

Avdelningen för Installationsteknik
Examensarbete TVIT—20/5078
Lund 2020

Relativ luftfuktighet inomhus

- Hälsoeffekter och beräknad
energianvändning till befuktning

Azad Han
Labinot Popova



LUNDS
UNIVERSITET

Relativ luftfuktighet inomhus

Hälsoeffekter och beräknad energianvändning till
befuktning

Azad Han
Labinot Popova

Examensarbete

Avdelningen för Installationsteknik
Institutionen för Bygg- och miljöteknologi
Lunds Universitet
Box 118
221 00 Lund

© Azad Han och Labinot Popova

ISRN LUTVDG/TVIT—20/5078—SE(120)

Institutionen för bygg- och miljöteknologi

Lunds tekniska högskola

Lunds universitet

Box 118

221 00 LUND

Sammanfattning

Världen har drabbats av ett snabbt spridande virus som givit upphov till många dödsfall. Har den relativa fuktigheten en inverkan på spridningen? Olika nivåer på relativa fuktigheten kan påverka människan på olika sätt ur medicinsk aspekt. Finns det en optimal nivå på den relativa fuktigheten? I arbetet undersöks hur relativa fuktigheten inomhus påverkar människors hälsa genom att sammanfatta några studier i en litteraturstudie. Arbetet kommer att innehålla en litteraturstudie och en energiberäkning. Litteraturstudien utgår från figur 1.17 i boken "Projektering av VVS-installationer" där figuren visar vilka parametrar som påverkar människans hälsa vid olika nivåer på den relativa fuktigheten. De olika nivåerna studeras och sammanfattas. Resultaten från litteraturstudien visar att det inte går att hitta en optimal relativ luftfuktighet. Beroende på typ av parameter (olika bakterier, virus, kvalster etc.) kan det vara gynnsamt med olika nivåer på RH. Den relativa fuktigheten påverkar exempelvis virus överlevnad olika beroende på vilket virus som studeras. Ett generellt grovt sammanvägt värde hamnar vid en nivå på relativ fuktighet mellan ca 40–45%. Dock visade en studie att SARS-CoV-2 tenderar att tappa funktion vid höga temperaturer i kombination med höga nivåer på relativa fuktigheten. Beroende på vad man vill uppnå och vilket ämne som avses och vilket vatteninnehåll det finns i utomhusluften kan en högre luftfuktighet inomhus än den som uppstår utifrån utomhusförhållanden och tillförd fukt; fukttillskott från verksamheten, vara gynnsam för vissa perioder av året. Examensarbetet studerar därför även vilket energibehov som uppstår då.

Det bör i sammanhanget nämnas att beroende på hur den relativa fuktigheten höjs inomhus kan det finnas risker för bl. a. mikrobiell tillväxt (Centrum för arbets- och miljömedicin, 2015), vilket måste beaktas bl. a. genom att ha kontrollrutiner. Denna studie syftar enbart till att undersöka de energimässiga aspekterna av detta.

För att uppnå önskad nivå på den relativa fuktigheten appliceras; temperatursänkning, befuktning och kombination av temperatursänkning och befuktning. Utetemperatur och relativ fuktighet utomhus tas från Malmö och Kiruna. Indata för innetemperaturen och fukttillskottet baseras på mätningar i 36 lägenheter i Karlstad och i energiberäkningarna visas hur de olika strategierna förhåller sig till krav från Folkhälsomyndigheten och Boverkets byggregler.

Energiberäkningarna visar att endast att befukta eller sänka temperaturen inte förhåller sig till myndigheternas riktvärden. Genom att kombinera de två åtgärderna lyckas den önskade relativa fuktigheten inomhus uppnås i Malmö till stor del av året däremot klarar Kiruna inte kravet.

Abstract

The world has been affected by a pandemic virus called SARS-CoV-2 and caused a high level of deaths. Does the level of relative humidity have an effect on the spread? Different levels of the relative humidity has different affection on humans from a medical aspect. Is there an optimal level of the relative humidity? In this report there is a study on how the level of relative humidity indoor affects the human health by studying some articles. The report is included with a literature study which is based on the figure on page 1:21 in “Projektering av VVS-installationer”. This figure shows different parameters that has an effect on the human health at different levels of relative humidity. The different levels are studied and compiled. The results from the literature study shows that the optimal relative humidity cannot be found. Depending on the type of organism (different bacteria, viruses, mites, etc.) it can be beneficial with different levels of relative humidity. A generally rough balanced value of the relative humidity ends up with a level of about 40 – 45 %.

One parameter that shows different results is SARS-CoV-2. The virus loses function at high temperatures in combination with high levels of the relative humidity. Depending on what the achievement is and which organism is meant and what water content there is in the outdoor air the aimed level of the relative humidity can be higher than the level based on the outdoor conditions and added moisture; moisture increase from the activity can be favorable for some periods of the year. The thesis therefore also studies the energy demand that comes up.

It should be mentioned in this context that depending on how the relative humidity is raised indoors, there may be risks of microbial growth (Center for Occupational and Environmental Medicine, 2015), which has to be considered by having routine controls. This study only aims to examine the energy aspects of this.

In order to regulate the level of the relative humidity, three methods has been applied; temperature reduction, humidification, temperature reduction and humidification combined. Outdoor temperature and relative humidity outdoors are used for Malmö and Kiruna. Input data for the indoor temperature and the moisture increase are based on measurements in 36 apartments in Karlstad. The calculations show how the various methods are related to the requirements by the authorities.

The methods that are applied in the energy calculation show that humidifying and lowering the temperature does not relate to the requirements from the authorities. By combining these two methods the level of the relative humidity in Malmö relate to the requirements during the most of the year, however the level in Kiruna didn't relate.

Förord

Den här rapporten är ett avslutande moment på civilingenjörsutbildningen Väg- och vattenbyggnad och har genomförts under 2020. På grund av rådande omständigheter har arbetet utförts hemifrån.

Vi vill ta tillfället i akt och tacka vår handledare Dennis Johansson för sitt engagemang och alla värdefulla synpunkter och råd.

Till sist vill vi tacka familj och vänner för allt stöd under arbetets gång.

Lund i oktober 2020

Azad Han

Labinot Popova

Innehållsförteckning

Sammanfattning	i
Abstract	iii
Förord.....	iv
Innehållsförteckning.....	vi
1 Inledning.....	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Syfte och frågeställning	1
1.3 Avgränsningar	3
2 Metod.....	5
2.1.1 Litteraturstudie	5
2.1.2 Energiberäkning.....	6
2.1.3 Temperatursänkning.....	7
2.1.4 Befuktning.....	7
2.1.5 Temperatursänkning samt befuktning.....	8
3 Bakgrund	9
3.1 Fukt i luft.....	9
3.2 Bakterier och virus	11
3.2.1 Covid-19	12
4 Hälsoeffekter av relativa fuktigheter inomhus	15
4.1 Bakterier.....	16
4.2 Virus.....	23
4.3 Svamp	35
4.4 Kvalster	40
4.5 Luftvägsinfektioner	45
4.6 Allergi och astma	49
4.7 Kemiska emissioner	54
4.8 Ozonproduktion	56
4.9 Hudbesvär	59
4.10 Ögonirritation.....	61
4.11 Diskussion – Litteraturstudie	64
4.11.1 Bakterier.....	65
4.11.2 Virus.....	66
4.11.3 Svamp	67
4.11.4 Kvalster	68
4.11.5 Luftvägsinfektion	68
4.11.6 Allergi och astma	69
4.11.7 Kemiska emissioner	69
4.11.8 Ozonproduktion	69
4.11.9 Hudbesvär	69
4.11.10 Ögonirritation.....	70
4.11.11 Sammanställning av hälsoeffekter	70

5	Temperatursänkning och energiberäkning	73
5.1	Uteklimat.....	73
5.2	Temperatursänkning.....	78
5.3	Befuktning.....	83
5.4	Temperatursänkning samt befuktning.....	91
5.5	Diskussion – Temperatursänkning och energiberäkning.....	97
6	Slutsatser.....	101
	Referenser	103

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Ett virus som sprider sig snabbt har i stort sett drabbat hela världen. Hur har den relativa fuktigheten inomhus påverkat spridningen? I varmare klimat, på sommaren, är luften fuktigare inomhus och tvärtom på vintern. Torrare luft kan påverka människans hälsa på olika sätt ur medicinsk aspekt och det gäller inte bara för COVID-19 (Centrum för arbets- och miljömedicin 2015). Hur skulle ett ”rätt värde” på relativ fuktighet minska spridningen eller förbättra andra aspekter på människans hälsa och upplevelse? Eventuellt kan låga luftfuktigheter påverka människans hälsa negativt (Anthony et al. 1986) och en åtgärd kan vara att på olika sätt höja den relativa fuktigheten. Ett antal strategier kan appliceras. I första hand kan temperaturen sänkas vilket automatiskt höjer den relativa luftfuktigheten och samtidigt sparar energi. Relationen mellan luftflöde och fuktutskott kan också undersökas. Möjligen kan för vissa förhållanden befuktning vara en åtgärd men hur påverkar den energianvändningen i huset och fuktförhållanden i byggnaden dess klimatskal? Här spelar materialtyp också roll då fukttransporten kan variera beroende av materialet. Dessutom måste resultatet förhålla sig till de riktlinjer och normer som återfinns i Boverkets byggregler, BBR.

Vår utbildning omfattar ingenjörsinriktade delar. De specifika medicinska effekterna på människan ligger utanför vårt kompetensområde. Som ingenjör ingår dock bland annat att ställa upp kriterier och utifrån dessa utforma ventilationssystemen och olika driftsfall. Vi har därför gjort ett försök till att sammanställa olika luftfuktighetsstudier för att få ett underlag på lämplig indata till våra energiberäkningar.

1.2 Syfte och frågeställning

Syftet är att sammanställa några studier där samband mellan relativ luftfuktighet och olika hälsorelaterade ämnen har studerats samt att undersöka vilken energianvändning som krävs för befuktning av luften till en viss relativ luftfuktighet.

Som ett första steg i att utreda hur den relativa fuktigheten påverkar människors vardagliga miljö ställs ett antal frågor som undersöks i denna rapport.

- Vilka hälsorisker påverkas av relativ fuktighet?
- På vilket sätt kan man uppnå lämpliga relativa luftfuktigheter?

- Om installation av befuktare sker, hur ser energianvändningen ut för befuktning? Hur förhåller sig värdena till BBR?

1.3 Avgränsningar

Rapporten innefattar ett antal avgränsningar och nedan följer det som inte tas hänsyn till i rapporten:

- Nyare studier som publiceras efter 2020-06-08 är inte med.
- Inga experiment kommer att utföras.
- Energiberäkningarna baseras bara på en kvadratmetergolvyta och ångbildningsentalpin för befuktning.
- Värmeenergin som sparas vid temperatursänkning under vintertid tas inte hänsyn till samt energibehovet för kylning under sommartid.

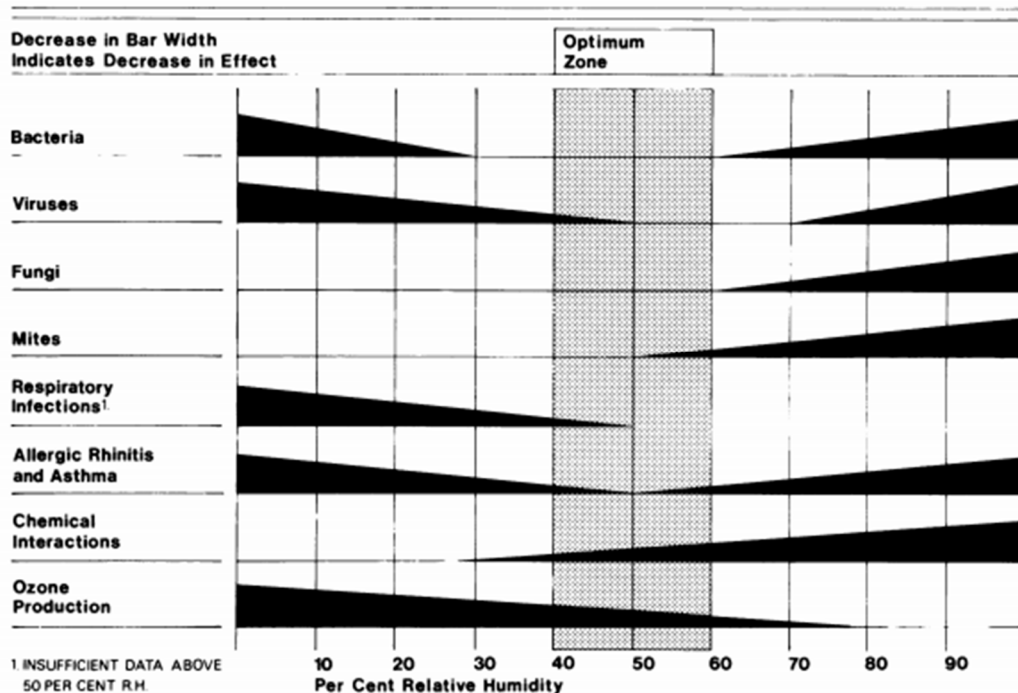
2 Metod

För att bedöma relativ fuktighets (RF) inverkan på människans hälsa utförs en litteraturstudie med artiklar som belyser till medicinska aspekter. En analys av befuktning kommer också att utföras och innehåller tre beräkningsscenarior:

- Temperatursänkning
- Befuktning och energibehov till befuktare.
- Kombination av både temperatursänkning samt befuktning

2.1.1 Litteraturstudie

En litteraturstudie kommer att utföras och där kommer vi att gå in på vad ett virus är, hur det påverkar människan och i vilken miljö det trivs. Vi kommer att utgå från Warfvinge och Dahlblom (2010) "Projektering av VVS-installationer", där det finns en tydlig figur på sidan 1:21 på faktorer som påverkas av den relativa fuktigheten och som påverkar inneklimatet, se figur 1.



Figur 1. Hälsoeffekter av relativ fuktighet inomhus (Anthony et al. 1986).

Varje parameter undersöks för att avgöra om den överensstämmer med figur 1. Först kommer en sökning i vetenskapliga litteraturdatabaser som LUBsearch och GoogleScholar att genomföras. Sökorden omfattar "relative humidity" och "health". Varje delkapitel, det vill säga varje delfaktor som påverkas av den relativa fuktigheten, inleds med en tabell där vi sammanställer sökorden och antal

träffar och även en bedömning utförs om artikelns relevans till ämnet. De vetenskapliga artiklar som behandlar detta läses igenom och en sammanfattning görs om vilka samband det finns mellan olika relativa fuktigheter, framförallt de låga, och hur de påverkar människan. Urvalet bestäms även utifrån examensarbetets tidsram. Den teori som är relevant för ämnet sammanställs i en tabell i början av varje delkapitel där artikelns data redovisas.

2.1.2 Energiberäkning

Efter att ha sammanställt hur olika nivåer på relativa fuktigheten påverkar människan med fokus på låg relativ fuktighet kommer tre olika scenarier att byggas upp och några nivåer på relativa fuktigheten kommer att undersökas. Det som kommer att undersökas är temperatursänkning, befuktning samt temperatursänkning tillsammans med befuktning. I detta ingår att undersöka hur mycket relativa fuktigheten kan förändras då temperaturen sänks.

Genom att skapa olika scenarier med önskat relativ fuktighet, innetemperatur och fukttilskott kan ånghalten för befuktning som krävs för att uppnå önskat relativ fuktighet beräknas och sedan kan energibehovet bestämmas med hjälp av ångbildningsvärmen som är 2 260 kJ/kg (Dordrecht, 2014). Enligt Boverkets byggregler (2011:6) avsnitt 6:251 bör ventilationsflödet utformas som lägst 0,35 l/s per m² golvyta. Fukttilskottet får som högst vara 3 g/m³ för bostäder (Folkhälsomyndigheten, 2014).

Data för utomhustemperatur och relativ fuktighet har hämtats för två orter i Sverige, Malmö och Kiruna (Meteonorm 2020). Data för 36 olika lägenheter under ett år i Karlstad har mätts av Bagge och Johansson (2016) där inomhustemperatur och fukttilskott fanns tillgängligt.

Ånghalten inomhus beräknas genom att addera fukttilskottet i lägenheterna med ånghalten utomhus och med hjälp av ekvation 8 nedan kan den resulterande relativa fuktigheten inomhus bestämmas.

Beräkningsdelen omfattas av beräkningar som utförs i Excel. Ekvationer nedan har använts för att beräkna energibehovet för lägenheterna.

Mättnadsånghalten $[v_m]$ beräknas utifrån temperaturen $[T]$ med ekvation 1 (Arfvidsson et al. 2017).

$$v_m = 4.7815706 + 0.34597292 \cdot T + 0.0099365776 \cdot T^2 + 0.00015612096 \cdot T^3 + 0.0000019830825 \cdot T^4 + 0.000000015773396 \cdot T^5 \quad (\text{EKV. 1})$$

Ånghalten utomhus beräknas med hjälp av mätnadsånghalten och den relativa fuktigheten $[RF]$, se ekvation 2.

$$v_u = v_m \cdot RF \quad [kg/m^3] \quad (\text{EKV. 2})$$

Främsta fokus i arbete är att beräkna hur mycket energi som behövs för befuktningen. Detta grundar sig dock på ovanstående teori om hur halten relativ fuktighet påverkar människor i medicinsk aspekt och hur mycket man skulle behöva höja den relativa fuktigheten.

2.1.3 Temperatursänkning

Relativa fuktigheten har en stark koppling till temperaturen, se avsnitt 3.1. Genom att sänka temperaturen inne kommer den relativa fuktigheten automatiskt att öka och på så sätt kan det vara en åtgärd för att få önskad relativ fuktighet. Däremot kan andra hälsoeffekter uppstå när temperaturen höjs eller sänks och därför finns det krav på innetemperaturen samt energianvändningen. Med hänsyn till hälsoeffekter och krav kan den relativa fuktigheten endast öka eller minska inom en viss gräns. Enligt Boverkets byggregler (2011:6) avsnitt 6:42 bör inomhustemperaturen vara mellan 20–26 °C för bostads- och arbetsrum. Vid första och andra scenariot sänks medeltemperaturen inomhus till 20 °C för att se om det önskade värdet på RF kan uppnås.

2.1.4 Befuktning

Vid befuktning tas hänsyn till energianvändningen och i denna fallstudie undersöks hur stor energianvändningen blir vid olika specifika relativa fuktigheter och om den förhåller sig till de krav som ställs. Det maximala fuktillskottet som används är 3 g/m³.

Genom önskat värde på relativ fuktighet beräknas ånghalten som behöver adderas (v_{bef}) för att höja den relativa fuktigheten till det önskade värdet. Effekten beräknas sedan enligt ekvation 3 nedan.

$$P = v_{bef} \cdot q \cdot h_v \quad [P] = W \quad (\text{EKV. 3})$$

där $v_{bef} = \text{tillsatt fukt}$ $[v_{bef}] = \text{kg}/\text{m}^3$
 $q = \text{luftflöde}$ $[q] = \text{m}^2/\text{s}$
 $h_v = \text{ångbildningsvärmern}$ $[h_v] = \text{J}/\text{kg}$

Energianvändningen kan sedan beräknas enligt ekvation 4.

$$E = \frac{P \cdot h}{1000 \cdot A_{temp}} \quad [E] = \text{kWh}/\text{m}^2 \quad (\text{EKV. 4})$$
$$[A_{temp}] = \text{m}^2$$

där $h = \text{tid}$ $[h] = \text{timmar}$

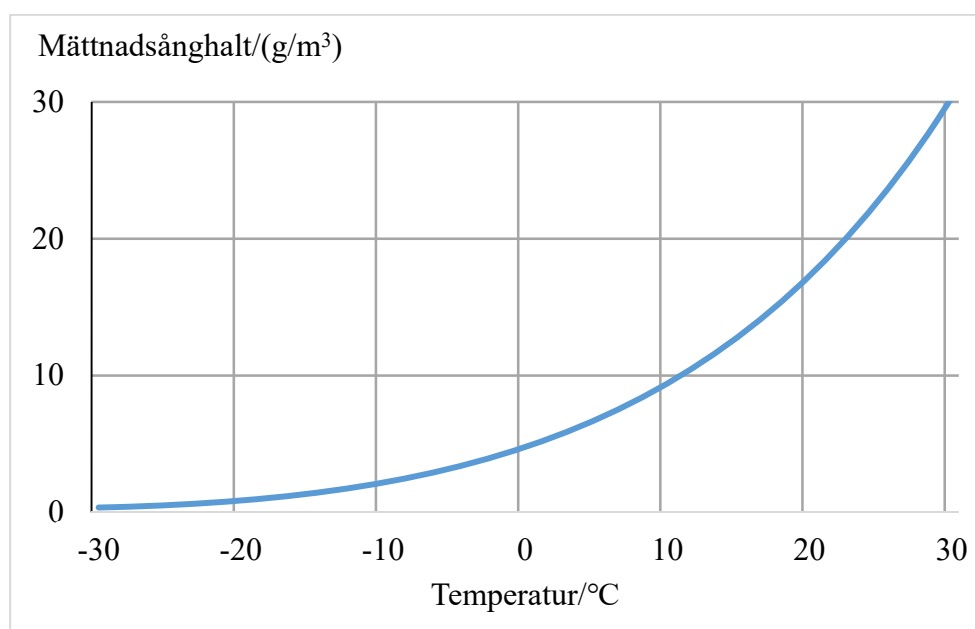
2.1.5 Temperatursänkning samt befuktning

I denna fallstudie undersöks hur en temperatursänkning samt befuktning kan kombineras för att klara de krav och riktlinjer som BBR ställer. Värmeenergin som sparas vid temperatursänkning under vintertid tas inte hänsyn till inte heller den energi som krävs för kylning under sommartid.

3 Bakgrund

3.1 Fukt i luft

Luft innehåller en viss mängd vattenånga, kallas för ånghalt, som anger massan vattenånga per kubikmeter luft. Luft kan endast bära en viss mängd vattenånga och denna mängd är beroende av temperaturen. Vid högre temperaturer kan luft bära mer vattenånga och den maximala vattenånga som luften kan bära vid en bestämd temperatur kallas för mättnadsånghalt, se figur 2. När ånghalten överskrider mättnadsånghalten sker kondens tills ånghalten är i samma nivå som mättnadsånghalten (Burström, 2006).



Figur 2. Samband mellan mättnadsånghalt och temperatur.

Luftens vatteninnehåll $[x]$ bestäms med hjälp av massan för vattenångan i luften $[m_v]$ och massa för den torra luften $[m_l]$, se ekvation 5 (Warfvinge och Dahlblom, 2010).

$$x = \frac{m_v}{m_l} \quad [kg/kg] \quad (\text{EKV. 5})$$

Ifall luften befuktas eller avfuktas gäller ekvation 6 och 7 (Warfvinge och Dahlblom, 2010).

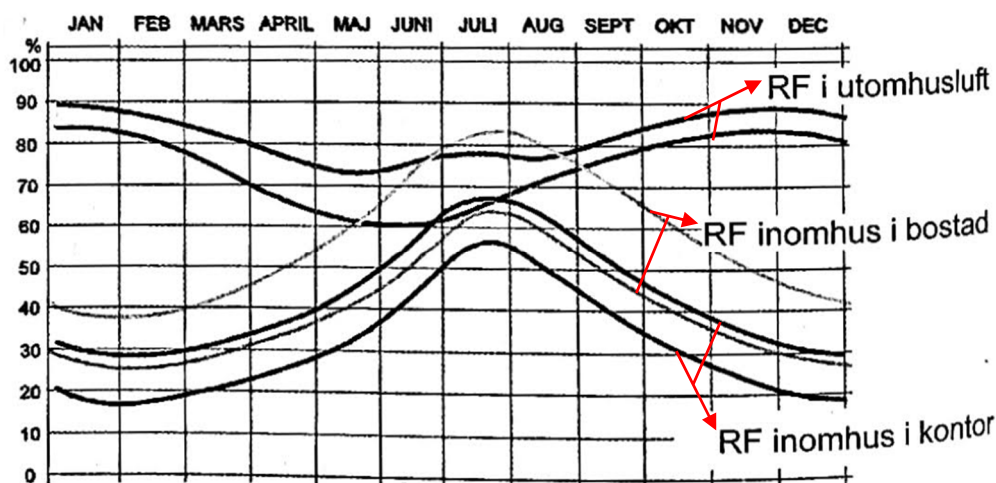
$$q_v = (x_2 - x_1) \cdot q_l \cdot \rho_l \quad (\text{EKV. 6})$$

där q_v = vattentillskott	$[q_v] = \text{kg/s}$
x_1 = vatteninnehåll	$[x_1] = \text{kg/kg}$
x_2 = vatteninnehåll	$[x_2] = \text{kg/kg}$
q_l = luftflöde	$[q_l] = \text{m}^3/\text{s}$
ρ_l = luftens densitet	$[\rho_l] = \text{kg/m}^3$

$$v = \frac{m_v}{V} \quad [v] = \text{kg/m}^3 \quad (\text{EKV.7})$$

$$[V] = \text{m}^3$$

Relativ fuktighet betecknas med ϕ och är ett mått som beskriver kvoten mellan aktuell ånghalt och mättnadsånghalt eller kvoten mellan vattenångans verkliga tryck och mättnadstryck. Den relativ fuktigheten kan mätas både som inomhus och utomhus. I detta arbete läggs fokus på relativ fuktighet inomhus som kan bestämmas med hjälp av ånghalten utomhus, fuktproduktionen inomhus och ventilationens storlek. Normalt varierar RF inomhus mellan 30–60% där RF är lägst under vintertid och högst under sommartid vilket beror på att inomhustemperaturen är mycket högre än utomhustemperaturen under vintertid, se figur 3 för RF inomhus och utomhus (Warfvinge och Dahlblom, 2010).



Figur 3. Variation av den relativa fuktigheten i Sverige där övre kurvor är södra delarna av Sverige och nedre är de norra delarna (Warfvinge och Dahlblom, 2010).

Fuktproduktion är den fukt som tillförs inomhus, det kan exempelvis vara fukt från disk, tvätt, dusch, befuktning eller avdunstning från människor och djur. En människa avger normalt mellan 40-50g vattenånga varje timme. För att beräkna ånghalten inomhus kan ekvation 8 användas (Sandin, 2010).

$$v_i = v_u + \frac{G}{n \cdot V} (1 - e^{-nt}) \quad [v_i] = \text{kg/m}^3 \quad (\text{EKV. 8})$$

där	v_u = ånghalten för utomhus	$[v_u]$ = kg/m ³
	G = fuktproduktionen inomhus	$[G]$ = kg/h
	n = ventilationen	$[n]$ = oms per h, h ⁻¹
	V = volym	$[V]$ = m ³
	t = tid	$[t]$ = h

Efter en lång tid går e^{-nt} mot noll och då talar man om fukttillskott och ekvation 9 kan istället användas. Fukttillskott (v_{FT}) är skillnaden i ånghalt mellan inomhus och utomhus. I bostäder och lokaler för allmänna ändamål, där människor vistas stadigvarande, bör skillnaden i absolut luftfuktighet mellan ute och inne under vinterförhållanden inte regelmässigt överstiga 3 g/m³ (Folkhälsomyndigheten, 2014). Bagge och Johansson (2016) visade på ett medelvärde av fukttillskott 1 g/m³ i 36 lägenheter som mättes under ett år i Karlstad.

$$v_{FT} = v_i - v_u \quad [v_{FT}] = \text{kg/m}^3 \quad (\text{EKV. 9})$$

3.2 Bakterier och virus

Sjukdomar orsakade av bakterier och virus kan föras vidare genom luften (i aerosoler) eller genom direkt kontakt med organismen som oftast lever på hårda ytor som exempelvis möbler, dörrar eller en smittad person. Majoriteten av smittningen beror på direkt kontakt med en smittad person. Även om majoriteten beror på direkt kontakt är smittning genom luftburna aerosoler en stor del. Normalt andas människor in 10 000–20 000 liter luft per dag vilket gör att luftvägarna kan bli infekterade ifall det förekommer bakterier eller virus i luften (Sunwoo et al. 2006). I Storbritannien uppskattas att infektioner av smittning via luften har vårdnadskostnader mellan 1–2 miljarder kronor varje år (Fletcher, 2004).

Aerosoler kan antingen vara som droppar eller droppkärnor och uppkommer när en person nyser, hostar, andas eller pratar. Stora droppar faller direkt till marken medan de mindre avdunstar och blir droppkärnor som kan vara kvar i luften flera timmar om inga faktorer påverkar aerosolerna (Fletcher, 2004).

Faktorer som kan påverka de luftburna aerosolerna är bland annat relativa fuktigheten. Relativa fuktigheten påverkar överlevnaden hos exempelvis svampar, kvalster, bakterier och virus. Dessa allergiframkallande organismer kan leda till bland annat luftvägsinfektion och astma (Anthony et al. 1986).

Virus är jämfört med övriga organismer väldigt små och finns överallt i vår vardag. Därför är risken större att smittas av virus. De lever på att infektera levande celler där de endast är passiva fram till dess att de når den cell som de kan attackera (Livsmedelsverket, 2020).

Enligt Bergström (2010) utgår man från arvsmassans egenskaper och ibland från virusets karaktär. Uppdelningen baseras på: typ, storlek och karaktär hos nukleinsyran, det symmetriska arrangemanget av proteiner som omger arvsmassan samt när- eller frånvaron av det omslutande membranet. Människor infekteras av minst 600 olika virus där dessa infektioner har stor betydelse för vår hälsa och uppskattas bidra till att hälften av all frånvaro från skola och arbete.

3.2.1 Covid-19

Vid årsskiftet mellan 2019 och 2020 skedde ett virusutbrott från Wuhan i Kina som senare klassades som en pandemi, nämligen SARS-CoV-2. Teorier om att djur smittat till människa finns, men att det senare smittade från människa till människa och gav upphov till en stor smittspridning världen över. En smittad människa visar tecken på symtom som feber och luftvägsinflammation där de mest drabbade grupperna är äldre och de med bakomliggande sjukdom (Folkhälsomyndigheten, 2020a).

SARS-CoV-2 ger vid infektion upphov till sjukdom COVID-19 och dess släkte inkluderar ett stort antal virus och dessa virus finns främst bland olika djurarter. Antalet virus som smittar från djur till människa är väldigt få till antalet. Bland dessa virus är det sju olika coronavirus som kan smitta och bidra till att människor insjuknar. Fyra av dessa är väldigt vanliga och orsakar vanlig

förkylning medan SARS- och MERS-coronavirus ger upphov till allvarigare luftvägssjukdomar (Folkhälsomyndigheten, 2020b).

4 Hälsoeffekter av relativa fuktigheter inomhus

Inomhus luftkvaliteten varierar mycket beroende på årstid och väder. Även fel temperatur och ventilationsflöden lägre än 0,35 l/s per meter golvyta i självdragssystem kan förekomma. Inomhus luftkvaliteten är ett vanligt problem och det uppkommer ofta klagomål i sjukhus, skolor, kontor och bostäder (Tuula, 1996).

Ventilationsflöde och torr luft kan påverka aerosolernas överlevnad och spridning i luften. Aerosolerna kan antingen vara som droppar eller droppkärnor och storleken varierar från virus <0,1µm till bakterier, sporer och svampceller 10µm (Aminul, 2020). Aerosolerna som har en större diameter än 100µm faller ner från luften till golvytan medan mindre aerosoler avdunstar och blir droppkärnor (Fletcher, 2004). Vid låga relativa fuktigheter sker avdunstning snabbt och aerosolerna blir kvar i luften medan vid höga relativa fuktigheter sker avdunstning inte lika snabbt och de förorenade aerosolerna hamnar därmed på golvytan (Anthony et al. 1986).

De luftburna organismernas förmåga att överleva är beroende av faktorer som (Anthony et al. 1986):

- antalet personer som är smittade
- antalet personer som kan bli smittade
- tiden de befinner sig i rummet
- ventilationsflöde
- sedimentering av luftföroreningar
- organismens överlevnad i luften

Den relativa fuktigheten påverkar organismens överlevnad i luften samt sedimentering av luftföroreningar. Hur mycket den relativa fuktigheten påverkar överlevnaden beror på de andra faktorerna exempelvis påverkar relativ fuktighet väldigt lite eller inget alls ifall ventilationsflödet i rummet är hög (Anthony et al. 1986).

Enligt Anthony et al. (1986) bör den relativa fuktigheten ligga mellan 40–60% för att minimera hälsoeffekterna. Låga relativa fuktigheter kan orsaka

luftvägsinfektion och astma samtidigt som virus och bakterier har bättre överlevnad, se figur 1 i kapitel 2.1.1.

4.1 Bakterier

Tabell 1 nedan visar de sökningarna som gjordes för bakterier samt dess sökträffar. Sökord specificerades för hur relativ fuktighet påverkar bakterier för att få ner antalet träffar. Utifrån dessa träffar gjordes ett urval av artiklarna baserat på studiens sammanfattning och dess relevans.

Tabell 1. Sökord och antal sökträffar för bakterier i LUBsearch.

Sökord	Antal träffar (LUBsearch)
Relative humidity bacteria	2 521
Humidity bacteria	4 207
Effect of humidity on bacteria	1 655
Effect of relative humidity on bacteria	1 107
Airborne bacteria humidity	779
Airborne bacteria relative humidity	552
Bioaerosol relative humidity	643
Relativ fuktighet bakterie	0
Fuktighet bakterie	0
Effekt av fuktighet på bakterie	0

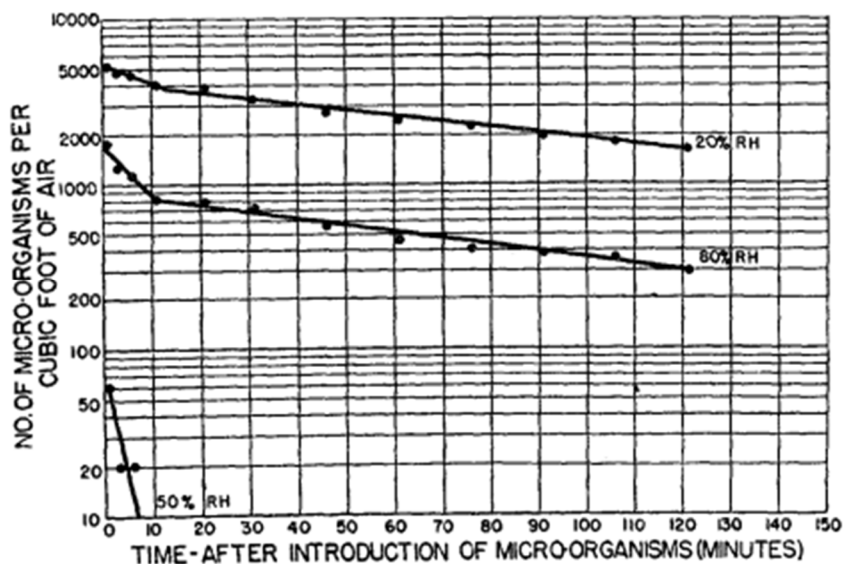
I tabell 2 nedan sammanställs resultat från de experimentella studier som lästs och sammanställts för bakterier i detta examensarbete.

