

Låga nivåer på relativ luftfuktighet och inomhusklimat

- Hälsoeffekter samt effekter på
mikroorganismers överlevnad

Welat Han



Låga nivåer på relativ luftfuktighet och inomhusklimat

Hälsoeffekter samt effekter på mikroorganismers överlevnad

Welat Han

Examensarbete

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

© Welat Han

ISRN LUTVDG/TVIT—21/5083—SE(115)

Avdelning för Installationsteknik

Institutionen för bygg- och miljöteknologi

Lunds tekniska högskola

Lunds universitet

Box 118

221 00 LUND

Sammanfattning

- Titel:** Låga nivåer på relativ luftfuktighet och inomhusklimat
- Hälsoeffekter samt effekter på mikroorganismers överlevnad
- Författare:** Welat Han
- Handledare:** Birgitta Nordquist. Institutionen för bygg- och miljöteknologi. Avdelningen för Installations- och klimatiseringslära. Lunds tekniska högskola.

Elvis Kokot & Timo Schreck. Swegon.
- Examinator:** Dennis Johansson. Institutionen för bygg- och miljöteknologi. Avdelningen för Installations- och klimatiseringslära. Lunds tekniska högskola.
- Problemställning:** Vad händer vid låga relativa luftfuktighetsnivåer och vilka nivåer bör man åstadkomma?
- Syfte:** Skapa en förståelse av vad som sker vid låga relativa luftfuktighetsnivåer och hur människan påverkas vid dessa nivåer. Vidare ska det även skapas en förståelse för vid vilka RF-nivåer befuktning eventuellt kan vara en lämplig åtgärd med beaktande av de fuktrelaterade risker som kan uppstå.
- Metod(er):** Examensarbetet är en litteraturstudie som har utgått från främst databaserna LUBsearch och Google Scholar. Vidare har beräkningar genomförts för att redovisa under hur lång tid av året det är låga luftfuktighetsnivåer inomhus. Varaktighetsdiagrammen kan användas som underlag för att fastställa under vilka perioder inneklimatet eventuellt behöver befuktas för att uppnå en viss RF-nivå.
- Slutsatser:** Det mest optimala intervallet för RF inomhus utifrån de refererade studierna är cirka 35–55 %. RF rekommenderas att vara minst 35 % för att inte utsätta hälsan för några negativa risker såsom torrhetssymptom. Vidare är AF (absolut vatteninnehåll, g/m³) en bättre faktor att studera vid undersökningar på mikroorganismers överlevnad vid olika RF-nivåer. Däremot kan RF vara mer användbar vid undersökningar på människors hälsa då även temperaturen har betydelse för hur kroppen reagerar.

Nyckelord:

Relativ luftfuktighet, RF, absolut fuktighet, AF, luftkvalité, inomhusklimat, hälsoeffekter, hälsosymptom, influensa, legionella, vanlig förkylning, vinterkräksjuka.

Abstract

- Title:** Low levels of relative humidity and indoor climate
- Health effects and effects on the survival of microorganisms
- Author:** Welat Han
- Supervisor:** Birgitta Nordquist. Department of Building and Environmental Technology. Division of Building Services. Lund University.

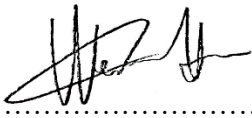
Elvis Kokot & Timo Schreck. Swegon.
- Examiner:** Dennis Johansson. Department of Building and Environmental Technology. Division of Building Services. Lund University.
- Problem:** What happens at low relative humidity levels and what levels should be achieved?
- Purpose:** Create an understanding of what happens at low relative humidity levels and how humans are affected at these levels. Furthermore, an understanding of which RH-levels humidification may be an appropriate measure considering the moisture related risks that may occur.
- Method:** The thesis is a literature study that has been based primarily on the databases of LUBsearch and Google Scholar. Calculations have been carried out to report for how long time in the space of a year there are low humidity levels indoors. The duration charts can be used as a basis for determining during which periods indoor climate may be humidified to achieve a certain RH-level.
- Conclusion:** The most optimal range for indoor RH based on the referenced studies is approximately 35–55 %. RH is recommended to be at least 35 % to not expose the human health to any negative risks such as dryness symptoms. AH (absolute water content, g/m^3) is a better factor to study in studies on the survival of microorganisms at different RH-levels. On the other hand, RH can be more useful in studies on human health as temperature is also important for how the body reacts.
- Keyword:** Relative humidity, RH, absolute humidity, AH, air quality, indoor climate, health effects, health symptoms, influenza, legionella, common cold, winter vomiting disease.

Förord

Detta examensarbete utgör min slutliga del av civilingenjörsutbildningen i väg- och vattenbyggnad vid Lunds tekniska högskola. Arbetet motsvarar 30 högskolepoäng och har utförts i samarbete med Swegon under våren 2021.

Jag vill först och främst framföra ett stort tack till min handledare Birgitta Nordquist som har bidragit med värdefulla kunskaper och stöttning genom hela arbetet trots rådande omständigheter. Jag vill även visa min tacksamhet till Dennis Johansson, Elvis Kokot och Timo Schreck på Swegon som har bidragit med sitt intresse och engagemang i ett värdefullt samarbete. Slutligen vill jag tacka min familj och mina vänner för allt stöd längs vägen.

Lund i maj 2021



.....

Welat Han

Innehållsförteckning

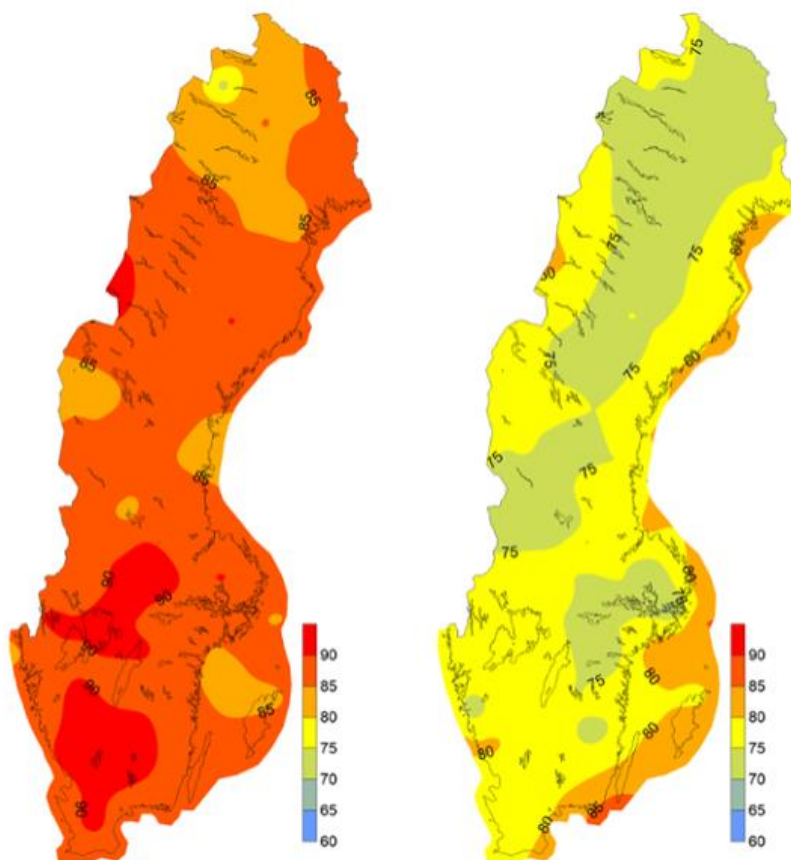
Sammanfattning.....	i
Abstract	iii
Förord	iv
1 Inledning.....	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte och mål.....	6
1.3 Metod.....	7
1.4 Avgränsningar	10
2 Litteratur	11
2.1 Låga RF-nivåers inverkan på människan	12
2.1.1 Medicinska undersökningar (mätt).....	13
2.1.2 Enkätundersökningar (hur människor upplever det)	19
2.2 Mikroorganismers överlevnad.....	25
2.2.1 Influenzavirus	25
2.2.2 Legionella	30
2.2.3 Vanlig förkylning	33
2.2.4 Vinterkräksjuka	35
2.3 Höga RF-nivåer	39
2.4 Sammanställning	45
3 Beräkning av relativ luftfuktighet och absolut fuktighet i Malmö, Stockholm och Kiruna.....	53
3.1 Kiruna.....	56
3.1.1 Förutsättning.....	56
3.1.2 Bostäder.....	57
3.1.3 Kontor.....	63
3.2 Malmö.....	70
3.2.1 Förutsättning.....	70
3.2.2 Bostäder.....	71
3.2.3 Kontor.....	76
3.3 Stockholm.....	83
3.3.1 Förutsättning.....	83
3.3.2 Bostäder.....	84
3.3.3 Kontor.....	89
4 Diskussion och slutsatser.....	97
4.1 Litteraturstudie	97
4.2 Beräkningsstudie	100
4.3 Sammanförande diskussion	100
4.4 Slutsatser.....	101
Referenser.....	103

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Relativ luftfuktighet, RF, är en term inom byggsektorn som procentuellt beskriver hur mycket fukt luften innehåller (aktuell ånghalt) i förhållande till mängden fukt som luften klarar av vid en viss temperatur innan kondens inträffar (mättnadsånghalt). Ju högre temperaturen är desto mer fukt klarar luften av att bära. Olika faktorer som påverkar RF-nivån är bland annat årstid, utomhustemperatur samt ifall mätningen görs inomhus eller utomhus (Arfvidsson, Harderup & Samuelson 2017). På vintern är utomhustemperaturen lägre vilket innebär att luften inte klarar av att bära lika mycket fukt. Detta gör så att den procentuella RF-nivån blir högre utomhus medan den blir lägre inomhus, vilket beror på att inomhustemperaturen är högre än utomhustemperaturen, även om vatteninnehållet är högre i inomhusluften. På sommaren är det tvärtom, utetemperaturen är högre än inomhustemperaturen och RF inomhus blir därmed högre.

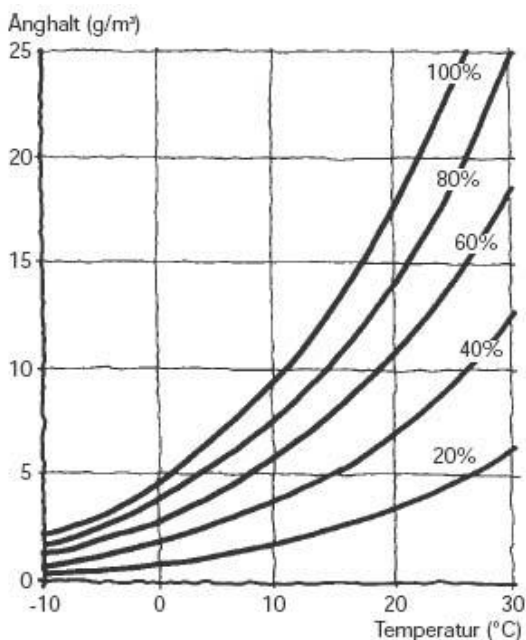
I figur 1 illustreras hur RF utomhus förhåller sig till landets olika delar under olika perioder. De angivna värdena är procentuella medelvärden under en månad på RF från år 1996 till 2020. Den vänstra bilden visar RF utomhus under januari månad där RF är ungefär 85–95 % i hela landet. Den högra bilden anger för juli månad där RF är cirka 70–80 % i stora delar av landet. Vid kusten är den relativa fuktigheten högre än i inlandet under juli. Detta beror på att havet kyler kustområdena på sommaren samt havets avdunstning som sänker RF-nivån (SMHI 2020).



Figur 1 Medelvärde på RF (%) ute från år 1996 till 2020 under januari (vänster) och juli (höger) månad (SMHI 2020).

Förhållandet mellan RF, ånghalt och mätnadsånghalt anges av ekvation 1. Detta illustreras även i figur 2.

$$RF = \frac{\text{aktuell ånghalt, } v}{\text{mätnadsånghalt, } v_s(T)} \quad [\%] \quad (1)$$

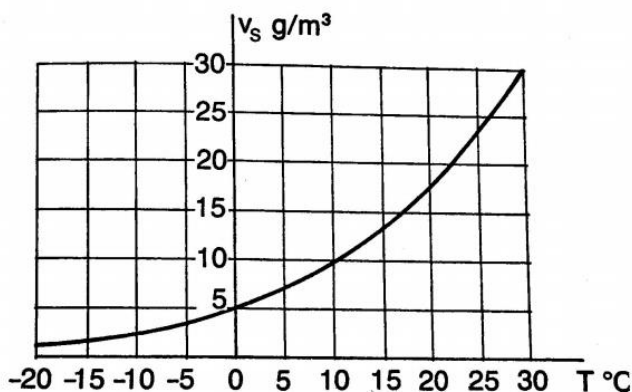


Figur 2 Sambandet mellan RF (%), temperatur (°C) och ånghalt (g/m³) (Arfvidsson, Harderup & Samuelson 2017).

Aktuell ånghalt anger mängden vattenånga som finns i luften och är inte temperaturberoende. Det är det samma som ibland i litteraturen kallas absolut fuktighet (AF) som i fortsättningen kommer att användas under litteraturstudien. Enheten på AF kan beskrivas på olika sätt och för att enklare jämföra studierna med varandra har enheten g/m³ valts att användas i denna litteraturstudie. I de fall där enheten g/kg används för AF, kan det omvandlas till g/m³ genom att värden i g/m³ multipliceras med luftens densitet som är 1,2 kg/m³.

Mätnadsånghalten, v_s , är ett tabellvärde (alternativt beräknas med hjälp av ekvation 2 (Johansson 2010)) som varierar med temperaturen och har enheten g/m³. Det är den maximala ånghalten som luften kan ha vid en viss temperatur och i figur 3 illustreras sambandet mellan mätnadsånghalt och temperatur (Arfvidsson, Harderup & Samuelson 2017).

$$v_s = 4,7815706 + 0,34597292 \cdot T + 0,0099365776 \cdot T^2 + 0,00015612096 \cdot T^3 + 0,0000019830825 \cdot T^4 + 0,000000015773396 \cdot T^5 \quad (2)$$



Figur 3 Hur mättadsånghalten (g/m^3) varierar med temperaturen ($^\circ\text{C}$) (Arfvidsson et al. 2017).

Inomhus tillförs fukt från människor och verksamhet, vilket benämns som fuktillskott v_{FT} . Detta innebär att vatteninnehållet i inomhusluften är summan av vatteninnehåll i utomhusluften och fuktillskottet. Vilken relativ luftfuktighet som uppstår inne styrs alltså av vilket vatteninnehåll som finns i luften ute, samt fuktillskottet som tillkommer av värme- och fuktlast och luftflödet som beror på ventilationen. Variationen av ånghalten utomhus varierar med årstid och ort, vilket illustreras i figur 4. Luftflödet påverkar RF eftersom med ett stort fuktillskott och litet luftflöde blir skillnaden mellan inne och ute stor. Har man däremot lågt fuktillskott och stort luftflöde ger det knapp någon skillnad. Det har betydelse för är det mycket människor blir fuktillskottet stort och detta tillsammans med stora luftflöden har inverkan på vilken fuktnivå det blir inomhus. I Boverkets Byggregler (2020) anges ett lägsta uteluftsflödeskrav på $0,35 \text{ l/s m}^2$ golvyta som ska uppnås i alla byggnader. Detta motsvarar vid rumshöjden $2,5 \text{ m}$ för en luftomsättning på $0,5 \text{ oms/h}$. I kontor rekommenderas ett större uteluftsflöde på $7 \text{ l/s person} + 0,35 \text{ l/s m}^2$ golv (Arbetsmiljöverket, 2020).

I ekvation 3 redovisas hur ånghalten inomhus varierar med fuktproduktionen och ifall fuktproduktionen är konstant kan det förenklas till ekvation 4.

$$v_i = v_e + \frac{G}{n \cdot V} \cdot (1 - e^{-n \cdot t}) \quad (3)$$

där v_i = Ånghalt inne [g/m^3]

v_e = Ånghalt ute [g/m^3]

G = Fuktproduktion [g/h]

n = Luftomsättning [oms/h]

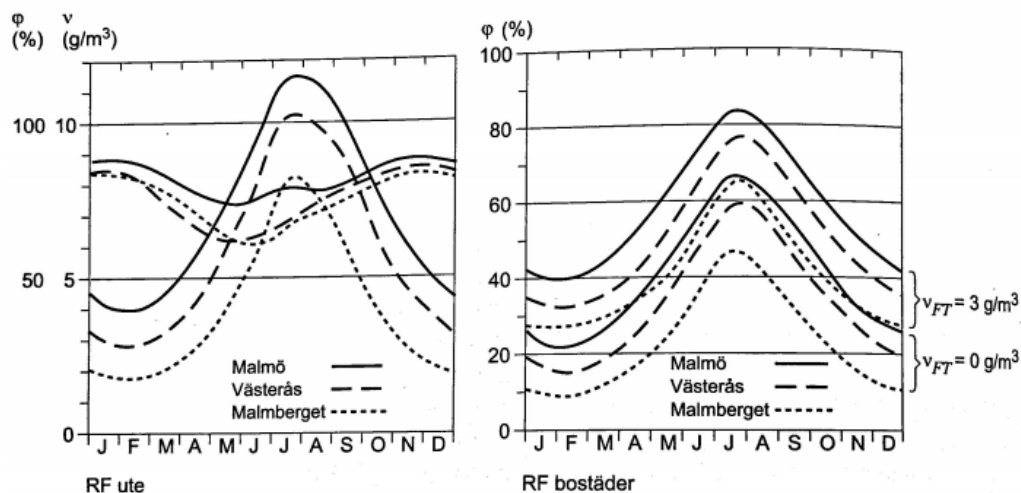
V = Volym [m^3]

t = tiden [s]

$$v_i = v_e + \frac{G}{n \cdot V} = v_e + v_{FT} \quad (4)$$

där v_{FT} är fuktillskottet (Arfvidsson et al. 2017).

$$v_{FT} = v_i - v_e \quad (5)$$



Figur 4 Ånghalt samt RF variation över årstid både ute (höger) och bostäder inne (vänster) för några orter. I den högre figuren anges konstant fukttillskott på 3 g/m^3 (Arfvidsson et al. 2017).

Vid bland annat för höga respektive för låga RF-nivåer kan olika typer av mikroorganismer såsom virus, bakterier, svamp och kvalster trivas (Arundel, Sterling, Biggin & Sterling 1986). Detta kan leda till negativ påverkan för de människor som befinner sig i byggnaden. För att undvika detta och skapa ett gott inomhusklimat är det alltså viktigt att bygga och styra samt skapa ett inomhusklimat utefter vad byggnaden är avsedd för och för människorna som vistas där. Byggnadens användning avgör hur utformning och installation av ventilationssystem ska ske.

Inom byggbranschen finns en konsensus kring att man undviker befuktning generellt på grund av de negativa konsekvenserna som kan uppstå. I Centrum för Arbets- och miljömedicins faktablad om "Hälsobesvär av inomhusmiljön", vid Stockholms läns landsting, sammanfattas området *låg luftfuktighet*, "torr" luft med följande text (2017):

"Människan har god tolerans mot variationer i luftfuktighet, även om idealet ligger i närheten av 40 procent relativ luftfuktighet. Inomhus, i välventilerade byggnader i Stockholmsområdet, brukar luftfuktigheten variera från cirka 60 procent under juli och augusti och ner mot 15 procent under januari och februari. Luftfuktigheten påverkas i första hand av fukttillståndet i utomhusluften. Hudbesvär som klåda, brännande känsla i huden (utan objektiva fynd), nässelutslag samt fjällande dermatit i ansikte, hårbotten och öron har ett tydligt samband med låg relativ luftfuktighet. Konstgjord luftbefuktning 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.

Klagomål på "torr luft" är vanliga i problembyggnader men beror oftast inte på låg luftfuktighet utan på hög temperatur eller på att luften är förorenad av partiklar eller gaser. Luftföroreningarna kan irritera slemhinnorna och ge en upplevelse av att luften känns "torr". Om luften är ren och inte för varm brukar

de flesta människor kunna acceptera den låga luftfuktigheten vintertid. Tillförsel av fukt medför risker för fuktskador och kvalstertillväxt”

För höga RF-nivåer ska givetvis undvikas för att ju mer fukt det tillförs desto större risk är det för tillväxt av mikroorganismer som exempelvis mögel. Det som däremot också är intressant är vad som egentligen händer vid låga luftfuktighetsnivåer, alltså RF i storleksordningen 5–30 %. Låg RF kan möjligen innebära exempelvis torra slemhinnor och torr hud (Gustavsson 2017). Det kan även utgöra gynnsamma förhållanden för vissa mikroorganismer såsom olika typer av virus.

Att uppnå ett ”bra inomhusklimat” med god luftkvalitet har kommit att bli något som man vill eftersträva inom branschen. Detta är en viktig faktor för att åstadkomma en hållbar utveckling. Vet man ett bra värde på RF, innebär det att flera utav framtidens utmaningar gällande inomhusklimat kan övervinnas. Vilket kan ske, eftersom innemiljön då kan styras med bland annat hjälp av olika RF nivåer. Gynnsamma luftfuktighetsnivåer kan variera beroende på vilken organism som undersöks. I denna forskningsrapport studeras de mikroorganismer som verkligen anses generera samhällskostnader i nordiskt perspektiv, det vill säga influensa, vinterkräxsjuka, vanlig förkylning och legionella.

1.2 Syfte och mål

Syftet med rapporten är att skapa en förståelse av vad som sker vid låga relativa luftfuktighetsnivåer och hur människan påverkas vid dessa nivåer. Vidare ska det även skapas en förståelse för vid vilka RF-nivåer befuktning eventuellt kan vara en lämplig åtgärd. Om rätt befuktningnivå skapas kan det användas som underlag till eventuell lämplig styrning av rummets RF och därigenom uppnå ett bra inomhusklimat.

Forskning kommer att utföras utefter frågeställningarna som ställs nedan.

- Hur påverkas människan när RF är lågt och det är fysikaliskt torrt inomhusklimat?
- Vilka erfarenheter har man gjort av påverkan på människan vid aktiv befuktning, både subjektivt upplevd via enkäter samt objektivt i form av medicinska undersökningar?
- Finns det studier som har studerat eventuell legionellaförekomst vid aktiv befuktning?
- Finns det någon lämplig lägsta nivå för RF där virus (vinterkräxsjuka, influensa och vanlig förkylning) och legionella inte trivs mer?
- Vilka halter/intervaller på RF är lämpligt för människans välmående?
- Hur stor del av året bör befuktning eventuellt ske i olika delar av landet och vilken nivå vill man uppnå under perioden?

1.3 Metod

Forskningen kommer att baseras på litteraturstudier och är planerad att genomföras i tre delar. Metoden är baserad utefter gjorda avgränsningar som tas upp i senare avsnitt.

Inledningsvis i analysen görs en litteraturstudie med fokus på låga relativa luftfuktigheter och sedan analyseras det vidare om vad som händer under dessa nivåer, hur människan och mikroorganismer påverkas. Målsättningen är att ta reda på redan tillgänglig information för att därefter ta fram vilka fuktighetsnivåer som bör uppnås där virus och andra organismer inte trivs. Analysen kommer sedan att stödjas med värden på olika RF-nivåer för olika virus och bakterier som tas upp i rapporten. Det ses över hur mycket forskning det finns kring hur mycket luftfuktigheten inomhus bör vara i termer av RF (%) och vatteninnehåll (g/m^3) för att olika mikroorganismer inte ska trivas.

Urvalet av litteraturstudier har gjorts utifrån att hitta studier av både människans upplevelse samt medicinska studier. Studier utifrån människans upplevelse består av subjektiv självrapportering i enkäter, medan de medicinska studierna utgår utifrån fysisk effekt på människan som utförts med medicinsk kompetens och etiskt tillstånd. Vidare ska studier kring hur skötselrutiner för hur hantering av eventuella risker med befuktning kan ske, eftersökas. De olika områdena för luftfuktighetsnivåerna jämförs och för- och nackdelar med virus vid dessa fuktförhållanden beskrivs.

Utefter studierna har ett teoretiskt värde på RF för aktuell organism tagits fram och beräknats för att stödja studierna och analysen. Olika nivåer på RF ger upphov till gynnsamma förhållanden för olika organismer, vilket gör att dessa olika nivåer studeras. Jämförelser mellan Kiruna, Malmö och Stockholm görs med befintliga värden på ånghalter utomhus. Beräkningar utförs på olika fuktillskott, variation av luftflöden för att få fram vatteninnehållet i luften samt dess relativa luftfuktighet. Detta görs för att få värden på vad det rör sig om och under hur lång tid av året det är låga luftfuktighetsnivåer. Vidare används detta som underlag för att fastställa under vilka perioder inneklimatet eventuellt behöver befuktas för att uppnå en viss RF-nivå. Ett varaktighetsdiagram tas fram för flera olika ansatta inomhus RF-nivåer.

I rapporten analyseras samt integreras studier kring effekterna av låga luftfuktighetsnivåer inomhus. Sökningar utförs framför allt i databasen LUBsearch men även Google Scholar i viss mån. Utifrån antalet träffar görs ett källkritiskt urval av relevanta artiklar för studiens sammanfattning. Vidare används funktionen ”Advanced Search” i LUBsearch för ytterligare precision i sökandet. Detta har jag fått hjälp med via en bibliotekarie som jag har haft kontakt med under litteraturstudiens gång. Genom att utgå från källor och författare i artiklar som ansågs vara lämpliga för litteraturstudien, kunde även andra relevanta artiklar identifieras. I till exempel Wolkoffs reviewartikel (2018a) har han sammanställt ett stort antal studier och refererar till flera artiklar. De som jag bedömde relevanta har jag gått vidare och läst för att få en helhetsbild av artiklarna.

Låga nivåer på relativ luftfuktighet och inomhusklimat

I nedanstående tabell, tabell 1, redovisas olika kombinationer och områden på sökträffar samt dess antal.

Tabell 1 Redovisning av sökord som har använts samt antalet träffar i LUBsearch. *Där urval har gjorts.

SÖKORD	Antal träffar
(humidi* OR luftfuktighet* OR "dry air")	484 248
(humidi* OR luftfuktighet* OR "dry air") AND (skola* OR school)	48 929
("low humidi*" OR "låg luftfuktighet*" OR "dry air") AND (skola* OR school)	2 440
("low humidi*" OR "låg luftfuktighet*" OR "dry air") AND (TI(skola* OR school) OR SU(skola* OR school))	16*
("low humidi*" OR "låg luftfuktighet*" OR "dry air") AND (TI(skola* OR school) OR SU(skola* OR school) OR AB (skola* OR school))	43*
(humidi* OR luftfuktighet* OR "dry air") AND (TI(skola* OR school) OR SU(skola* OR school) OR AB (skola* OR school))	2 365
TI(humidi* OR luftfuktighet* OR "dry air") OR SU(humidi* OR luftfuktighet* OR "dry air") AND (TI(skola* OR school) OR SU(skola* OR school) OR AB (skola* OR school))	83 303
health effects dry air	3 278*
AU(Peder Wolkoff)	305*
("low humidi*" OR "låg luftfuktighet*" OR "dry air") AND (kontor* OR office*)	331*
("low humidi*" OR "låg luftfuktighet*" OR "dry air") AND (TI(kontor* OR office*) OR SU(kontor* OR office*))	40*
"high humidi*" OR "hög luftfuktighet"	16 492
"high humidi*" OR "hög luftfuktighet" AND school	1 896
"indoor humidi*" OR "hög luftfuktighet"	993*
"high humidi*" AND "health effects"	25*
"mold growth and humidity"	738*
("low humidi*" OR "låg luftfuktighet*" OR "dry air") AND ("influenza*")	38*
("low humidi*" OR "låg luftfuktighet*" OR "dry air") AND ("influenza virus*")	17*
("low humidi*" OR "låg luftfuktighet*" OR "dry air") AND ("influenza virus")	10*
("humidi*" OR "luftfuktighet*" OR "dry air") AND ("influenza*")	1 834
("humidi*" OR "luftfuktighet*" OR "dry air") AND ("influenza virus*")	633
("humidi*" OR "luftfuktighet*" OR "dry air") AND ("influenza virus")	487*

Låga nivåer på relativ luftfuktighet och inomhusklimat

SÖKORD	Antal träffar
"legionella"	34 241
("humidi*" OR "luftfuktighet" OR "dry air") AND (legionella)	0
"legionella pneumophila"	21 520
("legionella pneumophila") AND ("indoor")	98
("legionella") AND ("indoor")	187
("legionella") AND ("indoor air quality")	20*
("legionella") AND ("health effects")	627*
"cold spells" OR "förkylning"	1 535
"common cold" OR "cold spell*" OR "förkylning"	23 333
("low humidi*" OR "luftfuktighet" OR "dry air") AND ("common cold" OR "cold spell*" OR "förkylning")	12*
("humidi*") AND ("common cold" OR "cold spell*")	245*
("common cold" OR "cold spell*") AND ("health effects")	174*
"calicivirus" OR "vinterkräksjuka"	7 506
("low humidi*" OR "luftfuktighet" OR "dry air") AND ("calicivirus" OR "vinterkräksjuka")	3
("humidi*") AND ("calicivirus")	20*
("low humidi*") AND ("calicivirus")	0
("calicivirus") AND ("health effects")	3

Under arbetsgången märktes också att sökningar för kontorslokaler gav betydligt fler relevanta träffar i jämförelse med skolor. Detta kan bland annat bero på att nuvarande studier har mestadels genomförts på kontorslokaler. Anledningen till att skolor gav många träffar i antal beror främst på att träffarna har med sökordskombinationen att göra. Det vill säga att artiklar med till exempel skolans namn inkluderas i antalet träffar bara namnet nämns i artikeln, vilket inte är relevant eftersom studien inte utförts på skollokalen. Vidare genomfördes sökningarna på engelska och det berodde på att det inte fanns tillräckligt med artiklar på svenska. Detta är ett omfattande ämne som ständigt forskas runt om i världen och man har ännu inte kommit fram till ett enda heltäckande svar, vilket troligen inte går att göra eftersom ett flertal aspekter har betydelse. Således är informationen framför allt på engelska för att kunna hjälpa andra forskare att arbeta vidare på det. Därför finns det betydligt mer relevant information inom det engelska språket än något annat språk, och eftersom engelska är det internationella språket så har sökningarna valts att göras på engelska. Det lades även märke till att svenska forskare skrev sina artiklar på engelska. Däremot valde jag att inkludera svenska sökningar för att examensarbetet skrivs på svenska.

Jag har inte läst alla träffar i sökningarna, utan urvalet på artiklarna baserades på titel samt abstract och om något var intressant har jag då läst det. Urvalsmetoden gick till genom att artikelns titel lästes först för att se ifall det är relevant. Om titeln visades vara intressant gick jag vidare med artikeln och läste sammanfattningen för att få en bättre förståelse av vad forskarna har undersökt i deras studie. Ifall även artikelns abstract har lyft fram viktiga områden som berör denna studie så lästes hela artikeln.

