

Utvärdering av tre typer av fuktdetektorer under kontrollerade förhållanden

**Evaluation of three types of humidity
sensors in laboratory environment**

Ellie Alexandrou

ISRN: LUTVDG/TVBM--04/5054--SE (1-56)

ISSN: 0348-7911 TVBM

Lunds tekniska högskola
Byggnadsmaterial
Box 118

221 00 LUND

Tel: 046-2227415
Fax: 046-2224427
www.byggnadsmaterial.lth.se

Förord

Examensarbetet gjordes vid institutionen för Byggnadsmaterial på Lunds Tekniska Högskola under hösten och en del av våren 2004.Handledare har varit Anders Sjöberg från institutionen för Byggnadsmaterial, bihandledare var Alf Andersen från Alfasensor AB, institutionsexaminator var Lars-Olof Nilsson professorn på avdelningen och extern granskare Lars Wadsö.

Jag vill tacka alla som har hjälpt till under exjobbets gång, men framförallt min handledare Anders Sjöberg som med sin erfarenhet har lett mig igenom komplicerade frågeställningar och lärt mig förhålla mig kritisk till all information som kommer i min väg.

Lund 2004-03-31

Ellie Alexandrou

Summary

The Humidity Indicator, built by Alfasensor AB, was developed to help construction industry to detect moisture during the building process.

The sensor is made out of a self-adhesive paper label permitting it to be attached on different surfaces. A strip with a color ampoule is attached on it. The ampoule spreads its color every time the relative humidity (RH) level of the surrounding air is higher than the specified value of the sensor. The coloring process is irreversible thus making it easy to notice if humidity has passed this specified value.

This thesis examines three types of sensors, each one with a RH value of 58%, 75% and 85% respectively.

The purpose of this thesis is to document the reliability of the sensor. These experiments, made in laboratory environment, measure the accuracy and reliability of the sensor concerning the following aspects:

- the time it takes for the sensor to react once the specified value of RH is applied,
- the time it takes for the sensor to react once different values of RH are applied,
- the humidity absorption of the sensor

This study has used several methods to evaluate the sensor. On the one hand literature studies within the chemistry of salts have been done; on the other hand two different techniques have been used:

- the *jar method*
- the different climate box method

The main benefit of these techniques is the production of undisturbed and constant conditions for the experiment

The general conclusion is:

At three different temperatures the sensors react correctly when the surrounding RH is exceeded. The sensors can be considered as a reliable equipment for RH level measurements.

An important temperature dependency was though observed. Different temperatures affect the chemical components of the sensor itself in the same way that they affect the RH that the salt (used to produce a constant and well-defined RH) produces.

An experiment with alternating test boxes was used to determine if the results would continue to differ when the sensor was put into an environment with a lower RH than the specified value of the sensor. The results show that the color deflection remains the same when the sensors are put in a drier environment.

The sensors position and direction dependency was examined as well. The sensor was placed on a wall simulated by a climate box standing on its short edge. The results showed that neither the position nor the direction of the sensor would have any impact on its performance.

Finally, sorption isotherm curves were calculated for the three sensors. A sorption curve is a material property that shows how much moisture the sensor can absorb. In that way the absorption ability of the sensor is compared with each other. An estimation of the time it takes for a sensor to deflect can thus be calculated, under limited moisture sources.

Key words: Alfasensor, Humidity Indicator, Color Deflection, Relative Humidity (RH), Salts, Equilibrium, temperature dependency

Sammanfattning

Fuktindikatorn, Alfasensor har utvecklats för att bl.a. hjälpa byggbranschen att bekämpa fuktproblem under byggprocessen.

Alfasensorn består av en pappersetikett som går att klistra fast. På den sitter en remsa med en färgampull bakom sig, som sprider ut färg när luftens relativa fuktighetsnivå, överskrider vissa värden. Färgutslaget är irreversibelt och på så sätt syns det tydligt om Alfasensors värde någon gång har överskridits. I den här studien undersöks tre typer av Alfasensorer som skall ge utslag när den relativa fuktigheten passerar 58%, 75% och 85%.

Syftet med det här examensarbetet är att dokumentera hur noggrann och pålitlig Alfasensorn är. Genom experiment har det undersökts hur fort sensorn ger utslag vid den angivna relativa fuktigheten som den är markerad för, hur fort alfasensorn slår ut i olika fuktnivåer, samt hur mycket fukt den tar upp.

I studien har ett antal olika metoder använts för att utvärdera Alfasensorn. Dels har det gjorts litteraturstudier inom salternas kemi, dels har det använts olika tekniker såsom burkmetoden och boxar med olika klimat. Fördelen med dessa tekniker är att dom skapar ostörda och konstanta klimat.

Den generella slutsatsen från experimenten i de tre olika temperaturerna är att försökssensorerna slår om i de klimat som överskrider deras gränsvärde. Därför bör Alfasensorn anses som ett tillförlitligt hjälpmedel för att upptäcka om en relativ fuktighetsnivå har överskridits.

Det observerades dock att Alfasensorer är temperaturberoende, eftersom temperaturen påverkar det ämnet som Alfasensorn är gjord av, lika mycket, som den påverkar den relativa fuktigheten som saltet skapar.

Ett experiment med alternerade boxar, undersökte ifall utslaget fortsätter att sprida sig när sensorn läggs i klimat med lägre RF än utslagsvärdet. Resultatet visar att färgutslaget förblir konstant när försökssensorerna läggs i torrare klimat.

Alfasensorn undersöktes även sittandes på en vägg i olika riktningar för att se om placeringen och riktningen påverkade utslaget. Väggen simulerades av en klimatbox som stod på kant. Resultatet visade att varken riktningen eller placeringen spelar någon roll. Alfasensorn gav utslag lika fort i alla riktningar.

Slutligen togs det fram sorptionskurvor för de tre Alfasensortyperna. En sorptionskurva anger en materialegenskap hos Alfasensorerna, nämligen hur mycket fukt sensorn tar upp. På så sätt kan fuktupptagningsförmågan hos de olika sensorerna jämföras med varandra. Man kan även beräkna den tid det tar för en Alfasensor att ge utslag, under begränsad fuktillgång.

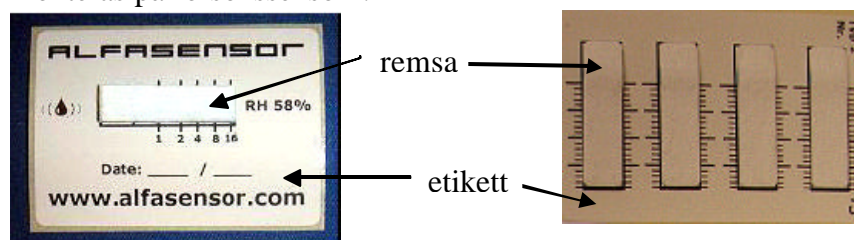
Nyckelord: Alfasensor, Fuktindikator, Färgutslag, Relativ fuktighet (RF), Salter, jämvikt, temperaturberoende

Beteckningar

I examensarbetet återkommer ett antal centrala begrepp som är viktiga att känna till. De fyra mest använda storheterna sammanfattas i tabellen nedan.

Beteckning	Storhet	Enhet
RF	relativ fuktighet	%
m	massa	g
t	tid	timmar
w	fukthalt	gH ₂ O/remsa

Sensornerna består av en etikett varpå man fäster de ”aktiva” remsorna. De sensorer som använts i försöken i denna studie skiljer sig något från de normala sensorer som företaget levererar kommersiellt. Den främsta skillnaden är utseendet hos sensorerna samt att tre eller fyra ”remsor” monteras på försökssensorn.



Kommersiell sensor

”Försökssensor”

Försökssensor är en sensor skapad av exakt samma typ av etikett och remsa som en kommersiell Alfasensor. Dock med en utformning som är speciellt framtagen för denna studie.

Kommersiella sensorer finns i tre grundutförande:

A 58: Alfasensor 58 Sensor som anges reagera på relativa fuktigheter större eller lika med 58%.

A 75: Alfasensor 75: Sensor som anges reagera på relativa fuktigheter större eller lika med 75%.

A 85: Alfasensor 85: Sensor som anges reagera på relativa fuktigheter större eller lika med 85%.

Mättat saltlösning används för att hålla konstant luftfuktighet, RF.

Fuktigheten i luften i jämvikt med en (över)mättad lösning av salt och vatten håller en bestämd RF vid konstant temperatur. Detta RF blir olika för olika saltlösningar.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Summary	3
Sammanfattning	5
Förord	6
Beteckningar	7
1. Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Genomförande	1
1.4 Metod och material	1
1.5 Avgränsningar	1
1.6 Föregående studier av Alfasensor	2
2. Bakomliggande teori	3
2.1 Allmänna fuktbegrepp ur Alfasensors perspektiv	3
2.2 Olika fuktindikatorer och Alfasensors verkningsätt	4
2.3 Kemiska processer i salter	5
3. Experiment	6
Försöksupplägg	6
3.1 Labbförsök med klimatboxar	7
3.2 Stående boxar	9
3.3 Labbförsök med alternerade utslag	10
3.4 Burkmetoden	12
3.5 Utvärderingens tillvägagångssätt	16
4. Resultat	18
4.1 Utslagsspridning i olika temperaturer	19
4.2 Utslagsspridningen i olika riktningar	25
4.3 Utslag vid alternerade miljöer	27

5. Analys av resultat	32
5.1 Utslagshastigheten i olika temperaturer	32
Gränsområde 58	33
Gränsområde 75	35
Gränsområde 85	36
6. Sammanfattning och diskussion	41
6.1 Utslagshastigheten i olika temperaturer	41
6.2 Utslag vid alternerade miljöer	43
6.3 Utslagsspridning i olika riktningar	43
6.4 Bestämning av sorptionsisotermer	43
7. Referenser	44
8. Bilagor	45

Bilaga 1- Mätprotokoll från Burkmetoden

Bilaga 2-Varje klimatbox för sig för Alfasensor58, 75 och 85%.

Bilaga 3 -Boxarnas temperatur och RF i 8° C, 20° C och 30° C

Bilaga 4- Salternas temperaturberoende

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Alfasensorn utvecklades ursprungligen med tanke att hjälpa byggbranschen att bekämpa fuktproblem under byggprocessen. Man har nu även hittat andra användningsområden inom t.ex. förpackning, läkemedel- och livsmedelsbranschen. Alfasensor erbjuder en ny fuktbevakningsteknik som inte har varit testad eller utvärderat laborativt tidigare.

1.2 Syfte

Syftet med det här examensarbetet är att i detalj dokumentera hur Alfasensorn fungerar samt bedöma mätsystemets förutsättningar och potential.

1.3 Genomförande

Projektet har experimentellt, bestämt de faktorer som påverkar mätsystemets prestanda: t.ex. noggrannheten på utslaget, spridning hos olika individer i en tillverkningsserie och temperaturberoendet hos färgomslaget.

I studien ingår även en sammanställning av de tidigare studier som är gjorda om Alfasensorn, samt en litteraturstudie om hur salterna ställer sig i jämvikt med omgivande luft. Frågor som ställs är, varför ett visst salt ger ett visst RF-värde samt vilka fysikaliska lagar som gäller för Alfasensorn.

1.4 Metod och material

I studien har två olika metoder använts för att utvärdera Alfasensorn; burkmetoden och boxar med olika klimat. Det har även gjorts en saltsammanställning i syfte att välja ut de mest lämpliga salter för försöken.

1.5 Avgränsningar

Studien undersöker Alfasensorn i labbmiljö. Det är bara Alfasensorer från en enda tillverkningsbatch 2003 som testas och inga andra fuktsensorer har undersökts. I denna studie ingår inga fältundersökningar. Samtliga standardtyper av sensorer från Alfasensor AB är inkluderade i denna studie.

1.6 Föregående studier av Alfasensor

Alfasensor, Affärsplan för tillväxtföretag [1].

Peter Gustafsson och Nicklas Nilsson har i sitt examensarbete skapat ett affärsplan för Alfasensor AB och gjort en marknadsanalys med avseende på fukt i byggbranschen.

Mätning och tolkning av relativ fuktighet i kryppgrunder vid institutionen för byggteknik, Chalmers Lindholmen [2].

Andreas Gustafsson och Tobias Hagman studerade i ett examensarbete hur Alfasensorn kan användas för att detektera fuktiga kryppgrunder i hus av trä. Arbetet omfattar en teoretisk genomgång av problemställningen med fuktiga kryppgrunder samt intervjuer med skadeutredare och byggare om de vanligaste skadorna och deras orsak.

Examensarbetet innefattar en detaljerad instruktion för den enskilde husägaren om hur denne kan använda Alfasensorn för att bedöma risken i sin kryppgrund. Slutligen diskuteras den optimala utformningen för en Alfasensor för kryppgrunder, d.v.s. hur en förändring av tidsskalan och nivån på färgutslaget kan förbättra användbarheten hos sensorn.

Övriga pågående studier om Alfasensor.

Mätning och analys av relativ fuktighet i kallvindar och källare. Chalmers Tekniska Högskola.

Niklas Agrell och Mansooreh Hajjari skriver i varsitt examensarbete om huruvida alfasensorn är ett pålitligt hjälpmedel för att upptäcka fuktproblem i kallvindar och källare samt hur Alfasensorn ska utformas för att ge bäst resultat i sådana miljöer.

Alfasensors indikatorer som ett bra hjälpmedel för torrt byggande, Högskolan i Borås

Bengt Persson och Daniela Skufflic undersöker i sitt examensarbete hur Alfasensorn kan användas för att se om en eventuell felaktig hantering av byggnadsmaterial kan upptäckas innan det kommer till byggarbetsplatsen. De följer ett prefabricerat byggelement, med bl.a. Alfasensorer, hela vägen från tillverkningen på fabriken, under lagring och transport till bygget.

2. Bakomliggande teori

I det här avsnittet berörs några av fuktmekanikens grundbegrepp samt Alfasensors verkningssätt och kort hur denna kan förklaras med fysikaliska begrepp.

2.1 Allmänna fuktbegrepp ur Alfasensors perspektiv

Fukthalt

Fukthalt används ofta som ett mått på hur mycket vatten som finns i ett material. Ett enkelt och ofta mycket tillförlitligt sätt att mäta den är med hjälp av en våg. Provet vägs först i sitt aktuella tillstånd varefter det torkas, ofta i ugn i 105 °C, för att därefter vägas igen [3].

I denna studie är avsnittet med ”burkmetoden” det som närmast återspeglar mätningar av fukthalten. Sensorn flyttas där mellan olika RF-klimat för att se hur stor viktförändringen är mellan jämvikt i olika klimat. Torkning av sensorerna utförs i burkar med så kallade ”molekylsiktare” för att kunna mäta sensors torra vikt.

Diffusion

Ficks lag används ofta för diffusion av lösta ämnen.

Enkelt uttryckt kan man säga att lösta ämnen vandrar från platser med högre koncentration till platser med lägre koncentration, detta beskrivs i formeln:

$$q = -D_{[c]} \frac{d[c]}{dx}$$

där q är flödet [$\text{mol}/(\text{m}^2\text{s})$]

c är koncentrationen av det lösta ämnet.

D_c är diffusionskoefficienten [m^2/s].[4]

Alfasensorn tar upp fukt. När Alfasensorn blir tillräckligt fuktig släpper färgampullen ut färgen så den sprids i remsan. Utspridningen sker efter kaffebläcksprincipen¹, d.v.s. det bildas en krökt yta med en tydlig gräns. Mycket lite färg sprids över den skarpa gränsen. Färgspridningen beror på diffusion.

¹ Ett enkelt experiment som kan testas genom att hälla lite kaffe på en bit papper och notera den tydliga gränsen som bildas

2.2 Olika fuktindikatorer och Alfasensors verkningsätt

Elektroniska indikatorer

Dessa mäter företrädevis differenser i RF över ytor. Mätinstrument placeras ofta direkt på ytan och visar mätvärdet på en display, vanligtvis elektronisk.

Fysikaliska indikatorer

Indikerar vilken nivå RF ligger på genom att ändra färg då RF ökar eller minskar [2].

Alfasensorn är en fysikalisk *indikator* som registrerar den tid omgivande luft haft ett RF som överskrider sensorns specifika gränsvärde.

Principen för sensorn är att en textilremsa drar åt sig fukt från omgivningen och ger ett färgutslag då RF överstiger gränsvärdet för sensorn. Färgen som använts är av vattenlöslig typ och utslaget irreversibelt. Utslaget följer en graderad tidsskala varav tiden då fuktnivån i omgivningen överskridits kan avläsas. Produkten har anpassats för tre olika RF.

Verkningsättet på Alfasensorns patent är att ett hygroskopiskt ämne eller material adsorberar vatten på ett sådant sätt att ett indikatorämne kan börja förflytta sig i ämnet eller materialet. Denna förflyttning kan observeras med blotta ögat. Det som skiljer tidigare patent från alfasensors patent är att de äldre patenten oftast använder sig av någon typ av "ren" kapillär transportmekanism för att få indikation. I de indikatorer som provas i denna studie ingår ett hygroskopiskt ämne förutom själva remsan och färgämnet, som är av en vattenlöslig typ [5].

Alfasensorn svarar inte på vilken specifik relativ fuktighet man har för tillfället utan används för att undersöka om RF någon gång överskridit sensorns gränsvärde och i så fall under hur lång tid [2]. d.v.s. det är ingen mätinstrument utan en fuktindikator.

2.3 Kemiska processer i salter

I det här kapitlet förklaras kort vilka typer av processer som inverkar när en mättad saltlösning ställer in sig i jämvikt med RF i omgivande luft. I samtliga försök som ingår i denna studie har mättade saltlösningar använts för att skapa ett visst klimat i utrustningen, d.v.s. ett klimat med bestämt RF.

Det kan vara av intresse att försöka förstå vad det är som gör att en viss salt ger ett visst RF. Nedan följer en kort sammanställning av en del av det som återfinns i litteraturen.

Vattenmolekyler har en tendens att vilja smita från lösningen. Den tendensen kan bland annat beskrivas med hjälp av ångtrycket. Ett annat ord för detta är

vattenaktivitet $a_w = \frac{P}{P_0}$, där p är lösningens ångtryck och p_0 är det rena

vattnets ångtryck. Kvoten varierar mellan 0 och 1 och är i princip samma sak som relativ fuktighet, RF. D.v.s. den RF-nivå som har kommit att inställa sig vid jämvikt med lösningen.

För rent vatten är $a_w = \frac{P_0}{P_0} = 1$, d.v.s. RF = 100 %.

Saltets koncentration i en lösning ändras eftersom saltets ångtryck p ändras. Den kan dock aldrig nå nollpunkten. D.v.s. RF kan inte bli 0 %.

Vattenmolekyler i både vätske- och ångfasen kan ingå i reaktioner. För att jämvikt skall råda i ett system av två eller flera faser, i det här fallet vatten och ånga, måste deras ångtryck d.v.s. den kemiska potentialen μ , i en given temperatur T vara lika [6]. När salterna har kommit i jämvikt innebär det att den kemiska potentialen är lika stor i vätskefasen som i gasfasen.

$$m = m_w + R \cdot T \cdot \ln \left(\frac{P}{P_0} \right)$$

där R är den allmänna gaskonstanten (8,3145 J/(mol K)),
 μ_w är vattnets potential och
 p_0 är ångtrycket för det rena vattnet.

3. Experiment

Nedan presenteras försöksupplägget för de olika experimenten som ingått i arbetet. De olika experimenten utfördes med olika typer av utrustning. De experiment som gjordes var:

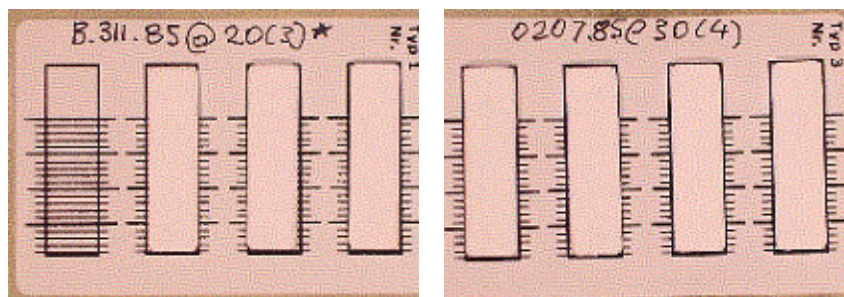
- Labbförsök med klimatboxar
- Labbförsök med alternerade utslag
- Burkmetoden
- Stående boxar

Försöksupplägg

Experimenten utfördes delvis samtidigt enligt nedanstående tidsschema som beskriver respektive försök

Labbförsök med klimatboxar 19-11-03 till 16-02-04	
Burkmetoden 28-01-04 till 14-03-04	
Stående boxar 26-01-04 till 02-02.04	Klimatboxar med alternerade utslag 02-02-04 till 16-02-04

I projektet användes alfasensorer med två olika utförande enligt figur nedan:



Figur 1. Försökssensorer med fyra respektive tre remsor på etiketten

Anledningen till att sensorerna utformades med flera remsor på varje var att få möjlighet att jämföra utslaget hos ett stort antal remsor utan att det tog för stor plats

Försökssensorer med tre remsor används bara till experimentet med burkmetoden. Där gjordes jämförande mätningar för att se ifall etiketten, inverkar i hur mycket fukt som tas upp av försökssensorerna.

Nedan följer en tabell som visar hur många Alfasensorer som gick åt vid varje labbförsök. Alfasensor AB levererade etiketterna och remsorna separat. Dessa monterades ihop innan varje experiment skulle köras igång. De hanterades efter instruktioner och förvarades i klimat som inte översteg 50% RF.

Tabell 1. Antal försökssensorer som användes vid respektive försök

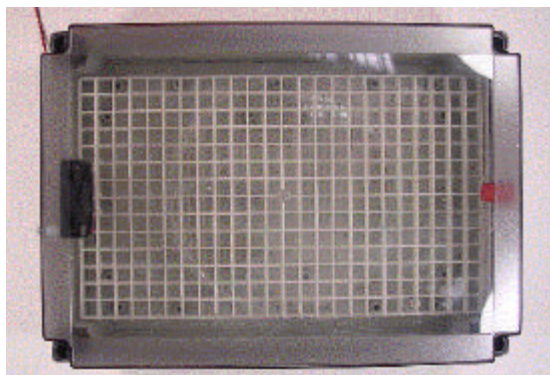
	Klimatbox	Burkmetod	Stående boxar	Alternerade boxar
	4 remsor	4 remsor	3 remsor	4 remsor
Alfasensor 58	90	1	1	4
Alfasensor 75	90	1	1	4
Alfasensor 85	90	1	1	4
Totalt	270	3	3	12

Försökssensorer blev 90 i antal i försöket med klimatboxarna efter att det bestämdes att tio klimat skulle framställas. I varje klimatbox fick plats nio försökssensorer. Dessa tio klimat skulle sedan transporteras till de andra två klimatrummen, 8 ° C och 30° C, d.v.s. det användes samma klimatboxar i alla tre temperaturer.

3.1 Labbförsök med klimatboxar

Olika saltlösningar har använts för att kunna framställa olika RF-klimat. Dessa finns i klimatboxar som har en cirkulationsfläkt monterad så att RF är jämn över hela boxen och för att jämvikten skall uppnås snabbare, se figur 2. Sedan läggs ett raster i botten för att undvika att försökssensorn kommer i direkt kontakt med saltlösningen.

Examensarbete
Utvärdering av tre typer av fuktdetektorer under kontrollerade förhållanden



Figur 2. Klimatbox, sett ovanifrån

Tabell 2. Salter som användes i försöket med elboxar och deras RF i de olika temperaturerna[7],[8],[9],[10].

Namn	Beteckning	8 ° C ²	20° C	30° C
Magnesium nitrat	Mg(NO ₃) ₂	58,26	54,38±0,23	51,40±0,24
Natrium bromid	NaBr	62,7	59,14±0,44	56,03±0,38
Ammonium nitrat	NH ₄ NO ₃	68	65	59 ³
Kalium jodid	KI	72,79	69,90±0,26	67,89±0,23
Natrium klorid	NaCl	75,68	75,47±0,14	75,09±0,11
Ammonium klorid	NH ₄ Cl	80	79,23±0,44	77,9±0,57
Kalium bromid	KBr	84,55	81,67±0, 21	80,27±0,21
Kalium klorid	KCl	87,31	85, 11±0,29	83,62±0,25
Barium klorid	BaCl ₂ ⁴	93±2	91±2	89±2
Kalium sulfat	K ₂ SO ₄	98,36	97,59±0,53	97±0,4

² Värdena är interpolerade, Greenspan, L (1977)

³ Uppmätt RF-värde

⁴ Värdena för BaCl₂ är tagna ur ASTM E:104 - 85

I dessa boxar med en storlek på 25*18*10 cm ligger **nio** försökssensorer med Tre Alfasensor58, tre Alfasensor75 och tre Alfasensor85. I experimentdelen med boxar skall tids - och utslagsförloppet registreras, d.v.s. hur lång tid det tar för sensorn att slå ut. Utslaget dokumenteras med digitalkamera som sedan avläses med hjälp av en tidsskala som finns tryckt på försökssensorn. Boxarna låts komma i jämvikt, vilket kan ta någon dag. Sedan placeras försökssensorerna i klimatboxarna och fotograferas med jämna mellanrum under en månad.