Relativ fuktighet inomhus

Tabell 2. Sammanställning av resultat från studerade experimentella studier för bakterier.

Experimentell Studie	Årtal	Relativ fuktighet/%	Temperatur/ °C	Land
Dunklin och Puck	1948	3–80	14.4 / 22.2 / 33.3	USA
Wright et al.	1968	10–90	27	USA
Hans et al.	1993	5 / 50 / 95	8.5 / 15 / 25 / 35	Nederländerna
Onozuka et al.	2009	50–80	5–30	Japan
Byung et al.	2010	17 / 40 / 70	Rumstemp.	Sydkorea
Lopez et al.	2013	15–32 och 40–65	19–25	USA
Aminul et al.	2020	46–81	0–15	Japan

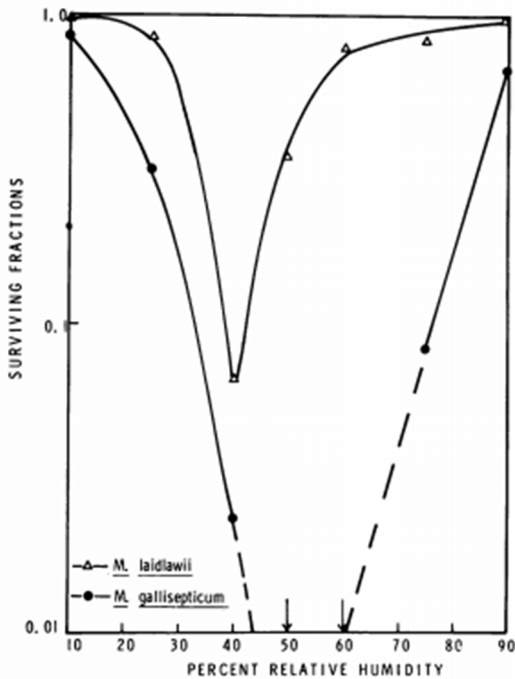
En studie av Dunklin och Puck (1948) gjordes för att få kunskap om effekten av relativ fuktighet på luftburna bakterier. Metoden var att placera olika bakterieodlingar i en 18 m³ kammare med temperaturer och relativ fuktighet som kunde kontrolleras. Med ett tidsintervall på 2h mättes bakterinnehållet i luften. Tre olika temperaturer (14.4, 22.2 och 33.3°C) undersöktes med RF som sträckte sig från 3% till 80%. I intervall där bakterieodlingar hade dålig överlevnad utfördes flera upprepningar för att kontrollera resultatet. Studien visade att bakterier, framförallt av typen Pneumokocker, hade en förmåga att överleva i låga och höga fuktigheter, se figur 4. Pneumokocker är en bakterie som kan orsaka bland annat lunginflammation, luftvägsinfektion eller öroninflammation. De visade sig att faktorer som påverkar överlevnaden är; sammansättningen av mikroorganismerna, partikelstorleken hos organismen och luftens relativa fuktighet (Dunklin och Puck, 1948).



Figur 4. *Pneumokockers överlevnad i olika relativa fuktigheter (Dunklin och Puck, 1948).*

En studie av Wright et al. (1968) visar överlevnaden av luftburna mycoplasma pneumoni i olika relativa fuktigheter. Mycoplasma pneumoni är en bakterie som orsakar lunginflammation eller luftvägsinfektion. Bakterien förekommer över hela världen främst under vinter och vår. Mycoplasma pneumoni orsakar 15–20% av all lunginflammation, andelen är högre bland barn, så mycket som 40% (Onozuka et al. 2009).

I Wright et al. (1968) placerades bakterien i trummor under 1h med temperaturen 27°C och relativ fuktighet som varierade mellan 10–90%. Även i denna studie visade sig att bakterien har bättre överlevnad i låga och höga relativa fuktigheter. I 40% relativa fuktigheter är överlevnaden för Mycoplasma pneumoni som minst, se figur 5.



Figur 5. *Mycoplasma pneumoniae* överlevnad vid olika relativa fuktigheter vid temperaturen 27 °C (Wright, 1968).

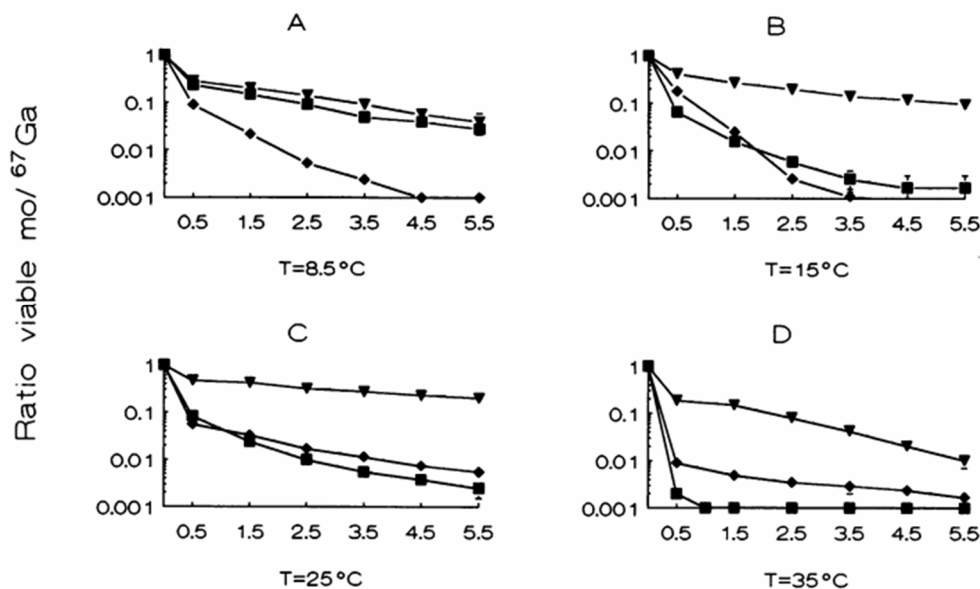
En annan bakterie är Streptokocker som orsakar enklare infektioner som exempelvis halsfluss och svinkoppor. Enligt Anthony et al. (1986) har Streptokocker liknanden överlevnad som *Mycoplasma pneumoniae*. Även en tidigare studie av Wells och Zappasodi (1942) visar att Streptokocker har en bättre överlevnad i fuktiga och torra miljöer.

Hans et al. (1993) menar att överlevnaden av mikroorganismer i aerosoler beror på fem faktorer:

- relativ luftfuktighet
- temperatur
- syrgasnivå
- närvaro av UV-strålning
- beståndsdelar i aerosolen och luften

Hur stor påverkan dessa faktorer har beror på vad det är för mikroorganism samt tiden de befinner sig i aerosolerna. I en undersökning injicerades olika prover, av bakterien *Chlamydia pneumoniae*, i aerosoler i en kammare som rymde 114,5 liter. Fyra olika temperaturer (8.5, 15, 25 och 35°C) med tre olika relativa fuktigheter (5, 50 och 95%) undersöktes. Den relativa fuktigheten ökades genom

att tillföra vattenånga och genom att minska relativa fuktigheten användes silica gel som luften fick passera genom. *Chlamydia pneumoniae* är en infektion som orsakar bland annat lunginflammation, luftrörsbesvär, halsont eller öroninflammation. Överlevnaden för bakterien visade sig vara bäst under temperaturer 15 och 20°C. Vid 35°C är överlevnaden liten för bakterien. Överlevnaden med hänsyn till relativ fuktighet varierade beroende på temperaturen. Vid exempelvis 8,5°C är överlevnaden för *Chlamydia pneumoniae* liknande vid 95% och 50% relativ fuktighet (figur 6 A). Eller vid 15°C är överlevnaden liknande vid 5% och 50% relativ fuktighet, se figur 6 (Hans et al. 1993). För normala inomhustemperaturer (25°C) är höga relativa fuktigheter (95%) viktigast att undvika. Skillnaden i överlevnad vid 5% respektive 50% är förhållandevis till 95% liten (figur 6 C).

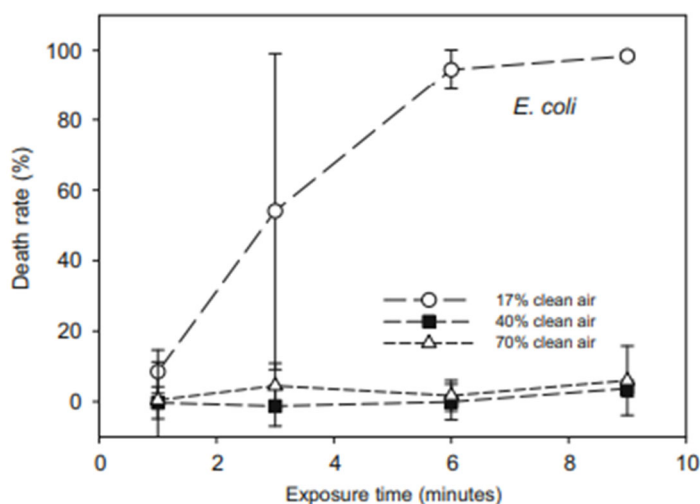


Figur 6. *Chlamydia pneumoniae*s överlevnad i olika relativa fuktigheter och temperaturer under 5,5 minuter 5% RF (◆), 50% RF (■) och 95% RF (▼) (Hans et al. 1993).

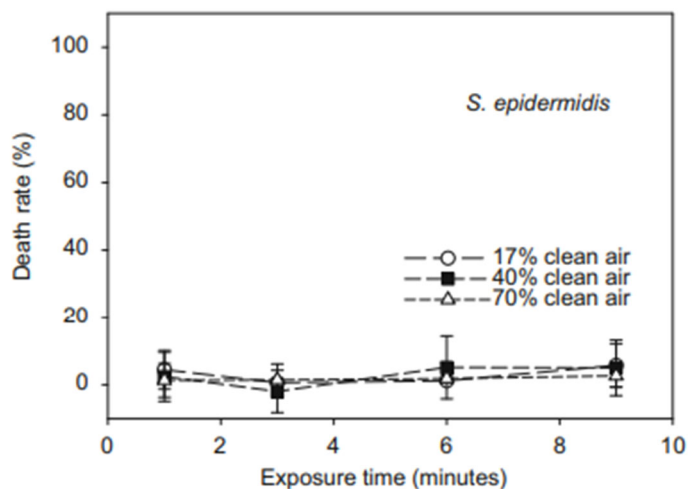
Lopez et al. (2013) har i sin studie undersökt hur överföringseffekten påverkas av låg relativ fuktighet (15% till 32%) och hög relativ fuktighet (40% till 65%) i olika material både porösa och icke-porösa material. Mikroorganismer kan spridas genom smittspridande föremål. Exempelvis vid kontakt av material med händer och sedan till mun, öga eller näsa. Undersökningen gjordes på fyra olika bakterier: *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus Thuringiensis* och Multipel skleros (andra fasen). Resultatet som framgick av studien är att de flesta

mikroorganismen har högre överföringseffekt under hög relativ fuktighet än låg relativ fuktighet. Beroende på typ av mikroorganism och det smittspridande föremålet påverkar relativa fuktigheten olika på överföringseffekten. Under hög relativfuktighet varierade överföringseffekten mellan 0,1% till 79,5% och under låg relativfuktighet mellan 0,03% och 57%.

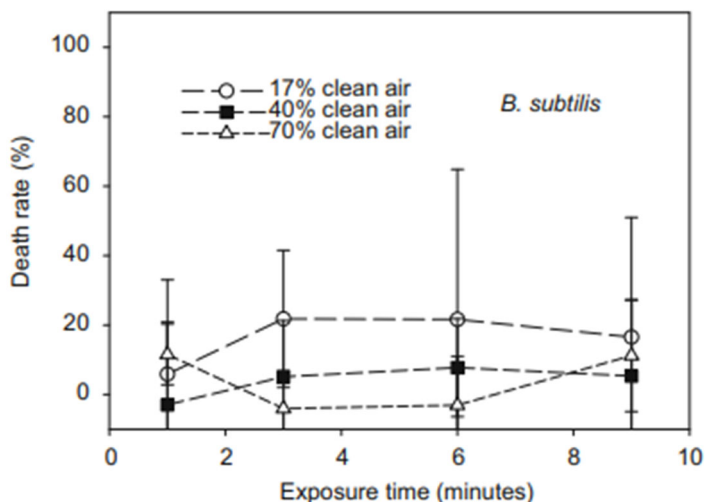
I en annan studie av Byung et al. (2010) undersöktes bakterierna *Escherichia coli*, *Staphylococcus epidermidis* och *Bacillus subtilis* i relativa fuktigheter på 17, 40 och 70%. Resultatet visade att *E. coli* hade en sämre överlevnad under 17% relativ fuktighet än 40 och 70%, se figur 7. Däremot påverkade relativa fuktigheten inte lika mycket överlevnaden för *Staphylococcus epidermidis*, se figur 8. För *Bacillus subtilis* var skillnaden mellan överlevnaden i olika relativa fuktigheter inte lika stor men även här visar resultatet att överlevnaden är bättre i låg relativ fuktighet, se figur 9.



Figur 7. Överlevnad för *Escherichia coli* vid olika relativa fuktigheter (Byung et al. 2010).

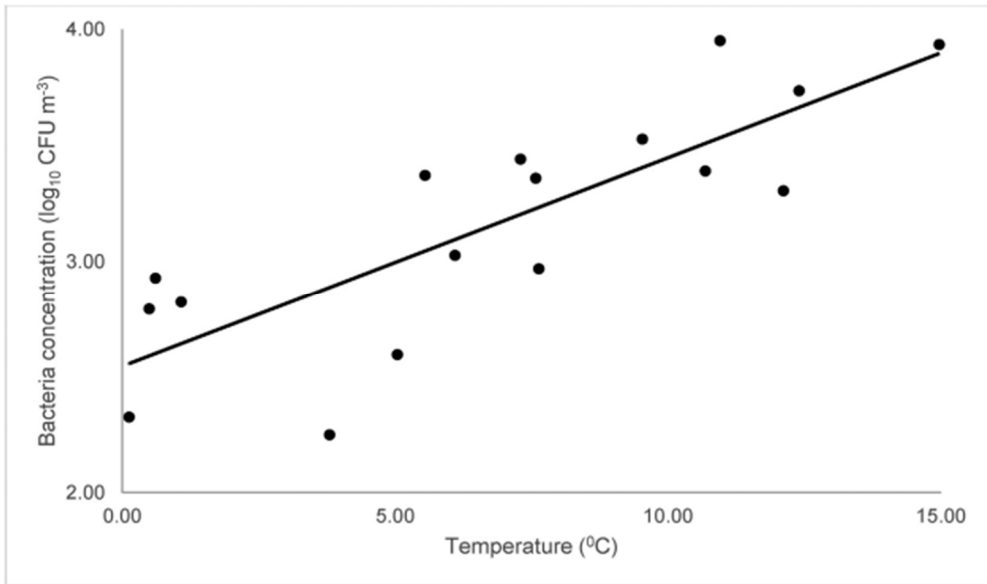


Figur 8. Överlevnad för *Staphylococcus epidermidis* vid olika relativa fuktigheter (Byung et al. 2010).



Figur 9. Överlevnad för *Bacillus subtilis* vid olika relativa fuktigheter (Byung et al. 2010).

Aminul et al. (2020) har under 19 veckor undersökt inomhusluftkvaliteten i bondgårdar med kalvar i Japan för att få kunskap om hur bakterierna *Staphylococcus aureus* (matförgiftning), *Escherichia coli* och *Salmonella* påverkas av temperatur och relativ fuktighet. Många djur delar samma inomhusluft och en risk för överföring av luftburna sjukdomar påverkar djurens hälsa samt produktionen. Relativa fuktigheten varierade mellan 46–81% och temperaturer mellan 0–15°C. Resultatet visade att hög temperatur och hög relativ fuktighet har bättre överlevnad för bakterien, se figur 10 för samband mellan temperatur och antalet bakterier i luften.



Figur 10. Samband mellan temperatur och antalet bakterier i luften (Aminul et al. 2020).

4.2 Virus

Tabell 3 nedan visar de sökningarna som gjordes för virus samt dess sökträffar. Sökord specificerades för hur relativ fuktighet påverkar virus för att få ner antalet träffar. Utifrån dessa träffar gjordes ett urval av artiklarna baserat på studiens sammanfattning och dess relevans.

Tabell 3. Sökord och antal sökträffar i LUBsearch för virus.

Sökord	Antal träffar (LUBsearch)
Relative humidity virus	1 731
Humidity virus	3 164
Effect of humidity on virus	1 091
Airborne virus humidity	336
Airborne virus relative humidity	240
Airborne virus relative humidity aerosol	109
Airborne virus relative humidity environment	38
Airborne virus relative humidity environment health	20
Relativ fuktighet virus	0
Fuktighet virus	0
Effekt av fuktighet på virus	0

I tabell 4 nedan sammanställs resultat från de experimentella studier som lästs och sammanställts i detta examensarbete för virus.

Relativ fuktighet inomhus

Tabell 4. Sammanställning av resultat från studerade experimentella studier för virus.

Experimentell Studie	Årtal	Relativ fuktighet / %	Temperatur / °C	Land
Lester	1948	40–55	22–24	USA
Hemmes et al.	1960	40	10–30	Nederländerna
Harper	1961	35–81	7–33.5	England
Schulman och Kilbourne	1962	47–70		USA
Davis et al.	1971	89 / 51 / 32	28 / 29.5	USA
Schaffer et al.	1976	40–70		USA
Lowen et al.	2007	50	5/20/30	USA
Chan et al.	2011	40-50, 80-89, >95	22-25, 33, 38	Kina
Zhao et al.	2012	40, 70	10, 20, 30	Nederländerna

Luftburna virus inkluderar influensa, mässling, varicellavirus (vattkoppor), röda hund, adenovirus och coxsackievirus. Adenovirus ger luftvägssjukdom med influensaliknande symtom och coxsackieviruset är orsaken till utslag och feber. Luftvägsinfektionerna som orsakas av RS-virus, parainfluensa och rhinovirus är också luftburna men i mindre utsträckning jämfört med direktkontakt (Couch et al. 1981).

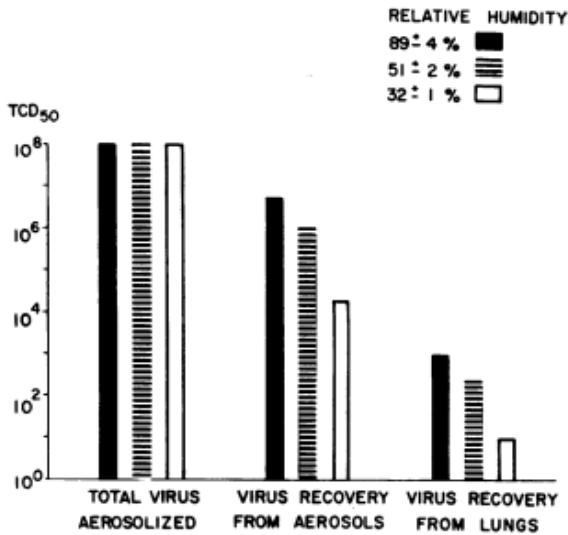
Virus överlevnad påverkas av den relativa fuktigheten och ju högre den relativa fuktigheten är desto mer gynnar det viruset och dess molekylära struktur som består av nukleinsyror och proteiner. Knight (1980) skriver i sin rapport att de säsongsbaserade virusinfektionerna beror på den relativa fuktigheten inomhus och dess variation över de olika årstiderna, som också beskrivs i kapitlet ”Fukt i luft”. Under låga värden på den relativa fuktigheten gynnas influensavirus, mässling, påssjuka, röda hund, vattkoppor och RS-virus. Under sommaren, då relativa fuktigheten inomhus är hög, trivs coxsackie- och enteroviruset bäst. Picornavirus orsakar munsjukdomar och har tendens att överleva efter våta

väderlekar då överföring kan ske på långa avstånd. Ovanligt nog är rhinovirus och adenovirus vanliga på vintern. Sambandet mellan stabilitet i aerosol och den säsongsbaserade förekomsten av virus visar deras överföring av aerosol. Relativa fuktigheten påverkar olika virus överlevnad på ytor och andra miljöer på ungefär samma sätt som i aerosol. Detta skulle kräva annan information för att fastställa överföringsmönstret.

I artikeln nämner Knight (1980) även att viruset i aerosolen är beroende av hur viruset strukturerat. Virus med lipidhölje, som de flesta influensavirus har, inaktiveras vid höga värden av relativ fuktighet vilket kan förklaras som att den skadar virusets proteinhölje. Virus som inte innehåller lipidhölje skadas i aerosolen när man avlägsnar vattenmolekyler. Det finns teorier som motsäger mekanismerna för smittspridning i aerosoler. Virus överlevnad i aerosoler baseras på vilken typ det är, typ av absorberande vätska, förändringar i relativ fuktighet, temperatur och effekt av tillsatser.

I Davis et al. (1971) artikel utfördes en studie som syftade till att ta reda på hur relativa fuktigheten har en effekt på dynamiska organismer i virus 12. Man använde sig av 65 nyfödda hamstrar där man efter 12 till 18 timmar efter födseln placerade dem i små behållare gjorda av nylonnät som hänger i mitten av en låda gjord av rostfritt stål där lådorna är gjorda i olika storlekar. Hamstrarna avlivades i grupper om fem vid olika tidpunkterna efter att organismer av adenovirus exponerats under 20 minuter. Deras lungor samlades in för att analysera smittspridningen av viruset.

Resultatet av försöket visar att viruset överlevde vid hög relativ fuktighet, i detta fall 89 % vid olika lungdoser. Bara 20 % av de infekterade viruset fanns i aerosolerna vid 51 % relativ fuktighet och 0,4 % vid 32 % relativ fuktighet. Dock var överlevnaden av viruset väldigt låg vid varje relativ fuktighet. Även innehållet av viruset i lungorna varierade vid de tre olika relativa fuktigheterna. För de nyfödda hamstrarna fanns större andel virus i lungorna vid den höga relativa fuktigheten. Bara 25 % av viruset överlevde i lungorna vid 51 % relativ fuktighet och 1 % vid 32 % relativ fuktighet, se figur 11 nedan (Davis et al. 1971).



Figur 11. Resultat från den experimentella studien som visar relativa fuktigheten (Davis et al. 1971).

Flera olika studier har gjorts där man undersöker förhållandet mellan relativ fuktighet och influensavirus överlevnad men också smittspridning. Hemmes et al. (1960) och Harper (1961) har i sina rapporter testat influensaviruset tillväxt som är sammanbundna till aerosoler över ett antal olika värden på relativ fuktighet. Båda testerna syftar till att sampla luften vid olika tidpunkter efter att man sammanbundit viruset till aerosoler och testa deras virala tillväxt med hjälp av att ympa levande cellodlingar med den samplade luften. Efter att testerna utfördes kom Hemmes et al. (1960) fram till att influensavirusets inaktivitet ökade vid relativ fuktighet högre än 40 %. Harpers (1960) test visade sig att tillväxten av viruset minskade i takt som den relativa fuktigheten ökade från 35 % till 81 %. Schulman och Kilbourne (1962) utförde ett test på den relativa fuktighetens påverkan på luftburen överföring av influensavirus mellan möss. De placerade friska möss i burar i närheten av möss som var smittade av viruset. Effekten av den relativa fuktigheten bestämdes efter justering för koncentrationen av förändringarna i ventilationen. Smittspridningen avtog i takt med att den relativa fuktigheten ökade från 47 till 70 %.

Resultaten av experimenten tyder på att smittspridningen av ett influensavirus är hög vid relativa fuktigheten under 40 % och minskar väldigt kraftigt när den överstiger 40–50 %. Lester (1948) kom underfund med att smittspridningen var hög precis innan 40 % och över 55 %. I hans laboration använde han möss i olika grupper, där en grupp bestod av 10 möss. De sattes i ett rum med volymen 18 m³

Relativ fuktighet inomhus

då han menade på att han kunde kontrollera den relativa fuktigheten bättre samt temperaturen. Den mättes med en torr och blöt fuktighetsmätare och temperaturen hölls vid 22 till 24 °C. Precis innan experimentet startades tinade man upp två tuber fylld med fruset virus i kallt vatten där en del av vätskan togs med en pipett som sedan sprutades in i en fin fördelare som användes i alla experiment. Mössen utsattes för viruset i en 15-minuters period. Obduktioner utfördes inom 12 timmar efter att mössen dött och allt som hittades registrerade. De möss som överlevde avlivades 14 dagar efter att ha utsatts för viruset och undersöktes för lungskador. Resultatet av experimentet redovisas i tabell 5 nedan.

Tabell 5. Förhållandet mellan överlevnaden av möss vid olika nivåer på relativa fuktigheten (Lester, 1948).

Relative humidity	Weight of virus suspension atomized	Number of mice in experiment	Fatalities		Survivors			
			Number	Per cent	Number	Per cent	Number having pulmonary lesions	Per cent having lesions
<i>per cent</i>	<i>gm.</i>							
23	0.845	40	40	100	—	—	—	—
30	0.828	40	40	100	—	—	—	—
40	0.827	40	38	95	2	5	2	100
45	0.854	40	9	22.5	31	77.5	12	38.7
50	0.833	40	9	22.5	31	77.5	8	25.8
55	0.840	40	9	22.5	31	77.5	9	29.0
60	0.835	40	9	22.5	31	77.5	20	64.5
65	0.839	40	17	42.5	23	57.5	21	91.3
70	0.831	40	30	75	10	25	10	100
80	0.850	40	40	100	—	—	—	—

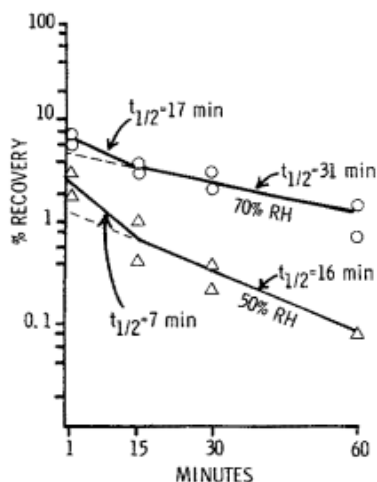
I tabellen ser man att de möss som utsattes för viruset klarade sig bäst mellan 40–60 % relativ fuktighet. Dock ser man att smittspridningen var lägst vid 50 % relativ fuktighet där man också jämför de möss som överlevde med efterföljande skador (Lester, 1948).

Schaffer et al. (1976) har också i sin rapport studerat virusets överlevnad vid olika relativa fuktigheter där man odlade aerosoler med influensavirus i celler från människor. Först framställdes så kallade MDBK-celler, Madin-Darby Bovine Kidney-celler, som används i biologiska forskningar för att skapa cellodlingar. I detta fall användes MDBK-celler för att det är väldigt mottagligt för influensavirus. Det skapades även en klon för mänskliga celler, med beteckning 1-5C-4, som användes i experimentet. Embryoceller från kycklingar användes

också som framställdes efter att man finfördelat embryon i 11 dagar. Influensaviruset framställdes av ett frö från en WSN-sträng. Till en början tvättade man av flaskorna som användes med saltlösning bestående av fosfat där man sedan ympade små mängder av WSN-viruset. Efter att ha låtit det ligga i en timme för att adsorbera tillsattes 0,1 % serum albumin, som är ett blodprotein till kycklingembryot. För att en virusodling ska ske lät man det stå i ett värmeskåp vid 37 °C där virusökningen nådde sitt maximum efter fjärde dagen (Schaffer et al. 1976).

Virusodlingarna sprutades med en mängd organismer som sedan kördes i en behållare, som fungerar som en förbrännare och omvandlar vätska till ånga, i 6 minuter. Varje omgång använde antingen en enda virusodling vid två olika relativa fuktigheter eller olika virusodlingar vid samma relativ fuktighet. Prover togs vid olika tidpunkter efter att man tillfört aerosoler.

I figur 12 nedan kan man se ett virus återhämtning vid olika tidpunkter vid två olika relativa fuktigheter, 50 och 70 % (Schaffer et al. 1976).



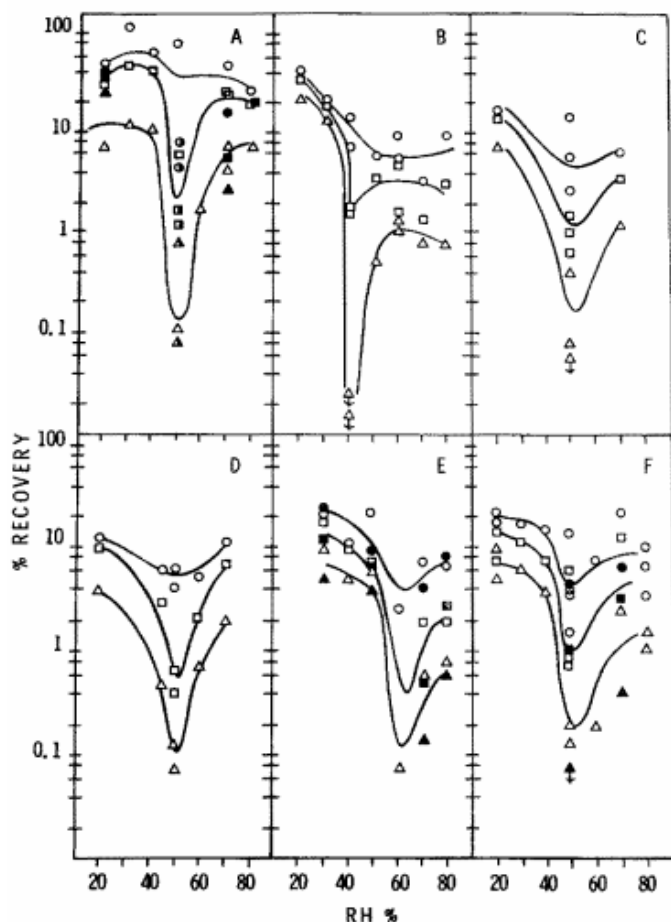
Figur 12. Virusets återhämtning vid två olika relativa fuktigheter och olika tidpunkter (Schaffer et al. 1976).

Av figuren framgår det att det finns en låg återhämtning av viruset som senare visar mer inaktivitet vid 50 % än vid 70 % relativ fuktighet för den specifika virusodlingen. Den brantare linjen i början beror på att återhämtningen vid 1-minuts provet var över den extrapolerade sekundära överlevnadsnivån. Detta en minuts prov omfattade en period på en till två minuter efter avslutningen och sex till sju minuter efter att man tillfört aerosol. Av den anledningen är det brantare

lutning fram till 15 minuter och avtar mellan 15 och 60 minuter (Schaffer et al. 1976).

Sammanfattningsvis ser man en koppling mellan de olika studierna, som visar att överlevnadsnivåerna för virus är mindre mellan 40–65 % relativ fuktighet jämfört med fuktigheter lägre respektive högre än detta intervall. Det innebär att den luftburna överföringen borde vara som lägst inomhus, där den relativa fuktigheten ligger mellan 40 och 65 %, förutsatt att ventilationsflöde och belastningsgraden är densamma.

Ett resultat för de klonade mänskliga celler, embryo av kyckling samt ägg med embryo, visar att överlevnadsnivån är högst vid låga halter relativ fuktighet. Lägsta överlevnadsnivån påvisas vid medel relativ fuktighet som sedan stiger igen vid höga halter relativ fuktighet, se figur 13 nedan (Schaffer et al. 1976).



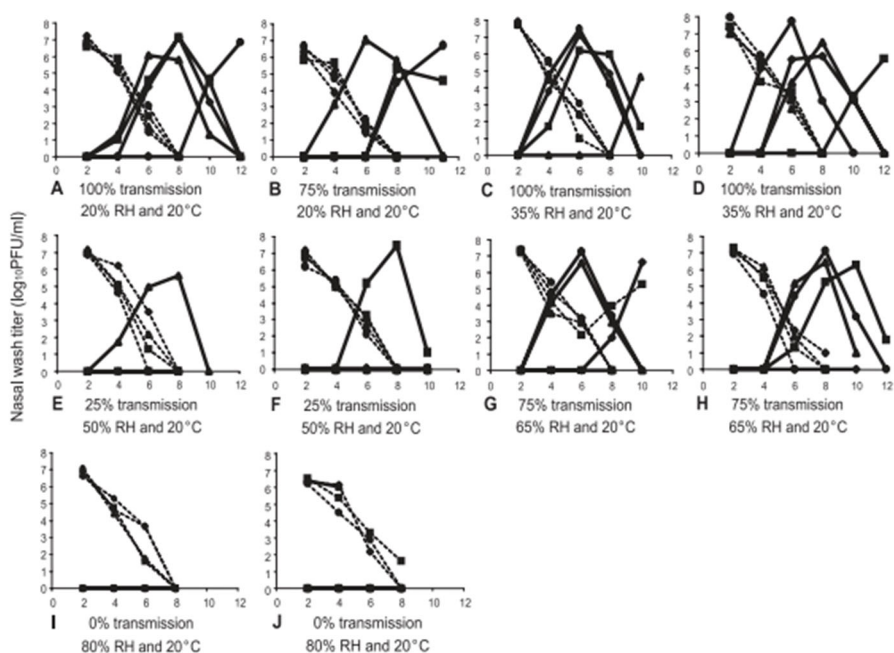
Figur 13. Förhållandet mellan återhämtning av viruset och relativa fuktigheten (Schaffer et al. 1976).

Beroende på hur man förberedde aerosolerna blev det olika överlevnadsnivåer vid olika tidpunkter och olika relativ fuktighet. Ruta A visar virusodlingar med MDBK celler och ruta B visar resultat för 1-5C-4-cellerna. Ruta C och D visar resultat för ägg med embryo och primära embryo från kycklingar. I ruta E och F visas resultat för mätning av virusets överföring i cellodlingarna, för både 1-5C-4 celler och ägg med embryo. Alla resultat baseras på prover för en minut (cirkel), 15 minuter (kvadrat) samt 60 minuter (triangel) (Schaffer et al. 1976).