1.4 Avgränsningar

Arbetet har avgränsats till ett nordiskt perspektiv. Detta då de vanligast förekommande mikroorganismerna såsom influensa-virus, vinterkräksjuka, vanlig förkylning och legionella är de mikroorganismer som är relevanta och därmed även de som kommer att studeras. Vidare kommer fokus att läggas på effekter av låga luftfuktighetsnivåerna mellan cirka 5–30 % i jämförelse med högre RF nivåer i lokaltyperna kontor, skolor och/eller ålderdomshem att studeras. Rapporten är endast litteraturbaserad och inga experimentella studier utförs. Däremot sammanställs tidigare forskning där det har genomförts experimentellt på människor med medicinsk kompetens och tillstånd.

Examensarbetet utförs av en civilingenjörstudent med teknisk kompetens. En djupare medicinsk kompetens ingår inte i denna utbildning. Ingenjörer är dock de som utifrån medicinskt kända fakta ska ställa upp kriterier för vad som utgör ett komfortabelt och hälsosamt inomhusklimat för att kunna utforma de tekniska klimatiseringssystemen i en byggnad. De eventuella hälsomässiga effekter som olika klimatförhållanden kan ge på människan måste därför vi som ingenjörer också sätta oss i. Befuktning har under ett antal decennier som tidigare nämnts undvikits i svenska sammanhang. Under den pågående corona-pandemin har dock frågeställningar kring att låga luftfuktigheter inomhus skulle kunna bidra till en ökad smittspridning lyfts. Olika luftfuktigheters eventuella effekter på människan är därför ett område som är värt att skapa sig ökad kunskap om. Detta är en anledning till att detta examensarbete har tillkommit.

I och med att forskning kring ämnet ständigt pågår finns det mycket information att tillgå. Detta examensarbete omfattas därför endast av en liten del av allt material som finns tillgängligt. Den aktiva forskningen gör så att det inte alltid kan ges ett fullständigt svar på vad som är mest lämpligt att utgå ifrån.

2 Litteratur

Under det senaste årtiondet har luftkvaliteten inomhus för olika lokaltyper såsom hus, lägenhet och skolor haft en växande betydelse utifrån hållbarhetsperspektiven hälsa, miljö och ekonomi. I forskningsrapporten kommer endast perspektivet hälsa att beaktas och hur den påverkas av luftfuktigheten utifrån en rad olika sjukdomar.

Påverkan på människan kan dels undersökas genom hur människan rapporterar och upplever det själv och dels genom medicinska undersökningar.

Det bör inledningsvis nämnas att det är inte bara det fysikaliska fuktinnehållet i luften, vilket studeras i denna rapport, som kan påverka människans hälsa. De upplevda reaktionerna som tillkommer vid olika fuktighetsnivåer kan variera och bero på personliga riskfaktorer såsom ålder, kön och kroniska sjukdomar. Enligt Wolkoff (2018b) är det även bra att inkludera psykologiska faktorer, såsom humör och stress, vid undersökningar på människors upplevelse av luftfuktigheten inomhus. Dessa faktorer kan nämligen påverka individernas upplevelse och sedan ge ett ”missvisande” resultat vid enkätundersökningar. Vidare är det bra att ha en kännedom kring vilka partiklar, ämnen och typ av möbler som finns i rummet vilket också kan påverka människans reaktion. Detta eftersom exempelvis en matta av ett specifikt material kan ge upphov till partikelutsläpp och därmed påverka individens reaktion. I studien av Wolkoff (2018b) har det även konstaterats att val av golvbeläggning har en påverkan som relateras till bakterier och virus. I en tidigare studie av Malmberg, Leanderson, Nilsson och Flodin (2000) analyserades konsekvenserna av renovering på en svensk skola i Linköping. Vid renoveringen tog man bort pulveriserade golvpolish från linoleumgolv och genomförde enkätundersökningar med olika frågeställningar både före och efter renoveringen. Undersökningens resultat indikerade att besvären på ögonen, näsan, halsen och nedre luftvägar minskades bland lärarna och eleverna (Malmberg, Leanderson, Nilsson & Flodin 2000). Ett liknande exempel som har lett till positiva hälsokonsekvenser i följd av materialbyte, är när man genomförde ett materialbyte i taket som resulterade till att symptom på ögonen, näsan och ansiktet minskades avsevärt (Wolkoff 2018b).

Upplevelsen av begreppet ”torr luft” är ett återkommande klagomål vid hälsoundersökningar där luftkvaliteten inomhus studeras. Torr luft kan bero på låga luftfuktighetsnivåer och i bland annat kontorsmiljöer är detta ett vanligt problem. I flera studier har det dock även noterats att upplevelsen av torr luft inte enbart orsakas av låga luftfuktighetsnivåer inomhus. Människor rapporterar torr luft vid förekomst av luftföroreningar. Halten av föroreningar i luften kan till exempel bero på byggnadsmaterialet och dess utsläppsprofil vid olika temperaturer och RF-nivåer. Dessa föroreningar irriterar slemhinnor och andningsvägar, och efterliknar symptom som vidkommer vid låga luftfuktighetsnivåer. Människan kan alltså rapportera ”torr luft” även om luften fysikaliskt inte är torr. Hur torr luft sedan förhåller sig till människan, är något som man än idag undersöker och försöker ta fram ett svar på. Forskningen kring olika luftfuktighetsnivåer har blivit ett växande område och det bekräftats mer och mer att luftfuktigheten har en påverkan vid till exempel virusöverlevnad samt virusspridning (Wolkoff 2018a).

2.1 Låga RF-nivåers inverkan på människan

Wolkoffs arbete ”*Indoor air humidity, air quality, and health – An overview*” (2018a) baseras på en sammanställning av ett flertal studier där luftfuktigheten inomhus har studerats. Sju av de artiklar som han har refererat och som är relevanta för arbetet har valts ut och har sedan studerats vidare.

De vanligaste symtomen som rapporteras i kontorsmiljöer är irritation i ögon och övre luftvägar tillsammans med uppfattningen av torr luft. Trots att flera riskfaktorer till orsakssambanden har identifierats, har nuvarande forskning inte kunnat fastställa vad det egentligen beror på. Det finns alltså ett behov av en balanserad samt integrerad analys av påverkan på luftfuktigheten inomhus som förknippas med hälsoproblem. Författaren Wolkoff (2018a) redogör i sin forskningsartikel hur ”långvarig” exponering av låg relativ fuktighet påverkar bland annat hälsan och luftkvalitén inomhus. Flera undersökningar, som har studerat luftkvalitén inomhus i kontorslokaler, konstaterar att låga RF-nivåer (mellan 5–30 %) ger upphov till fler klagomål om upplevd torr luft och irritation i ögon samt övre luftvägar. Författaren nämner i sin studie att interventionsstudier har uppmärksammat att genom ökning av luftfuktighetsnivån har det medfört positiva effekter. Till exempel vid en undersökning på kontorsarbetare ökades RF-nivån från 45 till 50 % och individerna utsattes för detta under en timme. Resultatet visade en signifikant förbättring av ögonens tårfilmsstabilitet och lindrade symtomen torra ögon (Wolkoff 2018a). Enligt tidigare forskning som utförts av Sunwoo, Chou, Takeshita, Murakami och Tochiwara (2006) rekommenderas att RF över 30 % är gynnsamt för att undvika torra ögon och RF över 10 % rekommenderas för att undvika nästorhet (Sunwoo, Chou, Takeshita, Murakami och Tochiwara 2006). Denna forskningsstudies utförande beskrivs mer under avsnitt ”2.1.1. Medicinska undersökningar (mätt)”.

I studien Wolkoff (2018b) uppmärksammas att det har upptäckts skillnader mellan könen vid undersökningar som har genomförts på luftkvalitén inomhus. Vid låga luftfuktighetsförhållanden inomhus (RF mellan 20–30 %) rapporterar kvinnor i allmänhet fler besvär än män. Personer med allergisjukdom är även mer benägna att rapportera symptom på övre luftvägarna under dessa förhållanden. Vidare konstateras det att känsligheten hos slemhinnorna vid låga fuktighetsnivåer ökar med åldern (Wolkoff 2018b), vilket är intressant när det gäller ålderdomshem. Det finns diverse anledningar till att personer rapporterar torra ögon och en anledning är åldern, vilket också indikeras i studien av Wolkoff (2018b). Med ökande ålder är det vanligt att tårproduktionen minskas och hos kvinnor kommer oftast torrheten tidigare beroende på hormonella faktorer (Apotea 2021). Således kommer äldre personer att påverkas mer av torra ögon i miljöer med låga luftfuktighetsnivåer, eftersom tårproduktionen redan är nedsatt på grund av deras ålder.

För att kunna förutse människans reaktion brukar djur som liknar människan i hänsyn till kroppens funktioner och beteenden studeras. Dessa djur används som försöksdjur vid experimentella studier och ett väldigt vanligt exempel är möss. Möss används i till exempel Alarie-test. Alarie-test är ett test som utgörs av försöksanalyser på möss med syftet att undersöka irritationen hos lungorna samt luftflödesbegränsningen. Detta görs

för att sedan kunna förutse människans reaktion (Nielsen & Wolkoff 2017). När möss placerades i ett utrymme med låg RF-nivå (15 % RF) och temperatur mellan 21–23 °C, visade det sig att den låga fuktigheten orsakade nedsatt tårproduktion och ökad fluorescein-färgning i hornhinnan (Wolkoff 2018a). Fluorescein är ett ämne som vanligt används vid ögonundersökningar. Ämnet droppas in i ögat för att sedan ge färg på skadade områden i hornhinnan och därmed får man reda på hur mycket ögat har skadats. Desto mer ögat har skadats, desto fler/större utslag bildas det (Lin 2019). Experimentet på mössen jämfördes med ett annat experiment där möss placerades i miljöförhållandet 50–80 % RF, 21–23 °C temperatur och luftflödet 15 l/min (Wolkoff 2018a). Utifrån detta drogs slutsatsen att effekterna på ögonen vid torra förhållanden liknar de som uppkommer hos människor. Vidare indikeras det även att astmatiska möss påverkades mindre än normala möss vid mycket höga nivåer av formaldehyd. Anledningen till det kan bero på att de astmatiska djuren har en högre slemproduktion och därav blir de också mindre påverkade (Wolkoff 2018a).

Wolkoff (2018a) benämner i sin studie lite kort om att det är klimatförhållandet runt andnings- och ögonzonen som har betydelse för hur människan påverkas. Detta eftersom det är luften som människan andas in som är viktig och inte luften långt ut i rummet. Förhöjd fuktighet (aktivitet) i och utanför konstruktionen bör därför skiljas från fuktigheten runt andnings- och ögonzonen. Vidare börjar det bli vanligare att undersöka parametern absolut fuktighet (AF, g/m³) istället för RF, som en parameter för jämförelse och identifiering av föroreningar. AF ger ett bättre samband mellan utomhus och inomhus än RF, menar Wolkoff (2018a). I studien konstateras också att förhöjd RF-nivå kan minska procentandelen klagomål och gynna arbetsprestanda på kontor jämfört med torra omständigheter. Däremot behövs det mer information och fler analyser för att förstå hur luftfuktigheten påverkar individens arbetsprestanda och rapportering av symptom, vilket speciellt gäller äldre. En justering av fuktighet och temperatur verkar således vara vägen framåt mot en tillfredsställande arbetsplats (Wolkoff 2018a).

Det har tidigare utförts olika studier vid flera tillfällen som har studerat människor i olika miljöer och noterat deras observationer vid olika RF-nivåer. I avsnitt 2.1.1. och 2.1.2. redovisas några relevanta studier som har gjorts i kontorslokaler utifrån medicinsk- respektive enkätundersökningar. Det är viktigt att skilja mellan dessa undersökningar. Givetvis ska människans upplevelse iakttas men eftersom människor generellt inte är duktiga på att avgöra vilken luftfuktighet det är, blir det viktigt att inte enbart utgå från enkätundersökningar. Upplevelsen av fysikalisk torr luft kan till exempel förväxlas med ämnen i luften som irriterar. Således kan symptomet torr luft bero på fysikalisk torrhet men också irriterande ämnen från exempelvis fuktskador.

2.1.1 Medicinska undersökningar (mätt)

I en undersökning utsattes friska och rökfria patienter för låga RF-nivåer. Deltagarna bestod av åtta unga (21 ± 1 år) och åtta äldre (71 ± 4 år) män. Rumstemperaturen behölls på 25 °C genom hela undersökningen. RF-nivån var först 50 % under 50 minuter och sedan 10, 30 och 50 % under sammanlagt 180 minuter (60 min för varje tillfälle). Vidare mättes områden hos patienterna som exempelvis blinkfrekvens och hudens hydratiseringstillstånd för att utvärdera deras värme-, torrhets- och komfortupplevelser.

Resultatet visade på att vid 50 % RF uppmärksammades inte några effekter. Ögonen och huden blev torra vid RF lägre än 30 % och vid under 10 % RF påverkades ögonen, huden och nässlemhinnan av torrhet. Studien indikerade också att nässlemhinnan påverkades mer på äldre än på unga vid låga RF-förhållanden (10 % RF, 25 °C). Vid lägre fuktighetsnivåer uppmärksammades det att benen hos den äldre gruppen var kallare. De unga männen rapporterade högre känslighet än de äldre trots att de inte påverkades lika mycket av låga RF-nivåer. Utifrån detta rekommenderade forskarna Sunwoo et al. (2006) att RF över 30 % är lämpligt för att undvika torra ögon och RF över 10 % bör vidtas för att undvika nästorrhet (Sunwoo et al. 2006).

Författarna Chou, Lin, Sheu, Su, Lee, Guo, Wu, och Chang (2006) undersöker i sin studie hur människan påverkas gällande hudsymptom vid mycket låga luftfuktighetsnivåer. Studien genomfördes i en fabrik i Taiwan under åren 2000–2003. Företaget bestod av tre avdelningar (råvaruproduktion, montering och kvalitetssäkring efter produktion) och tolv manliga arbetare från varje avdelning deltog i undersökningen. Deltagarna tillhörde samma åldersgrupp och arbetsbelastningen var densamma för arbetarna. I avdelningen råvaruproduktion och kvalitetssäkring efter produktion var klimatförhållandet 24–26 °C och 57–63 % för temperatur respektive relativ luftfuktighet. De ansågs som kontroll-avdelning under studiens gång och jämfördes med monteringsavdelning. I monteringsavdelningen var temperaturen 23–24 °C och luftfuktigheten 1–2 % (Chou, Lin, Sheu, Su, Lee, Guo, Wu & Chang 2006).

Kontroller på blodet och urinen utfördes kontinuerligt av personer med medicinsk kompetens. Deltagarna fick lämna blod- samt urinprover samtidigt som de även rapporterade sina uppkomna symptom och eventuella besvär. Studiens resultat indikerade att urinen var mer koncentrerad hos de som arbetade i mycket låga RF-nivåer. Detta kan möjligen tyda på att njurfunktionen är nedsatt. Tiden som personerna vistades i låga luftfuktighetsnivåer hade stor betydelse eftersom vid längre exponeringstid blev urinen mer koncentrerat. För blodproven uppmärksammades skillnader i nivån på hemoglobinet och antalet vita blodkroppar. Kontroll-avdelningen hade bättre värden på hemoglobinet och för arbetarna i monteringsavdelningen var antalet vita blodkroppar högre. Högre antal vita blodkroppar associeras med bland annat förhöjt blodtryck som ökar risken för hjärt-kärlsjukdomar och njurproblem. För hudsymptom var bland annat klåda samt eksem vanligt för arbetarna som vistades i mycket låga RF-nivåer (Chou et al. 2006).

Chou et al. (2006) menar utifrån studien att mycket låga relativa luftfuktigheter, omkring 2 %, medför negativa konsekvenser på människor. Sedan beror det också på tiden människan har exponerats i miljön för att utreda hur mycket individen har påverkats. Författarna påstår att människor som använder luftkonditionering inomhus, bör vara försiktiga med hälsoproblem som kan förekomma i miljöer med låga RF-nivåer. Ifall inomhusmiljön utrustas med luftkonditionering, rekommenderar forskarna Chou et al. (2006) övervakning av luftfuktigheten i rummet. Det bör även ingå en befuktare i systemet för att undvika de ytterst torra omständigheterna (Chou et al. 2006).

En studie på 172 universitetspersonal genomfördes under vintern från februari till mars 2004. Studien utfördes i Norge på fyra universitetsbyggnader där två av dessa ansågs vara ”problembyggnader” och två ”kontrollbyggnader”. Personalen bestod av 81 män och 92 kvinnor och hade en gemensam medelålder på 43 år (mellan åldrarna 27–59). Testerna som utfördes var i form av blodprov, tårfilmsundersökning, akustisk rhinometri och nässköljning. Temperaturen inomhus var konstant mellan 20–22 °C. (Bakke, Norbäck, Wieslander, Hollund, Florvaag, Haugen & Moen 2008).

I blodprovsundersökningen togs ett blodprov från armvenen på samtliga deltagare i studien och analyserades vid Laboratory of Clinical Biochemistry (LKB) på Haukeland University Hospital. Proverna analyserades för värde på Immunglobulin E (IgE) och ifall koncentrationen av IgE-antikroppar understeg 0,35 kU_A/l bedömdes resultatet som negativt. Ett negativt svar innebär att patienten inte har drabbats eller löper låg risk att drabbas av allergi. Med ökande halter av IgE-antikroppar i kroppen, ökar risken för att drabbas av allergi. Blodprovsresultaten uppmärksammar inga märkvärdiga skillnader i total IgE-värde mellan problem- och kontrollgruppen. Bland deltagarna var 37,2 % Phadiatop positiva (Bakke et al. 2008), vilket indikerar att personerna har luftvägsallergi (Bengtsson 2017). Detta jämfördes med 500 blodgivare från samma region i Norge där 25,2 % av patienterna testades positivt för Phadiatop. Att universitetsbyggnaderna ha större andel positiv testade personer, beror på flera faktorer. En faktor är att byggnaderna har okända inomhusproblem som ännu inte har identifierats och därav varit en felkälla (Bakke et al. 2008).

Vid tårfilmsundersökning studerades tårfilmen hos deltagarna genom ett okulärt mikroskop. Personerna fick fästa blicken på en fast punkt på väggen och därefter antecknades hur länge personen kunde hålla ögonen öppna utan att blinka. Resultatet indikerade att vid låga RF-nivåer, det vill säga mellan 15–30 % RF, ansågs luften som torr och personerna kunde inte hålla ögonen öppna lika länge. Genom att höja RF-nivån till över 30 % förbättras tårfilmsstabiliteten. Detta har undersökts i en tidigare experimentell studie där människor utsattes för luftfuktighetsnivåer mellan 30–35 % och resultatet påvisade inga symptom på tårfilmsstabiliteten (Bakke et al. 2008). Wolkoff (2018a) uppmärksammar också att låga RF-nivåer (18,5 % RF) orsakar tårfilmsdefekter och skador i hornhinna. Vid 18,5 % RF blir tårproduktionen nedsatt och vid 15 % RF är tårproduktionen fortfarande nedsatt, men ögat skadas mer (Wolkoff 2018a).

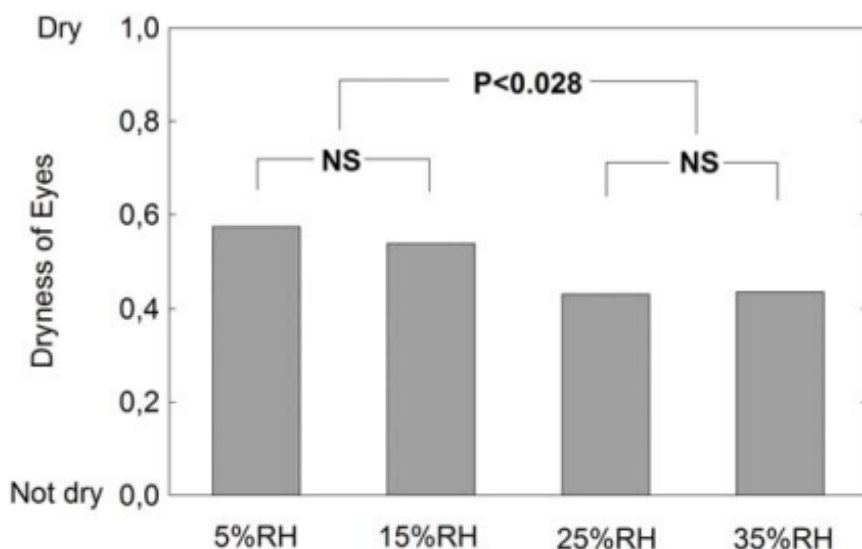
Vidare genomfördes en akustisk rhinometri i studien av Bakke et al. (2008). Akustisk rhinometri är en diagnostisk mätning av tvärsnittsarean för näsans längd och näshålan. Minsta tvärsnittsarean på varje sida av näsan mättes från 0–22 mm (MCA1) och från 23–54 mm (MCA2) från öppningen. Näshålans volym mättes även från 0–22 mm (VOL1) och från 23–54 mm (VOL2). Därefter beräknades medelvärdet av tre påföljande mätningar och den totala volymförändring (dVOL) beräknades som medelvärdet av procentökningen av VOL1 och VOL2. Minsta tvärsnittsarea i näsan blev mindre med ökande genomsnittlig lufttemperatur. Både näsvolymen och minsta tvärsnittsarea var mindre vid större skillnad mellan dag- och nattemperatur (Bakke et al. 2008).

Deltagarna i studien fick skölja näsan med 0,9 % steril lösning i flera omgångar för att säkerställa att det är rent i näslemhinnan. Analysen uppmärksammade att det inte råder något samband mellan tårfilmstabilitet, näs-spänning och atopi (benägenheten att bilda IgE-antikroppar) utöver ålderns inverkan. Det innebär att de inte har en direkt påverkan på varandra men påverkas var för sig av inomhusklimatet (Bakke et al. 2008).

I en annan studie av Wyon, Fang, Lagercrantz och Fanger (2006) studerades hur människor påverkas av låga luftfuktighetsnivåer inomhus under vintern. För att åstadkomma detta, valdes experimentet att utföras i en kontorsbyggnad i Östersund som ligger i norra Sverige. Studien varade under sex veckor och totalt deltog 60 personer varav 32 av dessa var kvinnor. Deltagarna delades in i grupper om sex och fick exponeras i två nivåer av luftföroreningar (olika luftflöden), fyra nivåer av relativ luftfuktighet och tre lufttemperaturer. I det första tillståndet utsattes 30 personer med 17 kvinnor för 5, 15, 25 och 35 % RF under fem timmar. Inomhustemperaturen och luftflödet i lokalen var konstanta, 22 °C respektive 60 l/s per person. 60 l/s luftflöde per person definieras som högt och tyder på låga nivåer luftföroreningar i luften, vilket innebär att luften anses som ren. I det andra tillståndet utsattes de resterande 30 deltagarna med 15 kvinnor på liknande vis för temperaturerna 18, 22 och 26 °C med en absolut fuktighet på 2,4 (2,9 kg/m³ AF), vilket motsvarar 15 % RF vid 22 °C. Luftflödet i detta fall var 10 l/s per person och ansågs som lågt och det förekom höga nivåer av luftföroreningar som tillkommit från en linoleummatta. Vissa av deltagarna studerades även vid 35 % RF och 22 °C som motsvarar 5,7 g/kg (6,8 kg/m³) AF (Wyon, Fang, Lagercrantz & Fanger 2006).

Studiens resultat baseras på medicinska tester som genomfördes före och efter undersökningen. Testerna bestod av nio olika tester som studerade reaktioner på deltagarnas ögon, näsa och hud. För ögonen studerades bland annat tårfilmsstabilitet, skador på hornhinna och blinkfrekvens. För näsa genomfördes kliniska mätningar på exempelvis näsflödet och näshålan, och för huden studerades bland annat irritation och hudtorrhet (Wyon et al. 2006).

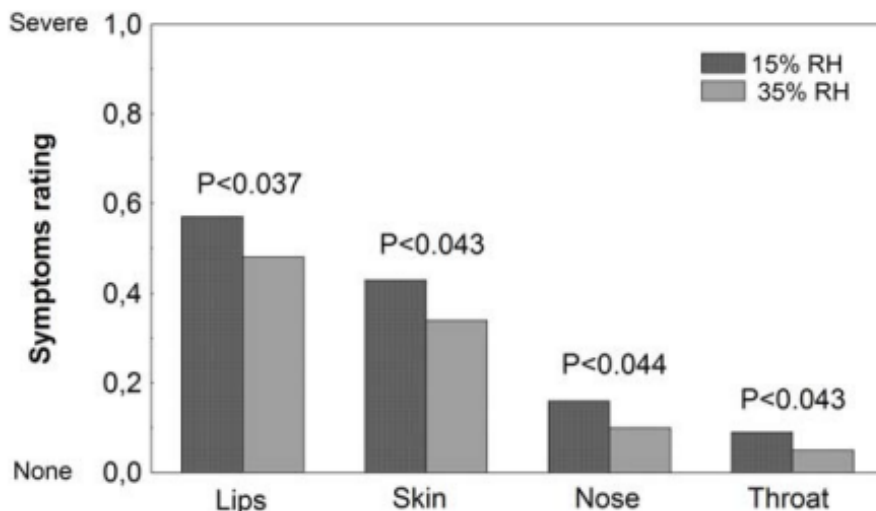
I figur 5 redovisas resultatet på ögontorrhet vid olika RF-nivåer från studien Wyon et al. (2006). Detta är fallet med ren luft, det vill säga luftflöde på 60 l/s per person och inomhustemperatur på 22 °C.



Figur 5 Studiens resultat på ögontorrhet vid temperaturen 22 °C, luftflöde 60 l/s per person och olika RF-nivåer (Wyon et al. 2006).

Utifrån figuren kan det konstateras att med en lägre RF inomhus ökar torrheten i ögonen.

I nedanstående figur, figur 6, redovisas symptom som förekom på läppar, hud, näsa och hals vid 15 och 35 % RF med temperatur 22 °C och höga nivåer av föroreningar i inomhusluften.



Figur 6 Studiens resultat på torra läppar, hudtorrhet, nästäppa och irritation i halsen vid 15 och 35 % RF samt temperatur på 22 °C och luftflöde 10 l/s per person (Wyon et al. 2006).

Även här indikerades att lägre RF nivå medför fler besvär. Gruppen som exponerades i inomhusmiljön med förorenad luft hade fler besvär vid 15 % RF i jämförelse med 35 % RF. Författarna Wyon et al. (2006) konstaterar i sin rapport att fem timmars exponering

för 15 % RF eller lägre är tillräckligt för att påverka ögonen negativt än vid 25 % RF eller högre vid förhållandet ren luft. Detta förvärrades ytterligare i förorenad luft då temperaturen höjdes och absoluta luftfuktigheten var konstant. Vidare observerades att deltagarna blinkade oftare vid låg luftfuktighet, vilket indikerar negativa effekter på tårfilmen. Det noterades även nedsatt arbetsprestation bland alla arbetare vid låga RF-nivåer. Författarna menar att det kan bero på förändringen i blinkfrekvensen som medför en försämrad förmåga att ta in visuell data (Wyon et al. 2006).

En hälsostudie som varade mellan fyra och tolv veckor utfördes på tio olika skolor i North Carolina. Syftet med studien var att undersöka ifall det råder något samband mellan luftfuktighetsnivån i skollokaler och individers hälsa. Undersökningen genomfördes till följd av tidigare studier hade visat att lärare löper större risk för att drabbas av astma. Skolorna i North Carolina har haft svårigheter med att hålla luftfuktighetsnivån i storleksordningen 30–50 % RF. Detta RF-intervall anses enligt Angelon-Gaetz, Richardson, Marshall och Hernandez (2016) vara optimalt i skolmiljöer samt ogynnsamt för allergener och irriterande ämnens överlevnad. Därmed används intervallet 30–50 % RF som referensintervall. I undersökningen deltog 122 lärare som dagligen antecknade sina symptom och teknikutrustningen mätte RF-nivåerna i rummen. Resultatet visade att vid för låga samt för höga RF-nivåer, det vill säga under 30 % och över 50 %, ökade astmaliknande symptom i jämförelse med lärarna som vistats i normala luftfuktighetsförhållanden (mellan 30–50 % RF). För RF över 50 % var riskkvoten 1,27 gånger större än de som utsattas för normala förhållanden. Riskkvoten för RF under 30 % var 1,26 (Angelon-Gaetz, Richardson, Lipton, Marshall & Hernandez 2016). Författarna Angelon-Gaetz et al. (2016) anger inga siffror på uppmätta temperaturer, mer än att ange att temperaturen registrerades var 15:e minut.

Forskarna Abusharha och Pearce (2012) har sin studie undersökt hur tårfilmen hos tolv friska individer påverkas i miljö med låg relativ luftfuktighet. Med hjälp av en Controlled Environment Chamber (CEC) skapades två olika miljöförhållanden inomhus. Det första förhållandet ansågs som normalt klimatförhållande med temperaturen 21 °C och 40 % relativa luftfuktighet. I det andra fallet var temperaturen fortfarande 21 °C men RF hade sänkts till 5 %, vilket medförde ett torrt klimat med lågt RF. Undersökningen baserades på metoder där det utfördes bedömningar på bland annat försökspersonernas tårproduktion, tåravdunstning, blinkfrekvens och tjockleken på lipidlagret (eng: "lipid layer thickness (LLP)"). Detta genomfördes både i normalt- och torrt klimatförhållande. I det torra tillståndet fick individerna först exponeras under 60 minuter och därefter genomförde man bedömningar (Abusharha & Pearce 2012).

Utifrån resultatet på studien av Abusharha och Pearce (2012) indikerades negativa effekter på individerna vid exponering av låg RF. Efter att ha vistats under 60 minuter i 5 % RF och 21 °C temperatur, uppmärksammades förändringar på individernas tårfilm och deras blinkfrekvens. Det konstaterades därmed att miljöer med torrt klimat bör åtgärdas och förbättras för att undvika skador på ögonen samt störningar i tårfilmstabiliteten (Abusharha & Pearce 2012).

Luftkonditionering, temperatur och luftfuktighet är parametrar som påverkar människans komfort i en byggnad. Temperaturen och luftfuktigheten påverkar också den termiska balansen i kroppen via andningsorgan och hud. För att undersöka detta genomfördes år 1989 en studie på kontorslokaler i Pasila Office Center som ligger i Finlands huvudstad Helsingfors. Syftet var att analysera luftfuktighetens påverkan på hud och luftvägar samt upplevelsen av luftkvalitén inomhus. För att skapa reaktioner hos individerna som vistas dagligen i deras kontorslokaler, reglerades exempelvis luftfuktigheten inomhus till olika nivåer. Parametrar som temperatur och relativ fuktighet mättes kontinuerligt i lokalerna. I undersökningen deltog totalt 368 anställda med en svarsfrekvens på 71,2 % (Reinikainen & Jaakkola 2003).

I tabellen, tabell 2, nedan görs en jämförelse av olika parametrar i ett icke befuktat respektive ett befuktat läge. Det befuktade området befuktades genom ångbefuktning som varade i en vecka.

Tabell 2 Sammanställning av olika befuktningförhållanden (Reinikainen & Jaakkola 2003).