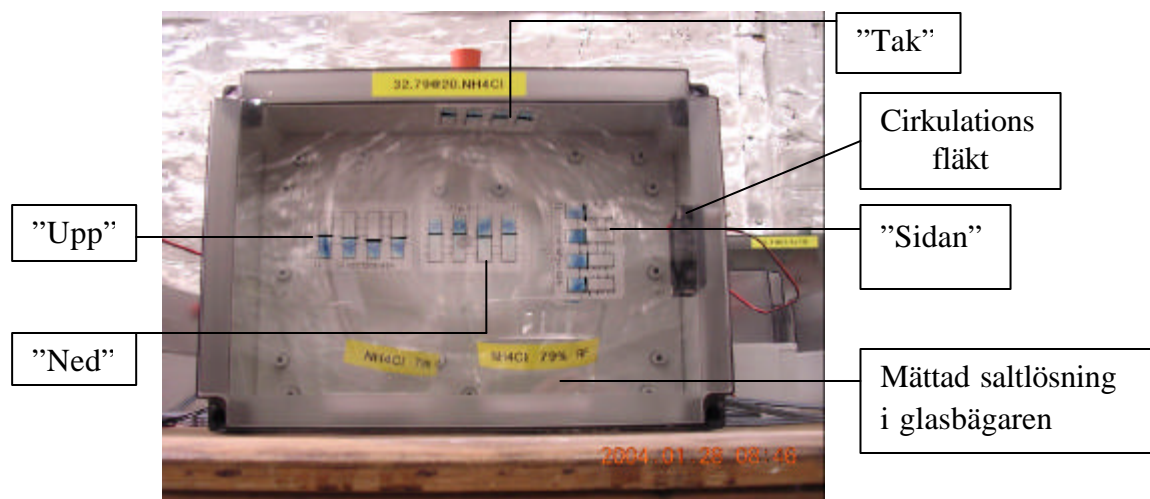
Utrustning

- *elboxar*, med transparent lock
- Fläkt monteras i samtliga lådor.
- De ovanstående salterna blandas och läggs i varje box.
- digitalkamera.

3.2 Stående boxar

Experimentet tog sin början efter diskussion med Alfasensor AB som ibland hade problem med att vissa Alfasensorer inte gav utslag när de placerades i vertikal riktning. Det misstänktes att Alfasensorer kunde vara gravitationsberoende.

På labbet försökte vi simulera en vägg genom att placera boxen på kant. Försökssensorerna placeras på olika ställen i klimatboxen. En placeras i "taket" på boxen, en på "sidan", en med färgampullen uppåt och en med neråt.



Figur 3. Uppställning av experimentet med de "stående" boxarna. Försökssensorer monterade enligt benämning Tak, Sida, Upp, Ned.

Försökssensorn i taket betecknas med T, på sidan med (S), den som pekar neråt med (N) och den uppåt med (U).

Utrustning

- tre klimatboxar av typen elbox
- De tre salterna som alfasensornerna A58, A75, A85 , säkert reagerar på bestämdes till
 1. Ammoniumnitrat (NH_4NO_3), som ger en nivå på 65% RF
 2. Ammoniumklorid (NH_4Cl), ger 79% RF
 3. Bariumklorid (BaCl_2), ger 91% RF

3.3 Labbförsök med alternerade utslag

Försöket undersöker hur utslaget ändras när Alfasensorn placeras i torrare klimat, d.v.s. klimat med lägre RF. Syftet med experimentet är att se om försökssensorns utslag fortsätter att spridas linjärt eller om den avstannar helt, d.v.s. förblir konstant.

Först läggs försökssensornerna i ett klimat som de ger utslag i. Efter att utslaget noterats läggs de i ett torrare klimat så att utslaget stoppas. Där stannar de i sju dygn, vilket ansågs som tillräckligt långt intervall och sedan placeras de i det ursprungliga klimatet för att slå fullt ut. Tre försökssensorer av varje sensortyp lämnas kvar i ursprungsboxen hela perioden. Detta för att jämföra hur utslaget sprids utan klimatbyten. Nedan visas schemat för varje sensortyp.

I varje box fanns det tre rader av t.ex. försökssensor 58. Raderna betecknas med siffror ett, två och tre. Sedan följer man i vilka klimat som dem förflyttas till, efter en tidsaxel.

Tabell 3. Schemat över försökssensorer 58 i alternerade boxar

Sensorråd 1	65%	65%	65%	65%
Sensorråd 2	65%	65%	54%	65%
Sensorråd 3	65%	54%	54%	65%

0 2 3 10 14
dygn

Tabell 4. Schemat över försökssensorer 75 i alternerade boxar

Sensorråd 1	79%	79%	79%	79%
Sensorråd 2	79%	79%	65%	79%
Sensorråd 3	79%	65%	65%	79%

0 2 3 10 14
dygn

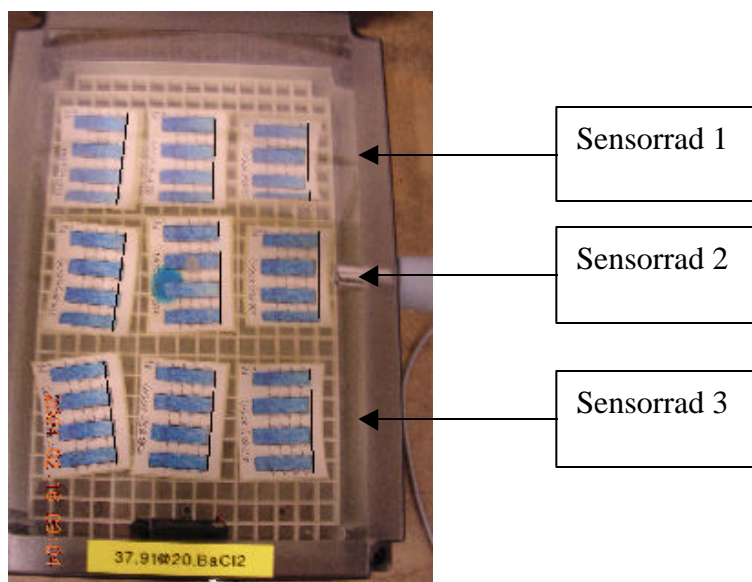
Tabell 5. Schemat över försökssensorer 85 i alternerade boxar

Sensorråd 1	91%	91%	54%	91%
Sensorråd 2	91%	91%	79%	91%
Sensorråd 3	91%	79%	79%	91%

0 2 3 10 14
dygn

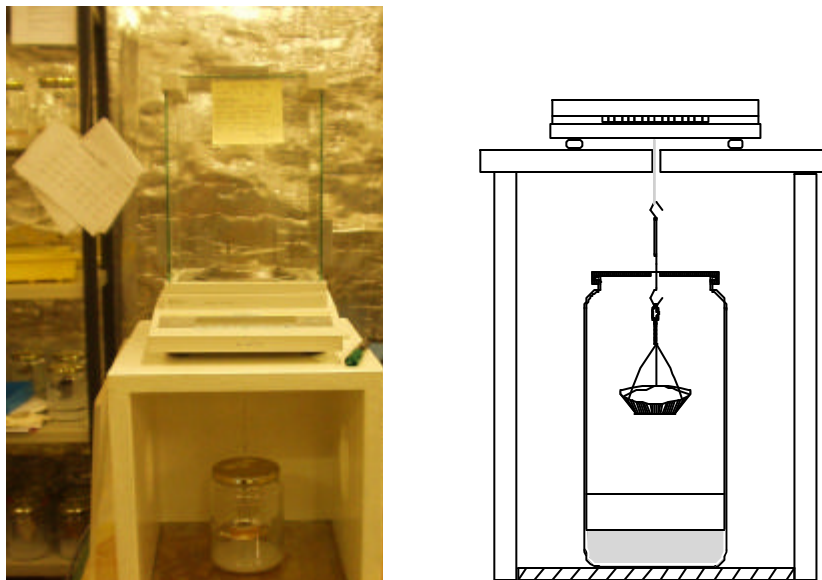
Utrustning

- Fyra elboxar
- Salter
 1. $MgNO_3$, ger 54% RF
 2. NH_4NO_3 , som ger 65% RF
 3. NH_4Cl , ger 79% RF
 4. BaC_2 , ger 91% RF



Figur 4. Klimatbox med tre rader av sensorer i försök med alternerade utslag

3.4 Burkmetoden



Figur 5. Burkmetoden, vågen och burken som innehåller provet.

Metoden används för att bestämma sorptionskurvor med mättade saltlösningar. Provet finns inne i burken under hela mätperioden, inklusive vägningar, något som minskar klimatstörningarna. Metoden gör det lätt att flytta provet mellan olika klimat vilket är nödvändigt för att mäta sorptionskurvan. I försöket ingår elva saltlösningar som ger elva olika RF-nivåer, se tabell 6.

Syftet med sorptionskurvor är att de beskriver en materialegenskap och gör det lättare att jämföra med andra material eller mellan de olika sensortyperna.

I burkmetoden används försökssensorer med fyra respektive tre remsor på etiketten. Sensorerna klistras fast under aluminiumkorgen och justeras så att kanterna inte har möjlighet att stöta mot glasburken, se figur 5 nedan. Detta skulle kunna ge ett fel i utslaget på vågen. Sedan vägs sensorerna med vågen [Sartorius BP221S], vars upplösning ligger på 0.0001 g.



Figur 6. Alfasensorn klistrad under aluminiumkorgen

Försökssensorer läggs i olika klimat som inte överskrider den RF-nivå sensorn ger utslag i. Placeras dom i högre RF än gränsvärdet befaras att de tar upp fukt hela tiden samt ger utslag hos färgampullen. Utslaget kan eventuellt bli så stort att vätskan i sensorerna börjar ”rinna över” vilket ibland har observerats, detta studerades dock inte i det här försöket. Det som mäts är hur stor mängd vatten, d.v.s. hur många gram försökssensorn kan absorbera innan utslaget kommer.

Examensarbete
Utvärdering av tre typer av fuktdetektorer under kontrollerade förhållanden

Tabell 6. Salter som används vid burkmetoden [7],[8],[9],[10].

Namn	Beteckning	RF vid 20° C
Litiumklorid	LiCl	11,3±0,3
Kaliumacetat	KCH ₃ OO	23,1±0,3
Magnesiumklorid	MgCl ₂	33,1±0,2
Kaliumkarbonat	K ₂ CO ₃	43,2±0,3
Natriumbromid	NaBr	59,5±0,1
Amoniumnitrat	NH ₄ NO ₃	65,0
Natriumklorid	NaCl	75,5±0,2
Kaliumklorid	KCl	85,1±0,3
Kaliumnitrat	KNO ₃	94,6±0,7
Bariumklorid	BaCl ₂	91,0±2
Kaliumsulfat	K ₂ SO ₄	97,6±0,5

I experimentet användes dock inte BaCl₂, KNO₃ och K₂SO₄ eftersom de ger ett högt RF- värde.

Examensarbete
Utvärdering av tre typer av fuktdetektorer under kontrollerade förhållanden

Nedan visas schemat för burkmetoden. Där syns i vilka klimat sensorerna har förflyttats till.

Tabell 7. Schema för försökssensorerna 58, 75 och 85

RF	0 ⁵	11	21	33	43	58
Isteg		58				
2		58	58			
3			58	58		
4				58	58	
5					58	58
6					58	58
7				58	58	
8			58	58		
9		58	58			
10	58	58				
11	58					

RF	0	11	21	33	43	58	65	75
Isteg		75						
2		75	75					
3			75	75				
4				75	75			
5					75	75		
6						75	75	
7							75	75
8							75	75
9						75	75	
10					75	75		
11				75	75			
12			75	75				
13		75	75					
14	75	75						
15	75							

RF	0	11	21	33	43	58	65	75	84
Isteg		85							
2		85	85						
3			85	85					
4				85	85				
5					85	85			
6						85	85		
7							85	85	
8								85	85
9								85	85
10							85	85	
11						85	85		
12					85	85			
13				85	85				
14			85	85					
15		85	85						
16	85	85							
17	85								

⁵ Försökssensorerna placeras i burkar med molekyl sikt, för att torka ytterligare.

Utrustning

- Burkar
- Specialtillverkade krokar
- Aluminiumkorgar
- Rostfritt extravikt
- Lock med hål i till krokar
- 11 salter

Experimentet görs i tre serier A, B och C som löper parallellt. A-serien består av 58%- sensorer, B-serien av 75% och C av 85%. Saltlösningar tillåts komma i jämvikt under ett par dagar innan sensorerna läggs i burkarna.

Uppfuktningen startas från 11% med saltet litiumklorid, LiCl och går sedan successivt upp till 58% RF, 75% RF respektive 85% för de olika sensorerna, för att sedan ta samma väg tillbaka i uttorkningsprocessen. Avslutningsvis hängs sensorerna i burkar med molekyl sikt⁶ för att torka ned ytterligare. Molekyl sikt är material som absorberar stora mängder fukt ända ner till mycket låga RF-nivåer.

Vikt och tid för de olika stegen registreras kontinuerligt och förs in i protokoll. Därefter utvärderas respektive sensors sorptionskurvan genom att ta det mätvärdet i diagrammet där det syns att försökssensorn har kommit i jämvikt i varje klimat, mot den RF klimatet har. Mätvärden från sorptionskurvorna finns i bilagor 1A, 1B och 1C.

3.5 Utvärderingens tillvägagångssätt

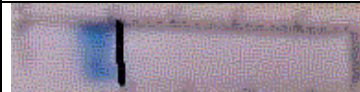
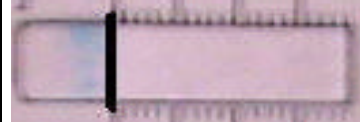
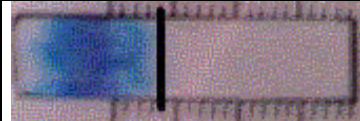
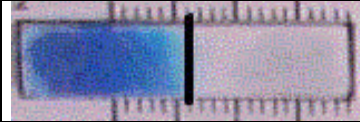
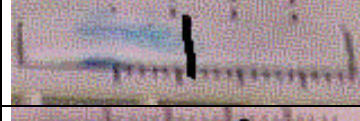





Alla experiment med klimatboxarna utvärderades på motsvarande sätt som de stående boxarna. Det togs digitala bilder som avlästes genom att zooma in på varje försökssensors remsa. Utslaget lästes av genom att dra en linje där den slutade och sedan anteckna ett värde i mätprotokoll. Det värdet symboliserar hur långt utslaget hade hunnit.

För att lättare kunna hantera mätvärdena gjordes en egen experimentell skala från siffror 1 t.o.m. 21. Nedan visas några exempel på hur bedömningen gjordes.

⁶ Mol sieves 0,4 nm

Examensarbete
 Utvärdering av tre typer av fuktdetektorer under kontrollerade förhållanden

Figur 7. Utvärderingsskalan

Utslag	Utslagets Intensitet	Skala
	Stark	1
	Svag	1
	Stark	5
	Stark	7
	Svag	7
	Stark	12
	Svag	12
	Stark	20
	Svag	20
	Stark	21

4. Resultat

I den här delen av rapporten presenteras mätresultaten från samtliga försök utan någon analys. Detta görs främst för att dokumentera mätvärdena men också för att läsaren ostörd skall kunna skapa sin egen uppfattning. I senare kapitel följer en analys av resultat där också vissa slutsatserna dras och författarens synpunkter presenteras.

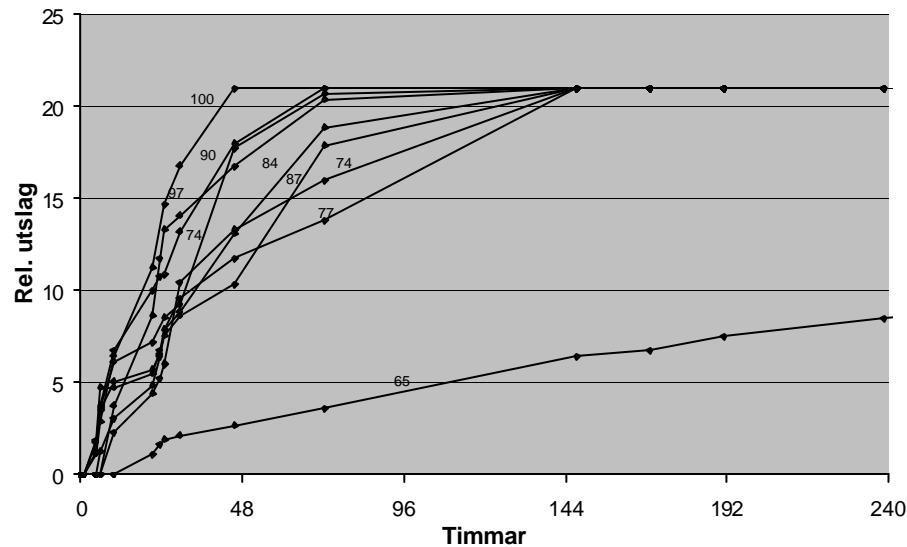
Tabell 8. Uppmätta och teoretiska värden (inom parentes) med standardavvikelse för salterna i klimatboxarna

Namn	Beteckning.	8 ° C	20° C	30° C
Magnesium-nitrat	Mg(NO ₃) ₂	60±0,7 (58)	55±0,3 (54)	53±1,1 (51)
Natrium-bromid	NaBr	65±1 (63)	58±0,7 (59)	56±1,5 (56)
Ammonium-nitrat	NH ₄ NO ₃	74±1,2 (68)	63±0,8 (65)	59±1,5 (59)
Kalium-jodid	KI	74±1,5 (73)	69±1,2 (70)	67±1,6 (68)
Natrium-klorid	NaCl	77±1,3 (76)	75±1,4 (75)	74±0,4 (75)
Ammonium-klorid	NH ₄ Cl	84±1,2 (80)	78±1,7 (79)	75±0,5 (77)
Kalium-bromid	KBr	87±1,3 (85)	82±1,7 (82)	78±0,8 (80)
Kalium-klorid	KCl	90±1,5 (87)	86±1,1 (85)	83±1,1 (84)
Barium-klorid	BaCl ₂	97±2,4 (93)	89±2,8 (91)	90±0,9 (89)
Kalium-sulfat	K ₂ SO ₄	100±0,1 (98)	95±4,1 (98)	96±0,9 (97)

Salternas temperaturberoende illustreras som diagram i bilaga 4. Där syns skillnaden mellan de teoretiska och de verkliga värdena i de tre temperaturer (8, 20 och 30°C).

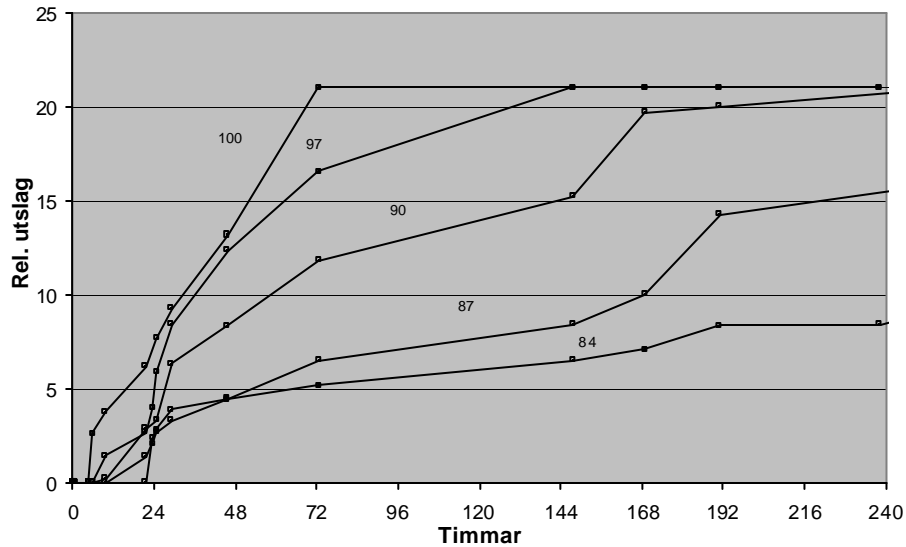
4.1 Utslagsspridning i olika temperaturer

Nedan presenteras klimatboxarnas grafer. Varje kurva visar hur fort utslaget sprids. De värdena som skrivs ut vid varje kurva är medelvärdet av det uppmätta RF i boxen.



Figur 8. Försökssensor 58. Relativ utslag m. a.p. tiden i 8 °C klimat med ett RF på 80% .

Figurens linjer visar hur fort försökssensor 58 har slagit ut i varje klimatbox. För att Alfasensorn skall ge utslag måste klimatet som den befinner sig i, överskrida 58% RF. De försökssensorer 58 som fanns i boxen med 65% RF har inte nått maximal utslag även fast klimatet överskred gränsvärdet. Detta förklaras mer under rubriken analys av resultat.

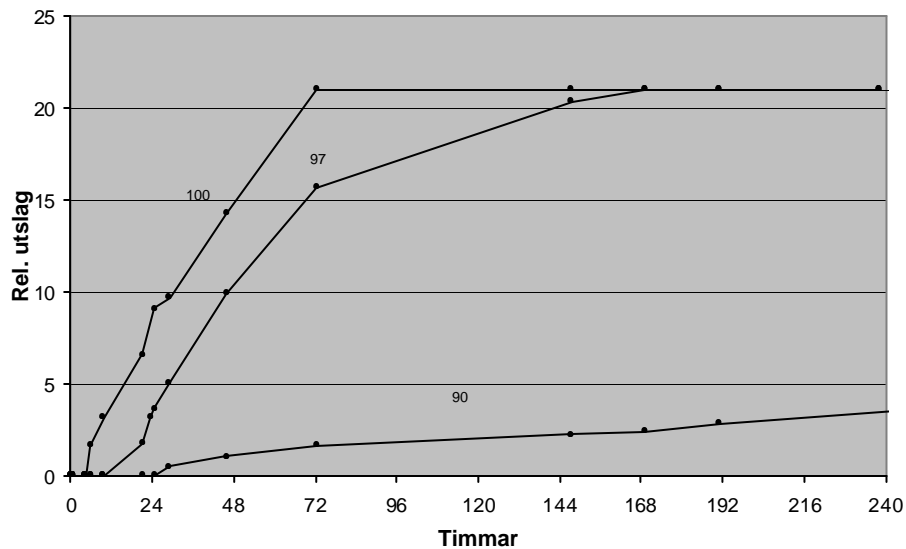


Figur 9. Försökssensor 75. Relativ utslag m.a.p. tiden i 8 °C klimat med en RF på 80%.

Figur 9 visar i vilka klimat försökssensor 75 slår om. Det är klimat med RF som överskrider sensorns värde.

I de klimatboxarna med hög RF slår sensorn ut fortare än i de med lägre RF. Jämförelsen visar att den slår 3 gånger snabbare i boxar med hög RF.

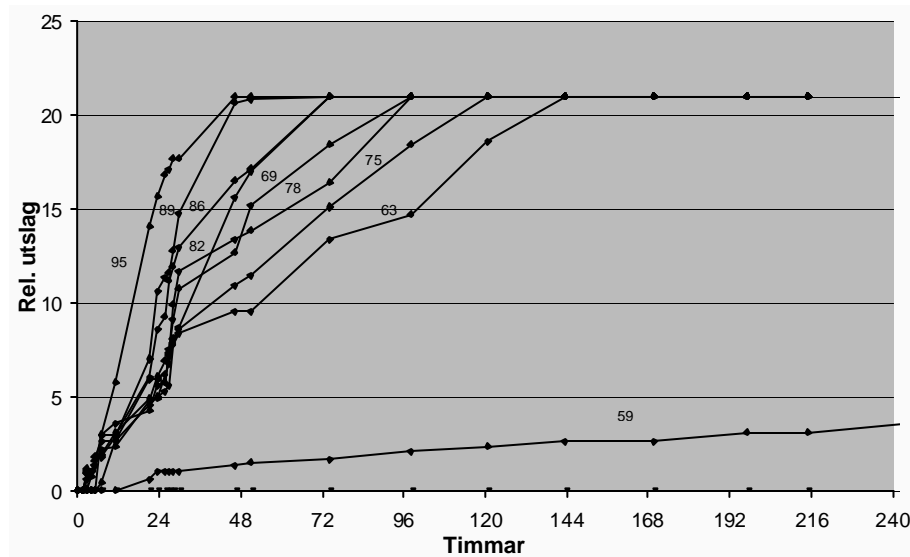
I början är utslagets respons bra, sedan avtar den med tiden och RF-nivån.



Figur 10. Alfasensor 85. Rel. utslag m.a.p. tiden i 8 °C klimat med en RF på 80%.