Lowen et al. (2007) utförde en studie där man utförde 20-tals olika scenarion med åtta marsvin i varje experiment. I de olika experimenten förändrades både temperatur och/eller den relativa fuktigheten för att se förändringar i överföring av virus mellan marsvinen. Av dessa åtta marsvin är fyra infekterade med ett virus och de fyra andra är de som ska utsättas för detta virus i olika miljöer där

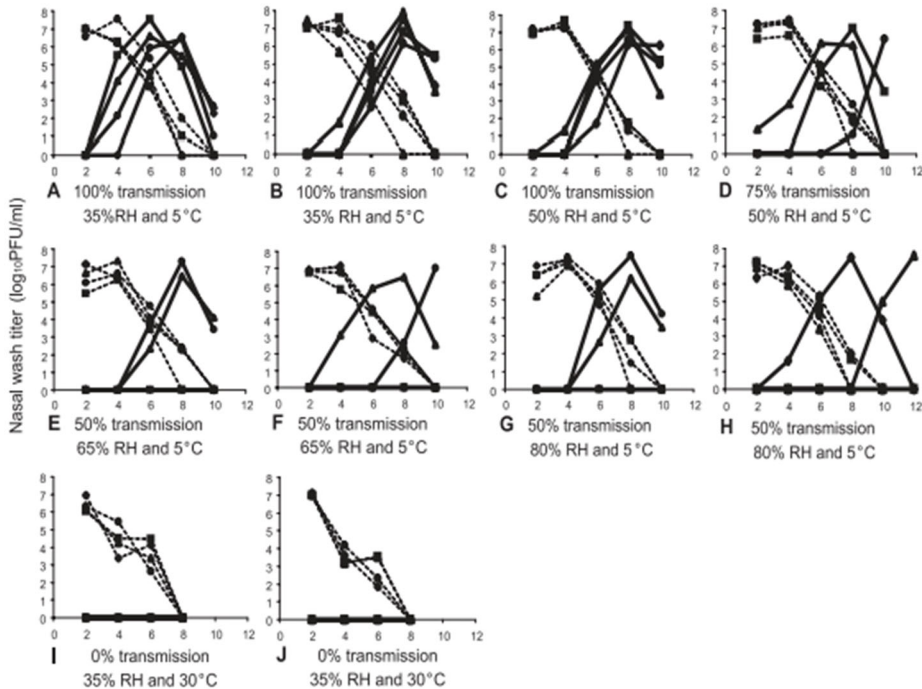
Relativ fuktighet inomhus

luftflödet riktade sig från de infekterade till de utsatta marsvinen, som gav upphov till virusöverföring. I de olika scenarion använder man temperaturerna 5, 20 och 30 °C och olika relativa fuktigheterna 20, 35, 50, 65 och 80 %. Överföringen av viruset indikerades vid de låga relativa fuktigheterna, 20–35 %, vid en temperatur på 20 °C, där tre av fyra marsvin blev smittade. Vid den relativa fuktigheten 50 % var det bara en av de fyra som blev smittad, som sedan steg till tre av fyra vid 65 % relativ fuktighet. Vid 80 % relativ fuktighet påvisades ingen överföring överhuvudtaget, se figur 14 nedan.



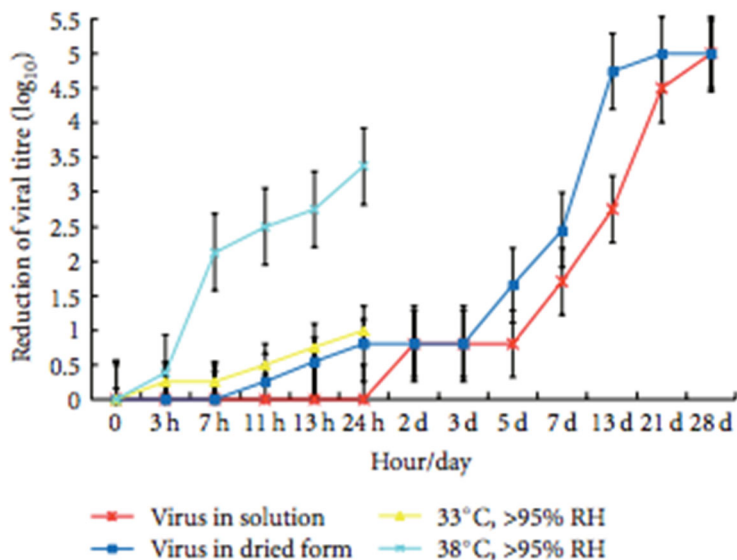
Figur 14. Förhållandet mellan överföring av virus och relativa fuktigheten samt temperaturen (Lowen et al. 2007).

Enligt studien tenderar överföringen att vara högre vid 5 °C, se figur 15.



Figur 15. Studien påvisar att överföringen är högre vid temperaturen 5 °C (Lowen et al. 2007).

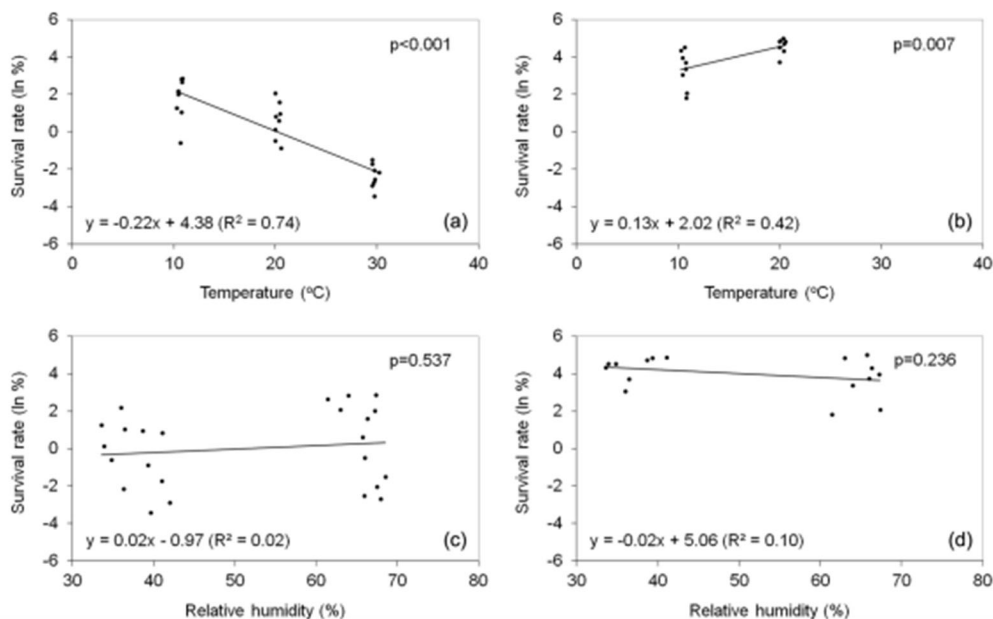
I en rapport Chan et al. (2011) har en studie utförts där man använt sig av SARS coronaviruset för att undersöka hur det beter sig vid olika relativa fuktigheter och temperaturer. I studien har man använt sig av celler från njurar i apor. Små mängder av viruset placerades i olika plastbehållare under både låga och höga temperaturer samt låga och höga relativa fuktigheter. De låga temperaturer omfattades av rumstemperatur och relativ fuktighet mellan 40 och 50 % och de höga temperaturerna 28, 33, och 38 °C vid relativa fuktigheter mellan 80 och 89 % samt relativa fuktigheter över 95 %. Experimentet utfördes under olika tidpunkter; 3, 7, 11, 13 och 24 timmar och för de låga temperaturerna upp till 4 veckor. Resultatet av experimentet påvisar att viruset är väldigt stabilt vid de låga temperaturerna 22–25 °C med relativ fuktighet 40–50 %, vilket då är sämre ur hälsosynpunkt. Den har hög potential att spridas via indirekt kontakt, särskilt i miljöer med luftkonditionering. Även för de höga temperaturerna och höga relativa fuktigheterna kunde man inte se en signifikant skillnad men i takt med att temperaturen och relativa fuktigheten ökar kan man se förlust i funktion hos viruset, se figur 16 nedan.



Figur 16. Röda och blåa linjen visar virus som levit i miljöer med låga temperaturer. Visar även att virus tappar funktion i takt som den relativa fuktigheten och temperaturen blir högre (Chan et al. 2011).

Den röda och blåa linjen visar resultat från virus som levit under miljöer med låga temperaturer och relativa fuktigheter, det vill säga 22–25 °C och 40–50 %.

Zhao et al. (2012) har också i en rapport undersökt ett vaccin från Gumboro-virus och dess överlevnad i olika temperaturer samt relativa fuktigheter. I studien har man använt sig av tre olika temperaturer, 10, 20 och 30 °C, vid två olika relativa fuktigheter 40 och 70 %. Alla kombinationer av temperaturerna och relativa fuktigheterna utfördes och varje test utfördes fyra gånger var för att minska på felmarginalen. En halogenlampa användes för att värma och isblock för att kyla ifall temperaturen inte mättes till det man önskade. Vad gäller den relativa fuktigheten uppnåddes rätt värde genom att använda sig av en saltlösning. Under experimentet förväntade man sig två olika händelser av virusets överlevnad, första steget och andra steget, där andra steget omfattas av det som mäts 20 minuter efter att viruset befunnit sig i luften. Varken i första eller andra steget kan man se en signifikant påverkan av den relativa fuktigheten. Däremot kunde man se skillnad i temperatur där viruset efter 20 minuter i 30 °C inte hade någon smittsam effekt, se figur 17 nedan.



Figur 17. Förhållandet mellan överlevnadsgraden av viruset och relativa fuktigheten samt temperaturen.

Den vänstra spalten är direkt efter att viruset tillförts sig i luften och den högra spalten är 20 minuter efter att den befunnit sig i luften.

4.3 Svamp

Tabell 6 nedan visar de sökningarna som gjordes för svamp samt dess sökträffar. Sökord specificerades för hur relativ fuktighet påverkar svamp för att få ner antalet träffar. Utifrån dessa träffar gjordes ett urval av artiklarna baserat på studiens sammanfattning och dess relevans.

Relativ fuktighet inomhus

Tabell 6. Sökord och antal sökträffar i LUBsearch för svamp.

Sökord	Antal träffar (LUBsearch)
Relative humidity fungi	3 029
Humidity fungi	5 808
Effect of humidity on fungi	2 123
Relative humidity indoor fungi	607
Relative humidity airborne fungi	492
Relativ fuktighet svamp	0
Fuktighet svamp	2
Effekt av fuktighet på svamp	0

I tabell 7 nedan sammanställs resultat från de experimentella studier som lästs och sammanställts för svamp i detta examensarbete.

Tabell 7. Sammanställning av resultat från studerade experimentella studier för svamp.

Experimentell Studie	Årtal	Relativ fuktighet/%	Temperatur /°C	Land
Robert och Charles	1960	64.8 / 75.5 / 80 / 86.5 / 93 / 100	25 / 37 / 50	USA
Nevalainen et al.	1991		Rumstemp.	Finland
Pasanen et al.	1991	12–18 / 37–42 / 71–73	Rumstemp.	Finland
Ezenou et al.	1994	35–98	22–25	USA
Dannemiller et al.	2016	50–100	Rumstemp.	USA
Mannaa och Kim	2018	12 / 44 / 76 / 98	10 / 20 / 30 / 40	Sydkorea

Mikrosvamp består av encelliga växtkroppar. Det används exempelvis i tillverkning av öl och bröd. Det används även i produktion för antibiotika och steroider. Cellväggen hos en mikrosvamp innehåller till stor del (80–90%) av polysackarider (kolhydrater), resterande del är lipider och proteiner. Förutom användningen i tillverkningen av öl och bröd är vissa mikrosvampar en hälsorisk som kan orsaka allergiska problem som astma. De flesta svampar lever i relativa fuktigheter över 75% (Gravesen 1979).

Robert och Charles (1960) undersökte svamparterna nedan för att bestämma dess tillväxt vid olika temperaturer och relativa fuktigheter.

- *Alternaria alternata*
- *Aspergillus fumigatus*
- *Chlamydomyces palmarum*
- *Ochrocladosporium elatum*
- *Fusarium*
- *Monascus purpureus*
- *Mucor*
- *Geotrichum candidum*
- *Penicillium purpurogenum*

Svamparterna valdes utifrån olika tillväxt vanor beroende på temperatur och relativ fuktighet samt att de är misstänkta mögelsvampar i inomhusmiljöer. Relativa fuktigheter undersöktes för 100, 93, 86.5, 80, 75.5 och 64.8% i temperaturer 25, 37 och 50°C. Svamparterna placerades i bestämd temperatur och relativ fuktighet under 30 dagar för att sedan bestämma tillväxten. Resultatet visade att alla svamparter hade en tillväxt vid relativa fuktigheter över 85% i temperatur 25°C och 37°C. Ingen tillväxt skedde vid 50°C. Tillväxten är störst med relativ fuktighet 100% i temperatur 25°C för de flesta svamparterna. Relativa fuktigheter under 85% visade en betydande minskning i tillväxten och vid 65% relativ fuktighet skedde ingen tillväxt för de flesta svamparterna, se tabell 8 (Robert och Charles 1960).

Relativ fuktighet inomhus

Tabell 8. Tillväxt av olika svamparter vid olika temperaturer och relativa fuktigheter. 5 är maximal tillväxt och T minsta.

Fungus	% Relative humidity											
	100		92		86		80		75		65	
	° C											
	25	37	25	37	25	37	25	37	25	37	25	37
<i>Alternaria tenuis</i>	5	5	4	5	4	4	4	T	3	T	0	0
<i>Aspergillus fumigatus</i>	5	5	5	5	5	5	5	3	4	3	2	1
<i>Chlamydomyces palmarum</i>	5	3	5	3	2	2	2	0	0	0	0	0
<i>Cladosporium elatum</i>	5	4	4	4	4	4	4	T	3	0	0	0
<i>Fusarium moniliforme</i>	5	5	5	5	4	5	4	1	3	T	T	0
<i>Monascus purpureus</i>	5	5	5	5	5	4	5	2	4	1	2	1
<i>Mucor jansseni</i>	5	3	5	3	5	2	5	0	2	0	0	0
<i>Mucor racemosus</i>	5	2	5	2	5	0	5	0	3	0	0	0
<i>Geotrichum candidum</i>	5	3	3	3	2	2	2	0	0	0	0	0
<i>Penicillium purpurogenum</i>	5	5	5	5	5	5	5	0	4	0	0	0

Flera boende i USA hade klagat på mögellukt och Ezenou et al. (1994) utförde laborietest för glasfiber där 8 prover från byggnader undersöktes i laboration. Nya glasfiber odlades med mikrosvampar på och placerades i en kammare. Den relativa fuktigheten varierade i intervallet 35–98% med temperatur mellan 22–25°C. Resultatet visade att ingen tillväxt av svampar skedde då materialet befann sig i relativ fuktighet under 50%. Däremot vid högre relativa fuktigheter överlevde mikrosvampar och tillväxt skedde.

Även Manna och Kim (2018) undersökte några svamparter från *Aspergillus* och *Penicillium* för att bestämma effekten av temperatur och relativ fuktighet för tillväxten.

- *Aspergillus candidus*
- *Aspergillus fumigatus*
- *Aspergillus flavus*
- *Penicillium fellutanum*
- *Penicillium islandicum*

Relativa fuktigheter undersöktes för 12, 44, 76 och 98 % i temperaturer 10, 20, 30 och 40°C. De olika svamparterna placerades i plastbehållare i 2 veckor vid olika temperaturer och relativ fuktighet. Alla tester utfördes 2 gånger och vid

andra tillfället tillsattes näring (bakterier) som var gynnsamma för svamptillväxten. Resultatet visade att alla svampar hade bättre tillväxt vid hög temperatur och hög relativ fuktighet. Men Mannaa och Kim (2018) menar även att vid låga RF kan svamparna ha en tillväxt ifall den befinner sig i en miljö med bra näring.

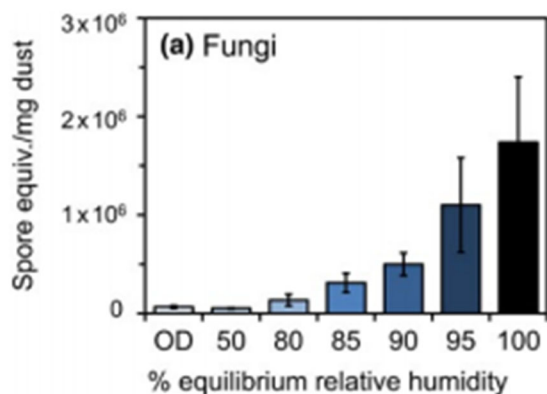
Pasanen et al. (1991) har i en studie undersökt hur relativ fuktighet och lufthastighet påverkar luftspridningen hos olika svamparter:

- *Aspergillus fumigatus*
- *Penicillium*
- *Cladosporium*

Relativa fuktigheter undersöktes för 12–18, 37–42 och 71–73 % i lufthastigheter 0.5, 1.0 och 1.5 m·s⁻¹. Resultatet visade att lufthastigheten har stor påverkan på luftspridningen. Redan vid 0.5 m·s⁻¹ är spridningen stor för *Aspergillus fumigatus* och *Penicillium*. *Cladosporium* hade en stor spridning vid 1.0 m·s⁻¹. Resultatet visade att låga relativa fuktigheter ökar spridningen vilket även visas i tidigare studier Zoberi (1961) och Gregory och Lacey (1963).

Svampar som växer på byggnadsdelar behöver inte sprida förorenade mikroorganismer i luften visar Nevalainen et al. (1991) i sin studie där 135 fall av mögliga hem har undersökts. Förorenade mikroorganismer i luften behöver inte vara hög på grund av mögel. Huvudkällorna för förorenade mikroorganismer är människor och dålig ventilation menar Nevalainen et al. (1991).

Dannemiller et al. (2016) undersökte effekten av relativ fuktighet på tillväxten av svampar i golvdamm. Golvdamm samlades från olika hem och placerades sedan i miljöer med relativa fuktigheter från 50–100%. Resultatet visade att svamptillväxten är högre vid förhöjda relativa fuktigheter. Svamptillväxten är 13 gånger högre vid relativ fuktighet 100% jämfört med 85%, se figur 18.



Figur 18. Effekten av relativ fuktighet på svampstillväxt i damm.

4.4 Kvalster

Tabell 9 nedan visar de sökningarna som gjordes för kvalster samt dess sökträffar. Sökord specificerades för hur relativ fuktighet påverkar kvalster för att få ner antalet träffar. Utifrån dessa träffar gjordes ett urval av artiklarna baserat på studiens sammanfattning och dess relevans.

Tabell 9. Sökord och antal sökträffar i LUBsearch för kvalster.

Sökord	Antal träffar (LUBsearch)
Relative humidity mite	1 185
Humidity mite	2 208
Dust mite	31 262
Relative humidity dust mite	435
Humidity dust mite	913
Effect of humidity on dust mite	274
Relative humidity house dust mite	369
Relativ fuktighet kvalster	0
Fuktighet kvalster	0
Effekt av fuktighet på kvalster	0
Husdammskvalster	3

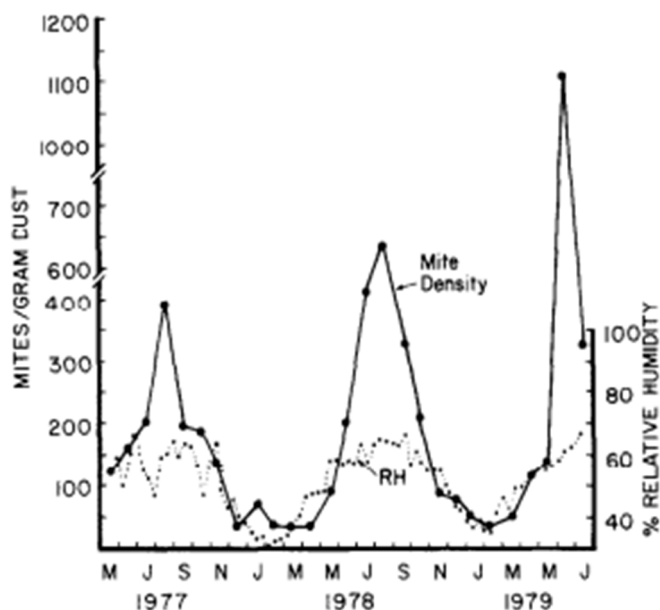
Relativ fuktighet inomhus

I tabell 10 nedan sammanställs resultat från de experimentella studier som lästs och sammanställts för kvalster i detta examensarbete.

Tabell 10. Sammanställning av resultat från studerade experimentella studier för kvalster.

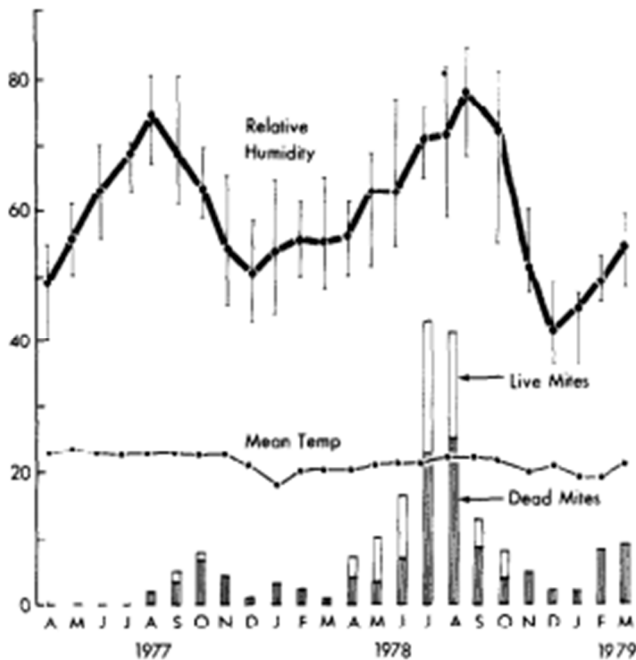
Experimentell Studie	Årtal	Relativ fuktighet/%	Temperatur /°C	Land
Arlian et al.	1982	40–100	25	USA
Korsgaard	1982	>45	22	Danmark
Murray och Zuk	1979	40–80	18.3–22.5	Canada
Arlian et al.	1998	20–75	20–22	USA
Munir et al.	1995	10–80	Rumstemp.	Sverige
James et al.	2016	10–80	5–30	USA

Kvalster finns framförallt i hus damm och kallas för husdammskvalster. Kvalster lever i fuktiga miljöer och kan orsaka hälsoeffekter som bland annat astma. I en undersökning där 98 hus valdes visade resultatet att det fanns färre än 10 levande kvalster per gram hus damm då relativa fuktigheten var under 45% (Korsgaard, 1982). I en annan undersökning där 19 hus valdes ut visade resultatet att det fanns mellan 400 och 1100 kvalster vid relativa fuktigheter över 70%. Under vintern förekommer levande kvalster mindre än sommaren då relativa fuktigheten inomhus är lägre under vintern, se figur 19 (Arlian et al. 1982).



Figur 19. Levande kvalster i husdamm från 19 hus under olika relativa fuktigheter.

Murray och Zuk (1979) samlade in husdamm från tre olika sovrum under en 2,5 års period för att bestämma antalet levande och döda kvalster i dammet. Relativa fuktigheten varierade i rummet mellan 40–80% med temperaturer 18,3–20,5°C. 99% av allt kvalster som upptäcktes var av typen *Dermatophagoides* (67% *D. pteronyssinus* och 33% *D. farinae*). Resultatet visade även att det finns samband mellan relativ fuktighet och överlevnaden hos kvalster då levande kvalster endast hittats då relativa fuktigheten var högre än 50%, se figur 20.

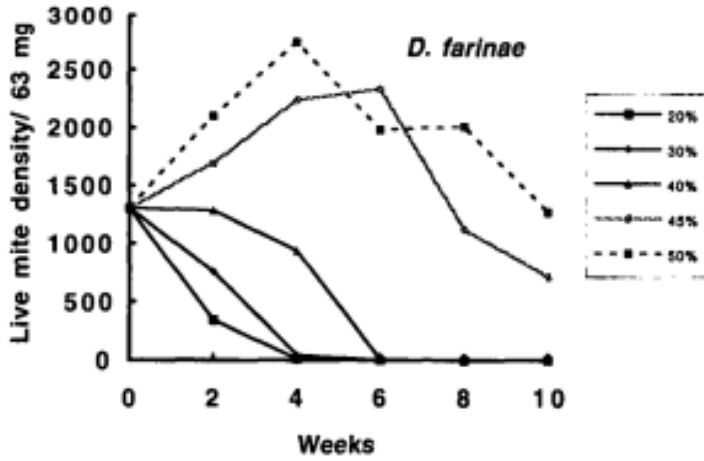


Figur 20. Levande och döda kvalster i husdamm från tre olika sovrum.

Även Munir et al. (1995) har samlat in husdamm från 130 hem i tre olika klimatområden i Sverige där temperatur, relativ fuktighet och ventilationshastigheter uppmättes. Resultatet visade som Murray och Zuk (1979) att vanligaste typen är *D. pteronyssinus* och *D. farinae*. Kvalster förekom högst då ventilationshastigheten var under $0,5 \text{ h}^{-1}$ och relativa fuktigheter över 45%. Studien visade att tillväxten av kvalster är störst vid relativa fuktigheter mellan 70–80%. Även att hög fuktighet med dålig ventilation har högre mängder kvalster än låg fuktighet med bra ventilation.

I ett annat experiment gjord av Arlian et al. (1998) visade även de hur olika kvalster påverkas i olika relativa fuktigheter. Kvalster av typen *Dermatophagoides (farinae och pteronyssinus)* och *Euroglyphus maynei* placerades med näring i olika fuktigheter med temperaturer mellan 20–22°C. Resultatet visade att vid relativa fuktigheter över 50% förökades kvalsterpopulationen, medan i relativa fuktigheter under 50% kunde kvalster inte överleva och beroende på typ av kvalster tog det olika lång tid innan kvalster dog ut, se figur 21, 22 och 23.

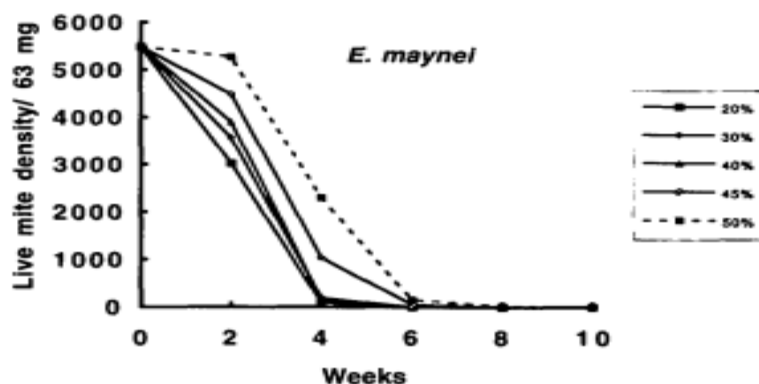
Relativ fuktighet inomhus



Figur 21. Överlevnad av kvalster *Dermatophagoides farinae* i relativa fuktigheter 20, 30, 40, 45 och 50%.



Figur 22. Överlevnad av kvalster *Dermatophagoides pteronyssinus* i relativa fuktigheter 20, 30, 40, 45 och 50%.



Figur 23. Överlevnad av kvalster *Euroglyphus maynei* i relativa fuktigheter 20, 30, 40, 45 och 50%.

I en annan studie av James et al. (2016) där 46 enfamiljshus undersöktes visade de att kvalster av typen *D. pteronyssinus* kan överleva och föröka sig om den relativa fuktigheten skulle vara över 76% under 1,5-3h/dag. Detta innebär att relativa fuktigheten bör vara under den kritiska relativa fuktigheten som varierar mellan 55–75% vid 15–35°C under hela dagen för att ingen tillväxt skall ske.

4.5 Luftvägsinfektioner

Tabell 11 nedan visar de sökningarna som gjorts för luftvägsinfektioner samt dess sökträffar. Sökord specificerades för hur relativ fuktighet påverkar luftvägsinfektioner för att få ner antalet träffar. Utifrån dessa träffar gjordes ett urval av artiklarna baserat på studiens sammanfattning och dess relevans.

Tabell 11. Sökord och antal sökträffar i LUBsearch för luftvägsinfektioner.

Sökord	Antal träffar (LUBsearch)
Respiratory infections humidity	1 347
Respiratory infections relative humidity	662
Respiratory tract infections humidity	558
Respiratory tract infections relative humidity	268
Luftvägsinfektion	38
Luftvägsinfektion fuktighet	0
Luftvägsinfektion relativ fuktighet	0

Relativ fuktighet inomhus

I tabell 12 nedan sammanställs resultat från de experimentella studier som lästs och sammanfattats för luftvägsinfektioner i detta examensarbete.

Tabell 12. Sammanställning av resultat från studerade experimentella studier för luftvägsinfektioner.

Experimentell Studie	Årtal	Relativ fuktighet/%	Temperatur /°C	Land
Hemmes et al.	1962	10–95	10 / 20 / 30	Nederländerna
Sataloff och Menduke	1963	11–42	22–25	USA
Sale	1972	10–50	Rumstemp.	USA
Green	1975	22 / 35	Rumstemp.	USA
Chew et al.	1998	-	-	Singapore
Thomas et al.	2007	30	25	Canada
Prel et al.	2009	-	-	Tyskland
Lim et al.	2019	-	-	Sydkorea

En infektion kan spridas genom droppkärnor i luften och en viktig roll i spridningen är inomhusmiljön menar Hemmes et al. (1962) som i sin studie placerade olika organismers i miljöer där relativa fuktigheten varierade mellan 10–95% i temperaturerna 10, 20 och 30°C. Resultatet visade att i miljöer där relativa fuktigheten är låg har organismerna bättre överlevnad. Vid relativa fuktigheter mellan 40–60% är överlevnaden liten för organismerna.

Sale (1972) visar i sin studie hur relativ fuktighet påverkar luftvägsinfektion. I undersökningen delades 515 barn i fyra olika grupper från tre olika förskolor. Grupp 1 befann sig i miljöer med relativ fuktighet 50% och befuktning användes i både hemmet och förskolan för att behålla relativa fuktigheten konstant. Grupp 2 hade endast befuktning i skolan, grupp 3 hade befuktning endast hemma och grupp 4 hade ingen befuktning. Studien utfördes november till maj under vinterperiod då relativa fuktigheten är som lägst inomhus. Resultatet visade att

Relativ fuktighet inomhus

frånvaron av barnen på grund av luftvägsinfektioner var 7,1% för grupp 4 (som inte hade någon befuktning). För grupp 3 var siffran 5,1%, grupp 2 3,9% och grupp 1 endast 1,3% då befuktning användes i både hem och skola. Genom att endast använda befuktning i skolan minskade risken med nästan 50%.

Även Green (1975) gjorde en liknande undersökning där 12 olika skolor undersöktes. Hälften av skolorna befuktades där relativa fuktigheten ökades från 22 till 35% medan den andra hälften inte hade någon befuktning. Även här visade resultatet att frånvaron var mindre i skolorna där befuktare hade installerats än skolor som inte hade befuktning (20% mindre frånvaro).

Däremot har en tidigare studie av Sataloff och Menduke (1963) visat motsatsen. En skola undersöktes där befuktning installerades utan att studenterna visste om det och befuktningen användes endast under skoltid. Ifall studenten var frånvarande från skolan ombads föräldrarna att fylla ett hälsoformulär. Temperaturen varierade mellan 23–25°C i klassrummen som undersöktes. Den relativa fuktigheten varierade mellan 11–42%. Skillnaden mellan relativa fuktigheten i ett befuktat rum och icke befuktat var liten, se tabell 13. Resultatet visade att frånvaron var något lägre i icke befuktade rum än befuktat rum. Hälsoformulären visade inga större skillnader mellan de olika rummen och det vanligaste sjukdomen var luftvägsinfektion.

Tabell 13. Relativ fuktighet i klassrum med befuktning och utan.

Week	Relative Humidity	
	Humidifier	No Humidifier
Oct. 31	42%	40%
Nov. 7	33%	28%
Nov. 14	36%	34%
Nov. 21	35%	32%
Nov. 28	35%	32%
Dec. 5	30%	26%
Dec. 12	25%	18%
Dec. 19	21%	15%
Jan. 2	27%	*
Jan. 9	*	*
Jan. 16	*	*
Jan. 23	19%**	14%
Jan. 30	11%**	11%
Feb. 6	19%**	19%
Feb. 13	29%	27%
Feb. 20	36%	34%
Feb. 27	35%	33%
Mar. 6	38%	35%
Mar. 13	32%	27%

Thomas et al. (2007) undersökte 49 hem som hade minst ett barn under 5år. Undersökningen genomfördes i Canada mellan januari och mars 2005. Medeltemperaturen utomhus var -20°C och inomhus 25°C . Den relativa fuktigheten inomhus var 30% och ventilationsflödet var som lägst då dörrar och fönster hölls till stor del stängda på grund av kylan. Hushållets relativa fuktighet, temperatur, ventilationsflöde och koldioxidhalt mättes. 6 hem hade ventilationer som var under svensk rekommenderad minimum $0,35 \text{ l/s m}^2$ golvyta. Även ventilation per person var lågt med ett medelvärde på $5,6 \text{ l/s}$ (rekommenderad minimum $7,5 \text{ l/s}$) samt att 46 av hemmen hade boende som röker. Resultatet visade att 27 utav hemmen rapporterade att barnet haft luftvägsinfektion och Thomas et al. jämförde de olika hemmen och menar att ökad relativ fuktighet ökar risken för luftvägsinfektion. De menar att överlevnaden av vissa organismer som orsakar luftvägsinfektion, som adenovirus, är bättre vid hög relativ fuktighet. Gary et al. (1970) har visat i sin studie att överlevnaden för adenovirus är bättre vid hög relativ fuktighet vilket har nämnts i tidigare del under avsnittet virus.

Det är inte bara adenovirus som orsakar luftvägsinfektion även ett antal andra virus som enterovirus, influensa virus, RS-virus, rhinovirus, coronavirus, parainfluensavirus, humant metapneumovirus och bocavirus (Wozniak-Kosek et al. 2014)

I tidigare avsnitt under "virus" kan samband ses mellan relativa fuktigheter och de olika virusen som orsakar luftvägsinfektion samt vilka som är luftburna. Exempelvis överlever influensavirus och RS-virus vid relativa fuktigheter under 40%. Enterovirus och adenovirus överlever bäst i relativa fuktigheter högre än 60%. Den relativa fuktigheten påverkar virusets överlevnad olika beroende på vilket virus som studeras (Knight, 1980).

