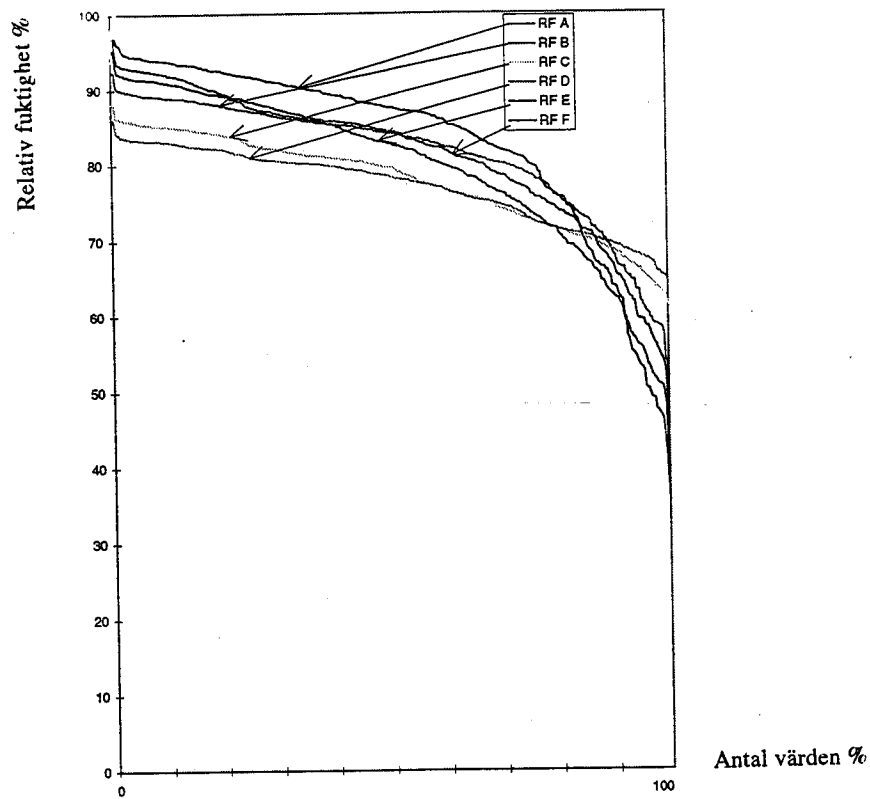


Figur 5.7 Mätvärden för de olika vindarna samlade i fallande ordning. Figuren avser augusti 1994.

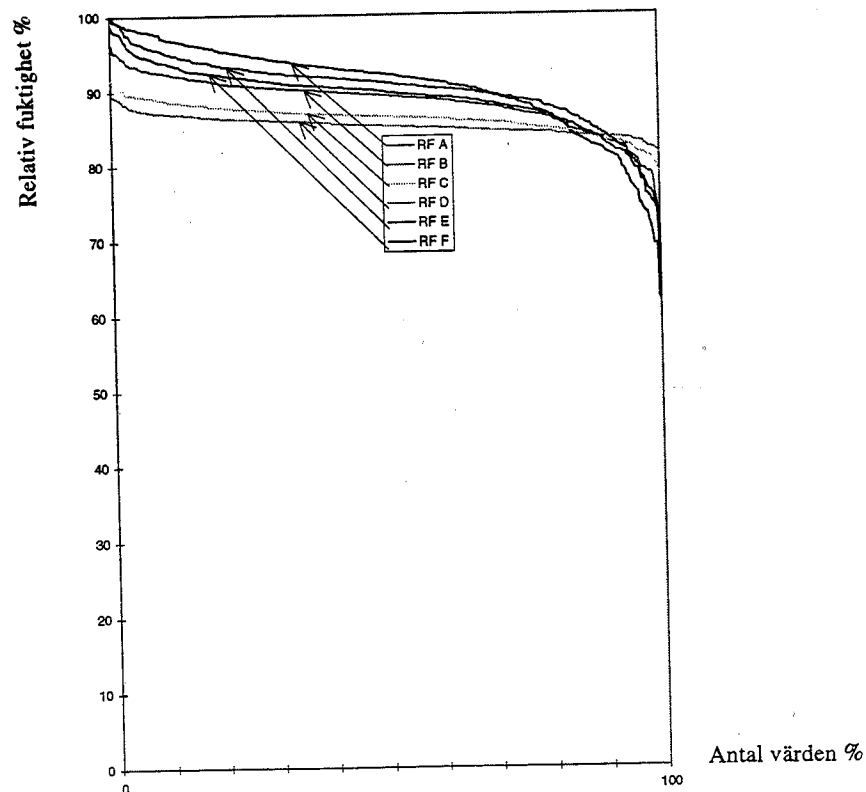


Figur 5.8 Mätvärden för de olika vindarna samlade i fallande ordning. Figuren avser september 1994.

	A	B	C	D	E	F
ventilation	2 oms/h	2 oms/h	nej	nej	naturlig	naturlig
underlagstak	folie	plywood	plywood	plywood	plywood	plywood
isolering	Vitull	Termoträ	Rockwool	Ekofiber	Vitull	Ekofiber

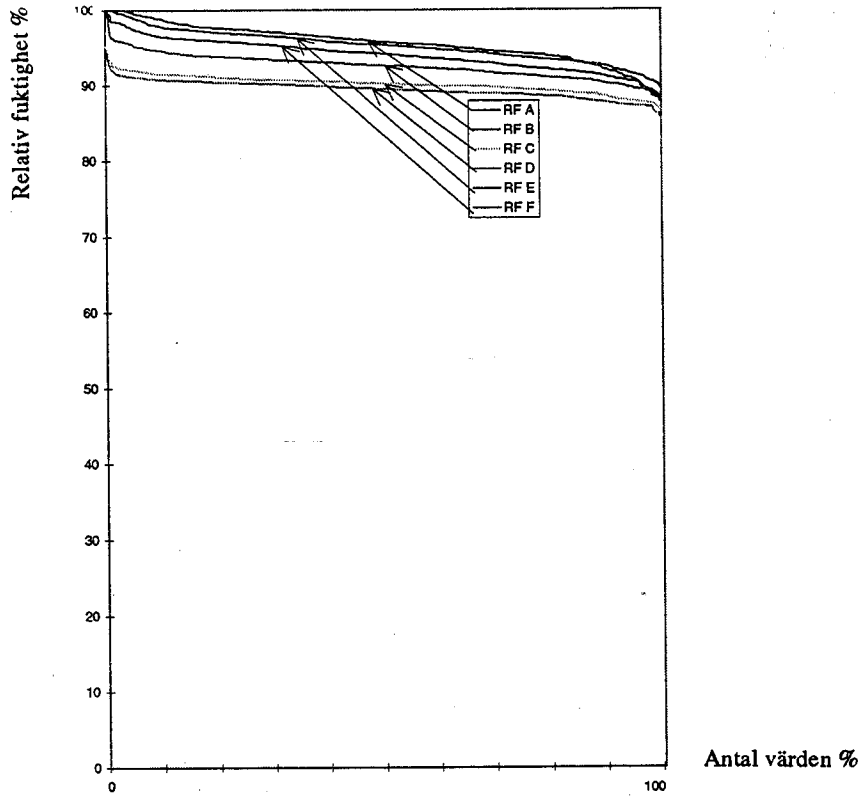


Figur 5.9 Mätvärden för de olika vindarna samlade i fallande ordning. Figuren avser oktober 1994.

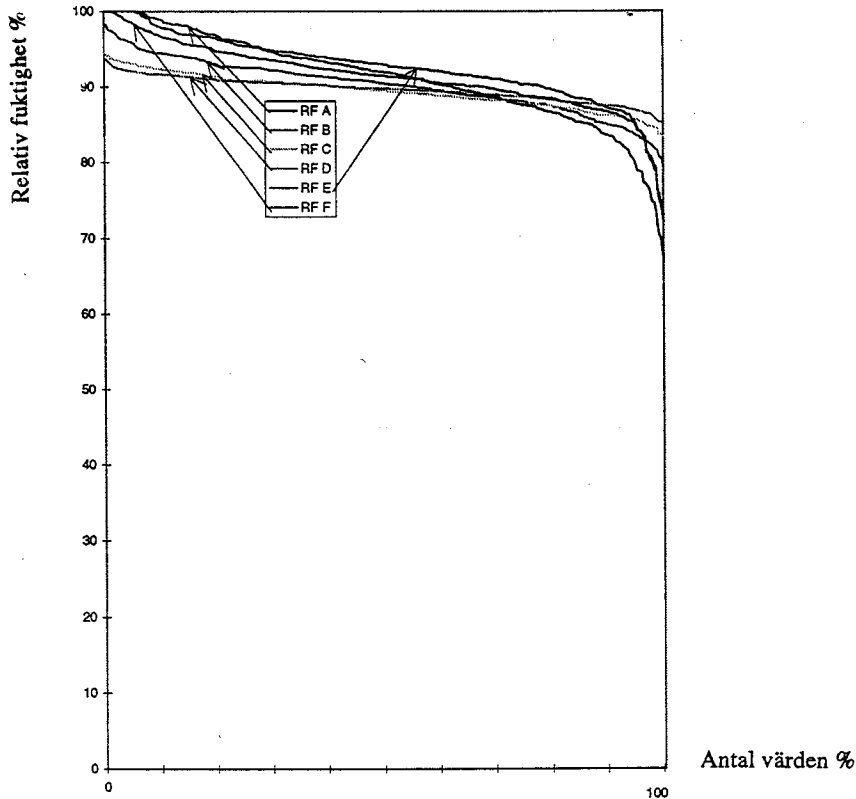


Figur 5.10 Mätvärden för de olika vindarna samlade i fallande ordning. Figuren avser november 1994.

	A	B	C	D	E	F
ventilation	2 oms/h	2 oms/h	nej	nej	naturlig	naturlig
underlagstak	folie	plywood	plywood	plywood	plywood	plywood
isolering	Vitull	Termoträ	Rockwool	Ekofiber	Vitull	Ekofiber

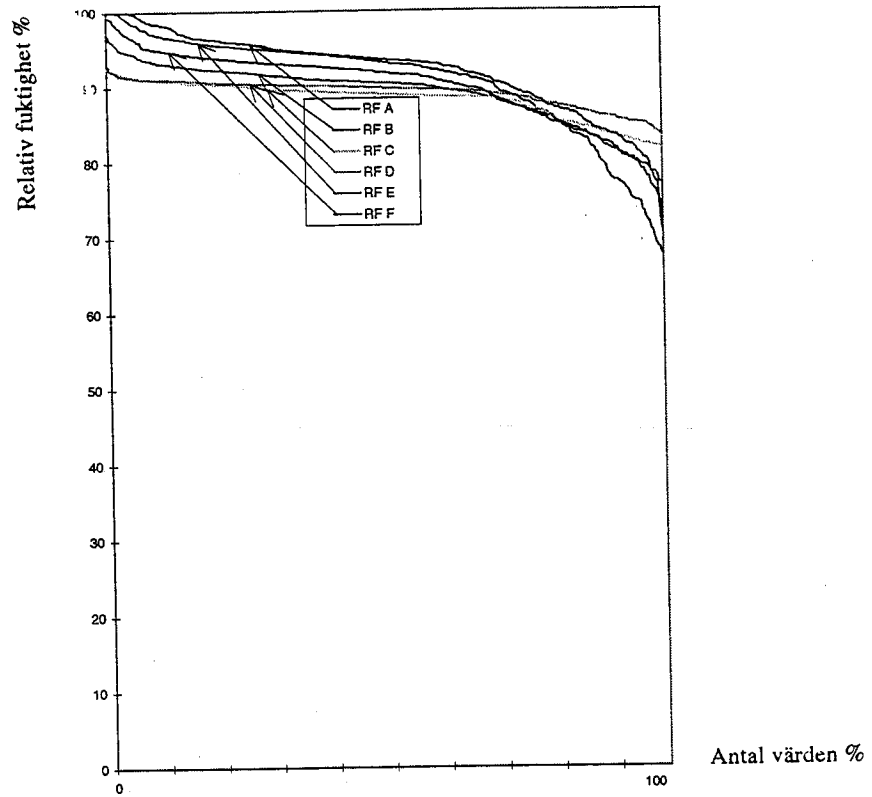


Figur 5.11 Mätvärden för de olika vindarna samlade i fallande ordning. Figuren avser december 1994.

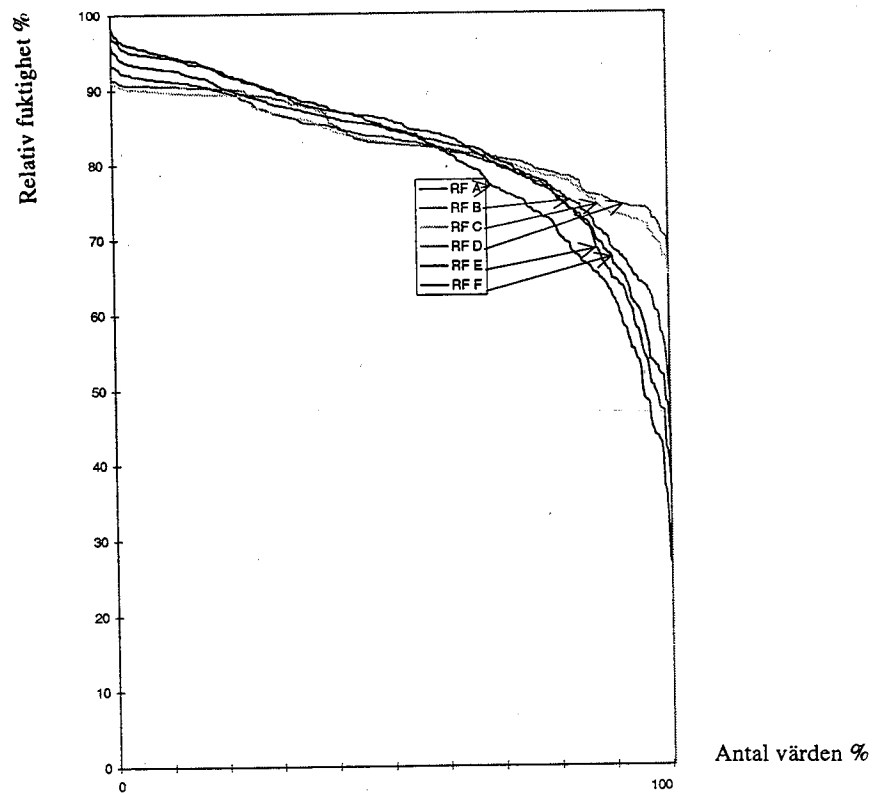


Figur 5.12 Mätvärden för de olika vindarna samlade i fallande ordning. Figuren avser januari 1995.

	A	B	C	D	E	F
ventilation	2 oms/h	2 oms/h	nej	nej	naturlig	naturlig
underlagstak	folie	plywood	plywood	plywood	plywood	plywood
isolering	Vitull	Termoträ	Rockwool	Ekofiber	Vitull	Ekofiber

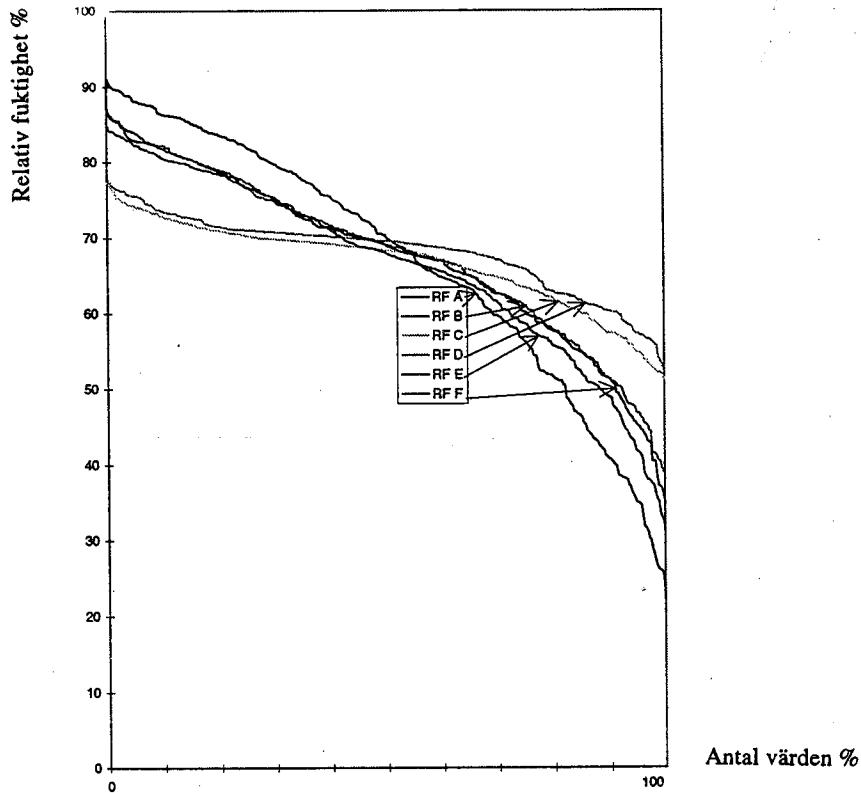


Figur 5.13 Mätvärden för de olika vindarna samlade i fallande ordning. Figuren avser februari 1995.

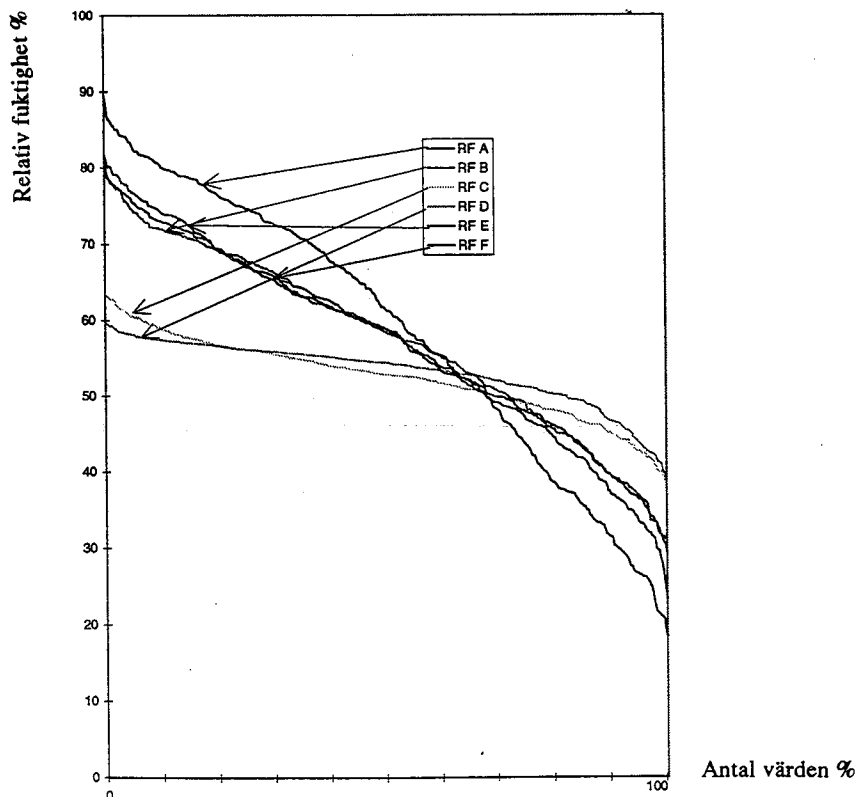


Figur 5.14 Mätvärden för de olika vindarna samlade i fallande ordning. Figuren avser mars 1995.

	A	B	C	D	E	F
ventilation	2 oms/h	2 oms/h	nej	nej	naturlig	naturlig
underlagstak	folie	plywood	plywood	plywood	plywood	plywood
isolering	Vitull	Termoträ	Rockwool	Ekofiber	Vitull	Ekofiber



Figur 5.15 Mätvärden för de olika vindarna samlade i fallande ordning. Figuren avser april 1995.



Figur 5.16 Mätvärden för de olika vindarna samlade i fallande ordning. Figuren avser maj 1995.

	A	B	C	D	E	F
ventilation	2 oms/h	2 oms/h	nej	nej	naturlig	naturlig
underlagstak	folie	plywood	plywood	plywood	plywood	plywood
isolering	Vitull	Termoträ	Rockwool	Ekofiber	Vitull	Ekofiber

I tabellerna 5.1 och 5.2 nedan sammanfattas de mätta värdena i de olika vindsutrymmena månad för månad. I tabell 5.1 anges hur många av mätvärdena (i %) som under månaden har överstigit 90 % RF. I tabell 5.2 anges motsvarande för dem som överstigit 95 % RF.

Tabell 5.1 Andel värden (%) som överstiger 90 % RF under olika månader.

	A	B	C	D	E	F
juni 94	0	0	0	0	0	0
juli 94	0	0	0	0	0	0
augusti 94	1	0	0	0	0	0
september 94	7	0	0	0	0	0
oktober 94	36	2	0	0	19	15
november 94	68	38	3	0	65	49
december 94	96	93	59	37	99	97
januari 95	62	56	43	45	78	69
februari 95	70	58	26	43	73	64
mars 95	30	19	7	23	29	22
april 95	1	0	0	0	0	0
maj 95	0	0	0	0	0	0
juni 95	0	0	0	0	0	0

Tabell 5.2 Andel värden (%) som överstiger 95 % RF under olika månader.

	A	B	C	D	E	F
juni 94	0	0	0	0	0	0
juli 94	0	0	0	0	0	0
augusti 94	0	0	0	0	0	0
september 94	1	0	0	0	0	0
oktober 94	2	0	0	0	1	1
november 94	23	2	0	0	11	5
december 94	65	7	0	0	58	36
januari 95	28	7	0	0	29	20
februari 95	31	2	0	0	28	9
mars 95	8	0	0	0	4	1
april 95	0	0	0	0	0	0
maj 95	0	0	0	0	0	0
juni 95	0	0	0	0	0	0

5.1 Diskussion av mätvärden

Jämför man klimatvariationerna i vindarna som är isolerade med cellulosaisolering med variationerna i vindarna med mineralull finns en viss skillnad. I ett vindsutrymme med cellulosaisolering utjämnas dygnssvängningarna något av den fuktbuffering man erhåller av fuktabsorption och -desorption i fibrerna. Detta beror på att cellulosamaterialet är i direkt kontakt med luften i vindsutrymmet. Effekten kan studeras i figurerna 5.1 - 5.3. I figur 5.1 är effekten tydligast beroende på att såväl underlagstak som isoleringsmaterial är hygroskopiska (B) resp icke hygroskopiska (A). I figur 5.2 och 5.3 är skillnaderna små.

Skillnaden mellan olika ventilationsgrad framgår av figurerna 5.4 och 5.5. I figurerna 5.6 - 5.18 visas värden för samtliga vindsutrymmen månad för månad. Figurerna skall tolkas så att en brant kurva betyder stora variationer och en flack kurva små variationer under mätperioden. I figur 5.6 som gäller mätningar under juli 1994 är detta tydligast. Kurvan för den relativa fuktigheten i vindsutrymme A är brant och har stor skillnad mellan största och minsta värde. Kurvan för D är mest flack. Detta visar att variationen är stor i A (som har Vitull, Monarfol PE-folie som underlagstak och styrd ventilation 2 oms/h) och betydligt mindre i D (som har Ekofiber, plywood som underlagstak och är oventilerat).