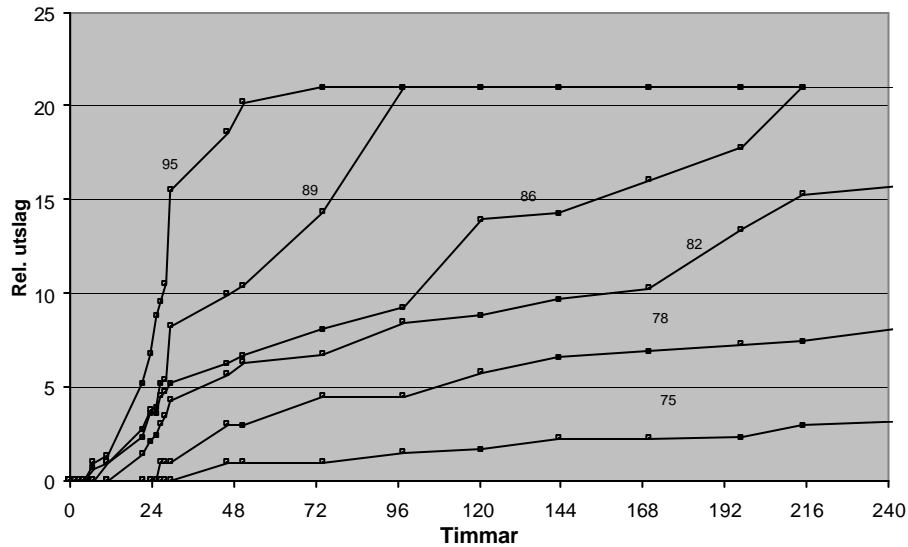
Figur10 visar i vilka klimat försökssensorn85 ger utslag. Dessa överskrider sensorns värde och det syns att ett hög RF-värde påskyndar utslaget. I klimatboxen med 90% RF når försökssensor 85 inte maximalt utslag.

Hastighetsjämförelsen visar att utslaget i 90%-boxen är fyra gånger långsammare än boxarna med hög RF.



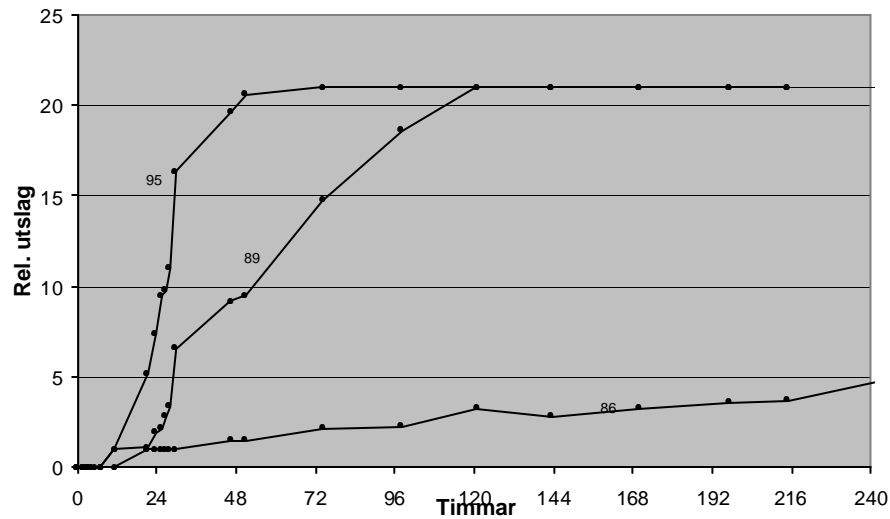
Figur 11. Alfasensor 58. Rel. utslag m.a.p. tiden i 20 °C klimat med en RF på 55%.

I figur 11 syns hur Alfasensor 58 slår i de olika klimatboxar. I boxen med 59% RF når utslaget inte max. eftersom den ligger i gränzonen för sensorns utslag. Boxen med 59% är ca sex gånger långsammare än de andra boxarna. Annars varierar utslaget efter RF. Ju högre RF är desto fortare når utslaget maxvärdet.



Figur 12. Alfasensor 75. Rel. utslag m.a.p. tiden i 20 °C klimat med en RF på 55%.

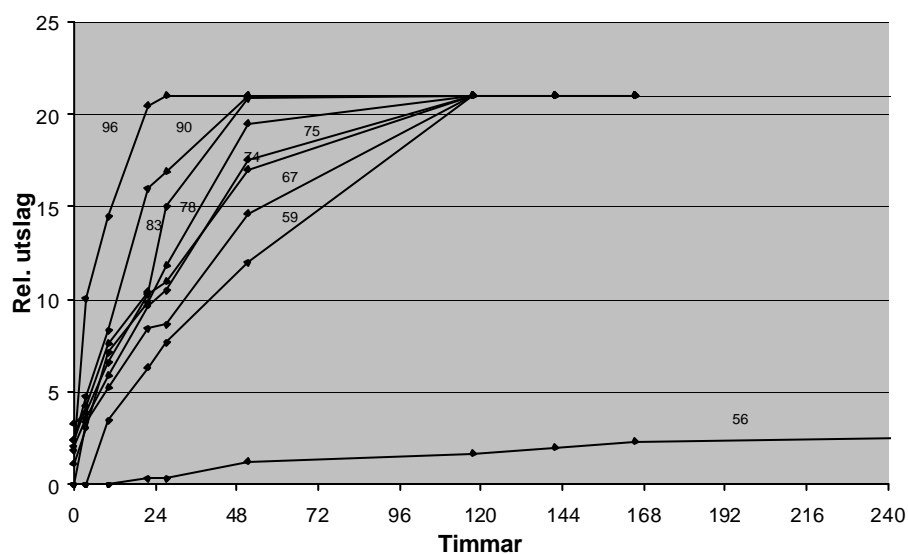
Figur 12 visar försökssensorer 75:s utslagsspridning i de olika klimatet. De slår fort i början för att sedan avta med klimatboxens RF-nivå. Alla försökssensorer fr.o.m. 75% slår om. Utslaget når dock inte max. i 75, 78 och 82% RF.



Figur 13. Alfasensor 85. Rel. utslag m.a.p. tiden i 20 °C klimat med en RF på 55%.

Figur 13 visar när försökssensor 85 ger utslag i varje klimat samt hur fort utslaget sprider sig. I klimatet för 86% nås det ingen max. utslag beroende på

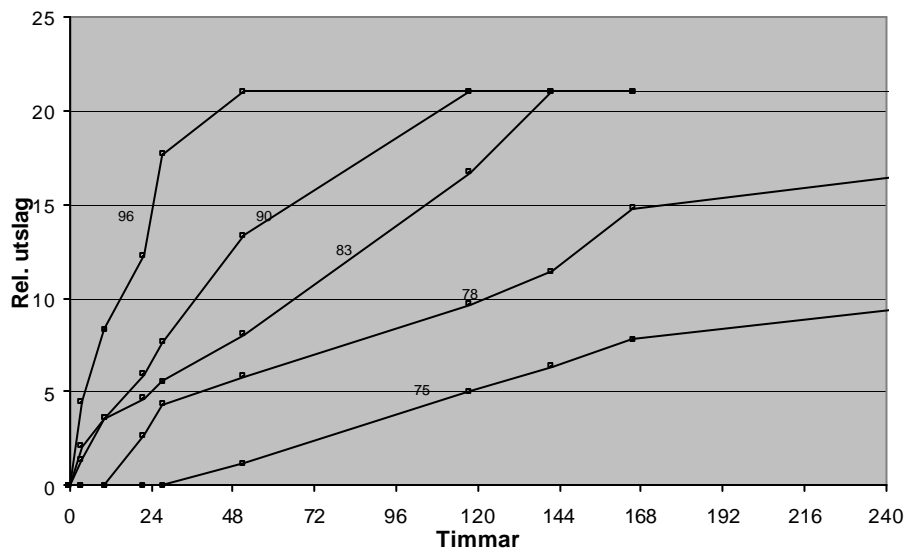
att det ligger nära försökssensorns gränsvärde. Hastighetsjämförelsen visar att den slår sju gånger långsammare än i de andra boxarna.



Figur14. Alfasensor 58 Rel. utslag m.a.p. tiden i 30 °C klimat med RF på 70%.

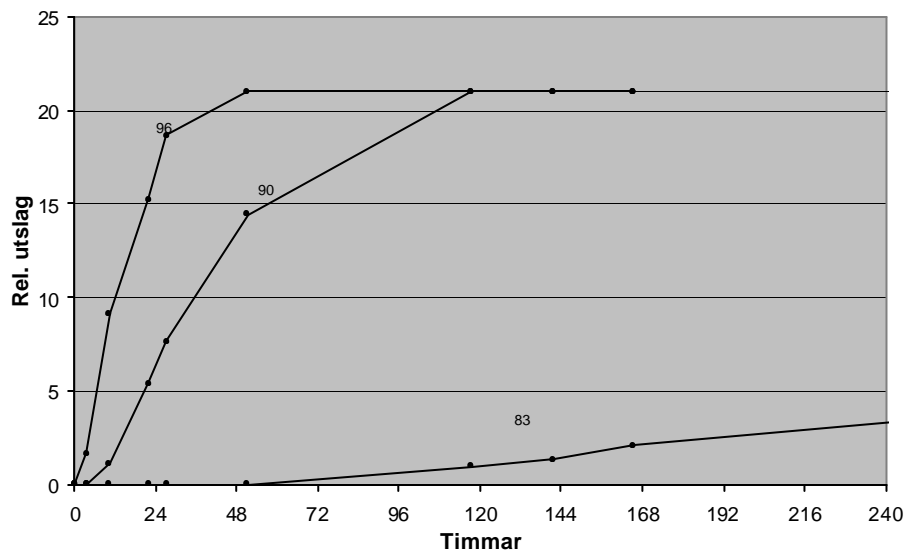
Figur 14 visar att alla försökssensorer som slår om t.o.m. boxen med 56% RF som egentligen inte skall ge utslag. Det värdet ligger nära gränsvärdet för sensorn och når inte max. utslag. Boxen vid 56% slår sju gånger långsammare än de andra boxarna.

Examensarbete
Utvärdering av tre typer av fuktdetektorer under kontrollerade förhållanden



Figur 15. Alfasensor 75 Rel. utslag m.a.p. tiden i 30 °C klimat med RF på 70%.

Figur 15 visar vilka av de försökssensorer 75 som ger utslag. Alla boxar med RF som överstiger 75% har gett utslag.



Figur 16 Alfasensor 85 Relativ utslag m.a.p. tiden i 30 °C klimat. RF är 70%.

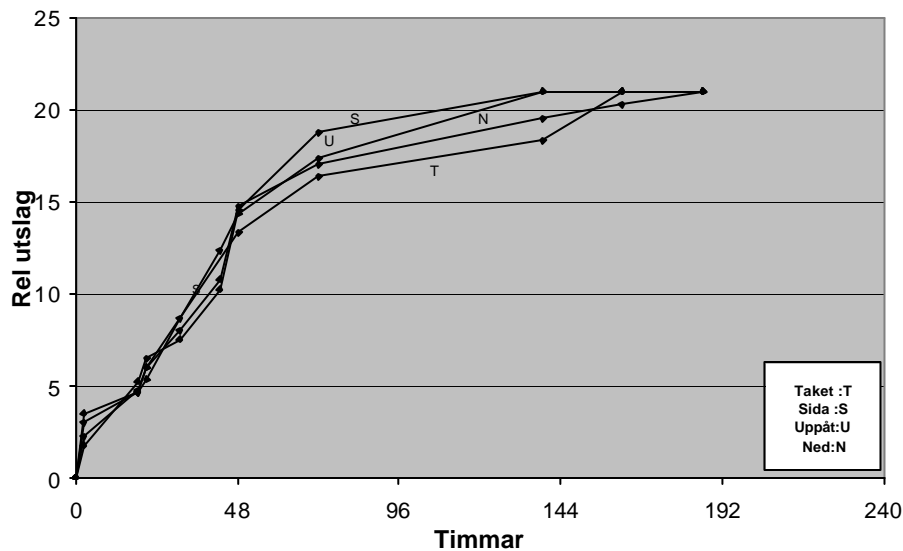
I figur 16 har Försökssensor 85 gett utslag för RF från 83% och uppåt. Försökssensorn 85 ger utslag redan vid 83%.

4.2 Utslagsspridningen i olika riktningar

Resultat från experimentet med de stående boxarna:

Tabell 9. Salternas RF medelvärde i de "stående" boxar

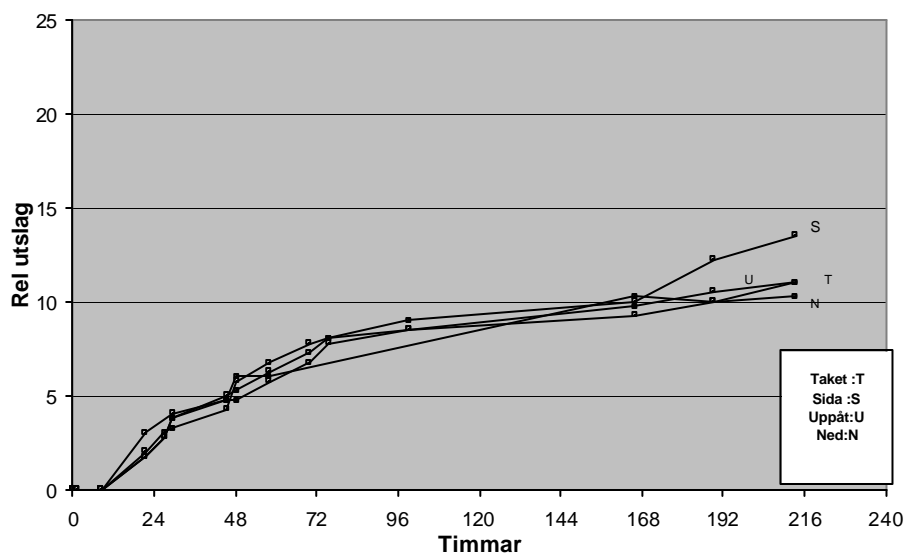
Namn	Kem.bet	Uppmätt RF
Ammoniumnitrat	NH_4NO_3	$64,6 \pm 0,5$
Ammoniumklorid	NH_4Cl	$79,7 \pm 0,6$
Bariumklorid	BaCl_2	$90,1 \pm 0,3$



Figur 17. Alfasensor 58 utslag m.a.p. placeringen i den "stående" boxen som skall simulera en vägg

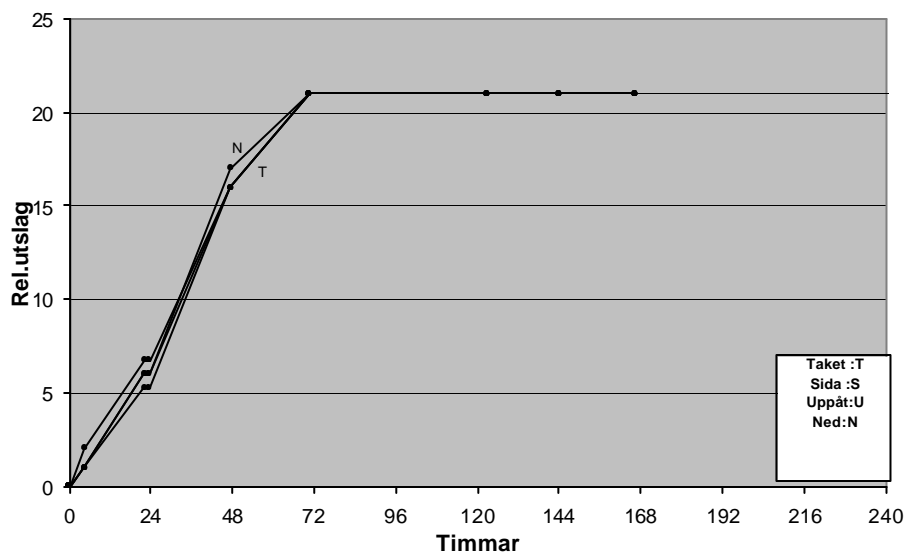
Figuren 17 visar att försökssensorn 58 som var placerade på sidan (S) nådde max. utslag fortast, följt av försökssensorn som var placerade med färgampullen uppåt (U).

Examensarbete
Utvärdering av tre typer av fuktdetektorer under kontrollerade förhållanden



Figur 18. Alfasektor 75 utslag m.a.p. placeringen i den "stående" boxen som skall simulera en vägg

I figur 18 syns liknande resultat som i föregående figur. Försökssensorn 75 som ligger på sidan (S) har det utslaget som sprider sig snabbast.



Figur 19. Alfasektor 85 utslag m.a.p. placeringen i den "stående" boxen som skall simulera en vägg

I figur 19 syns knappt någon skillnad på utslaget i försökssensor 85. Utslaget spred sig med lika stor hastighet i alla positioner som försökssensorn var placerad.

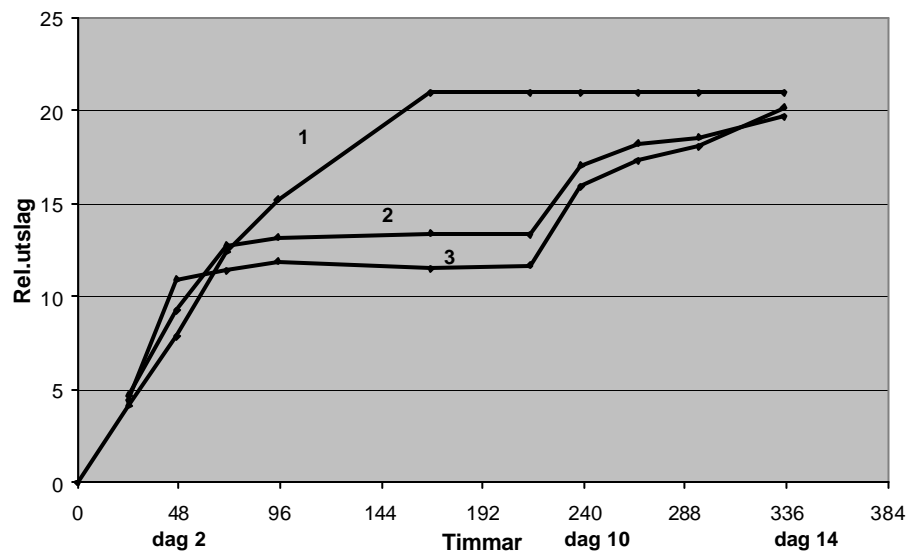
4.3 Utslag vid alternerade miljöer

Försök med alternerade utslag

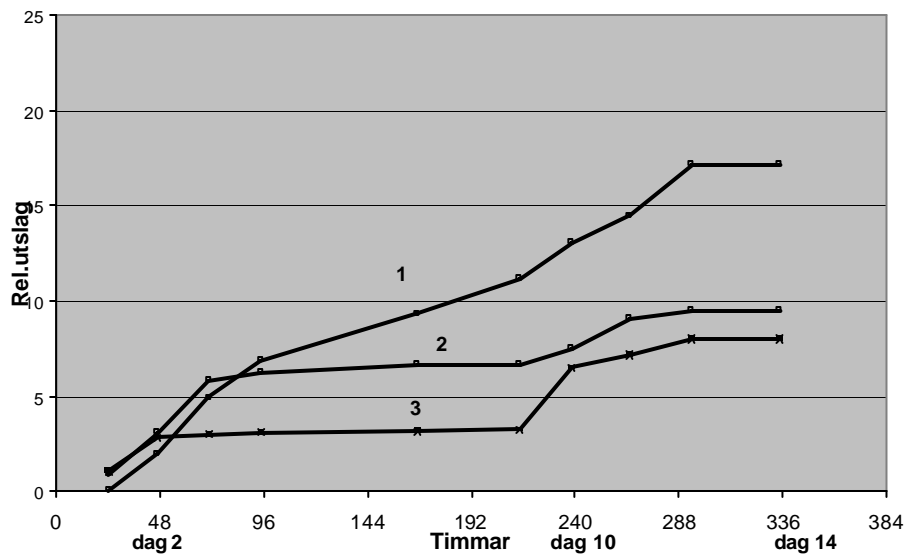
Försökssensorer börjar i startboxen och ger utslag för att sedan flyttas successivt, efter två och tre dagar, till boxen som stoppar utslaget. Där stannar de i en vecka för att se ifall utslaget förblir densamma

Tabell 10. Salternas RF medelvärde i de alternerade boxar

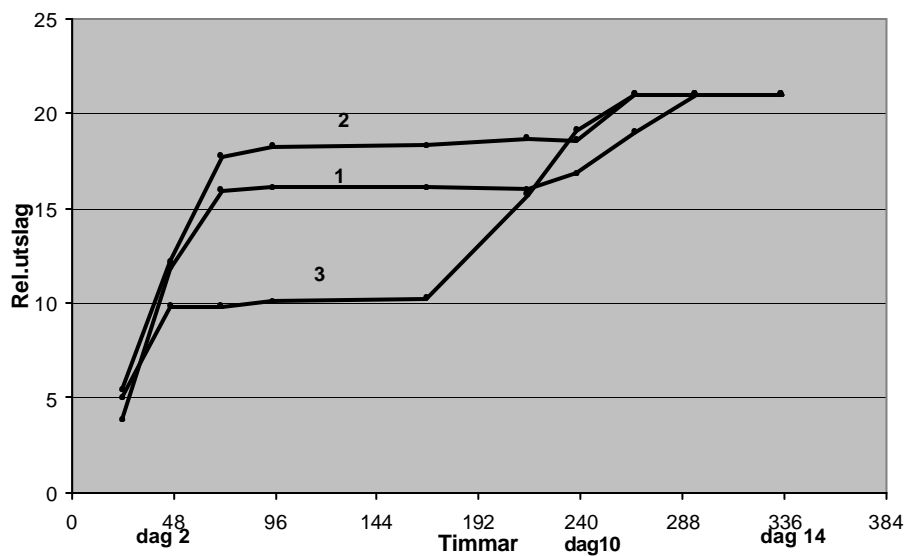
Salt	Kem.bet.	Uppmätt RF
Magnesiumnitrat	$Mg(NO_3)_2$	$54 \pm 0,8$
Ammoniumnitrat	NH_4NO_3	$63,4 \pm 1$
Ammoniumklorid	NH_4Cl	$76,2 \pm 1,6$
Bariumklorid	$BaCl_2$	$87,1 \pm 2,4$



Figur 20. Alfasensor 58 Rel. utslag i de alternerade boxarna



Figur 21. Alfasektor 75 Rel. utslag i de alternerade boxarna



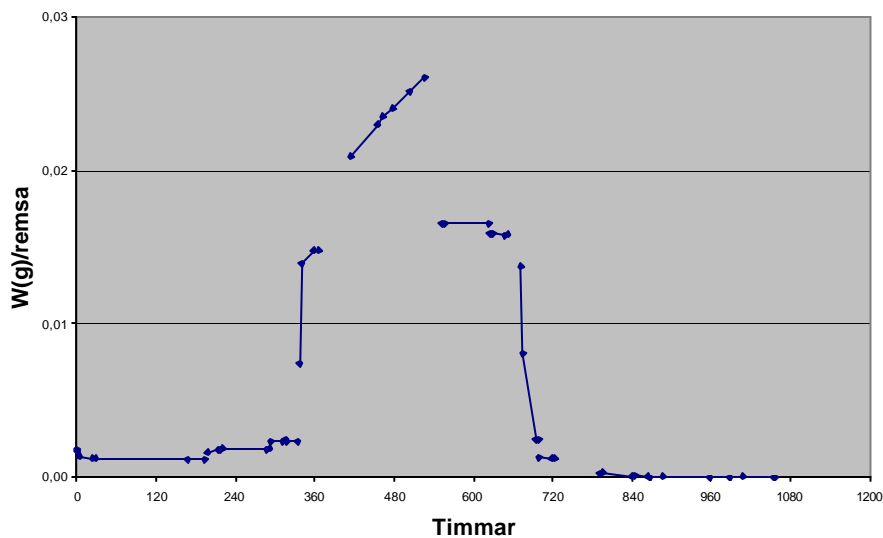
Figur 22. Alfasektor 85 Rel. utslag i de alternerade boxarna

4.4 Bestämning av sorptionsisotermer

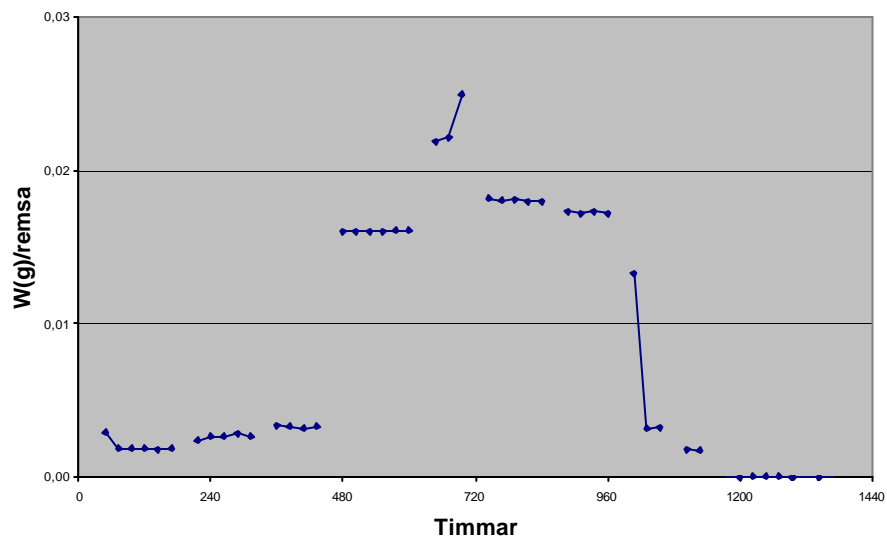
Nedan visas mätvärdena från experimentet som syftar till att mäta fuktupptagningen i sensorerna i jämvikt med olika RF-nivåer. X-axeln visar tiden i timmar och y-axeln den mängden vatten som varje remsa, som sitter på försökssensorn, har tagit upp. Hoppen hos kurvan uppkommer då sensorn flyttas till ett nytt klimat. Kurvorna följer det schemat som presenterades i försöksupplägget för burkmetoden.