Chew et al. (1998) studerade data från två sjukhus i Singapore mellan åren 1990 och 1994 för att bestämma säsongvariationen av virus som orsakar luftvägsinfektion. Totalt fanns det 3 904 fall där patient hade luftvägsinfektion. 72% av fallen var på grund av RS-virus, 11% av influensa virus och 11% av parainfluensavirus. De som drabbats var till stor del, $>80\%$, barn yngre än 5år. Säsongvariationen för RS-virus visade sig vara förknippad med högre temperaturer och lägre relativa fuktigheter.

En liknande studie gjordes i Tyskland av Prel et al. (2009) där 3 044 prover från barn yngre än 16 år erhöles från ett barnsjukhus i staden Mainz mellan åren 2001–2006. Även denna studie utfördes för att bestämma säsongsvariationen och vanligaste viruset som orsakar luftvägsinfektion. Vanligaste viruset var rhinovirus, 33.5% av alla fall. Sedan var det RS-virus 19.0%, adenovirus 13.0% och influensavirus 8.1%. Rhinovirus, enterovirus och adenovirus uppkom under hela året medan RS-virus, influensa virus och humant metapneumovirus uppkom framförallt under vintern.

Även i Sydkorea gjordes en liknande studie av Lim et al. (2019) där data samlades in från patienter som var inlagda i sjukhus mellan åren 2007 och 2016. Under denna period testades 23 694 patienter för luftvägsinfektion och 13 871 var positiva. 15.3% av fallen var på grund av rhinovirus, 14.7% av RS-virus, 11.2% av adenovirus, 8.2% av influensa virus, 7.8% av parainfluensavirus, 5.4% av humant metapneumovirus, 4.3% av enterovirus, 3.0% av bocavirus och 2.3% av coronavirus. I studien undersöktes humant metapneumovirus närmre och det visade att tre huvudkomponenter påverkade infektionen; den första är temperaturvariabler som medeltemperatur och markytans temperatur. Den andra är temperatur och relativ fuktighet där de flesta infektionerna inträffade vid temperaturer mellan 8–20°C och relativa fuktigheter mellan 40–60%. Sista komponenten är ventilationsflödet.

4.6 Allergi och astma

Tabell 14 nedan visar de sökningarna som gjordes för allergi och astma samt dess sökträffar. Sökord specificerades för hur relativ fuktighet påverkar allergi och astma för att få ner antalet träffar. Utifrån dessa träffar gjordes ett urval av artiklarna baserat på studiens sammanfattning och dess relevans.

Relativ fuktighet inomhus

Tabell 14. Sökord och antal sökträffar i LUBsearch för allergier och astma.

Sökord	Antal träffar (LUBsearch)
Relative humidity asthma	1 246
Relative humidity asthma environment	401
Relative humidity asthma environment health	256
relative humidity allergy asthma health	175
relative humidity allergy asthma health environment	48

I tabell 15 nedan sammanställs resultat från de experimentella studier som lästs och sammanfattats för allergi och astma.

Tabell 15. Sammanställning av resultat från studerade experimentella studier för allergier och astma.

Experimentell Studie	Årtal	Relativ fuktighet/%	Temperatur /°C	Land
Andersen et al.	1974	9 / 50	5 / 23	Danmark
Charpin et al.	1988	70–80		Frankrike
Smedje et al.	1997	22–61	21–27,5	Sverige

Av hela världens befolkning räknar man med att cirka 10 % lider av olika typer av allergier. De två huvudsakliga orsakerna till att allergi uppkommer är kvalster och svamp. I takt med att den relativa fuktigheten inomhus ökar, ökar även andel kvalster och svamp (Anthony et al. 1986).

En studie av Andersen et al. (1974) utfördes där de placerade åtta unga och friska män i ett rum med en temperatur på 23 °C. I studien undersöktes slemhinnorna i näsan och dess andningsflöde samt komforten. Studien utfördes i totalt 10 dagar, där 5 av dessa utfördes i juni månad och resten i november månad.

Utomhustemperaturen i juni varierade mellan 7 och 15 °C grader och mellan -1 och 5 °C i november. Under båda perioderna låg inomhustemperaturen på 23 °C med en lufthastighet på 0,1m/s. Fuktigheten i rummet kontrollerades genom att kyla ner rummet till 5 °C där man sedan sprutade in ånga upp till en relativ fuktighet på 50 %. I den torra miljön låg den på 9 %. Två kontroller utfördes innan och efter den låga relativa fuktigheten (Andersen et al. 1974).

Resultatet visar att andningsflödet genom näsan var tio gånger högre jämfört när man andas i viloläge. Kontrollerna som utfördes visar ingen skillnad på flödet, då de var lika höga. Sammanfattningsvis finns ingen skillnad på mätningar utförda under en dag och inga skillnader mellan kontrollperioderna och under den torra perioden. Även förändringen av den relativa fuktigheten gav ingen skillnad i de övre luftvägarna. Vad gäller komfort noterade man en gradvis sänkning till 30 % relativ fuktighet under den torra perioden, vilket inföll efter fjärde dagen. Detta kom sedan att öka igen resten av perioden och nådde sitt maximum igen på 45 %. För temperaturen fanns ingen signifikant notering då komforten upplevdes vara bra under hela perioden (Andersen et al. 1974).

Charpin et al. utförde år 1988 en studie i Frankrike som syftar till att undersöka hur människor påverkas av damm i hemmet. Undersökningen omfattade äldre personer, mellan 18 och 65 årsålder, i Marseille och Briançon. De två städerna är belägna på helt olika platser; Marsielle är belägen nära Medelhavet medan Briançon är den högsta belägna i höjd över havet, staden i Europa. Studien utfördes på så sätt att man intervjuade olika personer innehållande olika frågor om deras historia med andningsbesvär och om de fortfarande upplever det. Resultatet visas i tabell 16 nedan.

Relativ fuktighet inomhus

Tabell 16. Sammanställning av intervjupersoners svar om andningsbesvär i Briançon och Marseille.

	Briançon		Marseille
Attacks of wheezing	2.8 ± 0.5	NS	3.9 ± 0.4
Attacks of shortness of breath with wheezing	1.8 ± 0.4	p < 0.02	3.1 ± 0.3
Asthma attacks	2.4 ± 0.5	p = 0.025	3.8 ± 0.7
Positive answers to the above three questions	1.3 ± 0.3	p = 0.015	2.6 ± 0.2
Asthma diagnosed by a doctor	2.1 ± 0.4	p = 0.03	3.4 ± 0.3

I tabellen framgår det att symtom och astmabesvär var lägre i Briançon än i Marseille. Detta kan bero på att den relativa fuktigheten i Briançon visade sig vara 75 % under sommartid och 35 % under vintertid. Det visar sig att mängden damm är sex gånger lägre vid 75 % än vid 80 % och tenderar att förlora funktionen vid 70 % relativ fuktighet. Även låga temperaturer har betydelse i hämmandet av mängden damm i hemmet (Charpin et al. 1988).

En liknande studie utfördes i Uppsala av Smedje et al. (1997) där man valde ut 39 olika skolor i Uppsala och 11 bland dessa var högstadieskolor, med sammanlagt antal elever på 762. Skillnaden med studien som Charpin et al. (1988) utförde var att de inte tog hänsyn till de elever som har upplevt astma under tidigare år utan fokus låg på de med aktuella astma- och allergibesvär. Av 762 elever var det 627 som svarade på enkäten, som redovisas i tabell 17 och 18.

Relativ fuktighet inomhus

Tabell 17. Antal elever med olika allergibesvär.

	<i>n</i>	<i>%</i>
Gender, girls	327	52
boys	300	48
Atopy*	212	34
Hay fever	61	10
Pet allergy	60	10
Childhood eczema	159	25
Food allergy	37	6
Smoker	17	3
Size of household, 2–3 persons	131	22
4 persons	222	37
5 persons	166	28
6–8 persons	79	13
Day care centre attendance, never	367	59
< 1 year	23	4
1–3 year	90	14
> 3 year	140	23
Home built after 1974	310	50
Detached/semi detached domestic house	483	77
Wall to wall carpet at home	192	31
Repainting indoors past year	179	29
Damp at home	76	12
Environmental tobacco smoke at home	253	41
Furry pets or cage birds	399	64

Tabell 18. Antal elever med olika astma- och andningsbesvär.

	<i>n</i>	<i>%</i>
Recurrent episodes with persistent cough	60	9.6
Recurrent episodes with persistent wheeze	28	4.5
Recurrent episodes with shortness of breath	38	6.1
Ever had asthma	50	8.0
Ever had asthma diagnosed by a physician	48	7.7
Asthmatic attack during the past 12 months	19	3.0
Current use of asthma medication	25	4.0
Shortness of breath after exercise		
during the past 12 months	33	5.3
Nocturnal shortness of breath		
during the past 12 months	11	1.8
Current asthma*	40	6.4

I klassrummen varierade temperaturen mellan 21 och 27,5 °C, med ett medelvärde på 24 °C. Den relativa fuktigheten låg mellan 22 och 61 % och ett medelvärde på 37 %. I studien påvisades att miljöer med låga temperaturer och

höga relativa fuktigheter var det vanligt att elever upplevde astmabesvär (Smedje et al. 1997).

4.7 Kemiska emissioner

Tabell 19 nedan visar de sökningarna som gjordes för kemiska emissioner samt dess sökträffar. Sökord specificerades för hur relativ fuktighet påverkar kemiska emissioner för att få ner antalet träffar. Utifrån dessa träffar gjordes ett urval av artiklarna baserat på studiens sammanfattning och dess relevans.

Tabell 19. Sökord och antal sökträffar i LUBsearch för kemiska emissioner.

Sökord	Antal träffar (LUBsearch)
Relative humidity chemical interactions	3 714
Relative humidity formaldehyde	1 294
Relative humidity chemical interactions formaldehyde	34
Relativ fuktighet kemiska emissioner	0

I tabell 20 nedan sammanställs resultat från de experimentella studier som lästs och sammanfattats för kemiska emissioner.

Tabell 20. Sammanställning av resultat från studerade experimentella studier för kemiska emissioner.

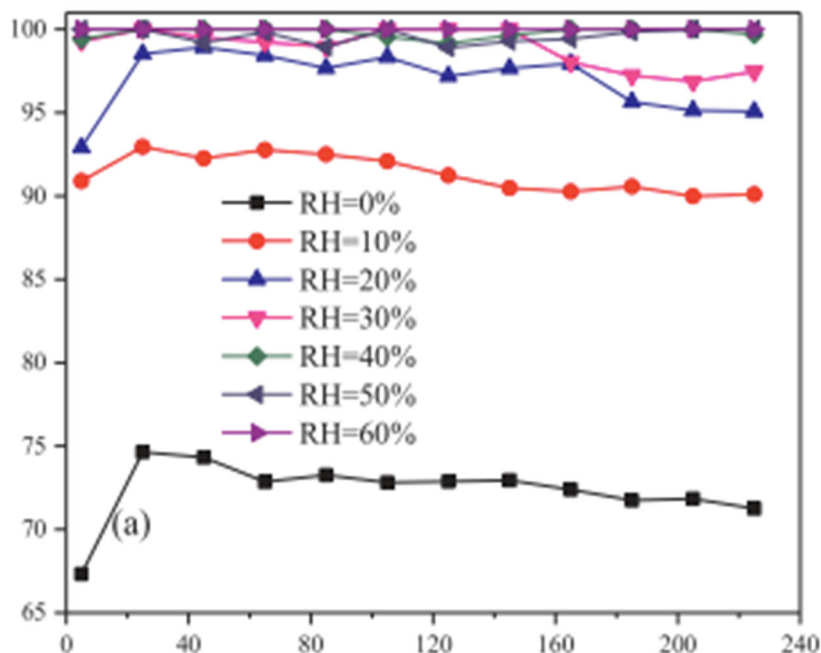
Experimentell Studie	Årtal	Relativ fuktighet/%	Temperatur /°C	Land
Gupta et al.	1982	-	-	USA
Andersen et al.	1976	30, 70	-	-
Zhang et al.	2019	-	0–60	Kina

En del kemiska partiklar kan finnas i luften inomhus och kan orsaka bland annat andningsproblem och hudbesvär. Framförallt handlar det om formaldehyd som kan återfinnas i byggnadsmaterial samt gasugnar men kan också uppkomma i

närhet med vattenreaktiva luftföroreningar. I en artikel Gupta et al. (1982) menar de att träprodukter, såsom spånskivor, plywood, panel, innehåller höga halter av formaldehyd. Det kan även finnas i glasfiberisolering men också i andra olika textilier, möbler och mattor.

Andersen et al. (1976) har i sin rapport studerat formaldehyden utsöndring från en spånskiva relaterat till den relativa fuktigheten vid en given temperatur. I rapporten framgår det att koncentrationen av formaldehyd ökar proportionellt mot den relativa fuktigheten. Vid en relativ fuktighet på 30 % visar mängden formaldehyd vara 0,5 – 0,6 mg/m³ och ökar till 1.2–2.0 mg/m³ vid 70 % relativ fuktighet.

Zhang et al. (2019) har i sin rapport studerat formaldehyd och dess funktion och aktivitet i form av en katalysator på ämnet manganerium baserat på relativa fuktigheten. Resultat visar att med stigande relativ fuktighet stiger även ämnets aktivitet under 240 minuter, som visas i figur 24 nedan.



Figur 24. Förhållandet mellan den relativa fuktigheten och formaldehyds aktivitet under en tid uttryckt i munter (Zhang et al. 2019).

Enligt figuren kan man tydligt se att vid ökande relativ fuktighet ökar även aktiviteten, y-axeln. Vid 60 % relativ fuktighet har formaldehyd en aktivitet på 100 % (Zhang et al. 2019).

4.8 Ozonproduktion

Tabell 21 nedan visar de sökningarna som gjordes för ozonproduktion samt dess sökträffar. Sökord specificerades för hur relativ fuktighet påverkar ozonproduktion för att få ner antalet träffar. Utifrån dessa träffar gjordes ett urval av artiklarna baserat på studiens sammanfattning och dess relevans.

Tabell 21. Sökord och antal sökträffar i LUBsearch för ozonproduktion.

Sökord	Antal träffar (LUBsearch)
Relative humidity ozone	4 272
Relative humidity ozone indoor air	415
Relative humidity ozone indoor air deposition	18

I tabell 22 nedan sammanställs resultat från de experimentella studier som lästs och sammanfattats för ozonproduktion.

Tabell 22. Sammanställning av resultat från experimentella studier för ozonproduktion.

Experimentell Studie	Årtal	Relativ fuktighet/%	Temperatur /°C	Land
Mueller et al.	1973	-	-	USA
Grøntoft och Raychaudhuri	2004	0–90	22	Norge
Valuntaitė et al.	2012	24 / 80	20 / 30	Litauen

Ozonhalter inomhus har en inverkan i människors hälsa och bidrar till ögonirritation samt irritation i slemhinnor. Halterna stiger vid låga relativa fuktigheter men avtar när den stiger då den påskyndar adsorptionen av ozonmolekyler till olika ytor i hemmet. Mueller et al. (1973) har i sin rapport presenterat experiment i två olika miljöer, i en aluminiumbehållare, i kontorsmiljö och hemmiljö. Studierna gick ut på att se hur sönderfallet av

Relativ fuktighet inomhus

ozonhalterna agerade baserat på regleringen av både temperatur och relativ fuktighet. Resultat visar att sönderfall av ozon ökade drastiskt med ökande relativ fuktighet men också temperatur.

För aluminiumbehållaren varierade den relativa fuktigheten mellan 5 och 87 % och temperaturen mellan 22 och 26 °C, se tabell 23. Relativa fuktigheten i rummet varierade mellan 37 och 50 % och temperaturen mellan 9 och 26 °C, se tabell 24 (Mueller et al. 1973).

Tabell 23. Resultat från Muellers et al. (1973) studie som visar förhållandet mellan sönderfall av ozon och relativa fuktigheten samt temperaturen.

R. h., %	Temp. °F	First-order decay const, min ⁻¹	Half-life, min
5	72.2	0.0014	495
28	78.8	0.0015	462
48	80.0	0.0029	239
55	80.0	0.0034	204
66	79.2	0.0060	115
87	79.2	0.0574	12.1
87	79.2	0.0541	12.8

Tabell 24. Resultat från Muellers et al. (1973) studie som visar förhållandet mellan sönderfall av ozon och relativa fuktigheten samt temperaturen.

Temp, °F	R. h. %	First-order rate const, min ⁻¹	
		From Mast data	From MEC data
52.5	43	0.067 ± 0.001	0.070 ± 0.003
78	43	—	0.124 ± 0.008
48	37	0.107 ± 0.001	0.113 ± 0.002
51	42	0.100 ± 0.001	0.111 ± 0.002
57.5	50	0.110 ± 0.01	0.121 ± 0.003
69	46	0.160 ± 0.009	0.162 ± 0.004
78	43	—	0.192 ± 0.003

I en studie har Grøntoft och Raychaudhuri (2004) studerat hur olika material avlagrar ozonhalter och dess hastigheter vid olika bestämda relativa fuktigheter. Experimentet omfattas av fem olika relativa fuktigheter; 0, 30, 50, 70 och 90 % samt en konstant temperatur på 22 °C, se tabell 25 nedan.

Relativ fuktighet inomhus

Tabell 25. Sammanställning av olika material som avger ozon vid olika relativa fuktigheter.

No.	Material classes	Air humidity (%)				
		0	30	50	70	90
1	Glass	0 ^a	0.00010 ^a	0.00015 ^a	0.00020 ^a	0.00025 ^a
2	Hard dense stone materials—alkaline (marble)	0 ^a	0.00010 ^a	0.00015 ^a	0.00020 ^a	0.027 ^a
3	Hard dense stone materials—acidic (e.g. granite, slate)	0 ⁻²	0.00010 ⁻²	0.00015 ⁻²	0.00020 ⁻²	0.027 ⁻²
4	Softer less dense (porous) stone materials—alkaline (e.g. limestone, calcareous sandstone)	0.11 ^a	0.076 ^a	0.071 ^a	0.068 ^a	0.070 ^a
5	Softer less dense (porous) stone materials—acidic (e.g. silicate sandstone)	0.11 ⁻⁴	0.076 ⁻⁴	0.071 ⁻⁴	0.068 ⁻⁴	0.070 ⁻⁴
6	Course concrete	0.10 ^a	0.077 ^a	0.080 ^a	0.068 ^a	0.063 ^a
7	Fine concrete	0.062 ^a	0.043 ^a	0.017 ^a	0.019 ^a	0.037 ^a
8	Brick	0.12 ^{A%}	0.12 ^{A%}	0.12 ^{-5,6,7}	0.135 ^{A%}	0.15 ^{A%}
9	Untreated woodwork—fine, hard, aged	0.0023 ^{%10}	0.0026 ^{%10}	0.0050 ^b	0.0087 ^{%10}	0.020 ^{%10}
10	Untreated woodwork—course, soft, fresh	0.010 ^a	0.012 ^a	0.022 ^a	0.039 ^a	0.089 ^a
11	Surface treated wood work and wall boards (oiled, lacquered, varnished, painted etc.)	0.0025 ^{%10}	0.0028 ^{%10}	0.0055 ^d	0.010 ^{%10}	0.022 ^{%10}
12	Gypsum wall board, surface treated (lacquered, varnished, painted, etc.)	0.017 ^{%10}	0.019 ^{%10}	0.036 ^{c3}	0.063 ^{%10}	0.14 ^{%10}
13	Gypsum wall board, untreated	0.12 ⁻¹⁵	0.12 ⁻¹⁵	0.12 ⁻¹⁵	0.135 ⁻¹⁵	0.15 ⁻¹⁵
14	Metal (with and without surface treatment)	0.00063 ^d	0.00070 ^d	0.0014 ^d	0.0024 ^d	0.0054 ^d
15	Course composite panels (tree wool, stone wool etc.—could be textile covered)	0.12 ^{%A}	0.12 ^{%A}	0.12 ^a	0.14 ^{%A}	0.15 ^{%A}
16	Wool carpet	0.051 ^a	0.062 ^a	0.073 ^a	0.10 ^a	0.13 ^a
17	Synthetic carpet	0.057 ^{%17}	0.069 ^{%17}	0.081 ^{a,c}	0.113 ^{%17}	0.145 ^{%17}
18	Synthetic floor covering—medium worn	0.0026 ^{%10}	0.0029 ^{%10}	0.0056 ^{c2}	0.010 ^{%10}	0.022 ^{%10}
19	Wall paper	0.051 ^{a,e}	0.058 ^{a,e}	0.068 ^{a,e}	0.080 ^{a,e}	0.10 ^{a,e}
20	Cloth < 1 year old	0.051 ^{%16}	0.062 ^{%16}	0.073 ^b	0.10 ^{%16}	0.13 ^{%16}
21	Cloth > 1 year old	0.0044 ^{%16}	0.0054 ^{%16}	0.0063 ^b	0.0088 ^{%16}	0.011 ^{%16}
22	Plaster	0.086 ^{a,7}	0.060 ^{a,7}	0.044 ^{a,7}	0.044 ^{a,7}	0.054 ^{a,7}
23	Paintings	0.055 ^{%A}	0.068 ^{a,a}	0.086 ^{a,a}	0.083 ^{a,a}	0.090 ^{%A}
24	Activated carbon cloth	0.155 ^a	0.16 ^a	0.16 ^a	0.17 ^a	0.17 ^a

I tabellen ovan ser man att vid ökande relativ fuktighet från 0 till 30 till 50 %, ökar avlagringshastigheten för ozon hos de flesta material, framförallt glas, sten, grov betong, ullmatta och tapet. En ökning från 30 till 50 % visar att avlagring minskar hos finbetong (Grøntoft och Raychaudhuri 2004).

I en rapport Valuntaitè et al. (2012) studeras hur ozon- och kväveoxidhalterna minskar baserat på temperatur och relativ fuktighet i en metallkammare. Olika scenarion utfördes där man reglerade både temperatur och relativ fuktighet från låg till hög och resultaten visar att ozonhalterna påverkas mest av ökad temperatur medan kväveoxiderna av ökad relativ fuktighet. Det mest optimala området uppskattades till en temperatur mellan 20 och 30 °C och en relativ fuktighet mellan 24 och 80 %. Vid temperaturen 30 °C minskade ozonhalterna tre gånger och vid relativ fuktighet 80 % minskade kväveoxiderna 4,5 gånger, i jämförelse med scenariot där temperaturen var 20 °C och 24 % relativ fuktighet.

4.9 Hudbesvär

Tabell 26 nedan visar de sökningarna som gjordes för hudbesvär samt dess sökträffar. Sökord specificerades för hur relativ fuktighet påverkar hudbesvär för att få ner antalet träffar. Utifrån dessa träffar gjordes ett urval av artiklarna baserat på studiens sammanfattning och dess relevans.

Tabell 26. Sökord och antal sökträffar i LUBsearch för hudbesvär.

Sökord	Antal träffar (LUBsearch)
Skin relative humidity	4 157
Effect on skin relative humidity	2 160
Effect on skin low relative humidity	362
Dry skin low relative humidity	179
Effect dry skin low relative humidity	84

I tabell 27 nedan sammanställs resultat från de experimentella studier som lästs och sammanfattats för hudbesvär.

Tabell 27. Sammanställning av resultat från studerade experimentella studier för hudbesvär.

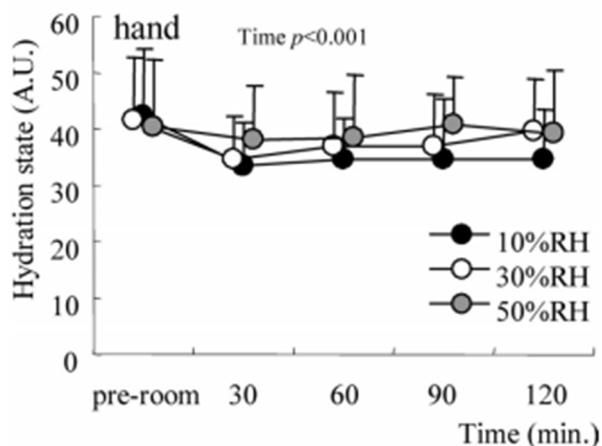
Experimentell Studie	Årtal	Relativ fuktighet/%	Temperatur/ °C	Land
Andersen et al.	1974	9 / 50	23	Danmark
Sato et al.	2003	2.5	Rumstemp.	Japan
Sunwoo et al.	2006	10 / 30 / 50	25	Japan
Chou et al.	2007	1.4 / 60.0	23.6 / 25.0	Kina

Andersen et al. (1974) genomförde en undersökning där 8 personer mellan åldrarna 21 och 26 år fick befinna sig i ett rum med 9% relativ fuktighet vid 23° C i 3 dagar. Studien visade inga symptom på hudbesvär eller besvär med slemhinnorna. Det var ingen skillnad mellan 9% och 50% relativ fuktighet vid samma temperatur men däremot var det klagomål på torrhet i hud och Andersen et al. (1974) menar att det är möjligt att de behöver vistas i rummet under en längre period för att det ska kunna orsaka symptom på huden. Det finns ett antal

studier som har gjorts under senare tid för att undersöka hudsymtom från låga relativa fuktigheter under en längre period.

Chou et al. (2007) undersökte två olika avdelningar i ett företag i Kina under åren 2000-2003. Temperatur och relativ fuktighet kontrollerades där den ena avdelningen hade 1,4% relativ fuktighet med 23,6°C och den andra 60% med temperaturen 25°C. Totalt deltog 24 friska personer i undersökningen, 12 i varje avdelning. Arbetsbelastningen var detsamma för arbetarna och de arbetade i 8 timmars skift. Det var inga skillnader i arbetskläder där arbetarna hade byxor, tröja samt handskar under arbetspassen. Kontroller utfördes av läkare där både blod- och urinprov togs. Resultatet visade att hudsjukdomar som klåda och eksem uppkom för arbetarna som befann sig i avdelningen med låg relativ fuktighet. Precis som Andersen et al. (1974) påpekar även Chou et al. (2007) att man behöver vistas i miljön under en längre period innan hudsjukdomar uppstår. Även en tidigare studie av Sato et al. (2003) liknande Chou et al. (2007) undersöktes 12 arbetare i 2,5% relativ fuktighet och resultatet visade samma symtom på huden.

I en annan studie av Sunwoo et al. (2006) undersöktes 16 friska studenter i relativa fuktigheter 10, 30 och 50% vid 25°C. Syftet med studien var att ta reda på hur låga relativa fuktigheter påverkar hud och ögon. Studien gjordes under två månader där personerna hade korta byxor och långärmad tröja. Kontroller gjordes på bland annat blodtryck, hudtemperatur, hjärtfrekvens och blinkfrekvens. Personerna fick även bedöma upplevelsen av torrhet och värme. Resultatet visade inga förändringar i hjärtfrekvensen. Däremot förändrades hydreringstillståndet i handens hud, se figur 25. Sunwoo et al. (2006) menar att när huden är torr kan hudproblem och klåda uppstå vilket innebär att det är större risk att bli infekterad av bakterier och virus.



Figur 25. Hydreringstillstånd i handen under olika relativa fuktigheter.

4.10 Ögonirritation

Tabell 28 nedan visar de sökningarna som gjordes för ögonirritation samt dess sökträffar. Sökord specificerades för hur relativ fuktighet påverkar ögonirritation för att få ner antalet träffar. Utifrån dessa träffar gjordes ett urval av artiklarna baserat på studiens sammanfattning och dess relevans.

Tabell 28. Sökord och antal sökträffar i LUBsearch för ögonirritation.

Sökord	Antal träffar (LUBsearch)
Eye irritation humidity	212
Eye irritation low humidity	39
Dry eye low humidity	225
Effect of low humidity dry eye	104

Relativ fuktighet inomhus

I tabell 29 nedan sammanställs resultat från de experimentella studier som lästs och sammanfattats för ögonirritation.

Tabell 29. Sammanställning av resultat från studerade experimentella studier för ögonirritation.

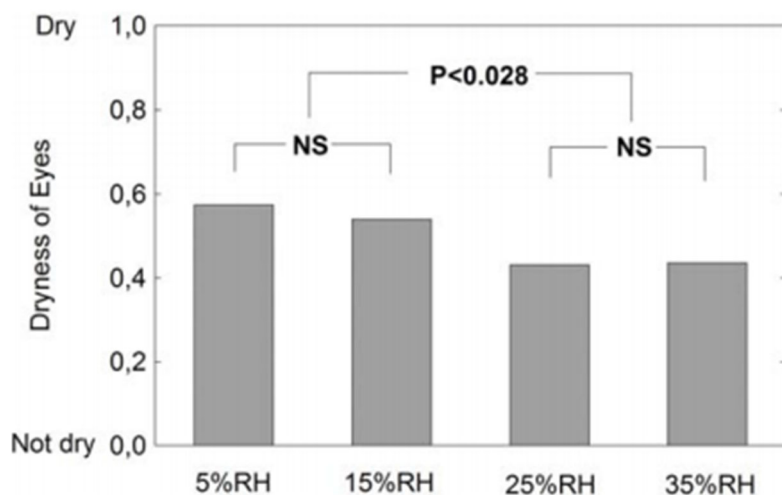
Experimentell Studie	Årtal	Relativ fuktighet/%	Temperatur /°C	Land
Wyon et al.	2006	5 / 15 / 25 / 35	18 / 22 / 26	USA
McCulley et al.	2006	25–35 / 35–45	Rumstemp.	USA
Arciniega et al.	2011	25–35 / 35–45	Rumstemp.	USA
Abusharha och Pearce	2013	5 / 40	21	England

Flera studier har gjorts under senare tid för att se om det finns samband mellan relativ fuktighet och ögonirritation. McCulley et al. (2006) gjorde undersökningar där 29 kvinnor och 18 män vistas i olika miljöer med relativa fuktigheter mellan 25–35% och 35–45%. 32 personer hade minst en ögon diagnos och 15 friska. Resultatet visade att vid lägre relativ fuktighet erhålls högre tårbildning än vid högre relativ fuktighet. När ögonen är torra leder det till mer tårbildning vilket kan ge medicinska konsekvenser. En reduktion på 10% relativ fuktighet innebär 35,5% mer tårbildning för kvinnor och 59,4% för män. Även Arciniega et al. (2011) gjorde en liknande undersökning under samma relativa fuktighets intervaller. I undersökningen deltog 11 friska personer och 16 med ögon diagnos. Resultatet visade som McCulley et al. (2006) att lägre relativ fuktighet har högre tårbildning hos människor med eller utan ögon diagnos.

Abusharha och Pearce (2013) har undersökt tårbildning där 12 personer fick vistas i miljöer med relativa fuktigheter 5 och 40%. Precis som tidigare studier visade resultatet att vid låg relativ fuktighet är tårbildningen högre. Abusharha och Pearce (2013) menar att inomhusförhållanden på torra platser bör förbättras för att minska möjliga skador på ögonen.

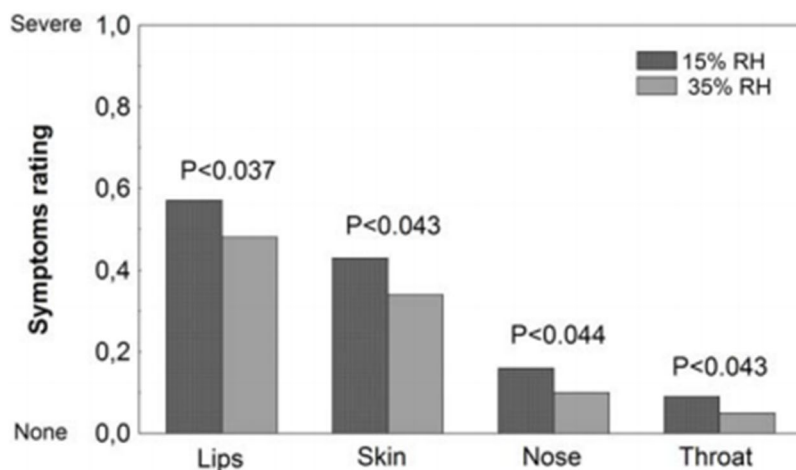
I en annan studie gjord av Wyon et al. (2006) fick 60 personer varav 32 kvinnor vistas i miljöer med relativa fuktigheter 5, 15, 25 och 35% under 5 timmar. Temperaturerna 18, 22 och 26°C undersöktes. Personerna delades in i 2 olika grupper där ena gruppen fick vistas i miljö med ren luft och den andra med förorenad luft från linoleummatta. Efter 5 timmar fick personerna genomgå 9

olika tester för ögon, näsa och hud. Testerna för ögon innehöll bland annat tårbilning och blinkfrekvens. Symtomen som visades för första gruppen som befann sig i miljön med ren luft var ökad ögontorrhet och ögonirritation vid lägre relativ fuktighet, se figur 26.



Figur 26. Ögontorrhet vid olika relativa fuktigheter.

Gruppen som vistades i miljö med förorenad luft hade fler symtom som torra läppar, hudtorrhet, nästäppa och irritation i halsen vid lägre relativa fuktigheter, se figur 27.



Figur 27. Torra läppar, hudtorrhet, nästäppa och irritation i halsen vid relativa fuktigheter 15 och 35%.

4.11 Diskussion – Litteraturstudie

Bakterier och virus finns överallt både inomhus och utomhus och kan spridas på olika sätt. Organismerna kan vara luftburna och spridas genom luften eller leva på ytor som möbler och dörrar och genom kontakt med dessa ytor kan spridning ske. Majoriteten av spridningen är via kontakt med en smittad person och därför bör kontakt undvikas för att minska spridningen. Genom att hålla ett visst avstånd från en smittad person kan smittningen minskas. Däremot kan spridningen fortfarande ske i rummet genom de luftburna organismerna. Därför bör olika åtgärder vidtas för att minimera spridningen av de luftburna organismerna.

Relativ fuktighet har en viss inverkan på spridningen och överlevnaden av bakterier och virus. Dessa organismer påverkas olika och varje organism måste därför studeras särskild i olika miljöer för att kunna bestämma effekten av relativa fuktigheten för just den specifika organismen. Vissa organismer trivs bra i torra miljöer medan andra trivs bättre i fuktiga miljöer. Hur mycket den relativa fuktigheten påverkar spridningen och överlevnaden beror på andra faktorer med som exempelvis ventilationsflödet eller om organismen har tillgång till näring. För att kunna förstå vilken inverkan den relativa fuktigheten har på överlevnaden av organismen bör andra faktorer kontrolleras. I detta arbete antas att ventilationsflödet är konstant och klarar de krav som ställts samt andra faktorer, som kan ha påverkan, antas inte ha någon inverkan just för att kunna förstå hur endast relativa fuktigheten påverkar organismen. I verkligheten bör alla faktorer kontrolleras innan höjning eller sänkning av relativa fuktigheten används som en åtgärd då en annan faktor kan innebära att relativa fuktigheten inte har någon effekt på spridningen eller överlevnaden av organismen.