De observerade effekterna gäller vindsutrymmet. Med cellulosaisolering och underlagstak av trä får man något jämnare klimat på vinden än med mineralullsisolering och underlagstak av plastfolie. Detta beror på att cellulosamaterialet är i direkt kontakt med luften i vindsutrymmet. Någon liknande effekt kan inte förväntas mellan inneluft och isolering ens om plastfolien utelämnas.

Med minskad ventilation får man både ett jämnare klimat och lägre fuktighet än med högre. Detta beror på att ventilationen tillför fukt som under kalla klara nätter kan kondensera inne i taket.

Det bör också påpekas att dessa observerade effekter och därav dragna slutsatser gäller för vindsutrymmen i nordiskt klimat där tillförsel av fukt på grund av diffusion eller konvektion förhindrats. Att helt slopa ventilationen på vinden skulle innebära ett risktagande om fukt ändå kommer in. Viss ventilation, om än i mindre grad än idag, rekommenderas.

6 Beräkningar

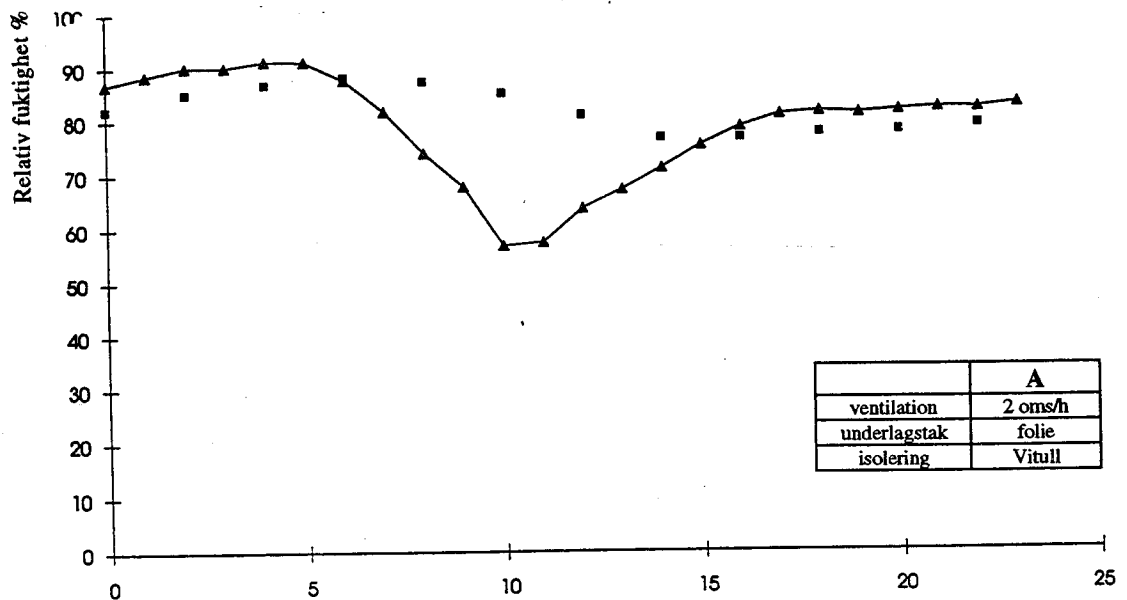
Flera forskare har utvecklat eller håller på att utveckla beräkningsprogram för fuktbalans på vindar. I några fall har man utvecklat programmet för just detta forskningsprojekt, i andra fall har ett mera allmänt beräkningsprogram justerats att avse ventilerade vindar. Följande forskare har fått vårt uppdrag att tillämpa sina beräkningsmodeller på mätresultat från våra vindar.

Thomas Blomberg, LTH
 Carl-Erik Hagentoft CTH
 Lars-Erik Larsson, CTH
 Morten Hjorslev Hansen, SBI

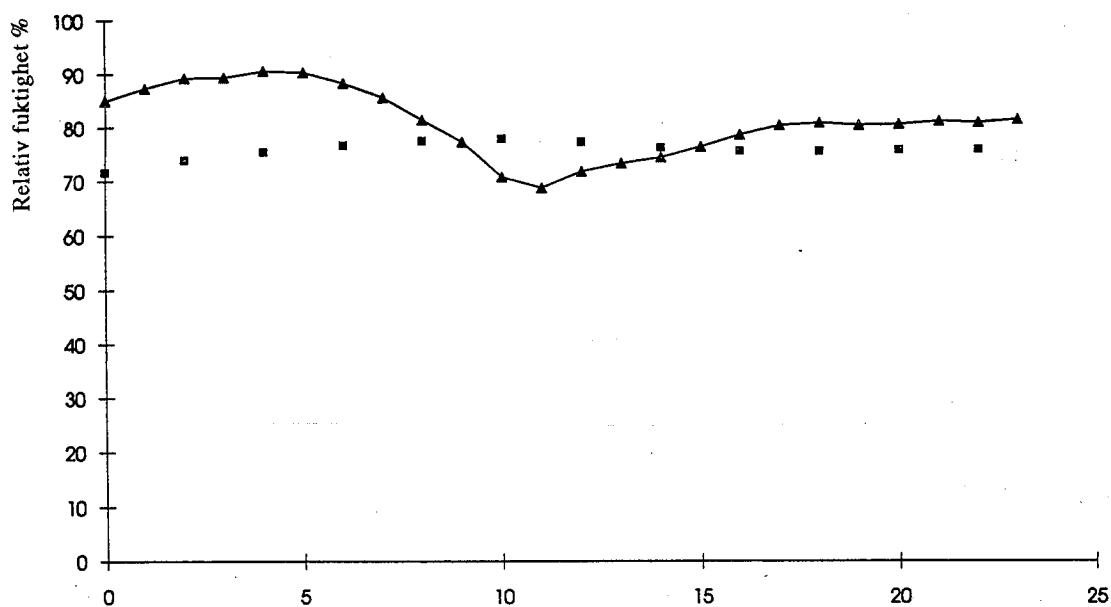
I förutsättningarna, som varit lika för alla, finns materialegenskaper, vindsutrymmets dimensioner, utetemperatur samt relativ fuktighet, nederbörd, vind och sol ute. Utgående från dessa förutsättningar men utan vetskap om mätvärden för vindsutrymmena har forskarna beräknat fukt- och temperaturvariationer i de olika vindarna under året eller under en vecka i oktober 1994 och särskilt under dygnet den 22 oktober 1994.

6.1 Thomas Blomberg

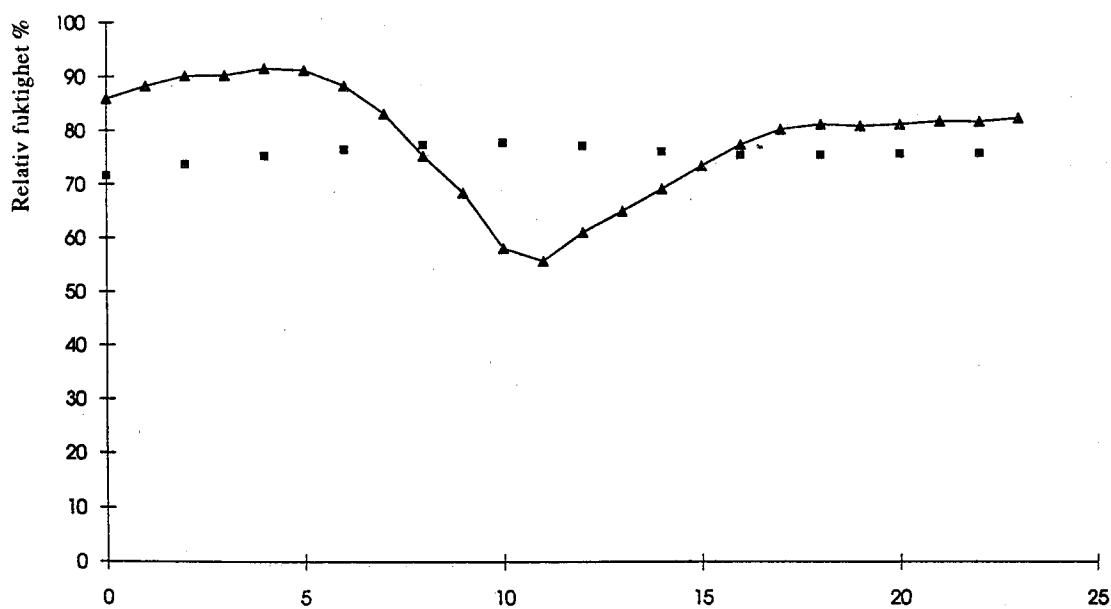
Thomas Blomberg, LTH, har beräknat temperaturer och relativa fuktigheter i vindsutrymmena under ett dygn i oktober (22 oktober) då uteklimatet hade varierat ungefär på samma sätt under flera dygn (5). I beräkningarna har först temperaturförhållandena behandlats med responsfaktormetoden. Därefter har fukttinnehållet beräknats utgående från uteluftens fukt och absorption/desorption i hygroskopiska material.



Figur 6.1 Beräknad (TB) relativ fuktighet i fack A. Punkterna anger mätta värden, heldragen linje beräknade.



Figur 6.2 Beräknad (TB) relativ fuktighet i fack C. Punkterna anger mätta värden, hel- dragen linje beräknade. Ingen hänsyn har tagits till strålning.



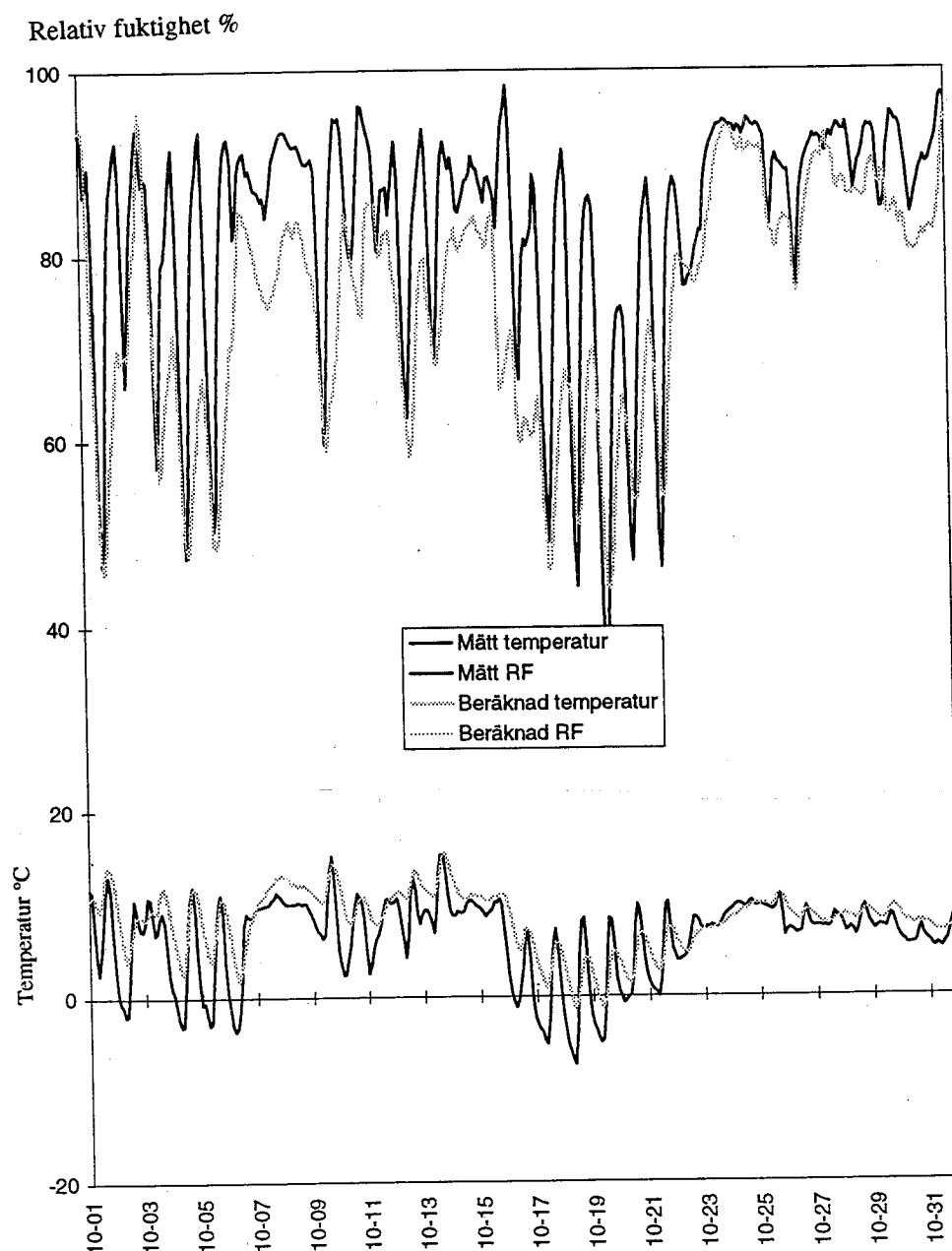
Figur 6.3 Beräknad (TB) relativ fuktighet i fack C. Punkterna anger mätta värden, hel- dragen linje beräknade. Hänsyn har tagits till strålning.

	C
ventilation	nej
underlagstak	plywood
isolering	Rockwool

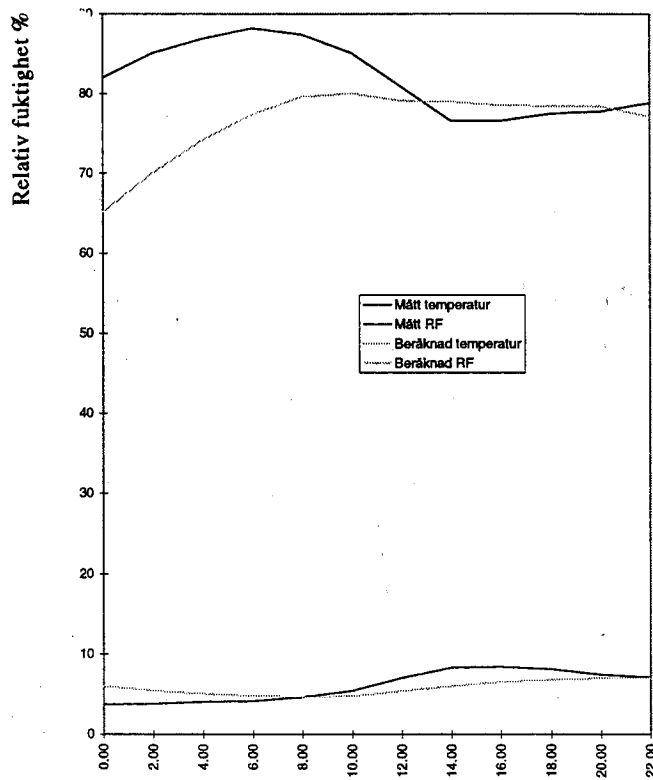
6.2 Carl-Erik Hagentoft

Beräkningsmodellens termiska del baseras på en energibalans för vindsutrymmet. Den tar hänsyn till solstrålning, konvektivt och långvågigt energiutbyte med den yttre omgivningen. Inne på vinden tar modellen hänsyn till långvågigt strålningsutbyte mellan takytor och vindsbjälklag, konvektiv överföring mellan luft och ytor samt ventilation. En detaljerad simulering av tak och bjälklag sker både med avseende på energi- och fukttransport. Simuleringen sker med en transient finita differensmetod. Modellen för fuktvandring baseras på ångtransport.

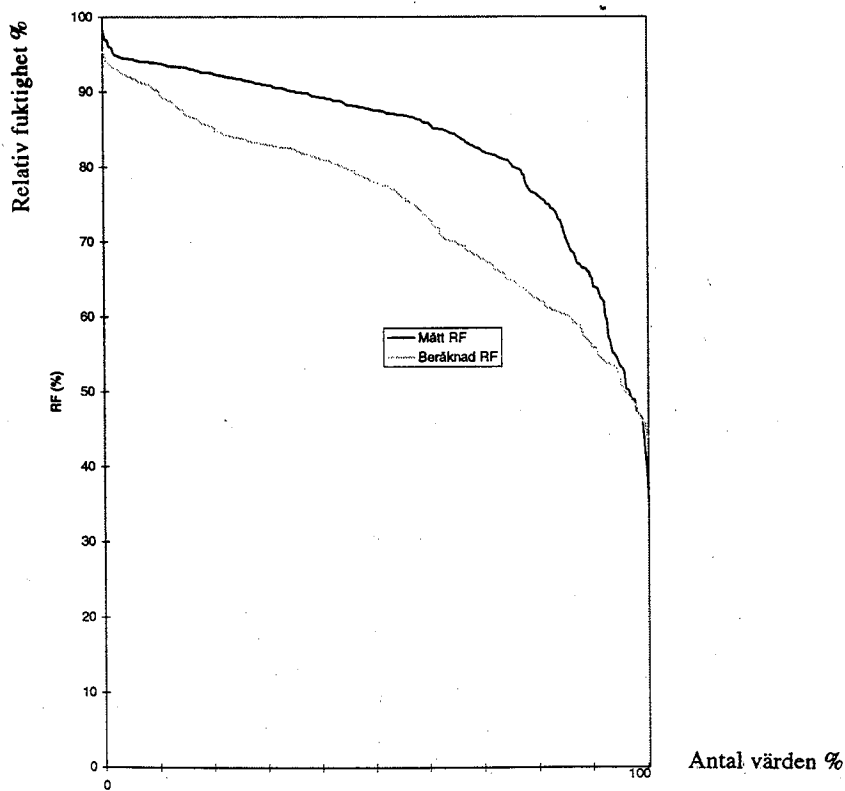
Modellen kan hantera ett utrymme med godtycklig triangulär form och varierande strålningsutbyte med omgivningen för de två takdelarna. I simuleringen ges solinstrålningen ett värde som är lika för de två ytorna givet av den globala strålningen som träffar en area motsvarande huskroppens area. Luftomsättningen i de naturligt ventilerade vindarna har satts till 0,8 oms/h och i de oventilerade till 0,2 oms/h.



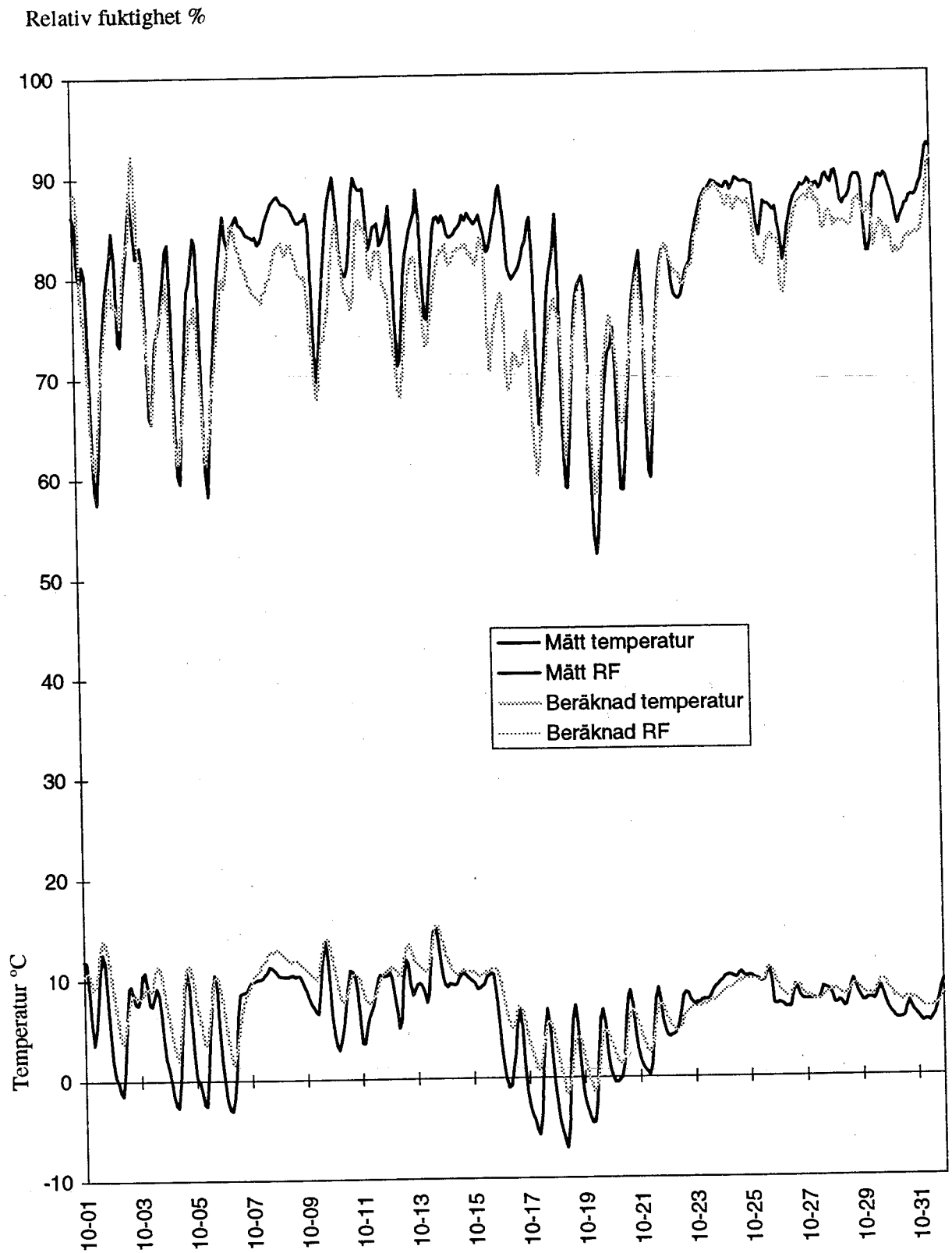
Figur 6.4 Beräknad (CEH) relativ fuktighet och temperatur jämfört med mätta värden i vindsutrymme A oktober 1994.



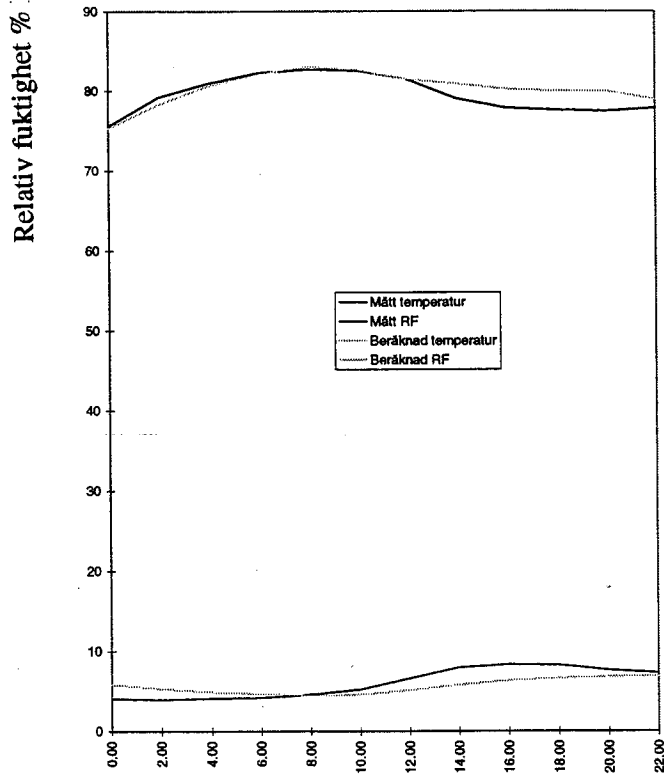
Figur 6.5 Beräknad (CEH) relativ fuktighet och temperatur jämfört med mätta värden i vindsutrymme A den 22 oktober 1994.