Sist i sekvensen efterhängdes försökssensorerna i burkar med torkmedel. Det motsvarar remsans torra vikt, referensvikten. Denna referensvikt är y-axelns nolläge.

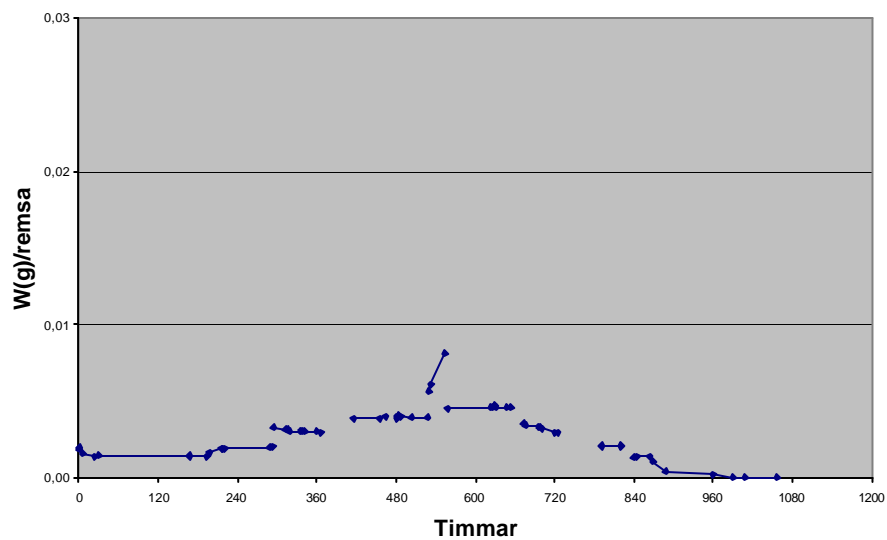
De punkter som inte verkar komma i jämvikt är ifrån det klimatet (burken) som har ett RF som sensorn ger utslag i, d.v.s. 58%, 75% och 85%.



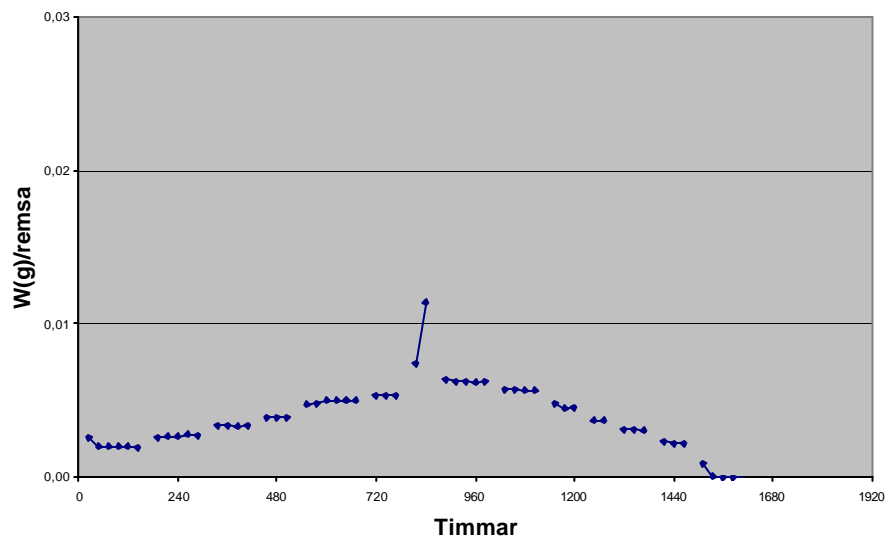
Figur 23. Uppfuktning och uttorkningsförlopp för försökssensorn 58 med fyra remsor.



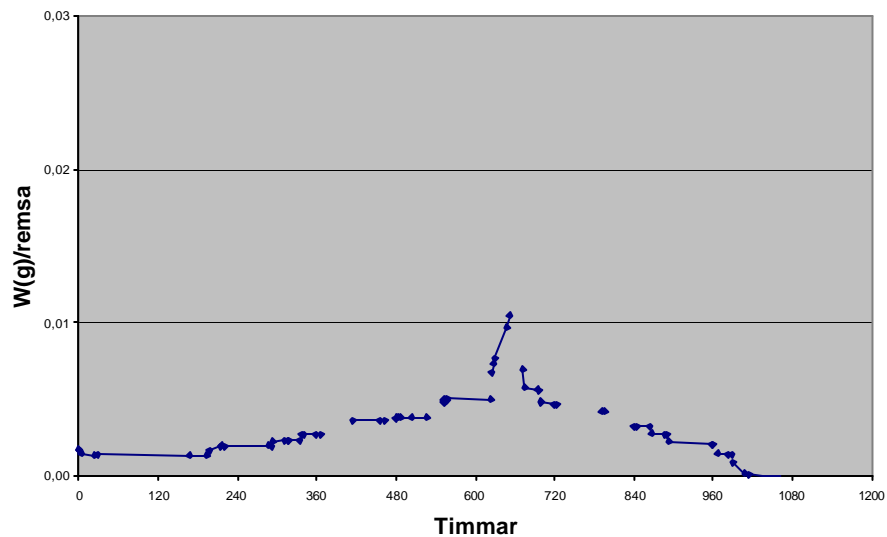
Figur 24. Uppfukning- och uttorkningsförlopp för försökssensorn 58 med tre remsor.



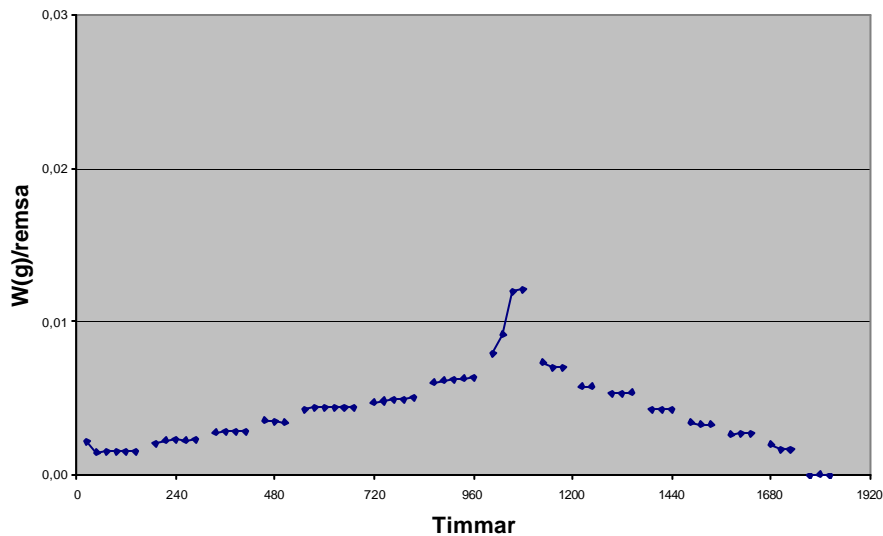
Figur 25. Uppfukning- och uttorkningsförlopp för försökssensorn 75 med fyra remsor.



Figur 26. Uppfukning- och uttorkningsförlopp för försökssensorn 75 med tre remsor.



Figur 27. Uppfuktning och uttorkningsförlopp för försökssensorn 85 med fyra remsor.



Figur 28. Uppfukning och uttorkningsförlopp för försökssensorn 85 med tre remsor.

5. Analys av resultat

I den här delen sammanställs, analyseras och till viss del tolkas de figurer som har presenterats i resultatdelen. Det är bara experimentet med klimatboxar och burkmetoden som behandlas i det här kapitlet. Kommentarer och slutsatser till de andra experimenten, d.v.s. försöket med alternerade boxar och försöket med ”stående” boxar behandlas direkt under rubriken sammanfattning av resultat i kapitel 6.

5.1 Utslagshastigheten i olika temperaturer

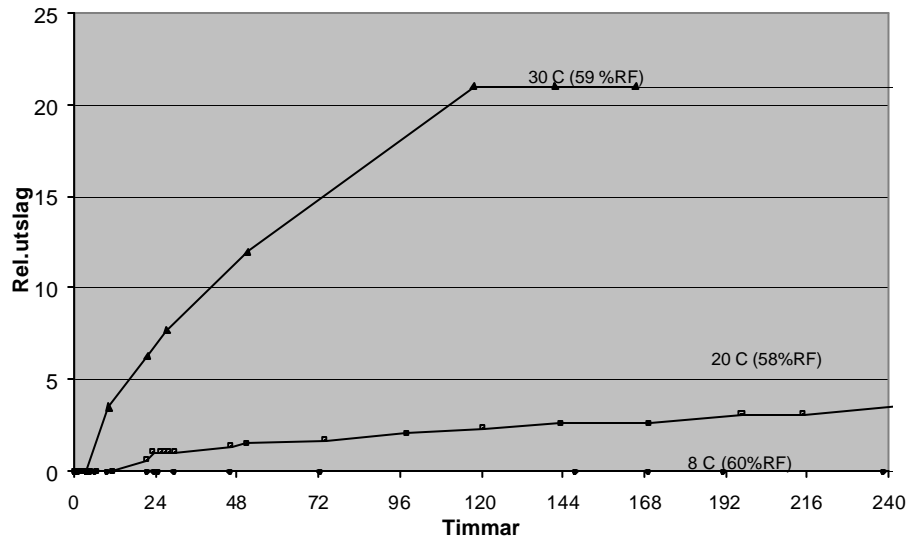
Försök med boxarna i 8, 20 och 30 grader.

De klimatrummen som utnyttjades i det här försöket var den 8 °C med 80% RF, den 20 °C med 55% RF och den i 30 C med 70% RF. Klimatrummens temperaturvariationer visas i bilaga 3A och RF i bilaga 3B.

I analysen läggs tyngdpunkten på gränsområdena, d.v.s. de utslag som fås i de klimat som ligger nära försökssensornas värden.

Bilaga 2A visar hur Alfasensorer 58 beter sig i varje klimatbox. Varje salt som finns i klimatboxen ger olika RF i olika temperaturer. Sensors utslagsförlopp visas i kurvorna. Motsvarande diagram finns för Alfasensor75 i bilaga 2B och för Alfasensor85 i bilaga 2C.

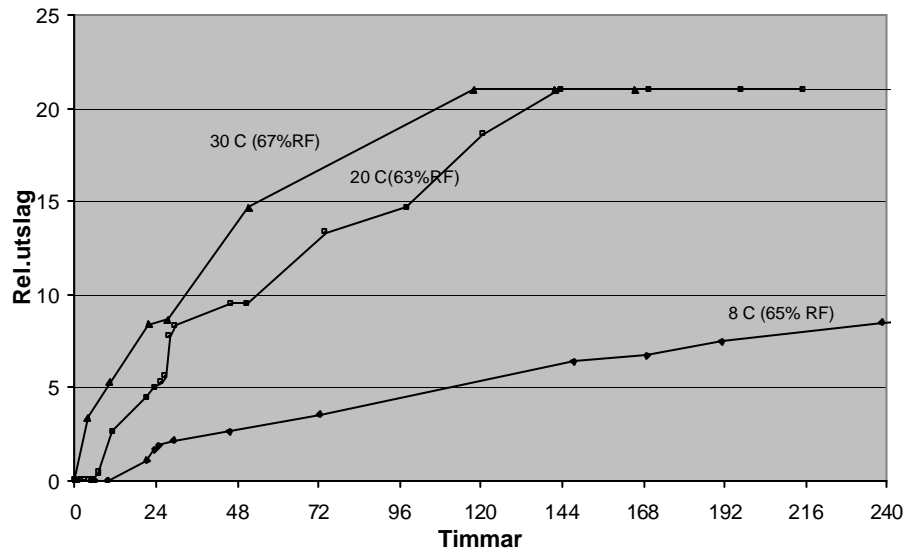
Gränsområde 58



Figur 29. Alfasensor 58. Gränsområden med RF kring 58%

Försökssensorerna 58 som ligger i 8°C-klimat borde ha gett utslag, eftersom den verkliga RF i boxen är 60% d.v.s. större än 58%. I figuren syns att inget utslag har observerats och kurvan ligger ner vid x-axeln. Det kan tyckas märkligt att försökssensorn 58 inte gett utslag när boxens klimat uppenbarligen översteg 60%. I 30°C hade försökssensor 58 gett utslag redan vid 56%.

Av detta framgår att Alfasensor 58 måste vara temperaturberoende. Lagg märke till att hastigheten på linjerna är mycket långsam. Inga av dessa kurvor nådde max. utslag under den tiden dom fanns i klimatboxarna.



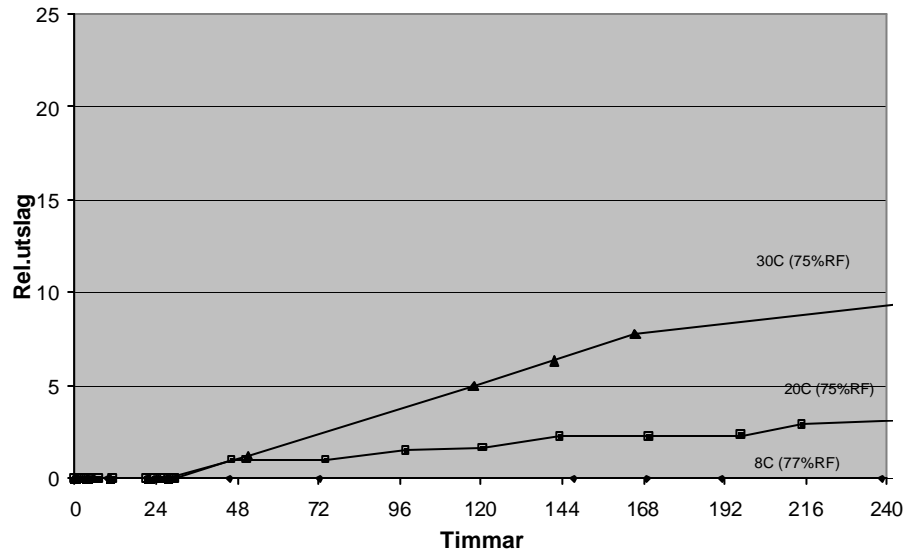
Figur 30. Alfasensor 58. Gränsområden med RF över 58%

I figur 30 syns vilka försökssensorer 58 slår om i RF över 58%.

Försökssensor 58 i 30°C har den snabbaste utslagshastigheten men också den högsta RF. Denna trend borde följas av försökssensor 58 med 65% i 8 °C men denna är den mest långsamma i jämförelsen. Dess utslag når inte max. värdet vilket borde ske eftersom den överstiger 58% med 7% enheter.

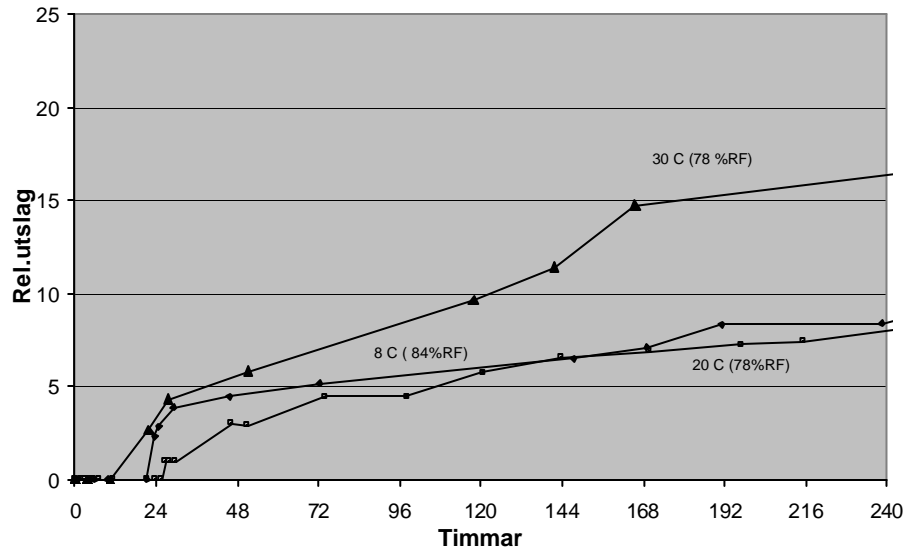
Försökssensornas 58 utslagsvärde ligger alltså någonstans mellan 60-65% i 8°C. Det är först vid 65% som utslaget kommer i 8°C och det är vid 74% RF som utslaget når maxvärde. Tyvärr fanns det inga salter i försöken som gav värden mellan 60 och 65% i 8°C så att intervallet kunde göras mindre och på så sätt öka precisionen om när utslaget kommer.

Gränsområde 75



Figur 31. Alfasensor 58. Gränsområden med RF kring 75%

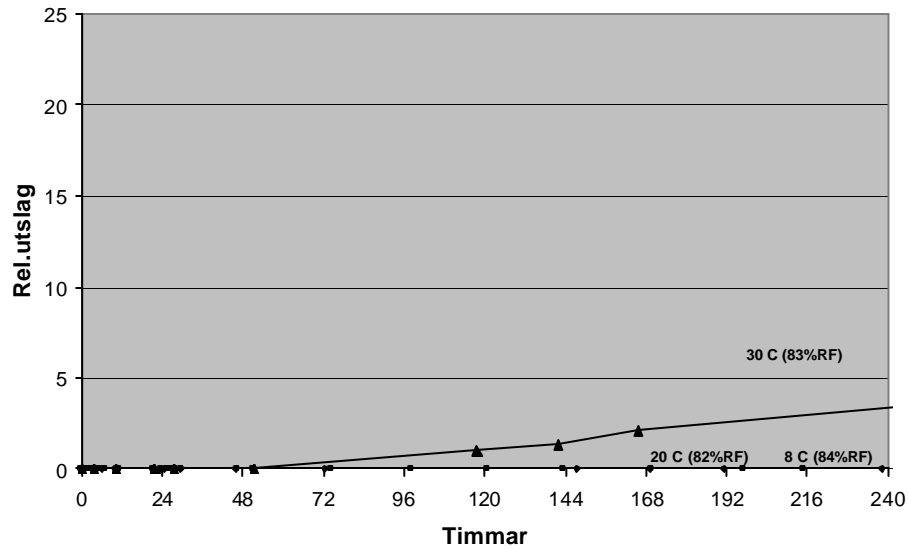
Figur 31 visar att försökssensorn 75 inte ger utslag vid 77% RF i 8 °C. Vid 75% RF i 30°C är spridningshastigheten lite snabbare än vid 20°C. Utslaget når dock inte maximalt värde.



Figur 32. Alfasensor 58. Gränsområden med RF över 75%

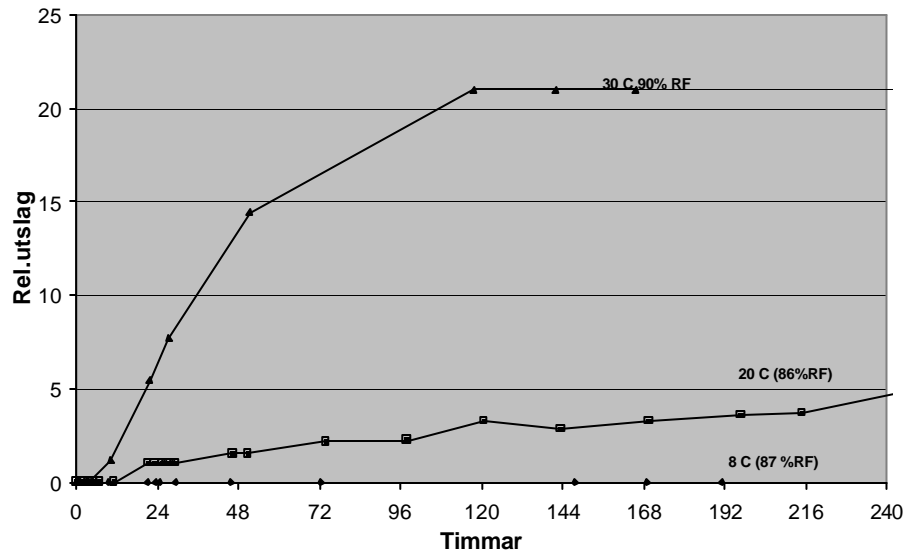
Figur 32 visar att försökssensorn 75 ger utslag först vid 84% i 8°C. I 30°C är utslaget snabbast men når ändå inte fram till maximalt utslag.

Gränsområde 85



Figur 33. Alfasensor 85. Gränsområden med RF under 85%

I figur 33 syns att försökssensor 85 ger faktiskt utslag redan vid 83% RF i 30°C-klimatet. I de andra temperaturer observeras inget utslag, något som överensstämmer med sensorns värde.

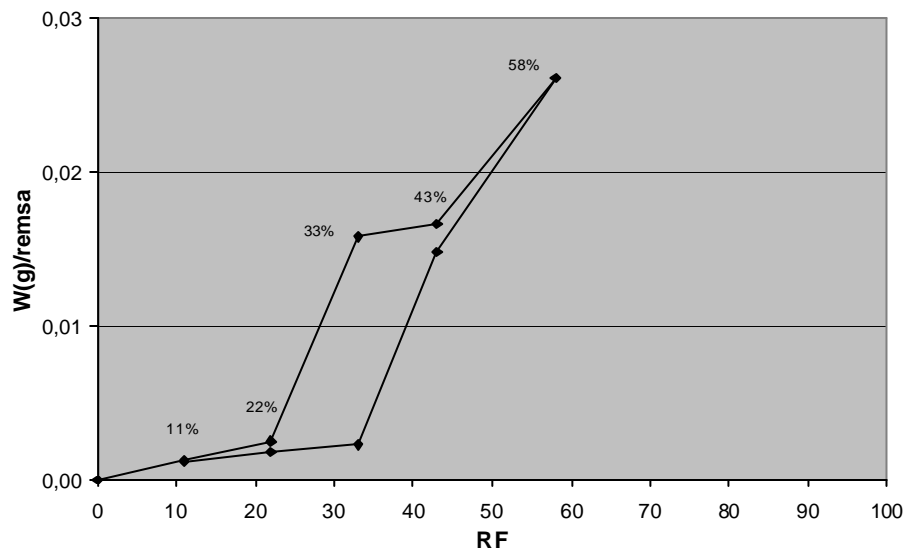


Figur 34 Alfasensor 85. Gränsområden med RF över 85%

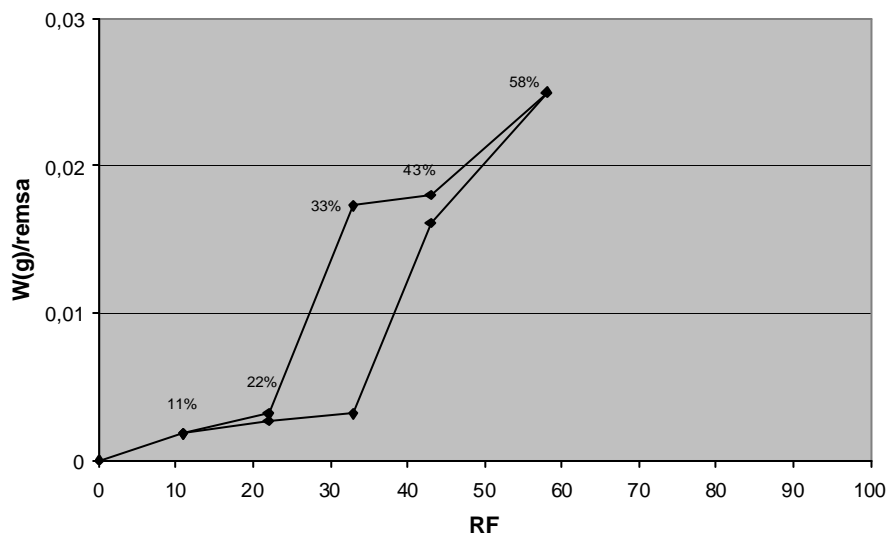
Figur 34 visar att försökssensor 85 inte ger någon utslag vid 87% RF i 8°C. Vid 20°C och 86% RF är utslagshastigheten låg. Det är först i 30°C med ett RF på 90% som utslaget når max.värde.