Flera studier som utförts efter år 2000 visar en liten skillnad på resultatet jämfört med figur 1 i kapitel 2.1.1. Tekniken har utvecklats signifikant genom åren. En anledning skulle kunna vara att nyare och bättre utrustning produceras som kan ha en inverkan på resultatet.

Det finns ett samband som vissa författare har sett när de har gjort undersökningar och det är att höga lufthastigheter kombinerat med låg relativ fuktighet leder till större spridning vilket kan stämma då organismerna har bättre överlevnad i låg relativ fuktighet och höga lufthastigheter medför större luftrörelser i rummet

vilket ökar risken att bli smittad i rummet. Det tar en viss tid innan bakterier och virus dör i luften eller faller till golvet när exempelvis någon smittad person nyser eller hostar. Det innebär att organismen kommer att befinna sig i luften en viss tid och förs vidare genom luftrörelser i rummet. Luftrörelser i rummet är något som bör studeras för att förstå spridningen och fler frånluftsdon i rummet borde kunna minska spridningen av de luftburna organismerna då den förorenade luften kan föras ut från rummet närmare källan och spridningen minskas. Däremot om det hade varit ett stort rum med få frånluftsdon och hög lufthastighet innebär det att luftrörelserna i rummet och spridningen av de luftburna organismerna är större i rummet vilket ökar risken att bli smittad.

Det beror även på individen som befinner sig i rummet. Individens känslighet och symptom kan påverka vad som är optimalt område för just den individen. Vissa individer kan vara allergiska och behöver därmed anpassa sig för det optimala området för just den parametern.

4.11.1 Bakterier

Flera studier har gjorts för luftburna bakterier som är vanliga inomhus för att få kunskap om effekten av relativ fuktighet på dessa bakterier. De luftburna bakterierna kan orsaka sjukdomar som lunginflammation, luftvägsinfektion och öroninflammation. Metoden har framförallt varit att placera bakterien i en kammare med temperaturer och relativa fuktigheter som kan regleras och på så sätt kan överlevnaden bestämmas för de luftburna bakterierna.

Bakterier som har undersökts;

- *Pneumokocker* som visade sig ha bäst överlevnad i låga (20%) relativa fuktigheter. Även vid höga (80%) relativa fuktigheter var överlevnaden stor och bakterien kunde vara kvar i luften i flera timmar. Vid 50% var överlevnaden väldigt liten och efter 10 minuter fanns inga bakterier kvar i luften.
- *Mycoplasma pneumoniae* har även den bra överlevnad i låga och höga fuktigheter. Vid relativa fuktigheter mellan 40–60% är överlevnaden liten för bakterien.
- *Streptokocker* har samma överlevnadsförutsättningar som *Mycoplasma pneumoniae*.
- *Chlamydia pneumoniae* visade sig påverkas av temperaturen. Överlevnaden var liten vid 35°C och som bäst vid 15 och 20°C.

- Effekten av relativ fuktighet beror på temperaturen exempelvis var överlevnaden i 15°C liknande för relativa fuktighet vid 5 och 50%.
- *Escherichia coli* har bäst överlevnad i relativa fuktigheter under 17%. Vid relativa fuktigheter över 40% var överlevnaden liten för bakterien.
 - *Bacillus subtilis* överlevnadsförutsättningar liknar *Escherichia coli* och har bättre överlevnad i torra miljöer. Vid relativa fuktigheter över 40% var överlevnaden liten.
 - *Staphylococcus epidermidis* påverkades inte särskilt mycket av relativ fuktighet. Överlevnaden var i princip detsamma som vid 17 och 70% relativ fuktighet.

Från listan ovan ser vi att det har visat sig att de flesta bakterierna har bra överlevnad i torra och fuktiga miljöer. Vissa bakterier påverkas av temperaturer där lägre temperaturer har visat bättre överlevnad för bakterien. Det generella området för att överlevnaden ska vara så liten som möjligt för de flesta luftburna bakterierna är relativa fuktigheter mellan ca 40–50%.

Man kan inte garantera att spridningen kommer att minska just för att överlevnaden är liten för bakterierna inom det intervallet. Relativa fuktigheter påverkar andra områden med och litteraturstudien har exempelvis visat att överföringseffekten vid kontakt av bakterier, som befinner sig på material, är högre vid höga relativa fuktigheter.

4.11.2 Virus

Studier visar på att olika sorters virus, framförallt rhinovirus, influensavirus och adenovirus, livnär sig i miljöer med relativ fuktighet som understiger 40 % och överstiger 65 %. Den mest optimala miljön där dessa virus tenderar att förlora sin funktion är vid relativa fuktigheter mellan ca 40 och 50 %. Studierna påvisar även att förberedelserna av de laborativa studierna skulle kunna ha en inverkan på resultatet, då olika studier förbereder proverna på olika sätt.

Två andra virus, coronaviruset och gumboroviruset, som också studerats visar att inga signifikanta skillnader finns vad gäller den relativa fuktigheten.

En annan sorts virus som ej påverkades på lika sätt som de ovannämnda är coronaviruset. Viruset tappar funktion vid ökande temperatur i kombination med ökande relativ fuktighet. I dagsläget är detta virus väldigt aktuellt och har bidragit till en pandemi och orsakat stor skada i hela världen. De teorier som framgått av

Folkhälsomyndigheten verkar baseras på denna studie, då de påpekade att viruset kommer att avlägsnas smått under sommaren på grund av värmen och att en ny våg kommer att framträda under hösten. Eftersom den relativa fuktigheten inomhus är högre under sommaren tenderar det att ha mindre smittspridning då viruset i den miljön tappar sin funktion. Under hösten blir det tvärtemot, den relativa fuktigheten inomhus blir lägre vilket ej tar skada på viruset. I detta fall kan det vara lämpligt att öka den relativa fuktigheten inomhus för att undvika en smittspridning inomhus.

4.11.3 Svamp

Svampar är en hälsorisk som kan leda till allergiska sjukdomar som astma. De finns många olika typer av svampar som kan vara orsaka hälsoproblem och de trivs bäst i fuktiga miljöer. Det har gjorts undersökningar på svamparterna;

- *Alternaria alternata*
- *Aspergillus candidus*
- *Aspergillus fumigatus*
- *Aspergillus flavus*
- *Cladosporium*
- *Chlamydomyces palmarum*
- *Ochrocladosporium elatum*
- *Fusarium*
- *Monascus purpureus*
- *Mucor*
- *Geotrichum candidum*
- *Penicillium purpurogenum*
- *Penicillium fellutanum*
- *Penicillium islandicum*
- *Penicillium purpurogenum*

Både nya och gamla undersökningar har visat samma resultat att ingen tillväxt sker då relativa fuktigheten är under 50%. Men många författare påpekar att det kan ske tillväxt ifall svamparterna har tillgång till näring samt att luftflödet påverkar spridningen. De har gjorts undersökningar på hur luftflödet påverkar spridningen och det har visat sig att luftflödet har en stor påverkan på spridningen. Redan vid lufthastigheter 0.5 ms^{-1} var spridningen stor för vissa svamparter och ju lägre relativa fuktigheten är leder det till en större spridning.

4.11.4 Kvalster

Kvalster kan också precis som svampar leda till allergiska sjukdomar som astma. Kvalster trivs i fuktiga miljöer framförallt i relativa fuktigheter mellan 70–80%. De finns oftast i hus damm och den vanligaste typen är *Dermatophagoides*. Många studier har visat att överlevnaden för kvalster i torra miljöer är väldigt liten även om det finns tillgång till näring. Vid relativa fuktigheter under 45% dör kvalster typen *Dermatophagoides*. Men däremot har senare studier visat att om den relativa fuktigheten understiger 45% endast några timmar per dag kan kvalster av typen *Dermatophagoides* överleva. Därför är det viktigt att hålla den relativa fuktigheten konstant under 45% för att ingen tillväxt ska ske.

4.11.5 Luftvägsinfektion

Det finns ett antal olika bakterier och virus som kan orsaka luftvägsinfektion. Dessa organismer trivs väldigt olika, vissa trivs bra i torra miljöer medan andra i fuktiga miljöer. Därför är det viktigt att bestämma vilka bakterier och virus som kan orsaka luftvägsinfektion. Det finns många studier både gamla och nya som har samlat data från sjukhus för att kunna bestämma detta.

I de gamla studierna har befuktning installerats i skolor under höst/vintertermin för att kunna se hur frånvaron påverkas av detta. Sedan har man antagit att frånvaron beror på luftvägsinfektion men det kan likaväl bero på andra sjukdomar med. Medan i andra studier ombads föräldrarna att fylla i ett hälsoformulär vid frånvaro vilket visade sig att den vanligaste sjukdomen var luftvägsinfektion, men det bör ändå göras ett hälsoformulär för att kunna påvisa att det är luftvägsinfektion. I en studie visade det sig att frånvaron minskade då befuktning installerades, den relativa fuktigheten hölls mellan 35–50%. En annan studie visade motsatsen att frånvaron var högre vid befuktning än utan befuktning, däremot utfördes denna undersökning endast i en skola och den relativa fuktigheten varierade mellan 11–42% samt att skillnaden i relativ fuktighet mellan klassrummen med befuktning och utan befuktning var väldigt liten. Det är svårt att dra slutsatser från dessa studier då smittspridningen kan även bero på flera andra orsaker som direkt kontakt. För att kunna utföra denna typ av studie bör fler variabler kontrolleras.

I de nya studierna har data samlats från olika sjukhus i världen för att kunna bestämma vilka bakterier och virus som kan orsaka luftvägsinfektion. Studierna visade i princip samma resultat av vilka bakterier och virus som är vanliga. Vilken av dessa som är mest vanligast beror på vart man befinner men de flesta

av dessa förekommer överallt i världen. De vanligaste är virusen; enterovirus, adenovirus, influensa virus, RS-virus, rhinovirus, coronavirus, parainfluensavirus, humant metapneumovirus och bocavirus. Dessa virus trivs både i torra och fuktiga miljöer och varje virus måste undersökas för sig för att kunna bestämma effekten av relativ fuktighet. Undersökningar har gjorts på de flesta av dessa virus och det har visat sig att relativ fuktighet mellan ca 40–60% är risken för överlevnad av dessa organismer som minst. Men det kan förekomma att vissa virus trivs bra i dessa miljöer som exempelvis humant metapneumovirus. Däremot är inte dessa virus orsaken till stor del av det totala fallen för luftvägsinfektion. Bakterier som är vanliga och kan orsaka luftvägsinfektion är bland annat *Mycoplasma pneumoniae* och *Pneumokocker* som båda har bra överlevnad i låga och höga relativa fuktigheter. Överlevnaden är liten i relativa fuktigheter mellan 40–60%.

4.11.6 Allergi och astma

De få studier som omfattar astma och allergi och den relativa fuktighets inverkan tenderar astma och allergi att besvära människor vid högre relativa fuktigheter, det vill säga att de förlorar funktion när den relativa fuktigheten sänks inomhus.

4.11.7 Kemiska emissioner

Formaldehyd är ett ämne som nämns mycket i de få studier som hittats och har en inverkan till andningsproblem, såsom astma. Formaldehyd livnär sig på höga relativa fuktigheter.

4.11.8 Ozonproduktion

Det finns några studier som påvisar att ozonhalten minskar med ökad relativ fuktighet. Den studien som utfördes år 1973 visar detta, medan studien från 2004 visar att endast finbetong har en sänkning i ozonhalt vid ökning av relativ fuktighet från 30 till 50 %. Studien från 2012 visar att endast temperaturen har en inverkan hos ozonhalterna.

4.11.9 Hudbesvär

Det är inte många experimentella studier som har gjorts för att kunna identifiera om symptom för hudbesvär uppstår vid låga relativa fuktigheter. Däremot nämns det mycket i studier att torrhet uppstår vid låga relativa fuktigheter. De studier som finns påpekar att man behöver vistas i miljöer med väldigt låg relativ fuktighet under en längre period innan hudsjukdomar uppstår. De relativa fuktigheter som har undersökts är framförallt 1–2%. Vad man har för kläder på sig påverkar hur omfattande hudbesvären är och det rekommenderas att relativa

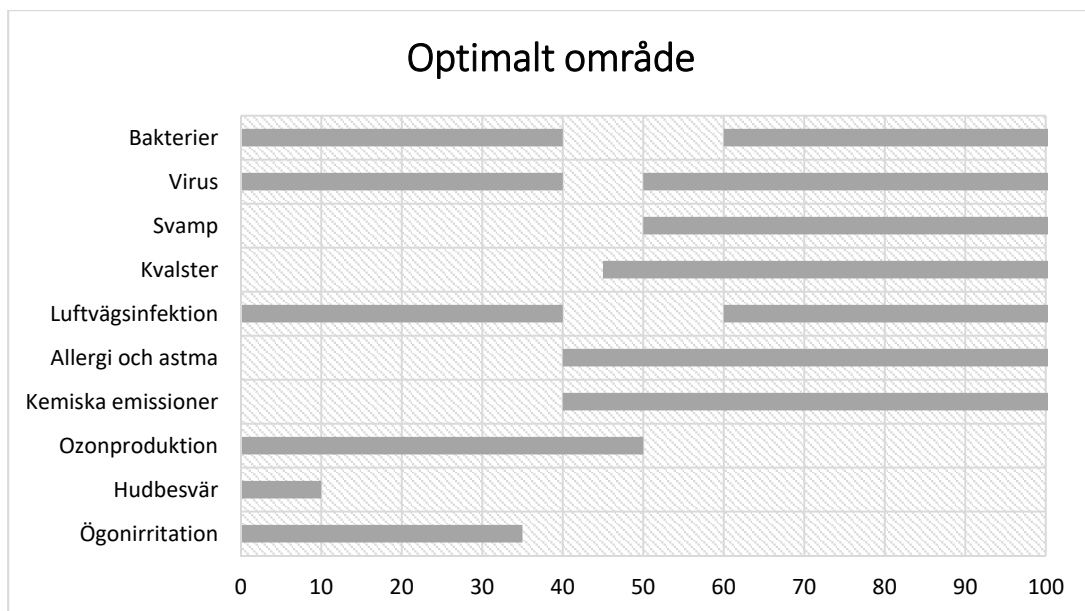
fuktigheten är över 10% för att minska risken för hudsjukdomar. Det är väldigt sällan att den relativa fuktigheten är under 10% både inomhus och utomhus och i så fall en miljö där man strävat efter låg relativ fuktighet. I dessa miljöer med väldigt låga relativa fuktigheter bör man ha kläder som är anpassad för den miljön.

4.11.10 Ögonirritation

Under senare tid har flera studier gjorts för att kunna se vad effekterna av låg relativ fuktighet är på ögonen. Testerna har utförts på personer med både ögon diagnos och utan. Det visade sig att tårbildning och blinkfrekvens var högre under låga relativa fuktigheter. Att tårbildningen är högre beror framförallt på att ögonen är torra och torra ögon kan ge medicinska konsekvenser. Men som vissa studier visar kan fler faktorer påverka dessa symptom som till exempel förorenad luft. Kombinerar man flera faktorer tillsammans kan en rad olika symptom uppkomma som kan ge medicinska konsekvenser. De flesta studier har gjort undersökningar under 35% relativ fuktighet och många symptom har uppkommit under 25% relativ fuktighet. Enligt litteraturstudien bör relativa fuktigheten vara över 25% för att minska bland annat ögonirritation.

4.11.11 Sammanställning av hälsoeffekter

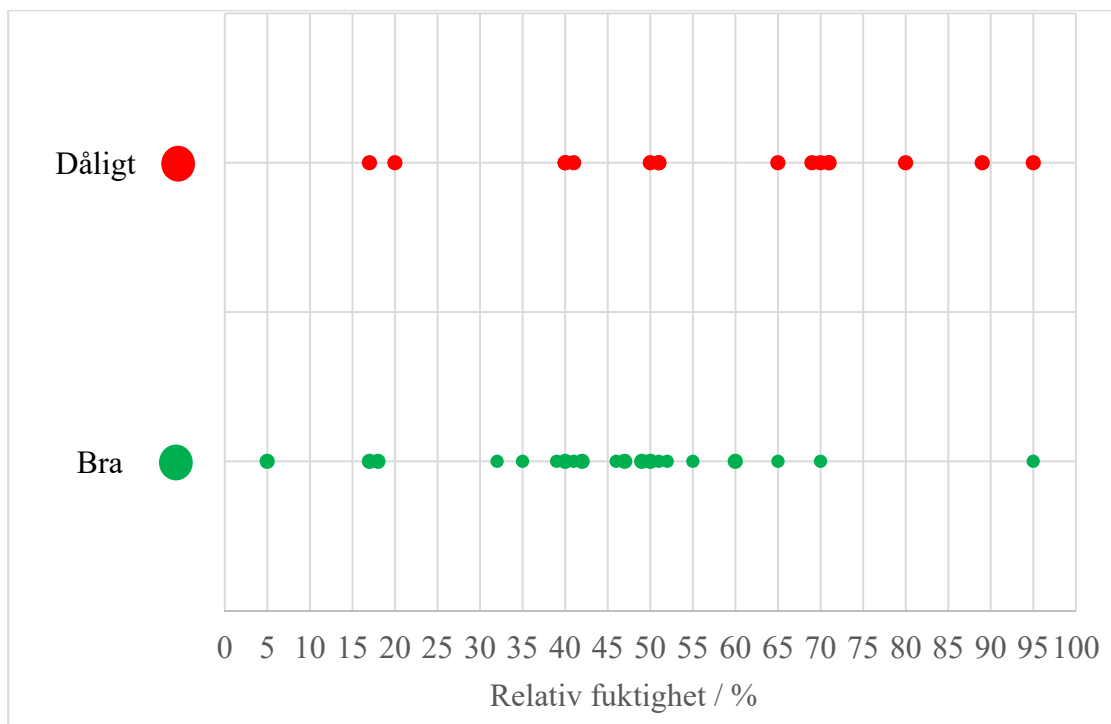
Utifrån litteraturstudien har en sammanställning gjorts i diagram där ett försök till sammanställt, grovt område visar ett intervall då riskerna är som minst för överlevnad av organismer samt andra hälsoeffekter utifrån de studerade studierna. Detta området utesluter inte alla hälsoeffekter utan det finns fortfarande en risk att påverkas av hälsoeffekten men risken bör vara mindre. Relativa fuktigheten bör hållas mellan ca 40–45% för att minimera risken för hälsoeffekter, se figur 28. Som tidigare skrivet är det många aspekter som påverkar varandra och bör kontrolleras innan åtgärder vidtas.



Figur 28. Ökande hälsoeffekter av relativ fuktighet där det finns grå staplar.

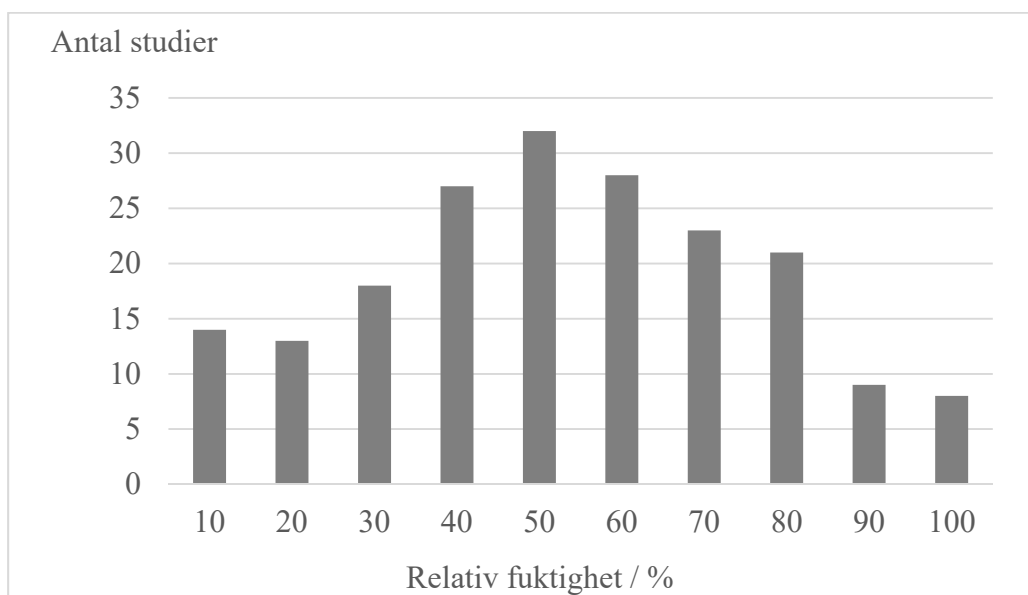
I figur 29 sammanställs de undersökta organismernas överlevnad för bakterier och virus. De röda punkterna visar hög överlevnad för organismen vilket är dåligt ur hälsosynpunkt. De gröna punkterna är sämre överlevnad och är bra ur hälsosynpunkt. Figur 29 visar att överlevnaden kan vara både hög eller låg vid både låga, mellan och höga relativa luftfuktigheter. De flesta gröna punkter befinner sig i runt 40–55 % relativ fuktighet, vilket stämmer överens med figur 28 där virus organismer har sämre överlevnad vid 40–50% relativ fuktighet och bakterie organismer vid 40–60%.

Relativ fuktighet inomhus



Figur 29. Sammanställning av organismernas överlevnad ur hälsosynpunkt. Bra innebär sämre överlevnad och dåligt innebär bättre överlevnad för organismerna.

I figur 30 presenteras fördelningen och antal experimentella studier som utförts vid olika relativa fuktigheter.

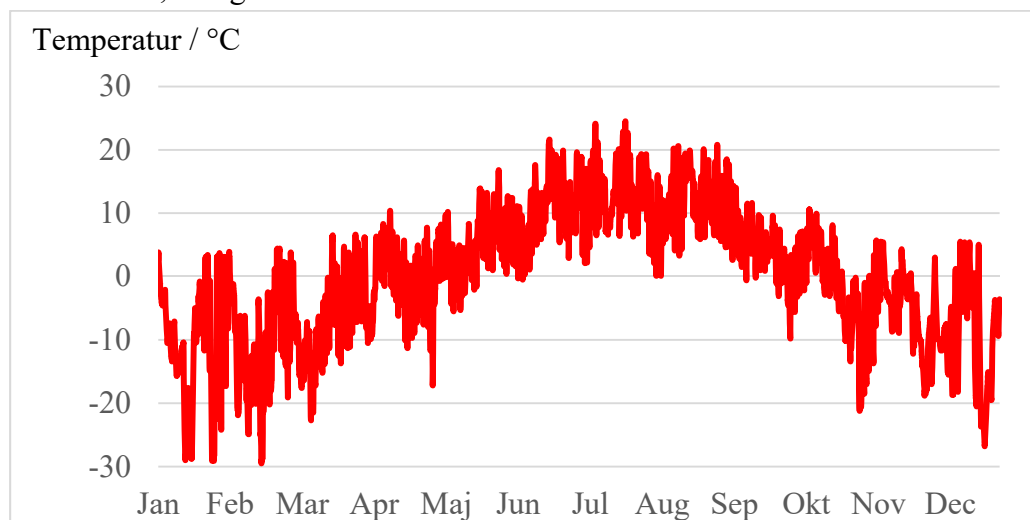


Figur 30. Antal experimentella studier vid olika relativa fuktigheter.

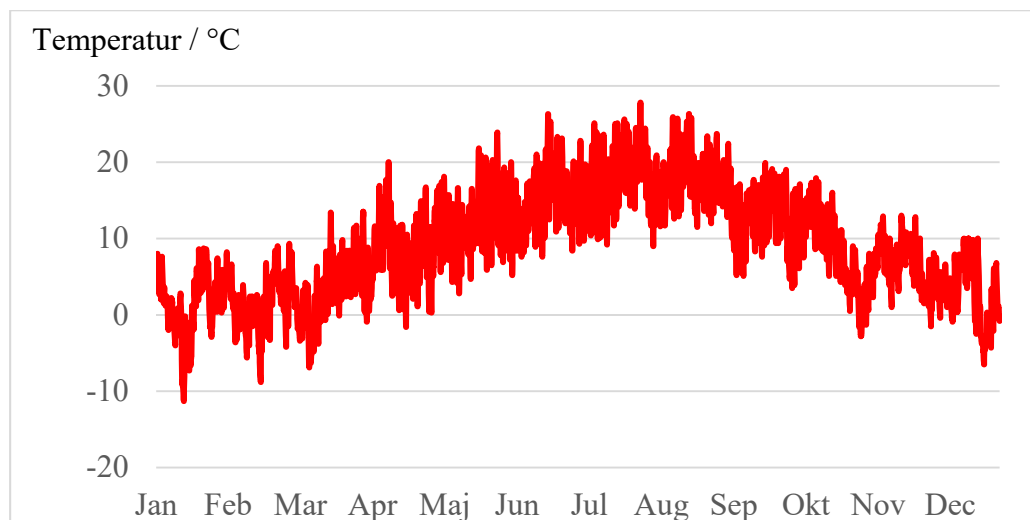
5 Temperatursänkning och energiberäkning

5.1 Uteklimat

I beräkningsgången har två orter studerats, Kiruna och Malmö, där data för utomhustemperatur och relativ fuktighet under 2015 har använts från Meteonorm, se figur 31 till 34 nedan.

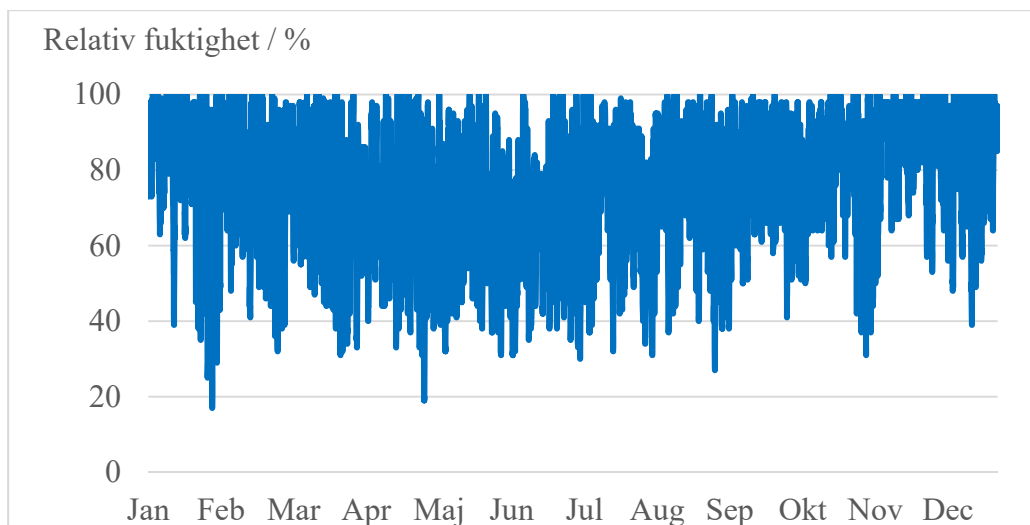


Figur 31. Utetemperatur i Kiruna 2015.

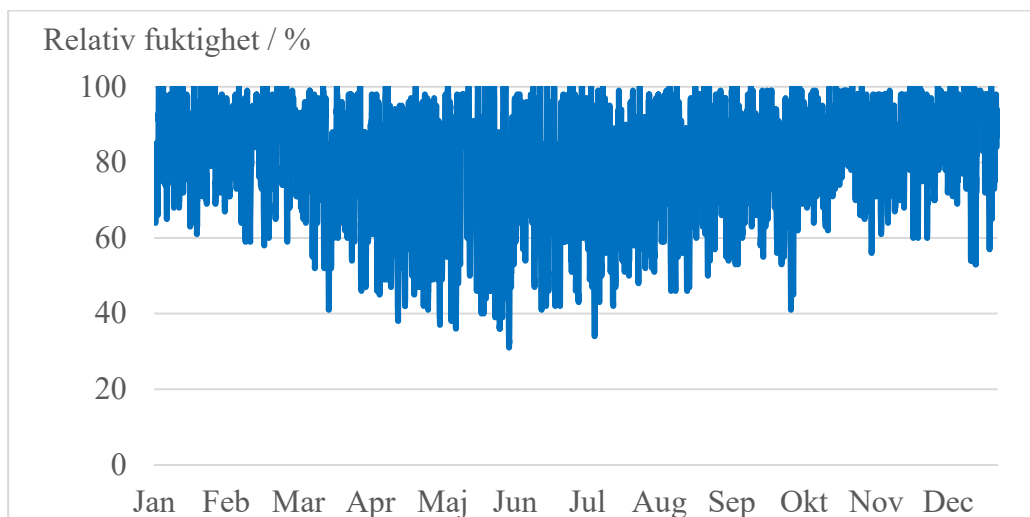


Figur 32. Utetemperatur i Malmö 2015.

Relativ fuktighet inomhus



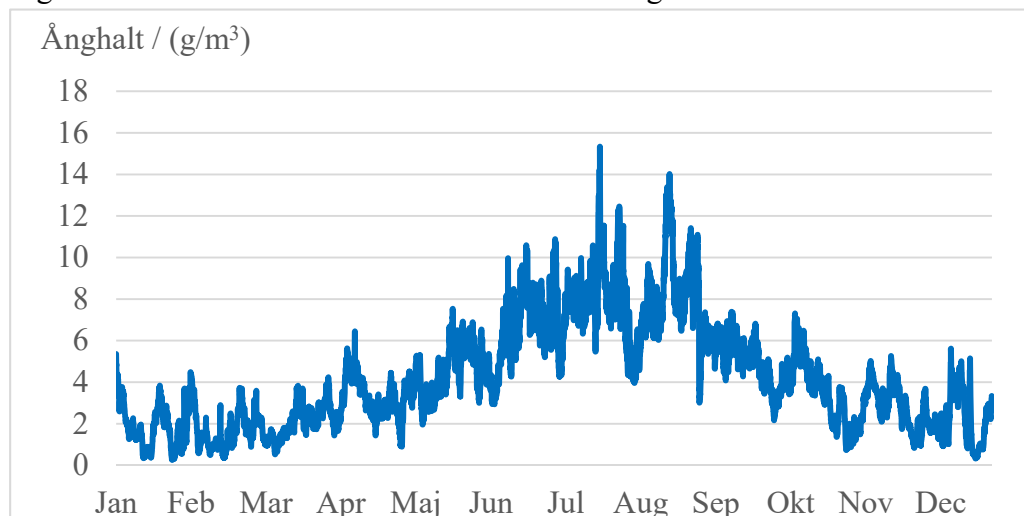
Figur 33. Relativ fuktighet utomhus i Kiruna 2015.



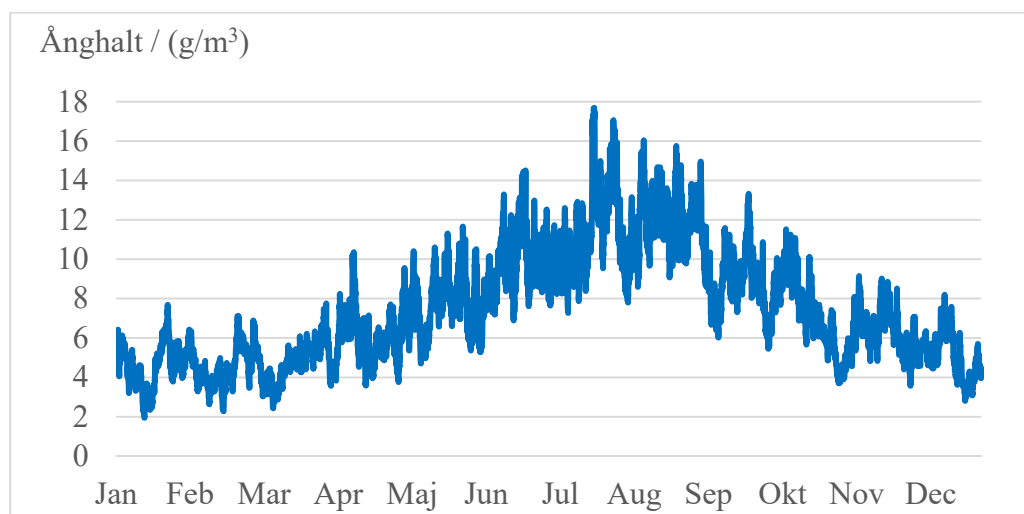
Figur 34. Relativ fuktighet utomhus i Malmö 2015.

Den relativa fuktigheten utomhus varierar väldigt mycket under året och är som lägst 17% i Kiruna och 30% i Malmö.

Figur 34 och 35 nedan visar variationen av ånghalten utomhus under 2015.



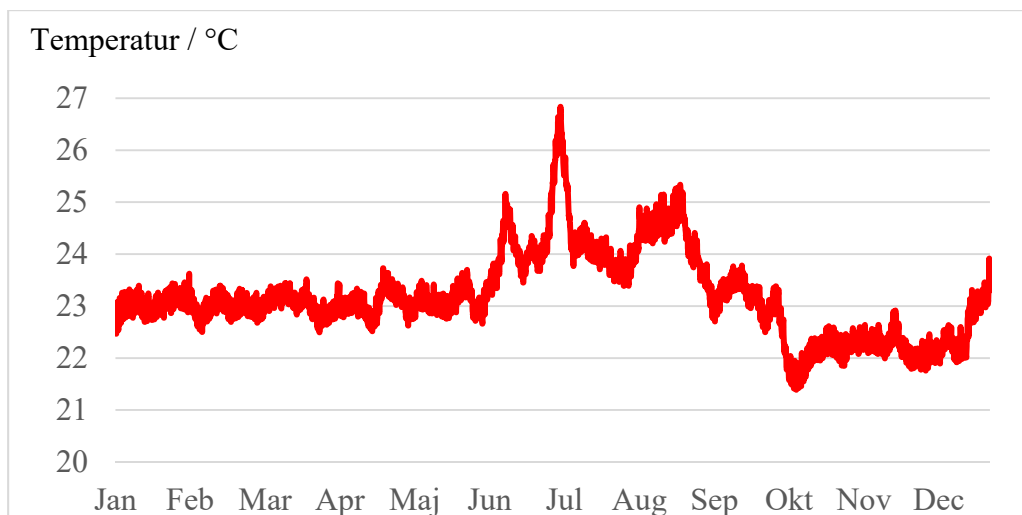
Figur 35. Ånghalt utomhus i Kiruna 2015.