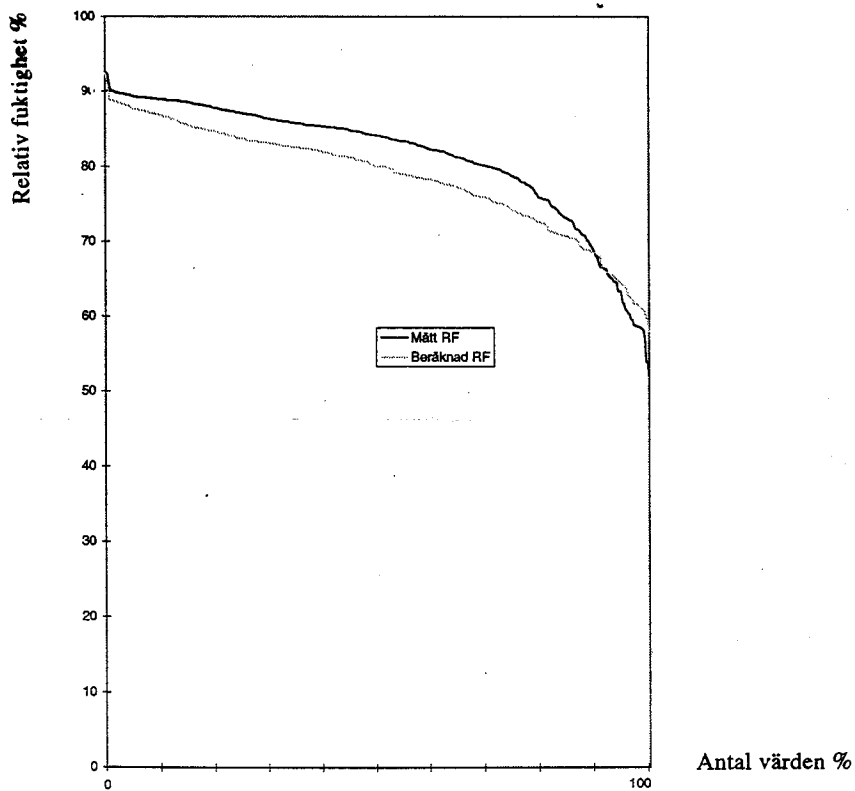
Figur 6.6 Jämförelse mellan mätta och beräknade (CEH) värden för fack A under oktober 1994 sorterade i fallande ordning.



Figur 6.7 Beräknad (CEH) relativ fuktighet och temperatur jämfört med mätta värden i vindsutrymme B oktober 1994.

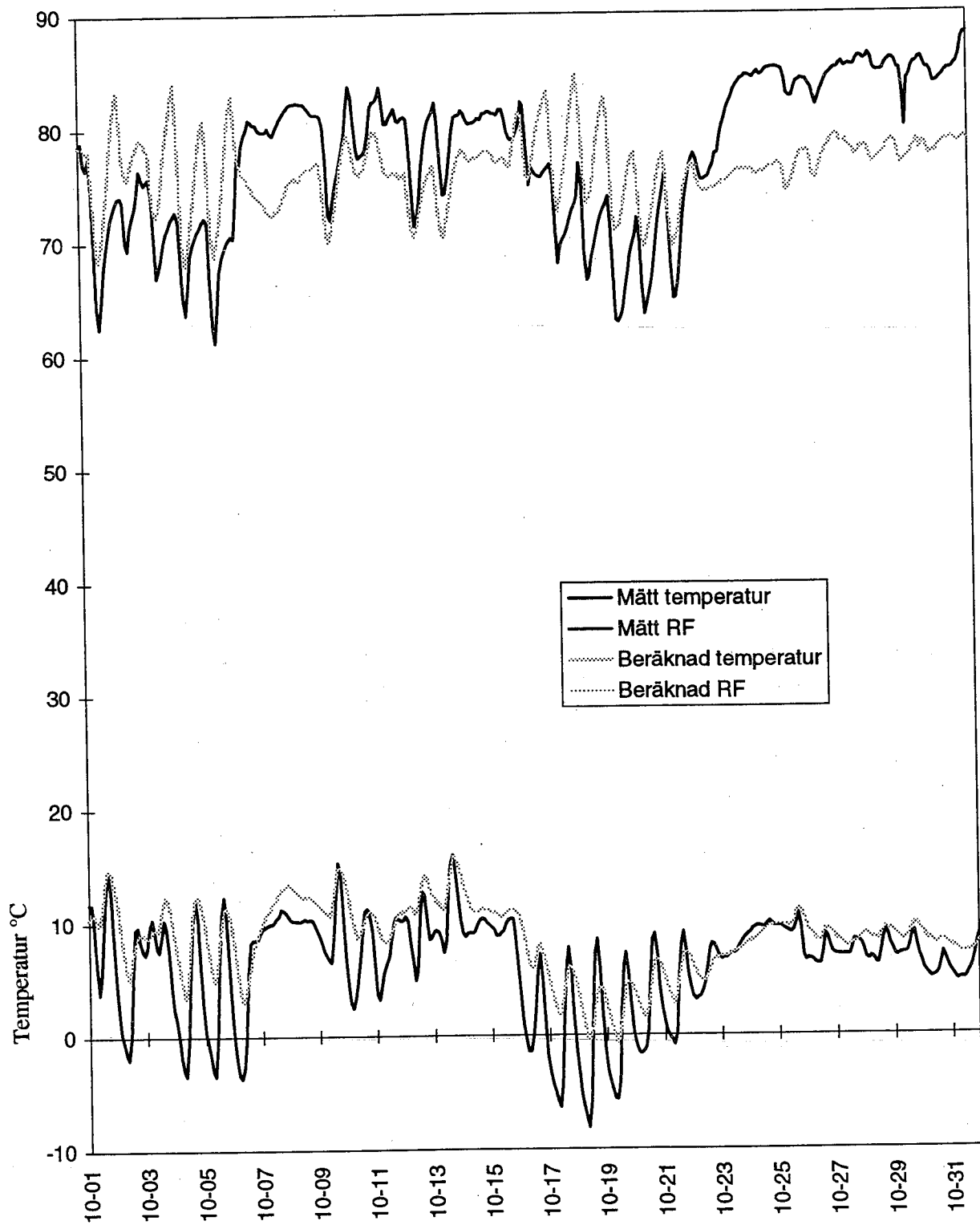


Figur 6.8 Beräknad (CEH) relativ fuktighet och temperatur jämfört med mätta värden i vindsutrymme B den 22 oktober 1994.

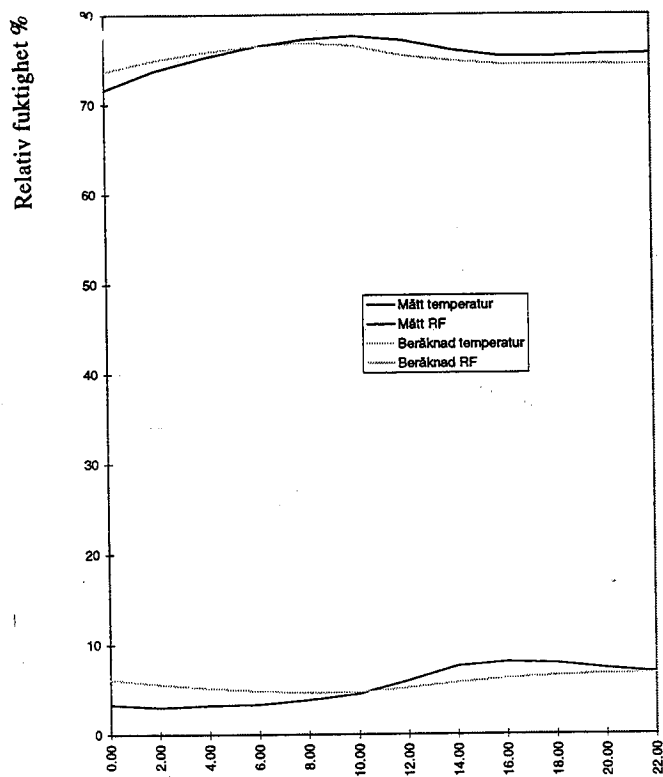


Figur 6.9 Jämförelse mellan mätta och beräknade (CEH) värden för fack B under oktober 1994 sorterade i fallande ordning.

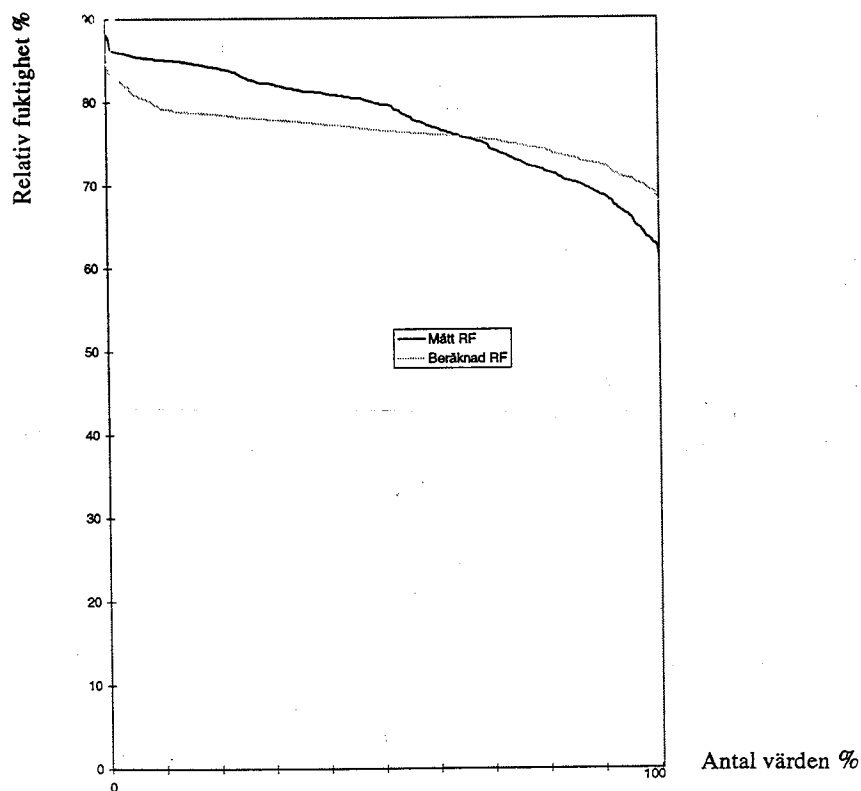
Relativ fuktighet %



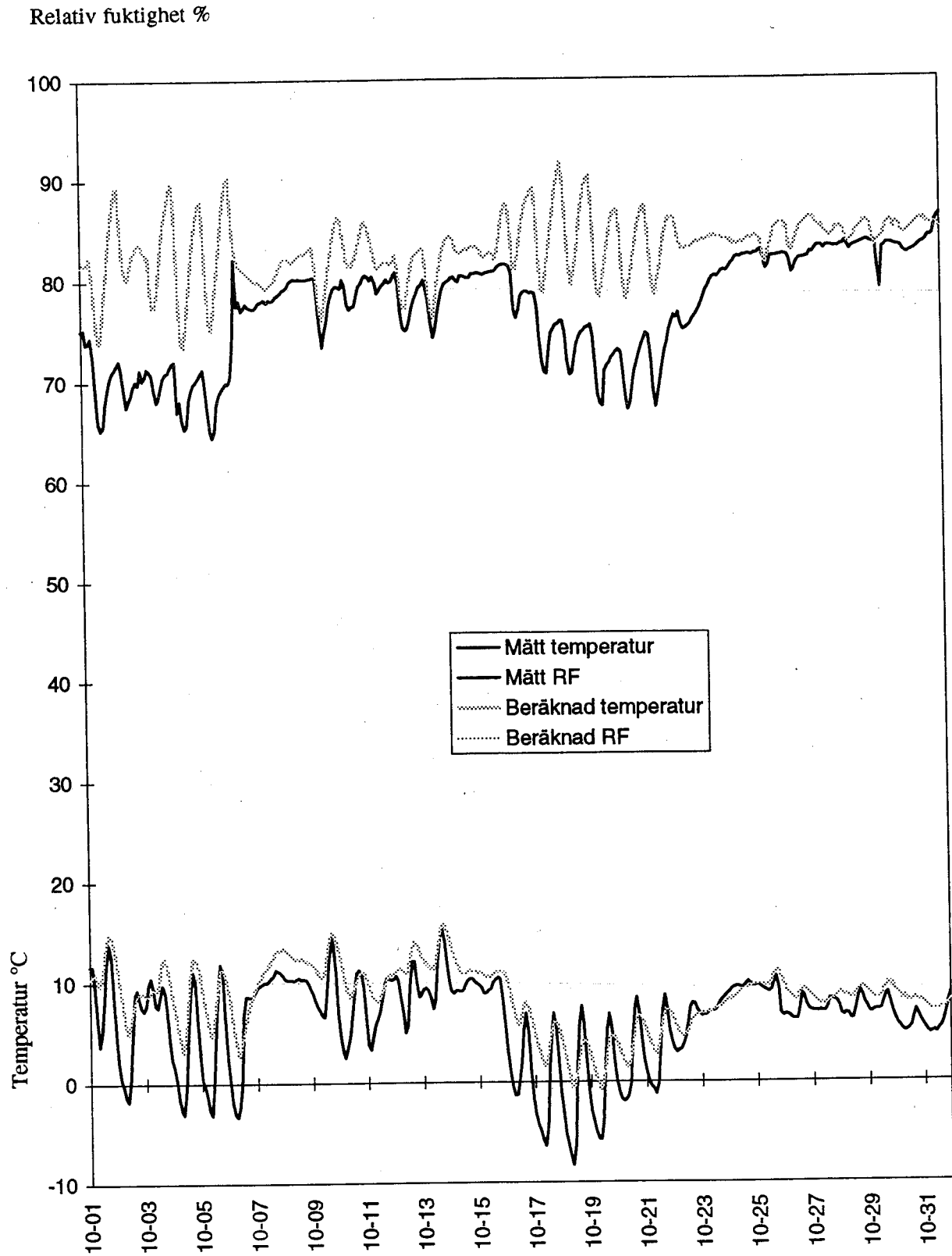
Figur 6.10 Beräknad (CEH) relativ fuktighet och temperatur jämfört med mätta värden i vindsutrymme C oktober 1994.



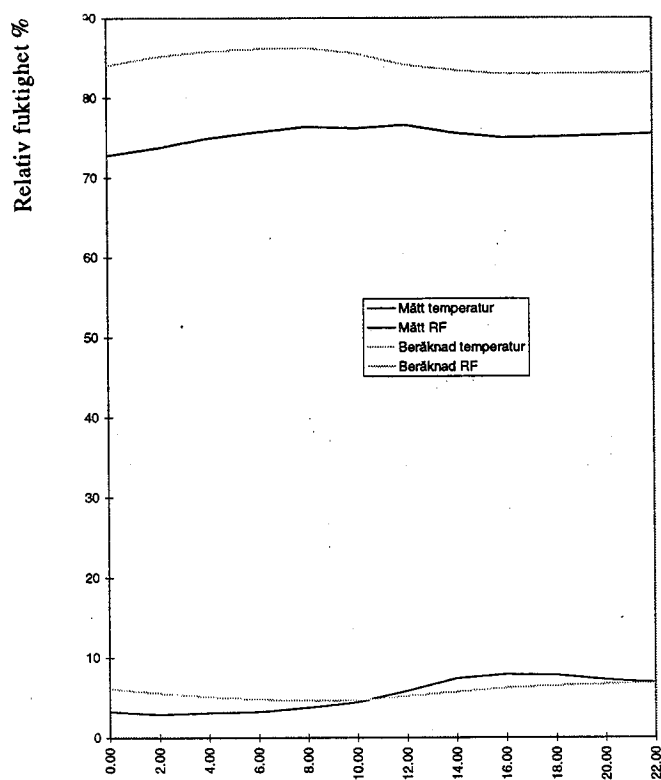
Figur 6.11 Beräknad (CEH) relativ fuktighet och temperatur jämfört med mätta värden i vindsutrymme C den 22 oktober 1994.



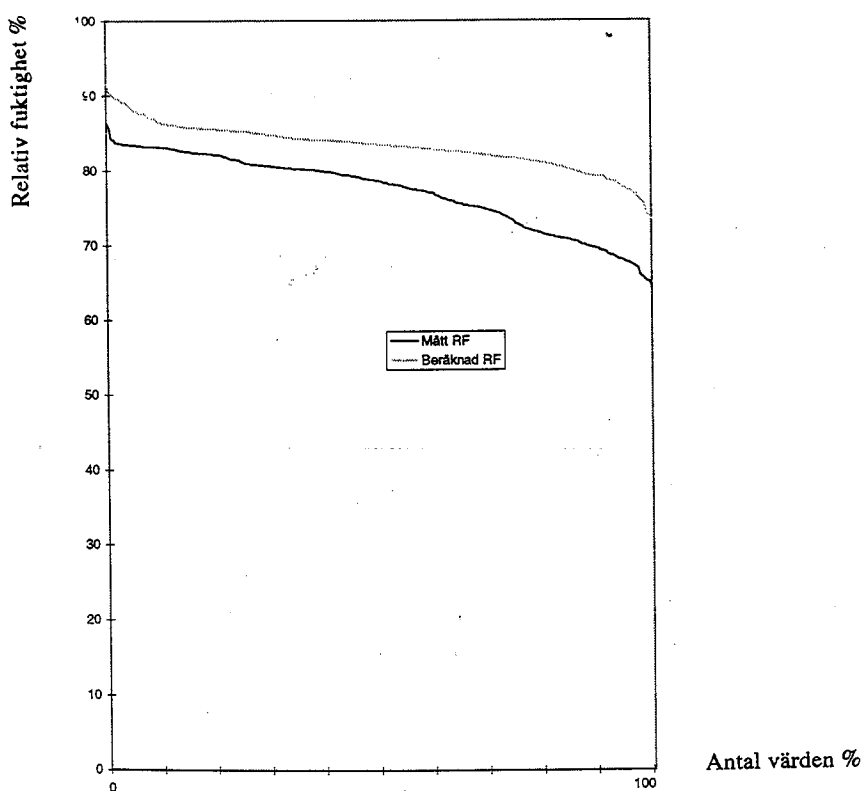
Figur 6.12 Jämförelse mellan mätta och beräknade värden (CEH) för fack C under oktober 1994 sorterade i fallande ordning.



Figur 6.13 Beräknad (CEH) relativ fuktighet och temperatur jämfört med mätta värden i vindsutrymme D oktober 1994.

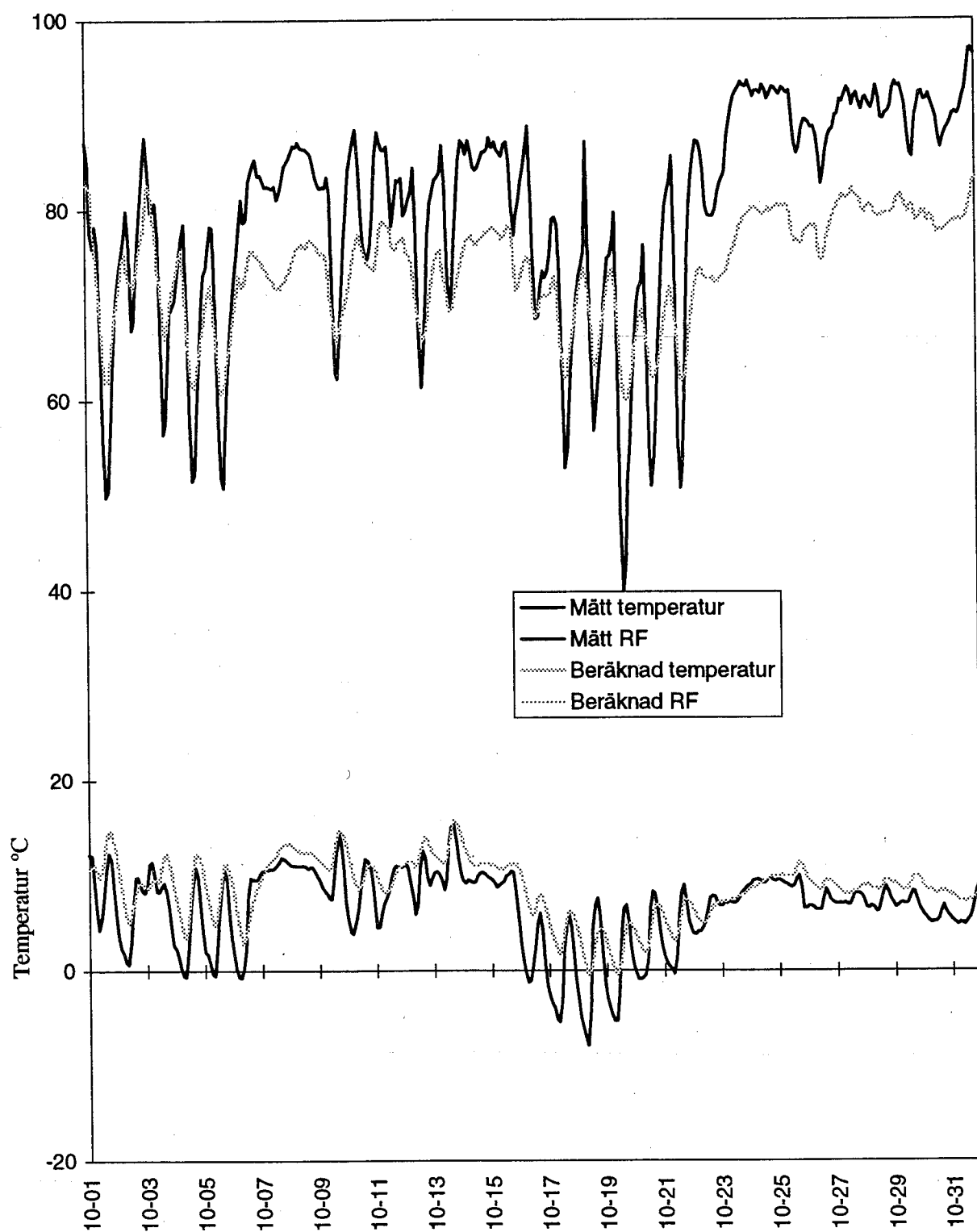


Figur 6.14 Beräknad (CEH) relativ fuktighet och temperatur jämfört med mätta värden i vindsutrymme D den 22 oktober 1994.

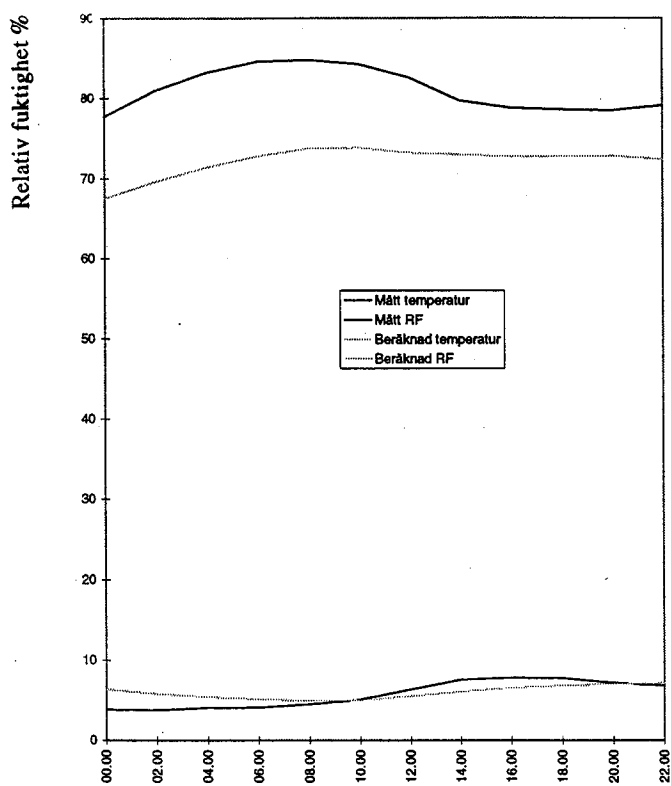


Figur 6.15 Jämförelse mellan mätta och beräknade värden (CEH) för fack D under oktober 1994 sorterade i fallande ordning.