5.4 Analys av experimentet med burkmetoden

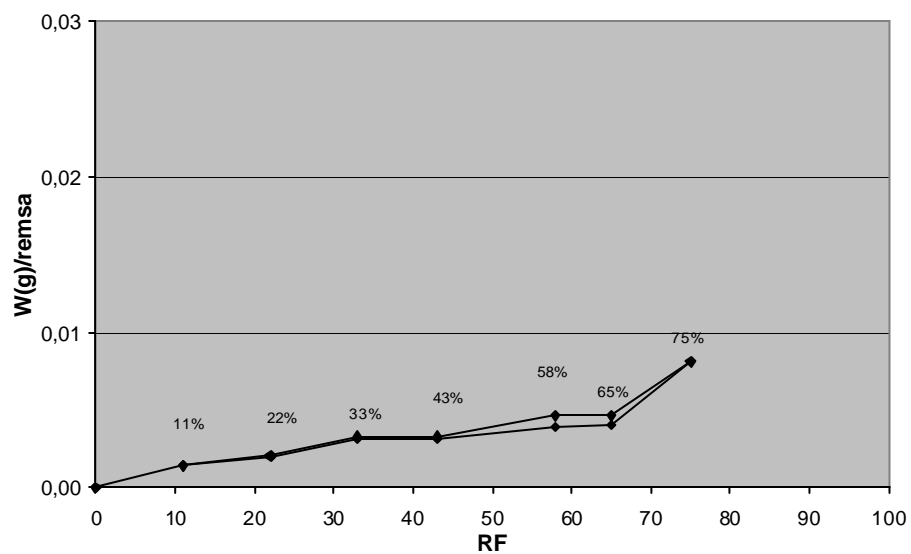
De följande sex figurerna visar sorptionskurvorna för Alfasetor 58, 75 och 85 med fyra respektive tre remsor på sin etikett. Den vikten som registrerats är den vikten som varje remsa har absorberat, således står det vikt vatten i gram per remsa på y-axeln och den relativa fuktighetsnivån på x-axeln.



Figur 35. Sorptionskurvan för Alfasetor 58 med fyra remsor

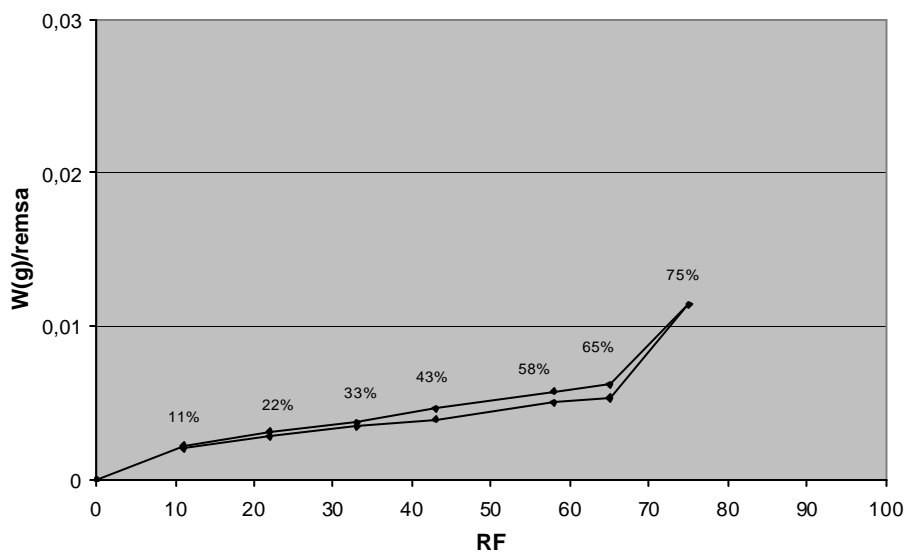


Figur 36. Sorptionskurvan för Alfasensor 58 med tre remsor

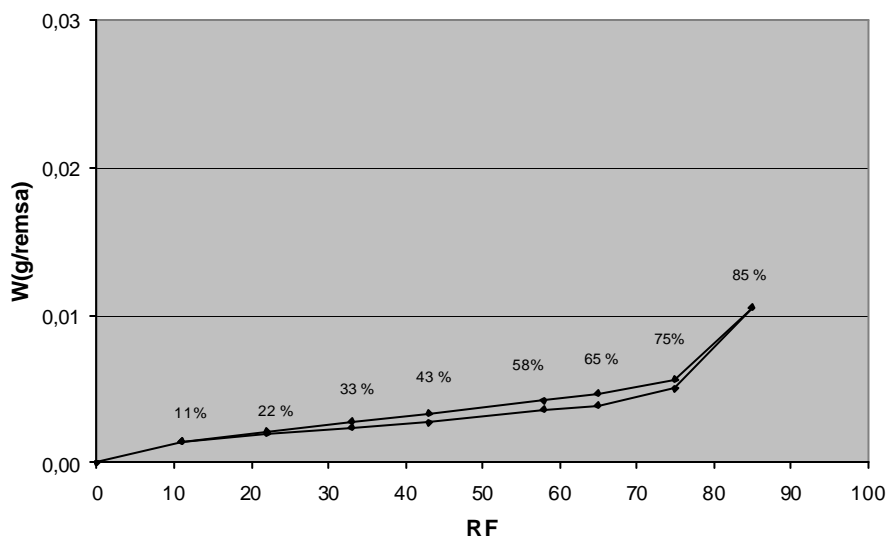


Figur 37. Sorptionskurvan för Alfasensor 75 med fyra remsor

Examensarbete
Utvärdering av tre typer av fuktdetektorer under kontrollerade förhållanden

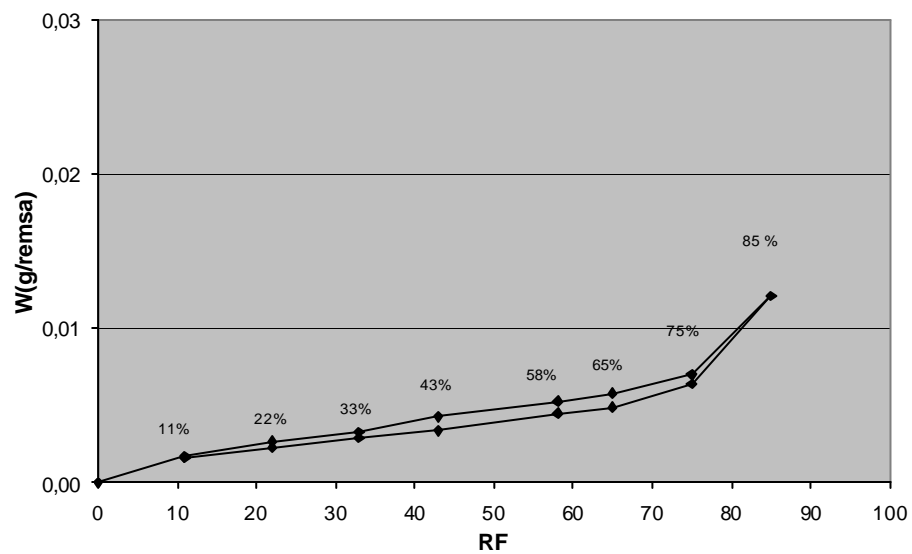


Figur 38. Sorptionskurvan för Alfasensor 75 med tre remsor



Figur 39. Sorptionskurvan för Alfasensor 85 med fyra remsor

Examensarbete
Utvärdering av tre typer av fuktdetektorer under kontrollerade förhållanden



Figur 40. Sorptionskurvan för AlfaSensor 85 med tre remsor

6. Sammanfattning och diskussion

6.1 Utslagshastigheten i olika temperaturer

Försök med klimatboxar i tre temperaturer

Från resultaten i studien kan man se att försökssensorerna i stort sett ger utslag när RF i omgivande luft överskrider respektive sensors angivna gränsvärde. Det kan därför vara intressant att studera hur försökssensorernas utslag fungerar nära gränsvärdena d.v.s. i klimat precis under och över sensorernas gräns. Vid en sådan granskning visar det sig att försökssensorerna är något temperaturberoende.

Tabell 11. Alfasensor 58. Gränsintervall för utslaget.

Temperatur	Undre gräns	Övre gräns
8°C	60%	65%
20°C	55%	58%
30°C	53%	56%

Försökssensorn 58 i 8 °C slår i intervall från **60 % - 65%**. D.v.s. inget utslag vid 60%, utslaget registreras först vid 65% i detta försök. I **30 °C** klimat slår försökssensorn 58 redan vid **56%**. I **20 °C** ger försökssensorn utslag som förväntat vid **58%**

Tidsskalan måste anpassas på så sätt att ett litet kliv i den för 8°C skall innebära stor risk, eftersom RF är högre än vad som tros. I sin tur betyder det att ett kliv i skalan för 30 °C inte är lika allvarligt.

Tabell 12. Alfasensor 75. Gränsintervall för utslaget.

Temperatur	Undre gräns	Övre gräns
8°C	77%	84%
20°C	69%	75%
30°C	67%	74%

Försökssensorerna 75 i 8 °C ger utslag från **77-84 %**. I 77 % blir det inget utslag och i 84% syns det första utslaget. Salter med värden däremellan bör testas för att komma närmare utslaget och för att minska intervallet. I **20 °C** är värdet som försökssensorn 75 ger utslag i **75%** och i 30°C **74%**

Tabell 13. Alfasensor 85. Gränsintervall för utslaget.

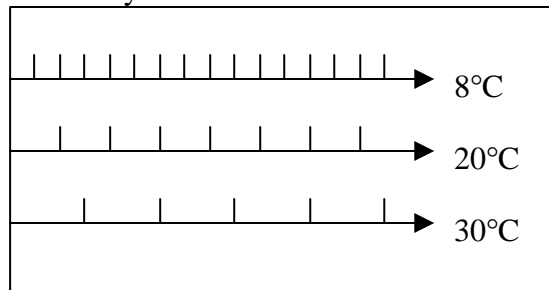
Temperatur	Undre gräns	Övre gräns
8°C	87%	90%
20°C	82%	86%
30°C	78%	83%

Försökssensorerna 85 i 8 °C ger utslag från 87-90%. Eftersom försökssensorn är markerad med värdet 85, blir skillnaden i RF där den verkligen slår 5%. I 20°C är värdet som försökssensorn 85 ger utslag i 86% och i 30°C redan vid 83%

Förslag

Förslaget är att göra tidsskalan som skall användas i 8°C klimat mindre så att det visar att utslaget har hunnit mer och därmed är denna indikation mer allvarlig än t.ex. den vid 20°C. Samma tankesätt bör tillämpas i 30°C temperaturen. Skalan görs större och ett kliv i den är inte lika allvarlig, eftersom sensorerna ger fortare utslag vid högre temperatur. Principen illustreras i figuren nedan.

Dessutom vore det rimligt att tillverka en ny Alfasensor som skall användas för kalla ytor: T.ex. Alfasensorn 60 om den reagerar vid 60% i 8°C.



Figur 41. Förslag på tidsskalan. Illustration

Uppföljning

Något som bör uppmärksammas till framtida undersökningar är att använda klimatboxar med mindre steg mellan klimaterna för att bättre kunna precisera utslagspunkterna för sensorerna. Det skulle bidra med mer information om vad som händer däremellan och därmed kunde värdena för vilka RF försökssensorerna ger utslag, preciseras mer.

6.2 Utslag vid alternerade miljöer

Försök med alternerade utslag.

Slutsatsen är att utslaget stoppar när RF i omgivande luft sjunker under utslagsnivån. När försökssensorerna placeras i ett torrare klimat sprider sig utslaget inte vidare. Försökssensorernas utslag når olika långt beroende på när de byter klimat, dvs hur länge de vistas i ett klimat fuktigare än utslagsnivån innan de stoppas. I försöket bestämdes intervallet efter stopp till en vecka för att sensorerna säkert skulle hinna komma i jämvikt med det nya klimatet.

Det har observerats att ju torrare klimatet var, d.v.s. klimat med låg RF-värde, desto snabbare kunde utslaget bromsas.

I figurerna 19,20 och 21 syns tydligt att utslaget förblir nära konstant, efter att försökssensorerna placerades i klimat som stoppar utslaget.

Uppföljning

Att undersöka om resultatet blir detsamma, dvs stannar då RF sjunker under utslagspunkten, i andra temperaturer än 20°C.

6.3 Utslagsspridning i olika riktningar

Försöket med de ”stående” boxarna

I försöket med de alfasensorer monterade i olika riktningar visade det sig att det inte blev någon skillnad. Alla sensorer oberoende placering slog ut i stort sett lika fort. Det fanns dock en marginell skillnad som inte är systematisk.

6.4 Bestämning av sorptionsisotermer

Försöket med burkmetoden

Sorptionskurvorna som uppmätts i denna studie har ett rimligt utseende. De kan användas för att jämföra de olika sensorernas fuktbindningsförmåga individuellt samt med andra material.

Uppföljning

Tidsramen för ett examensarbete är inte stor. Mätningarna som ligger till grund för att sorptionskurvorna skall ritas, är mycket tidskrävande. En önskan vore att mäta oftare än vad som är gjort och låta försökssensorerna i RF-klimat en längre tid mellan byten.

7. Referenser

- [1] Gustavsson P, Nilsson N, 2002 *Alfasensor, Affärsplan för tillväxtföretag*, Info:peter@alfasensor.com
- [2] Gustavsson A, Hagman T, 2002 *Mätning och tolkning av relativ fuktighet i kryppgrunder*.
- [3] Hedenblad G, "Fuktmätning" ur serien Fuktsäkerhet i byggnader (T???) Årtal?)
- [4] Fagerlund G, 2002 "Kompendium i byggnadsmaterial FK " del 1 s. Fukt 3-2
- [5] Andersen A, Alfasensor AB, **Muntlig referens**
- [6] Chieh Chung, "Fundamental Characteristics of water" pp 22-24 N2L 3G1, Department of Chemistry. University of Waterloo, Ontario, Canada.
- Salter**
- [7] Ref 1: Greenspan Lewis, "Humidity Fixed points of Binary Saturated Aqueous solutions J.ResNBS A1977, 81(1), 89-96
- [8] Ref 2: Nykvist H, 1983 "Saturated salt solutions for maintaining specified relative humidities" International Journal of Pharmaceutical Technology and product. Manufacture 4(2), pp 47-48.
- [9] Ref 3: ASTM 1991, *Standard Practice for maintaining humidity by means of aqueous solutions* Designation E:104-85 pp 1-3
- [10] Ref 4: OIML R 92, *Organisation internationale de métrologie légale* "wood –moisture meters-Verification methods and equipment general provisions". Edition 1989, pp 9.
- [11] Bilden är tagen ur Kaisa Svennbergs lic. rapport s. 9. *Determination of Moisture Properties for Materials exposed to indoor air*, TVBH-3042 Lund 2003, Byggnadsfysik LTH.

8. Bilagor

Bilaga 1- Mätprotokoll från Burkmetoden

Bilaga 1A: Sortptionskurva för A-serien

Bilaga 1B: Sortptionskurva för B-serien

Bilaga 1C: Sortptionskurva för C-serien

Bilaga 2-Varje klimatbox för sig för Alfasensor58, 75 och 85%.

Bilaga 2A -Alfasensor 58

Bilaga 2B -Alfasensor 75

Bilaga 2C -Alfasensor 85

Bilaga 3 -Boxarnas temperatur och RF i 8° C, 20° C och 30° C

Bilaga 3A- Boxarnas temperaturer

Bilaga 3B- Boxarnas RF

Bilaga 4- Salternas temperaturberoende

Bilaga 1A -Sorptionskurvor

Burkvikt A1 [g]

30,8444

Sensor.id.

A.501.58@20(4)

A.502.58@20(3)

Burkvikt A2 [g]

31,2050

torrvikt remsan[g]

0,2590

etiketten[g]

0,28705

torrvikt remsan[g]

0,2978

4 remsor			3 remsor			
Datum	W(g)/remsa	massa	Anm	Datum	W(g)/remsa	massa
2004-01-28 09:43	0,0018	31,8877	11%			
2004-01-28 10:46	0,0017	31,887				
2004-01-28 14:49	0,0014	31,8859				
2004-01-29 09:15	0,0013	31,8854				
2004-01-29 15:00	0,0012	31,8852				
2004-02-04 09:15	0,0012	31,885				
2004-02-05 10:53	0,0012	31,885				58
			klimatbyte 22%	start		11%
2004-02-05 15:26	0,0016	31,8869		2004-02-05 15:26	0,0029	32,1072
2004-02-06 08:57	0,0018	31,8876		2004-02-06 08:57	0,0019	32,104
2004-02-06 10:05	0,0018	31,8874		2004-02-06 10:05	0,0019	32,104
2004-02-06 14:05	0,0019	31,8879		2004-02-06 14:07	0,0019	32,1041
2004-02-09 09:25	0,0018	31,8877		2004-02-09 09:27	0,0018	32,1038
2004-02-09 14:00	0,0019	31,8878		2004-02-09 14:00	0,0019	32,1041
			klimatbyte 33%	start		22%
2004-02-09 15:12	0,0023	31,8897		2004-02-09 15:12	0,0024	32,1056
2004-02-10 10:04	0,0024	31,8898		2004-02-10 10:04	0,0027	32,1064
2004-02-10 13:24	0,0024	31,8901		2004-02-10 13:24	0,0026	32,1063
2004-02-10 15:41	0,0023	31,8897		2004-02-10 15:41	0,0029	32,1069
2004-02-11 08:31	0,0023	31,8897		2004-02-11 08:31	0,0027	32,1064
			klimatbyte 43%	start		33%
2004-02-11 10:32	0,0074	31,9101		2004-02-11 10:32	0,0034	32,1084
2004-02-11 14:19	0,0140	31,9362		2004-02-11 14:19	0,0033	32,1083
2004-02-12 08:32	0,0148	31,9396		2004-02-12 08:32	0,0032	32,108
2004-02-12 16:00	0,0148	31,9396		2004-02-12 16:00	0,0033	32,1083
			klimatbyte 58%	start		43%
2004-02-14 16:31	0,0209	31,9639		2004-02-14 16:31	0,0160	32,1464
2004-02-16 09:00	0,0230	31,9724		2004-02-16 09:00	0,0161	32,1465
2004-02-16 17:00	0,0235	31,9744		2004-02-16 17:00	0,0160	32,1464
2004-02-17 08:35	0,0241	31,9766		2004-02-17 08:35	0,0161	32,1465
2004-02-18 09:02	0,0251	31,9808		2004-02-18 09:02	0,0161	32,1466
2004-02-19 08:39	0,0261	31,9846		2004-02-19 08:39	0,0161	32,1466
			klimatbyte 43%	start		58%
2004-02-20 10:50	0,0165	31,9464		2004-02-20 10:50	0,0219	32,164
2004-02-20 14:05	0,0166	31,9466		2004-02-20 14:05	0,0221	32,1648
2004-02-23 08:50	0,0165	31,9464		2004-02-23 08:50	0,0250	32,1732
			klimatbyte 33%	start		43%
2004-02-23 11:22	0,0159	31,944		2004-02-23 11:22	0,0182	32,1529
2004-02-23 13:48	0,0159	31,9439		2004-02-23 13:48	0,0180	32,1524
2004-02-23 15:30	0,0159	31,944		2004-02-23 15:30	0,0181	32,1527
2004-02-24 09:00	0,0158	31,9434		2004-02-24 09:00	0,0180	32,1522
2004-02-24 14:15	0,0158	31,9435		2004-02-24 14:15	0,0180	32,1523
			klimatbyte 23%	start		33%
2004-02-25 10:00	0,0138	31,9354		2004-02-25 10:00	0,0173	32,1502
2004-02-25 13:15	0,0081	31,9127		2004-02-25 13:15	0,0172	32,1499
2004-02-26 08:00	0,0024	31,8901		2004-02-26 08:00	0,0173	32,1502
2004-02-26 12:40	0,0025	31,8902		2004-02-26 12:40	0,0172	32,1499
			klimatbyte 11%	start		22%
2004-02-26 12:50	0,0013	31,8856		2004-02-26 12:50	0,0133	32,1381
2004-02-27 08:40	0,0013	31,8854		2004-02-27 08:40	0,0032	32,108
2004-02-27 13:04	0,0012	31,8852		2004-02-27 13:04	0,0033	32,1081
			klimatbyte Tork	start		11%
2004-03-01 08:50	0,0003	31,8814		2004-03-01 08:50	0,0018	32,1038
2004-03-01 13:20	0,0003	31,8816		2004-03-01 13:20	0,0017	32,1036
2004-03-03 09:20	0,0001	31,8807		start		Tork
2004-03-03 14:00	0,0001	31,8808		2004-03-03 09:20	0,0000	32,0983
2004-03-04 09:15	0,0001	31,8806		2004-03-03 14:00	0,0000	32,0984
2004-03-04 13:15	0,0000	31,8804		2004-03-04 09:15	0,0001	32,0986
2004-03-05 08:37	0,0000	31,8805		2004-03-04 13:15	0,0001	32,0985
2004-03-08 08:05	0,0000	31,8804		2004-03-05 08:37	0,0001	32,0986
2004-03-09 14:15	0,0000	31,8804		2004-03-08 08:05	0,0000	32,0984
2004-03-10 09:06	0,0000	31,8805		2004-03-09 14:15	0,0000	32,0983
2004-03-12 09:37	0,0000	31,8804		2004-03-10 09:06	0,0000	32,0984

Bilaga 1A -Sorptionskurvor

4 remsor				3 remsor			
Sorptionskurva				Sorptionskurva			
	W(g/cm3)/remsa	W(gvatten/remsa)	RF(%)		W(g/cm3)/remsa	W(gvatten/remsa)	RF(%)
2004-02-04 09:15	0,2602	0,0012	11	2004-02-09 09:27	0,2996	0,0018	11
2004-02-09 09:25	0,2608	0,0018	22	2004-02-11 08:31	0,3005	0,0027	22
2004-02-10 15:41	0,2613	0,0023	33	2004-02-12 08:32	0,301	0,0032	33
2004-02-12 08:32	0,2738	0,0148	43	2004-02-19 08:39	0,3139	0,0161	43
2004-02-19 08:39	0,2851	0,0261	58	2004-02-23 08:50	0,3228	0,025	58
2004-02-20 14:05	0,2756	0,0166	43	2004-02-24 14:15	0,3158	0,018	43
2004-02-24 09:00	0,2748	0,0158	33	2004-02-26 08:00	0,3151	0,0173	33
2004-02-26 12:40	0,2615	0,0025	22	2004-02-27 08:40	0,301	0,0032	22
2004-02-27 08:40	0,2603	0,0013	11	2004-03-01 13:20	0,2996	0,0018	11
2004-03-12 09:37	0,259	0	0	2004-03-12 09:37	0,2978	0	0

Bilaga 1B-Sorptionskurvor

Burkvikt B1 [g]

30,2829

Sensor.id.