	Icke befuktade förhållande	Befuktade förhållande
Antal dagböcker	342	233
Medeltemperatur [°C]	21,9 (mellan 21,3 och 22,7)	22,4 (mellan 21,5 och 23,7)
Medel relativ fuktighet [%]	25,8 (mellan 20,0 och 31,7)	32,7 (mellan 26,6 och 41,2)
Medel absolut fuktighet [g/m³]	5,0 (mellan 4,0 och 6,7)	6,7 (mellan 5,0 och 8,4)

Forskarna kom fram till att torrhetssymptomen på hud och övre luftvägar lindrades under uppvärmningssäsongen när befuktning tillfördes i kontorslokalerna. Enligt Reinikainen och Jaakkola (2003) har tidigare forskning konstaterat att luftfuktighet är den viktigaste fysiska faktorn när det gäller påverkan på energibalansen i övre luftvägar. Vid inandning av luft behöver kroppen energi för tillföra fukt. Fukttillförseln är kroppens tillvägagångssätt för att motverka torra och irriterade slemhinnor. Vid utandning erhålls energi då kondens på slemhinnorna råder. Energiförluster från övre luftvägar påverkas av både absolut- och relativ luftfuktighet. Vidare beror den relativa luftfuktigheten av omgivande temperatur. I dagböckerna uppmärksammades att färre personer rapporterade torrhet i ögon och näsa när lokalerna var befuktade. Vilket indikerar på att det finns ett samband mellan torr luft och förekomst av symptom. Vid befuktat tillstånd i tabell 2 var personernas luktuppfattning förstärkt och symptom som nästäppa lindrades till skillnad från icke befuktat tillstånd (Reinikainen & Jaakkola 2003).

2.1.2 Enkätundersökningar (hur människor upplever det)

Under perioden mellan januari–mars under 2012 genomfördes en undersökning på kontorslokaler i Japan. Syftet var att uppskatta förekomsten av Building-Related

Symptoms (BRS) bland dessa lokaler. BRS är en term som används för att beskriva ospecifika besvär som inte kan förknippas till en definierad orsak, men verkar uppmärksammas i byggnader. Ospecifika besvär innefattas av exempelvis huvudvärk, trötthet samt irritation i ögon och näsa. För att undersöka sambandet mellan arbetarnas hälsa och deras arbetsplatsmiljö fokuserade forskarna på enbart kontorsytor. Sammanlagt deltog 3334 arbetare från 320 olika kontor. Bland dessa var 35,6 procent kvinnor och medelåldern låg på 44,9 år (mellan åldrarna 19–80). Deltagarna fick svara på ett frågeformulär som handlade om deras uppfattning kring luftkvalitén inomhus. Med studiens resultat uppmärksammades ett tydligt samband mellan upplevd torr luft som riskfaktor och BRS, däribland irritation i näsan och ögonen. Studien indikerade på att individer som har visats i miljö med låg luftfuktighet löper en högre risk att uppleva ögonirritation samt symptom på exempelvis övre andningsvägar och huden. Det kan även konstateras att torr luft generellt påvisade en högre oddskvot i förhållande till de övriga riskfaktorerna såsom hög/låg temperatur (Azuma, Ikeda, Kagi, Yanagi & Osawa 2015). Oddskvot förkortas med OR (eng: odds ratio) och är vanligt vid medicinska tillämpningar. Den används vid jämförelse av två oddstal. Beräkningen av oddstalet görs genom att sannolikheten för att en viss händelse inträffar divideras med sannolikheten för att den inte skall inträffa. Sedan divideras dessa två oddstal med varandra för att beräkna oddskvoten (Malmquist 2002). För att förtydliga detta kan ett exempel tillämpas. En patientgrupp med 20 personer är drabbade utav lungcancer, varav 18 av dessa är rökare. I en annan grupp som består av 20 personer utan lungcancer är 14 rökare. Således blir oddsen för lungcancer för rökare

$$\frac{\text{rökare med lungcancer}}{\text{rökare utan lungcancer}} = \frac{18}{14} = 1,29$$

Odds för lungcancer för icke rökare blir

$$\frac{\text{icke rökare med lungcancer}}{\text{icke rökare utan lungcancer}} = \frac{20 - 18}{20 - 14} = \frac{2}{6} = 0,33$$

Detta innebär att oddskvoten blir

$$\frac{1,29}{0,33} = 3,88$$

Ifall oddskvot är högre än 1 anses rökning vara förknippad med lungcancer då rökning ökar oddsen för lungcancer.

Faktorer som påverkar inomhusmiljön, såsom dåligt underhållna ventilationssystem och luftfuktningssystem, har en viktig roll i BRS och faktorerna förändras beroende på om det är sommarkylning eller vinteruppvärmning. En fortsättningsstudie genomfördes under perioden augusti–oktober 2012 för att utvärdera säsongsskillnaderna mellan sommar och vinter samma år. Studien utfördes på kontorslokaler i Japan där 3024 arbetare i 486 kontor deltog. Medelåldern var 44,2 år (mellan åldrarna 19–78) och bland dessa deltagare var 1149 kvinnor. Resultatet visade på att riskfaktorer som är relaterade

till luftkvaliteten inomhus var torr luft. Torr luft var en vanlig riskfaktor som associeras med BRS under båda årstiderna och människorna upplevde liknande symptom som tidigare undersökning. Det konstaterades även att kemiska lukter (från nymålade väggar, högre halt av specifika flyktiga organiska föreningar såsom ammoniak och ozon) är en riskfaktor för hudsymptom och symptom på övre luftvägar under sommaren men inte vintern (Azuma, Ikeda, Kagi, Yanagi & Osawa 2017). I studien utförs inga mätningar på föroreningar inomhus. Utan det som nämns om föroreningar är bara en tanke som författarna Azuma et al. (2017) lyfter fram.

Med åren har intresset för olika hälsoproblem relaterat till inomhusmiljö ökat. Symptom som förknippas med låg inomhuskvalité inkluderar ospecifika torrhetsbesvär på ögon, näsa, hals och hud samt symptom på nervsystemet såsom huvudvärk och trötthet. Under vintern från februari till mars 2004 utfördes en studie på 172 anställda från fyra universitetsbyggnader i Norge. Universitetspersonalen bestod av 81 män och 92 kvinnor och med en gemensam medelålder på 43 år (mellan åldrarna 27–59). Inomhustemperaturen och koldioxidhalterna i skolorna i studien var densamma. Lufttemperaturerna inomhus varierade mellan intervallet 19–25 °C och hade ett medelvärde på 22,2 °C. Koldioxidnivån var låg och hade ett medelvärde på 497 ppm (mellan 408–692 ppm), vilket tyder på att lokalerna var väl ventilerade enligt Bakke, Moen, Wieslander och Norbäck (2007). Låga nivåer på koldioxid kan exempelvis bero på att fåtal eller inga människor har varit i lokalen. Det innebär inte att lokalerna är välventilerade utan det kan bero på att mätningar har utförts under perioder, såsom ett helt dygn och helger, då det vanligtvis inte vistas personer i lokalerna. Hur mätningen har utförts är således viktigt, om det förekommer perioder då det inte har varit människor där eller inte.

I studien av Bakke et al. (2007) var lufthastigheterna i lokalerna låga och under de rekommenderade maximala värdet som är 0,15 m/s enligt International Organization for Standardization (ISO). RF varierade mellan 15–35 % och var i genomsnitt 21,9 %, vilket är lågt. Det berodde på att utomhustemperaturen var lågt och kombinerades med högt ventilationsflöde. Utifrån studien konstateras det att låg fuktighet, det vill säga RF mellan 15–35 %, förknippas med att människor upplever luften som torr. Enligt studien visas det även att kvinnor klagade en del på fysiska symptom och rapporterade hälsosymptom oftare än män. Männen symptom var mer specifikt anknutet till lufthastighet och luftfuktighet (Bakke, Moen, Wieslander & Norbäck 2007).

En enkätundersökning genomfördes på 12 olika byggnader som tillhör National Security Agency (NSA). NSA är USA:s nationella säkerhetsmyndighet. Av 15704 anställda svarade 7637 på en enkät vilket motsvarar svarsfrekvens på 49 %. Inomhusmiljön i anläggningarna hölls enligt rekommendationer från American Society of Heating, Refrigeration, and Air-conditioning Engineers (ASHRAE) och förhållanden utanför rekommendationerna var sällsynta. Medeltemperaturen i de 12 anläggningarna var 22 °C och medelluftfuktigheten var 37,4 %. I studiens resultat indikerades ett negativt samband mellan luftvägsinfektioner och relativ luftfuktighet. Låg luftfuktighet associeras med ökande förekomst av övre och nedre andningssymptom. Det förknippas även med liknande symptom som framträder vid ”sjuka-hus”. För individer som har atopi, allergi eller astma uppmärksammades att symptom såsom obehag och arbetsstress

var vanligt förekommande. Vidare medförde även låg luftfuktighet ökad frånvaro och närvaro med reducerad arbetskapacitet. Detta trots att miljöförhållanden i anläggningarna är byggda utefter standarder och rekommendationer från ASHRAE (Lukso, Guidotti, Franklin & Burt 2016). I studien definieras inte vad låg relativ luftfuktighet är, utan det enda som uppges är att medelluftfuktigheten var 37,4 %.

I en enkätstudie undersöktes hur produktiviteten hos kontorsarbetare påverkas av fysiska och psykosociala faktorer som relateras till inomhusmiljön. Deltagarna fick svara på ett frågeformulär som baseras på 225 frågor. Vidare mättes även temperatur, luftfuktighet och koldioxidhalt i samtliga lokaler för att stärka forskningen och få mer relevant data. Studien genomfördes i västra Norge där klimatet består av typiskt nordatlantiskt klimat, det vill säga milda vintrar och kalla somrar. Totalt ingick det tolv företag från sju olika byggnader där 484 kontorsarbetare svarade på frågeformuläret. Luftflödet i lokalerna låg mellan 4–15 m³/m²/h (1,1–4,2 l/s m²) och medeltemperaturen för kontorslokalerna var 21,7 °C. Medelkoldioxidhalten var 600 ppm och med dessa förhållanden konstaterades kontorslokalerna som väl ventilerade (Wiik 2011).

Studien genomfördes vid fyra tillfällen för att beakta de olika årstiderna och därmed få ett bredare perspektiv kring den relativa luftfuktighetens påverkan på produktiviteten. Luftfuktigheten var den enda fysiska faktorn som mättes och varierade beroende på säsong. I kontorsbyggnaderna varierade RF från 6–30 % under månaderna från november till mars Wiik (2011). Detta RF intervall anses vara lågt enligt Wolkoff och Kjærgaard (2007). Under sommaren var RF-nivån i kontorslokalerna mellan 40–55 % vilket kategoriseras som mellannivå. Både under vintern och sommaren var RF utomhus generellt mellan 50 och 100 % (Wiik 2011).

I resultatet kom Wiik (2011) fram till att produktivitet hos kontorsarbetarna var lägre vid torra förhållanden, det vill säga när RF-nivån låg mellan 6–30 %. RF i denna nivå minskar förmågan hos människor att ta in visuell information, vilket bidrar till försämrad produktivitet. Produktivitet hos arbetarna mättes genom att arbetarna fick skatta på en punktskala vad de anser deras prestation ligger. Metoden som baseras på egenbedömd produktivitet har en nackdel eftersom människor oftast har tendens att överdriva sin färdighet och prestation. Uttalanden som "Jag har tydliga mål för mina arbetsuppgifter" och "Jag utför mina arbetsuppgifter effektivt" var vanligt, vilket kan bedömas som felkälla i studien. Det konstateras att låga RF-nivåer, under 30 %, ger upphov till ökat symtom på irritation i ögonen och förändring av tårfilmen. RF på cirka 40 % verkar vara bättre för ögonen och lindra besvären som förekommer när RF understiger 30 % (Wiik 2011).

I en tidigare studie som utförts av Wolkoff och Kjærgaard (2007) konstateras det att orsaken till att människan upplever torr luft beror på dammig luft. För att undersöka detta påstående valde Wiik (2011) att inkludera fyra växthus i sin studie där dessa växthus kännetecknas av höga RF-nivåer (mellan 65–80 %) samt höga damm nivåer. Koldioxidhalten i växthusen var hög (mellan 920–1240 ppm) och temperaturen var medelhög, det vill säga från 21–27 °C. Då arbetarna utsätts för denna typ av klimatförhållande, genomfördes en enkätstudie där 21 växthusarbetare deltog. Resultat utgicks ifrån att om känslan av torr luft bara är imaginär och förväxlas med dammig luft,

så bör de anställda i växthusen uppleva torr luft då de utsätt för höga damm nivåer. Eftersom arbetarna inte upplevde torr luft konstaterade Wiik (2011) att det inte fanns något samband mellan torr luft och dammig luft. Vidare förekom det inga klagomål på huvudvärk bland växthusarbetarna trots den något förhöjda koldioxidhalten i arbetsmiljön. Växthusarbetarna hade även inga andra besvär som förekom hos de anställda på kontorslokalerna (Wiik 2011).

I flera studier har det konstaterats att låga RF-nivåer (omkring 15 %) orsakar negativa effekter som till exempel påverkan på ögonens samt luftvägarnas uttorkning. Låg RF-nivå kan även ge upphov till symptom i munnen samt halsen och detta gäller särskilt för kvinnor. I jämförelse med män rapporterar kvinnor generellt fler problem gällande luftkvalité inomhus och arbetsrelaterade symptom. För män har det istället lagts märke till att det vanligaste symptom som rapporteras är ”täppt luft” (eng: ”stuffy air”) vid låg RF. I undersökningar har det visats att genom en ökning av RF, förändras människans upplevelse av luftkvalitén inomhus och koncentrationen av vissa partiklar minskar. Däremot är det viktigt att vara försiktig vid befuktning eftersom det kan leda till sekundära effekter såsom återsuspension från exempelvis golvytor. Detta kan medföra att den totala partikelhalten i rummet förändras till det sämre (Wolkoff 2018b).

Partikeldynamiken är komplext och luftfuktigheten inomhus är långt ifrån tillräckligt utforskad. Förändring av partiklars sammansättning, avsättning och återsuspension som uppstår från ytor kan bero på olika RF-nivåer och partiklarnas fördelning. Således påverkas den upplevda luftkvalitén inomhus och effekterna på ögon samt luftvägar av detta. Vid en tidigare studie under slutet på 70-talet genomfördes en undersökning på människors reaktioner då de utsattes för olika partikelkoncentrationer. Den utfördes på en skola där 16 manliga studenter mellan åldrarna 21 och 26 deltog. Studenterna var i övrigt friska och bland dessa var elva rökare. De utsattes under en åtta timmars period för koncentrationshalterna 2, 10 och 25 mg/m³ av inerta material med kolpartiklar. Temperaturen och relativa luftfuktigheten i lokalen var mätt till 23 °C respektive 50 %. Vid 2 mg/m³ var det 4 av 16 deltagande som klagade på torrhet i näsan och halsen. Denna koncentrationshalt (2 mg/m³) är ungefär dubbelt så högt jämfört med vad som anses vara normalt i en offentlig byggnad (Wolkoff 2018b). Författaren Wolkoff (2018b) konstaterar i sin studie att det är uppenbart att partiklarnas fysikaliska och kemiska egenskaper och deras löslighet i slem, påverkar näsan, halsen och ögonen. Även andra studier har genomförts där individer har utsatts för olika partiklar med olika koncentrationshalter och resultaten har indikerat att påverkan på människor beror starkt på vilken typ av partiklar och eventuellt också RF-nivån inomhus (Wolkoff 2018b).

Till exempel relateras ”torra ögon” med förbränningsbara partiklar, vilket är intressant då partiklar kan inkluderas i föroreningar och inte bara gasform. Andra ämnen som också kan påverka slemhinnan är ytaktiva föreningar såsom benzalkonium chloride och partiklar som kvarts. Dessa ämnen blir mer mottagliga vid förekomst av föroreningar och låga fuktighetsnivåer som möjligtvis ger intrycket av torr luft. Interventionsstudierna har dock visat att genom en ökning av luftfuktigheten inomhus från låg (6–30 % RF) till medelhög (40–50 % RF) nivå, har symptomen av torra ögon, näsa och halsen minskats. Detta kan också bero på när luftfuktigheten ökar leder det oftast till att halten av vissa

partiklar i luften minskas. Därför är det enkelt att föroreningars påverkan förväxlas med symptomen som tillkommer vid låga RF-nivåer när subjektiva hälsostudier genomförs (Wolkoff 2018b). Det bör dock noteras att samtliga studier som redovisats i artikeln Wolkoff (2018b), är utförda på friska unga individer och inte äldre, det vill säga personer som är mellan 40 och 65 år. Resultatet hade sannolikt sett annorlunda ut ifall testerna inkluderade äldre och även personer med allergisjukdomar. Detta eftersom tidigare forskningsartiklar i denna rapport har konstaterat att åldern och allergisjukdomar som astma är riskfaktorer.

Vid en annan undersökning studerades effekterna av torr luft på en kontorsbyggnad med två våningar. Undersökningen pågick under tolv veckor där totalt 39 kontorsarbetare mellan 25 och 60 år deltog. Inomhustemperaturen i kontorslokalen låg mellan 20–22 °C under hela undersökningen. RF ändrades från cirka 43 % (normalt tillstånd) till ungefär 15 % (torrt tillstånd) och sedan tillbaka till 43 %. Varje tillstånd varade i fyra veckor, det vill säga sammanlagt tolv veckor. Det visade sig att även under normala RF förhållanden rapporterades några symptom. Under torra förhållanden rapporterade 54 % av deltagarna att luften var "för torr" jämfört med 5 % under normala förhållanden (Gavhed & Klasson 2005). Jämförelsen mellan normalt och torrt tillstånd med förekommande symptom sammanställs i nedanstående tabell 3. Dock bör det uppmärksammas att normalt tillstånd varade under åtta av tolv veckor som studien pågick. Detta eftersom studien genomfördes först fyra veckor under normala förhållanden, sedan fyra veckor under torra förhållanden och därefter ytterligare fyra veckor under normala förhållanden.

Tabell 3 Andel rapporterade symptom under respektive miljöförhållande (Gavhed & Klasson 2005).

Symptom	NORMALT TILLSTÅND 43% RF, 20–22°C TEMP	TORRT TILLSTÅND 15% RF, 20–22°C TEMP
Torrhet i mun och hals	10 %	31 %
Ansiktshud	15 %	44 %
Vanligare symptom i ögonen	8 %	36 %
Läppar	10 %	38 %
Rinnande näsa	8 %	46 %

Utifrån tabellen kan det utläsas att låg relativ luftfuktighet resulterar i mer besvär och fler upplevda symptom i ansiktshud samt slemhinnor. En del av kontorsarbetarna rapporterade också oftare känsla av värme och röd hud i ansikten under torrt tillstånd. Med detta indikeras att befuktning av torra förhållanden sannolikt skulle minska påvisande symptom (Gavhed & Klasson 2005).

2.2 Mikroorganismers överlevnad

2.2.1 Influensavirus

Influensa är en virusinfektion i luftvägarna som vanligtvis förekommer under vintertid i Sverige och kallas även för säsongsinfluensa. Symptom som oftast uppstår i samband med influensa är bland annat halsont, hosta, huvudvärk och hög feber. Eftersom infektionen beror på ett virus, är det svårt att ta fram läkemedel för det. Det är inte likt bakterieinfektioner där antibiotika kan användas som behandlingspreparat. I dagsläget finns det inget läkemedel som botar influensan, men däremot finns det hämmande preparat som bromsar upp virusets utveckling. Smittspridningen och risken för att själv smittas kan minskas genom att exempelvis tvätta händerna oftare och noggrannare samt undvika fysisk kontakt. Ifall risken att bli allvarligt sjuk är hög, bör vaccination användas och det gäller särskilt äldre personer (Schultz 2020).

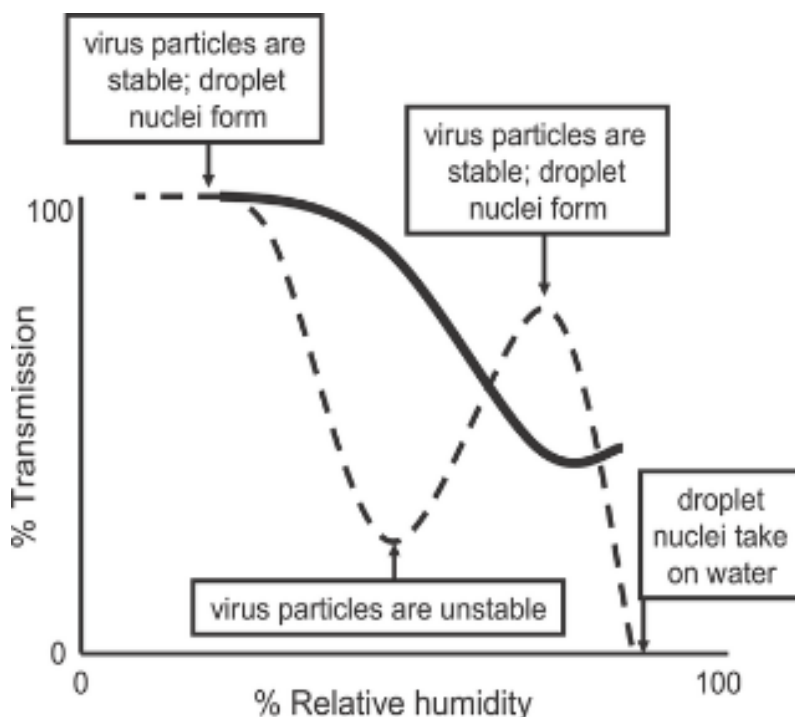
Författarna Lowen, Mubareka, Steel och Palese (2007) menar att influensavirusets spridning beror på den relativa luftfuktigheten och temperaturen. Teorin baseras på en experimentell studie som genomfördes av forskarna. I studien användes marsvin som försöksdjur för att de ansågs vara mottagliga för infektionsviruset och därav smittas enkelt. Vidare ansågs marsvinen ha effektiv spridning av viruset till skillnad från möss. Sammanlagt utfördes 20 olika tester där marsvinen utsattes för olika RF-nivåer (mellan 20–80 %) samt varierande temperatur (5, 20 samt 30 °C). Övriga faktorer behölls konstanta i undersökningen (Lowen, Mubareka, Steel & Palese 2007).

Då temperaturen var 20 °C mättes fem olika RF-nivåer (20, 35, 50, 65 och 80 %) och från detta visade det sig att spridningens effektivitet varierade med RF. Spridningen var väldigt effektiv vid 20 och 35 % RF och tre eller fyra av fyra blev insjukna. Vid 50 % RF drabbades endast en av fyra marsvin. Vidare mot 65 % RF blev spridningseffektivitet hög igen och tre av fyra utsatta marsvin drabbades av infektionen. Däremot observerades ingen spridning vid 80 % RF (Lowen et al. 2007).

Temperaturen ändrades sedan till 5 °C och enligt Lowen et al. (2007) definierades det som kall temperatur. RF-nivån varierade på liknande vis som tidigare försök med 20 °C och även här indikerade resultatet att vid 35 % drabbades tre eller fyra av fyra marsvin. 50 % RF visade samma resultat som 35 % RF där tre eller fyra av fyra har drabbats. Då RF-nivån låg på 65 och 80 % drabbades hälften av djuren, alltså två av fyra. Skillnaden mellan dessa försök indikerade att vid 35 och 65 % RF var resultaten densamma för de olika temperaturerna. Däremot var spridningseffektiviteten högre vid 5 °C jämfört med 20 °C då RF-nivån var 50 och 80 %. Vid 30 °C observerades ingen smitta och smittspridningen ansågs vara ”blockerad”.

Utifrån testens samtliga resultat konstaterade forskarna Lowen et al. (2007) att influensaviruset är beroende av både temperatur och relativa luftfuktighet. Kall/låg temperatur (5 °C) och låg RF (från 20 till 35 %) främjar influensavirusets överlevnad och därmed insjuknas även fler i antal. Resultatet överensstämmer också med influensavågen som pågår från november till mars på norra halvklotet då det råder kallt klimat (Lowen et al. 2007).

Författarna Lowen et al. (2007) har i sin studie framställt ett linjediagram, figur 7, som illustrerar sambandet mellan influensavirusets spridning och RF-nivå.



Figur 7 Influensavirusets spridning (vertikala axeln) i förhållande till relativa luftfuktighet (horisontella axeln) (Lowen et al. 2007).

Den streckade linjen i figur 7 beskriver förändringen av virus-spridningen som sker vid temperaturen 20 °C. Utifrån figuren uppmärksammas det att spridningshastigheten är som högst då RF-nivån är låg. Den heldragna linjen beskriver detsamma som den streckade linje fast för 5 °C. Vidare kan det utläsas att vid 5 °C är virus-spridningen högre än vid 20 °C. Båda temperaturerna (5 och 20 °C) främjar spridningen av influensaviruset vid torra klimatförhållanden, det vill säga när RF ligger mellan 20–40 % och viruspartiklarna är stabila. Vid 50 % RF är spridningshastigheten låg och viruspartiklarna är instabila. Mellan 60–80 % RF är spridningshastigheten återigen hög.

I figur 7 beskrivs även hur avdunstningen av vatten från utandade viruspartiklar sker vid olika RF-nivåer. Då RF är låg (från 20 till 40 %) resulterar det till att avdunstningen av vatten från utandade viruspartiklar inträffar snabbt och det leder till att droppkärnor bildas. Vid hög RF, som uppgår mot 80 %, är det omvänt och avdunstningen från utandade partiklar är begränsad. Detta eftersom luften har ett högre vatteninnehåll vid fuktigt klimat och små droppar/partiklar absorberar mer vatten. Därmed kommer dropparna att öka i storlek och sedan snabbare sjunka till en yta, vilket blockerar spridningen (Lowen et al. 2007).

Författaren Wolkoff (2018a) har i sin rapport gjort en sammanställning av studier som analyserar influensavirusets överlevnad och spridning. Samtliga forskningsstudier som redovisas i sammanställningen konstaterar att influensainfektionen minskar när RF överstiger 40 % (Wolkoff 2018a). I exempelvis en forskningsstudie som utfördes av Myatt, Kaufman, Allen, MacIntosh, Fabian och McDevitt (2010) indikerades det att influensavirusets överlevnad ökar vid låga RF-nivåer (vid 30 % och under 30 %). I studien användes programvaran CONTAM (Myatt, Kaufman, Allen, MacIntosh, Fabian & McDevitt 2010) som är ett dataprogram för analysering av luftkvaliteten inomhus samt ventilation. I programmet kan byggnadens konstruktion utformas utefter önskemål och därefter görs simuleringar som beräknar till exempel luftflöde och koncentrationen av föroreningar i den skapade konstruktionen (Dols & Polidoro 2019).

Forskarna, Myatt et al. (2010), genomförde simuleringar på en tvåvåningsbostad där två olika värmesystem studerades, nämligen ett luftvärmesystem och ett vattenburet värmesystem. Den primära skillnaden mellan dessa, med hänsyn till studiens syfte, är att luftvärmesystemet ger en snabbare omblandning av inomhusluften. Ventilationssystemet genererade 0,18 m³/min/m² (3 l/s m²) luft till respektive rum. Inomhustemperaturen justerades till ungefär 18 °C mellan klockslagen 22:00–05:00 och från 05:00–22:00 var den inställd på 22 °C. Vidare tillsattes en befuktare som tillförde 0,16 kg fukt/timme till varje sovrum. Data för utetemperatur från månaderna oktober till mars hämtades från National Renewable Energy Laboratory TMY2 och staden Boston i USA studerades. Detta eftersom Boston ansågs ha långa perioder av kallt och torrt väder under vintermånaderna och som då sannolikt medför låga fuktnivåer inomhus.

Vidare mättes parametrar som RF inomhus, AF inomhus och partikelkoncentrationen av influensaviruset. Anledningen till att författarna Myatt et al. (2010) valde att inkludera AF-nivån berodde på att enligt tidigare forskningsstudie medförde AF-nivån en större statistisk signifikant i förhållande till virusets överlevnad jämfört med RF-nivån. Genom att veta RF och temperaturen kan RF med enkla beräkningar översättas till AF.

Modellerna visade att i rummen utan befuktare var RF inomhus under natten 33 % (5,1 g/m³ AF) och 35 % (5,4 g/m³ AF) för respektive vattenburet värmesystem och luftvärmesystem. I rummen med befuktare ökade RF-nivån till 47 % (9,1 g/m³ AF) för vattenburet värmesystem och 41 % (8,0 g/m³ AF) för luftvärmesystem. Utifrån RF-värdena kunde Myatt et al. (2010) konstatera att innan befuktaren slogs på låg RF-nivån inomhus omkring 30 % och när befuktaren började generera fukt i rummet, hamnade RF-nivån inomhus mellan 40–60 %.

I studien uppmärksammades att när befuktaren var i drift och RF-nivån höjdes till 47 %, medförde det att dödligheten av influensaviruset ökade från 18 till 32 %. Den största förändringen av virusets överlevnad var i bostaden som konstruerades med vattenburet värmesystem. Detta beror förmodligen på att fuktnivån ökade mest där, det vill säga från 33 till 47 % RF.

Koncentrationen av virusens överlevnad var nästan dubbelt så högre i vattenburet värmesystem jämfört med luftvärmesystem. En anledning till detta är att luftvärmesystemet ger upphov till bättre luftrörelser mellan rummen och därför blir partikelkoncentrationen lägre. På grund av lägre luftrörelser i bostaden med vattenburet värmesystem, resulterade det till större fuktnivåer och därmed även större minskning av influensaviruset, dock inte i samma utsträckning som luftvärmesystemet. Forskarna Myatt et al. (2010) menar att genom tillsättning av aktiv befuktare i rummen ökar RF- och AF-nivån inomhus, vilket i sin tur försämrar influensavirusets överlevnad (Myatt et al. 2010).

Vid en annan forskningsstudie analyserades hur den absoluta luftfuktigheten (AF) utomhus påverkar influensadödligheten. Anledningen till att AF-nivån studerades var på grund av att tidigare experimentella studier hade, enligt Barreca och Shimshack (2012), påvisat att låg AF är en bättre faktor att undersöka än låg RF vid utredningar av influensas spridning. Vidare utgick forskarna från USA:s väderdata och antalet rapporterade dödsfall med influensa. Detta gjordes på varje county i USA och varje månad mellan januari 1973 och december 2002. Det viktiga var inte att kunna beräkna antalet avlidna, utan förstå hur luftfuktigheten förhåller sig till antalet döda (Barreca & Shimshack 2012).