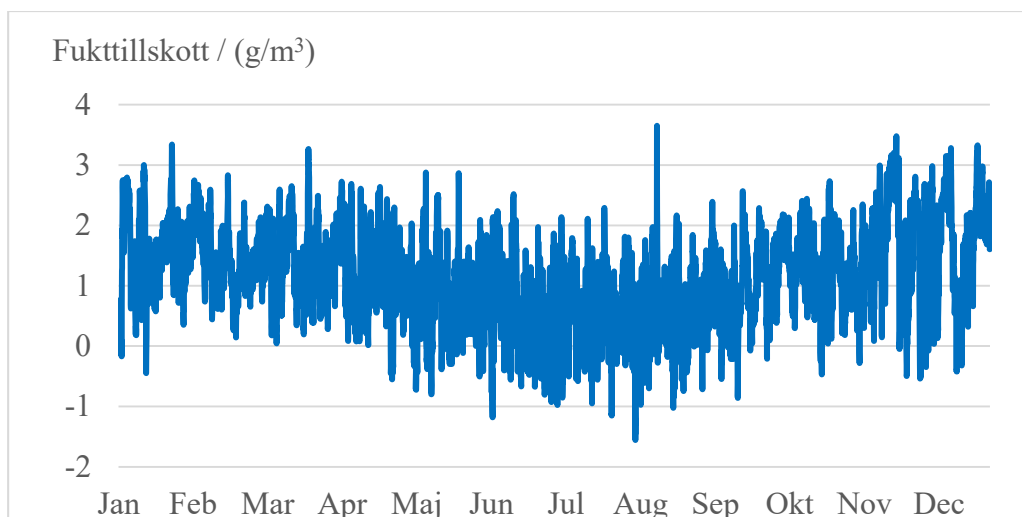
Figur 36. Ånghalt utomhus i Malmö 2015.

Under 2015 har mätningar av fukttillskott och innetemperatur gjorts i 36 lägenheter i Karlstad. Medelvärdet av fukttillskottet och innetemperaturen redovisas i figur 37 och 38 (Bagge och Johansson 2016).

Relativ fuktighet inomhus



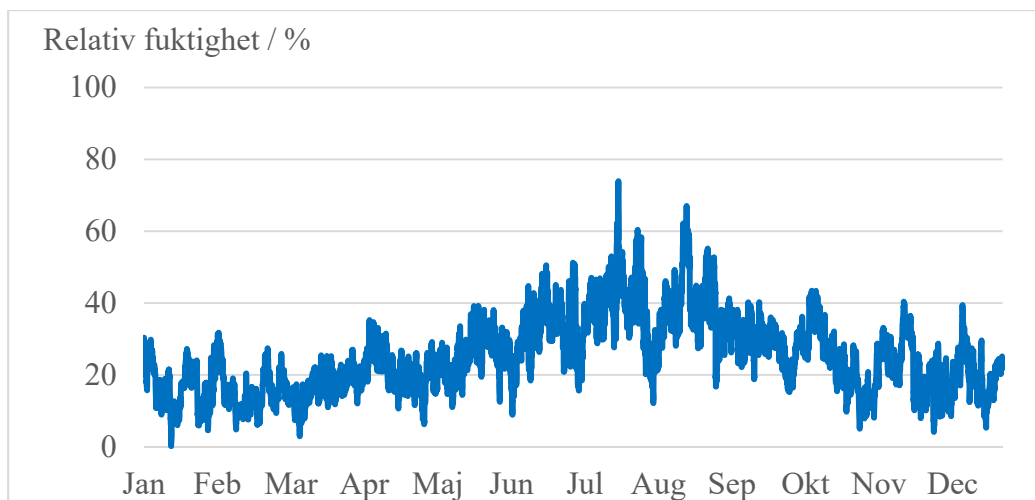
Figur 37. Medelvärdet av uppmätt innetemperatur i 36 lägenheter i Karlstad 2015.



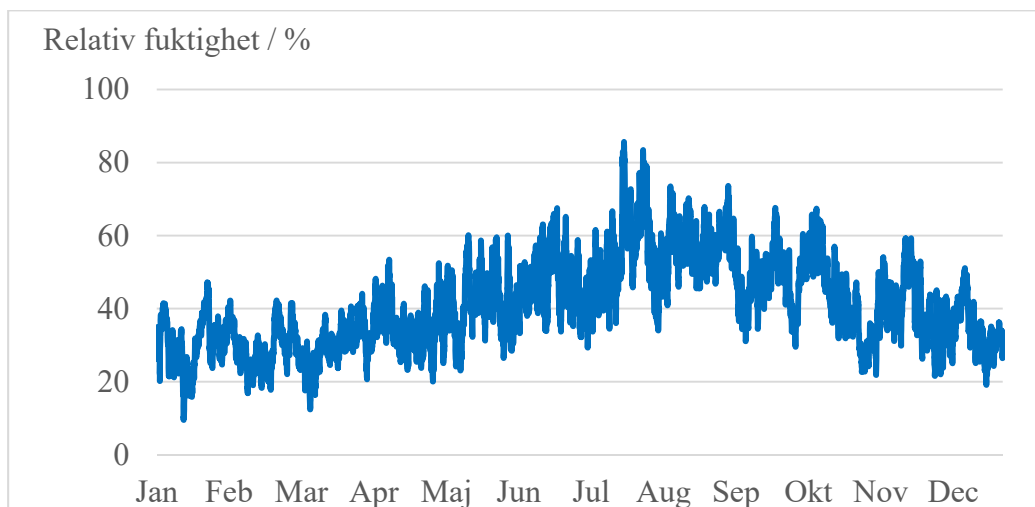
Figur 38. Medelvärdet av uppmätt fukttillskott i 36 lägenheter i Karlstad 2015.

Figur 39 och 40 visar den relativa fuktigheten inomhus i Kiruna och Malmö.

Relativ fuktighet inomhus



Figur 39. Relativ fuktighet inomhus i Kiruna 2015.



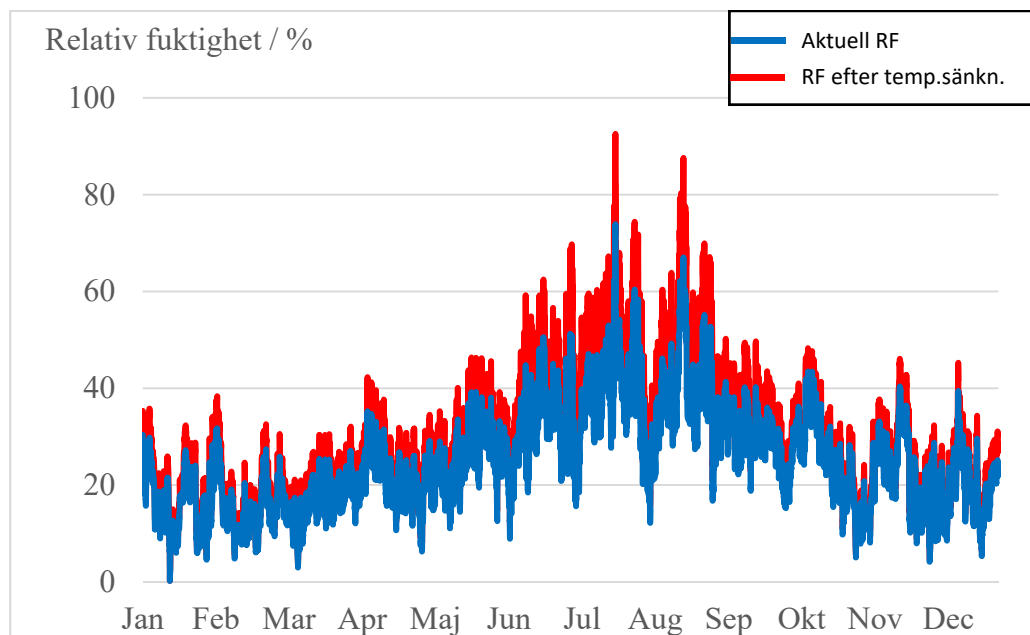
Figur 40. Relativ fuktighet inomhus i Malmö 2015.

Den relativa fuktigheten inne är under 40% under en stor del av året i Kiruna. I Malmö är den relativa fuktigheten under 40% framförallt oktober-maj.

5.2 Temperatursänkning

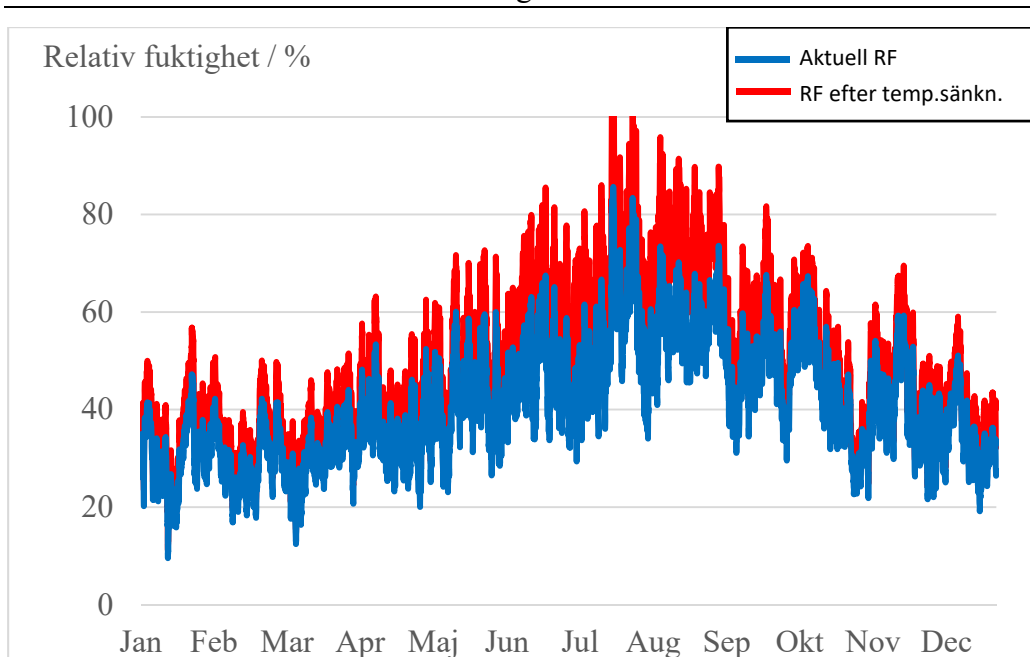
I första scenariot används önskad innetemperatur 20 °C och medelvärdet av relativ fuktighet inomhus för de 36 bostäder.

Figur 41 och 42 nedan visar hur mycket den relativa fuktigheten höjs när innetemperaturen sänks till 20 °C. Den blåa linjen visar aktuell relativ fuktighet inomhus innan temperatursänkning och den röda efter temperatursänkning.



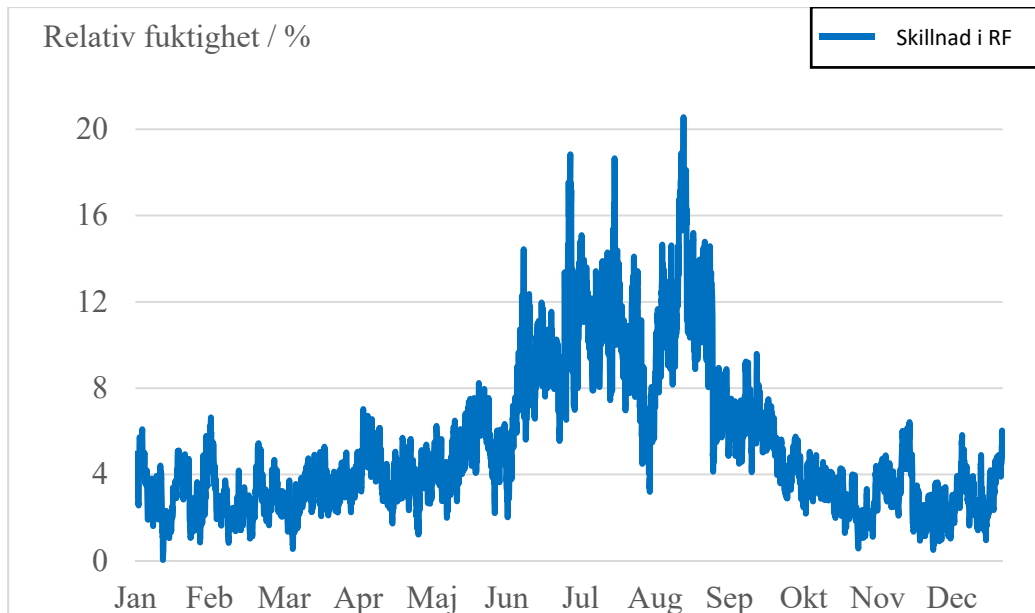
Figur 41. Aktuell relativ fuktighet inomhus och efter temperatursänkning inomhus till 20 °C i Kiruna.

Relativ fuktighet inomhus



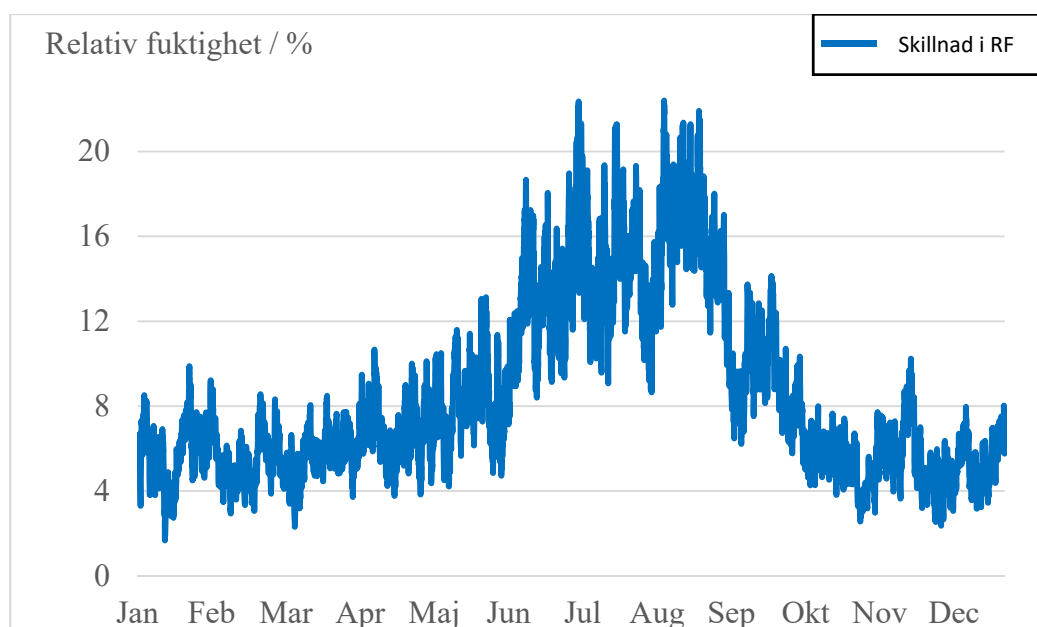
Figur 42. Aktuell relativ fuktighet inomhus och efter temperatursänkning inomhus till 20 °C i Malmö.

Figur 43 och 44 nedan visar hur mycket den relativa fuktigheten ökas med temperatursänkning. Under vintertid höjs den relativa fuktigheten med 4–8%.



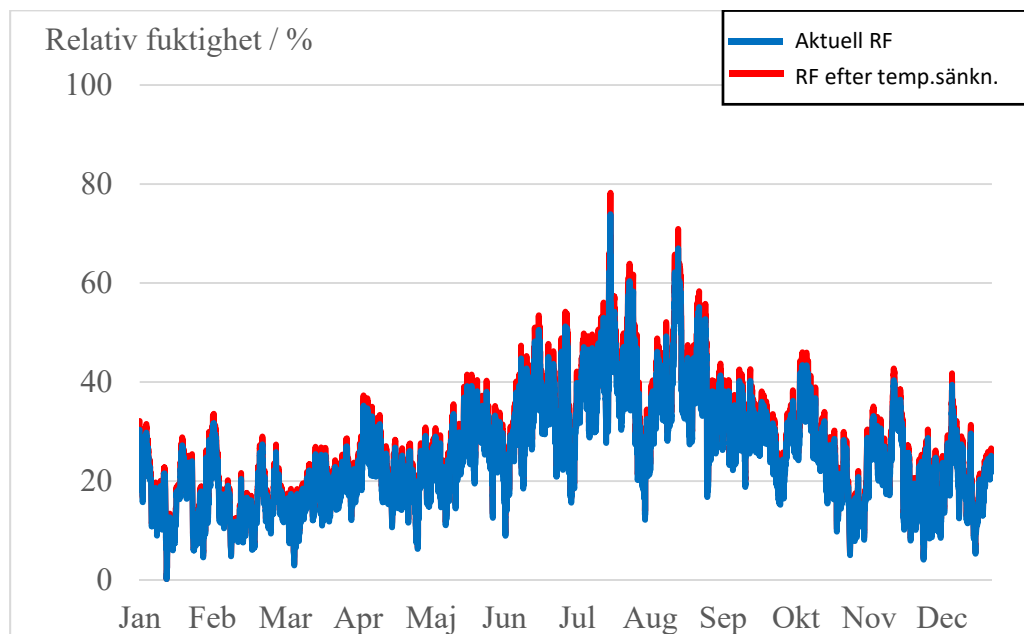
Figur 43. Skillnad i relativ fuktighet med temperatursänkning inomhus till 20 °C i Kiruna.

Relativ fuktighet inomhus



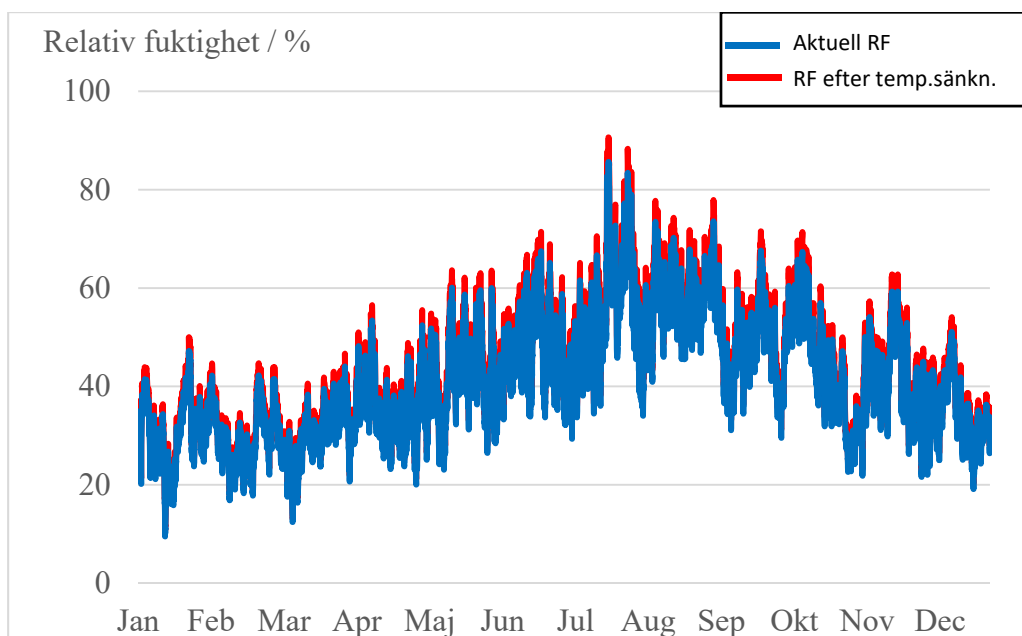
Figur 44. Skillnad i relativ fuktighet med temperatursänkning inomhus till 20 °C i Malmö.

I andra scenariot sänks innetemperatur med 1 °C och medelvärdet av relativ fuktighet inomhus för de 36 bostäder används. Figur 45 och 46 visar hur mycket relativa fuktigheten höjs när innetemperaturen sänks med 1 °C.



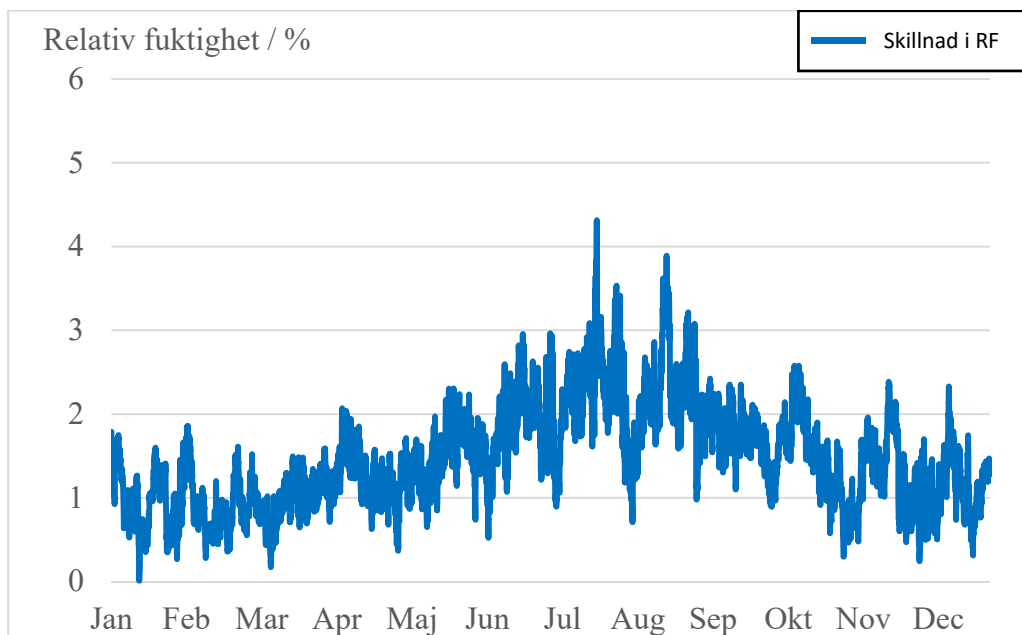
Figur 45. Aktuell relativ fuktighet inomhus och efter temperatursänkning inomhus med 1 °C i Kiruna.

Relativ fuktighet inomhus



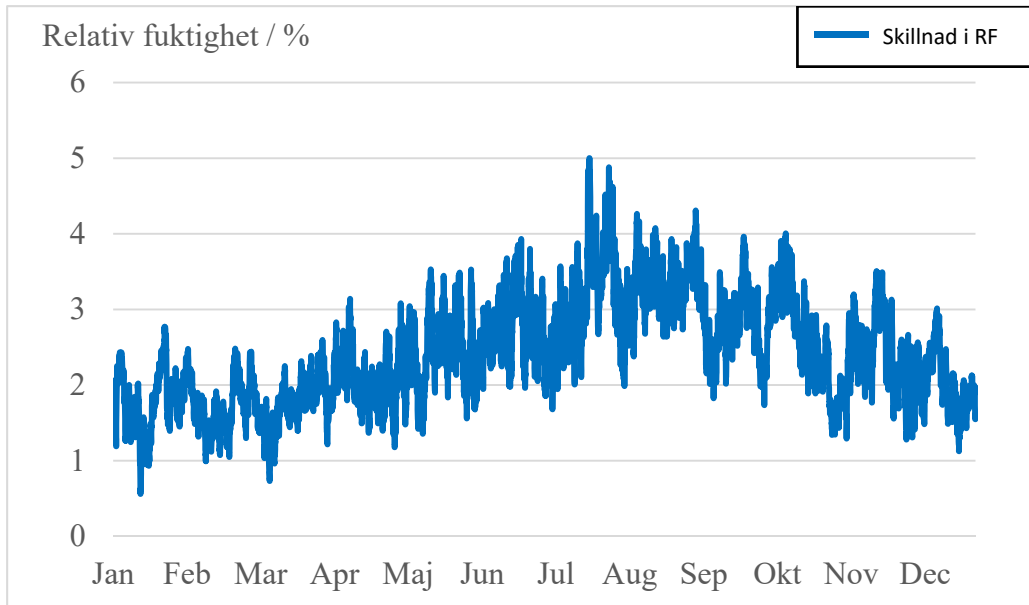
Figur 46. Aktuell relativ fuktighet inomhus och efter temperatursänkning inomhus med 1 °C i Malmö.

Figur 47 och 48 nedan visar hur mycket den relativa fuktigheten ökas med temperatursänkning. Under vintertid höjs den relativa fuktigheten med 0–3%.



Figur 47. Skillnad i relativ fuktighet med temperatursänkning inomhus med 1 °C i Kiruna.

Relativ fuktighet inomhus

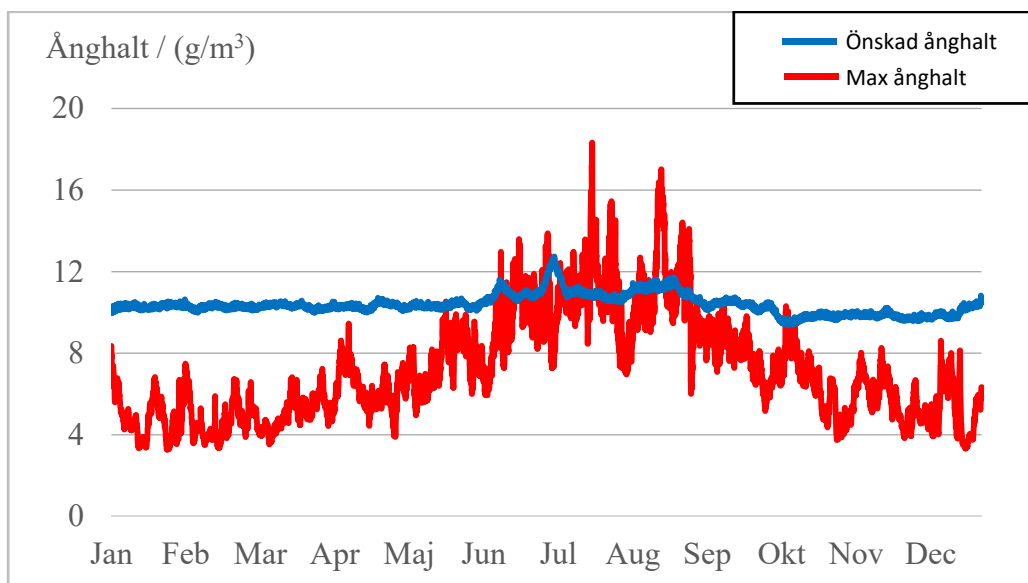


Figur 48. Skillnad i relativ fuktighet med temperatursänkning inomhus med 1 °C i Malmö.

5.3 Befuktning

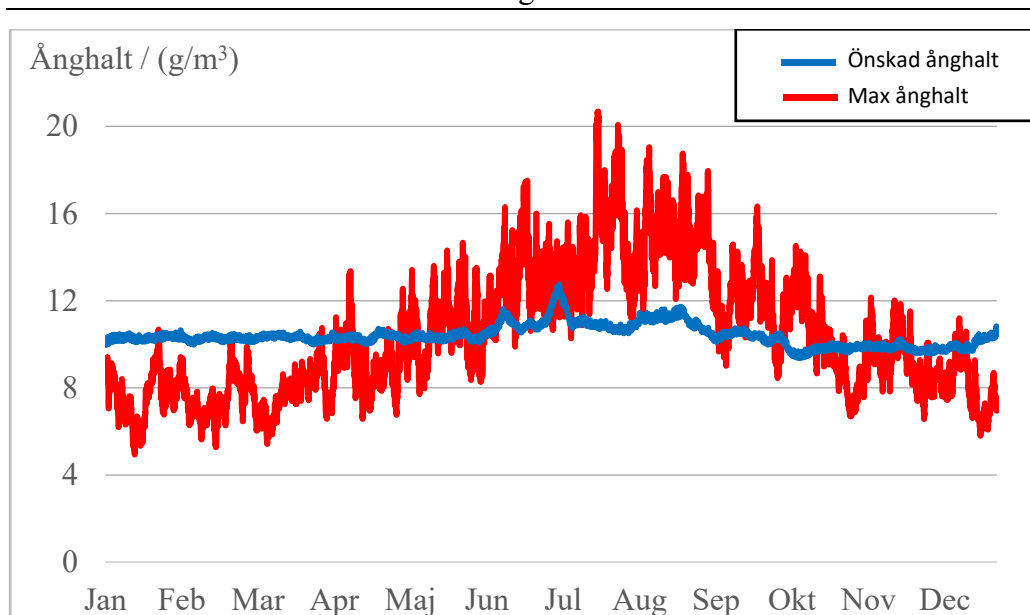
I tredje scenariot används medelvärdet av innetemperaturen för de 36 bostäder och relativ fuktighet inomhus 50% önskades för att kunna jämföra energianvändningen med befuktning till 40% i nästa scenario. I beräkningarna har en relativ luftfuktighet på 50% antagits. Litteraturstudien tyder på att så hög fuktighet behöver man inte uppnå generellt. Detta värde har ingenjörsmässigt valts för att ligga på säkra sidan vad gäller energibehov. Enligt myndigheters riktvärden får fuktillskottet ej regelmässigt överstiga 3 g/m³ vintertid varför jämförelser med detta värde även görs.

Figur 49 och 50 nedan visar ånghalten inomhus där den röda linjen är den maximalt tillåtna ånghalten med hänsyn till max fuktillskott 3 g/m³. Den blåa linjen är ånghalten vid relativ fuktighet 50%. Ånghalten överstiger det maximala värdet till stor del under året och vinterhalvåret.



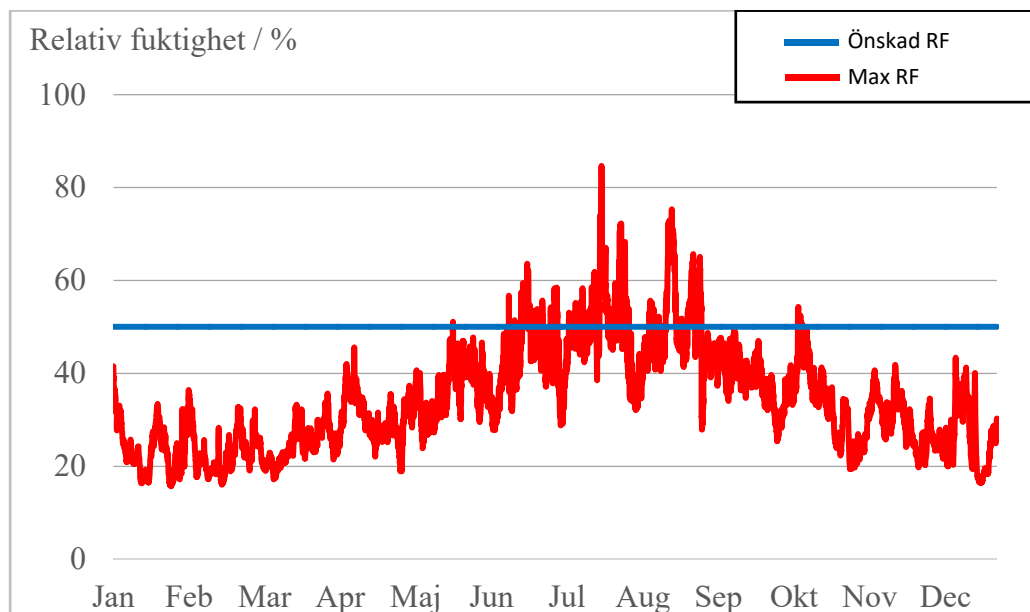
Figur 49, Ånghalt inomhus i Kiruna.

Relativ fuktighet inomhus



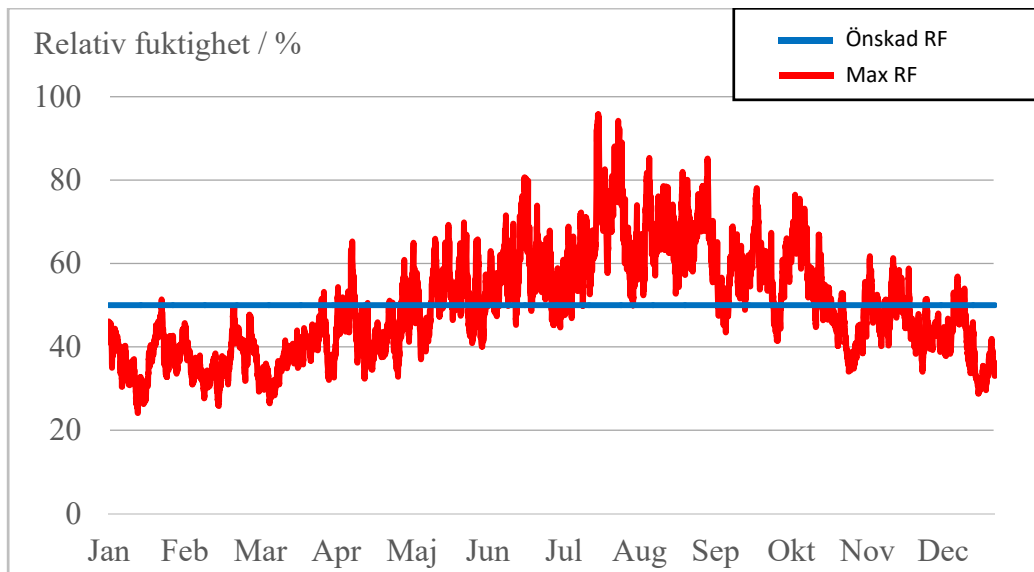
Figur 50, Ånghalt inomhus i Malmö.

Figur 51 och 52 nedan visar röd linje hur mycket relativa fuktigheten inomhus kan höjas till med hänsyn till max fuktillskott 3 g/m³ och blå linje önskad ånghalt.



Figur 51, Relativ fuktighet inomhus i Kiruna.