B.503.75@20(4)

B.504.75@20(3)

Burkvikt B2 [g]

30,2819

torvikt remsan[g]

0,2365

etiketten[g]

0,28705

torvikt remsan[g]

0,2864

4 remsor

3 remsor

Datum	W(g)/remsa	massa	Anm	Datum	W(g)/remsa	massa
2004-01-28 08:50	75		start			
2004-01-28 09:43	0,0020	31,2369	11%			
2004-01-28 10:46	0,0019	31,2363				
2004-01-28 14:49	0,0016	31,2352				
2004-01-29 09:15	0,0014	31,2346				
2004-01-29 15:00	0,0015	31,2349				
2004-02-04 09:15	0,0015	31,2347				
2004-02-05 10:53	0,0014	31,2345				
			klimatbyte 22%	start		11%
2004-02-05 15:26	0,0017	31,2357		2004-02-05 15:26	0,0026	31,1488
2004-02-06 08:57	0,0019	31,2366		2004-02-06 08:57	0,0020	31,1471
2004-02-06 10:05	0,0019	31,2366		2004-02-06 10:05	0,0020	31,147
2004-02-06 14:05	0,0019	31,2366		2004-02-06 14:08	0,0020	31,147
2004-02-09 09:25	0,0020	31,2369		2004-02-09 09:25	0,0020	31,147
2004-02-09 14:00	0,0021	31,2371		2004-02-09 14:00	0,0020	31,1469
			klimat byte 33%	start		22%
2004-02-09 15:12	0,0033	31,242		2004-02-09 15:12	0,0026	31,1488
2004-02-10 10:04	0,0032	31,2417		2004-02-10 10:04	0,0027	31,1491
2004-02-10 13:24	0,0032	31,2417		2004-02-10 13:24	0,0027	31,1491
2004-02-10 15:41	0,0031	31,2411		2004-02-10 15:41	0,0028	31,1494
2004-02-11 08:31	0,0030	31,241		2004-02-11 08:31	0,0027	31,1492
			klimat byte 43%	start		33%
2004-02-11 10:32	0,0031	31,2412		2004-02-11 10:32	0,0034	31,1511
2004-02-11 14:19	0,0031	31,2411		2004-02-11 14:19	0,0034	31,1511
2004-02-12 08:32	0,0030	31,241		2004-02-12 08:32	0,0033	31,151
2004-02-12 16:00	0,0030	31,2409		2004-02-12 16:00	0,0034	31,1511
			klimatbyte 58%	start		43%
2004-02-14 16:31	0,0039	31,2445		2004-02-14 16:31	0,0039	31,1528
2004-02-16 09:00	0,0039	31,2445		2004-02-16 09:00	0,0039	31,1528
2004-02-16 17:00	0,0040	31,2449		2004-02-16 17:00	0,0039	31,1528
			klimatbyte 65%	start		58%
2004-02-17 09:26	0,0039	31,2444		2004-02-17 09:26	0,0047	31,1552
2004-02-17 10:46	0,0040	31,2448		2004-02-17 10:46	0,0048	31,1555
2004-02-17 12:30	0,0041	31,2452		2004-02-17 12:30	0,0050	31,156
2004-02-17 16:50	0,0040	31,2448		2004-02-17 16:50	0,0050	31,1561
2004-02-18 09:00	0,0039	31,2446		2004-02-18 09:00	0,0050	31,156
2004-02-19 08:39	0,0040	31,2447		2004-02-19 08:39	0,0050	31,1561
			75%			65%
2004-02-19 10:50	0,0057	31,2516		2004-02-19 10:50	0,0053	31,157
2004-02-19 14:05	0,0061	31,2533		2004-02-19 14:05	0,0054	31,1571
2004-02-20 10:42	0,0081	31,2614		2004-02-20 10:42	0,0053	31,157
			65%			75%
2004-02-20 14:50	0,0046	31,2471		2004-02-20 14:50	0,0075	31,1634
2004-02-23 08:50	0,0046	31,2473		2004-02-23 08:50	0,0114	31,1751
			58%			65%
2004-02-23 11:23	0,0046	31,2472		2004-02-23 11:23	0,0064	31,1601
2004-02-23 13:48	0,0047	31,2478		2004-02-23 13:48	0,0063	31,1598
2004-02-23 15:30	0,0046	31,2474		2004-02-23 15:30	0,0062	31,1597
2004-02-24 09:00	0,0046	31,2473		2004-02-24 09:00	0,0062	31,1596
2004-02-24 14:15	0,0046	31,2472		2004-02-24 14:15	0,0062	31,1597
			43%			58%
2004-02-25 10:05	0,0035	31,243		2004-02-25 10:05	0,0058	31,1583
2004-02-25 13:15	0,0034	31,2426		2004-02-25 13:15	0,0058	31,1583
2004-02-26 08:40	0,0033	31,2422		2004-02-26 08:40	0,0057	31,1581
2004-02-26 10:40	0,0033	31,2421		2004-02-26 10:40	0,0057	31,158
			33%			43%
2004-02-26 12:50	0,0033	31,2419		2004-02-26 12:50	0,0048	31,1555
2004-02-27 08:40	0,0030	31,2408		2004-02-27 08:40	0,0045	31,1546
2004-02-27 13:05	0,0030	31,2409		2004-02-27 13:05	0,0045	31,1547
			23%			33%
2004-03-01 08:50	0,0021	31,2373		2004-03-01 08:50	0,0037	31,1521
2004-03-02 13:20	0,0021	31,2373		2004-03-01 13:20	0,0037	31,1521
			11%			23%

Bilaga 1B-Sorptionskurvor

2004-03-03 09:20	0,0014	31,2344		2004-03-03 09:20	0,0031	31,1504
2004-03-03 14:00	0,0014	31,2345		2004-03-03 14:00	0,0031	31,1503
2004-03-04 09:15	0,0014	31,2345		2004-03-04 09:15	0,0031	31,1502
			Tork			11%
2004-03-04 13:15	0,0011	31,2332		2004-03-04 13:15	0,0023	31,148
2004-03-05 08:38	0,0004	31,2306		2004-03-05 08:38	0,0022	31,1477
2004-03-08 08:05	0,0002	31,2298		2004-03-05 12:01	0,0022	31,1476
2004-03-09 14:15	0,0001	31,2291				Tork
2004-03-10 09:07	0,0001	31,2292		2004-03-05 14:55	0,0009	31,1438
2004-03-12 09:37	0,0000	31,229		2004-03-08 08:05	0,0001	31,1412
				2004-03-09 14:15	0,0000	31,1411
				2004-03-10 09:07	0,0000	31,1411
				2004-03-12 09:37	0,0000	31,141

4 remsor				3 remsor			
Sorptionskurva				Sorptionskurva			
	W(g)/remsa	W(gvatten)/remsa	RF(%)		W(g/cm3)/remsa	W(gvatten)/remsa	RF(%)
2004-02-05 10:53	0,2379	0,0014	11	2004-02-09 09:25	0,2884	0,002	11
2004-02-09 09:25	0,2385	0,0020	22	2004-02-10 15:41	0,2892	0,0028	22
2004-02-10 15:41	0,2396	0,0031	33	2004-02-12 16:00	0,2898	0,0034	33
2004-02-11 14:19	0,2396	0,0031	43	2004-02-16 17:00	0,2903	0,0039	43
2004-02-16 09:00	0,2404	0,0039	58	2004-02-18 09:00	0,2914	0,005	58
2004-02-17 16:50	0,2405	0,0040	65	2004-02-20 10:42	0,2917	0,0053	65
2004-02-20 10:42	0,2446	0,0081	75	2004-02-23 08:50	0,2978	0,0114	75
2004-02-23 08:50	0,2411	0,0046	65	2004-02-24 09:00	0,2926	0,0062	65
2004-02-24 14:15	0,2411	0,0046	58	2004-02-26 08:40	0,2921	0,0057	58
2004-02-26 12:50	0,2398	0,0033	43	2004-02-27 13:05	0,291	0,0046	43
2004-02-12 08:32	0,2398	0,0033	33	2004-03-01 13:20	0,2901	0,0037	33
2004-03-02 13:20	0,2386	0,0021	22	2004-03-04 09:15	0,2895	0,0031	22
2004-03-04 09:15	0,2379	0,0014	11	2004-03-05 12:01	0,2886	0,0022	11
2004-03-12 09:37	0,2365	0	0	2004-03-12 09:37	0,2864	0	0

Bilaga 1C-Sorptionskurvor

Burkvikt C1 [g]
30,9831
Sensor.id.
C.505.85@20(4)

Burkvikt C2 [g]
30,6363
4 remsor
torvikt remsan[g]
0,2315

etiketten[g]
0,28705

3 remsor
torvikt remsan[g]
0,2826

C.506.85@20(3)

4 remsor			3 remsor			
Datum	Wg/remsa	massa	Anm	Datum	Wg/remsa	massa
			11%			
2004-01-28 09:43	0,0018	31,9161				
2004-01-28 10:46	0,0017	31,9157				
2004-01-28 14:49	0,0015	31,9151				
2004-01-29 09:15	0,0014	31,9145				
2004-01-29 15:00	0,0014	31,9147				
2004-02-04 09:15	0,0014	31,9145				
2004-02-05 10:53	0,0013	31,9144				
			22%	start		11%
2004-02-05 15:26	0,0017	31,9158	klimatbyte 22%	2004-02-05 15:26	0,0022	31,4906
2004-02-06 08:57	0,0019	31,9168		2004-02-06 08:57	0,0015	31,4886
2004-02-06 10:05	0,0020	31,917		2004-02-06 10:05	0,0016	31,4888
2004-02-06 14:06	0,0020	31,9169		2004-02-06 14:06	0,0016	31,4887
2004-02-09 09:28	0,0020	31,917		2004-02-09 09:30	0,0016	31,4888
2004-02-09 14:00	0,0019	31,9168		2004-02-09 14:00	0,0016	31,4888
			klimat byte 33%	start		22%
2004-02-09 15:12	0,0023	31,9181		2004-02-09 15:12	0,0021	31,4902
2004-02-10 10:04	0,0023	31,9184		2004-02-10 10:04	0,0023	31,4909
2004-02-10 13:24	0,0024	31,9185		2004-02-10 13:24	0,0023	31,491
2004-02-10 15:41	0,0023	31,9184		2004-02-10 15:41	0,0023	31,4909
2004-02-11 08:31	0,0024	31,9185		2004-02-11 08:31	0,0023	31,491
			klimat byte 43%	start		33%
2004-02-11 10:32	0,0027	31,9198		2004-02-11 10:32	0,0028	31,4925
2004-02-11 14:19	0,0027	31,9198		2004-02-11 14:19	0,0028	31,4926
2004-02-12 08:32	0,0027	31,92		2004-02-12 08:32	0,0029	31,4927
2004-02-12 16:00	0,0027	31,92		2004-02-12 16:00	0,0029	31,4927
			klimatbyte 58%	start		43%
2004-02-14 16:31	0,0036	31,9235		2004-02-14 16:31	0,0036	31,4947
2004-02-16 09:00	0,0036	31,9235		2004-02-16 09:00	0,0035	31,4945
2004-02-16 17:00	0,0036	31,9236		2004-02-16 17:00	0,0034	31,4944
			65%			58%
2004-02-17 09:26	0,0038	31,9241		2004-02-17 09:26	0,0043	31,497
2004-02-17 10:46	0,0038	31,9244		2004-02-17 10:46	0,0044	31,4972
2004-02-17 12:30	0,0038	31,9244		2004-02-17 12:30	0,0044	31,4972
2004-02-17 16:50	0,0038	31,9244		2004-02-17 16:50	0,0044	31,4974
2004-02-18 09:00	0,0039	31,9245		2004-02-18 09:00	0,0044	31,4974
2004-02-19 08:39	0,0039	31,9245		2004-02-19 08:39	0,0044	31,4974
			75%			65%
2004-02-20 10:50	0,0048	31,9282		2004-02-20 10:50	0,0047	31,4983
2004-02-20 14:05	0,0049	31,9287		2004-02-20 14:05	0,0048	31,4986
2004-02-20 10:40	0,0050	31,929		2004-02-20 10:40	0,0049	31,4988
2004-02-20 14:50	0,0050	31,9292		2004-02-20 14:50	0,0049	31,4988
2004-02-23 08:53	0,0050	31,9291		2004-02-23 08:53	0,0050	31,4992
			85%			75%
2004-02-23 11:22	0,0067	31,936		2004-02-23 11:22	0,0060	31,5022
2004-02-23 13:48	0,0074	31,9385		2004-02-23 13:48	0,0062	31,5026
2004-02-23 15:30	0,0077	31,9397		2004-02-23 15:30	0,0062	31,5027
2004-02-24 09:00	0,0097	31,9478		2004-02-24 09:00	0,0063	31,503
2004-02-24 14:15	0,0105	31,951		2004-02-24 14:15	0,0064	31,5032
			75%			85%
2004-02-25 10:05	0,0070	31,9369		2004-02-25 10:05	0,0079	31,5079
2004-02-25 13:15	0,0058	31,9322		2004-02-25 13:15	0,0092	31,5115
2004-02-26 08:40	0,0057	31,9317		2004-02-26 08:40	0,0119	31,5199
2004-02-26 10:40	0,0056	31,9315		2004-02-26 10:40	0,0121	31,5203
			65%			75%
2004-02-26 12:50	0,0048	31,9284		2004-02-26 12:50	0,0073	31,506
2004-02-27 08:40	0,0047	31,9278		2004-02-27 08:40	0,0070	31,5051
2004-02-27 13:05	0,0047	31,9278		2004-02-27 13:05	0,0070	31,5051
			58%			65%
2004-03-01 08:50	0,0042	31,9259		2004-03-01 08:50	0,0058	31,5014
2004-03-01 13:20	0,0042	31,926		2004-03-01 13:20	0,0058	31,5014
			43%			58%
2004-03-03 09:20	0,0033	31,9221		2004-03-03 09:20	0,0053	31,5

Bilaga 1C-Sorptionskurvor

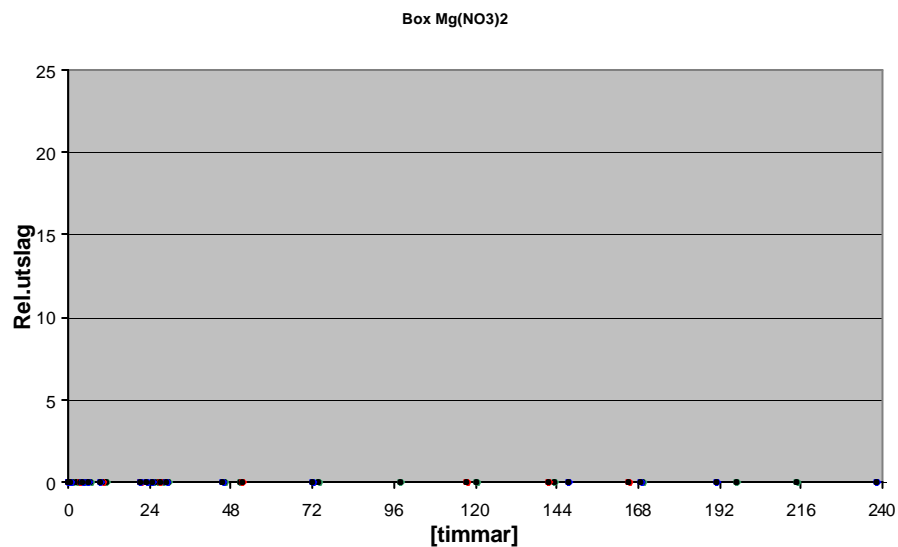
2004-03-03 14:00	0,0033	31,9221		2004-03-03 14:00	0,0053	31,5
2004-03-04 09:15	0,0033	31,9221		2004-03-04 09:15	0,0054	31,5002
			33%			43%
2004-03-04 13:15	0,0028	31,9202		2004-03-04 13:15	0,0043	31,497
2004-03-05 08:38	0,0027	31,92		2004-03-05 08:38	0,0043	31,4969
2004-03-05 12:01	0,0028	31,9201		2004-03-05 12:01	0,0043	31,4969
			23%			33%
2004-03-05 15:00	0,0023	31,9181		2004-03-05 15:00	0,0034	31,4944
2004-03-08 08:00	0,0021	31,9173		2004-03-08 08:00	0,0033	31,4939
2004-03-08 09:30	0,0021	31,9174		2004-03-08 09:30	0,0033	31,4939
			11%			23%
2004-03-08 16:40	0,0015	31,915		2004-03-08 16:40	0,0027	31,4921
2004-03-09 08:13	0,0014	31,9147		2004-03-09 08:13	0,0027	31,4922
2004-03-09 14:16	0,0014	31,9147		2004-03-09 14:16	0,0027	31,4922
			Tork			11%
2004-03-09 15:49	0,0009	31,9126		2004-03-09 15:49	0,0020	31,49
2004-03-10 09:06	0,0002	31,9098		2004-03-10 09:06	0,0017	31,489
2004-03-10 15:30	0,0001	31,9095		2004-03-10 15:30	0,0017	31,489
2004-03-11 12:00	0,0000	31,909				Tork
2004-03-12 09:17	0,0000	31,909		2004-03-11 12:00	0,0000	31,4841
2004-03-12 16:10	0,0000	31,909		2004-03-12 09:17	0,0001	31,4842

4 remсор				3 remсор			
	Sorptionskurva				Sorptionskurva		
Datum	W(g)/remsa	W(gvatten)/remsa	RF(%)	Datum	W(g/cm3)/remsa	W(gvatten)/remsa	RF(%)
2004-02-04 09:15	0,2329	0,0014	11	2004-02-09 09:30	0,2842	0,0016	11
2004-02-09 09:28	0,2335	0,0020	22	2004-02-11 08:31	0,2849	0,0023	22
2004-02-10 13:24	0,2339	0,0024	33	2004-02-12 16:00	0,2855	0,0029	33
2004-02-12 08:32	0,2342	0,0027	43	2004-02-16 17:00	0,286	0,0034	43
2004-02-16 09:00	0,2351	0,0036	58	2004-02-19 08:39	0,2871	0,0045	58
2004-02-18 09:00	0,2354	0,0039	65	2004-02-20 14:50	0,2875	0,0049	65
2004-02-23 08:53	0,2365	0,0050	75	2004-02-24 09:00	0,289	0,0064	75
2004-02-24 14:15	0,242	0,0105	85	2004-02-26 10:40	0,2947	0,0121	85
2004-02-26 10:40	0,2371	0,0056	75	2004-02-27 13:05	0,2896	0,007	75
2004-02-27 13:05	0,2362	0,0047	65	2004-03-01 13:20	0,2884	0,0058	65
2004-03-01 13:20	0,2357	0,0042	58	2004-03-03 14:00	0,2879	0,0053	58
2004-03-04 09:15	0,2348	0,0033	43	2004-03-04 13:15	0,2869	0,0043	43
2004-03-05 12:01	0,2343	0,0028	33	2004-03-08 09:30	0,2859	0,0033	33
2004-03-08 09:30	0,2336	0,0021	22	2004-03-09 14:16	0,2853	0,0027	22
2004-03-09 08:13	0,2329	0,0014	11	2004-03-10 15:30	0,2843	0,0017	11
2004-03-12 16:10	0,2315	0	0	2004-03-12 16:10	0,2826	0	0

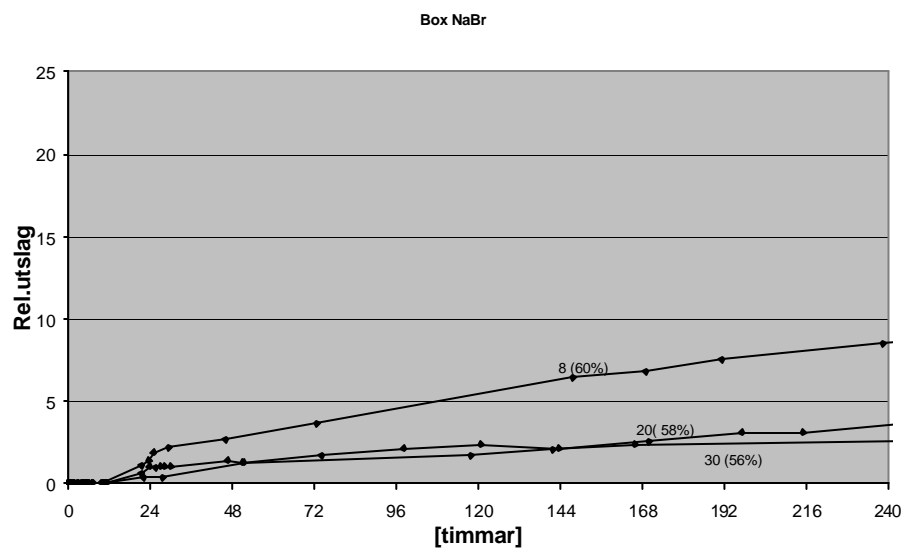
Bilaga 2-Varje klimatbox för sig för Alfasensor58, 75 och 85%.

Varje salt ger olika RF i varje temperatur. RF och temperatur står utsatt vid respektive kurva.

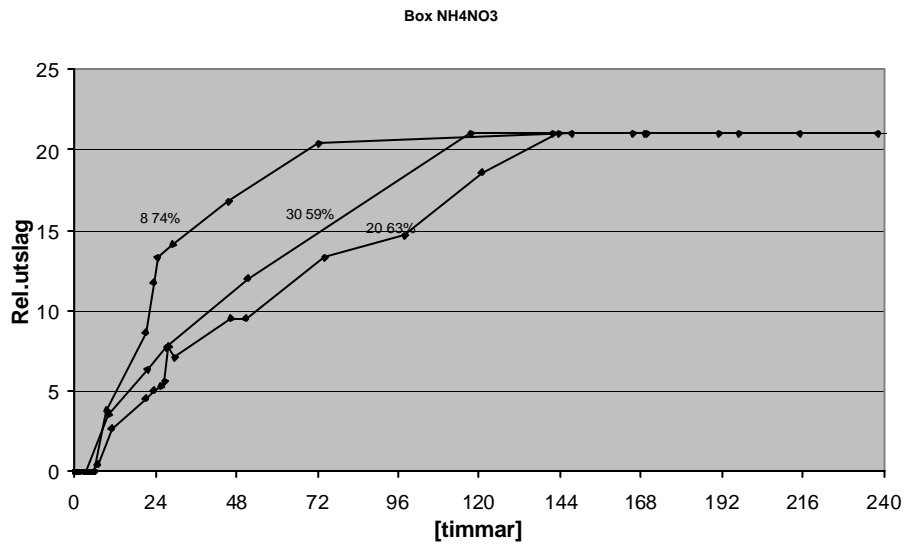
Bilaga 2A -Alfasensor 58



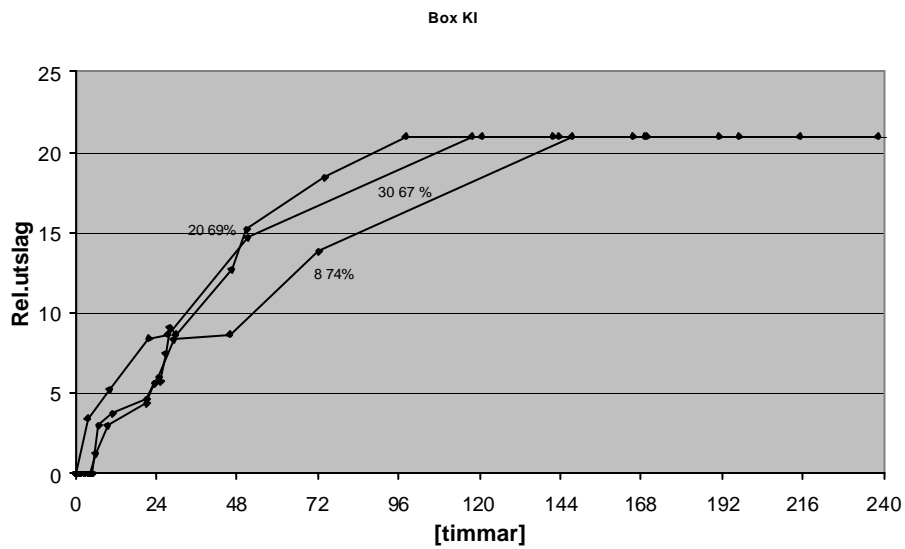
Figur 1. Klimatboxen med Mg(NO₃)₂ . I denna klimat syns inga utslag från Alfasensorer



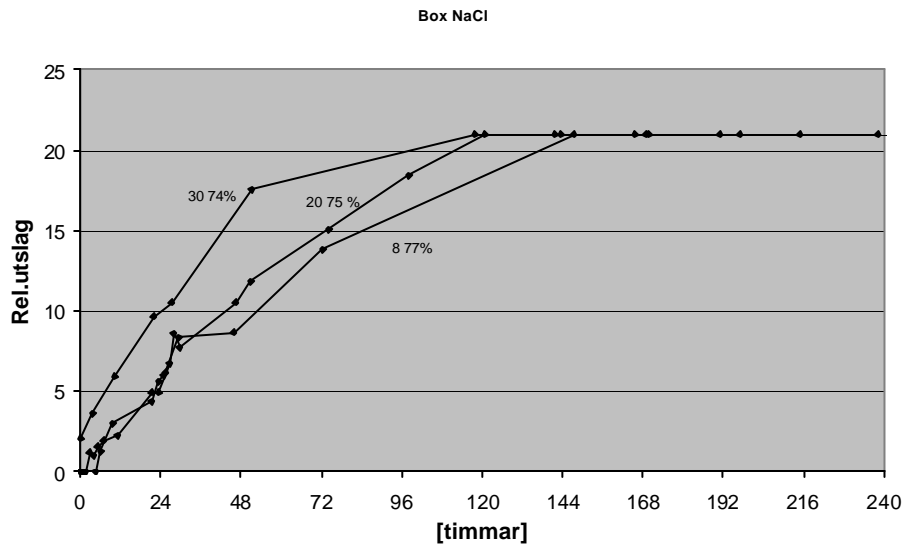
Figur 2. Klimatboxen med NaBr .Linjerna visar hur utslaget spred sig i de olika temperaturer och RF.



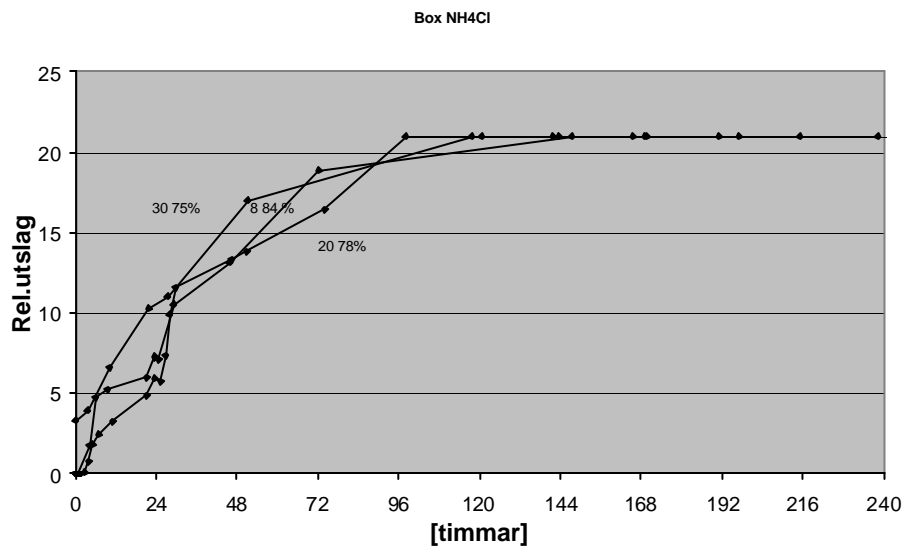
Figur 3. Klimatboxen med NH₄NO₃. Linjerna visar hur utslagets spridning i de olika temperaturerna och RF.