Forskarna Barreca och Shimshack (2012) ställde upp en formel, MORT, som beräknar influensadödligheten för ett visst county och en månad. Skillnaden i influensadödligheten mellan vinter och sommar beräknades och analyserades för att sedan förstå hur olika årsperioders luftfuktighet påverkar (Barreca & Shimshack 2012).

$$\text{MORT} = f(\text{HUMID}) + g(\text{TEMP}) + h(\text{PRCP}) + \mu_{\text{cm}} + \Phi_t + \varepsilon$$

där $f(\text{HUMID})$ är exponeringsfunktion för absolut fuktighet,

$g(\text{TEMP})$ är exponeringsfunktion för temperatur,

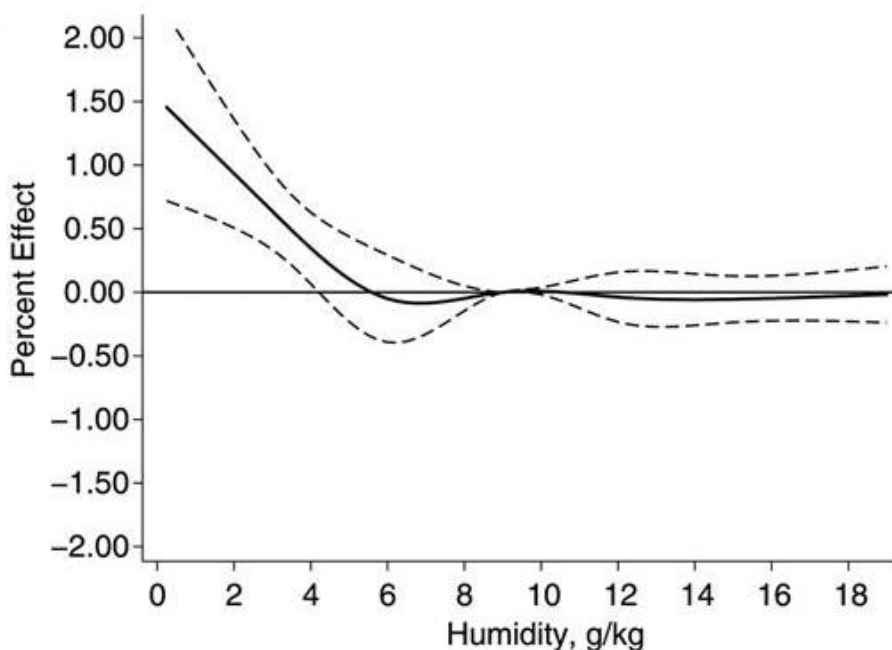
$h(\text{PRCP})$ är exponeringsfunktion för nederbörd,

μ_{cm} är uppskattade parametrar med fast effekt för län per kalendermånad,

Φ_t beräknade tidperioder med fasta effektparametrar,

ε är en normal distribuerad felterm (Barreca & Shimshack 2012).

Utifrån sammanställningen på samtliga data över respektive månad och county, visade resultatet på att influensadödligheten var 40 gånger högre under kallare månader (december till mars) än under varmare månader (juni till september) (Barreca & Shimshack 2012). Av detta har forskarna illustrerat sambandet mellan absolut luftfuktighet och influensadödlighet som följer en minskande exponentialfunktion (figur 8).



Figur 8 I vertikal led redovisas influensadödligheten vid en viss luftfuktighet utomhus (horisontella axeln). Den heldragna linjen anger genomsnittlig procentuell förändring i årliga influensa dödligheten. De streckade linjerna illustrerar 95 % konfidensintervall (Barreca & Shimshack 2012).

I figur 8 kan det utläsas att låga luftfuktighetsnivåer är relaterad med högre influensadödlighet. Det är först när den genomsnittliga dagliga luftfuktighetsnivån är under 6 g vattenånga per kg luft ($7,2 \text{ g/m}^3$) som luftfuktigheten utomhus har en påverkan på dödsantalet. Vidare noteras att över 6 g/kg ($7,2 \text{ g/m}^3$) luftfuktighet inte har någon påverkan på influensadödligheten och det är därför som den heldragna linjen går mot noll.

Utifrån studiens resultat konstaterar forskarna Barreca och Shimshack (2012) att absolut fuktighet och temperatur har påverkan på influensadödligheten. Lägre luftfuktighetsnivå (under 6g/kg) resulterar till högre influensadödlighet. Vidare bör även temperaturen iaktas eftersom influensan utöver luftfuktighet påverkas även av temperaturen (Barreca & Shimshack 2012).

Influensadödligheten har uppvisat mönster på att utbrotten beror på två viktiga faktorer, nämligen säsong och geografi. Olika studier med olika syften har studerat influensavirusets överlevnad och spridning. Till exempel indikerar tidigare experimentella studier att undvika solen minskar virusets överlevnad. Tvärtom uppmärksammar nya relaterade studier att ökande halter av D-vitaminer ger förbättrad immunförsvar och därmed bättre skydd mot sjukdomar. Vidare konstaterar andra studier att länder med kalla temperaturer och mycket nederbörd, får oftast personer att vistas inomhus vilket ger fördelar för viruset att spridas (Barreca & Shimshack 2012). I tidigare arbete av Lowen et al. (2007) indikerades att $5 \text{ }^\circ\text{C}$ och 20–35 % RF var det mest gynnsamma klimatförhållandet för virusets överlevnad. Myatt et al. (2010) påpekade

genom att komma ifrån dem ytterst torra omständigheterna och försöka uppnå RF-nivåer mellan 40–50 %, hindras virusets överlevnad. Dock saknas det fortfarande en hel del forskning för att få svaret på svart och vitt om vad som är det mest lämpliga och användbara.

2.2.2 Legionella

Legionella är en bakterie som förekommer naturligt i jord, sjöar och vattendrag samt i vattenledningar. Bakterien trivs generellt då temperaturen ligger mellan 0–50 °C, men det mest optimala är när vattenomsättningen i vattenledningen är låg och temperaturen är mellan 20–45 °C. Tillväxten av legionella underlättas ytterligare om de växer tillsammans med andra bakterier. Det är också därför vanligt att legionella förekommer bland ansamlingar av exempelvis bakterier och alger (Folkhälsomyndigheten 2020a).

Bakterien legionella identifierades först år 1976 under American Legion Convection som ägde rum i Philadelphia, USA. Många personer drabbades av lunginflammation vid denna samling och därför fick bakterien även sitt namn utefter händelsen. Vidare är legionella aeroba, gramnegativa och klassificeras som patogena (Brady & Sundareshan 2020). Nästan 90 % av infektionerna som legionella orsakar på människan beror på arten *Legionella pneumophila* (*L. pneumophila*). *L. pneumophila* orsakar främst legionärsjuka som är mycket allvarlig och en samhällsförvärd infektion. Eftersom arten är vanligast förekommande i praktiken, har det lett till att forskningen har ägnat stor fokus kring just *L. pneumophila* under de senaste decennierna (Muder & Yu 2002).

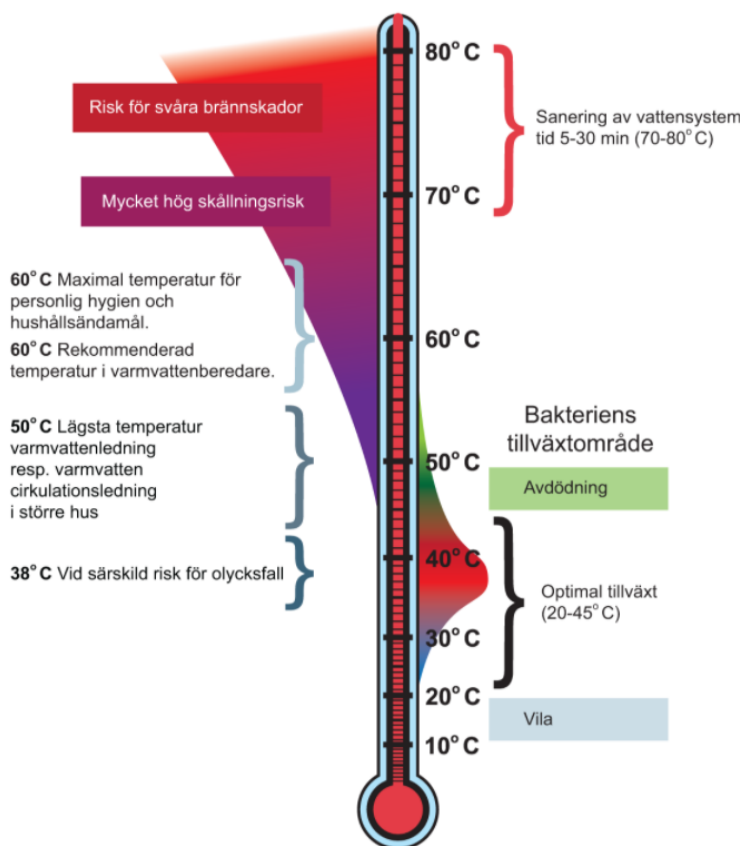
Eftersom legionella är en anmälningspliktig sjukdom, måste samtliga fall av legionellaförekomst rapporteras till Folkhälsomyndigheten och till smittskyddsläkaren i landstinget. Då bakterien är en smittspåringspliktig sjukdom, görs därför utredningar på bakteriesmittan och dess eventuella spridningsvägar (Folkhälsomyndigheten 2018).

Legionella ger upphov till två typer av sjukdomar, nämligen legionärsjuka och pontiacfeber. Legionärsjuka relateras som en lunginflammation med hög feber, huvudvärk och muskelsmär, och även diarré kan vara vanligt för den drabbade. I vissa fall kan sjukdomen vara mycket allvarlig och dödlig, vilket gäller framför allt personer som tillhör riskgruppen det vill säga personer som exempelvis röker eller har nedsatt immunförsvar. Pontiacfeber är däremot inte lika allvarlig som legionärsjuka men ger upphov till influensaliknande symtom såsom feber och muskelsmär. Pontiacfeber är självläkande sjukdom och det tar cirka två till fem dygn för en i övrigt frisk person att tillfriskna (Folkhälsomyndigheten 2018). Dock är det bra att veta att dricka vatten som innehåller legionellabakterier anses inte vara farligt. Utan det är farligt när bakterien andas in via vattendroppar som finns i luften, eftersom det är då legionellabakterien hamnar i lungorna där miljön är gynnsam för dess tillväxt. Om den drabbade inte får rätt behandling kan detta utvecklas och bli allvarligt (Boverket 2017) som det nämns ovan.



Figur 9 Mikroskopisk bild av bakterien legionella (Legionnaires' Disease News 2020).

För att förhindra tillväxten av legionella i tappvarmvattensystemet, bör vattentemperaturen i varmvattenberedaren vara minst 60 °C och minst 50 °C i tappstället. Vidare bör även vattensystemet utformas på sådant sätt att risken för att vatten står stilla minimeras. Drift och underhåll är också viktiga parametrar för att minska tillväxten av bakterier. Till exempel bör rensning av systemet i de områdena med hög risk för tillväxt upprätthållas. Även kemisk desinfektion vara nödvändig i vissa vattensystem för att minska tillväxten (Folkhälsomyndigheten 2020a).



Figur 10 Figuren illustrerar hur olika temperaturområden påverkar legionellabakterien (Boverket 2017).

Förutom tillgång till temperatur och näring, som finns i dricksvatten och varmvatten, har tiden en betydelse för legionellas överlevnad. Till exempel tar det mellan 5–10 timmar att avdöda bakterien ifall temperaturen i varmvattnet är 50 °C. Om temperaturen istället höjs till 60 °C minskas överlevnadstiden till 10 minuter och vid 70 °C försvinner 90 % av bakterierna på endast 10 sekunder. Alltså genom att avdöda bakterier sker vid högre temperaturer (Boverket 2017).

Forsarna Hambleton, Broster, Dennis, Henstridge, Fitzgeorge och Conlan (1983) utförde en studie som undersökte legionellas överlevnad i olika fuktnivåer. I studien berättas att legionella enbart sprids genom luftburna vägar från vattenledningssystem. Detta eftersom det inte fanns tidigare forskningsrapporter som påpekade annat. Det konstateras även att det inte finns tillräckligt med bevis för att säkerställa att spridning från människa till människa också är en orsaksfaktor som bidrar till smittan. Däremot har bevisning för spridningen genom luftburna vägar påvisats i experimentella studier som utförts på bland annat djur och bakterieodling i laboratorium (Hambleton, Broster, Dennis, Henstridge, Fitzgeorge & Conlan 1983).

I studien som utförts av Hambleton et al. (1983) odlades bakterien *L. pneumophila* (Hambleton et al. 1983). Organismerna odlades vid temperaturen 37 °C och därefter

studerades deras tillväxtförmåga vid olika fuktighetsnivåer. Utifrån resultatet på studien indikerades det att *L. pneumophila* hade lägst överlevnadsförmåga vid RF mellan 50–60 % och vid torr luft, det vill säga 30 % RF (Hambleton et al. 1983). Således innebar detta att vid fuktiga förhållanden, det vill säga höga RF som ligger över 60 %, underlättades överlevnadsförmågan. Vilket är rimligt då legionella trivs i vattenrika miljöer och optimala temperaturer (37 °C i detta fall) som gynnar överlevnaden.

Vid en annan studie av Simmering, Polgreen, Hornick, Sewell och Polgreen (2017) undersöktes risken att drabbas av legionärsjuka över säsong i Amerika. Undersökningen genomfördes på amerikanska sjukhuslokaler som var lokaliserade i 26 olika delstater. Sjukhusadresserna översattes till geografiska koordinater och antal rapporterade lunginflammationer i respektive sjukhus analyserades. Vidare exkluderades även vissa faktorer såsom barn under 18 år, kön, betalare och datum då personer blev inlagda. Detta eftersom faktorerna ansågs vara irrelevanta för studien. Väderdata hämtades från Integrated Surface Database (ISD) som stöds av National Climatic Data Center of the National Oceanic and Atmospheric Administration (Simmering, Polgreen, Hornick, Sewell & Polgreen 2017).

Utöver detta valde forskarna Simmering et al. (2017) att analysera RF istället för AF i studien. Motiveringen var bland annat att RF sträcker sig från 0–100 %, medan AF sträcker sig från 0 g/m³ till ett temperaturspecifikt maximum. Vilket orsakar vanligtvis problem eftersom observerad AF vid hög temperatur är omöjlig vid låg temperatur. De ansåg även att AF-nivåerna var extremt korrelerade med temperaturen vilket skiljde sig åt från RF fallet. Då förhållandet mellan RF och temperatur är negativt innebär det att RF oftast är mycket högre vid kalla temperaturer.

I studiens resultat uppmärksammades att legionärsjuka varierade med säsong och geografisk placering. Vid varma temperaturer (60–80 °F, ≈ 15,6–26,7 °C, medeltemperatur 21,2 °C) och mycket fuktiga månader (över 80 % RF), inträffade fler antal rapporterade fall av legionärsjuka. Exempelvis var risken för att insjuknas av legionellainfektion cirka tre gånger högre vid hög RF, över 80 % (14,8 g/m³ AF), än låg RF, under 50 % (9,2 g/m³ AF) Temperaturen var mellan 15,6–26,7 °C i de båda fallen. Utifrån resultatet konstaterades det att legionärssjukan är starkt relaterad till temperatur och relativ luftfuktighet (Simmering et al. 2017). Detta resultat överensstämmer med tidigare påståenden att *L. pneumophila* trivs i varma och fuktiga miljöer som underlättar dess tillväxtförmåga och spridning genom aerosoler som i sin tur ökar risken för människor att drabbas.

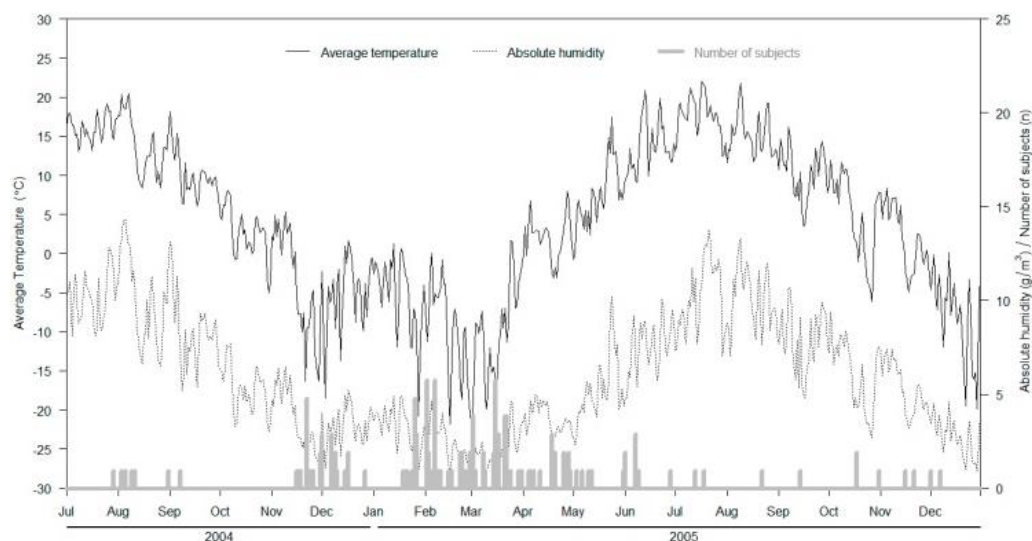
2.2.3 Vanlig förkylning

Förkylning definieras som en infektion i halsen, näsan eller svalget och orsakas i flesta fall av virus. Symptom som nästäppa, nässnuva, ont i halsen samt hosta är vanligt vid förkylning. Vidare kan man även få feber som håller sig i några dagar. I dagsläget finns inga medel som har effekt mot förkylning, utöver lindrande effekt. Ifall man har drabbats av förkylning bör man vila extra mycket och dricka vatten, eftersom kroppen gör sig av med mer vätska än vanligtvis. Virusets sprids via droppar i luften då den som är sjuk har hostat eller nyst. Andra spridningsvägar är kroppskontakt och indirekt spridning, det vill

säga till exempel genom att den som är sjuk tar i ett dörrhandtag som sedan en annan person tar i (Tidblom 2020).

Rhinovirus är ett RNA-virus som är mest känt för att orsaka förkylning och har en dominerande roll vid påverkan på övre luftvägsinfektioner. Viruset tillhör familjen Picornaviridae och smittas enklast via händer. Spridningen av smittan kan minskas genom att ha bra handhygien, det vill säga att man tvättar händerna ofta och noggrant med tvål och vatten. Det finns inget vaccin mot rhinovirusinfektioner, utan symptomen kan endast lindras men förväntas inte påverka bakomliggande orsak (Institutet för hälsa och välfärd 2020).

Övre luftvägsinfektioner är det vanligaste infektionerna runt om i hela världen. Det har en betydande påverkan på exempelvis frånvaro i skolor och på jobb. Vidare genererar det även till ökande kostnader på grund av lägre produktivitet i arbetet och överbelastning inom vården. I en studie som utfördes av Ikäheimo, Jaakkola, Jokelainen, Saukkoriipi, Roivainen, Juvonen, Vainio och Jaakkola (2016), studerades sambandet mellan infektioner som orsakas av rhinovirus samt meteorologiska parametrar såsom temperatur och absolut luftfuktighet. Studien genomfördes i Finland på finska militärer under juli 2004 och januari 2005. Antalet deltagare var 937 med en medelålder på cirka 19 år. Militärerna undersöktes med både medicinskt kompetens samt enkätformulär där de fick rapportera sina besvär och symptom. Undersökningen studerade även andra virus såsom influensa och adenovirus, men av vetenskapligt intresse fokuserade man på rhinovirus. Under denna säsong varierade temperaturen mellan $-22,8$ – $22,0$ °C ($\pm 10,1$) och luftfuktigheten AF varierade mellan $0,8$ – $14,3$ g/m³ ($\pm 3,2$) (Ikäheimo, Jaakkola, Jokelainen, Saukkoriipi, Roivainen, Juvonen, Vainio & Jaakkola 2016).



Figur 11 Förhållandet mellan temperatur (svart heldragen linje), absolut fuktighet (grå streckprickad linje) och förekomst av rhinovirus (staplar) (Ikäheimo, Jaakkola, Jokelainen, Saukkoriipi, Roivainen, Juvonen, Vainio & Jaakkola 2016).

Forskarna Ikäheimo et al. (2016) uppmärksammade att minskning med 1 °C på medel- och maximitemperaturen, ökade risken för rhinovirusinfektionen med 8 %. Samtidigt ökade även en högre medeltemperaturnivå risken för rhinovirusinfektionen med 7 %. Vidare observerades att 74 % av infektionerna inträffade när temperaturerna var under eller lika med 0 °C och de resterande 26 % var när temperaturen översteg 0 °C. För AF visade det sig att en minskning av AF ökade risken att drabbas av rhinovirusinfektion med 13 % och för varje ökning med 0,5 g/m³ av AF ökade risken med 20 %. Utifrån resultatet konstaterades även att kalla temperaturer under vinterperioden medförde en ökning av symptom på övre luftvägar, vilket illustreras i figur 7. Således är en minskning av temperatur och AF associerat med ökande förekomst av infektioner till följd av rhinovirus. Däremot minskas risken för rhinovirusinfektioner under kalla vintertemperaturer och högre AF (Ikäheimo, Jaakkola, Jokelainen, Saukkoriipi, Roivainen, Juvonen, Vainio & Jaakkola 2016).

Vid en annan studie av Karim, Ijaz, Sattar och Johnson-Lussenburg (1985) studerades relativa luftfuktighetens påverkan på rhinovirusets överlevnad. Studien genomfördes i en laborationssal där viruset placerades i olika RF miljöer. Temperaturen i klimatkammaren var mellan 19–21 °C och RF varierade i intervallerna låg 25–35 %, mellan 45–55 % och hög 75–85 %. Tiderna för de olika proverna togs efter 2, 4, 8, och 14 timmar. I resultatet påvisades att under låga och medelhöga RF-nivåer förlorade viruset snabbt sin överlevnadsförmåga och mindre än 0,25 procent av virusen fanns i det första provet som togs efter 2 timmar. Däremot under höga RF-förhållanden hade viruset en halveringstid som var ungefär mellan 12–15 timmar och även efter 24 timmar hade en del av viruset överlevt. Med detta konstaterades att genom höga RF-nivåer kan virusets överlevnad gynnas (Karim, Ijaz, Sattar & Johnson-Lussenburg 1985).

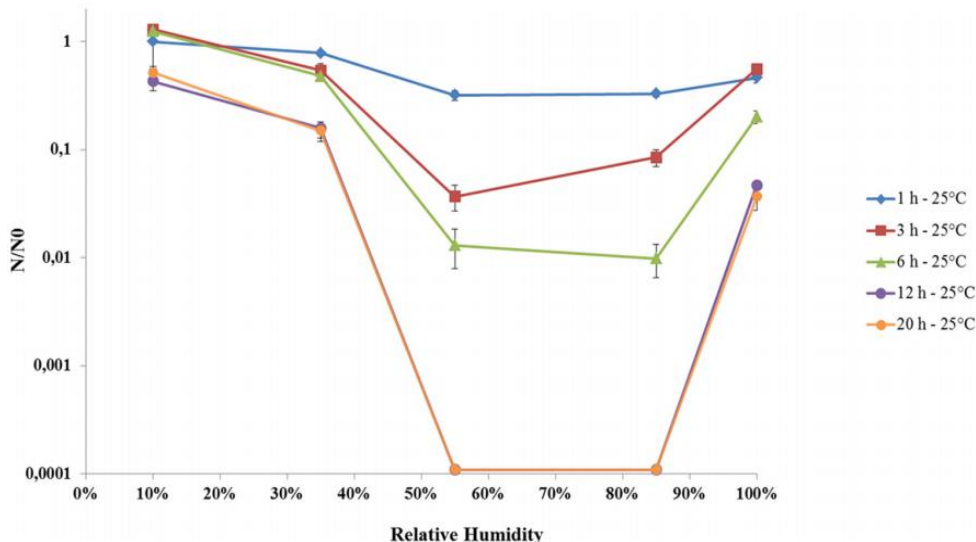
2.2.4 Vinterkräksjuka

Vinterkräksjukan är den vanligaste magsjukan i Sverige och orsakar årliga återkommande epidemier i samhället, framför allt på vinterhalvåret. Symptom som brukar uppvisas i samband med vinterkräksjukan är bland annat diarréer, kräkningar, feber och huvudvärk. För barn är oftast kräkningar det vanligaste, medan vuxna får oftast diarré. De flesta som drabbas behöver inte söka vård då besvären går över efter några dagar. Dock ska vård sökas vid allvarligare symptom såsom blodiga diarréer och hög feber samt frossa. Vinterkräksjukan beror på ett virus som är väldigt smittsamt, nämligen calicivirus. Caliciviruset sprids på olika sätt såsom kontakt och indirekt kontakt som exempel genom mat och dryck som en insjuknad person har hanterat. När en person har smittats finns ett så kallat inkubationstid som varar mellan 12–48 timmar. Det är alltså tiden det tar från att personen har smittats till dess att hen blir sjuk. För vintersjukan finns inga botemedel och den går över av sig själv, men däremot kan vätskebehandling ibland behöva ges. Spridning av smittan kan förhindras genom att man tvättar händerna oftare och noggrant med tvål och vatten. Den smittade bör även undvika att vara på platser där personen kan smitta andra (Bendt 2020).

I gruppen humana calicivirus ingår norovirus (NoV) och sapovirus. Dessa virus har en hög smittspridning och det krävs endast ett fåtal av virusen för att upprätta spridningen

(Folkhälsomyndigheten 2021). Viruset klarar inte av miljöer med höga temperaturer (över 70 °C) och därför bör man tvätta textilier i dessa grader för att bli av med viruset (Folkhälsomyndigheten 2020b). Calicivirus finns runt om i hela världen och kan drabba vem som helst. Infektionen som medföljer från vinterkräksjukan är inte anmälningspliktiga enligt smittskyddslagen. Däremot ska anmälan göras ifall sjukdomen fått en anmärkningsvärd utbredning inom ett område eller uppträder i elakartad form (Folkhälsomyndigheten, 2021)

Noroviruset anses vara en viktig orsak till matförgiftning världen runt och sprids bland annat via kontakt mellan person och person eller indirekt via mat och vatten. I studien av Noue, Estienney, Aho, Perrier-Cornet, Rougemont, Pothier, Gervais och Belliot (2014), har forskarna valt att studera murine norovirus (MNV) som surrogatvirus istället för humant norovirus, då humant norovirus inte är odlingsbart. Laborationsstudien genomfördes i staden Dijon som ligger i Frankrike. Syfte var att undersöka virusets överlevnadsförmåga vid exponering av olika relativa luftfuktighetsnivåer från 10 % (låg) till 100 % (mättad). Detta genomfördes vid temperaturerna 9 och 25 °C. I klimatkammaren placerades lådor som var förseglade med saltlösningar, såsom litiumklorid och magnesiumklorid, för RF-nivåer 10, 35, 55 och 85 %. För 100 % RF användes istället bidestillerat vatten. MNV torkades först under 1 timme vid 10 % RF och rumstemperatur 25 °C. Därefter överfördes förvaringen till klimatkammaren där RF var 35, 55, 85 och 100 %. Resultatet på studien redovisas i figur 12 (Noue, Estienney, Aho, Perrier-Cornet, Rougemont, Pothier, Gervais & Belliot 2014).



Figur 12 Förhållandet mellan relativ fuktighet och murine norovirusets överlevnad. Alla prover torkades först under 1 h under 10 % RF och 25 °C innan de placerades i respektive fuktnivå (Noue, Estienney, Aho, Perrier-Cornet, Rougemont, Pothier, Gervais & Belliot 2014).

I figuren ovan, figur 12, beskriver den högra förklaringsrutan torkningsvillkoren för MNV, det vill säga inkubationstiden i timmar under rumstemperatur. Vertikala axeln avser mängden virus som har överlevt/upptäckts. Således innebär ett högre N/N0 att fler

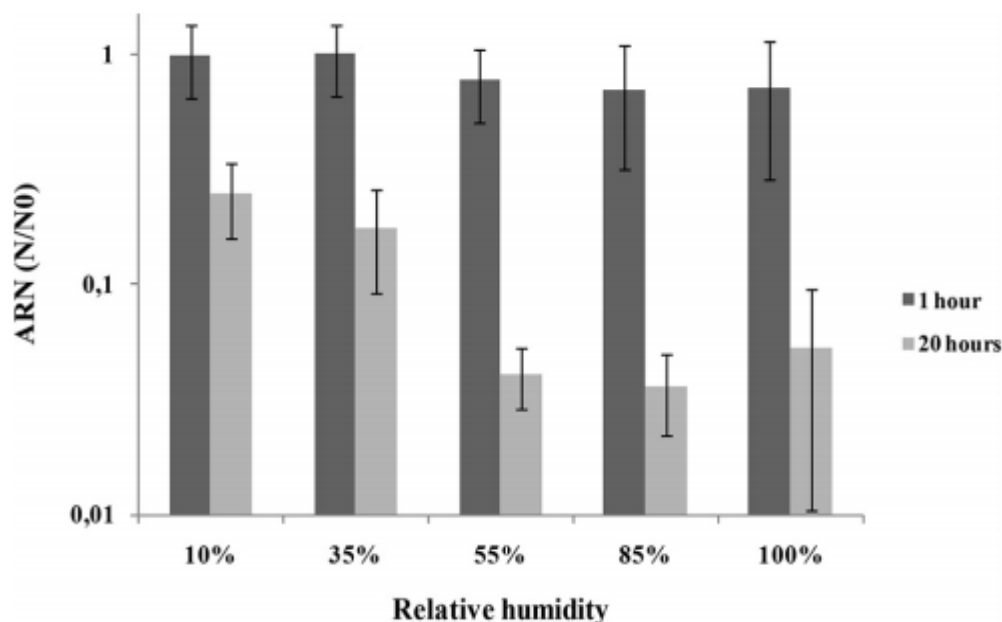
virus har överlevt under miljöförhållandet och exponeringstiden. Utifrån resultatet konstaterar Noue et al. (2014) att tiden för uttorkning av virusdroppar är beroende av luftfuktigheten. Vid 55 % RF var viruset nästan/helt försvunnet och vid 10 samt 100 % RF upptäcktes det flest MNS. Det uppmärksammades att vid låg RF, speciellt vid 10 %, var miljön mer gynnsamt för virusets överlevnad. Forskarna utförde ett liknande experiment där viruset istället fick exponeras i lägre temperatur (9 °C). Jämförelserna mellan 9 och 25 °C redovisas nedan (Noue et al. 2014).

RH (%)	9°C		25°C	
	AH (kg water/ kg air)	Mean % survival (N/N0) ± SD	AH (kg water/ kg air)	Mean % survival (N/N0) ± SD
10	0.0007	63.9 ± 33.9	0.002	51.4 ± 7.0
35	0.002	55.6 ± 15.6	0.007	14.9 ± 3.1
55	0.004	24.3 ± 6.3	0.011	ND
85	0.006	56.4 ± 4.4	0.017	ND
100 (humid fraction)	0.007	59.5 ± 15.4	0.020	3.7 ± 0.9

Figur 13 Förhållandet mellan relativ fuktighet, absolut fuktighet och murine norovirus överlevnad. ND står för not detected, det vill säga att viruset inte har upptäckts (Noue et al. 2014).

I figur 13 uppmärksammas att MNV överlevnad var alltid högre vid lägre temperatur. Dessutom uppmärksammas att virusöverlevnad efter 20 timmar vid 9 °C och relativ luftfuktighet 55 samt 85 %, var signifikant högre än vid 25 °C då virusen inte upptäcktes.

I figur 14 redovisas virusets överlevnad under temperaturen 9 °C och exponeringstiderna 1 och 20 h (Noue et al. 2014).



Figur 14 Murine norovirusets överlevnad under olika RF-nivåer samt exponeringstider (Noue et al. 2014).