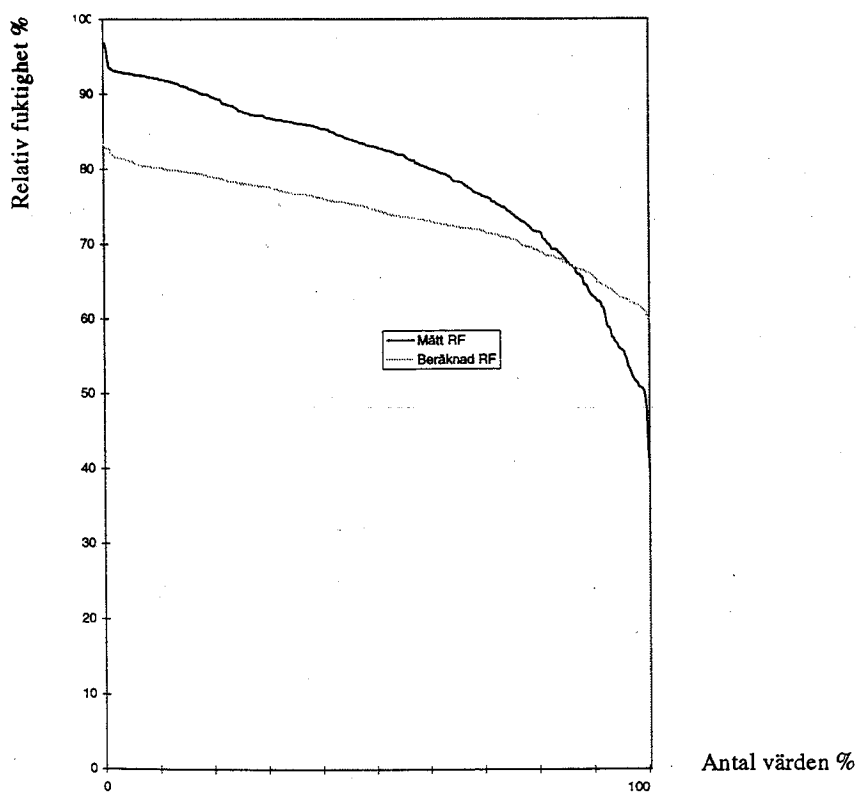
Relativ fuktighet %



Figur 6.16 Beräknad (CEH) relativ fuktighet och temperatur jämfört med mätta värden i vindsutrymme E oktober 1994.

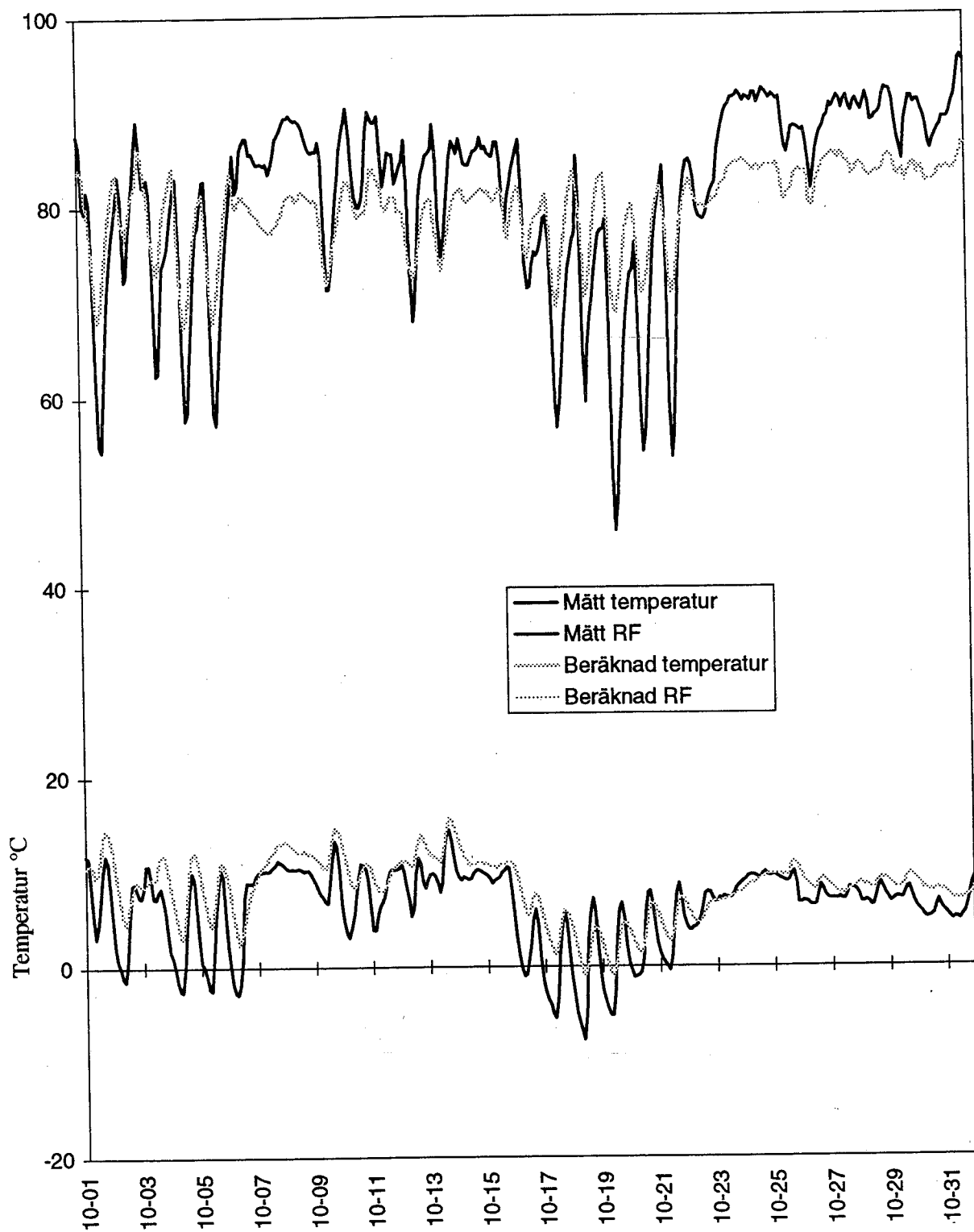


Figur 6.17 Beräknad (CEH) relativ fuktighet och temperatur jämfört med mätta värden i vindsutrymme E den 22 oktober 1994.

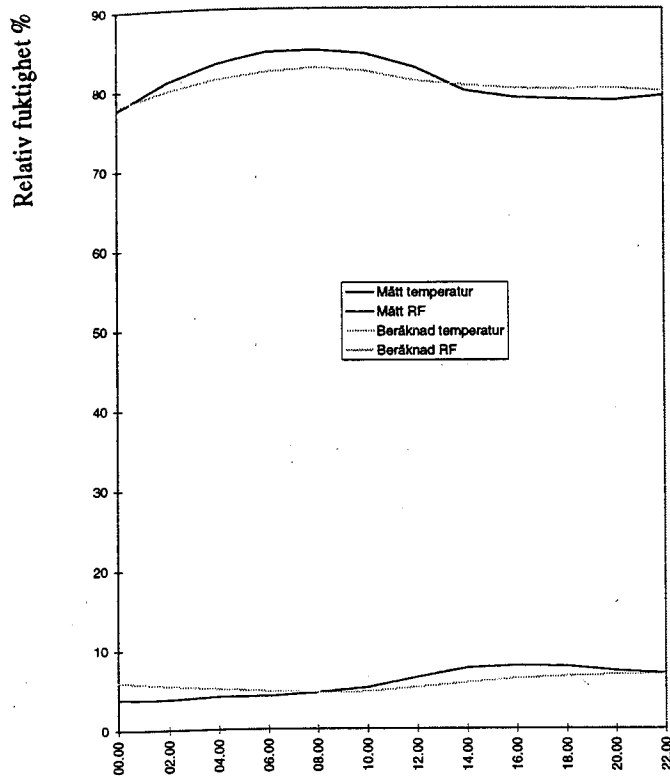


Figur 6.18 Jämförelse mellan mätta och beräknade värden (CEH) för fack E under oktober 1994 sorterade i fallande ordning.

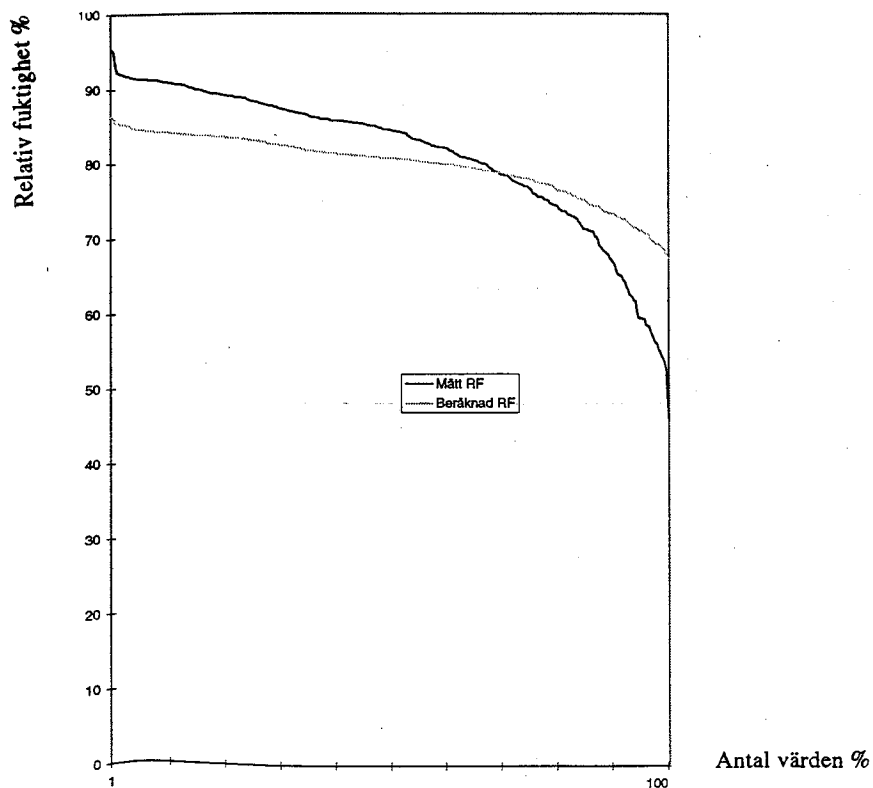
Relativ fuktighet %



Figur 6.19 Beräknad (CEH) relativ fuktighet och temperatur jämfört med mätta värden i vindsutrymme F oktober 1994.



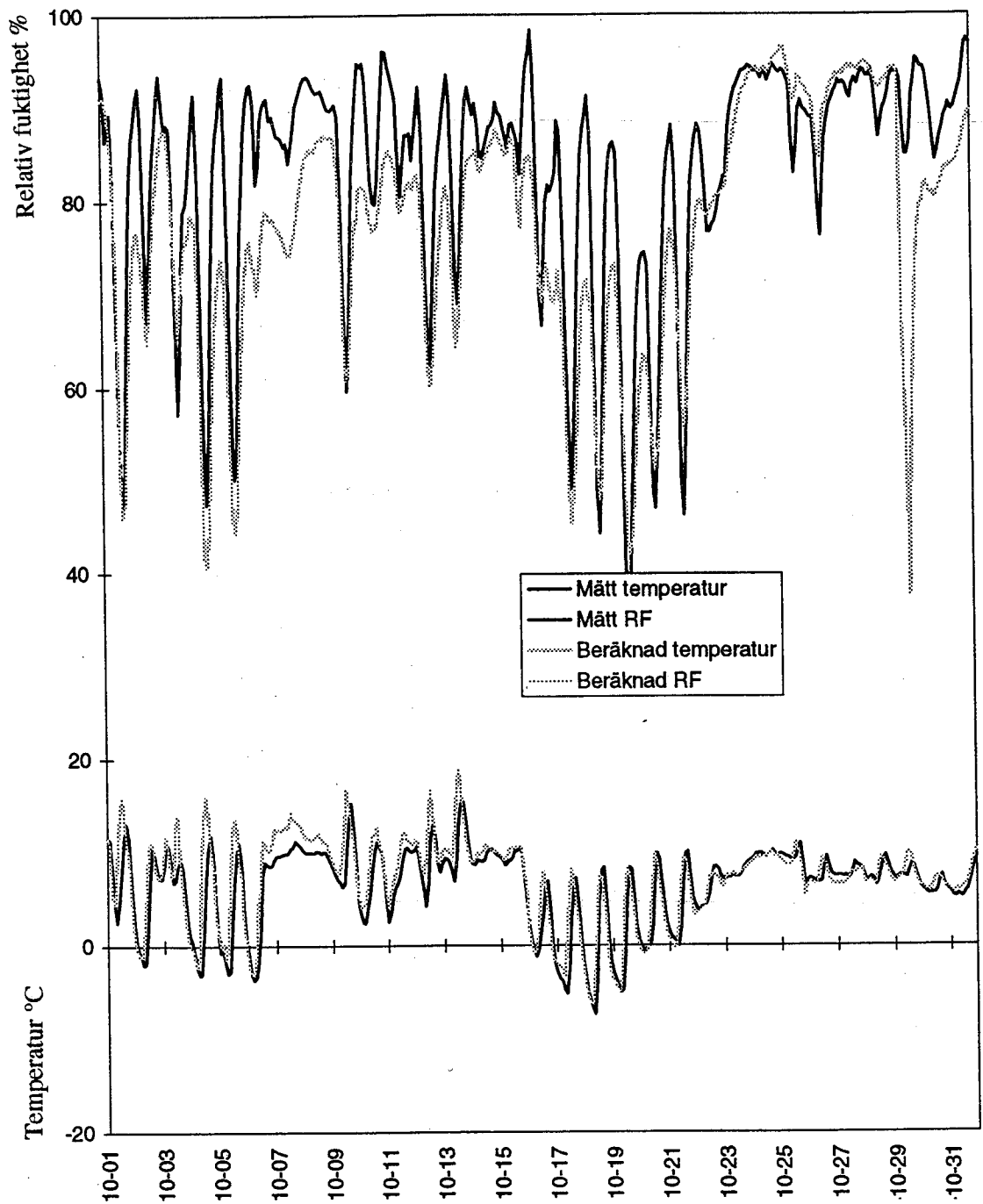
Figur 6.20 Beräknad (CEH) relativ fuktighet och temperatur jämfört med mätta värden i vindsutrymme F den 22 oktober 1994.



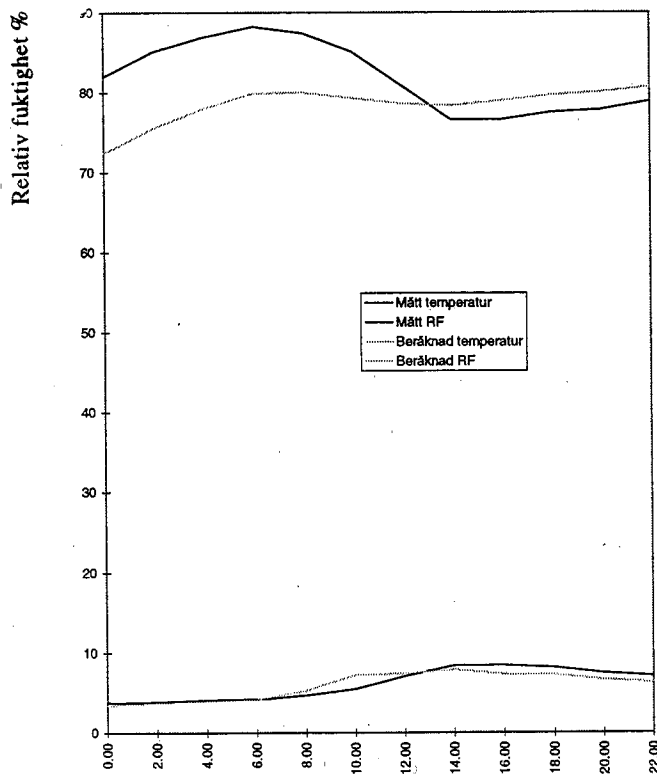
Figur 6.21 Jämförelse mellan mätta och beräknade värden (CEH) för fack F under oktober 1994 sorterade i fallande ordning.

6.3 Lars-Erik Larsson

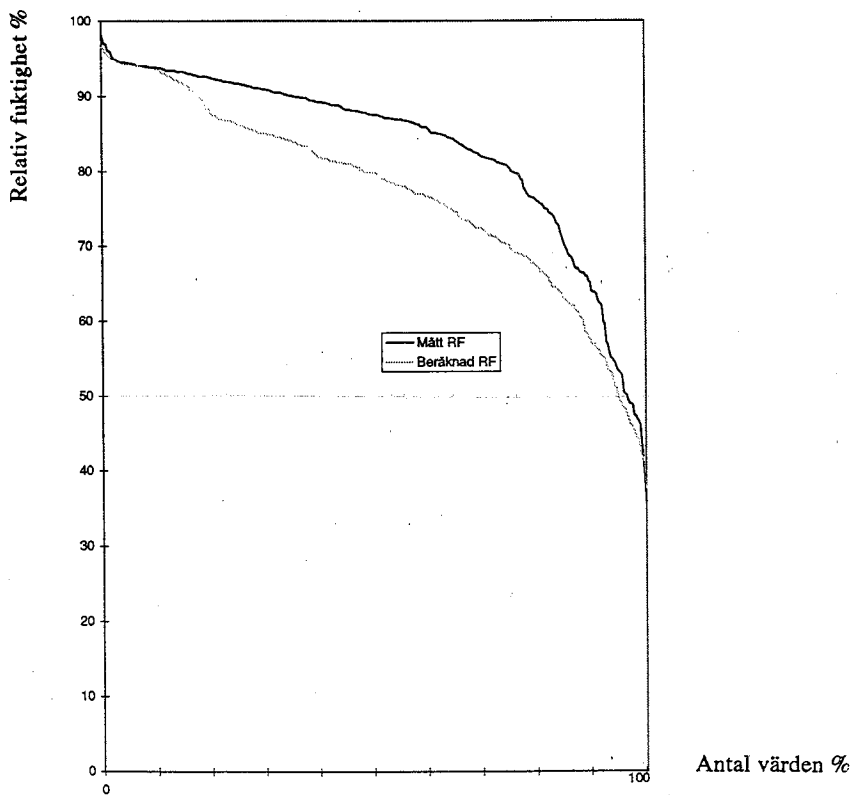
Lars-Erik Larsson, CTH, har utvecklat ett datorprogram för värme- och fukt för en kallvind (3,4). Sedan temperaturen bestämts beräknas fuktabsorptionen i 12 mm av träpanelen. Resultaten från beräkningarna redovisas dels för det yttersta skiktet av träpanelen dels för vindsutrymmet. I beräkningarna har luftväxlingen antagits till 0,2 oms/h i fack C och D och till 0,8 oms/h i E och F.



Figur 6.22 Beräknad (LEL) relativ fuktighet och temperatur jämfört med mätta värden i vindsutrymme A oktober 1994.

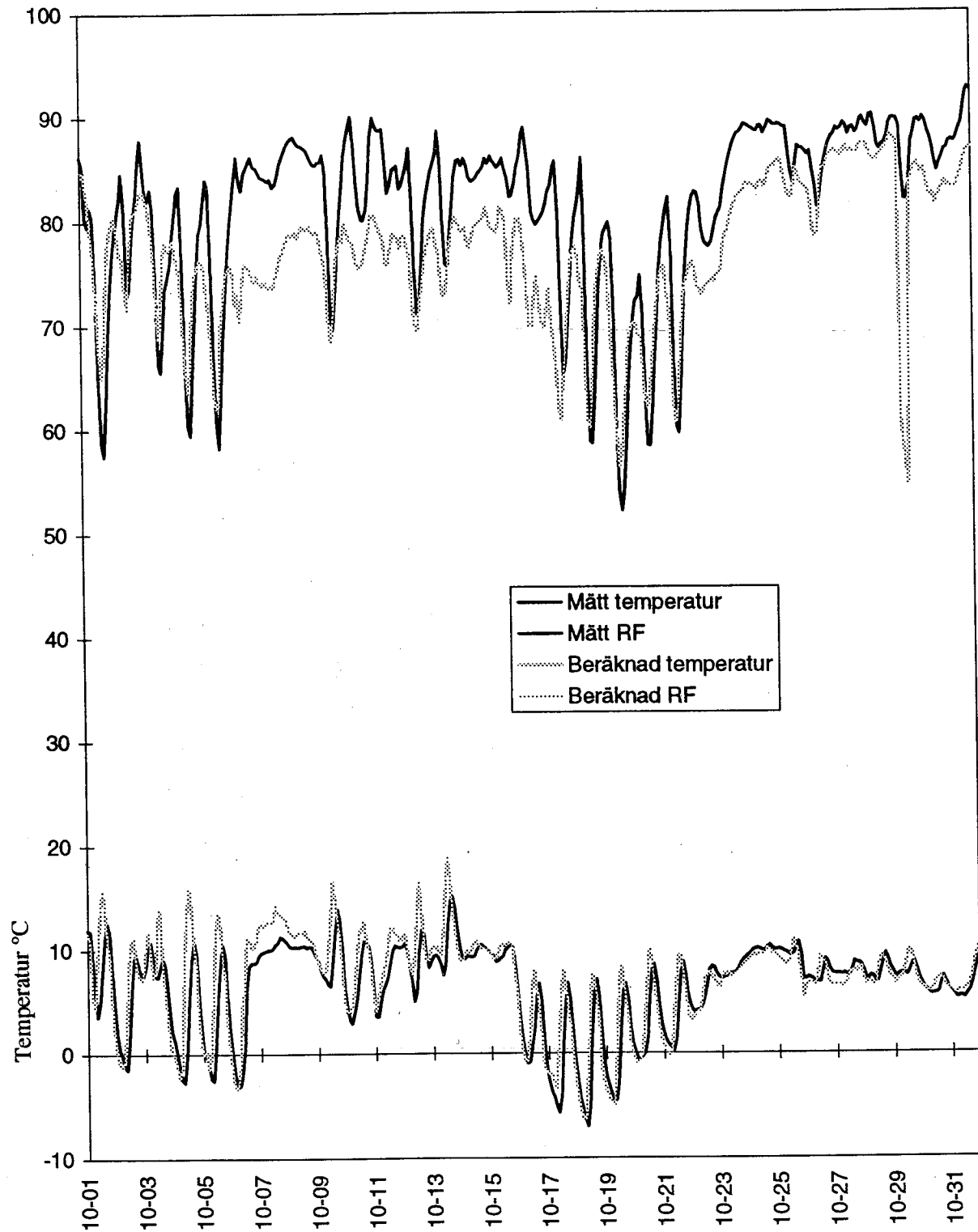


Figur 6.23 Beräknad (LEL) relativ fuktighet och temperatur jämfört med mätta värden i vindsutrymme A den 22 oktober 1994.