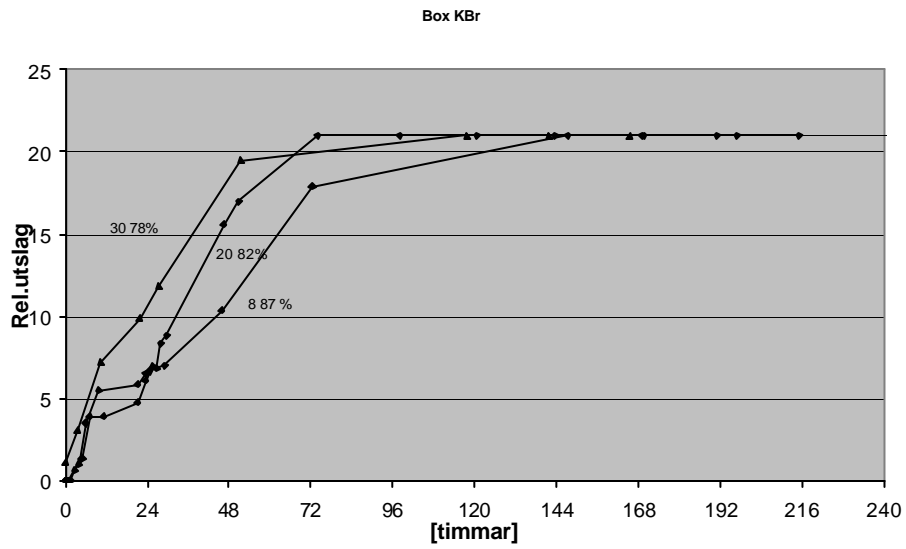
Figur 4. Klimatboxen med KI. Linjerna visar hur utslagets spridning i de olika temperaturerna och RF.



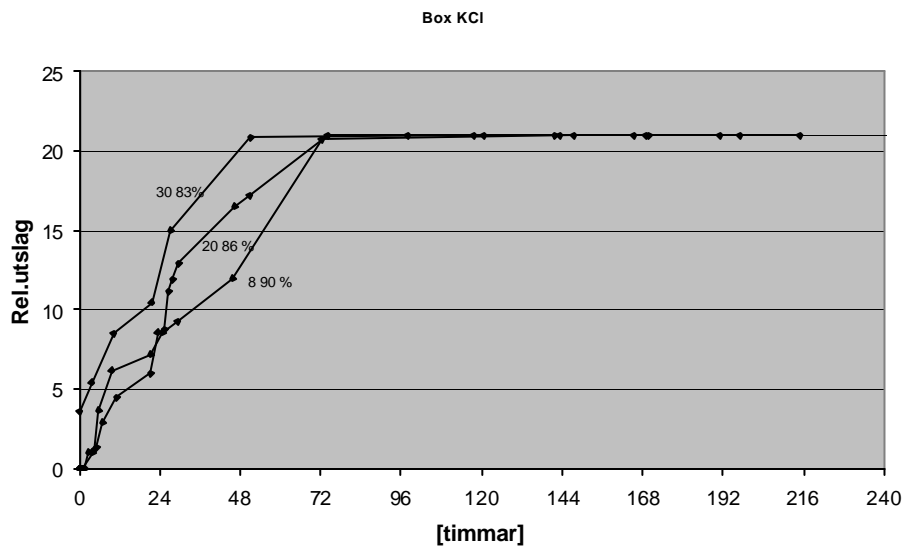
Figur 5. Klimatboxen med NaCl. Linjerna visar hur utslagets spridning i de olika temperaturerna och RF.



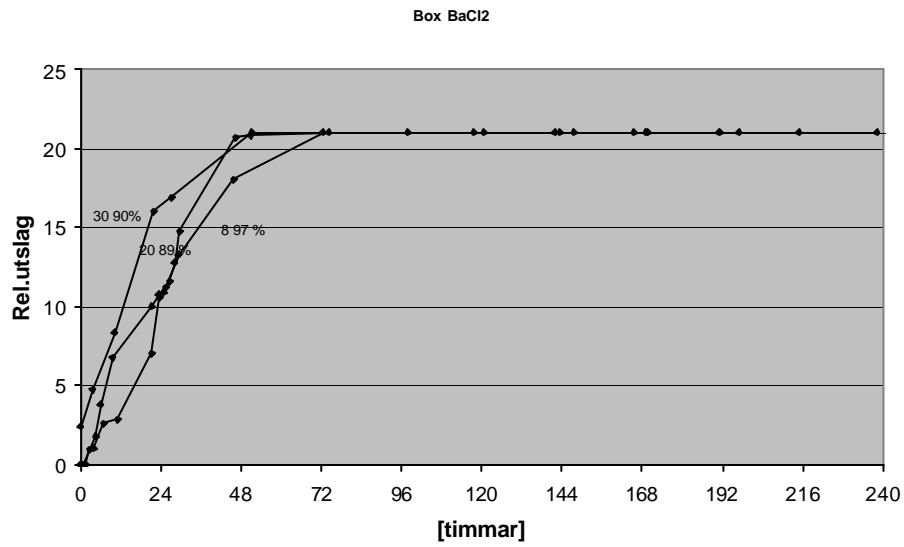
Figur 6. Klimatboxen med NH₄Cl. Linjerna visar hur utslagets spridning i de olika temperaturerna och RF.



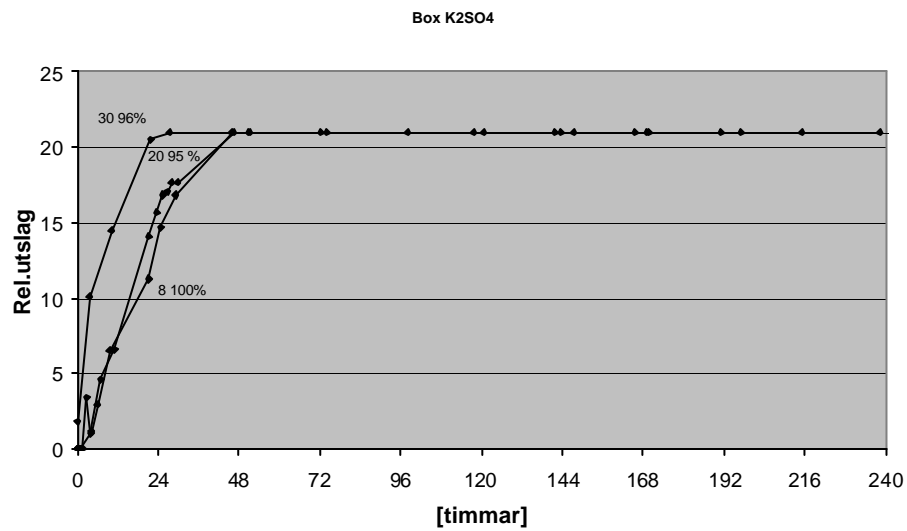
Figur 7. Klimatboxen med KBr. Linjerna visar hur utslaget spridning i de olika temperaturerna och RF.



Figur 8. Klimatboxen med KCl. Linjerna visar hur utslaget spridning i de olika temperaturerna och RF.

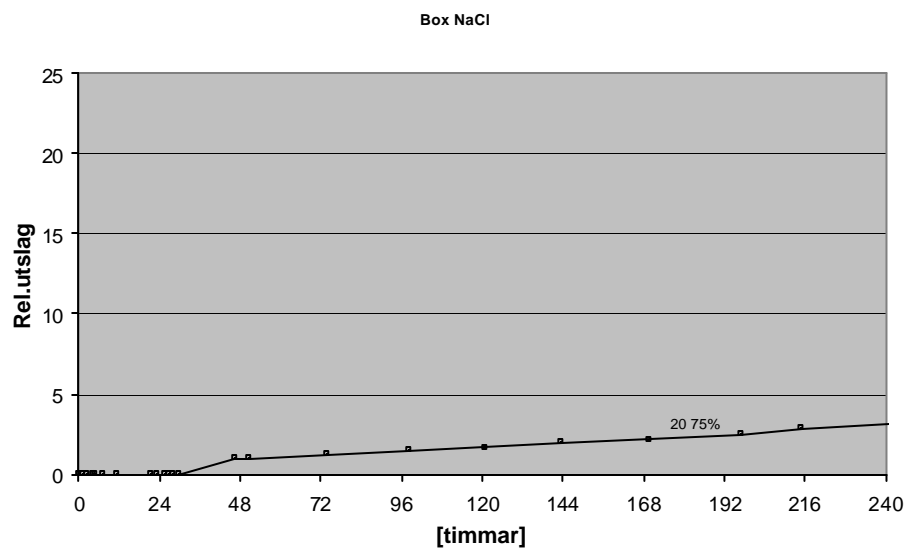


Figur 9. Klimatboxen med BaCl₂. Linjerna visar hur utslaget spridning i de olika temperaturerna och RF.

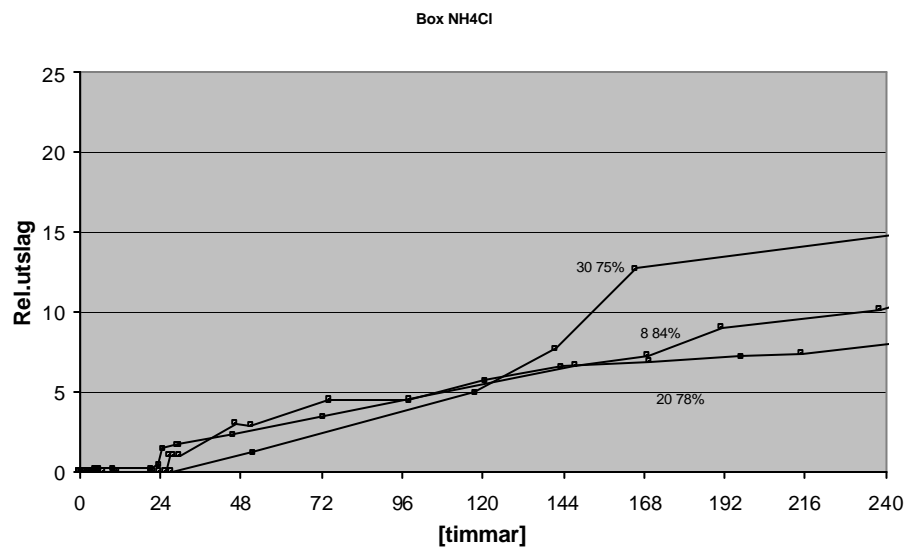


Figur 10. Klimatboxen med K₂SO₄. Linjerna visar hur utslaget spridning i de olika temperaturerna och RF.

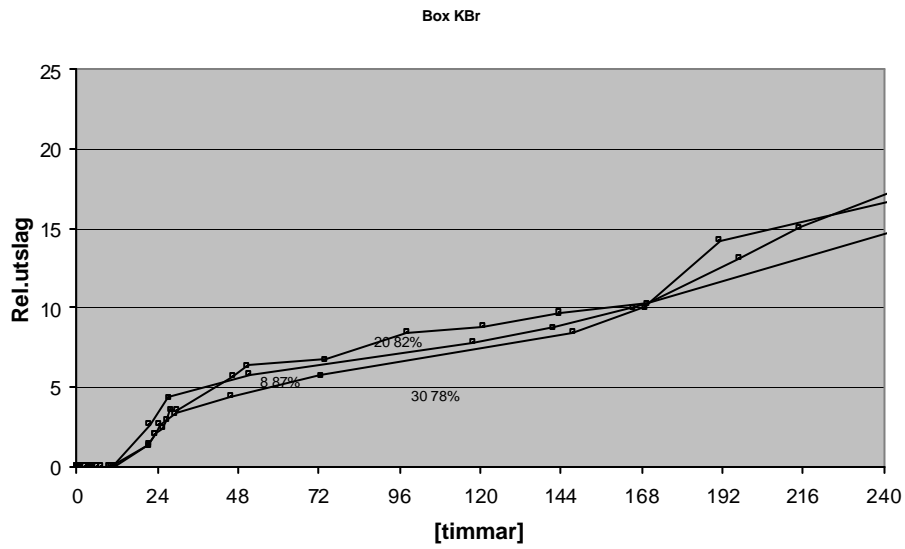
Bilaga 2B- Alfasensor 75



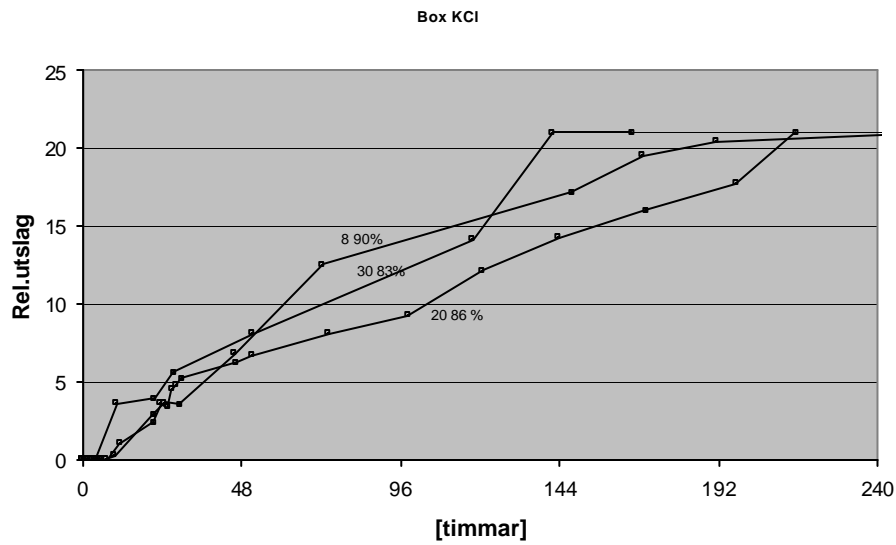
Figur 11. Klimatboxen med NaCl. Utslagets spridning i de olika temperaturerna och RF.



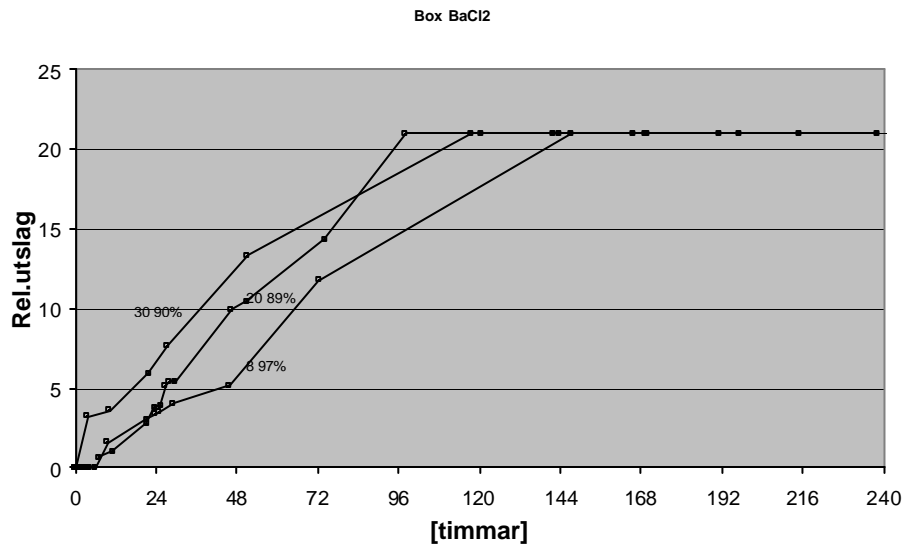
Figur 12. Klimatboxen med NH₄NO₃. Utslagets spridning i de olika temperaturerna och RF.



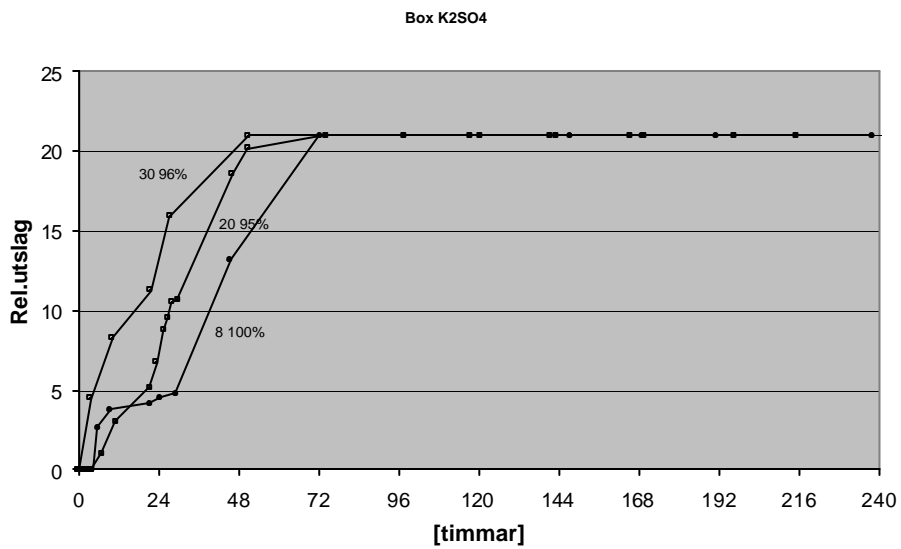
Figur 13 Klimatboxen med KBr. Utslagets spridning i de olika temperaturerna och RF.



Figur 14. Klimatboxen med KCl. Utslagets spridning i de olika temperaturerna och RF.

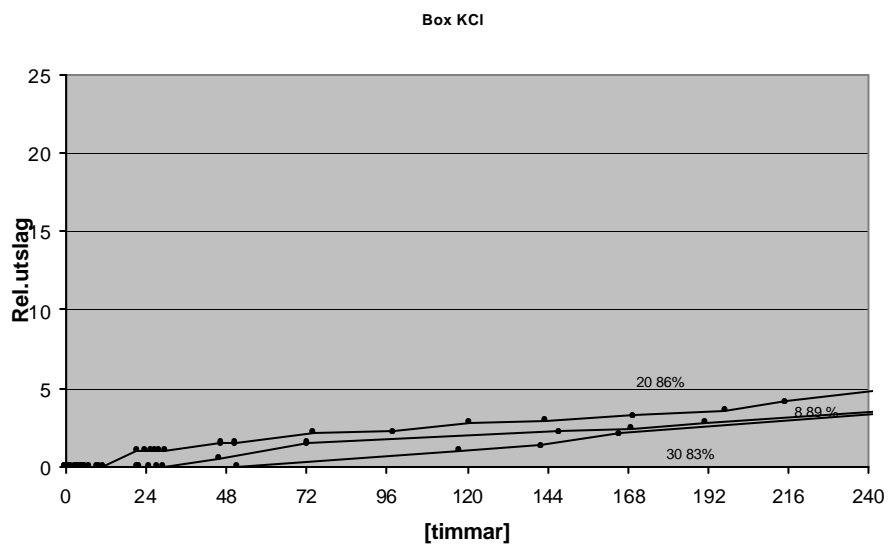


Figur 15. Klimatboxen med BaCl₂. Utslagets spridning i de olika temperaturerna och RF.

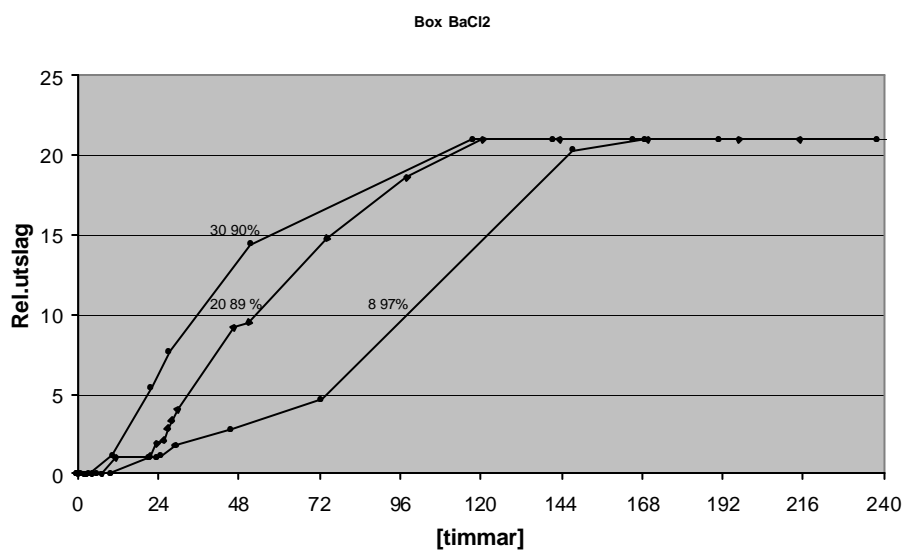


Figur 16. Klimatboxen med K₂SO₄. Utslagets spridning i de olika temperaturerna och RF.

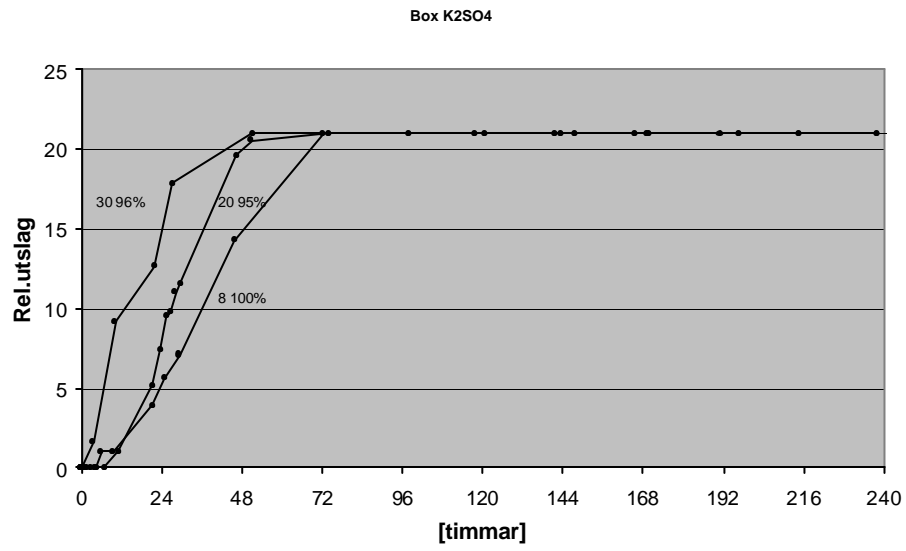
Bilaga 2C-Alfasensor 85



Figur 17. Klimatboxen med KCl. Utslagets spridning i de olika temperaturerna och RF.



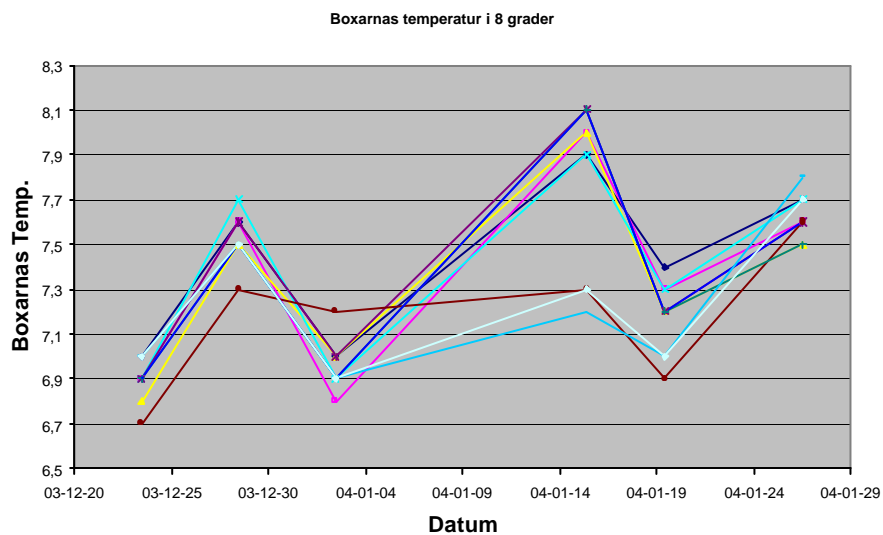
Figur 18. Klimatboxen med BaCl₂. Utslagets spridning i de olika temperaturerna och RF.



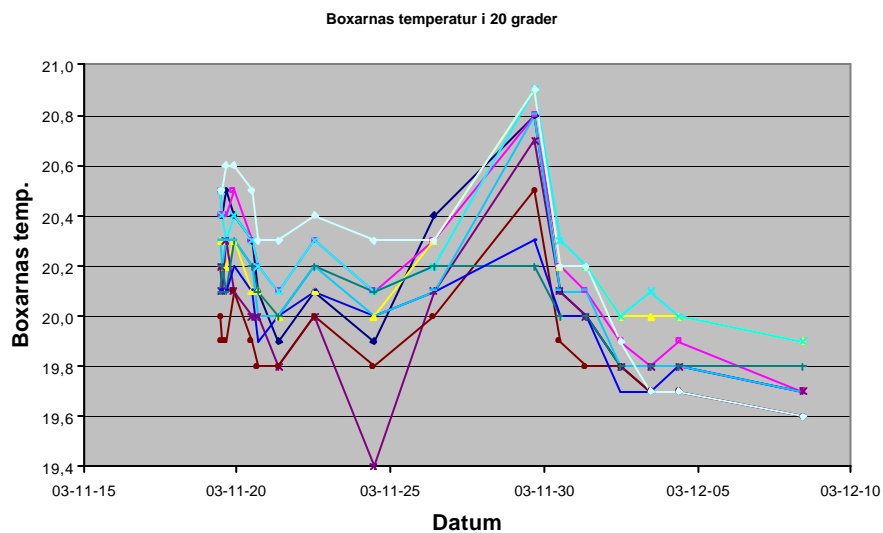
Figur 19. Klimatboxen med K₂SO₄. Utslagets spridning i de olika temperaturerna och RF.