Dataanalysen i studien föreslog att absolut fuktighet är en bättre faktor att undersöka snarare än RF. Vid 9 °C översteg AF aldrig 0,007 kg/kg (8,4 g/m³) och forskarna menar i sin studie att AF under 0,007 kg/kg (8,4 g/m³) ger troligen mer gynnsamma förhållanden för viruset att överleva. Däremot är över 0,01 kg/kg (12 g/m³) skadligt för virusets överlevnad. Det uppmärksammades även att överlevnaden var beroende av AF då atmosfären inte var helt mättad (100 % RF) och att låga AF-värden var gynnsamma för murine norovirusets överlevnad. Detta faktum stöds av meteorologiska data för Paris under de senaste 14 åren som visar att absoluta medelluftfuktigheten nästan alltid varit under 0,007 kg/kg (8,4 g/m³) under vintern. Vilket stämmer överens med virusets förekomst och smittspridning under kalla månader på vinterhalvåret (Noue et al. 2014).

I USA är norovirus den vanligaste orsaken till livsmedelsburna sjukdomar. Utöver smittspridningen från person till person är även mat och miljö vanliga spridningsvägar. Viruset kan förbli smittsamt upp till två veckor på miljötytor och över två månader i vatten. I studien av Shamkhali och Deng (2016) har ett antal miljöfaktorer, såsom temperatur och fuktighet, visats vara relaterade med norovirusets utbrott. Detta har påvisats i tidigare experimentella studier som forskarna Shamkhali och Deng (2016) har sammanställt och redovisar i rapporten. Till exempel var norovirusets överlevnad mer ihållande vid 4 °C jämfört med 18 och 30 °C. När virusets överlevnad undersöktes på rostfritt stål och polyvinylklorid (PVC), visades även då att viruset levde längre vid låg temperatur (7 °C) än vid rumstemperatur (20 °C). Vid ett annat tillfälle undersöktes virusets överlevnad i temperaturintervallet 15–40 °C, vilket indikerade att överlevnaden var mest gynnsamt vid 15–20 °C. Vidare konstateras att virusets överlevnad påverkas framför allt av temperatur och sedan av kombination mellan temperatur och luftfuktighet. Det har indikerats att vid låg relativluftfuktighet (30 %) har virusets

överlevt längre än vid 70 % RF. Däremot har interventionsstudie uppmärksammat att vid 20 °C är hög relativ luftfuktighet (82–90 %, 14,2–15,6 g/m³ AF) mer gynnsamt för virusöverlevnaden än vid låg relativ fuktighet (20–40 %, 3,5–6,9 g/m³ AF). Författaren Shamkhali och Deng (2016) menar att detta strider mot vad det allmänt konstateras, nämligen att noroviruset överlever enklare vid lägre RF. Dessutom har inte kombinationen av låg temperatur och låg fuktighet undersökts i interventionsstudien, vilket gör att det behövs fler undersökningar som styrker det påvisade resultatet. Trots detta konstaterar Shamkhali och Deng (2016) ändå att låg fuktighet associeras med högre spridning av noroviruset. Således innebär låg temperatur i kombination med låg fuktighet mest gynnsamt förhållande för virusets överlevnad (Shamkhali & Deng 2016).

2.3 Höga RF-nivåer

Utifrån de studerade vetenskapliga artiklar framgår det att befuktning kan vara ett lämpligt verktyg för att komma ifrån de ytterst torra omständigheterna, det vill säga RF mellan 5–35 %. I flertal studier har det konstaterats att befuktning i rätt mängd kan ge fördelar för människors hälsa. Däremot är det oerhört viktigt att vara försiktig vid befuktning så att det inte befuktas för mycket och istället medför motkonsekvenser. I de tidigare artiklarna har forskarna inte redovisat negativa effekter av befuktning. I artiklarna har det inte bevisats att befuktning inte har några negativa effekter utan författarna har valt att inte studera det. Detta kan bero på att forskarna har begränsat sina studier till att undersöka endast de hälsosymptom som framkommer vid låga RF och genom att höja RF-nivån lindras dessa symptom. I detta avsnitt kommer effekterna av höga RF-nivåer att behandlas och vilka risker som kan förekomma vid för mycket befuktning eller höga luftfuktighetsnivåer.

Enligt författarna Baughman och Arens (1996) är hög RF mellan 60–80 % typiskt benämnt som övre gräns. Detta gränsområde är viktigt att känna till eftersom det kan medföra negativa hälsoeffekter på människan. Hög RF har inte direkt koppling till människan utan ger upphov till mikrobiell påväxt som sedan i sin tur orsakar negativa effekter. De vanligaste hälsoproblem som förknippas med biologiska föroreningar är exempelvis bakterier (legionella), virus (förkylning, influensa), svampar (*Aspergillus fumigatus*) och kvalster.

I tidigare utförda laborationsstudier påstås att det optimala klimatförhållandet för tillväxt av kvalster är mellan 70–80 % RF vid 25 °C. Olika fuktighetsnivåer gav olika temperaturer som var gynnsam och det visades att den kritiska fuktnivån var 55 % RF vid 15 °C och 75 % RF vid 35 °C. Vissa forskare belyser att AF är en mer betydande faktor än RF. Detta resonemang undersöktes i ett laborationstest på kvalster där djuren vistades i samma AF men olika RF-nivåer och temperaturer. Första försöket genomfördes i klimatförhållandet 20 °C och 79 % RF och det uppmärksammades att överlevnaden av kvalsterdjuren inte påverkades. I det andra försöket var temperaturen 27 °C och RF-nivån 56 % och då kunde djuren inte överleva mer. Från dessa två jämförelserna indikeras att RF i just detta fall var en mer lämplig faktor än AF. Vidare noteras det att inomhus luftfuktighet bör vara under 50 % för att vara ogynnsam för kvalsters tillväxt (Baughman & Arens 1996).

Enligt Baughman och Arens (1996) är svamptillväxten beroende av framför allt vatten, kol och kväve. Utifrån laborationsstudier konstaterade Baughman och Arens (1996) att för svamptillväxten är fuktigheten på och inuti materialet betydelsefull och inte luftfuktigheten i omgivningen. Det mest optimala för svamptillväxt och överlevnad är när RF på ytan av materialet ligger mellan 76–96 %. Undersökningar tyder på att svamptillväxten inte är ett problem då RF-nivån är under 70 % (eller till och med 80 %), såvida inte andra faktorer påverkar. Vidare växer svampar vanligtvis vid temperaturer mellan 0–40 °C. Under 0 °C överlever svamparna men fortsätter inte att växa och över 40 °C försvåras överlevnaden. För exempelvis svampen *Aspergillus fumigatus* ger 30 °C snabbast tillväxt (Baughman & Arens 1996).

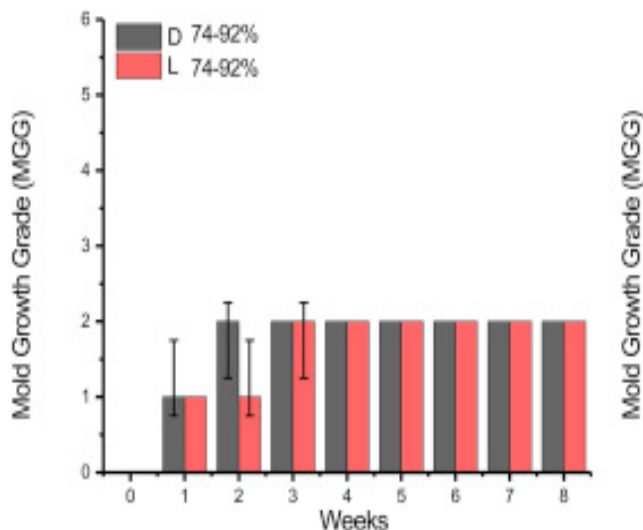
Bakterier och virus sprids vanligtvis bland människor, exempelvis genom fysisk kontakt eller via andningsvägar. Spridningen och överlevnaden hos de luftburna andningsdropparna kan då påverkas av RF. Däremot finns det inget gemensamt värde som är gynnsamt för alla utan beror helt på den studerade organismen. Till exempel har bakterien *Escherichia coli* (förkortas med *E. coli*) svårt att överleva i RF-nivåer mellan 70–80 % och värden över och under detta intervall gynnar överlevnaden för *E. coli*. Ett annat exempel är bakterien *Pneumokocken* (tillhör streptokocker) som minskar överlevnadsstabiliteten vid 50 % RF. För luftburna virus har det indikerats att vid luftfuktighetsnivåer under 30 % gynnas överlevnaden (Baughman & Arens 1996) som också påvisats av andra studier i denna rapport.

Befintlig forskning som finns hittills har ännu inte funnit exakta gränsområden som är olämpliga eller lämpliga för överlevnaden av föroreningarna. Vidare har även studier kring hälsonnegativa partiklar, såsom formaldehyd, ozon och kväve visats påverkas av luftfuktigheten. Enligt Baughman och Arens (1996) studie konstateras det utifrån resultatet att rekommenderat intervall för RF är mellan 40–60 %. Rekommendationer för bakterier är RF under 60 %, för virus är det RF under 70 % och för svampar gäller RF under 60 % (Baughman & Arens 1996). Sambandet mellan bygg- och installationsteknik, organismers överlevnad och människors hälsa är komplext och omfattande. Det har genomförts många studier genom åren men ändå har man inte kunnat sätta punkt på vad ett bra värde på RF innebär. Prioriteringar är viktigt och utvärderingar kring vilken konsekvens som är minst skadlig i ett område för RF, som samtidigt är mest behaglig för människan bör göras.

Forskarna Li, Wu, Xie, Zhao, Dang och Hokoi (2020) belyser i sin studie att tidigare artiklar har rapporterat att ingen mögeltillväxt inträffar i byggnader när RF är mindre än 70 %. Vidare har det uppmärksamats att mögel växer enklare och fortare när luftfuktigheten ökar. Belysningslägen, ljus eller mörkt, ska även ha en betydelse för tillväxtförmågan enligt forskarna Li et al. (2020). Denna information användes som grund till att utgå ifrån för att studera sambandet mellan mögeltillväxt och relativ luftfuktighet. Studien börjades med att jord hämtades från staden Wenzhou som ligger i Kina. Jordens huvudingrediens är lera och det blandades ut med sterilt vatten som sedan delades upp i 24 identiska petriskålar. Proverna hölls i ett laboratorium under en dag vid 70–80 % RF (0,3–0,35 kg/kg AF). Därefter delades de 24 proverna upp i 6 grupper med 4 prov vardera och undersöktes i 8 veckor för både ljusa samt mörka förhållanden.

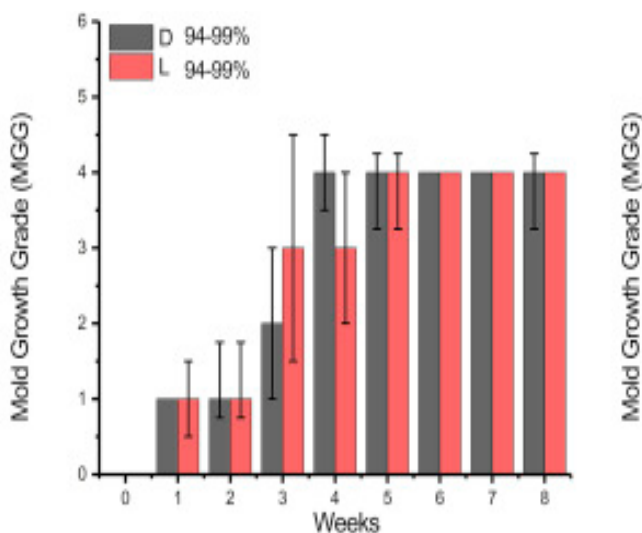
Temperaturen behölls konstant runt 24 °C och RF varierade mellan höga och extremt höga nivåer för att jämföra skillnaderna. Extrema höga RF-nivåer definierades som 99,9 %, (21,7 g/m³ AF) och höga fuktighetsnivåer innefattar intervallen 74–92 % RF (16,1–20,0 g/m³ AF) och 94–99 % RF (20,4–21,5 g/m³ AF) (Li et al. 2020).

Resultatet illustreras i figur 15–17 och redovisar mögeltillväxten under åtta veckor. Den vertikala axeln anger en bedömning av tillväxtegenskaperna där 0 innebär ingen tillväxt och 6 är allvarlig mögeltillväxt. I figurförklaringen står D för mörkt tillstånd och L står för ljust (Li et al. 2020).

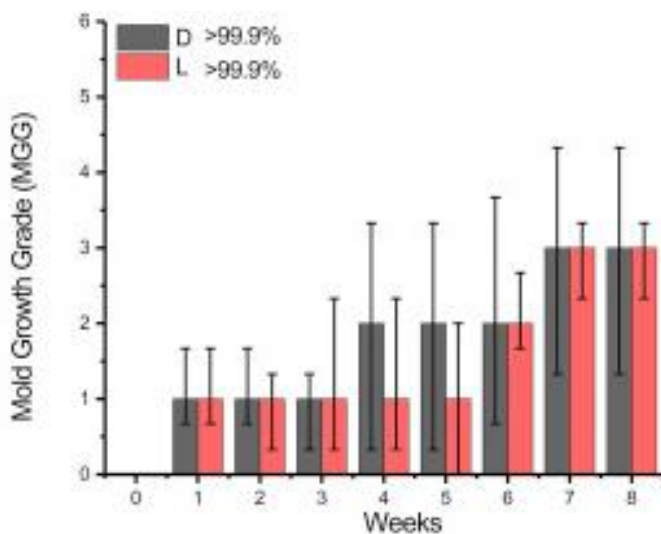


Figur 15 Mögeltillväxtförhållandet 74–92 % RF (Li, Wu, Xie, Zhao, Dang & Hokoi 2020).

I ovanstående figur, figur 15, är mögeltillväxten i princip densamma för de båda grupperna. Som maximalt uppgår tillväxten till grad 2. Däremot ökade tillväxten signifikant för de båda grupperna för RF mellan 94–99 %, vilket illustreras i figur 16. Medelvärde för grupp L ökade från 10 till 65% mellan andra och femte veckan. Grupp D steg från 19 till 85 % under tredje till femte veckan. Båda grupperna gick upp till grad 4 vid detta fuktighetsförhållande, vilket är dubbelt så högt som föregående fall (74–92 % RF) (Li et al. 2020).



Figur 16 Mögeltillväxtförhållandet 94–99 % RF (Li et al. 2020).

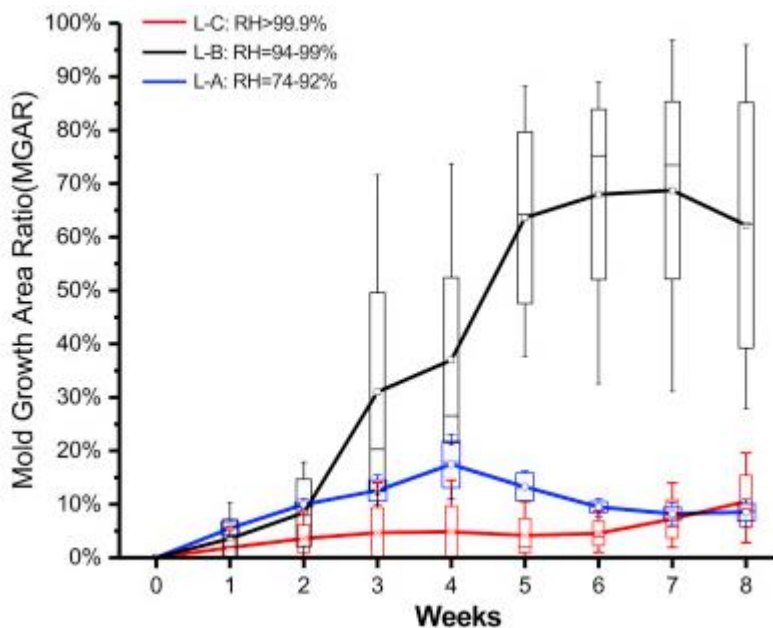


Figur 17 Mögeltillväxtförhållandet 99,9 % RF (Li et al. 2020).

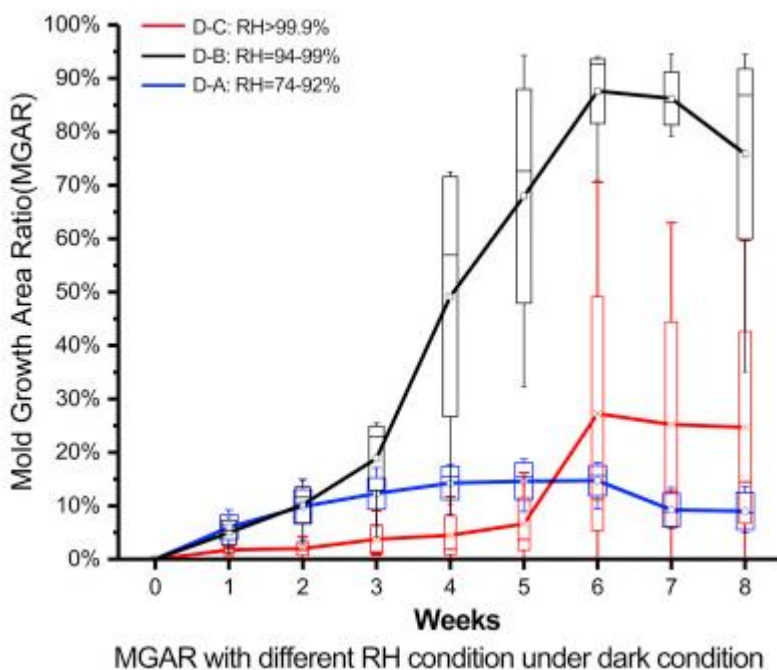
För RF över 99,9 % genomgick de båda grupperna en förändring från grad 1 till grad 2 och sedan till grad 3. Skillnaden var att grupp D gick in i grad 2 först under den fjärde veckan, medan grupp L nådde grad 2 under den sjätte veckan. Tillståndet var inte lika allvarligt som tidigare fall (94–99 % RF). Jämförelse av de tre förhållandena så indikeras att fukt kan ha haft en dubbel effekt av både främjande och hämmande av mögeltillväxt i ett extremt högt intervall. Det indikeras även skillnader mellan ljusa och mörka förhållanden (Li et al. 2020).

I nedanstående figurer, figur 18 och figur 19, redovisar författarna hur mögeltillväxten förändrades procentuellt vid de olika de olika fuktillstånd. Figur 18 presenterar för

ljusa förhållanden och figur 19 illustrerar mörka. Mold Growth Area Ratio innebär hur mycket av området på en petriskål har infekterats av mögel.



Figur 18 Mögeltillväxt vid de olika RF-förhållanden. L i figurbeskrivningen står för ljust tillstånd (Li et al. 2020).



Figur 19 Mögeltillväxt vid de olika RF-förhållanden. D i figurbeskrivningen står för mörkt tillstånd (Li et al. 2020).

Vid RF mellan 94–99 % var tillväxten betydligt mer än de andra och det kan tyda denna fuktighetsnivå kan vara gynnsam miljö för mögeltillväxt. Utifrån studiens resultat konstaterar forskarna Li et al. (2020) dessutom att det kan finnas hämmande effekter vid extremt höga fuktighetsnivåer (99,9 % RF) som kan minska tillväxten. Det betyder att provernas ytfuktighet påverkar mögeltillväxten, det vill säga när kondens på ytan sker bildas en vattenfilm som kan minska syretillförseln och därav hämma tillväxten av mögel som kräver syre (Li et al. 2020).

Dessa nivåer är väldigt höga RF som vanligtvis inte bör förekomma bland inomhusmiljöer i lokaltyper såsom bostäder eller kontor. Syftet med detta avsnitt är att lyfta fram vad som kan ske vid okontrollerad samt för mycket befuktning och vilka konsekvenser det kan medföra. Eftersom tidigare artiklar har lyft fram att befuktning är bra för att komma ifrån de ytterst torra omständigheterna, så ska detta avsnitt ge en förståelse kring att kontrollerad befuktning är minst lika viktigt.

2.4 Sammanställning

I tabell 4 och 5 är en sammanställning på avsnitt 2.1 Låga RF-nivåers inverkan på människan. Tabell 6 redovisar avsnitt 2.2 Mikroorganismers överlevnad. Ifall AF inte har angivits i artiklarna, har det beräknats det med hjälp av ekvation 1 och 2. Då temperatur och RF är given blir det enkelt att ta fram AF.

Tabell 4 Sammanställning av medicinska undersökningar.

Författare	Relativ fuktighet [%]	Temperatur [°C]	Absolut fuktighet [g/m ³]	Observation
Wolkoff (2018a)	5–30 (låg) 45–50 (hög)	-	-	Vid låg RF ökade klagomålen om upplevd torr luft och irritation i ögon samt övre luftvägar. Vid högre RF förbättrades ögonens tårfilmsstabilitet och torra ögon lindrades.
	15 (låg) 50–80 (hög)	21–23 (medel 22)	2,9 9,7–15,5	Möss placerades under dessa förhållanden. Det observerades att låg fuktighet orsakar försämrad tårproduktion och ökade skador i hornhinnan.
	15 18,5	-	-	Tårproduktionen visades vara nedsatt vid både 15 och 18,5 % RF, men ögat skadades mer vid 15 % RF.
Sunwoo et al. (2006)	10 30 50	25	2,3 6,9 11,5	Vid 10 % RF påverkades ögonen, huden och näslemhinnan av torrhet. Vid 30 % RF blev ögonen och huden torra och vid 50 % RF påvisades inga symptom. Deras rekommendation: RF>30 % är lämpligt för att undvika torra ögon och RF>10 % bör vidtas för att undvika nästorrhet.
	1,4 (låg) 60 (hög)	23,6 25	0,3 12,8	Mycket låga relativa luftfuktigheter, omkring 2 %, medför negativa konsekvenser på människor. Vidare beror det även på exponeringstiden, det vill säga hur länge personerna utsätts för det. I torrt klimat med låg RF visades sämre värde på hemoglobinet och högre antal vita blodkroppar. Vidare var klåda och eksem vanligt bland de som vistas i mycket låga RF-nivåer.

Författare	Relativ fuktighet [%]	Temperatur [°C]	Absolut fuktighet [g/m ³]	Observation
Bakke et al. (2008)	15–30 (låg) 30–35	20–22 (medel 21)	2,7–5,5 5,5–6,4	Resultatet indikerade att vid låga RF-nivåer, ansågs luften som torr och personerna kunde inte hålla ögonen öppna lika länge. Genom att höja RF-nivån till över 30 % förbättrades tårfilmsstabiliteten. Detta har undersökts i en tidigare experimentell studie där människor utsattes för luftfuktighetsnivåer mellan 30–35 % och resultatet påvisade inga symptom på tårfilmsstabiliteten. Vidare minskades näsvolymen med ökad genomsnittlig temperatur.
Wyon et al. (2006)	5/15/25/35 19/15/12 35	22 (Luftflöde 60l/s/person) 18, 22 ,26 (Luftflöde 10l/s/person) 22 (Luftflöde 10l/s/person)	1,0/2,9/4,9/6,8 2,9 6,8	Lägre RF inomhus ökar torrheten i ögonen och läpparna. Det medför även nästäppa samt irritation i halsen. Detta förvärrades ytterligare i förorenad luft då temperaturen höjdes och absoluta luftfuktigheten var konstant. Vidare noterades även nedsatt arbetsprestation bland alla arbetare vid låga RF-nivåer och personerna blinkade oftare vilket indikerar negativa effekter på tårfilmen.
Angelon-Gaetz et al. (2016)	<30 (låg) >50 (hög) 30–50	-	-	Vid för låga och för höga RF-nivåer, det vill säga under 30 % och över 50 %, ökade astmaliknande symptom i jämförelse med normala luftfuktighetsförhållanden (mellan 30–50 % RF).
Abusharha & Pearce (2012)	5 (låg) 40 (normal)	21	0,9 7,3	Individerna som vistades i 60 minuter vid låg RF uppmärksammades förändringar på tårfilmen och blinkfrekvensen. Det konstaterades att miljöer med torrt klimat bör åtgärdas och förbättras för att undvika skador på ögonen samt störningar i tårfilmstabiliteten.

Låga nivåer på relativ luftfuktighet och inomhusklimat

Författare	Relativ fuktighet [%]	Temperatur [°C]	Absolut fuktighet [g/m ³]	Observation
Reinikainen & Jaakkola (2003)	25,8	21,9	5,0	Torrhetssymptomen på hud och övre luftvägar minskades vid befuktat tillstånd (32,7 % RF och 22,4 °C) och färre personer rapporterade torrhet i ögon och näsa. Vidare var personernas luktuppfattning förstärkt vid befuktat tillstånd och symptom som nästäppa lindrades till skillnad från icke befuktad tillstånd (25,8 % RF och 21,9 °C).
	32,7	22,4	6,7	

Tabell 5 Sammanställning av enkätundersökningar.

Författare	Relativ fuktighet [%]	Temperatur [°C]	Absolut fuktighet [g/m ³]	Observation
Azuma et al. (2015)	-	-	-	Personer som vistas i miljöer med låg luftfuktighet löper större risk att uppleva ögonirritation samt symptom på exempelvis övre andningsvägar och huden.
Azuma et al. (2017)	-	-	-	Liknande symptom som tidigare undersökning. Det konstaterades även att kemiska lukter (från nymålade väggar, högre halt av specifika flyktiga organiska föreningar såsom ammoniak och ozon) är en riskfaktor för hudsymptom och symptom på övre luftvägar under sommaren men inte vintern.
Bakke et al. (2007)	15–35 (medel 21,9)	19–25 (medel 22,2)	4,3	Utifrån studien konstateras det att låg fuktighet förknippas med att människor upplever luften som torr. Vidare uppmärksammades även att kvinnor klagade en del på fysiska symptom och rapporterade hälsosymptom oftare än män. Männen symptom var mer specifikt anknutet till lufthastighet och luftfuktighet.

Författare	Relativ fuktighet [%]	Temperatur [°C]	Absolut fuktighet [g/m ³]	Observation
Lukcso et al. (2016)	37,4	22	7,3	Negativt samband mellan luftvägsinfektioner och relativ luftfuktighet. Låg luftfuktighet associeras med ökande förekomst av övre och nedre andningssymptom. För individer som har atopi, allergi eller astma var symptom som obehag och arbetsstress vanligt. Vidare medförde även låg luftfuktighet ökad frånvaro och närvaro med reducerad arbetskapacitet.
Wiik (2011)	6–30 (låg) 40–55 (normal) 50–100 (hög)	21,7	1,1–5,7 7,6–10,5 9,5–19,1	Produktivitet hos arbetarna var lägre vid låg RF. Låg RF ger upphov till förändring av tårfilmen och torra ögon. RF på cirka 40 % verkar vara bättre för ögonen och lindra besvären som vid låga nivåer.
Wolkoff (2018b)	15	-	-	Negativa effekter som påverkar ögonens och luftvägarnas uttorkning som kan ge upphov till symptom i munnen samt halsen.
	50	23	10,3	Partikelhalten av inerta material varierade från 2, 10 och 25 mg/m ³ . Det indikerades att ökande partikelkoncentration i rummet påverkar människans hälsa negativt. Således har typ av partikel samt partikelhalt har en stor betydelse.
	6–30 (låg) 40–50 (hög)	-	-	Symptomen av torra ögon, näsa och halsen har minskats. Detta kan bero på när RF ökar leder det oftast till att halten av vissa partiklar i luften minskas.
Gavhed & Klasson (2005)	15 (torrt) 43 (normalt)	20–22 (medel 21)	2,7 7,9	Torrt tillstånd resulterar i mer besvär och fler upplevda symptom i ansiktshud samt slemhinnor. Även värme och röd hud i ansikten rapporterades under torrt tillstånd. Vid normalt tillstånd minskades symptomen markant.

Låga nivåer på relativ luftfuktighet och inomhusklimat

Tabell 6 Sammanställning av mikroorganismers överlevnad

Författare	Relativ fuktighet [%]	Temperatur [°C]	Absolut fuktighet [g/m ³]	Observation
Influenzavirus				
Lowen et al. (2007)	20/35/50/65/80	5	1,4/2,4/3,4/4,4/5,4	Tester på marsvin utförs och resultatet indikerar att influenzaviruset är beroende av både temperatur och relativ luftfuktighet. Kall/låg temperatur (5 °C) och låg RF (från 20 till 35 %) är mest gynnsam för virusets överlevnad.
		20	3,5/6,1/8,6/11,2/13,8	
		30	6,1/10,6/15,2/19,7/24,2	
Myatt et al. (2010)	33/47	18/22	5,1/9,1	Genom att tillämpa en aktiv befuktare i rummet fås en högre RF- och AF-nivå inomhus, vilket försämrar influenzavirusets överlevnad.
	35/41		5,4/8,0	
Barreca & Shimshack (2012)	-	USA:s väderdata 1973–2002	USA:s väderdata 1973–2002	Influensadödligheten var 40 gånger högre under kallare månader (december till mars) än under varmare månader (juni till september). Det är under 7,2 g/m ³ AF som fuktighetsnivån har en påverkan på influensadödligheten. Över 7,2 g/m ³ AF har det ingen påverkan.

Låga nivåer på relativ luftfuktighet och inomhusklimat

Författare	Relativ fuktighet [%]	Temperatur [°C]	Absolut fuktighet [g/m ³]	Observation
Legionella				
Boverket (2017)	-	50/60/70	-	Genom att höja temperaturen så dör bakterien. Till exempel vid 50 °C tar det mellan 5–10 timmar att avdöda bakterien, vid 60 °C tar det 10 minuter och vid 70 °C försvinner 90 % av bakterierna på endast 10 sekunder.
Hambleton et al. (1983)	30 50–60	37	13,2 22,0–26,3	Överlevnadsförmågan försvårades vid RF mellan 50–60 % och vid torr luft, det vill säga 30 % RF. Vid över 60 % RF underlättades överlevnadsförmågan.
Simmering et al. (2017)	Undersökt: 0–100 Uppmärksammat: <50 >80	15,6–26,7 (medel 21,2)	<9,2 >14,8	Fler fall av legionärsjuka vid höga och fuktiga månader. Risken att insjukna av legionellainfektion är cirka 3 gånger högre vid hög RF över 80 % än låg RF under 50 % och temperaturen var mellan 15,6–26,7 °C i båda fallen.

Författare	Relativ fuktighet [%]	Temperatur [°C]	Absolut fuktighet [g/m ³]	Observation
Vanlig förkylning				
Ikäheimo et al. (2016)	-	-22,8–22,0 (medel -0,4)	0,8–14,3 (medel 7,6)	Det indikeras att minskning av temperatur och AF är associerat med ökande förekomst av infektioner. Minskning med 1 °C på medel- och maximitemperaturen, ökade infektionsrisken med 8 %. 74 % av infektionerna inträffade när utetemperaturen var under eller lika med 0 °C och de resterande 26 % var när temperaturen översteg 0 °C. Vid temperaturer över 20 °C inträffade knappt några fall av virusinfektionen. För AF visade det sig att en minskning av AF från 7,6 ökade risken med 13 % och för varje ökning med 0,5 g/m ³ av AF ökade risken med 20 %.
Karim et al. (1985)	25–35 (låg) 45–55 (mellan) 75–85 (hög)	19–21 (medel 20)	4,3–6,1 7,8–9,5 13,0–14,7	Vid låga och medelhöga RF-nivåer fanns mindre än 0,25 % av virusen kvar i det första provtagningen som togs efter 2 timmar. Däremot under höga RF-förhållanden hade viruset en halveringstid som var ungefär mellan 12–15 timmar och även efter 24 timmar hade en del av viruset överlevt. Med detta konstaterades att genom höga RF-nivåer kan virusets överlevnad gynnas.