Relativ fuktighet inomhus

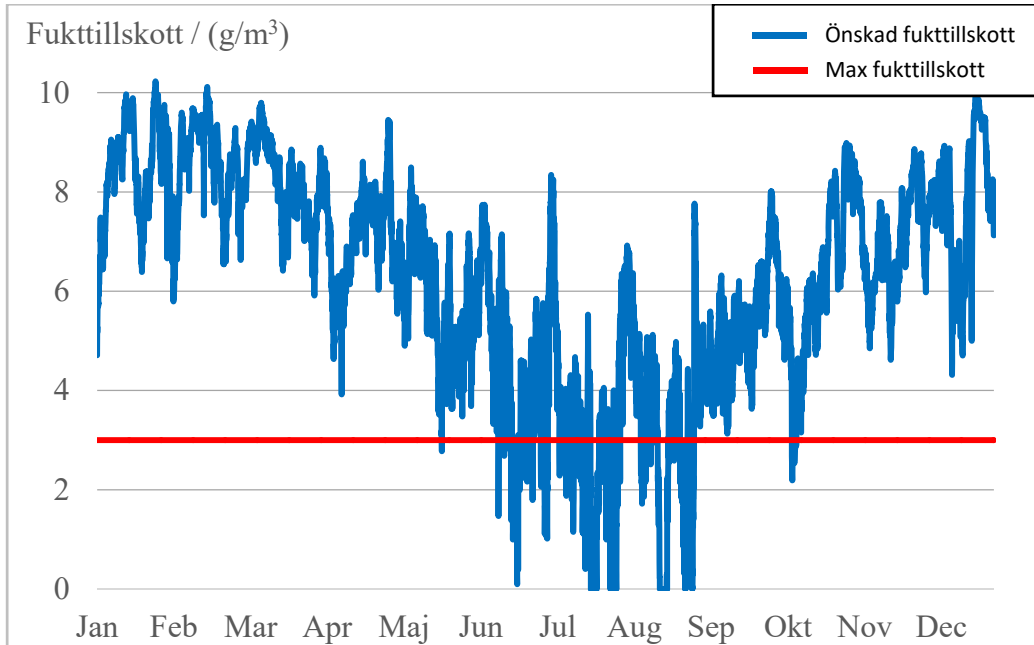


Figur 52, Relativ fuktighet inomhus i Malmö.

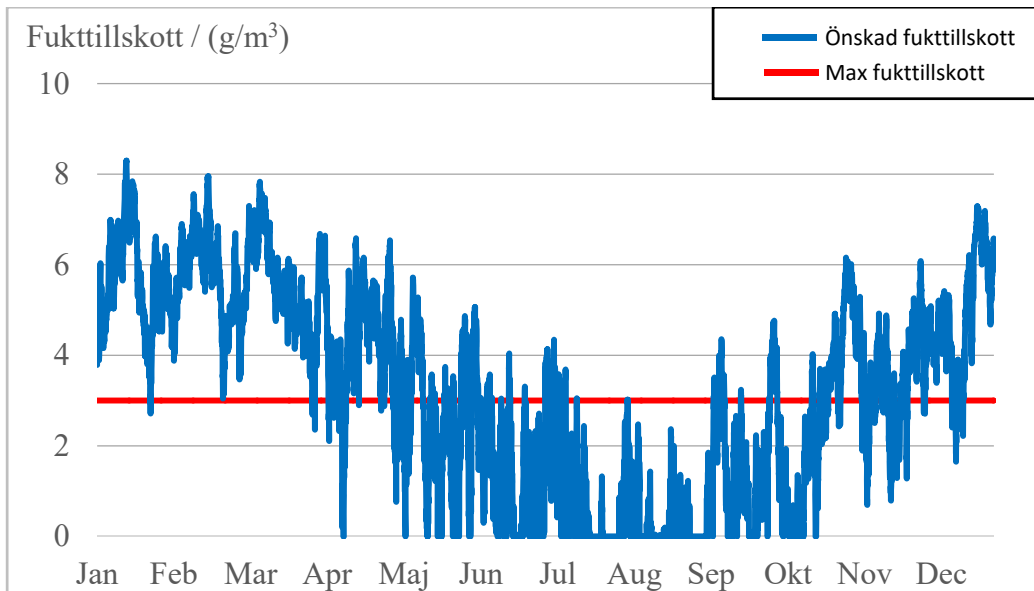
Som figurerna visar är det inte möjligt att höja relativa fuktigheten till 50% med ett fukttillskott på 3 g/m^3 . Det kan upprepas att 50% valts pga energiaspekter. Man bör exempelvis ligga under 45% med avseende på kvalster.

Relativ fuktighet inomhus

I figur 53 och 54 nedan visas fukttillskottet när den relativa fuktigheten höjs till 50%. Den röda linjen är maximala fukttillskott.



Figur 53, Fukttillskott och maximal fukttillskott i Kiruna.



Figur 54, Fukttillskott och maximal fukttillskott i Malmö.

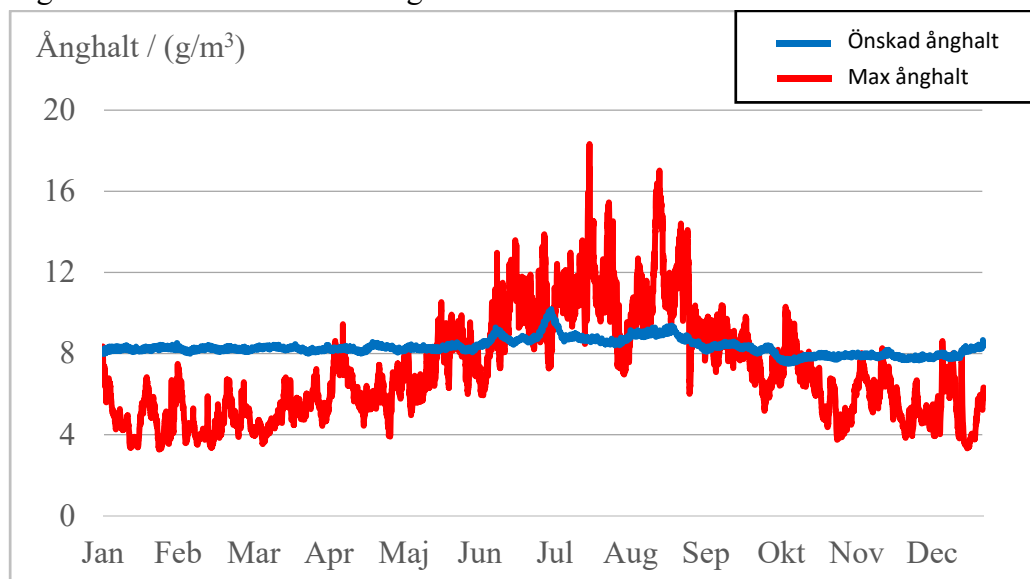
Relativ fuktighet inomhus

Även här kan vi se att värdet överstiger maxvärdet till stor del under året. Det krävs ett max fuktillskott upp till 10 g/m^3 för att kunna höja den relativa fuktigheten till 50%.

Energibehovet för detta scenario beräknas till $17,4 \text{ kWh}/(\text{år}\cdot\text{m}^2)$ i Malmö och till $39,7 \text{ kWh}/(\text{år}\cdot\text{m}^2)$ i Kiruna.

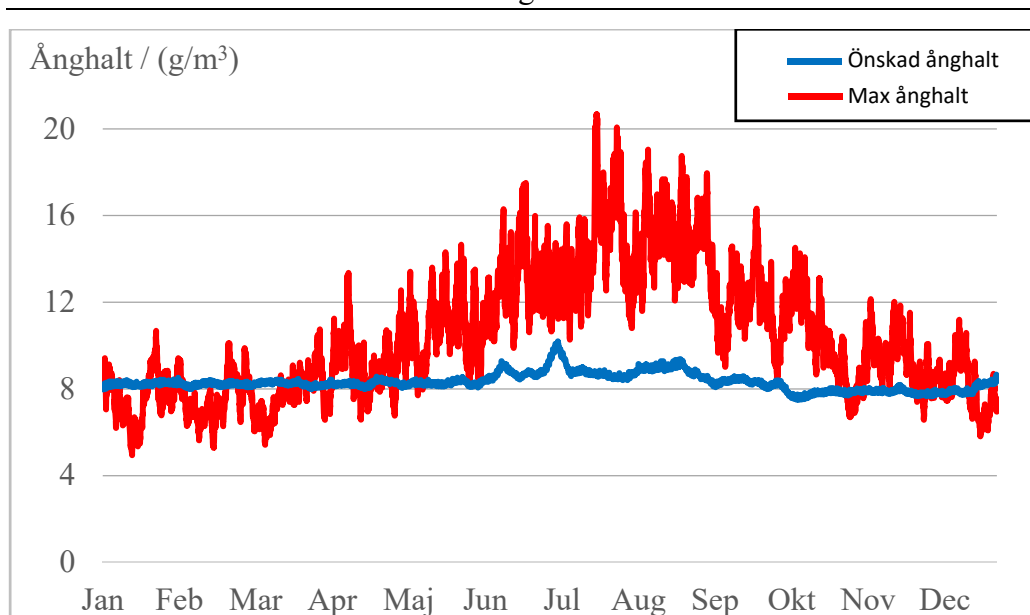
I fjärde scenariot används medelvärdet av innetemperaturen för de 36 bostäder och önskad relativ fuktighet inomhus 40%. Fuktillskottet får ej överstiga 3 g/m^3 .

Figur 55 och 56 nedan visar ånghalten inomhus.



Figur 55, Ånghalt inomhus i Kiruna.

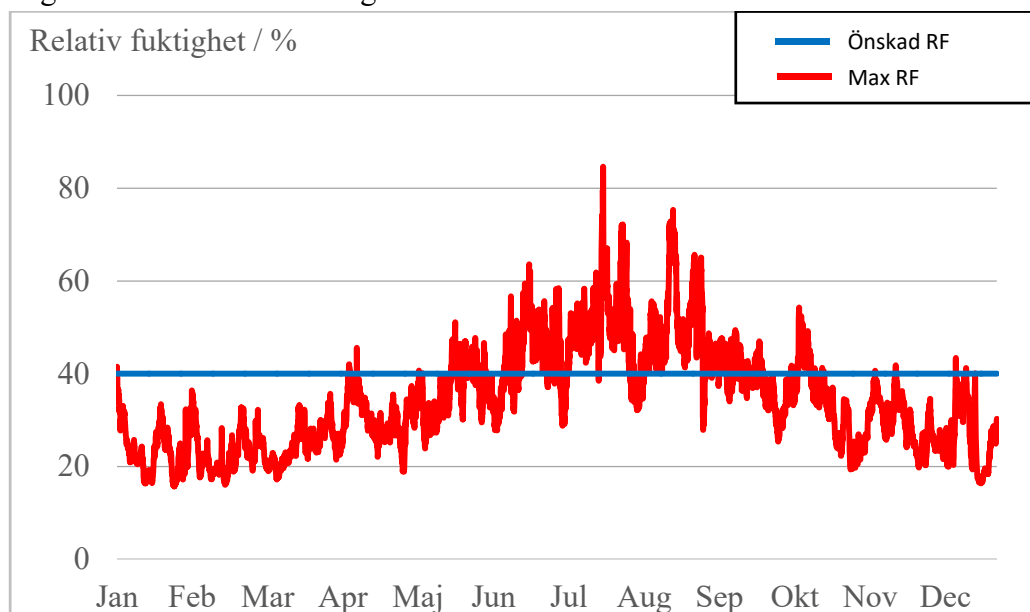
Relativ fuktighet inomhus



Figur 56, Ånghalt inomhus i Malmö.

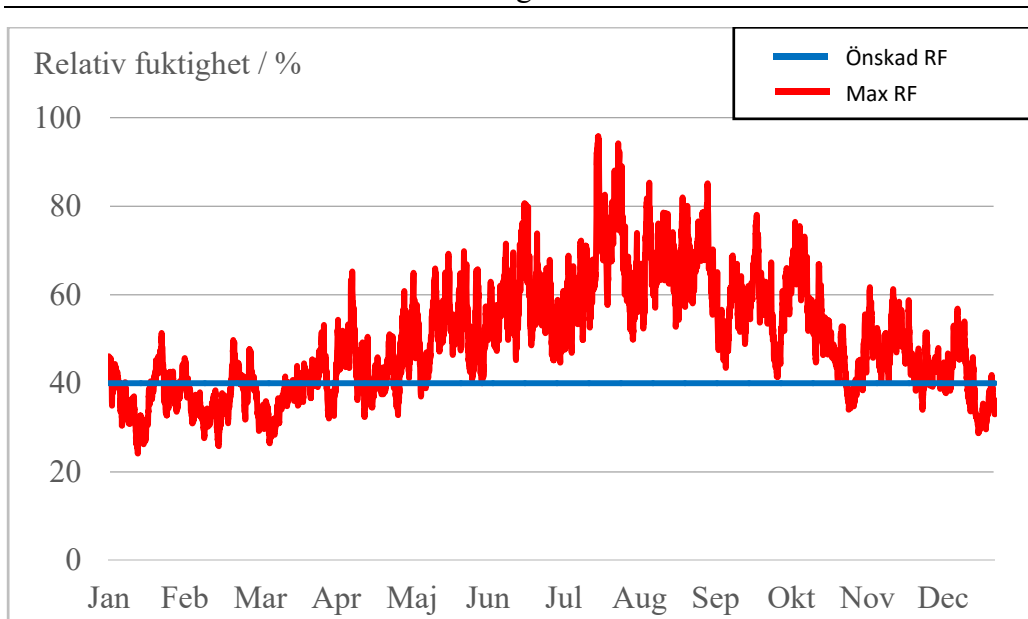
Förhållanden mellan max och önskad är mindre än i första scenariot. Det krävs inte lika mycket ånghalt för att höja relativa fuktigheten till 40%. Malmö klarar kravet till stor del av året och överstiger med max $3 \text{ g}/\text{m}^3$ vid några tillfällen.

Figur 57 och 58 nedan visar röd linje hur mycket relativa fuktigheten inomhus kan höjas till med hänsyn till max fukttillskott $3 \text{ g}/\text{m}^3$ och blå linje önskad ånghalt. Malmö förhåller sig under kravet stor del av året.



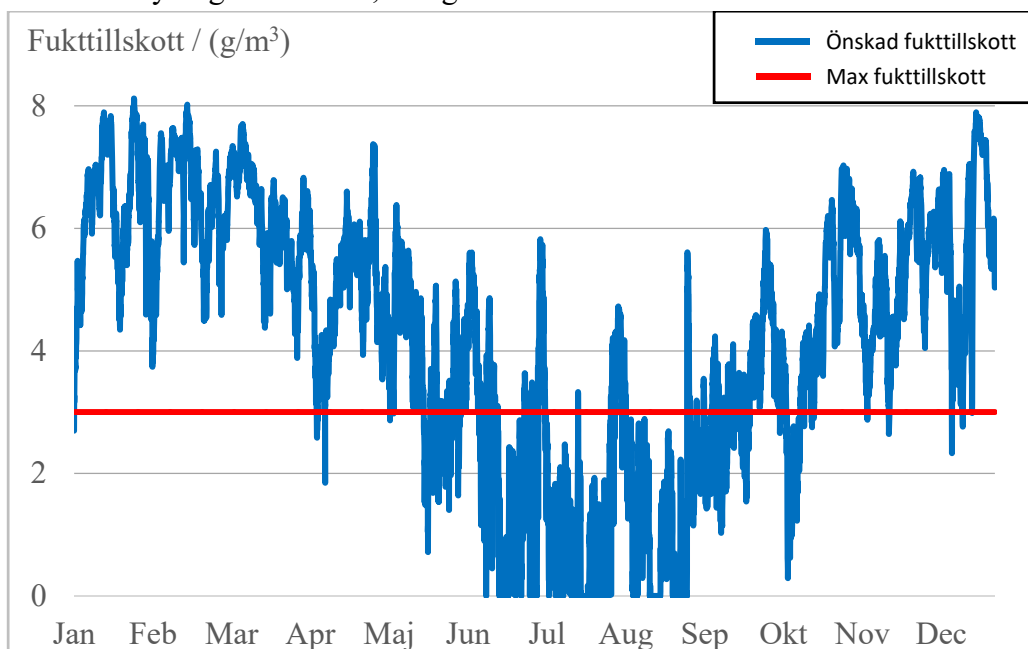
Figur 57, Relativ fuktighet inomhus i Kiruna.

Relativ fuktighet inomhus



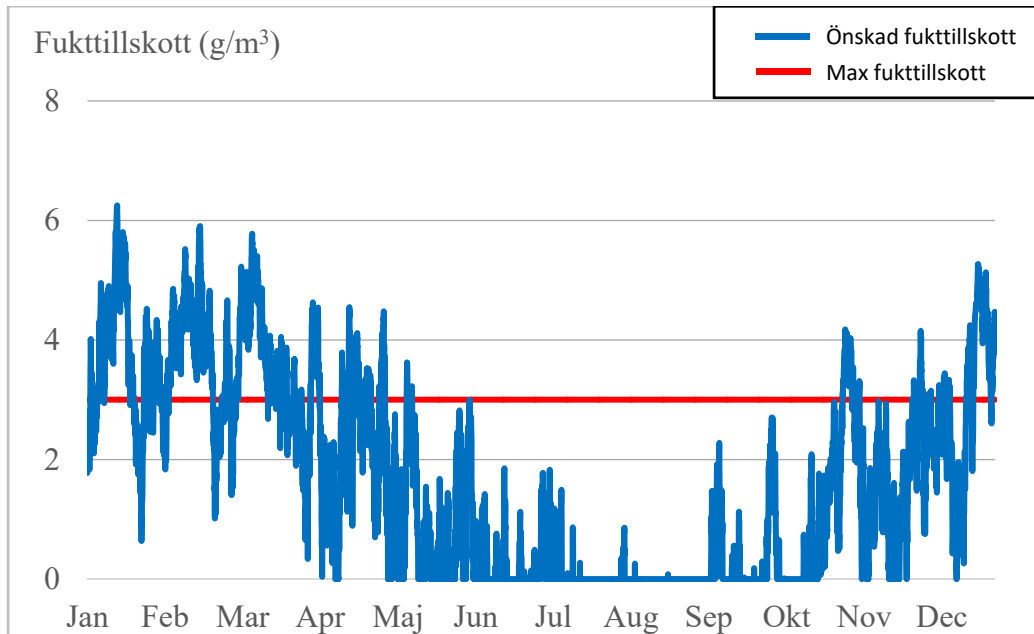
Figur 58, Relativ fuktighet inomhus i Malmö.

Det krävs ett max fukttillskott upp till 8 g/m^3 i Kiruna och 6 g/m^3 i Malmö för att kunna höja den relativa fuktigheten till 40% vilket överstiger folkhälsomyndighetens krav, se figur 59 och 60.



Figur 59, Fukttillskott och maximal fukttillskott i Kiruna.

Relativ fuktighet inomhus



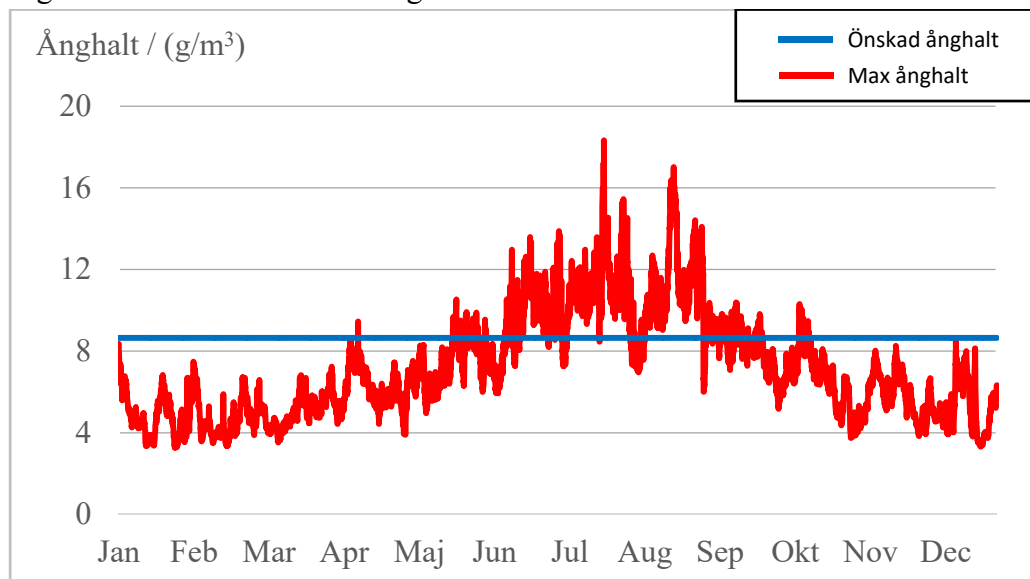
Figur 60, Fukttillskott och maximal fukttillskott i Malmö.

Energibehovet för detta scenario beräknas till 7,2 kWh/(år·m²) i Malmö och till 24,5 kWh/(år·m²) i Kiruna.

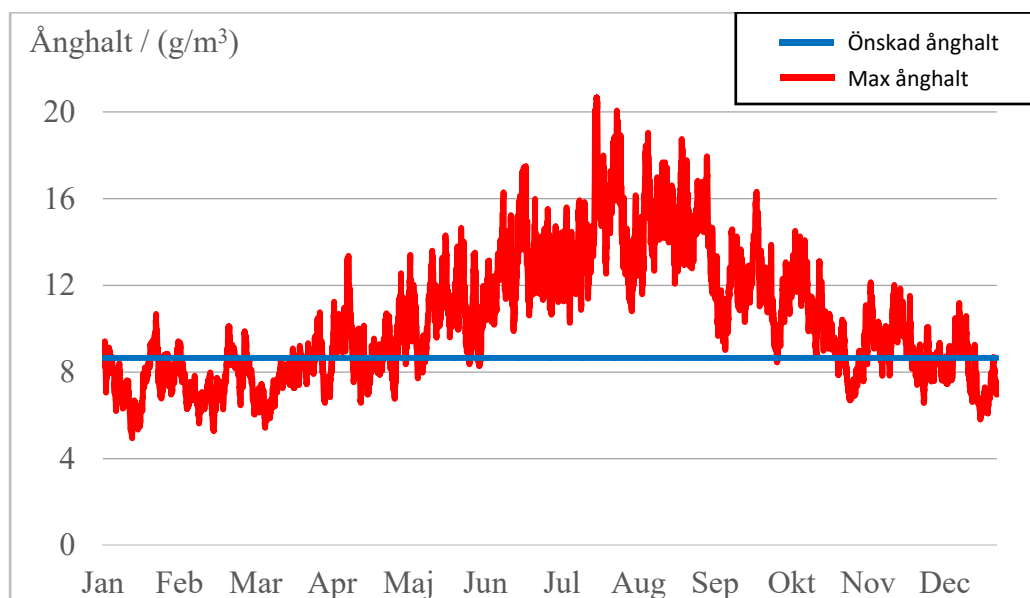
5.4 Temperatursänkning samt befuktning

I femte scenariot sänks inomhustemperaturen till 20 °C och relativa fuktigheten inomhus ökas till 50%. Fukttillskottet får ej överstiga 3 g/m³.

Figur 61 och 62 nedan visar ånghalten inomhus.



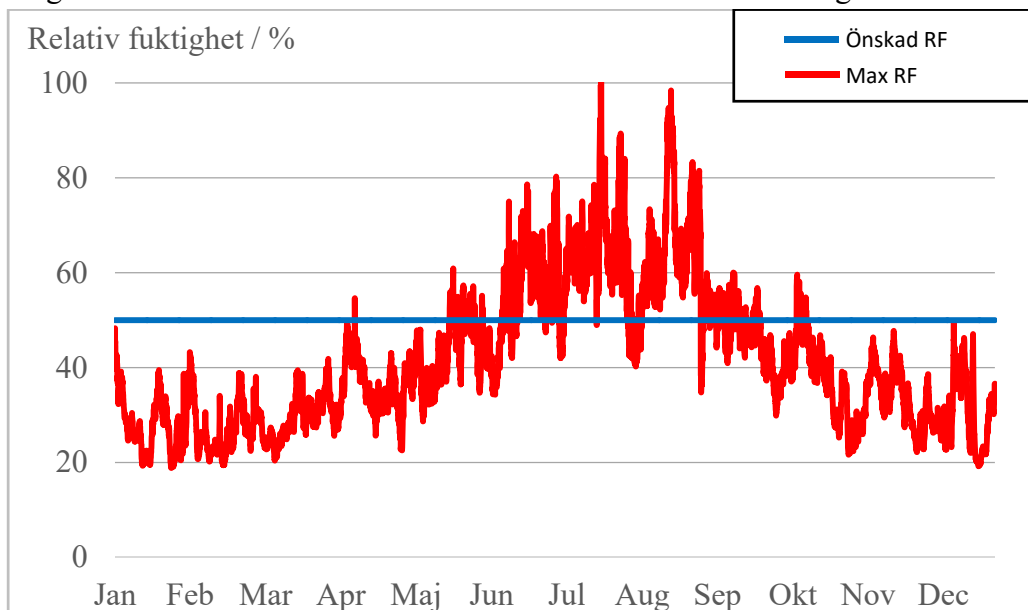
Figur 61, Ånghalt inomhus i Kiruna.



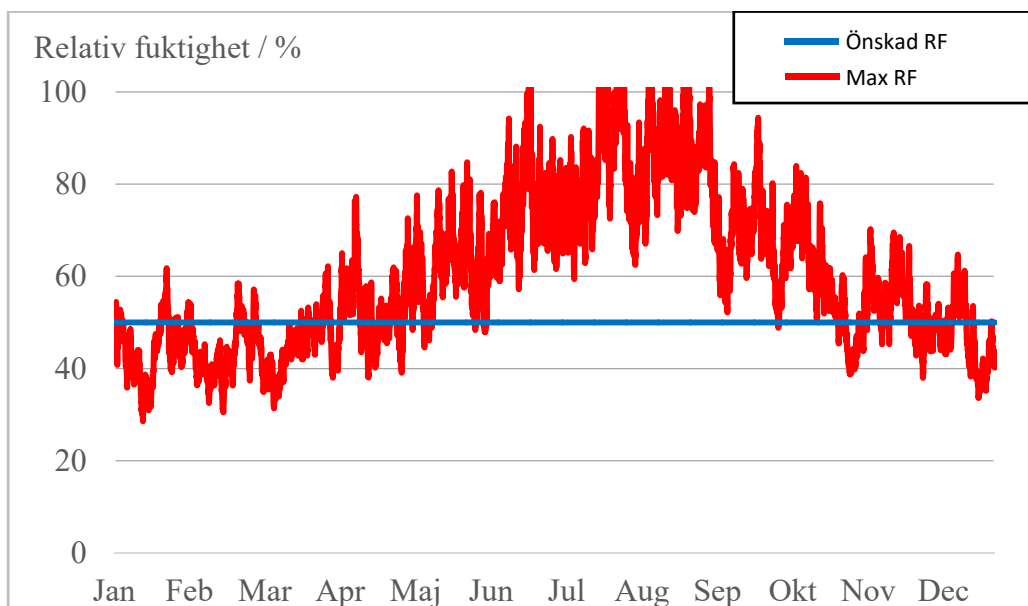
Figur 62, Ånghalt inomhus i Malmö.

Relativ fuktighet inomhus

I figur 63 och 64 visar den maximala samt önskade relativa fuktigheten.



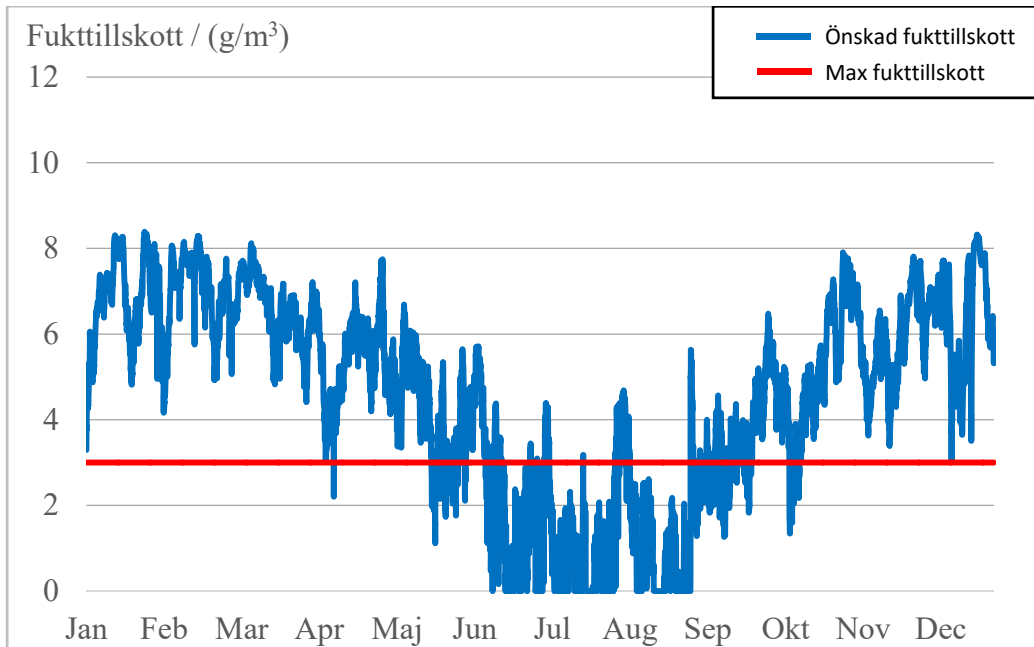
Figur 63, Relativ fuktighet inomhus i Kiruna.



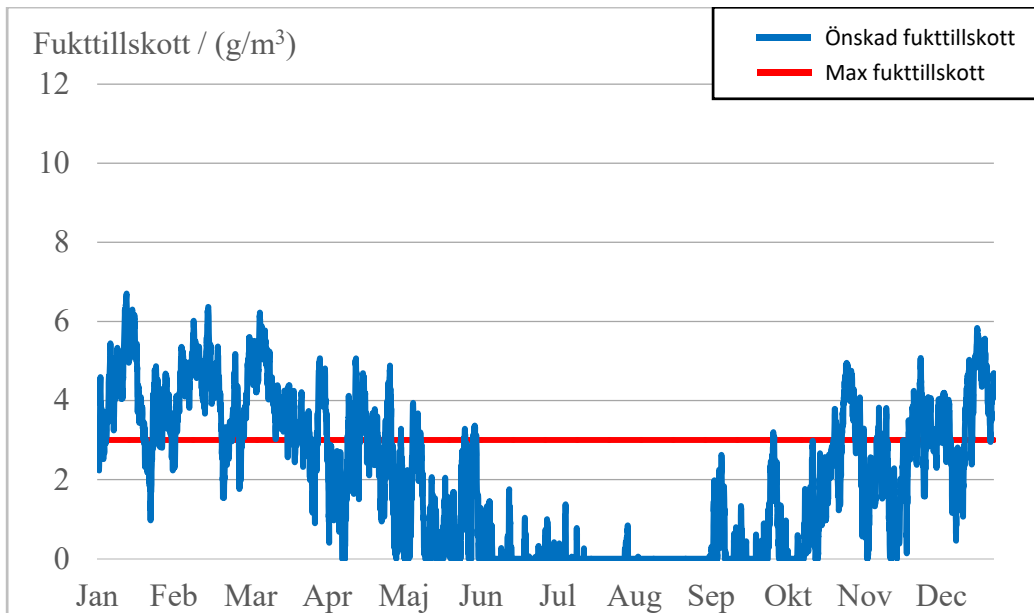
Figur 64, Relativ fuktighet inomhus i Malmö.

Det krävs ett max fukttillskott upp till 8–9 g/m³ i Kiruna för att kunna höja den relativa fuktigheten till 50%, se figur 65 och 66.

Relativ fuktighet inomhus



Figur 65, Fukttillskott och maximal fukttillskott i Kiruna.



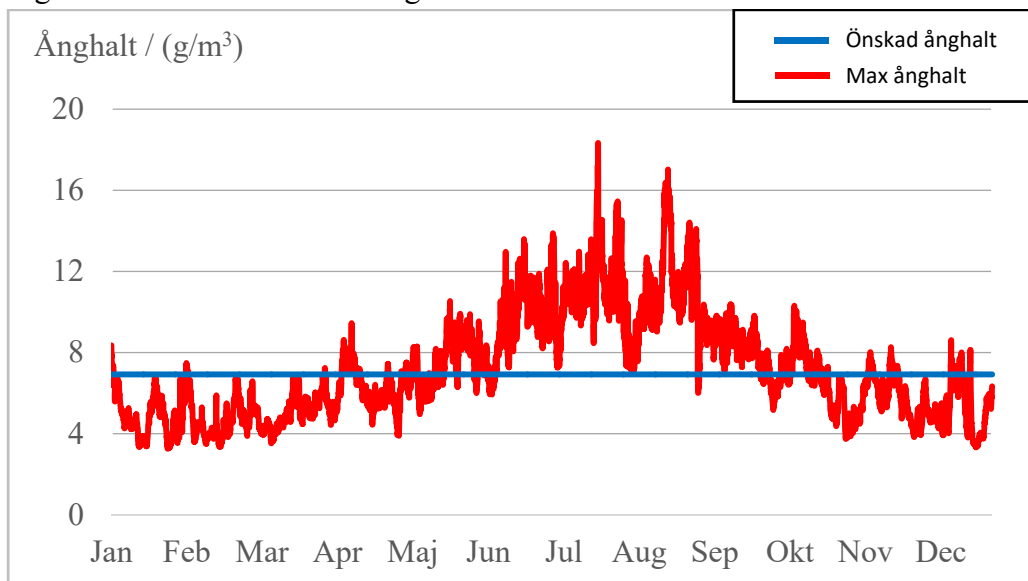
Figur 66, Fukttillskott och maximal fukttillskott i Malmö.

Energibehovet för detta scenario beräknas till 8,2 kWh/(år·m²) i Malmö och till 27,2 kWh/(år·m²) i Kiruna.

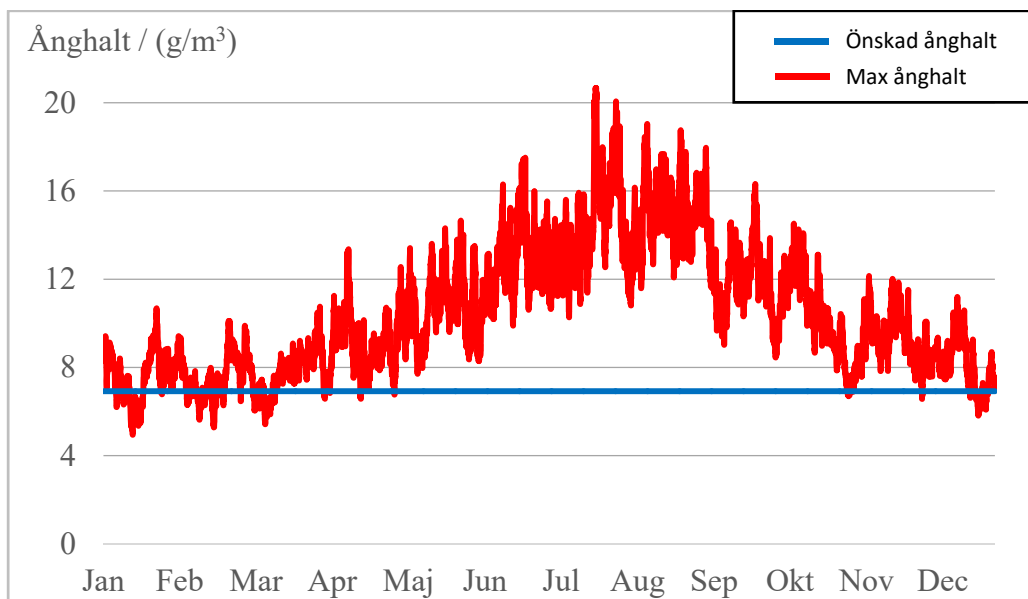
Relativ fuktighet inomhus

Det sista och sjätte scenariot undersöks det minsta förhållandena för att kunna se om kravet uppfylls för önskad relativ fuktighet. Innetemperaturen sänks till 20 °C med önskad relativ fuktighet 40%. Max fuktillskott är 3 g/m³.