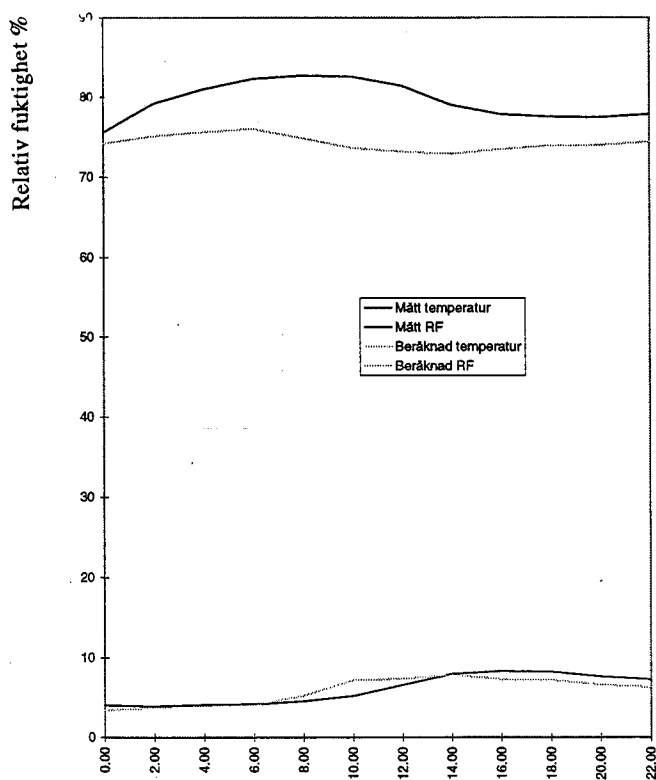


Figur 6.24 Jämförelse mellan mätta och beräknade (LEL) värden för fack A under oktober 1994 sorterade i fallande ordning.

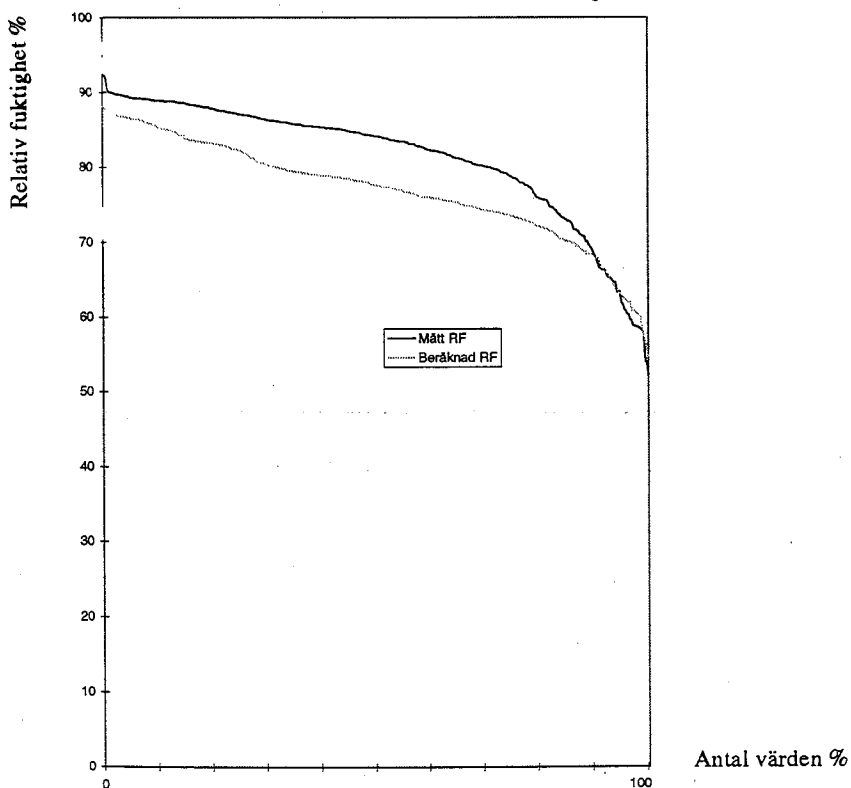
Relativ fuktighet %



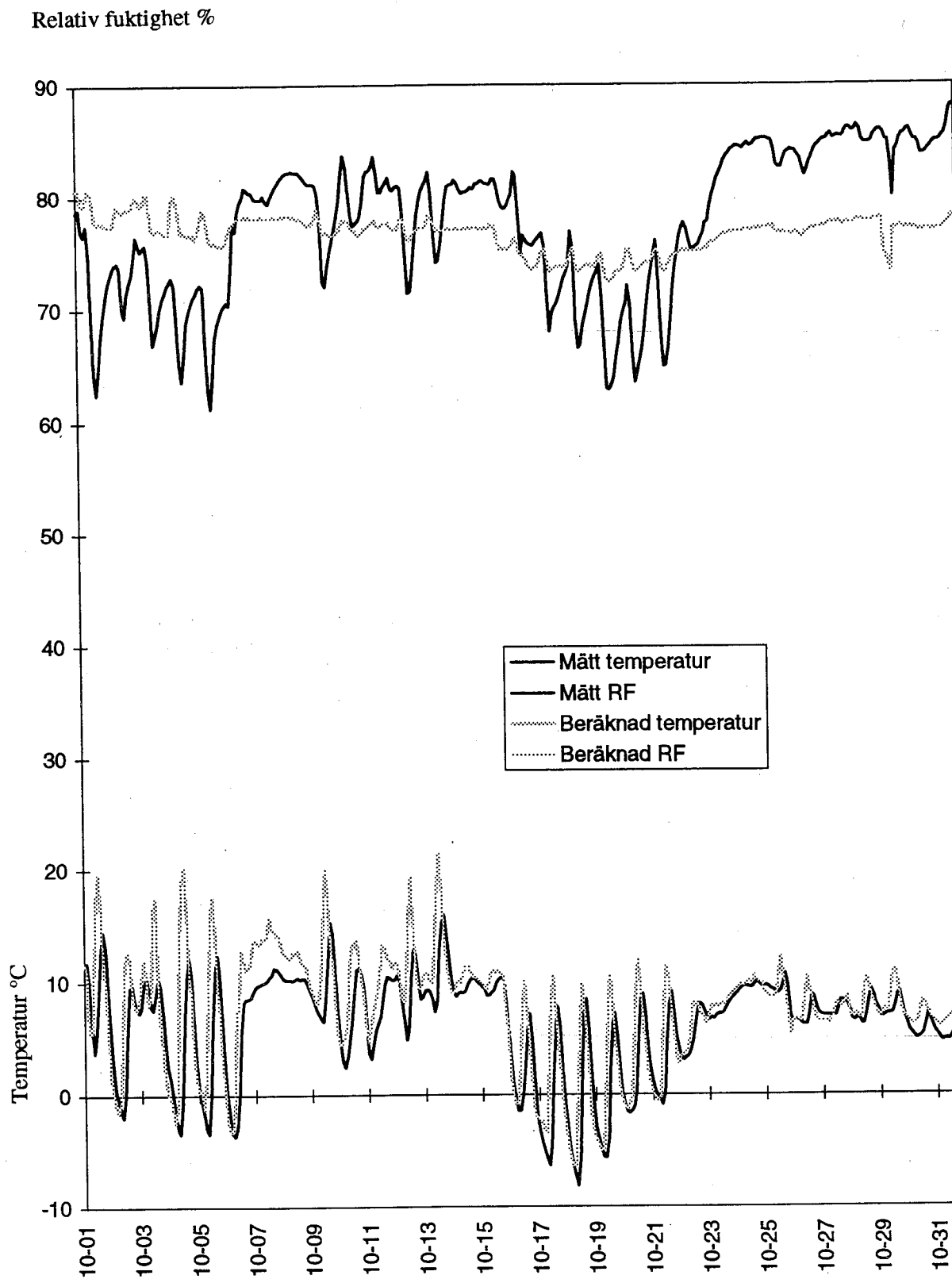
Figur 6.25 Beräknad (LEL) relativ fuktighet och temperatur jämfört med mätta värden i vindsutrymme B oktober 1994.



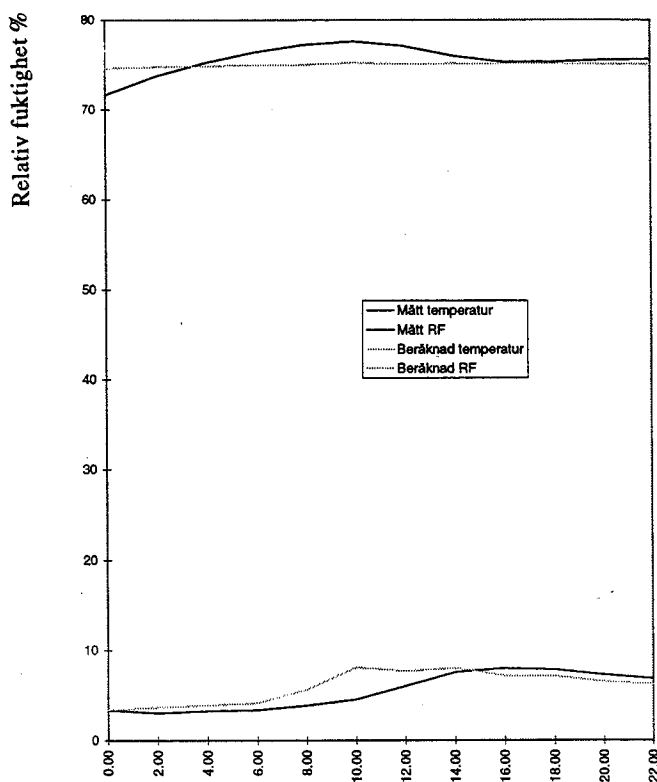
Figur 6.26 Beräknad (LEL) relativ fuktighet och temperatur jämfört med mätta värden i vindsutrymme B den 22 oktober 1994.



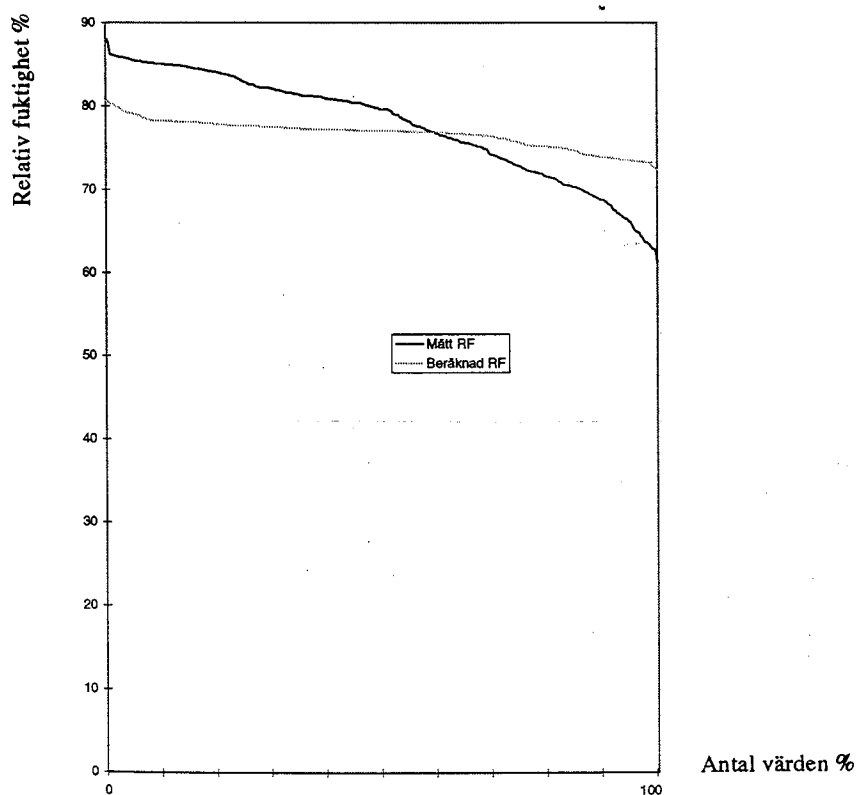
Figur 6.27 Jämförelse mellan mätta och beräknade (LEL) värden för fack B under oktober 1994 sorterade i fallande ordning.



Figur 6.28 Beräknad (LEL) relativ fuktighet och temperatur jämfört med mätta värden i vindsutrymme C oktober 1994.

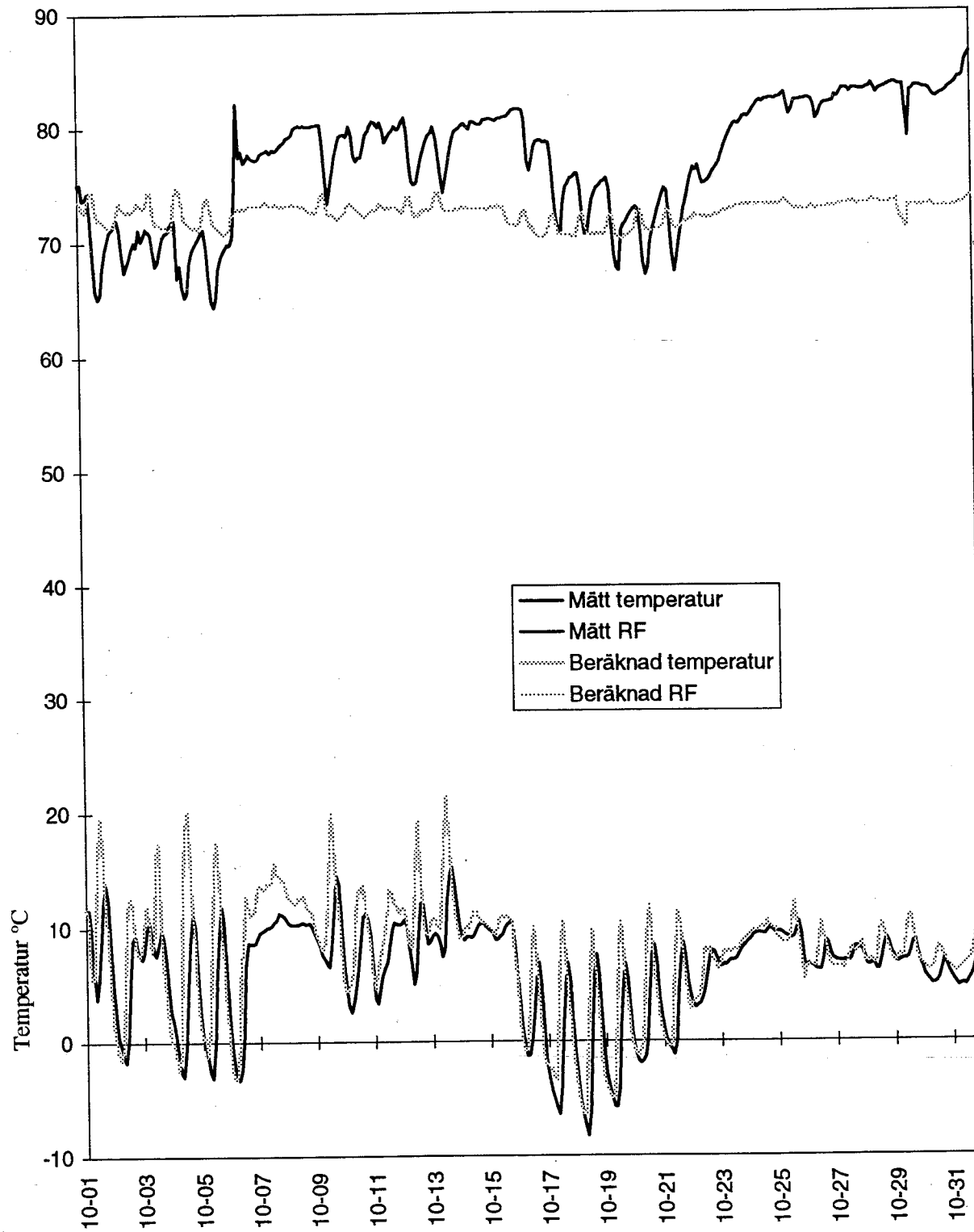


Figur 6.29 Beräknad (LEL) relativ fuktighet och temperatur jämfört med mätta värden i vindsutrymme C den 22 oktober 1994.

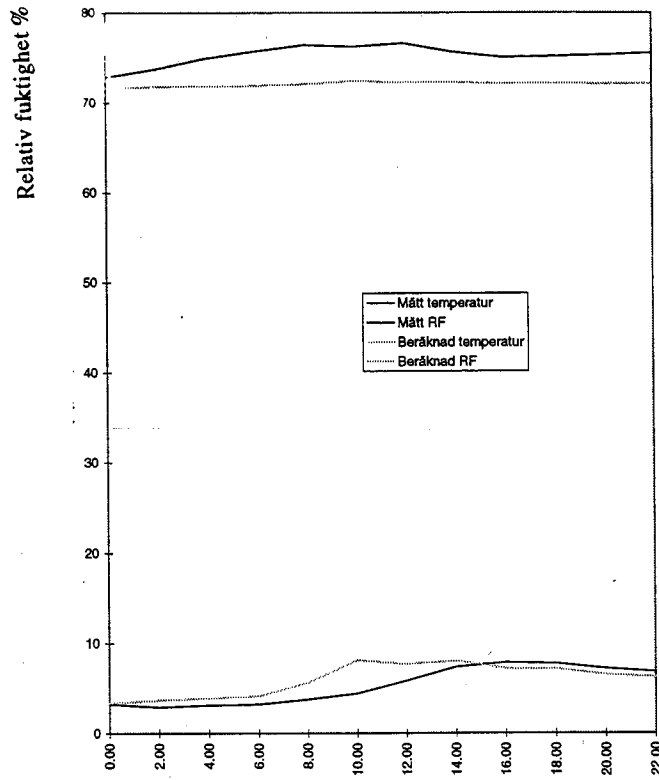


Figur 6.30 Jämförelse mellan mätta och beräknade värden (LEL) för fack C under oktober 1994 sorterade i fallande ordning.

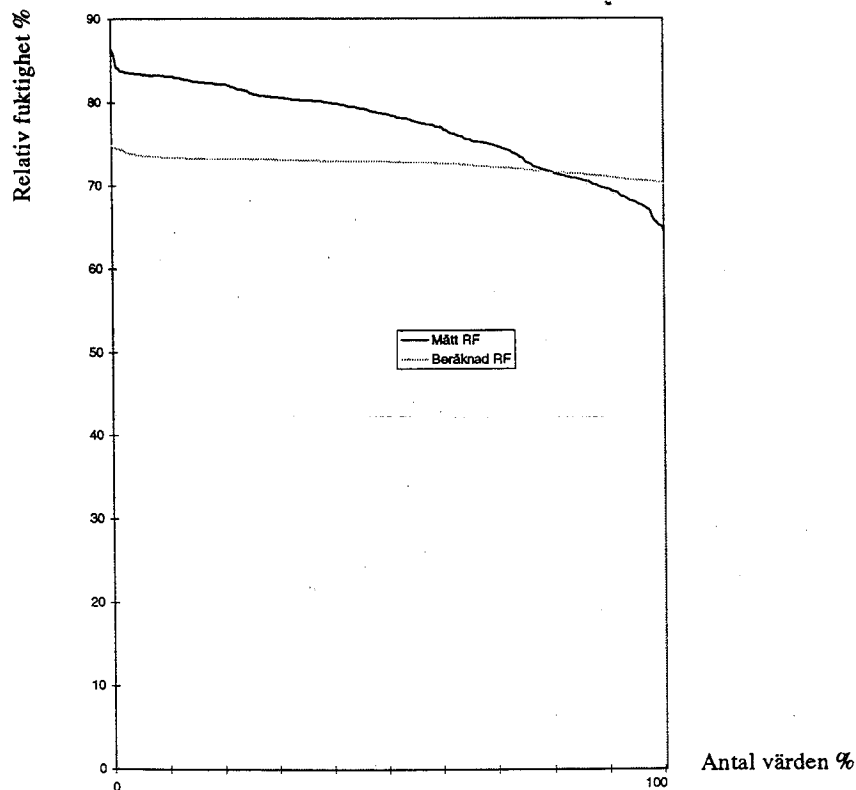
Relativ fuktighet %



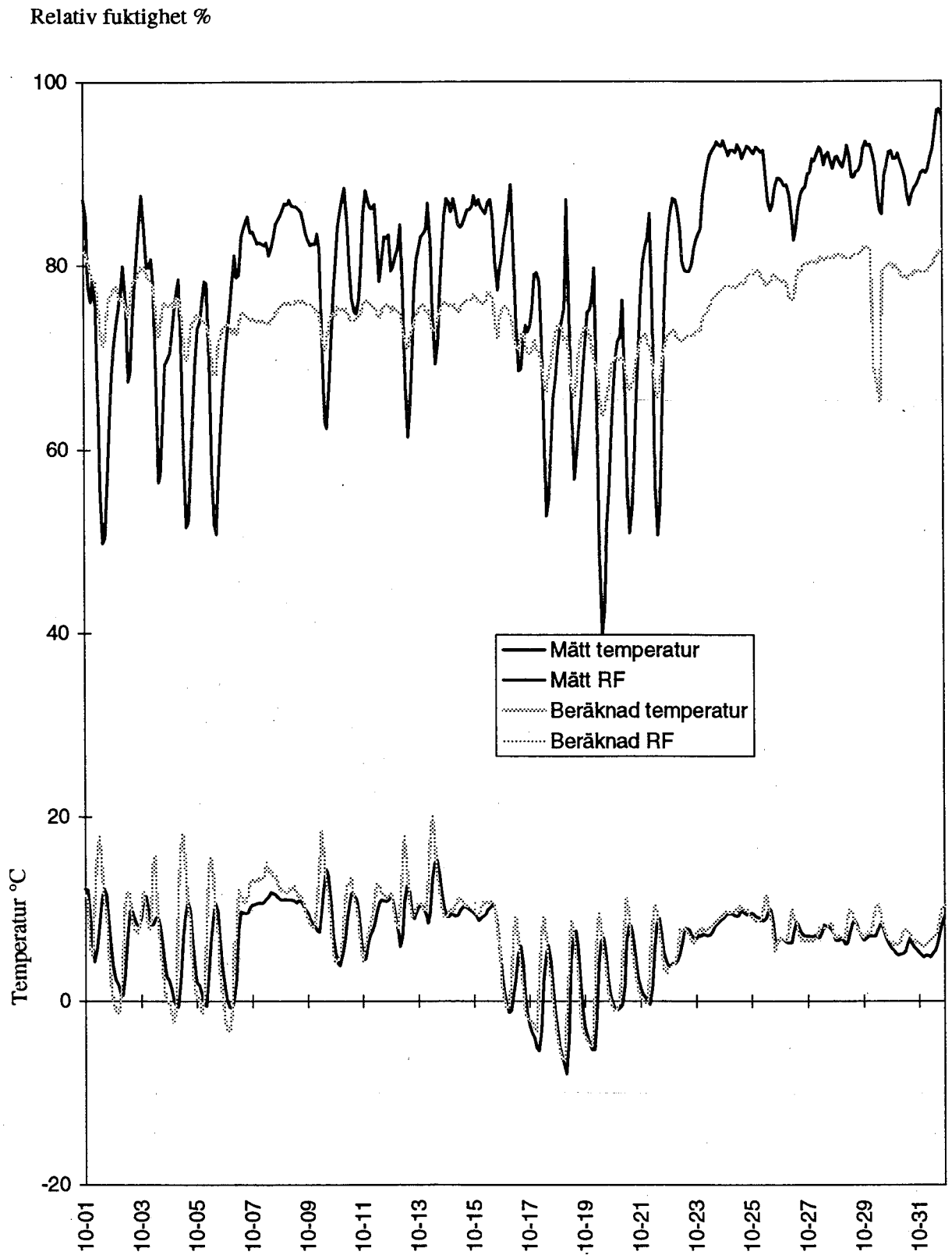
Figur 6.31 Beräknad (LEL) relativ fuktighet och temperatur jämfört med mätta värden i vindsutrymme D oktober 1994.