Låga nivåer på relativ luftfuktighet och inomhusklimat

Författare	Relativ fuktighet [%]	Temperatur [°C]	Absolut fuktighet [g/m ³]	Observation
Vinterkräksjuka				
Noe et al. (2014)	10/35/55/85/100	9	0,8/2,4/4,8/7,2/8,4	Vid låg RF (10 %) var miljön mer gynnsamt för virusets överlevnad. Vidare var överlevnaden alltid högre vid lägre temperatur. T.ex. 20 timmars exponering vid 9 °C och relativ luftfuktighet 55 samt 85 %, var högre än vid 25 °C. Det konstateras att AF är en bättre faktor att undersöka än RF. Vid utetemperatur 9 °C översteg AF aldrig 0,007 kg/kg (8 g/m ³) och forskarna menar att AF under 0,007 (8 g/m ³) är mer gynnsamt för virusets överlevnad, dvs torrt klimat. Däremot är över 0,01 kg/kg (12 g/m ³) skadligt för virusets överlevnad. Resonemanget överstämde också med meteorologiska data över Paris och förekomsten av viruset samt dess smittspridning under kalla månader på vinterhalvåret.
		25	2,4/8,4/13,2/20,4/24,0	
Shamkhali & Deng (2016)	30/70	4/18/30	-	Sammanställning av olika studier. Forskarna konstaterar att låg temperatur (4 °C) i kombination med låg fuktighet är mest gynnsamt förhållande för virusets överlevnad
		7/20		
		15–40		

En diskussion av resultaten och slutsatser görs i rapportens avslutande kapitel.

3 Beräkning av relativ luftfuktighet och absolut fuktighet i Malmö, Stockholm och Kiruna

I detta avsnitt beräknas luftfuktigheten inomhus för lokaltyp bostäder och kontor för några orter. Beräkningarna görs i Excel och utetemperatur samt RF ute är standardklimat från Meteonorm 7 uppdelat i tim-värden över året. Meteonorm 7 är en programvara som hänför sig till klimatdata från perioden 2000 till 2009. Sedan har programmet egna simuleringsrutiner för att skapa ett ”normal”-klimat. De hämtade värden på RF ute och temperatur ute för respektive ort illustreras som figurer under avsnitten ”Förutsättningar”. Vidare används ekvation 1, 2 och 5 för att ta fram resterande parametrar. Beräkningsgången är likadan för respektive ort men skiljer sig åt i värden som beror på ortens geografiska placering.

Fukttillskottet (v_{FT}) varierar beroende på lokaltyp, antal personer, typ av aktivitet och luftflöden. I kontorslokaler brukar man generellt inte komma upp i höga fukttillskott på grund av de rekommenderade luftflöden som finns för kontor och därför blir det intressant att även studera låga v_{FT} värden. Enligt Folkhälsomyndigheten (2014) bör fukttillskottet för bostäder och lokaler för allmänna ändamål inte regelmässigt överstiga 3 g/m^3 under vinterförhållanden för att inte vara olägenhet för människans hälsa (Folkhälsomyndigheten 2014), vilket är något som måste beaktas i analysen. I beräkningar för bostäder har även $v_{FT} 4 \text{ g/m}^3$ beräknats, vilket är ett extremfall. Detta är ett riktvärde som man inte ska överstiga för att inte orsaka fuktproblem inomhus.

Det har tagits fram ett diagram som redovisar relativa luftfuktigheten inomhus som funktion av utomhustemperaturen. I detta diagram tas det inte hänsyn till tiden och därmed finns det inte information om när en viss punkt inträffar på året. Men det kan ändå relateras till olika årstider eftersom det är kallare på vintern och varmare på sommaren. Det som redovisas är samhörande värden på utetemperatur och relativ luftfuktighet inomhus. För bostäder har det beräknats för fukttillskottet 2 g/m^3 och för kontor har det beräknats för både 1 och 3 g/m^3 . Inomhustemperaturen är konstant $22 \text{ }^\circ\text{C}$ för båda lokaltyperna. Detta görs likadant fast med ånghalt (AF) inne istället för RF inne.

Även varaktighetsdiagram har tagits fram, vilket innebär att årets timmar har sorterats om utifrån aktuell RF eller AF nivå. Man kan då gå in med ett specifikt RF i procent, till exempel 35 %, och undersöka dels hur stor andel av året denna RF uppnås eller inte uppnås på grund av det naturligt förekommande fukttillskottet som tillförs från människor och verksamhet/aktiviteter. Det går även att utläsa hur stor andel av tiden som eventuell aktiv befuktning kan vara aktuell. Detta blir då perioden mellan naturligt fukttillskott upp till begränsningslinjen 3 g/m^3 . Både temperatur och fukttillskott har varierats för att olika RF som kan vara av intresse ska kunna undersökas. Beräkning för temperaturerna 20, 22 och $24 \text{ }^\circ\text{C}$ görs för samtliga fall. För bostäder har det valts att variera v_{FT} från 0, 1, 2, 3 till 4 g/m^3 och för kontor varierar det från 0, 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 2,0 till $3,0 \text{ g/m}^3$. I figurförklaringen för diagramlinjerna avser siffran efter T:et fukttillskottet i g/m^3 . Till exempel innebär ”V_FT3” beräkning för fukttillskottet 3 g/m^3 .

Vidare har aktiv befuktning för kontorstid valts från måndag till fredag från klockslagen 09:00-18:00. Valet på tidsintervallet baseras på vanlig arbetstid mellan 08:00-17:00 där det har resonerats att det tar cirka 1 h för lokalen att fuktas upp och är kvar i lokalen en timma efter. Däremot har fuktillskottet för bostäder beräknat dygnet runt och alla timmar på året.

I kontorslokaler tillförs fukt främst under kontorstid, framför allt från människor, vilket ger olika fuktnivåer dagtid respektive natt och helg. Eventuell befuktning är endast aktuell då människor vistas där, det vill säga under kontorstid. För kontorslokaler redovisas därför två olika varaktighetsdiagram där ena presenterar hela årets alla timmar och den andra är endast baserat på kontorstid. Skillnaden mellan dessa är att årets alla timmar innebär beräkning på 8760 timmar som avser ett helt år, medan kontorstimmar avser endast timmarna då kontoret används det vill säga 2600 timmar på ett år. Kontorstimmar är en delmängd av alla årets timmar där timmarna för natt och helg har tagits bort. Alla beräkningar har gjorts från årsskiftet och timmar ett helt år fram. Således innebär detta att timme 1 är första timmen på året det vill säga januari 01 klockan 01:00.

Beräkningarna och diagrammen är tänkta att användas som ett uppslagsverk, det vill säga att man tillämpar ett aktuellt fuktillskott (beroende på antal människor och flöden) och därefter får fram hur stora tidsandelar av året det rör sig om. Konstant fuktillskott har antagits för bostäder vilket medför att linjerna i figuren är parallella. Varje läsare kan därför tillämpa sitt eget fuktillskott och avläsa samtliga värden.

Boverket (2010) har genomfört en nationell studie på normala fuktillskott i bostäder. Uppdraget kallas BETSI (Byggnaders Energi, Teknisk Status och Inomhusmiljö) och mäter värden på verkliga bostäder som ska motsvara ett riksgenomsnitt. I studien noterades ett genomsnittligt värde på fuktillskottet $1,8 \text{ g/m}^3$ för småhus och $1,2 \text{ g/m}^3$ för flerbostadshus (Boverket 2010). Medelvärde av dessa fuktillskott blir $1,5 \text{ g/m}^3$ och genom att avläsa samt interpolera mellan fuktillskotten 1 och 2 g/m^3 kan tidsandelen för $1,5 \text{ g/m}^3$ avläsas.

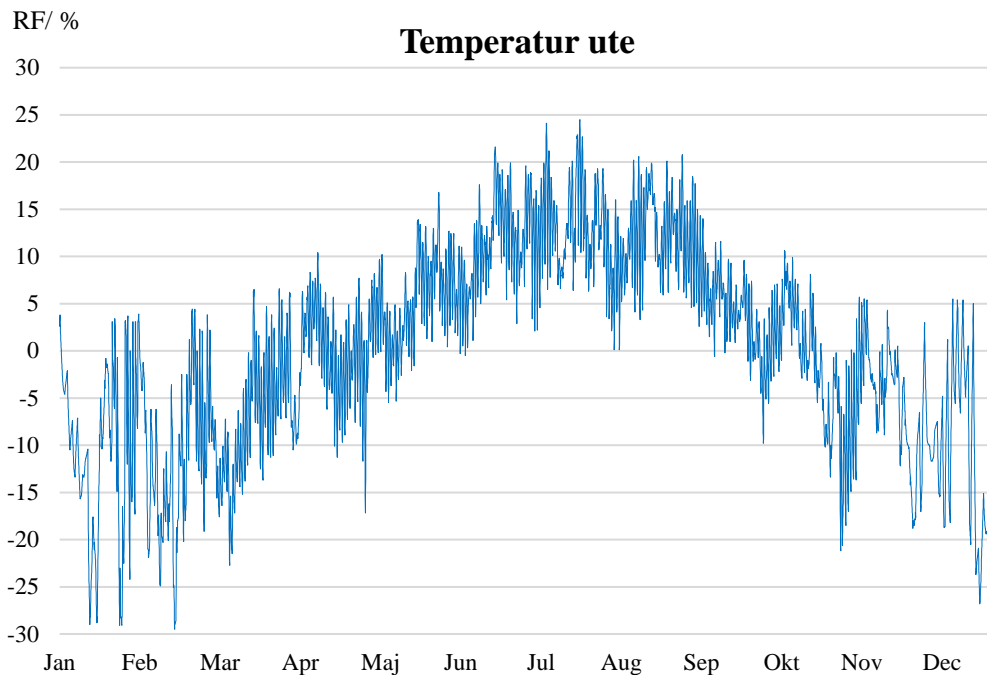
Till exempel om önskad RF-nivå är minst 30 % för en bostad i Kiruna med inomhustemperaturen $20 \text{ }^\circ\text{C}$. I figur 22 kan det avläsas att cirka 45 % av tiden på ett år är RF under 30 % för naturligt fuktillskott på 2 g/m^3 . Detta innebär att det kan aktivt fuktas med 1 g/m^3 för att nå maxkravet enligt Folkhälsomyndigheten (2014). I samma figur, figur 22, avläses då att tidsandelen har minskat till 20 % istället för 45 %. Således kommer 20 % av året inte att uppnå 30 % RF, vilket inte kan åtgärdas. Vidare kan skillnaden mellan 25 % och 45 % av tiden beräknas, det vill säga 20 %, vilket anger den tid som aktiv fuktning med 1 g/m^3 kan ske. Ett exempel kan även ses i figur 25.

För 1 g/m^3 i fuktillskott är RF 60 % av tiden under 30 % och genom att aktivt befukta med 2 g/m^3 kan 3 g/m^3 maxnivån uppnås. Det innebär att 30 % av tiden kan man fukta med 2 g/m^3 och med hjälp av dessa två exempel kan medelvärde beräknas, för att få information om $1,5 \text{ g/m}^3$ i fuktillskott som enligt mätningarna av Boverket (2010) redovisar det svenska bostadsbeståndet. Det vill säga att 52,5 % av tiden är RF under 30 % och genom att aktivt fukta med $1,5 \text{ g/m}^3$ kan 3 g/m^3 åstadkommas. För 3 g/m^3 gäller det att RF är under 30 % för 25 % av året och detta värde kan inte åtgärdas. Vidare

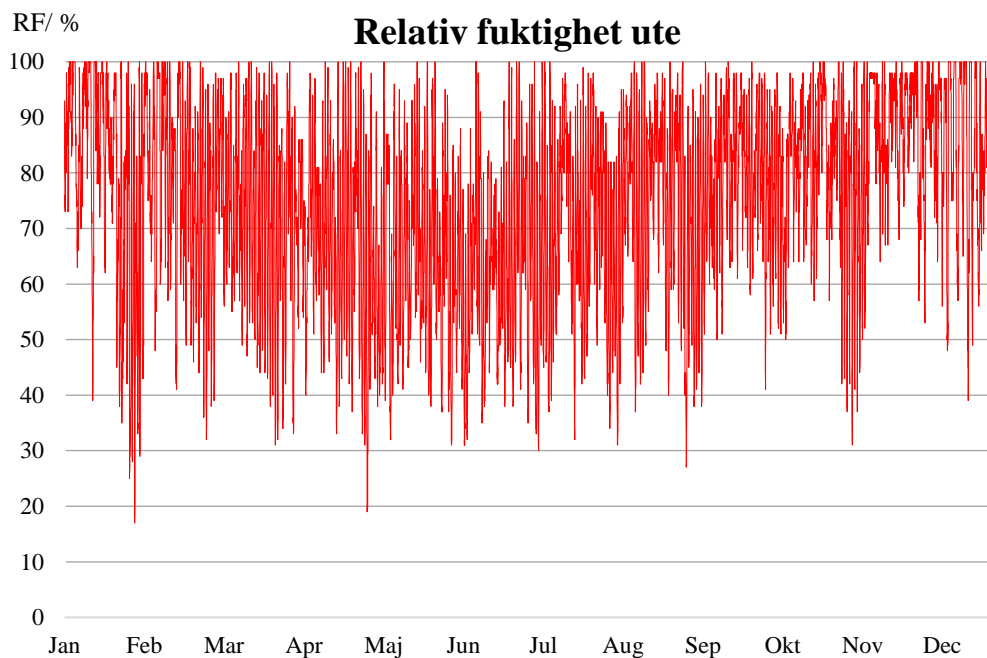
innebär det även att 27,5 % av året kan det befuktas med $1,5 \text{ g/m}^3$ för att uppnå minst 30 % RF i inomhusklimatet.

3.1 Kiruna

3.1.1 Förutsättning

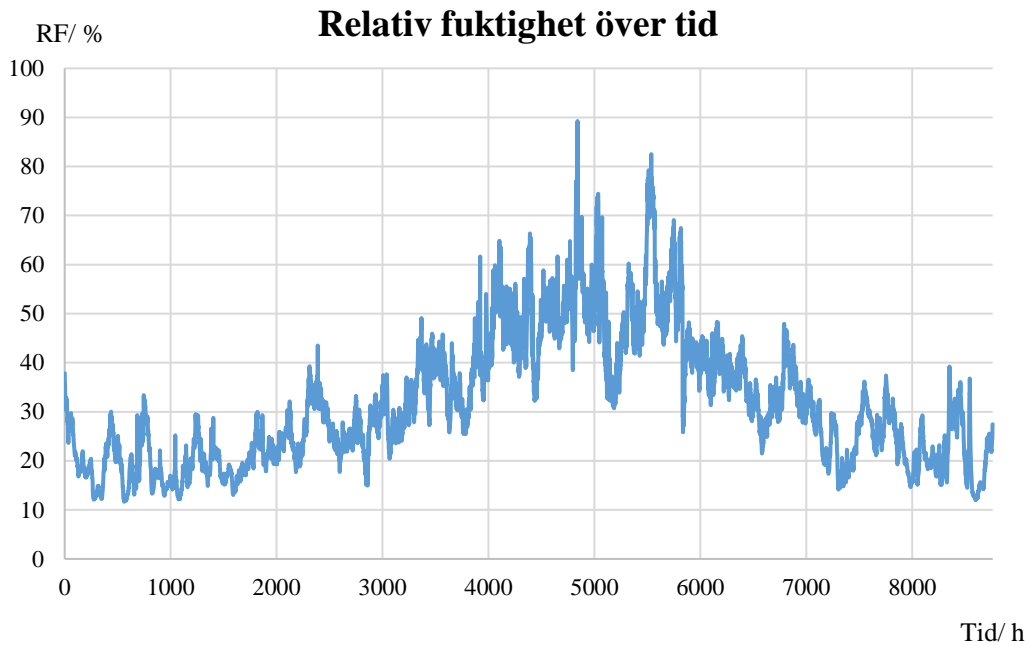


Figur 20 Utomhustemperatur för ett helt år.



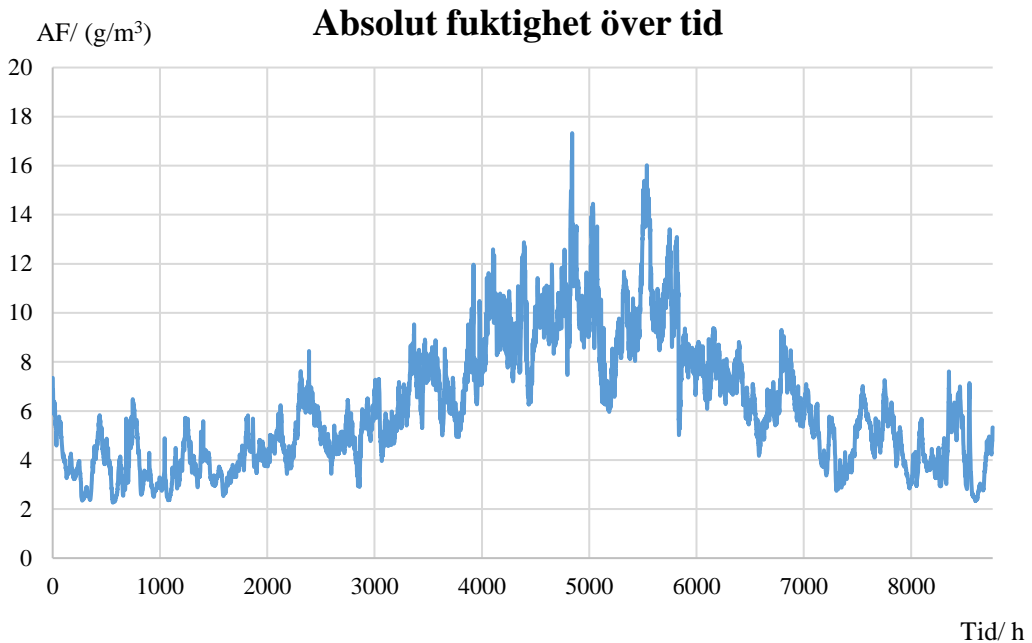
Figur 21 Relativ luftfuktighet utomhus under ett helt år.

3.1.2 Bostäder



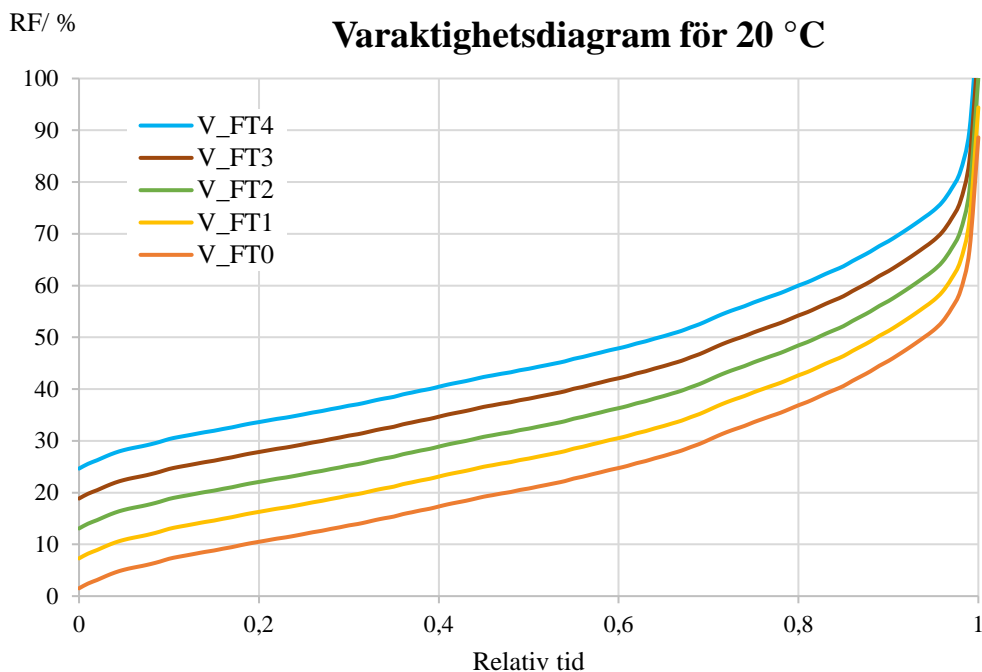
Figur 22 Redovisar hur RF inne varierar över tiden på ett helt år. Tiden är från årsskiftet i timmar och beräkningen görs för inomhustemperaturen 22 °C samt fukttillskottet 2 g/m³.

Man kan se i figur 22 att under vinterhalvåret är det ofta under 30 % RF inomhus i en bostad i Kiruna vid en temperatur på 22 °C och ett fukttillskott på 2 g/m³.



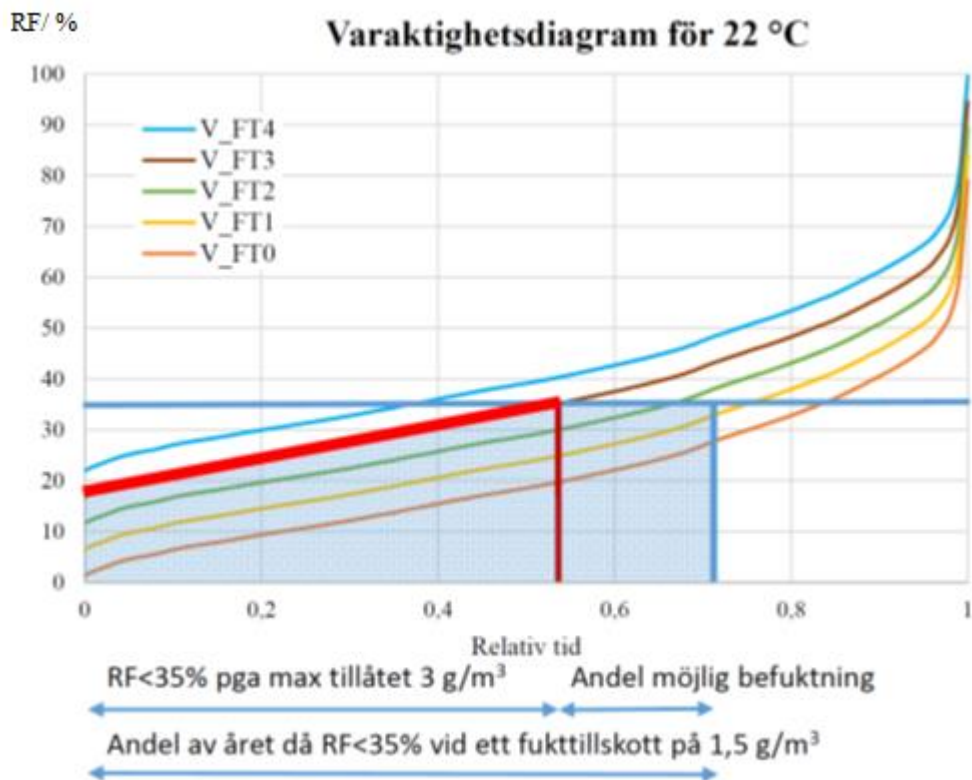
Figur 23 Redovisar hur AF inne varierar över tiden på ett helt år. Tiden är från årsskiftet i timmar och beräkningen görs för inomhustemperaturen $22\text{ }^\circ\text{C}$ samt fuktillskottet 2 g/m^3 .

I litteraturstudien framkom att även den absoluta fuktigheten AF kan vara den parameter som har betydelse och redovisas därför. Man kan se i figur 23 att under vinterhalvåret är det ofta under cirka 6 g/m^3 AF inomhus i en bostad i Kiruna vid en temperatur på $22\text{ }^\circ\text{C}$ och ett fuktillskott på 2 g/m^3 .



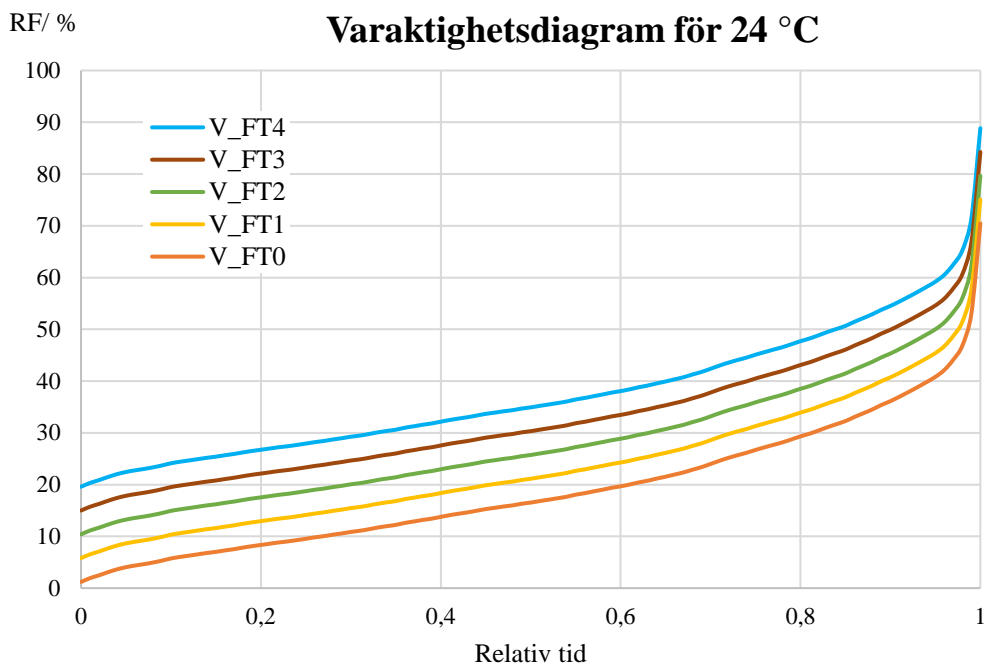
Figur 24 Beräkning för inomhustemperaturen 20 °C och fuktillskotten 0, 1, 2, 3, och 4 g/m³.

Här kan man utläsa varaktigheten för godtyckliga RF nivåer och fuktillskott inomhus. Vid ett naturligt förekommande fuktillskott på till exempel 1,5 g/m³ vid 20 °C i en bostad understigs till exempel 35 % RF inne i Kiruna cirka 65 % av året. Andelen av tiden som eventuellt befuktning skulle kunna ske upp till 35 % med beaktande av gränsvärdet max 3 g/m³ fuktillskott kan avläsas till cirka 25 % (65–40 %) av året.



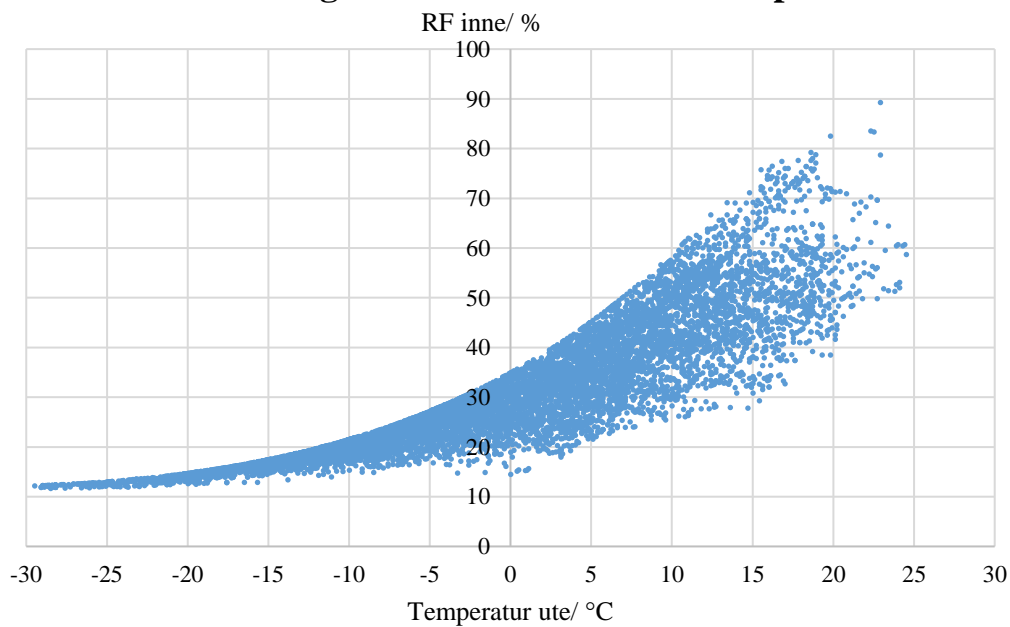
Figur 25 Beräkning för inomhustemperaturen 22 °C och fukttillskotten 0, 1, 2, 3, och 4 g/m³.

Vid ett naturligt förekommande fukttillskott på till exempel 1,5 g/m³ vid 22 °C understigs exempelvis 35 % RF inne i Kiruna cirka 70 % av året. Andelen av tiden som eventuellt befuktning skulle kunna ske upp till 35 % med beaktande av gränsvärdet max 3 g/m³ fukttillskott kan avläsas till cirka 15 % (70–55 %) av året.



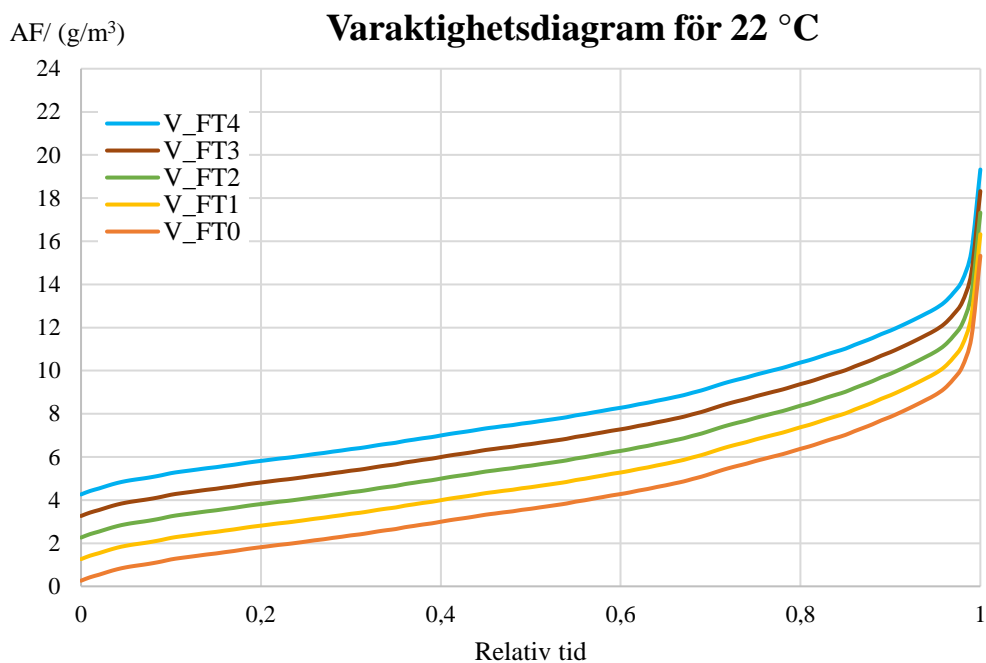
Figur 26 Beräkning för inomhustemperaturen 24 °C och fuktillskotten 0, 1, 2, 3, och 4 g/m³.