Bilaga 3 -Boxarnas temperatur och RF i 8° C, 20° C och 30° C

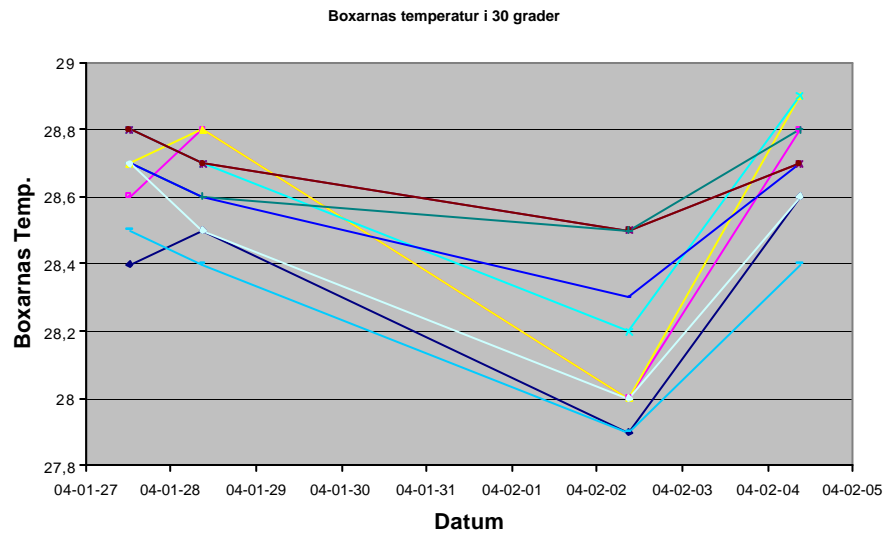
Bilaga 3A- Boxarnas temperaturer



Figur 20. Graferna visar variationerna i temperaturen över tiden i 8° C klimatrum.

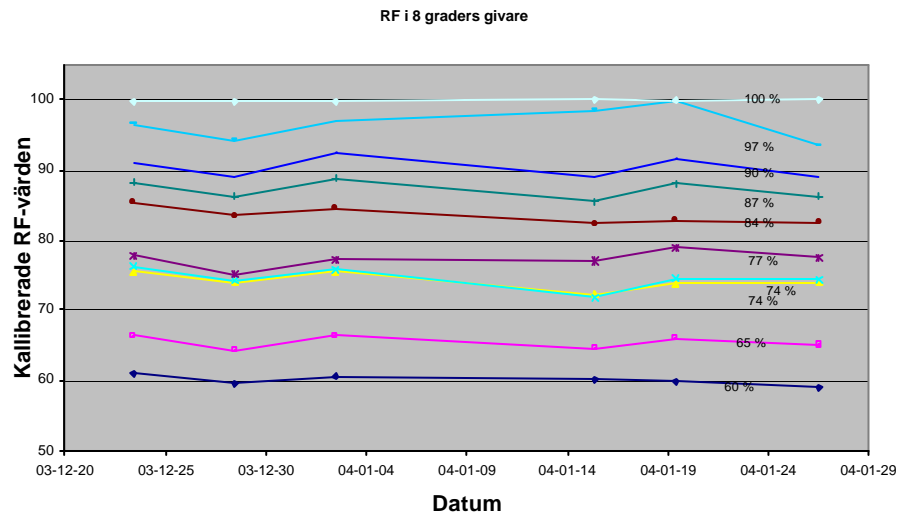


Figur 21. Graferna visar variationerna i temperaturen över tiden i 20° C klimatrum

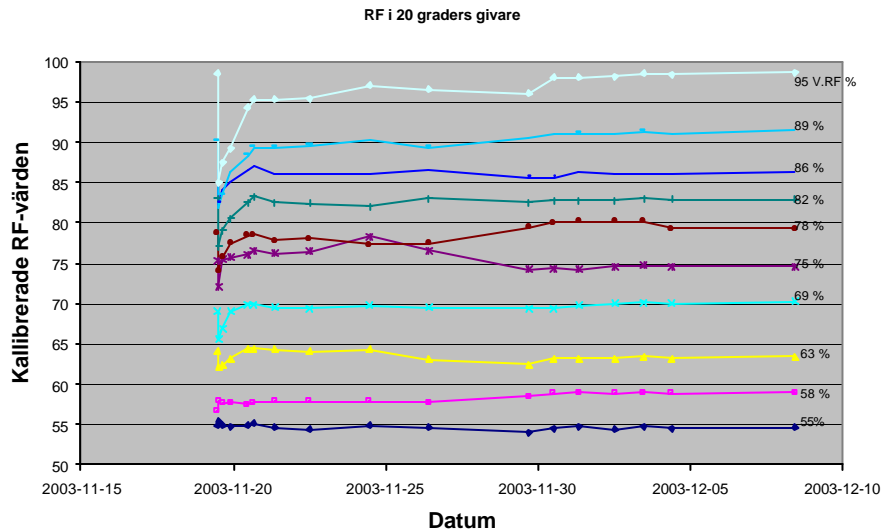


Figur 22. Graferna visar variationerna i temperaturen över tiden i 30°C klimatrum.

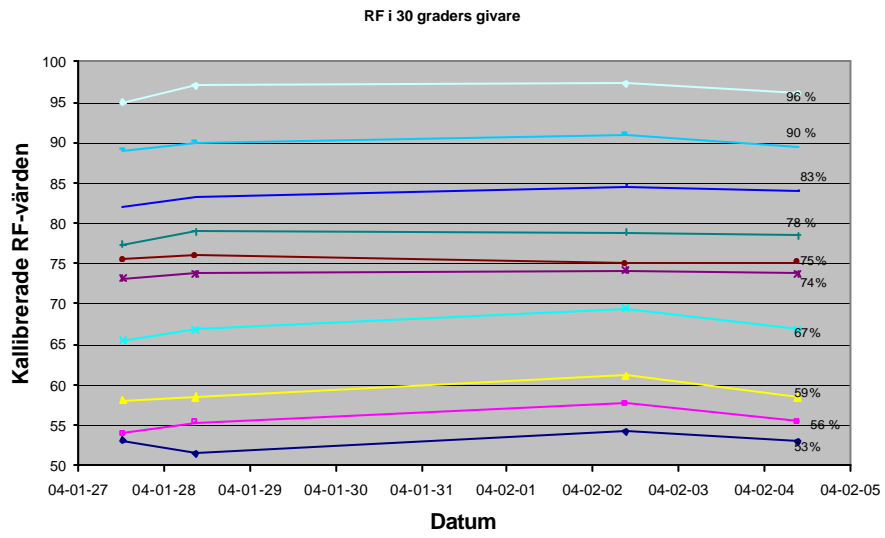
Bilaga 3B- Boxarnas RF



Figur 23. Graferna visar variationerna i RF över tiden i 8°C klimatrum. Längst ut till höger står medelvärdet.



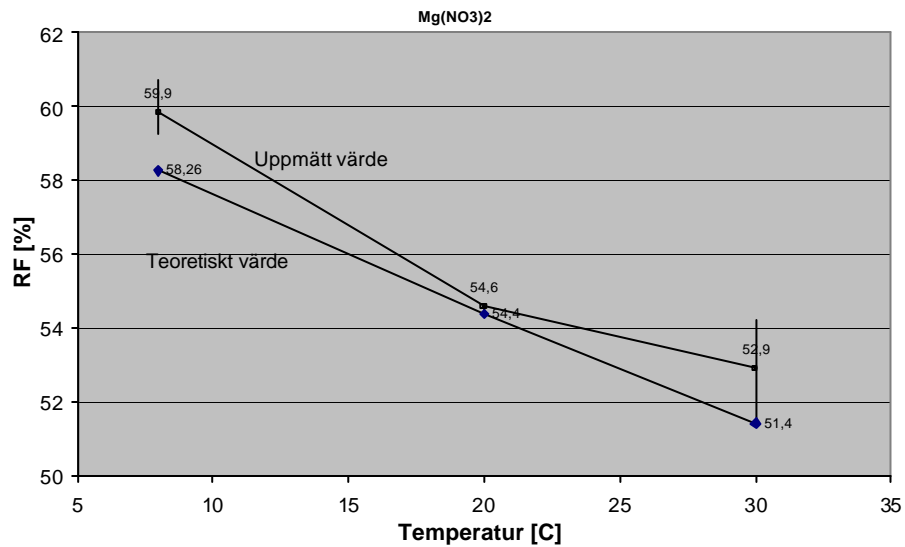
Figur 24. Graferna visar variationerna i RF över tiden i 20°C klimatrum. Längst ut till höger står medelvärdet.



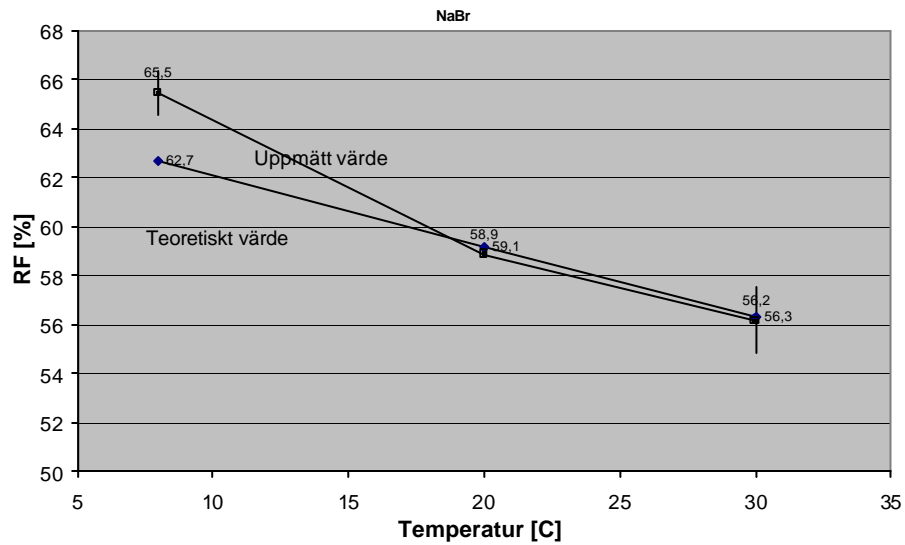
Figur 25. Graferna visar variationerna i RF över tiden i 30°C klimatrums. Längst ut till höger står medelvärdet.

Bilaga 4- Salternas temperaturberoende

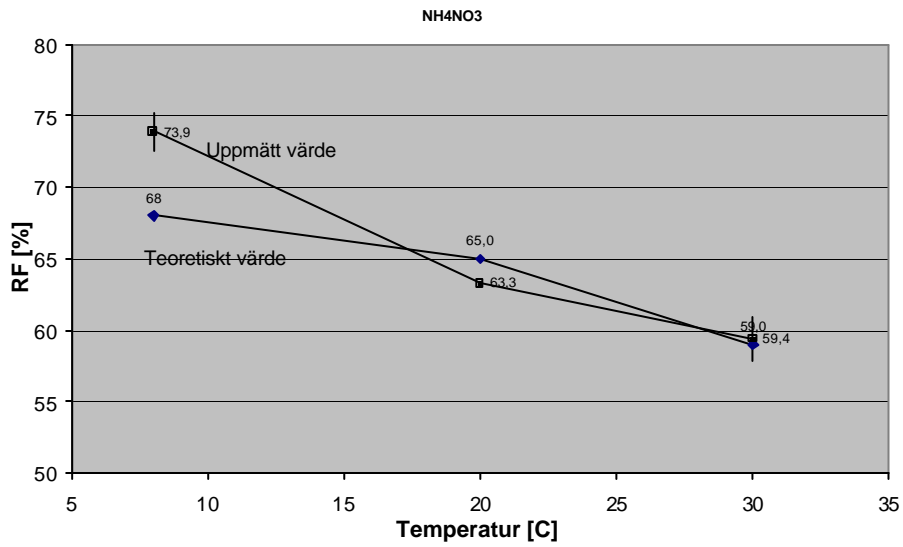
Diagrammen visar skillnaden mellan det teoretiska och det uppmätta värdet för varje temperatur: 8, 20, 30° C.



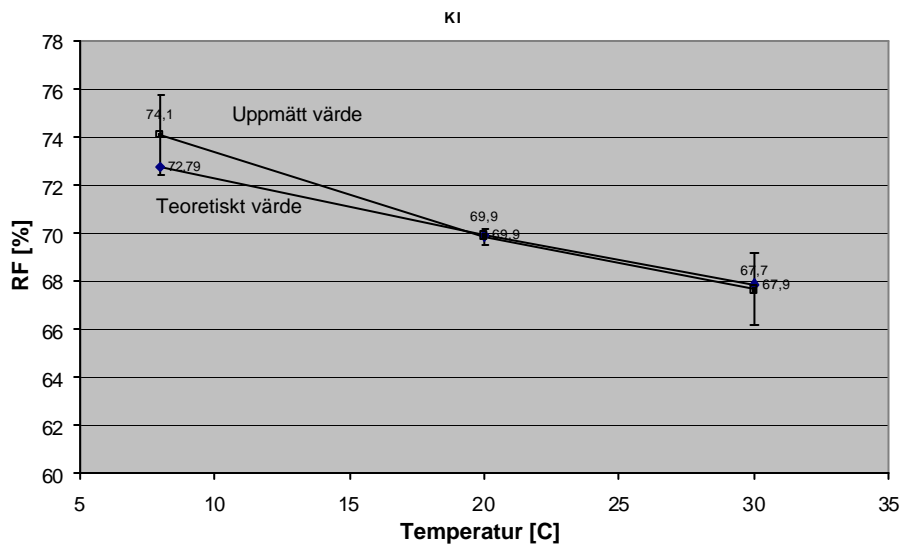
Figur 26. Intervallskillnaden mellan det teoretiska och det uppmätta värdet för saltet Mg(NO₃)₂.



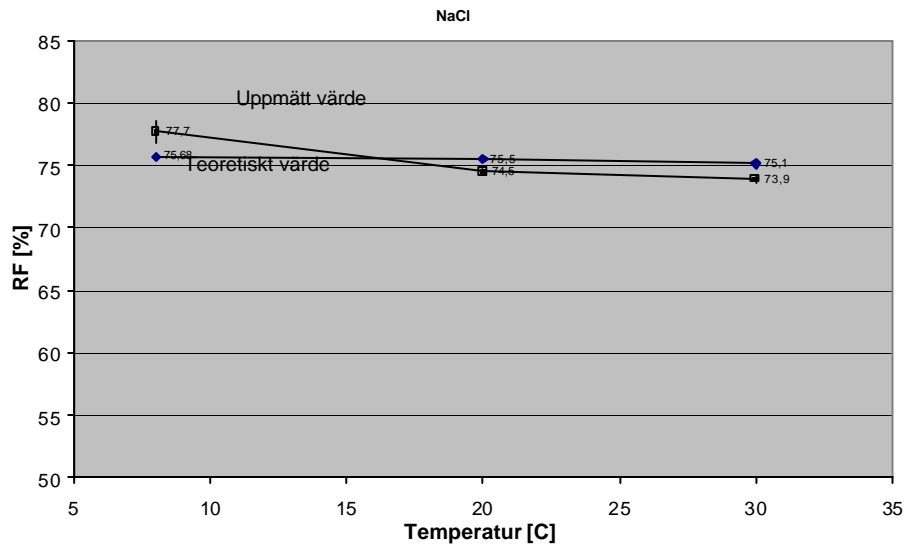
Figur 27. Intervallskillnaden mellan det teoretiska och det uppmätta värdet för saltet NaBr.



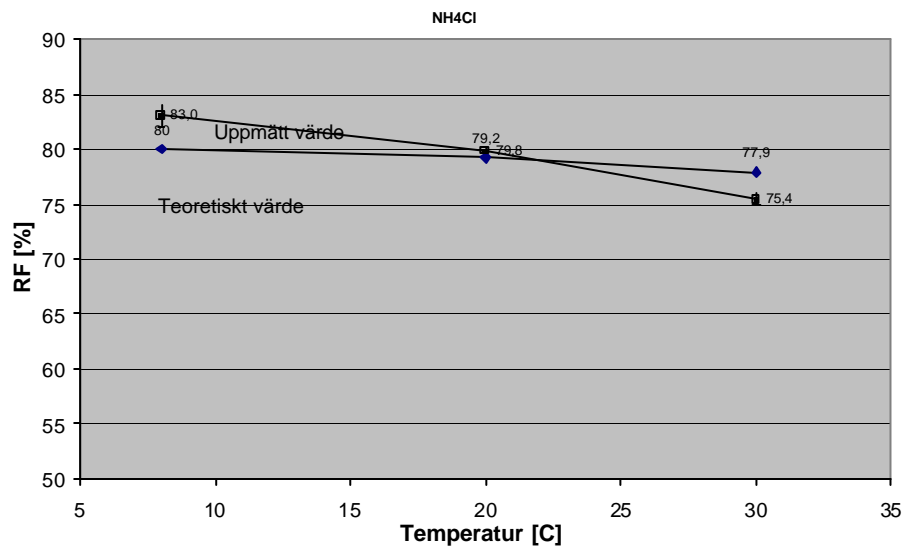
Figur 28. Intervallskillnaden mellan det teoretiska och det uppmätta värdet för saltet NH₄NO₃



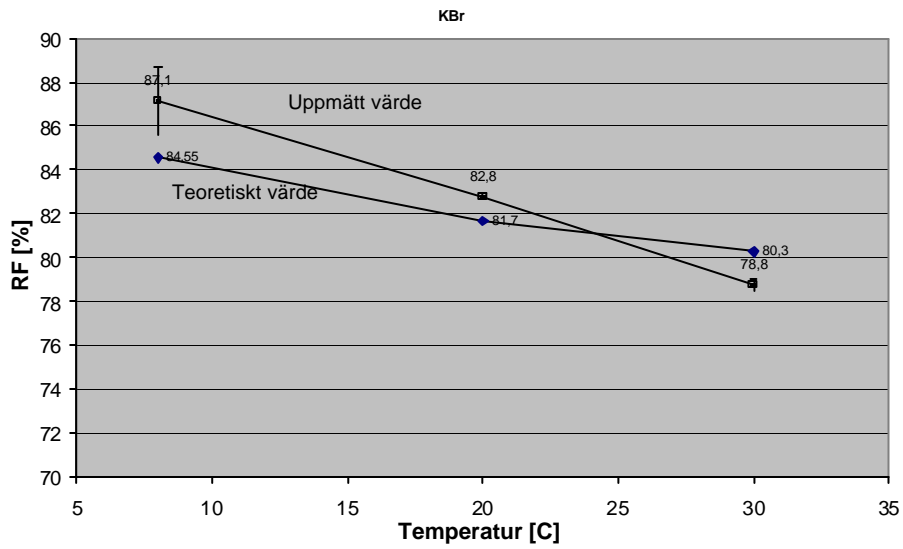
Figur 29. Intervallskillnaden mellan det teoretiska och det uppmätta värdet för saltet KI.



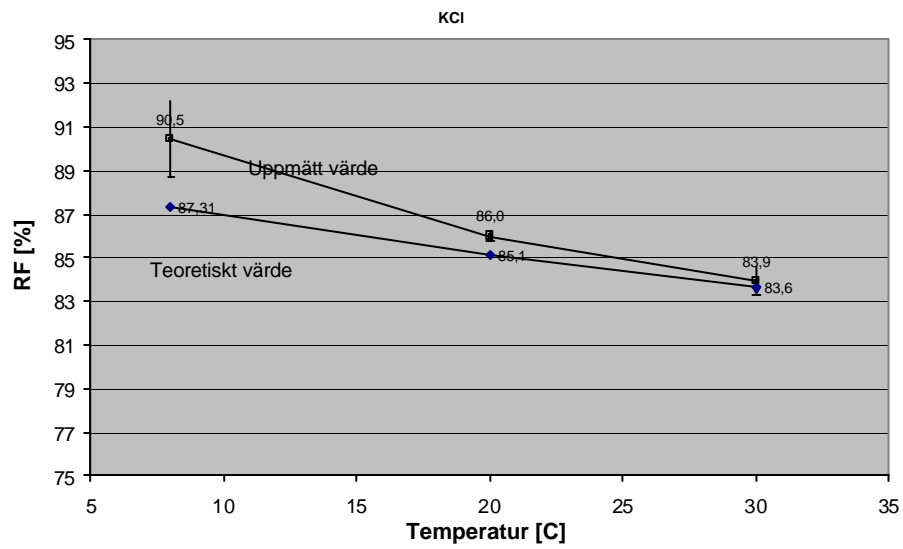
Figur 30. Intervallskillnaden mellan det teoretiska och det uppmätta värdet för saltet NaCl.



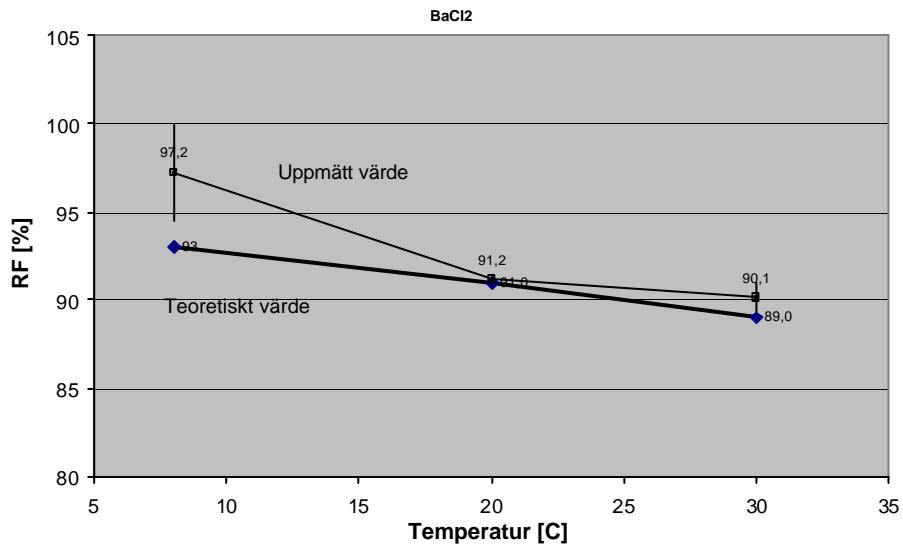
Figur 31. Intervallskillnaden mellan det teoretiska och det uppmätta värdet för saltet NH4Cl.



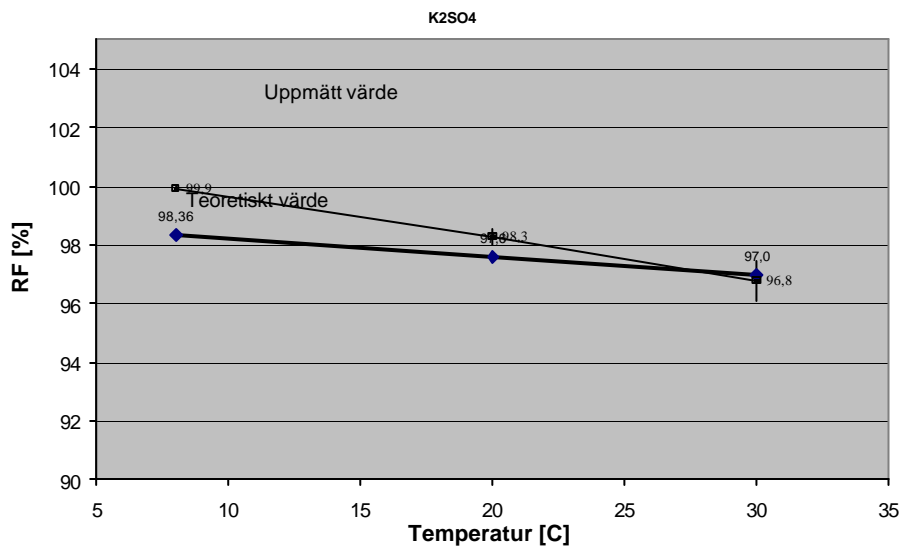
Figur 32. Intervallskillnaden mellan det teoretiska och det uppmätta värdet för saltet **KBr**.



Figur 33. Intervallskillnaden mellan det teoretiska och det uppmätta värdet för saltet **KCl**.



Figur 34. Intervallskillnaden mellan det teoretiska och det uppmätta värdet för saltet BaCl₂.



Figur 35. Intervallskillnaden mellan det teoretiska och det uppmätta värdet för saltet K₂SO₄.