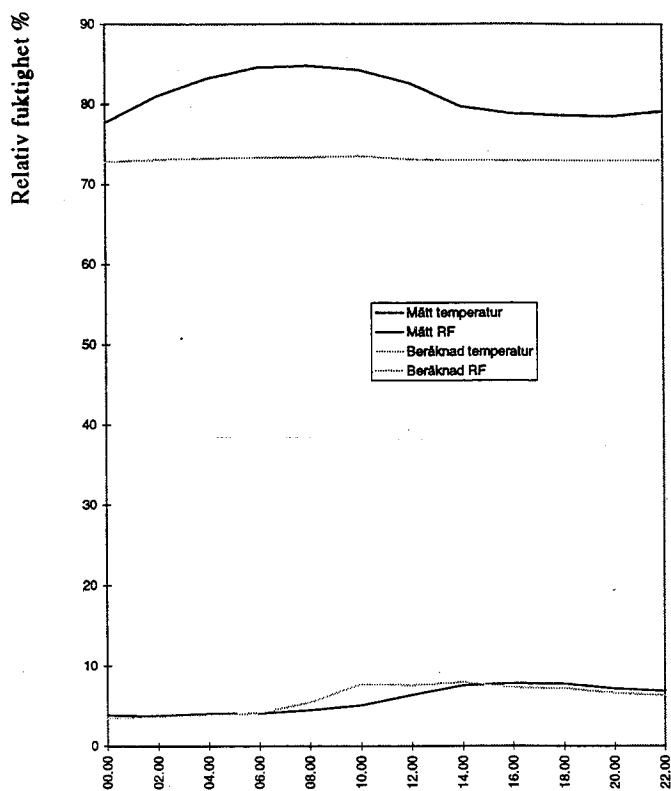
Figur 6.32 Beräknad (LEL) relativ fuktighet och temperatur jämfört med mätta värden i vindsutrymme D den 22 oktober 1994.



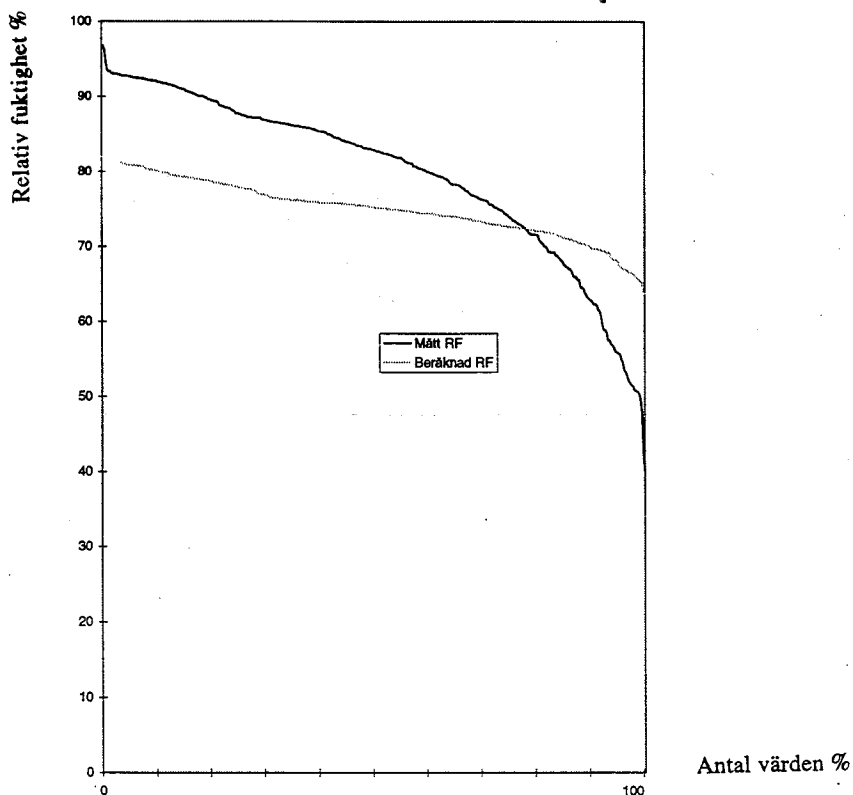
Figur 6.33 Jämförelse mellan mätta och beräknade värden (LEL) för fack D under oktober 1994 sorterade i fallande ordning.



Figur 6.34 Beräknad (LEL) relativ fuktighet och temperatur jämfört med mätta värden i vindsutrymme E oktober 1994.

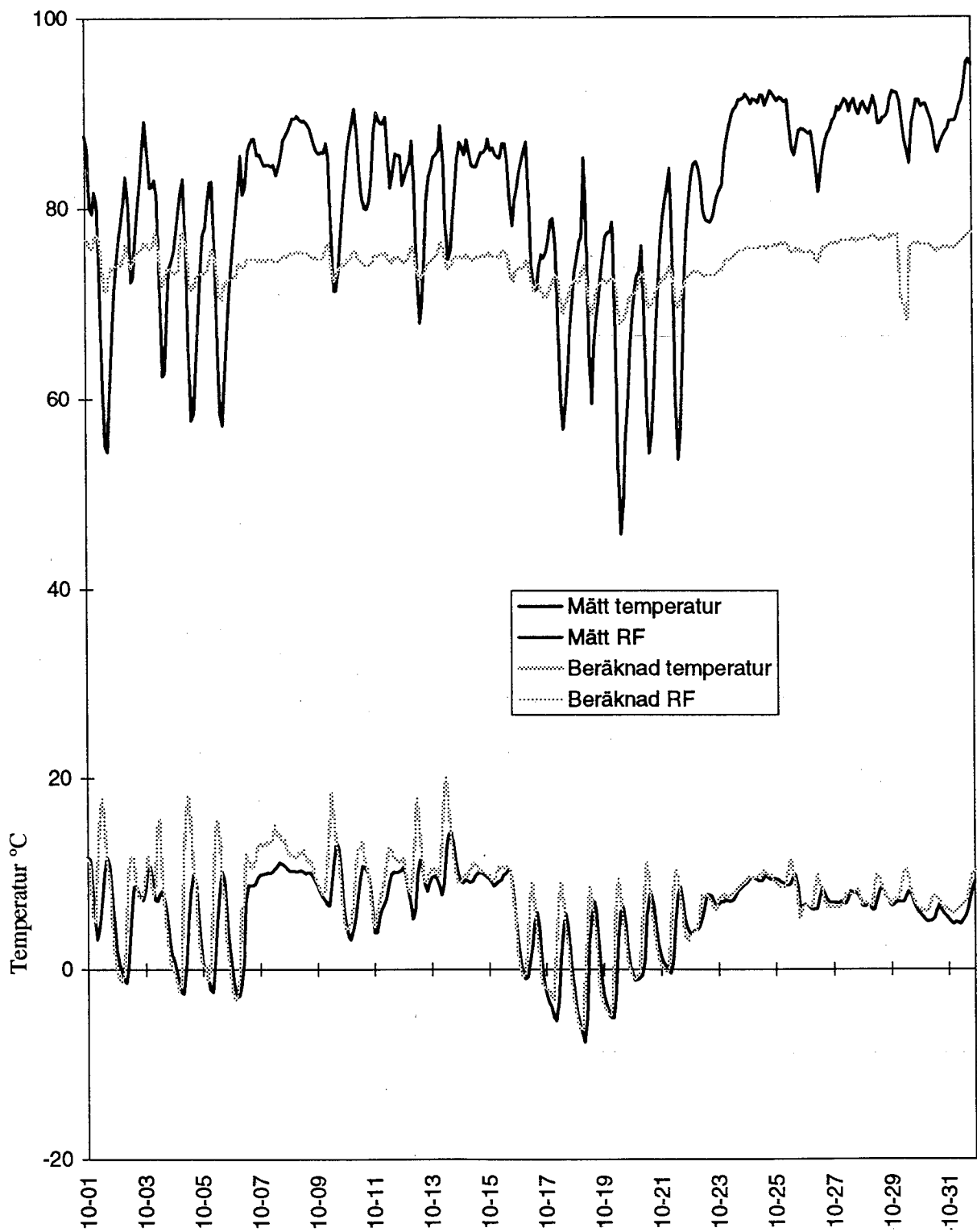


Figur 6.35 Beräknad (LEL) relativ fuktighet och temperatur jämfört med mätta värden i vindsutrymme E den 22 oktober 1994.

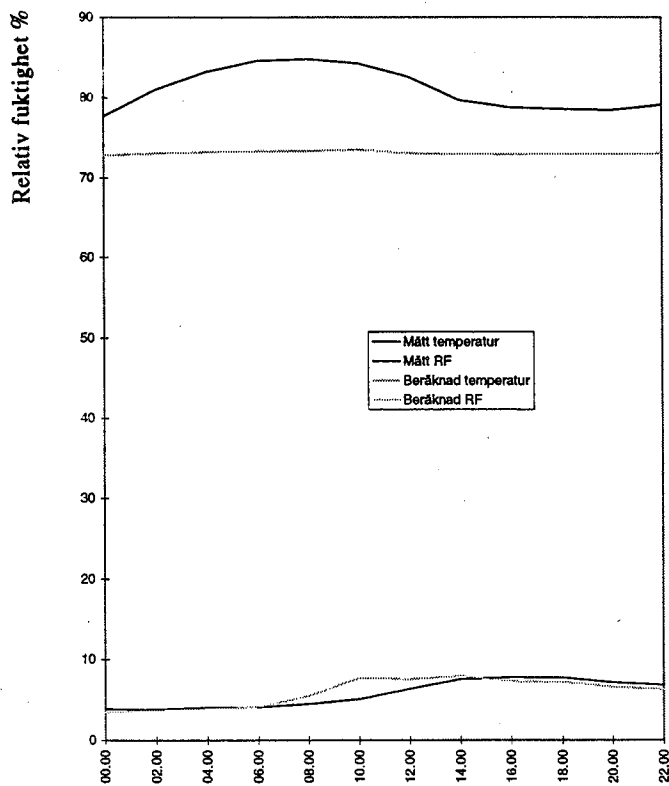


Figur 6.36 Jämförelse mellan mätta och beräknade värden (LEL) för fack E under oktober 1994 sorterade i fallande ordning.

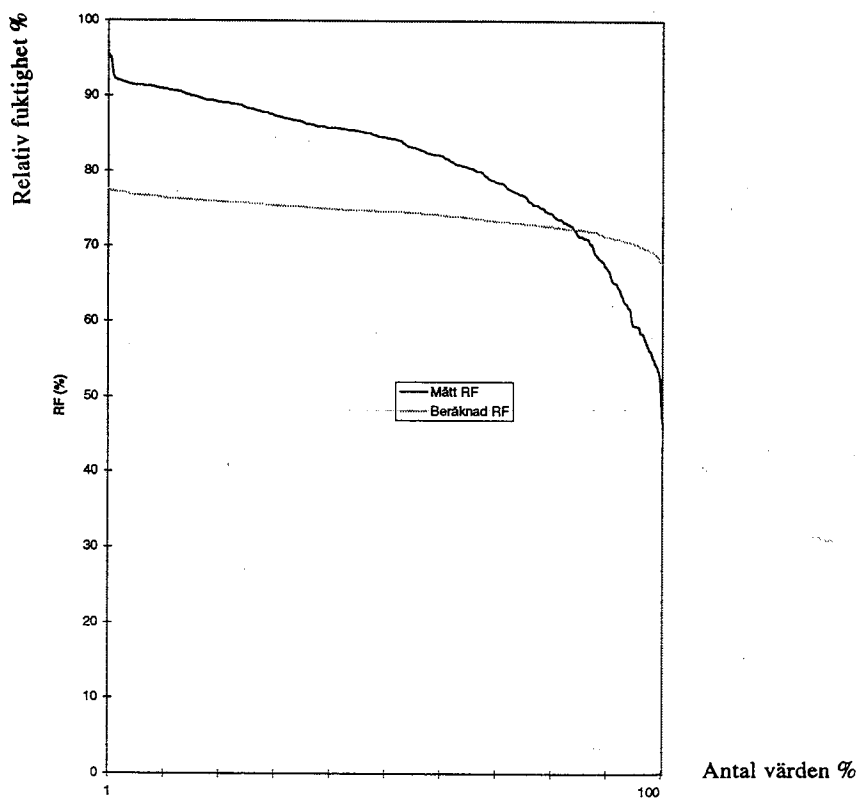
Relativ fuktighet %



Figur 6.37 Beräknad (LEL) relativ fuktighet och temperatur jämfört med mätta värden i vindsutrymme F oktober 1994.



Figur 6.38 Beräknad (LEL) relativ fuktighet och temperatur jämfört med mätta värden i vindsutrymme F den 22 oktober 1994.



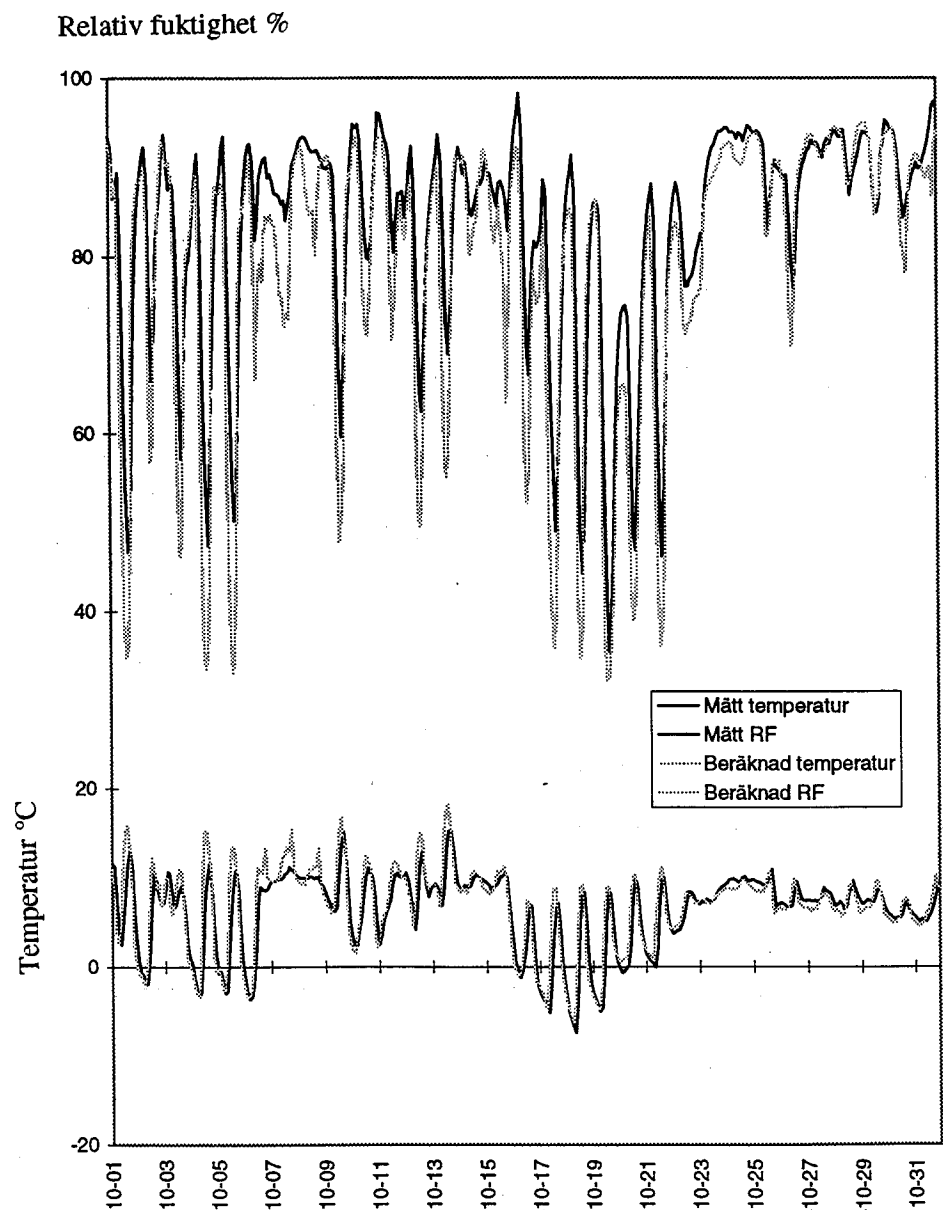
Figur 6.39 Jämförelse mellan mätta och beräknade värden (LEL) för fack F under oktober 1994 sorterade i fallande ordning.

6.4 Morten Hjørsløv Hansen

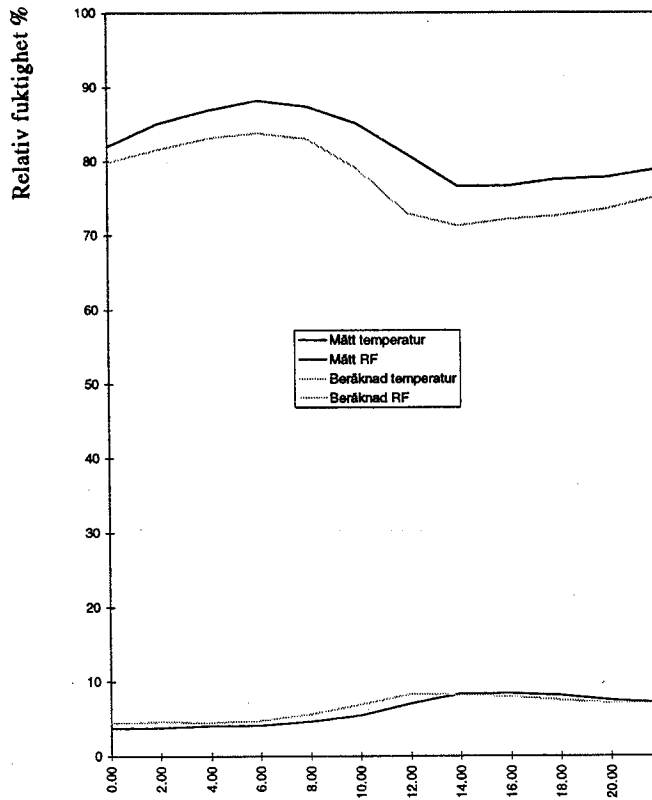
Morten Hjørsløv Hansen, SBI, har använt ingångsdata under två års tid för beräkning av fukt och temperatur i de olika vindsutrymmena (6). Resultatet redovisas för oktober 1994.

Beräkningarna har utförts med datorprogrammet MATCH som är en 1-dimensionell modell för kopplad värme- och fukttransport i byggnadskonstruktioner. Fukttransporten beräknas med hänsyn tagen till såväl ång- som vätsketransport. Materialens fuktackumulering ingår som en naturlig del i beräkningarna.

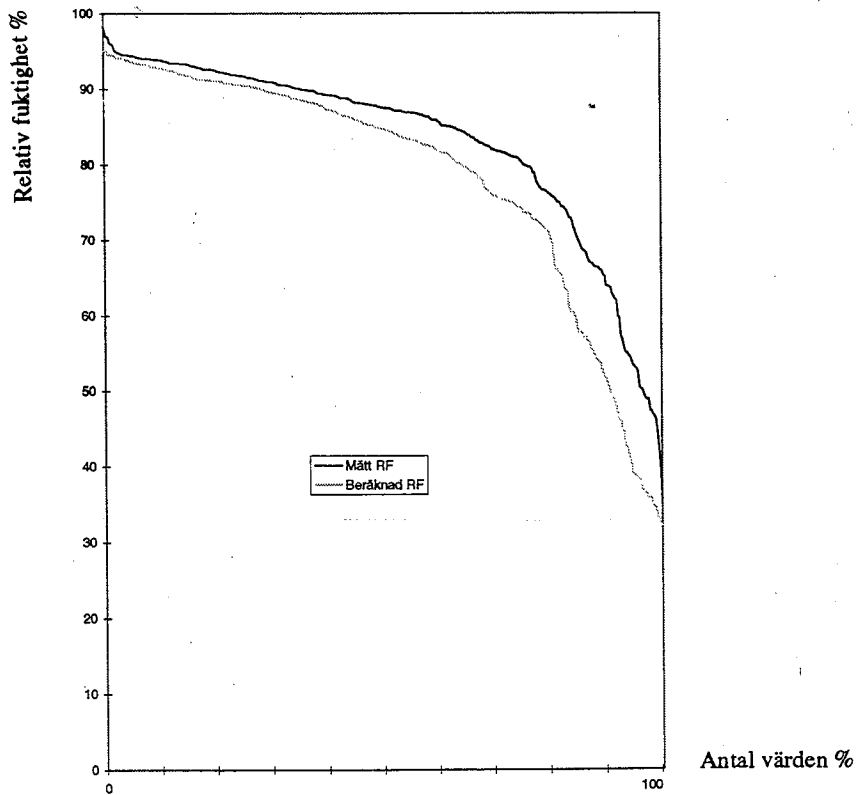
Eftersom MATCH är en 1-dimensionell modell har man i beräkningen omformat vindsutrymmenas geometri till en form som passar modellen. Hänsyn tas till ventilationsförhållanden på vinden som antagits till 0,5, 1,0 och 2,0 omsättningar per timme.



Figur 6.40 Beräknad (MHH) relativ fuktighet och temperatur jämfört med mätta värden i vindsutrymme A oktober 1994.