Relativ fuktighet som funktion av utetemperatur



Figur 27 Beräkning för inomhustemperaturen 22 °C och fuktillskottet 2 g/m³. Figuren illustrerar förhållandet mellan RF inne och utomhustemperaturen för ett helt år.

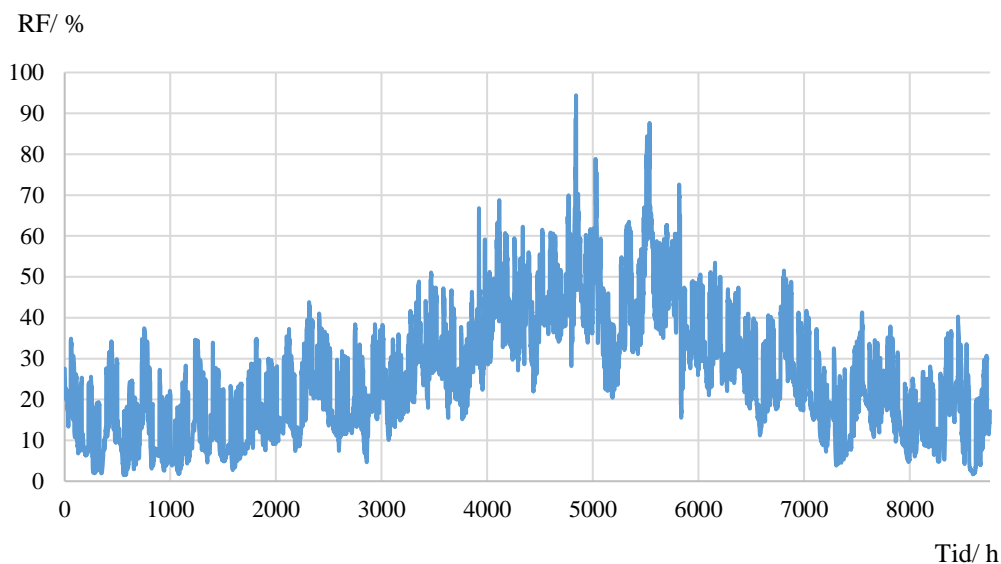
I figur 27 kan man till exempel se att vid en inomhustemperatur på 22 °C och ett fuktillskott på 2 g/m³ i en bostad i Kiruna kommer relativa luftfuktigheter inomhus understigande 30 % RF främst att förekomma då det är cirka 7 °C eller kallare.



Figur 28 Beräkning av absolut fuktighet för inomhustemperaturen 22 °C och fuktillskotten 0, 1, 2, 3, och 4 g/m³.

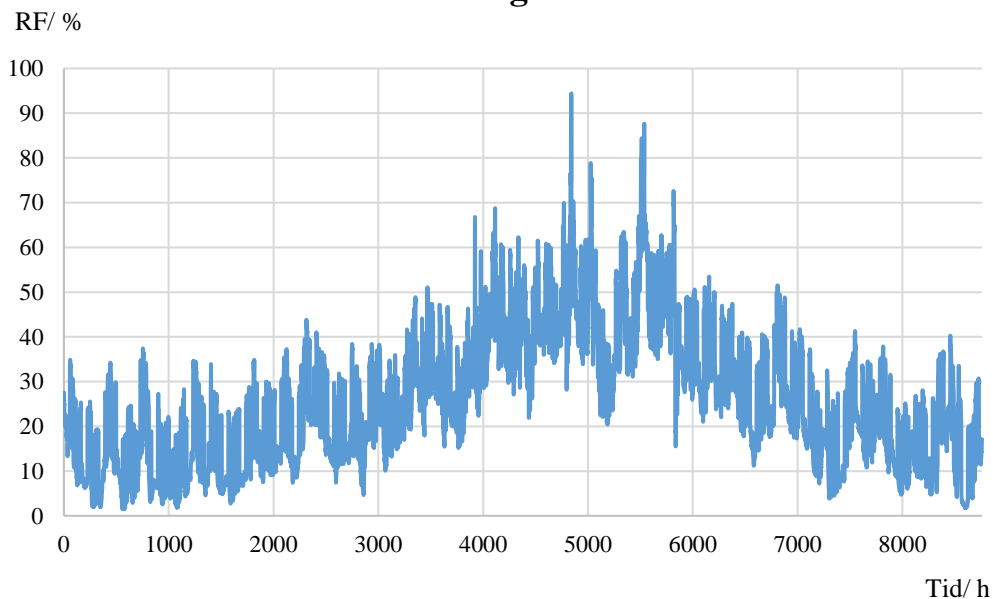
3.1.3 Kontor

Relativ fuktighet över tid

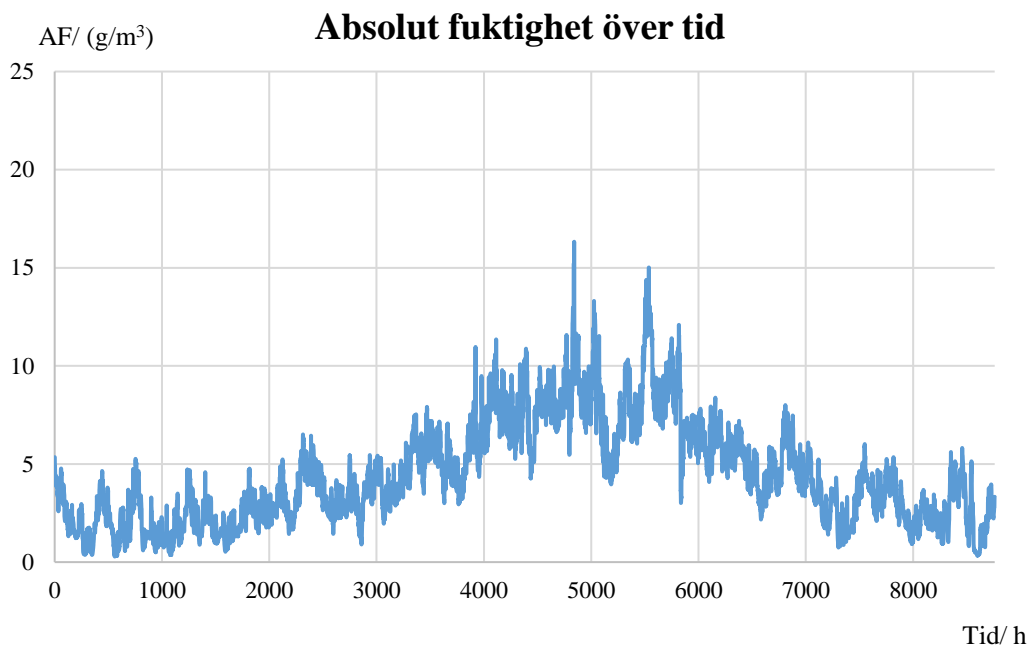


Figur 29 Redovisar hur RF inne varierar över tiden på ett helt år. Tiden är från årsskiftet i timmar och beräkningen görs för inomhustemperaturen 22 °C samt fuktillskottet 1 g/m³.

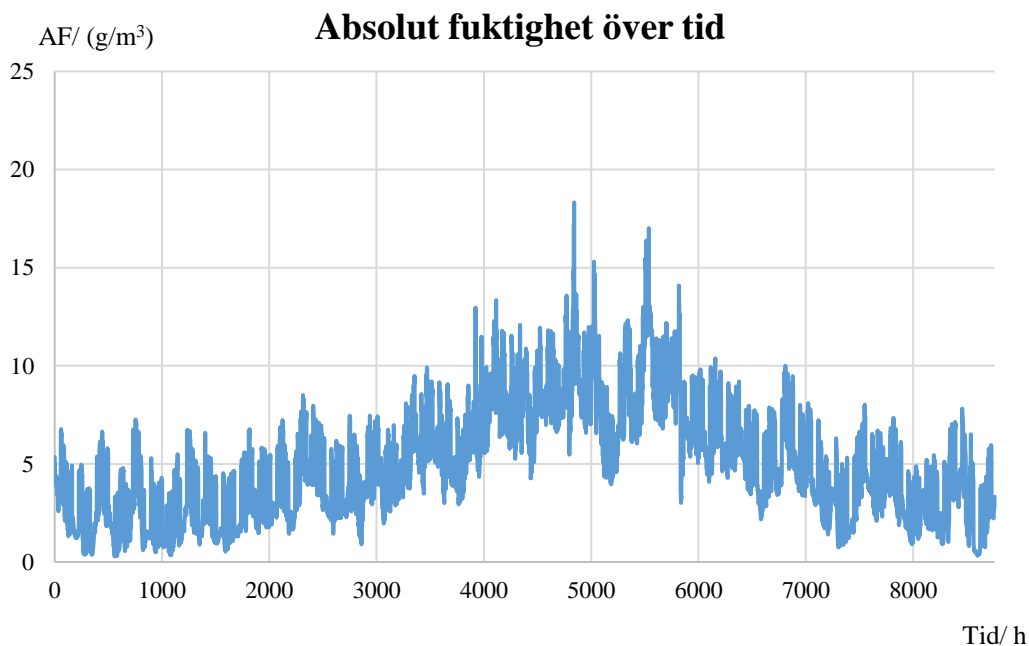
Relativ fuktighet över tid



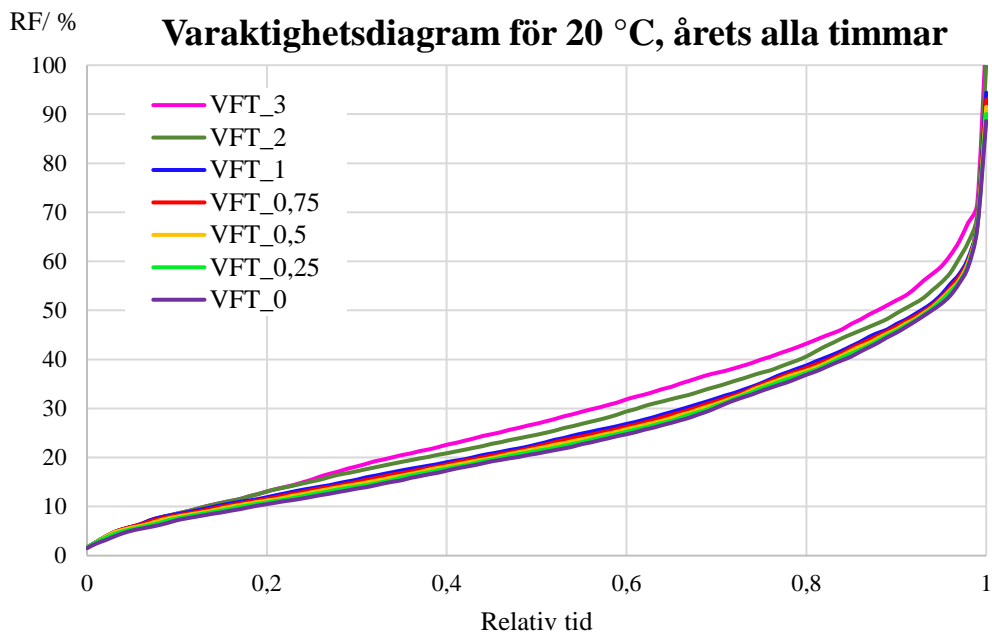
Figur 30 Redovisar hur RF inne varierar över tiden på ett helt år. Tiden är från årsskiftet i timmar och beräkningen görs för inomhustemperaturen 22 °C samt fuktillskottet 3 g/m³.



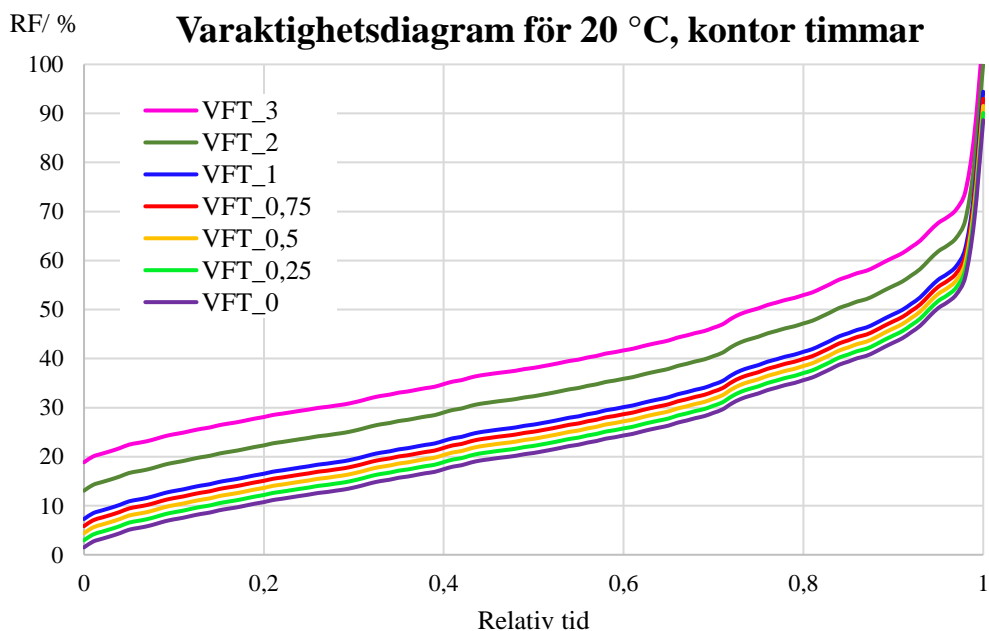
Figur 31 Redovisar hur AF inne varierar över tiden på ett helt år. Tiden är från årsskiftet i timmar och beräkningen görs för inomhustemperaturen 22 °C samt fuktillskottet 1 g/m³.



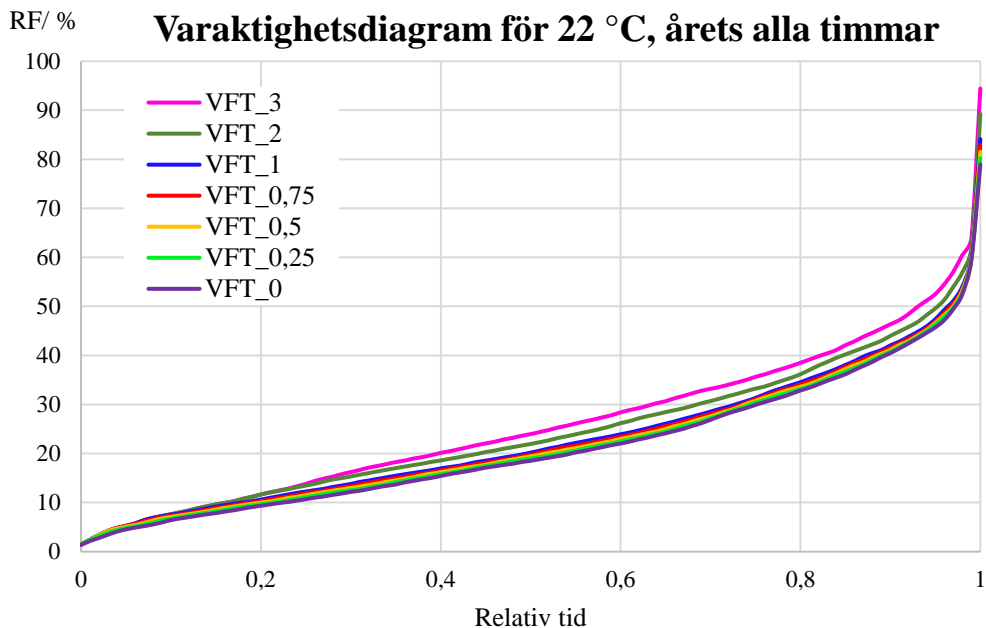
Figur 32 Redovisar hur AF inne varierar över tiden på ett helt år. Tiden är från årsskiftet i timmar och beräkningen görs för inomhustemperaturen 22 °C samt fuktillskottet 3 g/m³.



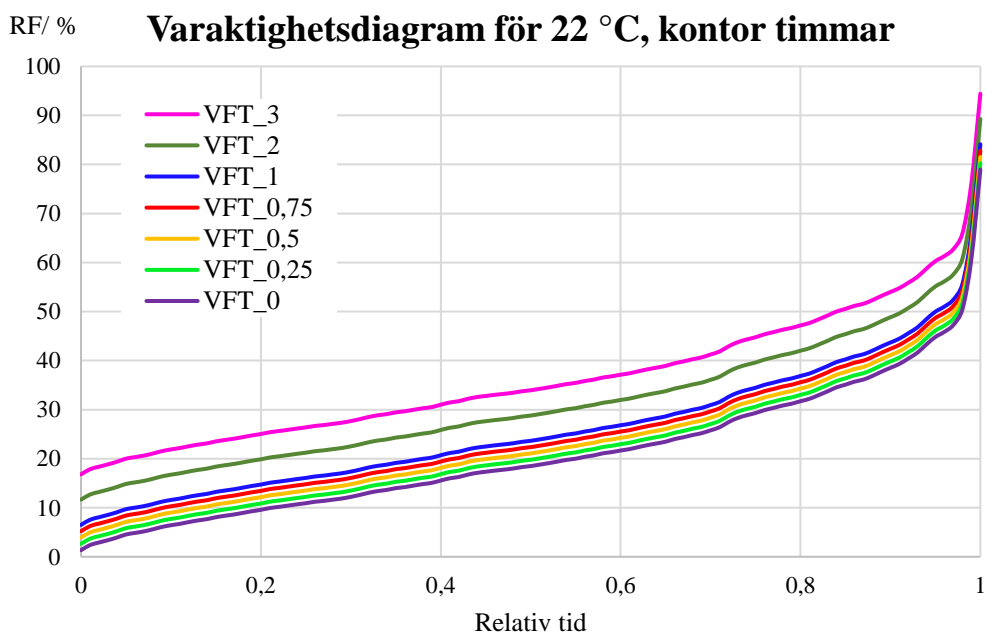
Figur 33 Beräkning för årets alla timmar för inomhustemperaturen 20 °C och fuktillskotten 0, 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 2,0, och 3,0 g/m³.



Figur 34 Beräkning för kontorstimmar för inomhustemperaturen 20 °C och fuktillskotten 0, 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 2,0, och 3,0 g/m³.

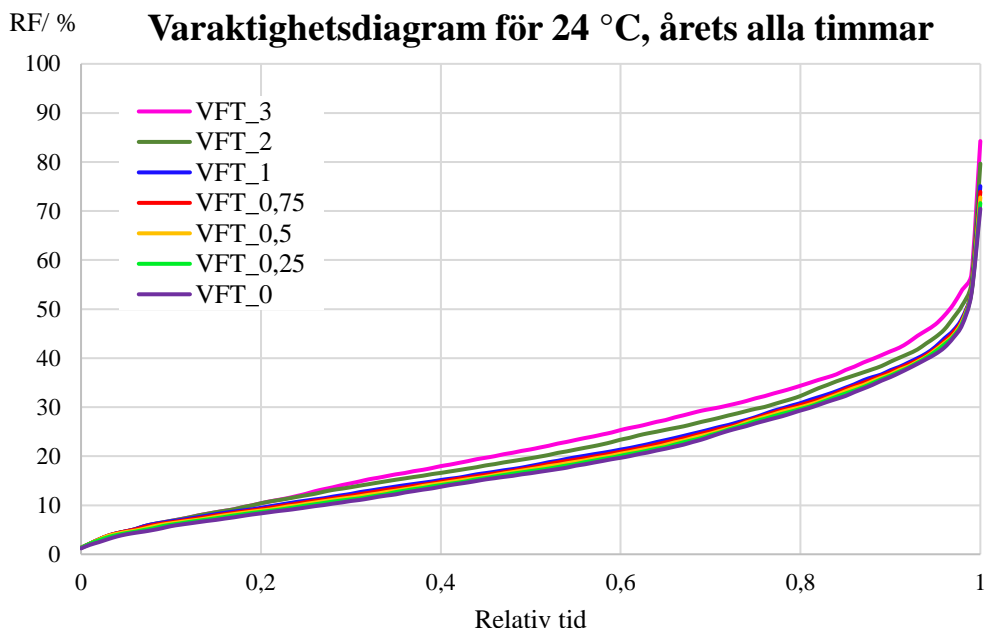


Figur 35 Beräkning för årets alla timmar för inomhustemperaturen 22 °C och fuktillskotten 0, 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 2,0, och 3,0 g/m³.

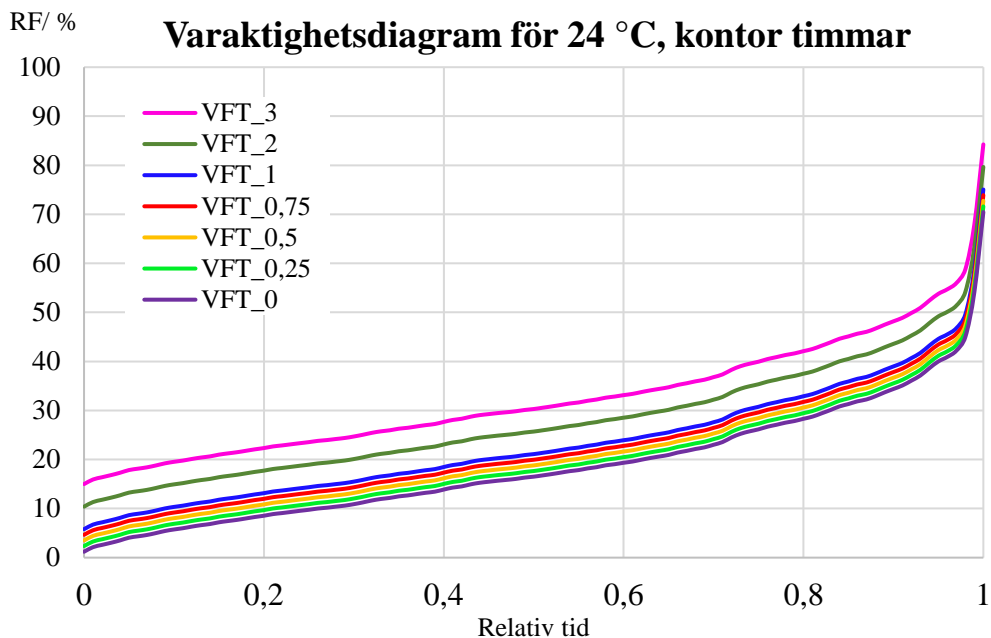


Figur 36 Beräkning för kontorstimmar för inomhustemperaturen 22 °C och fuktillskotten 0, 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 2,0, och 3,0 g/m³.

I figur 36 kan man se att vid en inomhustemperatur på 22 °C och ett fuktillskott på 1,0 g/m³ kan man till exempel avläsa att under cirka 70 % av kontorstiden över året understigs 30 % RF. Andelen av tiden som eventuellt befuktning skulle kunna ske upp till 30% med beaktande av gränsvärdet max 3 g/m³ fuktillskott kan avläsas till cirka 33 % (70–37 %) av året.

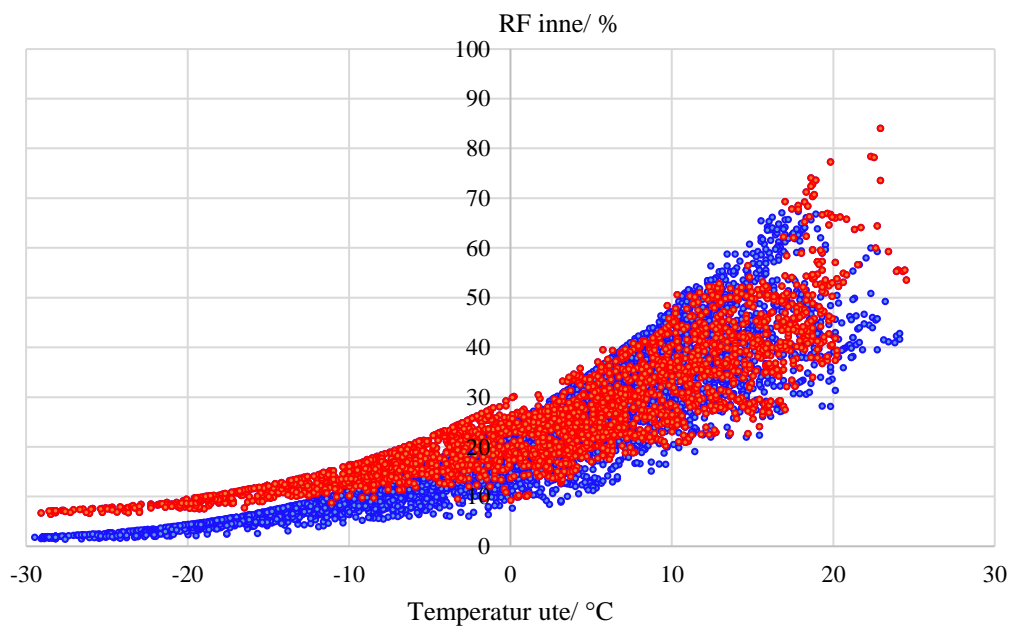


Figur 37 Beräkning för årets alla timmar för inomhustemperaturen 24 °C och fuktillskotten 0, 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 2,0, och 3,0 g/m³.



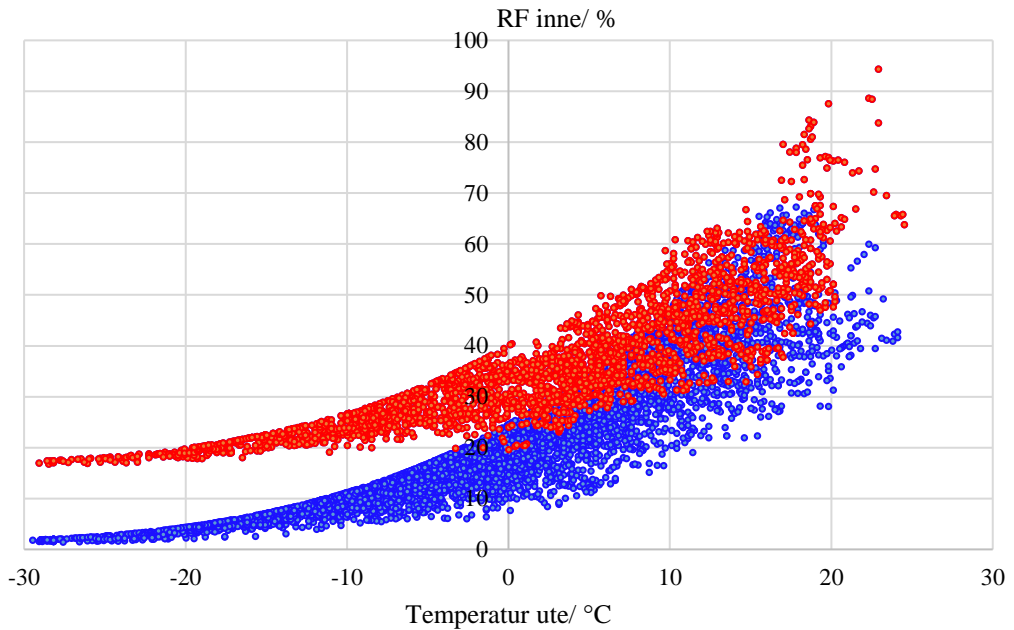
Figur 38 Beräkning för kontorstid för inomhustemperaturen 22 °C och fuktillskotten 0, 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 2,0, och 3,0 g/m³.

Relativ fuktighet som funktion av utetemperatur



Figur 39 Beräkning för inomhustemperaturen 22 °C och fuktillskottet 1 g/m³. Figuren illustrerar förhållandet mellan RF inne och utomhustemperaturen för ett helt år. De blåfärgade redovisar årets alla timmar och det röda visar kontorstid.