Figur 67 och 68 nedan visar ånghalten inomhus.



Figur 67, Ånghalt inomhus i Kiruna.

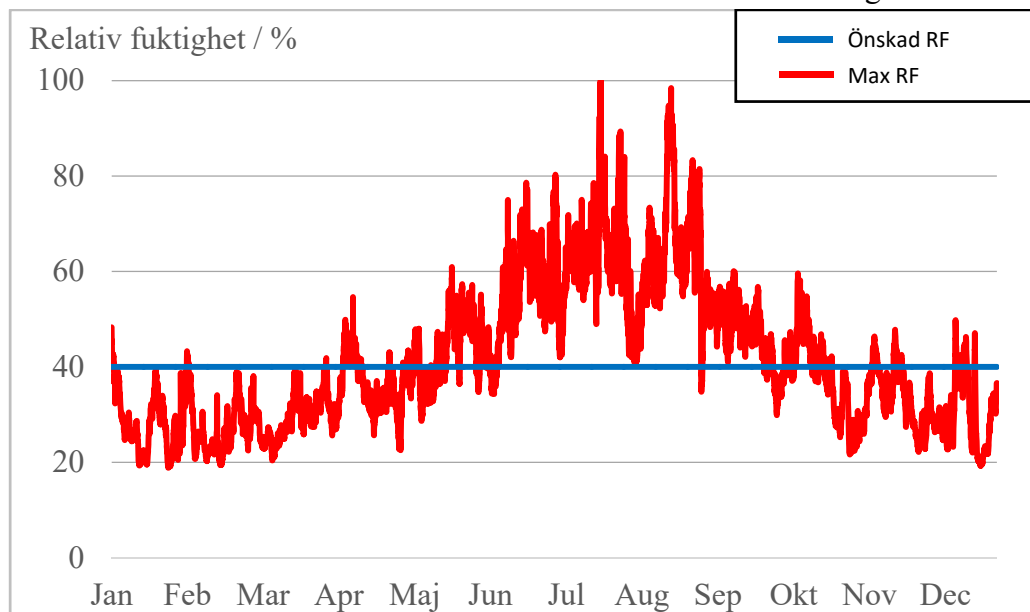


Figur 68, Ånghalt inomhus i Malmö.

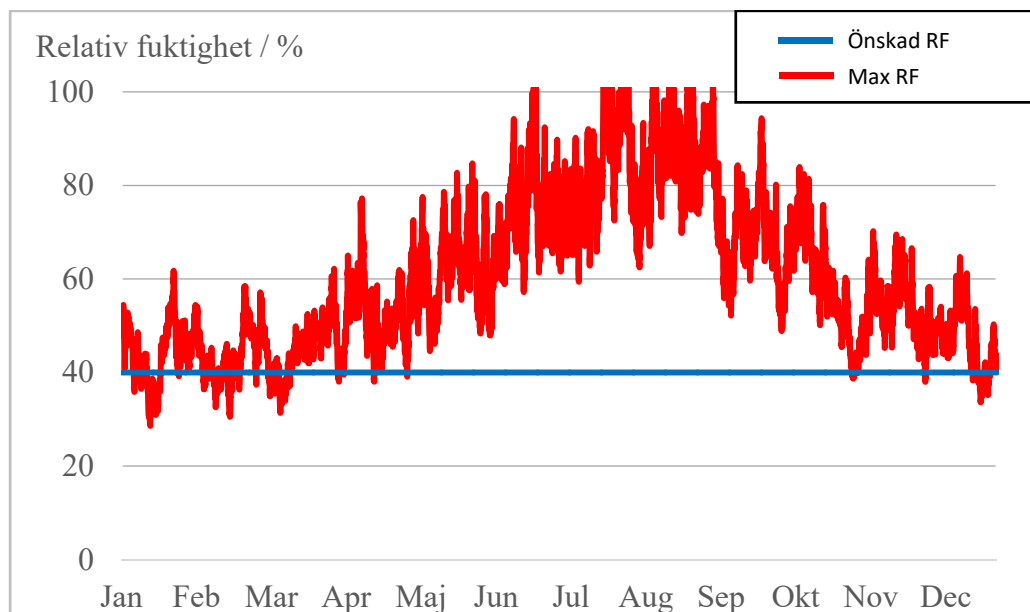
Relativ fuktighet inomhus

Malmö klarar av de krav som ställs till stor del av året. Det överstiger kravet endast vid fåtal tillfällen. Däremot överstiger värdena kravet i Kiruna.

I figur 69 och 70 visas den relativa fuktigheten inomhus där figur 70 visar att Malmö klarar av värdena under stor del av året medan Kiruna inte gör det.



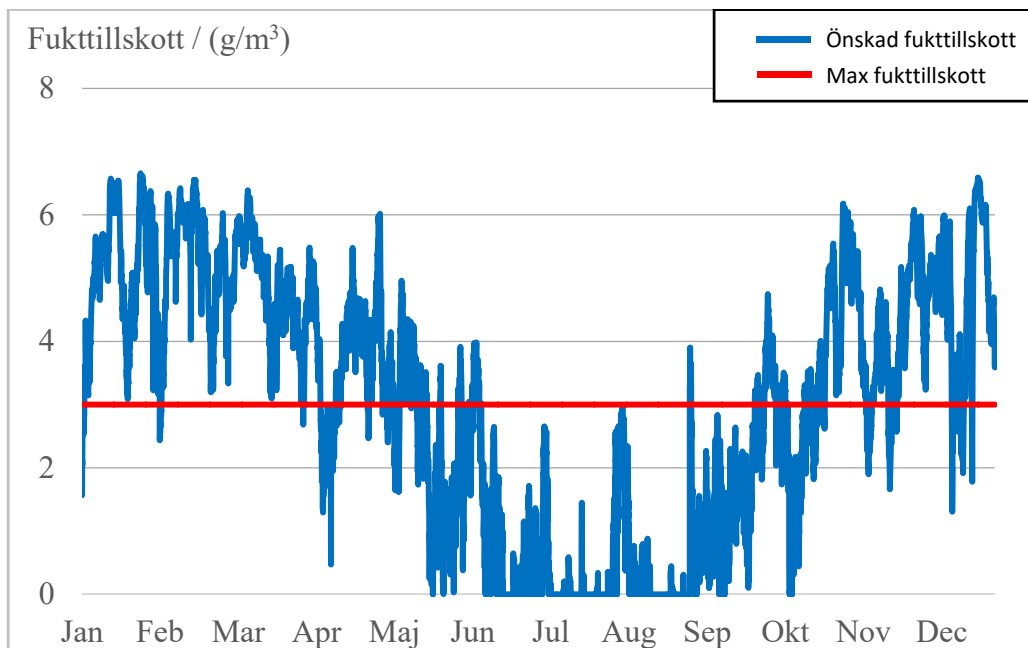
Figur 69, Relativ fuktighet inomhus i Kiruna.



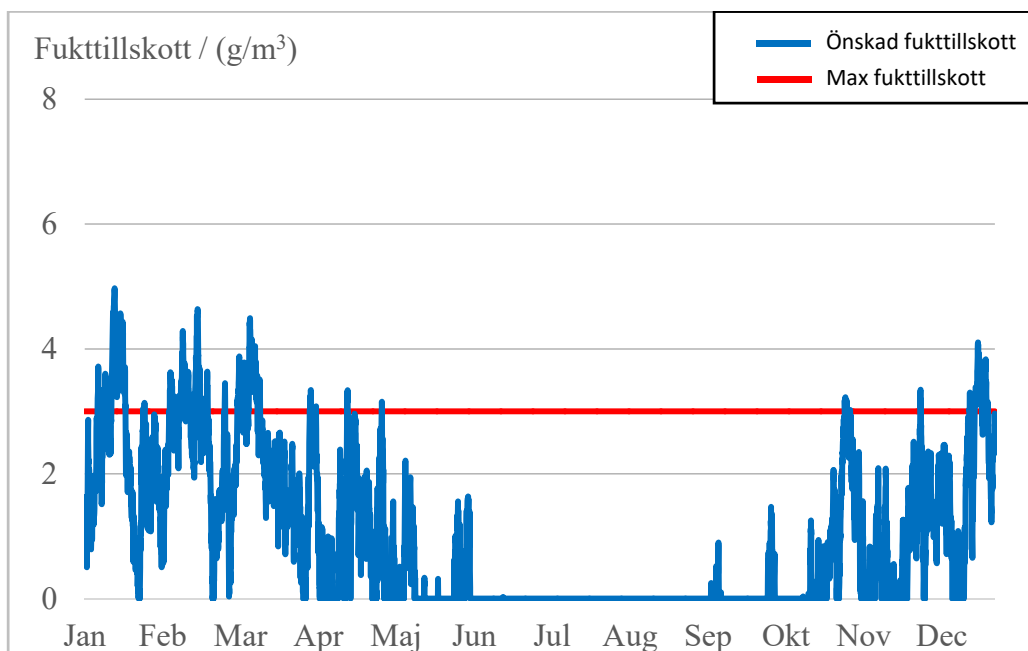
Figur 70, Relativ fuktighet inomhus i Malmö.

Relativ fuktighet inomhus

För att Kiruna ska klara av kravet krävs ett maximal fukttillskott 6–7 g/m^3 . I Malmö krävs det ett maximal fukttillskott 5 g/m^3 vid något tillfälle för att kunna höja den relativa fuktigheten till 40% under hela året, se figur 71 och 72.



Figur 71, Fukttillskott och maximal fukttillskott i Kiruna.



Figur 72, Fukttillskott och maximal fukttillskott i Malmö.

Energibehovet för detta scenario beräknas till 3,1 kWh/(år·m²) i Malmö och till 15,9 kWh/(år·m²) i Kiruna.

5.5 Diskussion – Temperatursänkning och energiberäkning

De orter som har valts i arbetet har stora skillnader i klimatet vilket man kan se i resultatet där Malmö förhåller sig bättre till kraven än Kiruna. Energibehovet för att höja relativa fuktigheten till ett önskat värde är 2–5 gånger mer i Kiruna än i Malmö, vilket kan ses i tabell 30.

Tabell 30. Sammanställning av energibehov för scenario 3 - 6.

Scenario	Max fuktillskott (g/m ³)	Inne temp. /°C	Önskad RF/%	Energi Kiruna (kWh/(år·m ²))	Energi Malmö (kWh/(år·m ²))
3 (Befuktning)	4	Medel lgh.	50	39,7	17,4
4 (Befuktning)	4	Medel lgh.	40	24,5	7,2
5 (Temp. sänk. och befuktning)	4	20	50	27,2	9,2
6 (Temp. sänk. och befuktning)	4	20	40	15,9	3,1

Resultatet från de olika scenarierna visar att de inte förhåller sig till kraven för fuktillskottet. Vid befuktning var förhållandena stora och det krävs kombination av olika åtgärder för att kunna uppnå önskad relativ fuktighet. Kombinerad temperatursänkning med befuktning klarar Malmö av kravet till stor del av året vilket visades i scenario 6.

Kiruna däremot klarade inte av kravet och den maximala relativa fuktigheten som maximalt under vissa perioder kunde ökas till var cirka 20% relativ fuktighet.

Det är inte inom det optimala området men det är ändå en bra åtgärd då den relativa fuktigheten inomhus i bostäderna är väldigt låg i Kiruna och kan understiga 5%. Enligt den litteraturstudien som gjorts, ligger grovt ett område mellan 40 – 45 %, det vill säga att alla de delfaktorer som presenterats har minst effekt vid den angivna relativa fuktigheten. Gällande hälsoriskerna är det bra att höja relativa fuktigheten till 20% i Kiruna.

Hänsyn måste tas till temperatursänkningen då det kan leda till hälsoeffekter. Genom att sänka temperaturen sparas mycket energi vilket kan ses i tabell 30 (jämför scenario 3 och 5 samt 4 och 6). Ur hälsosynpunkt kan det vara bättre att befukta än att sänka temperaturen inomhus. Som tidigare skrivet i litteraturstudien är överlevnaden för virus och bakterier bättre vid lägre temperatur. Vid temperatursänkning motverkar åtgärderna befuktning och temperatursänkning varandra.

Coronaviruset, som är väldigt aktuellt idag, påverkades ej på samma sätt som de andra virusen. Detta virus tappar funktion i takt som både temperaturen och den relativa fuktigheten ökar, enligt Chan et al. (2011). Energiberäkningarna visar att funktionen av viruset är svårt att rubba, då den kräver höga temperaturer och hög relativ fuktighet. Tar vi Kiruna som exempel, klarar viruset sig väldigt bra i den miljön då den relativa fuktigheten inte kan överstiga 28 %. För Malmö kan den i samband med ökad temperatur och relativ fuktighet i ämnet minska överlevnadsgraden av coronaviruset. Att smittspridningen har varit väldigt stor runt om i världen kan förklaras av de ovanstående fenomenen.

För att kunna sänka temperaturen under sommaren kan ett kylsystem krävas vilket påverkar energibehovet. Däremot minskar energibehovet under vintertid då energibehovet för värmeenergin minskar.

En annan faktor som påverkar energibehovet är ventilationsflöde. Högre ventilationsflöde kräver mer energi och i denna undersökning valdes det lägsta flödet.

Energibehovet är förhållandevis stort t ex i förhållande till BBRs krav och det kan vara en anledning till att man inte väljer att befukta för att uppnå relativ fuktighet i det optimala området, då det anses dyrt eller att man inte ser någon ekonomisk vinst. Man bör förstå att hälsoeffekterna minskar. Detta leder till

bland annat minskade sjukvårdskostnader. I Storbritannien, som tidigare skrivits, uppskattades att infektioner av smittning via luften har vårdnadskostnader mellan 1–2 miljarder kronor varje år. Staten skulle kunna bidra med att hjälpa till att förbättra inomhusklimatet för att minska vårdnadskostnaderna. Staten har exempelvis gett investeringsstöd för att ställa om energisystemet genom solceller och precis som detta kan staten bidra till att förbättra inomhusklimatet.

Enligt en rapport från Folkhälsomyndigheten (2017) har mögel varit ett vanligt inomhusmiljöproblem sedan 1970-talet och är en faktor till ohälsa. Många studier har påvisat detta samband och ger upphov till mikrobiell påväxt på byggmaterial. I ett faktablad (Centrum för arbets- och miljömedicin, 2015) nämns bl a att ”konstgjord luftbefeuktning skulle kunna motiveras vintertid för att motverka uttorkning av slemhinnor och hud men är dyrbart och riskabelt på grund av faran för mikrobiell tillväxt i befuktningsanläggningen. Tillförsel av fukt medför risker för fuktskador och kvalstertillväxt.” Om befuktning sker okontrollerat finns det risk för att materialet inomhus skadas och på så sätt ge upphov till ohälsa inomhus. Även om våra beräkningar visar att befuktning är bra för att reglera nivån på den relativa fuktigheten inomhus som bidrar till minskade hälsoeffekter, är ovannämnda problem något man bör ta hänsyn till vid användning. Även legionellatillväxt bör beaktas och kontrollrutiner kan vara lämpliga att sammanställa.

Energibehovet som har beräknats visar att den relativa fuktigheten höjs till det önskade värdet under 24 timmar av dygnet. För att minska energibehovet kan åtgärder vidtas endast då människor vistas i rummet och därmed blir energibehovet lägre. Hur en intermittent uppfuktning kan påverka ev. tillväxt av olika organismer bör även undersökas.

I denna undersökning användes värden för fukttillskott i bostäder. Figur 2 i avsnitt 3.1 visar figuren att den relativa fuktigheten i kontor har lägre värden än bostad vilket gör att det krävs mer befuktning för att höja relativa fuktigheten till det studerade området. Därmed kommer det önskade fukttillskottet bli större än det som beräknats. Detta påverkar även energibehovet då mer energi krävs.

En viktig faktor för att klara av kraven är fukttillskottet och hur stort det maximala fukttillskottet är beror på typ av material i väggen. Därför bör en utvärdering göras för att se hur mycket väggen klarar av innan ett maximalt värde bestäms.

Examensarbetets begränsning i tid har inneburit att ett begränsat urval av artiklar har sammanställts. Det finns fler studier som bör beaktas i detta sammanhang och som då kan påverka vad man kommer fram till i litteraturstudien.

6 Slutsatser

Litteraturstudien visade att relativa fuktigheter kan bidra till hälsoeffekter. Virus och bakterie organismer har olika överlevnadsförutsättningar i olika relativa fuktigheter. Varje organism påverkas olika och måste studeras för att avgöra ett optimalt område för just den organismen. De flesta organismer hade bra överlevnad i riktigt låga och höga relativa fuktigheter. Genom att studera de olika parametrarna för hälsorisker sammanfattades de studerade artiklarna med ett grovt generellt område där hälsoriskerna var som minst till mellan relativa fuktigheter ca 40–45%. En slutsats som kan dras från de studerade artiklarna är även att framförallt höga relativa luftfuktigheter bör generellt undvikas. Men det är många faktorer som påverkar den relativa fuktighetens inverkan och det är bland annat temperatur och ventilationsflöde. Även individer har olika känslighet och symptom och behöver därmed anpassa sig för det optimala området för just den parametern.

De olika scenarierna visade att endast temperatursänkning och befuktning inte klarar av de krav som ställts av Boverket och Folkhälsomyndigheten på innetemperatur och fuktillskott. Genom att kombinera både temperatursänkning och befuktning uppnår Malmö kraven men däremot inte Kiruna. Det krävs inte lika mycket befuktning då det kombineras med temperatursänkning och därmed sparas mycket energi men det måste tas hänsyn till att temperatursänkningen kan leda till hälsoeffekter, då litteraturstudien visade att överlevnaden för virus och bakterier är bättre vid lägre temperaturer. Vid temperatursänkning motverkar åtgärderna befuktning och temperatursänkning varandra.

Referenser

Abusharha, A. A., & Pearce, E. I. (2013). *The effect of low humidity on the human tear film*. Glasgow Caledonian University, Glasgow, UK. Elsevier Ltd.

Aminul, I., Atsuo, I. & Takanori, N. (2020). *Influence of temperature and humidity on the dynamics of aerosol numbers and airborne bacteria in a dairy calf house*. Elsevier Ltd.

Andersen, I., G.R. Lundqvist, P.L. Jensen, and D.F. Proctor. 1974. *Human response to 78-hour exposure to dry air*. Archives of Environmental Health: An International Journal 29(6):319–24.

Andersen, I., Lundqvist, G. R., and Molhave, L. (1976). *The effect of air humidity and sulphur dioxide on formaldehyde emissions from a construction material (chipboard)*. Holzforsch. Holzeerwert. 28: 120-121.

Anthony, V. A., Elia M. S., Judith H. B. & Theodor D. S. (1986). *Indirect Health Effects of Relative Humidity in Indoor Environments*. National Institute of Environmental Health Sciences. National Institutes of Health. Department of Health, Education and Welfare.

Arciniega, J. C., J. C. Wojtowicz, E. M. Mohamed, & J. P. McCulley. (2011). *Changes in the evaporation rate of tear film after digital expression of meibomian glands in patients with and without dry eye*. Ophthalmology, Univ Texas Southwestern Medical Center, Dallas, Texas. assoc research vision ophthalmology inc.

Arfvidsson, J. Harderup, L.E. & Samuelson, I. (2017). *Fukthandboken*. Lund, Lunds Tekniska Högskola (LTH).

Arlian, L. G., Bernstein, I. L. & Gallagher, J. S. (1982). *The prevalence of house dust mites, Dermatophagoides spp, and associated environmental conditions in homes in Ohio*. Wright State University. University of Cincinnati Medical Center.

Arlian, L. G., Confer, P. D., Rapp, C. M., Diann, L. V-M. & Chang, J. C. S. (1998). *Population Dynamics of the House Dust Mites Dermatophagoides farinae, D. pteronyssinus, and Euroglyphus maynei (Acari: Pyroglyphidae) at Specific Relative Humidities*. Wright State University.

Bagge, H. & Johannson, D. (2019). *Hygrotermiska förhållanden i inomhusluften – inneklimatmodell, referensdata och pc-program*. SBUF ID:12538.

Bergström, T. (2010). *Virusinfektioner: Klinik, diagnostik, profylax, behandling*. National Encyklopedin Corpus-Gullers.

Boverkets byggregler, BBR (2011:6). *6 Hygien, Hälsa och miljö*.

Burström, P.G. (2006). *Byggnadsmaterial*. Lund, Lunds Tekniska Högskola (LTH).

Byung, U. L., Sun, H. Y., Jae, H. J. & Gwi-Nam, B. (2010). *Effect of relative humidity and variation of particle number size distribution on the inactivation effectiveness of airborne silver nanoparticles against bacteria bioaerosols deposited on a filter*. Konkuk University. Korea Institute of Science and Technology.

Centrum för arbets- och miljömedicin. (2015). Hälsobesvär av inomhusmiljön. Ett faktablad från centrum för arbets- och miljömedicin. Stockholms läns landsting.

Chan KH, et al. (2011). *The effects of temperature and relative humidity on the viability of the SARS coronavirus*. Advances in Virology. 2011, Vol. 2011, p1-7. 7p. 2 Charts, 3 Graphs.

Charpin, D., J. Kleisbauer, A. Lanteaume, H. Razzouk, D. Vervloet, M. Toumi, F. Faraj, and J. Charpin. 1988. *Asthma and allergy to housedust mites in populations living in high altitudes*. CHEST Journal 93(4):758–61.

Chew, F. T., Doraisingham, S., Ling, A. E. Kumarasinghe, G. & Lee, B. W. (1998). *Seasonal trends of viral respiratory tract infections in the tropics*. Epidemiology and Infection. 121(1):121-128. Cambridge University Press.

Chou, T-C., Lin, K-H., Sheu, H-M., Su, S-B., Lee, C-W., Guo, H-R., Wu, T-N. & Chang, H-Y. (2007). *Alterations in health examination items and skin symptoms from exposure to ultra-low humidity*. International Archives of Occupational and Environmental Health. 80(4):290-297.

Couch, R. B. (1981). *Viruses and indoor air pollution*. PLoS ONE. 6/19/2020, Vol. 15 Issue 6, p1-18.

Dannemiller, K. C., Weschler, C. J. & Peccia, J. (2016). *Fungal and bacterial growth in floor dust at elevated relative humidity levels*. Indoor Air. Mar2017, Vol. 27 Issue 2, p354-363.

Dordrecht, S. (2014). *Latent Heat of Vaporization/Condensation*. Research and Design Center (RDC) Snow and Avalanche Study. Establishment, Himparishar, India.

Dunklin, E. W. & Puck, T. T. (1948). *The lethal effect of relative humidity on air-borne bacteria*. The Journal of experimental medicine [J Exp Med] 1948 Feb 01; Vol. 87 (2), pp. 87-101.

Ezeonu, I., J. Noble, R. Simmons, D. Price, S. Crow & D. Ahearn. (1994). *Effect of relative humidity on fungal colonization of fiberglass insulation*. Applied and Environmental Microbiology. (Applied and Environmental Microbiology, 1994 Jun, 60(6):2149-2151).

Fletcher, L. (2004). *The influence of relative humidity on the UV susceptibility of airborne gram negative bacteria*. Aerobiology Research Group, School of Civil Engineering, University of Leeds, Leeds, LS2 9JT, UK.

Folkhälsomyndigheten (2014). *Folkhälsomyndighetens allmänna råd om ventilation*. ISSN 2001-7804. Tryck: Elanders Sverige AB.

Folkhälsomyndigheten (2017). *Miljöhälsorapport 2017*. Artikelnummer: 02096-2016. Tryck: Taberg Media Group, Taberg 2017. [Online]

Folkhälsomyndigheten, (2020a). *Sjukdomsinformation om coronavirus inklusive sars, mers och covid-19*.

Senast uppdaterad: 2020-03-19

<https://www.folkhalsomyndigheten.se/smittskydd-beredskap/smittsamma-sjukdomar/coronavirus/>

Folkhälsomyndigheten, (2020b). *Frågor och svar om covid-19 (coronavirus)*.

Senast uppdaterad: 2020-03-24

<https://www.folkhalsomyndigheten.se/smittskydd-beredskap/utbrott/aktuella-utbrott/covid-19/fragor-och-svar/>

Gary, W. D., Richard, A. G., John, A. S. & Robert, L. F. (1970). *Effect of relative humidity on dynamic aerosols of adenovirus 12*. National Institute of Environmental Health Sciences. National Institutes of Health. Department of Health, Education and Welfare.

- Gravesen, S. (1979). *Fungi as a cause of allergic disease*. Wiley-Blackwell, Denmark.
- Green, G. H. (1975). *The effect of indoor relative humidity on absenteeism and colds in schools*. National Institutes of Health. Department of Health, Education and Welfare.
- Gregory, P. H. & Lacey M. E. (1963). *Liberation of spores from mouldy hay*. Transactions of the British Mycological Society.
- Grøntoft, T., and M.R. Raychaudhuri. 2004. *Compilation of tables of surface deposition velocities for O₃, NO₂ and SO₂ to a range of indoor surfaces*. Atmospheric Environment 38(4):533–44.
- Gupta, K. C., Ulsamer, A. G., and Preuss, P. W. (1982). *Formaldehyde in indoor air: sources and toxicity*. Environ. Int. 8: 349-358.
- Gwaltney, J. M. (1980). *Epidemiology of the common cold*. New York Academy of Sciences.
- Hans, J. H. T., Nicole, A., Toom, L., Burggraaf, A., Stolz, E. & Marc, F. M. (1993). *Influence of Temperature and Relative Humidity on the Survival of Chlamydia pneumoniae in Aerosols*. American Society for Microbiology.
- Harper, G. J. (1961). *Airborne microorganisms: survival tests with four viruses*. Taylor & Francis Ltd.
- Hemmes, J. H., Winkler, K. C., & Kool, S. M. (1960). *Virus survival as a seasonal factor in influenza and poliomyelitis*. Nature Publishing Group.
- Hemmes, J. H., Winkler, K. C. & Kool, S. M. (1962). *Virus survival as a seasonal factor in influenza and poliomyelitis*. Nature Publishing Group.
- Hälsobesvär av inomhusmiljön (2015). Centrum för arbets- och miljömedicin. Stockholms län landsting.
- James, D. J., Steven, C. T., Morgan, C. N., Rebecca, K. B., Taylor, G. H., Julene, B. J., Bryce, A. K., Taylor, S. O., Ryan, B. C., Dennis, L. E. K. & Scott W. (2016). *Evaporative Cooler Use Influences Temporal Indoor Relative Humidity but Not Dust Mite Allergen Levels in Homes in a Semi-Arid Climate*. Department of Health Science, Brigham Young University, Provo, Utah, United States of America.

Knight, V. (1980). *Viruses as agents of airborne contamination*. New York Academy of Sciences.

Korsgaard, J. (1982). *Preventive measures in house-dust allergy*. Wiley-Blackwell.

Langmuir, A. D. (1980). *Changing concepts of airborne infection of acute contagious diseases: a reconsideration of classic epidemiologic theories*. New York Academy of Sciences.

Lester, W. (1948). *The influence of relative humidity on the infectivity of airborne influenza A virus (pre-strain)*. From the Department of Medicine, The University of Chicago, Chicago.

Livsmedelsverket, (2020). *Virus*.

Senast granskad: 2020-06-10

<https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/bakterier-virus-parasiter-och-mogelsvampar1/virus>

Lim, Y. K., Kweon, O. J., Kim, H. R., Kim, T-H. & Lee, M-K. (2019). *Clinical Features, Epidemiology, and Climatic Impact of Genotype-specific Human Metapneumovirus Infections: Long-term Surveillance of Hospitalized Patients in South Korea*. Clinical Infectious Diseases.

Lopez, G.U., C.P. Gerba, A.H. Tamimi, M. Kitajima, S.L. Maxwell, & J.B. Rose. (2013). *Transfer efficiency of bacteria and viruses from porous and nonporous fomites to fingers under different relative humidity conditions*. American Society for Microbiology.

Lowen, A.C., S. Mubareka, J. Steel, & P. Palese (2007). *Influenza virus transmission is dependent on relative humidity and temperature*. Department of Microbiology, Mount Sinai School of Medicine, New York.

Mannaa, M. och Kim K. D. (2018). *Biocontrol Activity of Volatile-Producing Bacillus megaterium and Pseudomonas protegens Against Aspergillus and Penicillium spp. Predominant in Stored Rice Grains: Study II*. Taylor & Francis Group.

Meteonorm datorprogram. *Standardklimat – Temperatur och relativ fuktighet*
www.meteonorm.com

McCulley, J. P., J. D. Aronowicz, E. Uchiyama, W. E. Shine, & I. A. Butovich. (2006). *Correlations in a change in aqueous tear evaporation with a change in relative humidity and the impact*. Elsevier Science.

Moffet, H. L. (1980). *Clinical Microbiology*. Lippincott Williams and Wilkins; 2nd Revised edition.

Mueller, F, Loeb, L., and Maper, W H. (1973). *Decomposition rates of ozone in living areas*. Environmental Science & Technology.

Munir, A., Björkstén, B., Einarsson, R., Ekstrand-Tobin, A., Möller, C., Warner, A. & Kjellman, N. I. (1995). *Mite allergens in relation to home conditions and sensitization of asthmatic children from three climatic regions*. Departments of Pediatrics, University Hospital, Linköping, Umeå, and Helsingborg, and Swedish National Testing and Research Institute, Borås, Sweden.

Murray, A. B., & Zuk, P. (1979). *The seasonal variation in a population of housedust mites in a North American city*. Department of Paediatrics, University of British Columbia, and Agriculture Canada, Vancouver, B. C., Canada.

Nevalainen, A., Jantunen, M. J., Pasanen, A.-L., Niininen, M., Reponen, T. & Kalliokoski P. (1991). *The indoor air quality of Finnish homes with mold problems*. National Public Health Institute, Department of Environmental Hygiene and Toxicology, SF-70211 Kuopio, Finland.

Onozuka, D., M. Hashizume, & A. Hagihara. (2009). *Impact of weather factors on mycoplasma pneumoniae pneumonia*. British Medical Assn.

Pasanen, A. L., Pasanen, P., Jantunen, M. J. & Kalliokoski, P. (1991). *Significance of air humidity and air velocity for fungal spore release into the air*. University of Kuopio, Department of Environmental Sciences, P.O.B. 6, SF-70211 Kuopio, Finland.

Prel,J-P., Puppe, W., Gröndahl, B., Knuf, M., Weigl, J. A. I., Schaaff, F. & Schmitt, H-J. (2009). *Are Meteorological Parameters Associated with Acute Respiratory Tract Infections?* Clinical Infectious Diseases.

Robert D. B. & Charles L. F. (1960). *The Influence of Temperature and Relative Humidity on Growth and Survival of Silage Fungi*. Taylor & Francis, Ltd.

Sale, C. S. (1972). *Humidification to reduce respiratory illnesses in nursery school children*. Southern Medical Journal.

Sandin, K. (2010). *Praktisk Byggnadsfysik*. Lund, Lunds Tekniska Högskola (LTH).

Sataloff, J., & Menduke, H. (1963). *Humidity studies and respiratory infections in a public school*. Sage Publications.

Schaffer, E. L., Soergel, M. E., & Straube, D. C. (1976). *Survival of airborne influenza virus: effects of propagating host, relative humidity, and composition of spray fluids*. Archives of Virology.

Schulman, J. L., & Kilbourne, E. D. (1962). *Airborne transmission of influenza virus infection in mice*. Nature Publishing Group.

Smedje, G., D. Norback, & C. Edling. (1997). *Asthma among secondary schoolchildren in relation to the school environment*. Clinical & Experimental Allergy.

Sunwoo, Y., Chou, C., Takeshita, J., Murakami, M. & Tochiara, Y. (2006). *Physiological and subjective responses to low relative humidity*. Journal of physiological anthropology.

Tuula, H. (1996). *Health effects of indoor-air microorganisms*. Scandinavian Journal of Work, Environment & Health.

Valuntaitė, V., Šerevičienė, V., Girgždienė, R. & Paliulis, D. (2012). *Journal of Environmental Engineering & Landscape Management*. Vol. 20 Issue 1, p35-41. Vilnius Gediminas Technical University.

Warfvinge, C. & Dahlblom, M. (2010). *Projektering av VVS-installationer*. Lund, Lunds Tekniska Högskola (LTH).

Wells, W. F., & Zappasodi, P. (1942). *The Effect of Humidity on Beta Streptococci (Group C) Atomized into Air* Author. American Association for the Advancement of Science.

Wozniak-Kosek, A., Kosek, J. & Zielnik-Jurkiewicz, B. (2014). *Respiratory Infections*. Institute of Psychology, Opole University Poland.

Wright, D. N., Bailey, G. D., & Hutch, M. J. (1968). *Survival of airborne mycoplasma as affected by relative humidity*. American Society for Microbiology.

Wyon, D. P., Fang, L., Lagercrantz, L., & Fanger, P. O. (2006). *Experimental determination of the limiting criteria for human exposure to low winter humidity indoors (RP-1160)*. HVAC&R Research.

Zhang, Y., Chen, M., Zhang, Z., Jiang, Z., Shangguan, W. & Einaga, H. (2019). *Catalysis Today*. Vol. 327, p323-333. ScienceDirect Freedom Collection 2018 (BIBSAM).

Zhao Y. & Chen, M. (2012). *Effects of Temperature, Relative Humidity, Absolute Humidity, and Evaporation Potential on Survival of Airborne Gumboro Vaccine Virus*. American Society for Microbiology.

Zoberi, M. H. (1961). *Take-off of mold spores in relation to wind speed and humidity*. Oxford University Press.