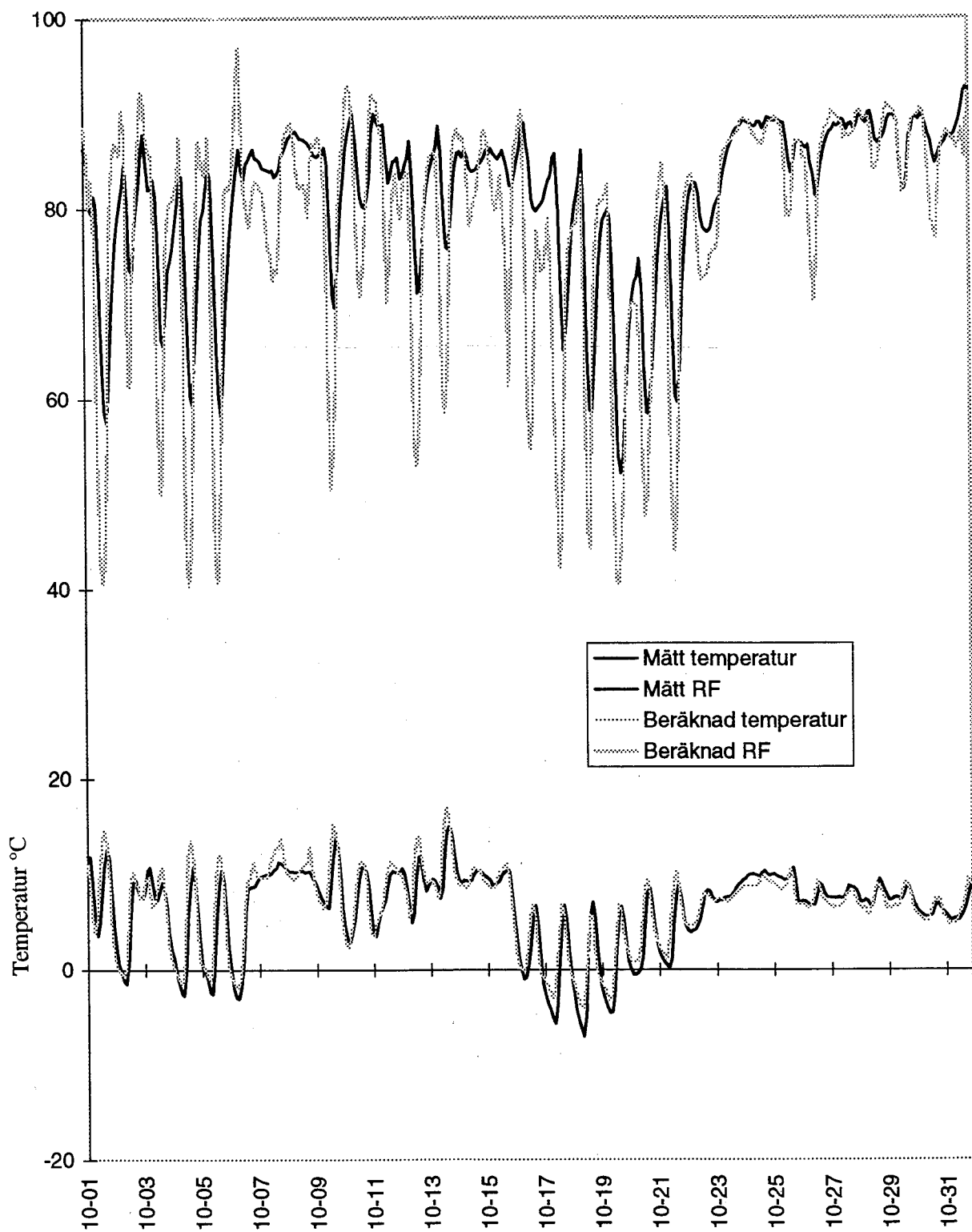


Figur 6.41 Beräknad (MHH) relativ fuktighet och temperatur jämfört med mätta värden i vindsutrymme A den 22 oktober 1994.

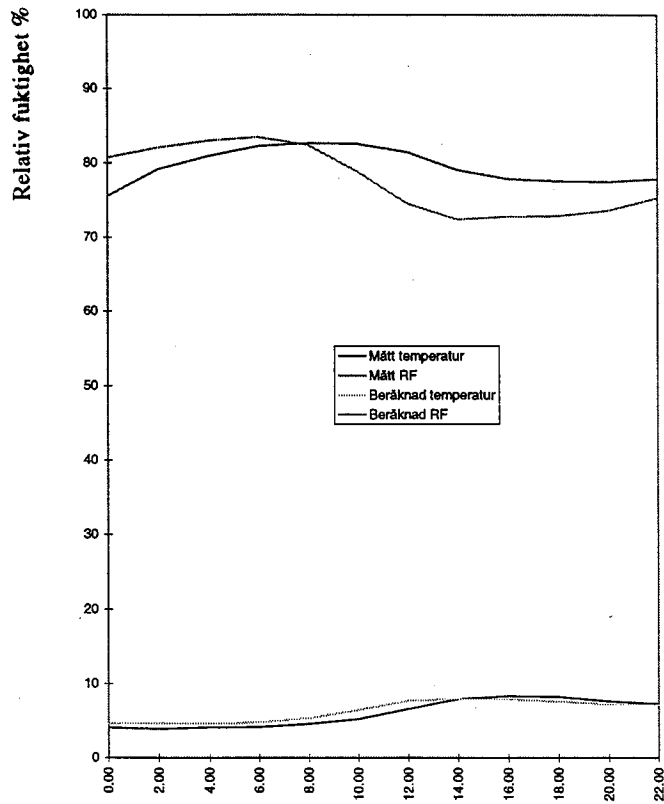


Figur 6.42 Jämförelse mellan mätta och beräknade (MHH) värden för fack A under oktober 1994 sorterade i fallande ordning.

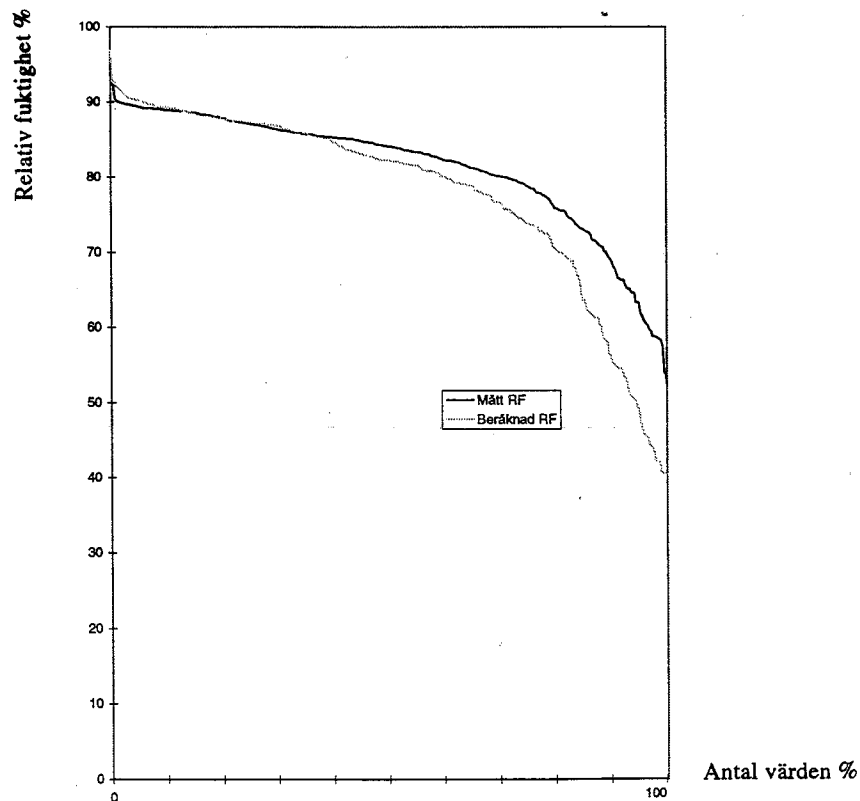
Relativ fuktighet %



Figur 6.43 Beräknad (MHH) relativ fuktighet och temperatur jämfört med mätta värden i vindsutrymme B oktober 1994.

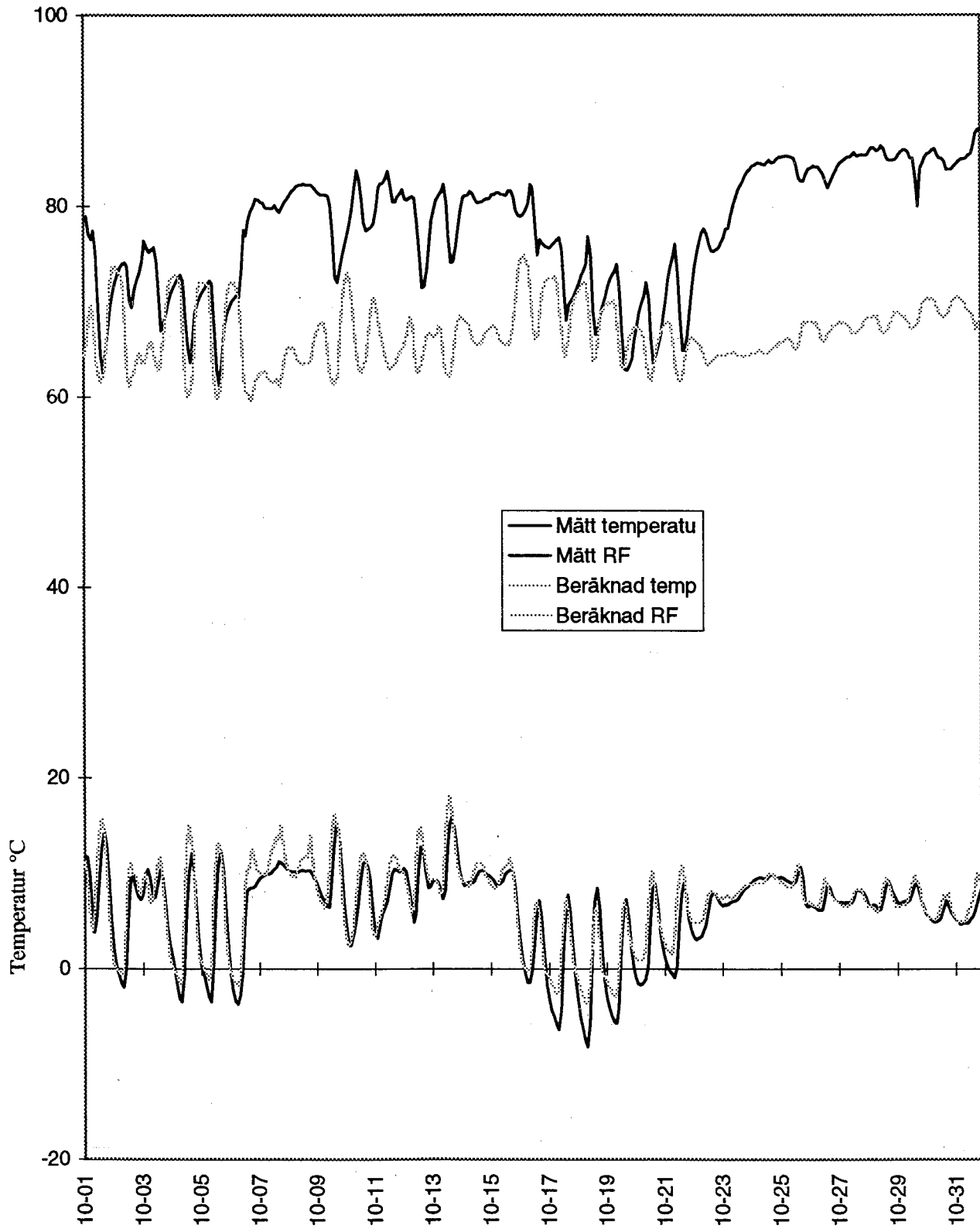


Figur 6.44 Beräknad (MHH) relativ fuktighet och temperatur jämfört med mätta värden i vindsutrymme B den 22 oktober 1994.

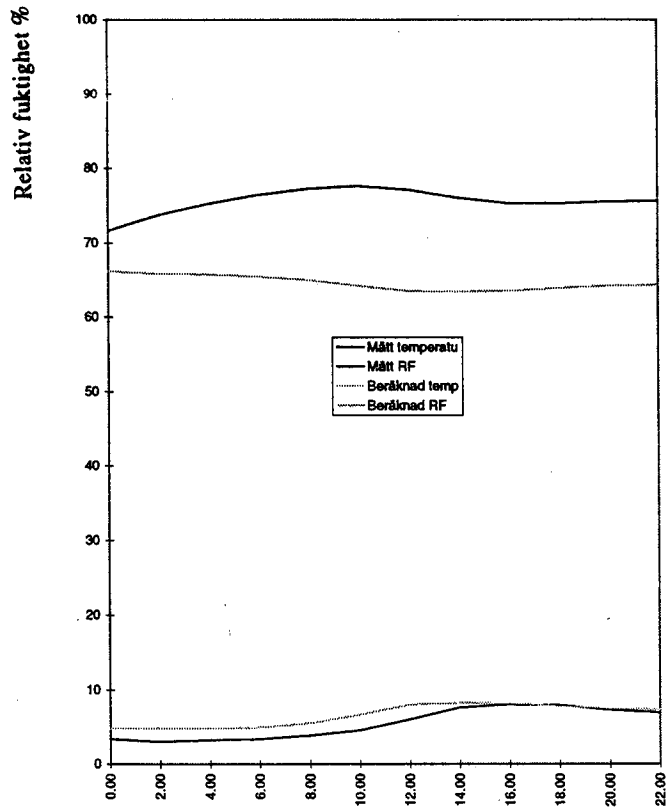


Figur 6.45 Jämförelse mellan mätta och beräknade (MHH) värden för fack B under oktober 1994 sorterade i fallande ordning.

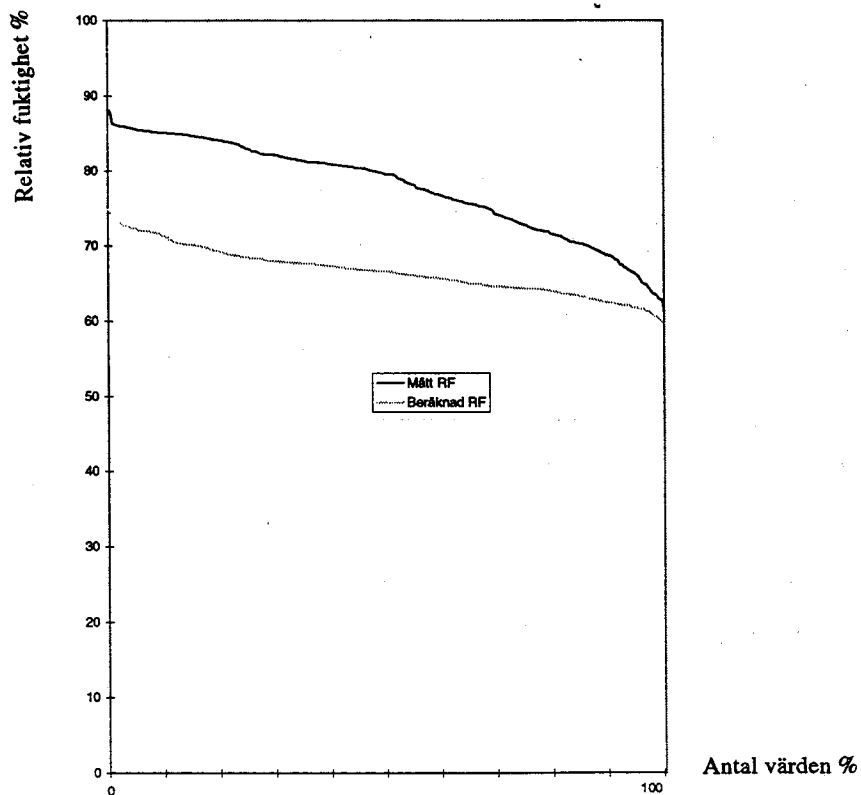
Relativ fuktighet %



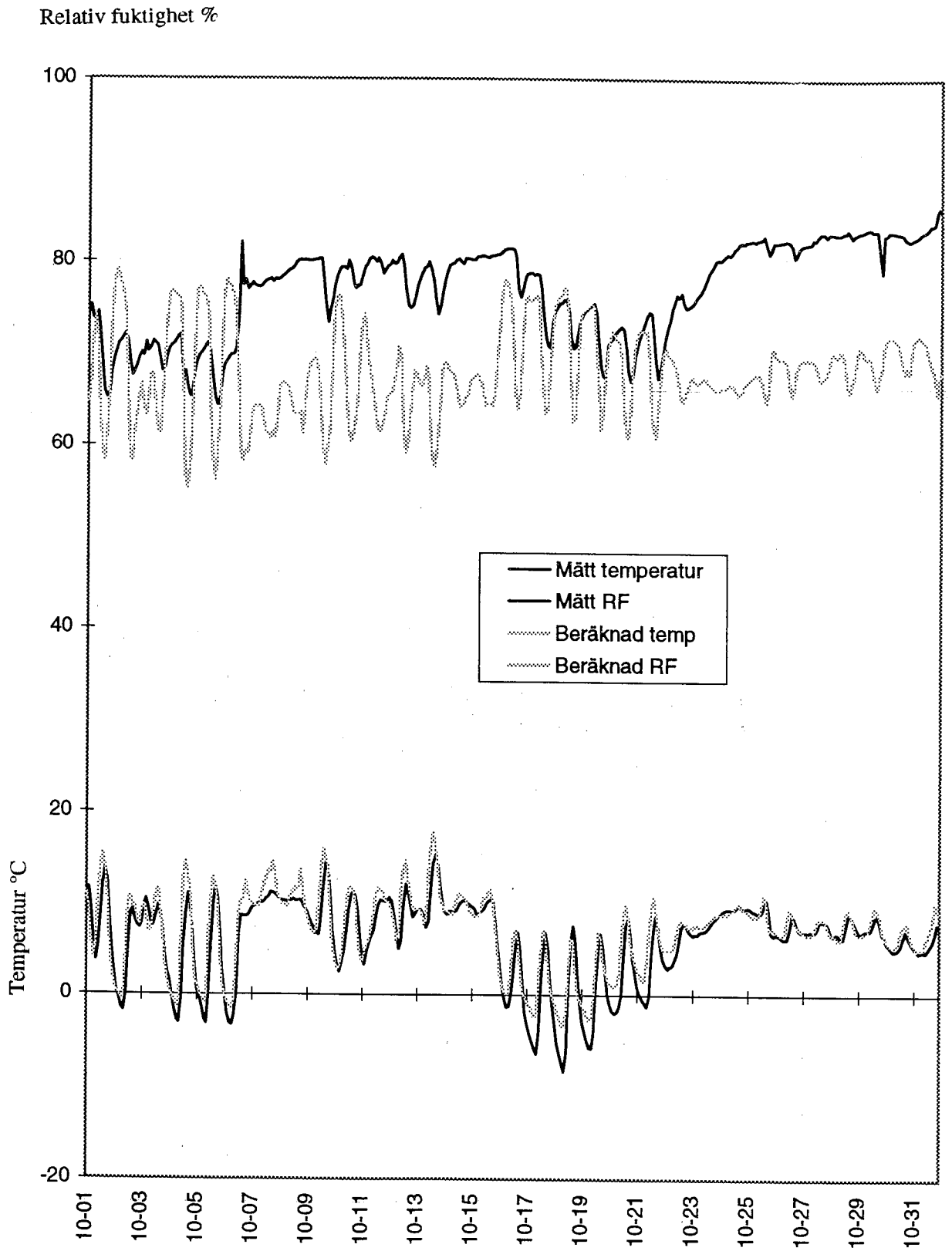
Figur 6.46 Beräknad (MHH) relativ fuktighet och temperatur jämfört med mätta värden i vindsutrymme C oktober 1994.



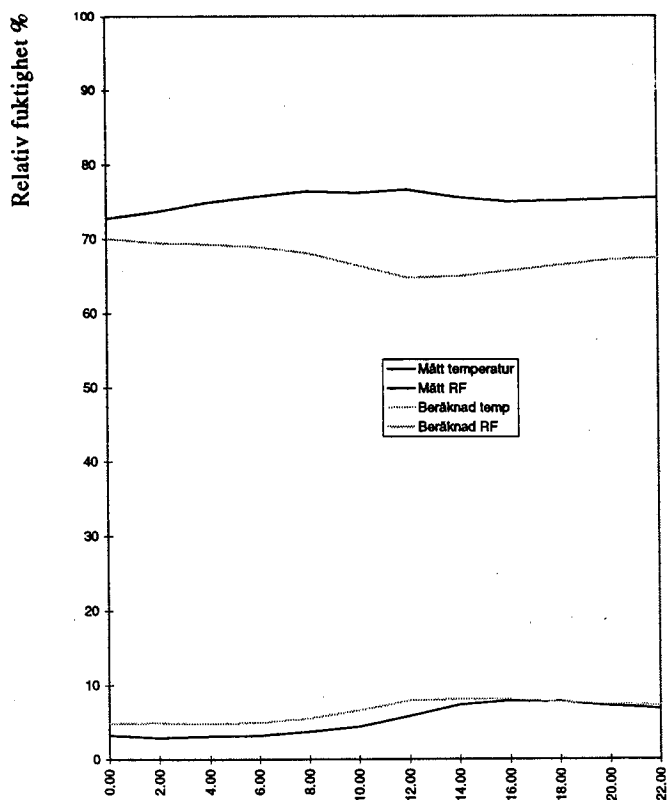
Figur 6.47 Beräknad (MHH) relativ fuktighet och temperatur jämfört med mätta värden i vindsutrymme C den 22 oktober 1994.



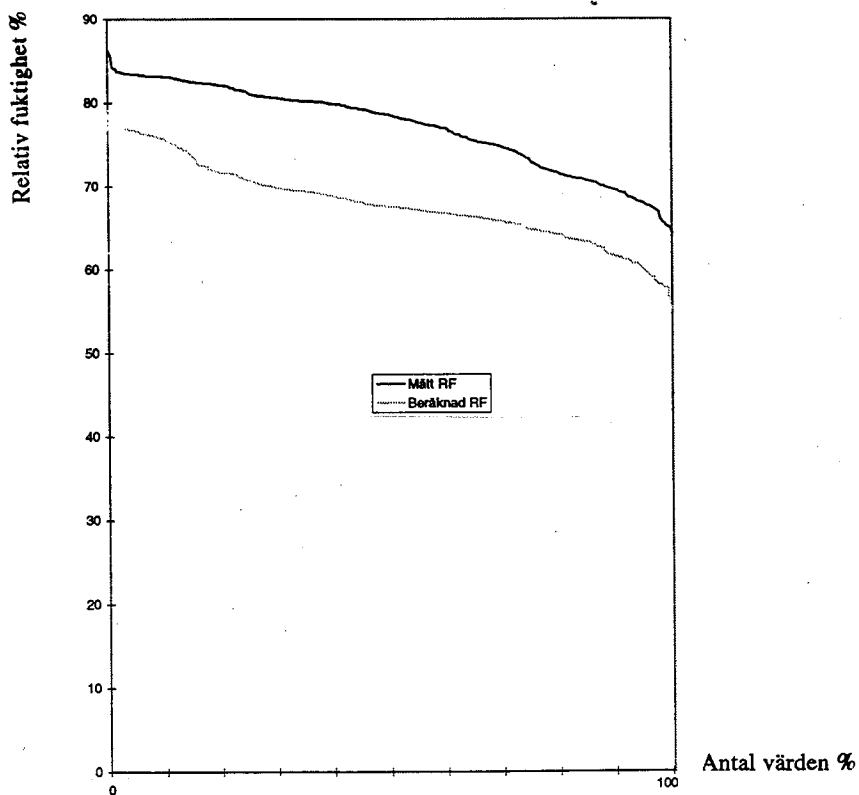
Figur 6.48 Jämförelse mellan mätta och beräknade värden (MHH) för fack C under oktober 1994 sorterade i fallande ordning.



Figur 6.49 Beräknad (MHH) relativ fuktighet och temperatur jämfört med mätta värden i vindsutrymme D oktober 1994.

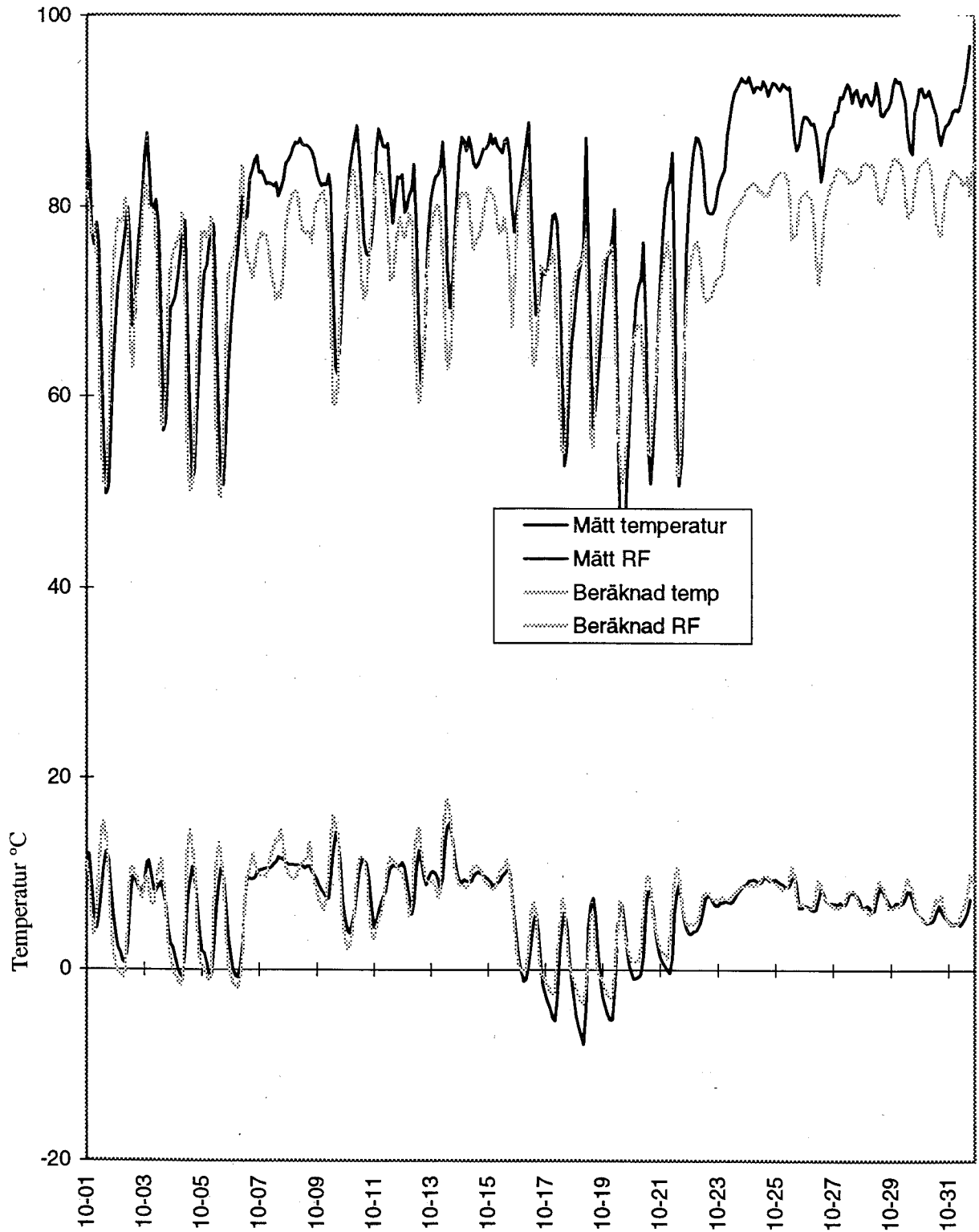


Figur 6.50 Beräknad (MHH) relativ fuktighet och temperatur jämfört med mätta värden i vindsutrymme D den 22 oktober 1994.

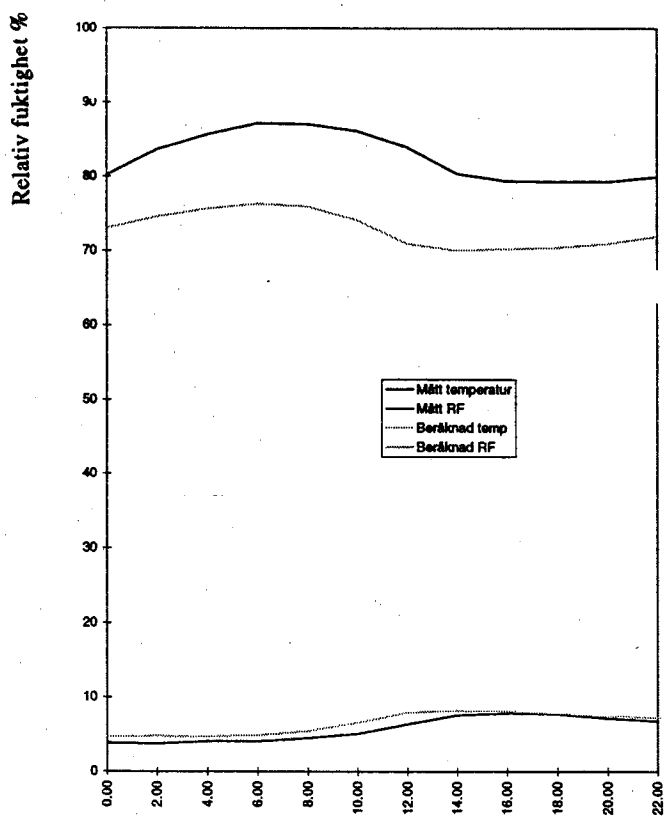


Figur 6.51 Jämförelse mellan mätta och beräknade värden (MHH) för fack D under oktober 1994 sorterade i fallande ordning.

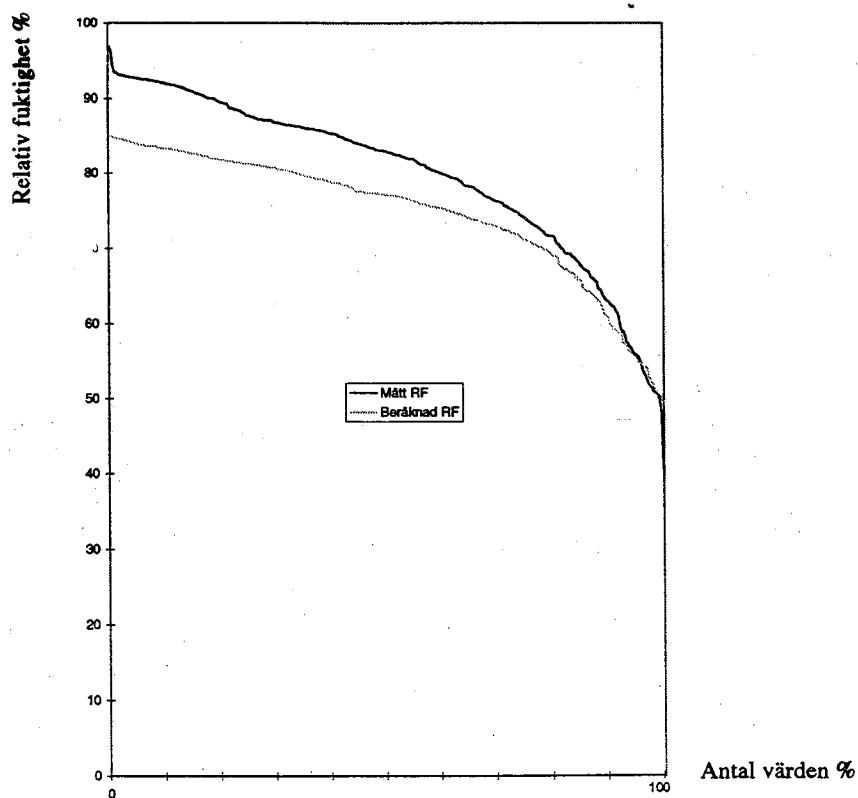
Relativ fuktighet %



Figur 6.52 Beräknad (MHH) relativ fuktighet och temperatur jämfört med mätta värden i vindsutrymme E oktober 1994.

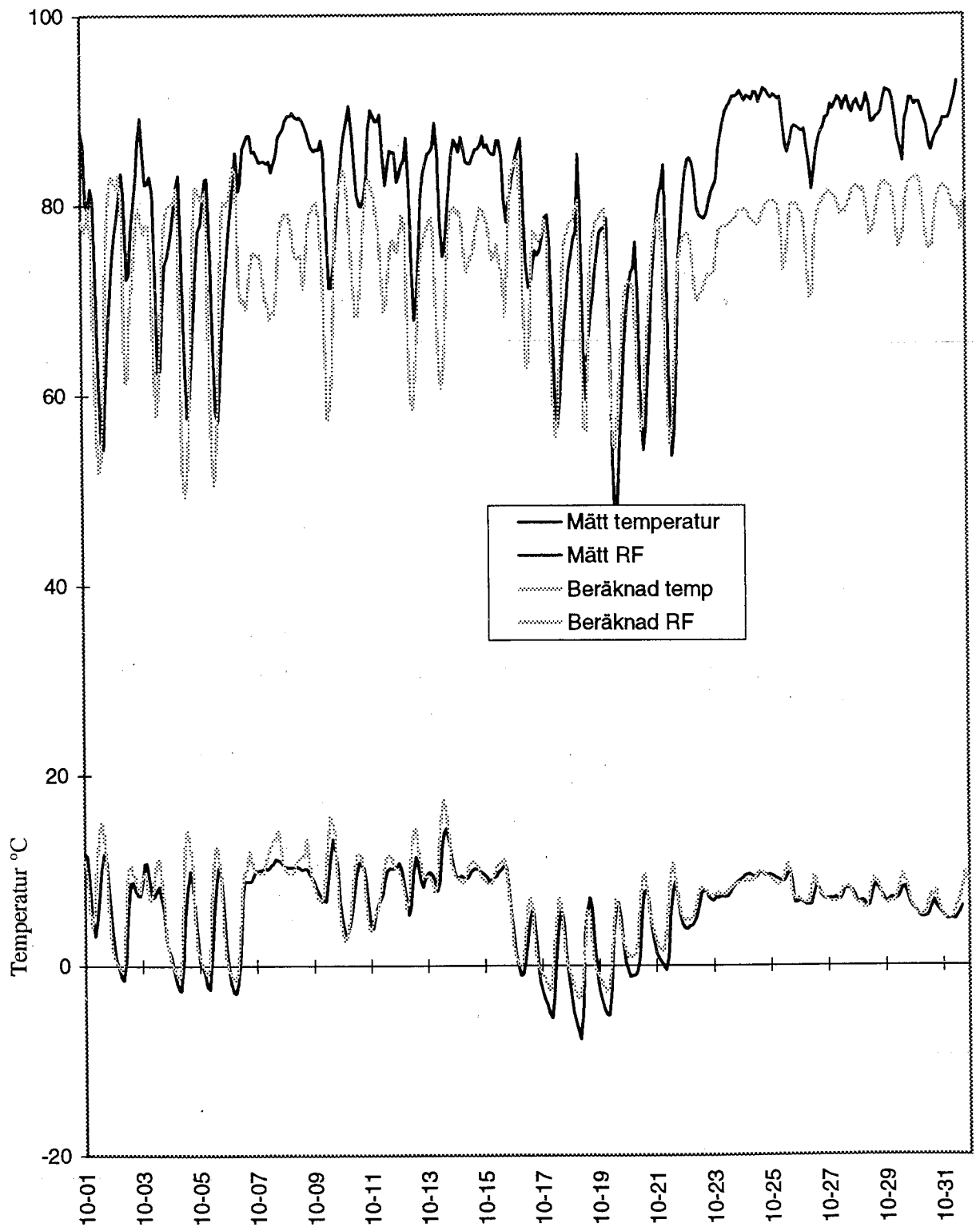


Figur 6.53 Beräknad (MHH) relativ fuktighet och temperatur jämfört med mätta värden i vindsutrymme E den 22 oktober 1994.

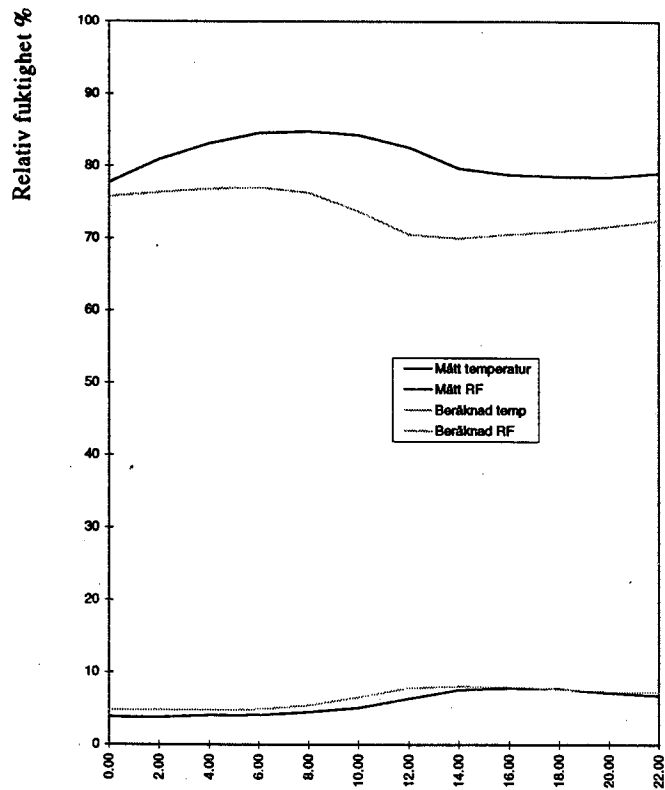


Figur 6.54 Jämförelse mellan mätta och beräknade värden (MHH) för fack E under oktober 1994 sorterade i fallande ordning.

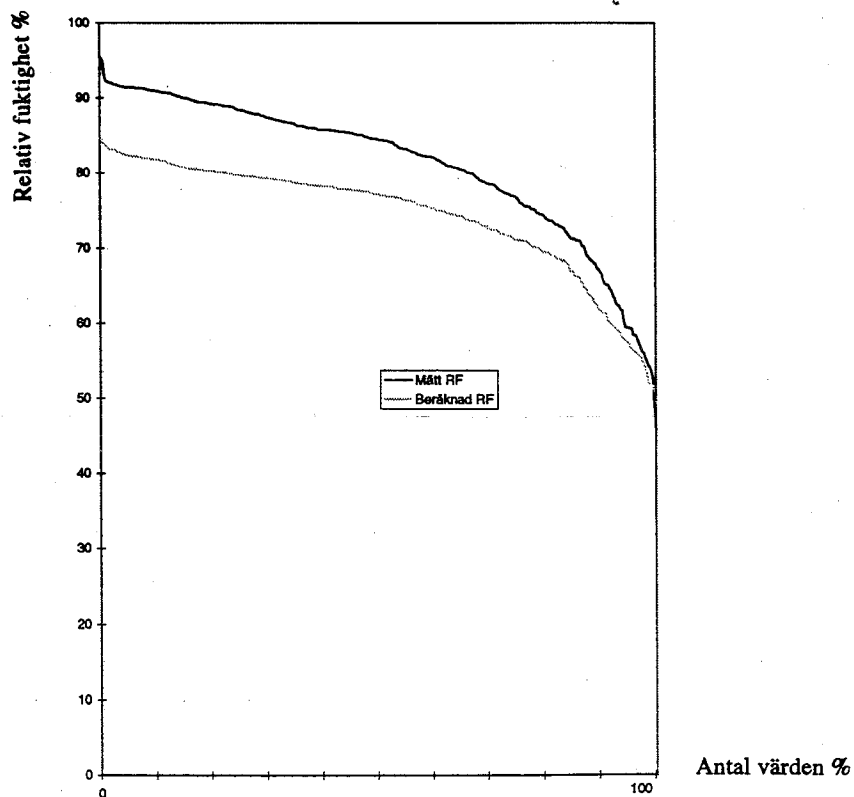
Relativ fuktighet %



Figur 6.55 Beräknad (MHH) relativ fuktighet och temperatur jämfört med mätta värden i vindsutrymme F oktober 1994.



Figur 6.56 Beräknad (MHH) relativ fuktighet och temperatur jämfört med mätta värden i vindsutrymme F den 22 oktober 1994.



Figur 6.57 Jämförelse mellan mätta och beräknade värden (MHH) för fack F under oktober 1994 sorterade i fallande ordning.

6.5 Diskussion av beräkningsresultat

Alla beräknade värden är grundade på samma förutsättningar. De olika modellerna är emellertid olika uppbyggda och beskriver ventilation, värmetransport, strålning, fuktförhållanden i luft och material på något olika sätt. Det betyder att man tar hänsyn till t ex fuktbuffering i material och man simulerar olika ventilationsgrad på olika sätt. Detta återspeglas i de beräknade värdena.

Det beräkningsfall som synes vara mest väldefinierat är vindsutrymme A med underlagstak av plastfolie, isolering av mineralull och styrd ventilation till 2 oms/h. För detta beräkningsfall finns beräkningar som har god överensstämmelse. För oventilerade vindar och för vindar med cellulosaisolering har man inte i denna första beräkningsomgång gjort rätta antaganden.

Resultaten är intressanta av flera skäl. Det är möjligt att med förenklade antaganden (programmet MATCH är t ex ett endimensionellt program som här har anpassats till förhållandena på vinden) få god noggrannhet i såväl temperatur- som fuktberäkningar. Det krävs dock flera justeringar innan beräkningarna ger acceptabla värden för alla beräkningsfall.

Det bör påpekas att en mängd data är osäkra inför simuleringen. Ventilationsgrad, infallande långvågig strålning och konvektiva övergångsmotstånd både utvändigt och invändigt är några exempel. Olika mer eller mindre lyckade gissningar leder till varierande resultat fast de transienta modellerna förmodligen borde ge samma värden. Det kan till och med vara så att en felaktig gissning i några data kan leda till ett skenbart bättre resultat vid en jämförelse mellan data. Nästa steg är därför att ta fram modeller för bestämning av ventilationsgrad och övergångstal vid ytorna.

När programmen fungerar tillfredsställande kan man använda dem för att beskriva fuktbalansen på vindar och förutom ventilation med uteluft även lägga in fuktillförsel av läckage eller konvektion. Med sådana beräkningar kan man bedöma skaderisken. Man kan också göra parameterstudier för att utvärdera effekten av ökad isolering i bjälklag eller isolering utvändigt på taket.

7 Fortsatt arbete

Det fortsatta arbetet inom området bör inriktas på risker för skador på grund av läckage av nederbörd utifrån eller av fuktillförsel på grund av konvektion eller diffusion inifrån. Med väl fungerande beräkningsprogram, verifierade genom mätningar bör man kunna göra goda förutsägelser.

Ett sådant FoU-arbete bör innehålla följande moment:

- komplettering och korrigerig av beräkningsmodellerna
- mätning av fuktbalans på vindarna med tillförsel av vatten (läckage)
- mätning av fuktbalans på vindarna med tillförsel av fuktig luft (konvektion, diffusion)
- beräkning av fuktbalans under dessa förhållanden
- jämförelse mellan mätta och beräknade värden

Förhoppningsvis kommer detta vidare arbete att visa att man med god noggrannhet kan förutsäga fuktbalansen på vindarna. Därmed är programmen lämpade för användning.

8 Referenser

- 1 Samuelson I. "Fuktsäkrare Byggnadsdelar". Byggnadsfysik, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, SP AR 1992:17. Borås 1992.
- 2 Magnusson P-M, Tobin L. "Fuktabsorption i lösullsisoleringar". Byggnadsfysik, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, SP AR 1992:74. Borås 1992.
- 3 Larsson L-E. "Kallvindsutrymmen". Byggnadsfysik, CTH, P-95:1. Göteborg 1995.
- 4 Larsson L-E. "Provtak över Byggnadsfysiks barack på Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut (SP) i Borås. Beräkning av temperatur, fuktkvot och relativ fuktighet på vind". Byggnadsfysik, CTH, R-95:3. Göteborg 1995.
- 5 Blomberg T. "Calculation of temperature and relative humidity in attics". Blocon. Lund 1995.
- 6 Hjorslev Hansen M. "Beregning af fugt- og temperaturforhold i tagrum". Statens Byggeforskningsinstitut, T5-832. Hörsholm 1995.
- 7 Höglund I, Nilsson S. "Takteknik". Institutionen för byggnadsteknik, KTH, Meddelande 132. Stockholm 1981.
- 8 Hansson T, Gross H. "Träbyggnadshandbok 2. Tak". Träinformation, Träteknik. Stockholm 1991.
- 9 Sandberg P I. "Metod för bestämning av fuktens inverkan på värmekonduktiviteten i värmeisolering av cellulosafiber och mineralull". Byggnadsfysik, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, SP AR 1992:26. Borås 1992.
- 10 Löfström R. "Långtidfunktion hos lösullsisoleringar". Byggnadsfysik, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, SP AR 1994:06. Borås 1994.
- 11 Anderlind G, Bond S, Stadler C-G. "Rättviksprojektet. Fuktförhållanden vid tilläggsisolering av vindsbjälklag". Swedisol. Ängelholm 1984.
- 12 Johansson, C. "Transmitter för bestämning av fuktkvot i trä". Byggnadsfysik, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, SP AR 1995:51. Borås 1995.
- 13 Janssens A, Hens H, Silberstein A. "A study of parameters influencing the hygric behaviour of insulated sloped roofs without air barriers". Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Buildings VI. Clearwater Beach FL 1995.

Sedan 1981 har FoU-Väst, som är ett utskott inom Byggmästareföreningen Väst, varit verksamt i ett flertal utvecklingsprojekt av olika karaktär.

Målet med gruppens verksamhet är

- att initiera och medverka i för västsvenska byggföretag angelägen FoU-verksamhet antingen gemensamt eller i enskilt företag
- att bidra till förbättrad information om avslutad, pågående och planerad FoU
- att med utgångspunkt från den kunskapsuppbyggande verksamhet som ovanstående ger söka nyttiggöra resultaten av verksamheten i produktion och utbildning
- att verka främjande för landets utvecklingsverksamhet på byggområdet
- att skapa goda kontakter och utöka samarbetet med högskolorna, främst Chalmers Tekniska Högskola
- att med Chalmers Teknikpark som instrument verka för genomförandet av ovanstående

Gruppens funktion som referensgrupp är värdefull såväl för det enskilda företaget som för de övriga inom gruppen som för anslagsgivaren.

Ledamöter

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Jan-Olof Johansson, ordf.
<i>Platzer Bygg Göteborg AB</i>
031/776 40 00 | <input type="checkbox"/> Ingvar Olofsson, vice ordf.
<i>Skanska AB</i>
031/771 10 00 |
| <input type="checkbox"/> Kjell Axelson
<i>Siab AB</i>
031/14 06 00 | <input type="checkbox"/> Nils-Olof Sandell
<i>Betongsprutnings AB BESAB</i>
031/52 09 00 |
| <input type="checkbox"/> Sune Almqvist
<i>Hyrmaskiner Göteborg Aktiebolag</i>
031/51 34 40 | <input type="checkbox"/> Carl-Gustaf von Schmalensée
<i>JM Byggnads- och Fastighets AB</i>
031/35 90 40 |
| <input type="checkbox"/> Bo Carlsson
<i>Färdig Betong Göteborg AB</i>
031/18 71 10 | <input type="checkbox"/> Karin Sjöbris
<i>SBS Entreprenad AB</i>
031/22 24 00 |
| <input type="checkbox"/> Gert Freiholtz
<i>Peab Entreprenad Väst AB</i>
031/773 83 00 | <input type="checkbox"/> Göran Winberg
<i>F O Peterson & Söner Byggnads AB</i>
031/80 59 00 |
| <input type="checkbox"/> Rolf Jonsson
<i>NCC AB</i>
031/771 50 00 | <input type="checkbox"/> Lars Enderlein
<i>Byggmästareföreningen Väst</i>
031/20 04 60 |
| | <input type="checkbox"/> Pär Åhman, sekr.
<i>Byggmästareföreningen Väst</i>
031/20 04 60 |