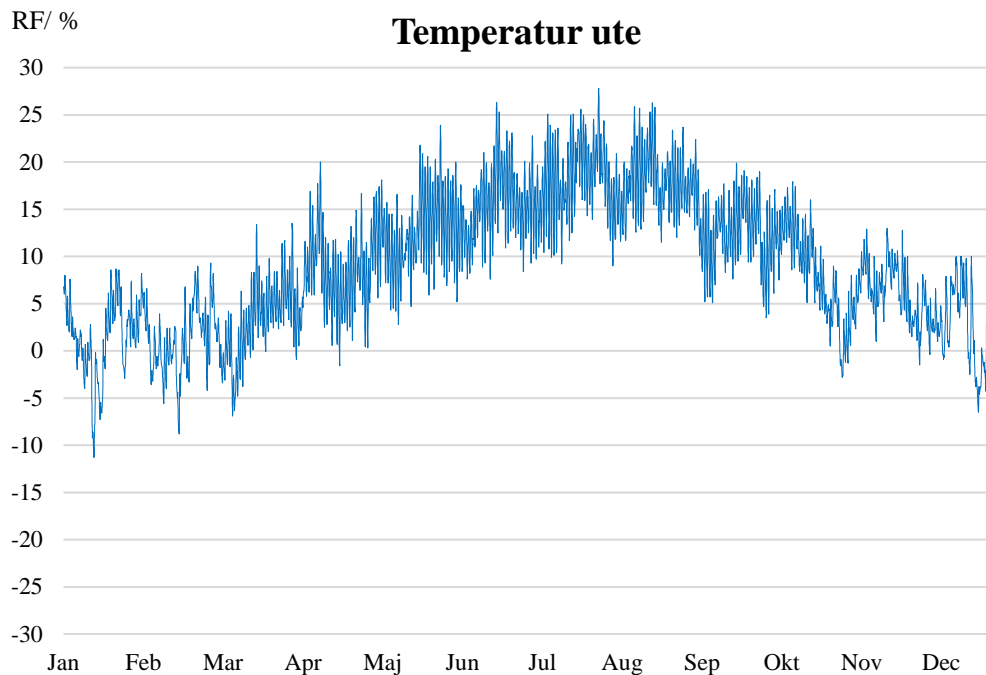
Relativ fuktighet som funktion av utetemperatur



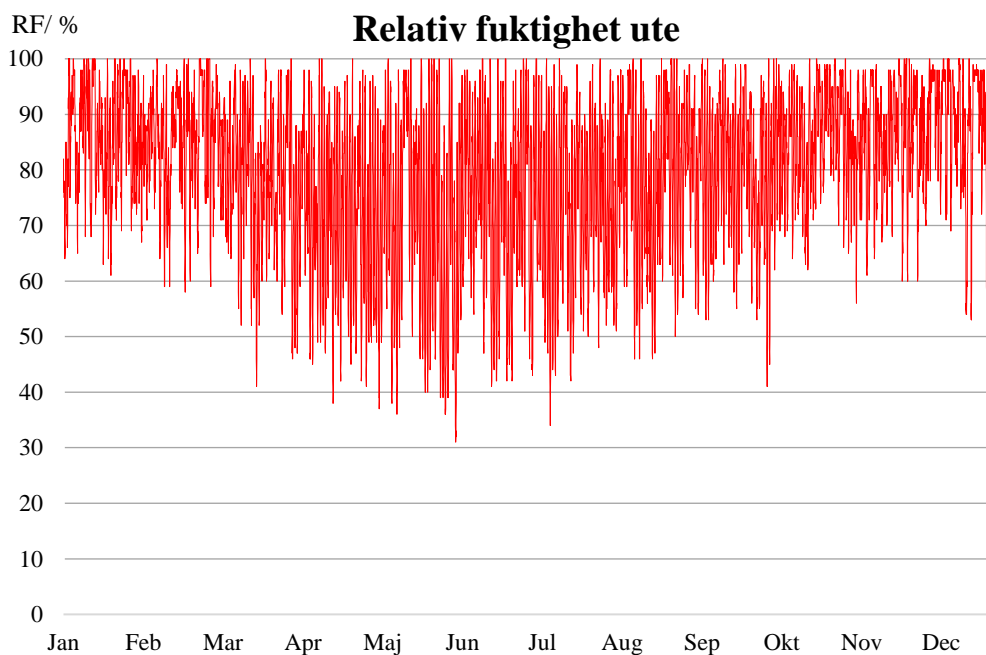
Figur 40 Beräkning för inomhustemperaturen 22 °C och fuktillskottet 3 g/m³. Figuren illustrerar förhållandet mellan RF inne och utomhustemperaturen för ett helt år. De blåfärgade redovisar årets alla timmar och det röda visar kontorstid

3.2 Malmö

3.2.1 Förutsättning

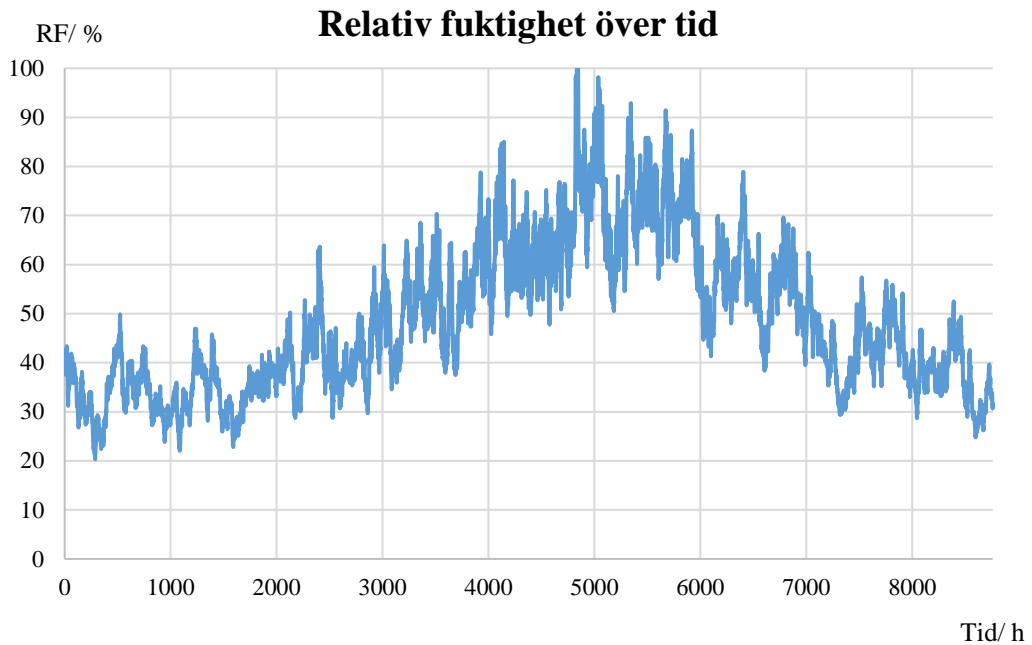


Figur 41 Utomhustemperatur för ett helt år.



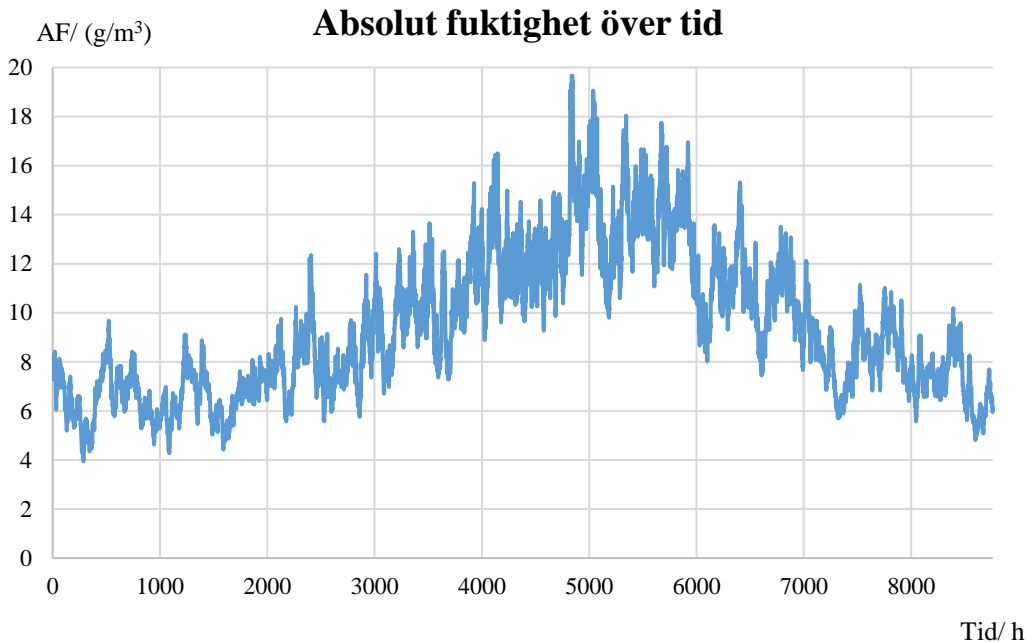
Figur 42 Relativ luftfuktighet utomhus under ett helt år.

3.2.2 Bostäder



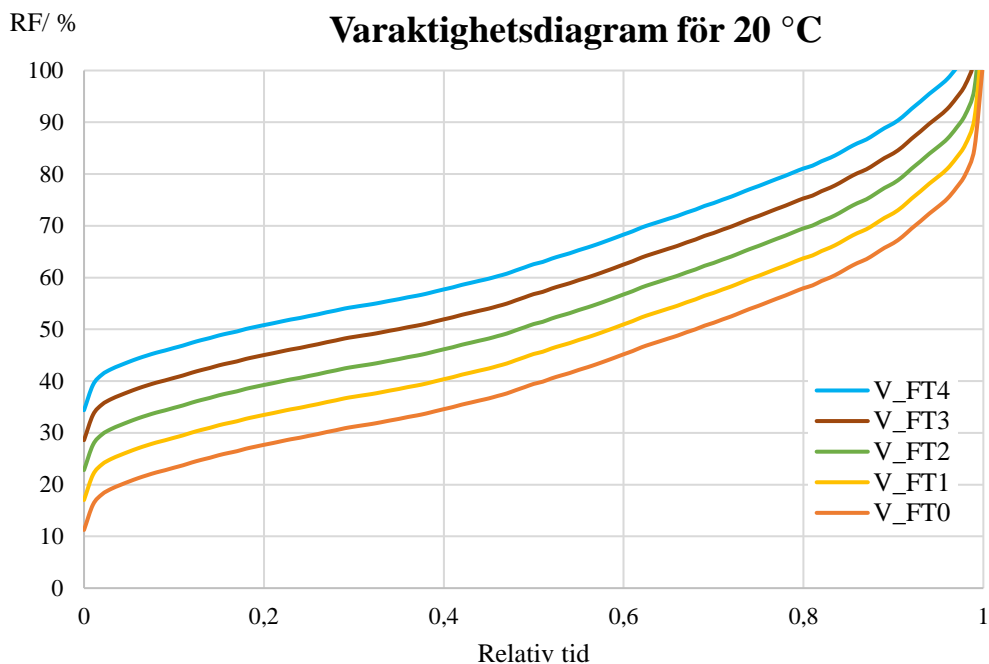
Figur 43 Redovisar hur RF inne varierar över tiden på ett helt år. Tiden är från årsskiftet i timmar och beräkningen görs för inomhustemperaturen 22 °C samt fukttillskottet 2 g/m³.

I figur 43 uppmärksammas att under vinterhalvåret är det ofta under 40 % RF inomhus i en bostad i Malmö vid en temperatur på 22 °C och ett fukttillskott på 2 g/m³.

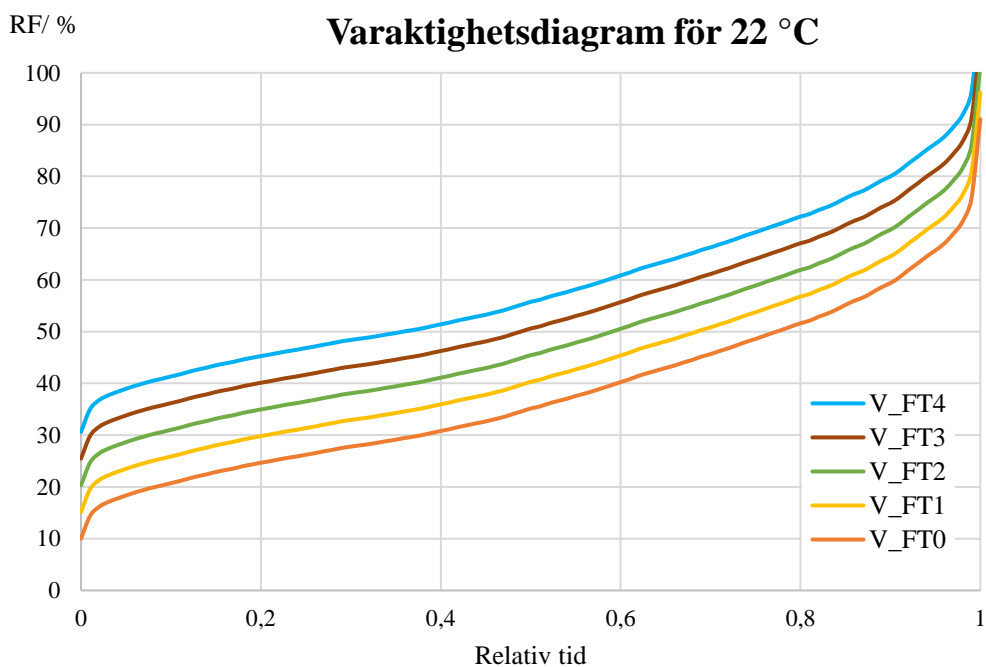


Figur 44 Redovisar hur AF inne varierar över tiden på ett helt år. Tiden är från årsskiftet i timmar och beräkningen görs för inomhustemperaturen $22\text{ }^\circ\text{C}$ samt fuktillskottet 2 g/m^3 .

I figur 44 kan man se att under vinterhalvåret är det ofta under cirka 8 g/m^3 AF inomhus i en bostad i Malmö vid en temperatur på $22\text{ }^\circ\text{C}$ och ett fuktillskott på 2 g/m^3 .

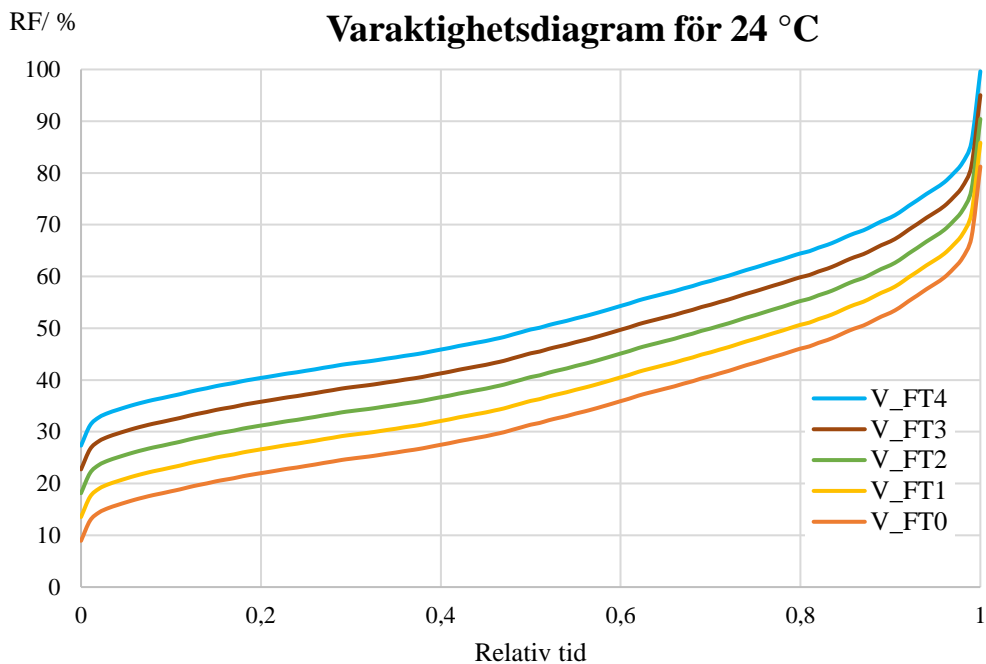


Figur 45 Beräkning för inomhustemperaturen 20 °C och fuktillskotten 0, 1, 2, 3, och 4 g/m³.



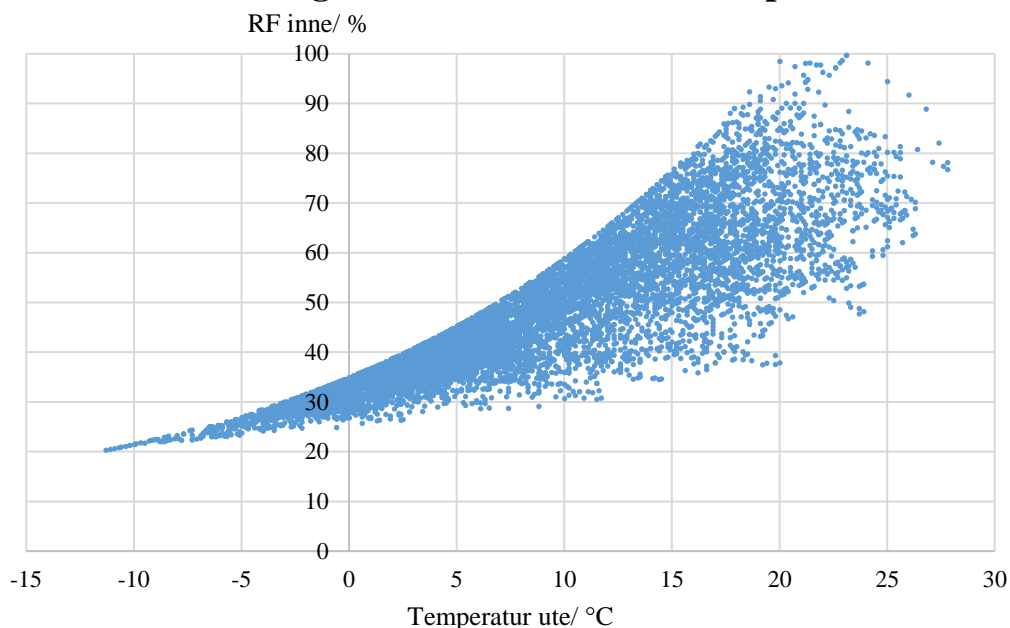
Figur 46 Beräkning för inomhustemperaturen 22 °C och fuktillskotten 0, 1, 2, 3, och 4 g/m³.

I figur 46 kan avläsas att vid en inomhustemperatur på 22 °C och ett fukttillskott på 1,5 g/m³ kommer 30 % RF att understigas cirka 15 % av tiden och 35 % RF att understigas cirka 35 % av tiden.

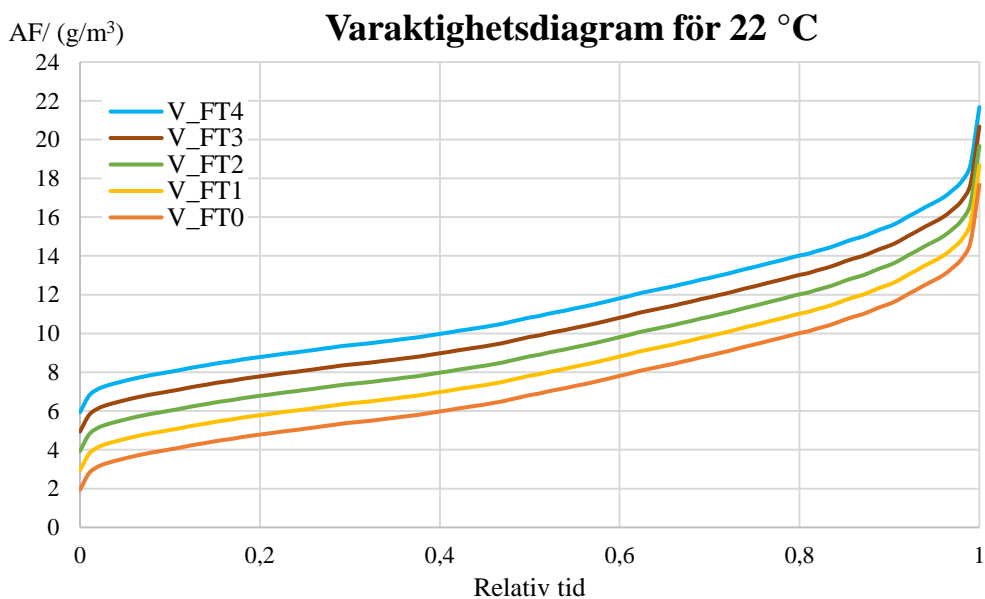


Figur 47 Beräkning för inomhustemperaturen 24 °C och fukttillskotten 0, 1, 2, 3, och 4 g/m³.

Relativ fuktighet som funktion av utetemperatur

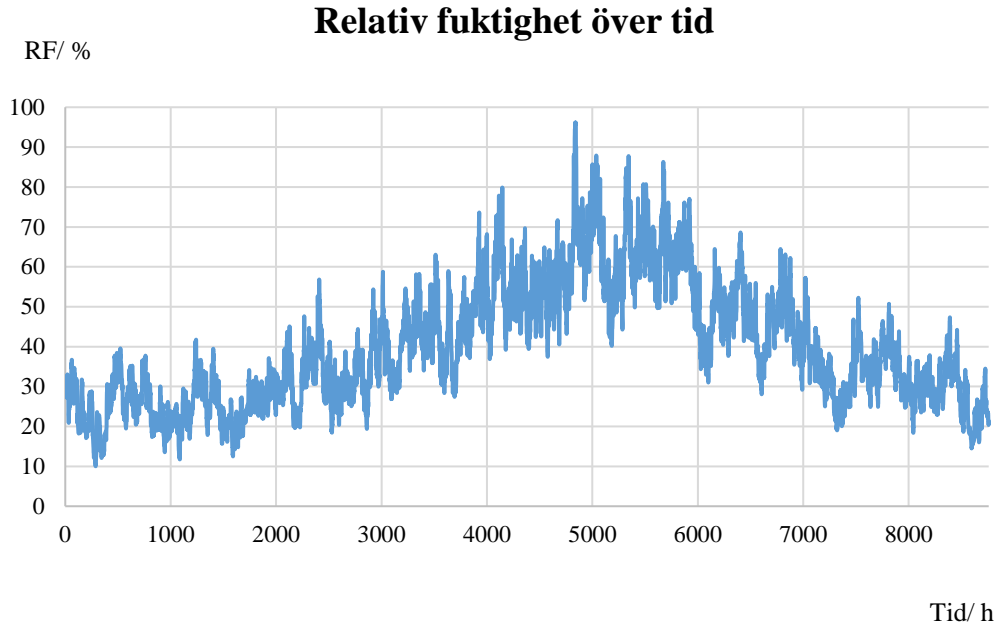


Figur 48 Beräkning för inomhustemperaturen 22 °C och fuktillskottet 2 g/m³. Figuren illustrerar förhållandet mellan RF inne och utomhustemperaturen för ett helt år.



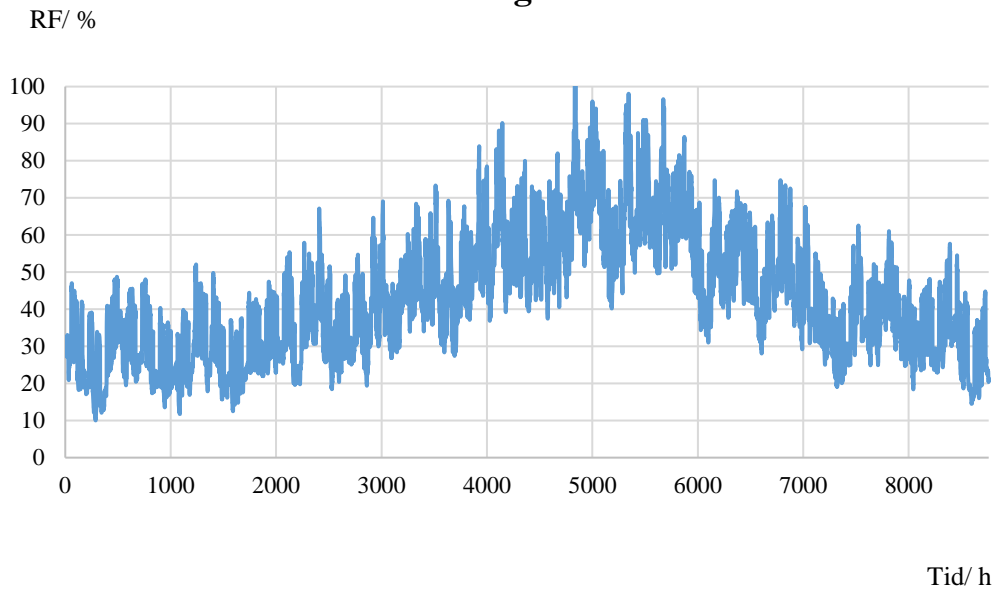
Figur 49 Beräkning av absolut fuktighet för inomhustemperaturen 22 °C och fuktillskotten 0, 1, 2, 3, och 4 g/m³.

3.2.3 Kontor



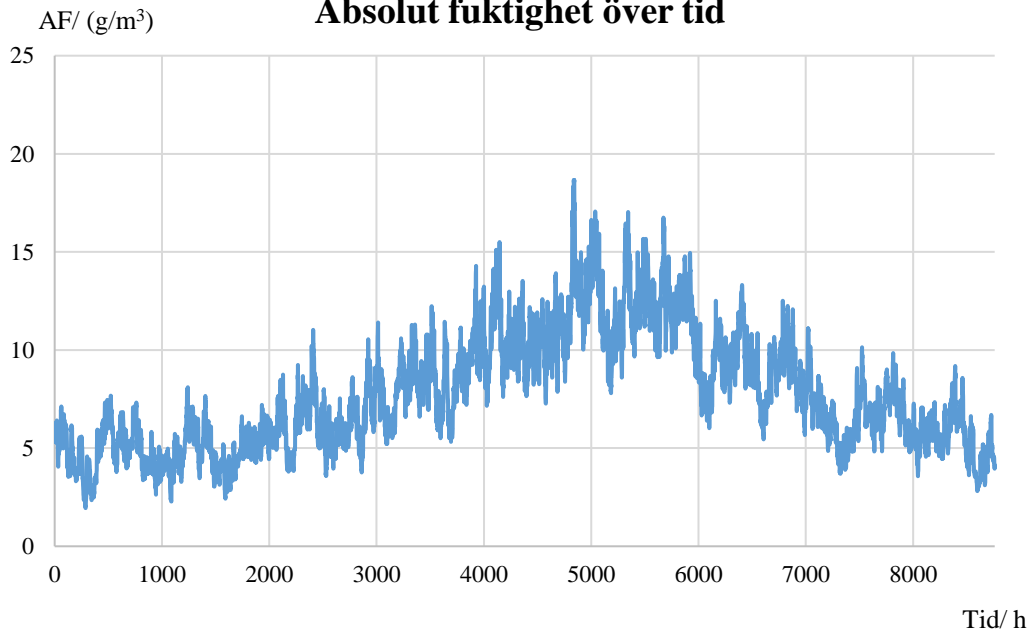
Figur 50 Redovisar hur RF inne varierar över tiden på ett helt år. Tiden är från årsskiftet i timmar och beräkningen görs för inomhustemperaturen 22 °C samt fuktillskottet 1 g/m³.

Relativ fuktighet över tid

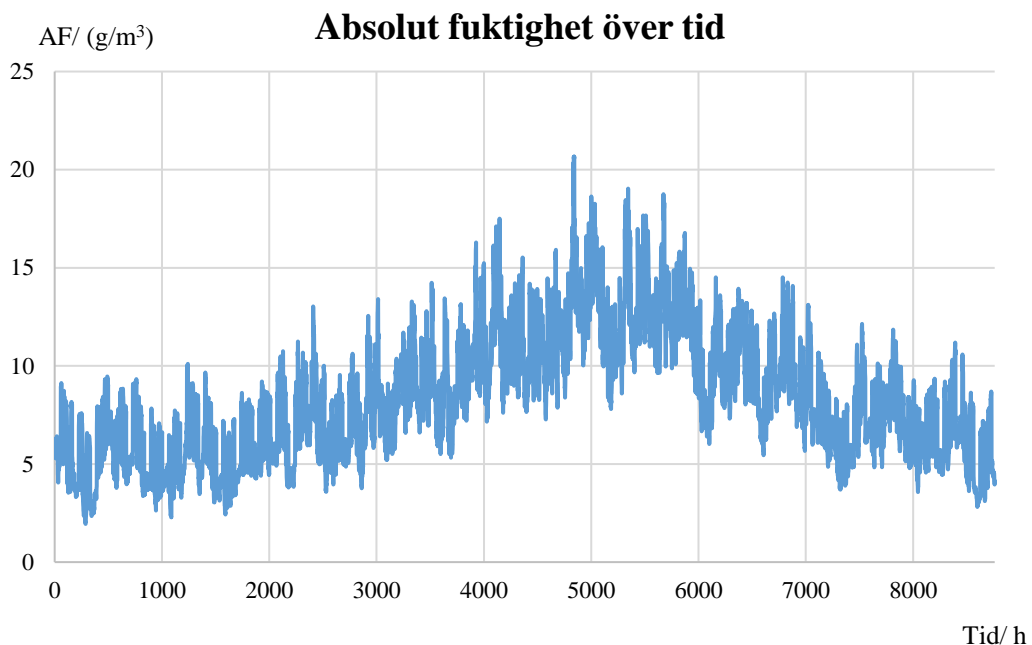


Figur 51 Redovisar hur RF inne varierar över tiden på ett helt år. Tiden är från årsskiftet i timmar och beräkningen görs för inomhustemperaturen 22 °C samt fuktillskottet 3 g/m³.

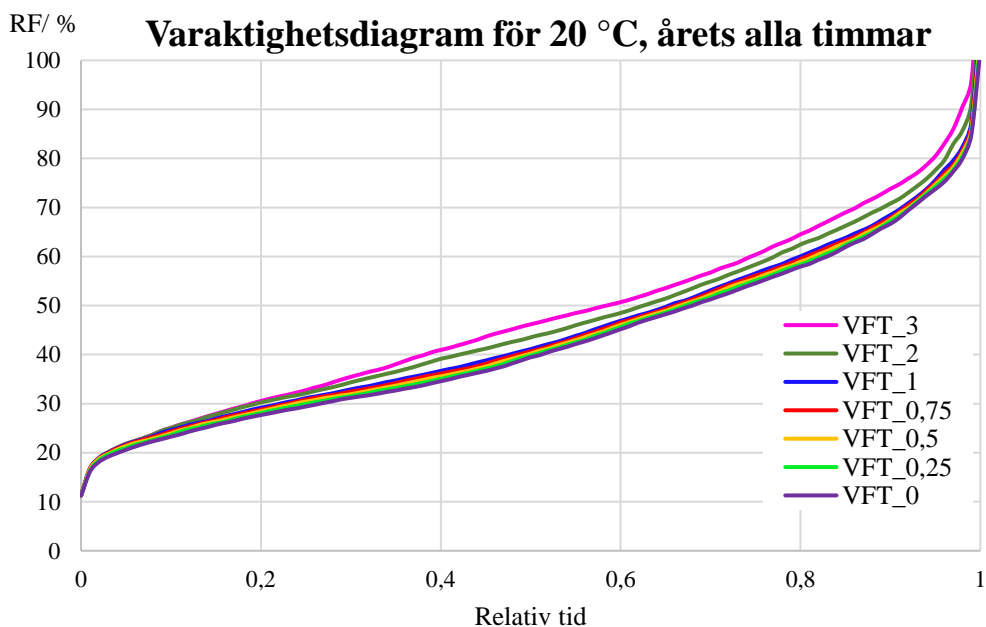
Absolut fuktighet över tid



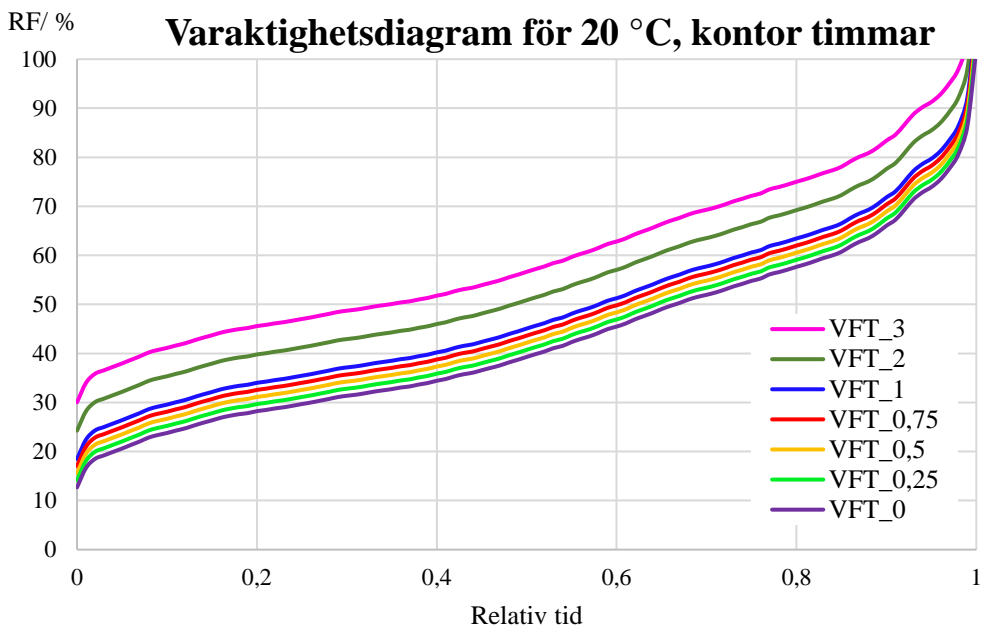
Figur 52 Redovisar hur AF inne varierar över tiden på ett helt år. Tiden är från årsskiftet i timmar och beräkningen görs för inomhustemperaturen 22 °C samt fuktillskottet 1 g/m³.



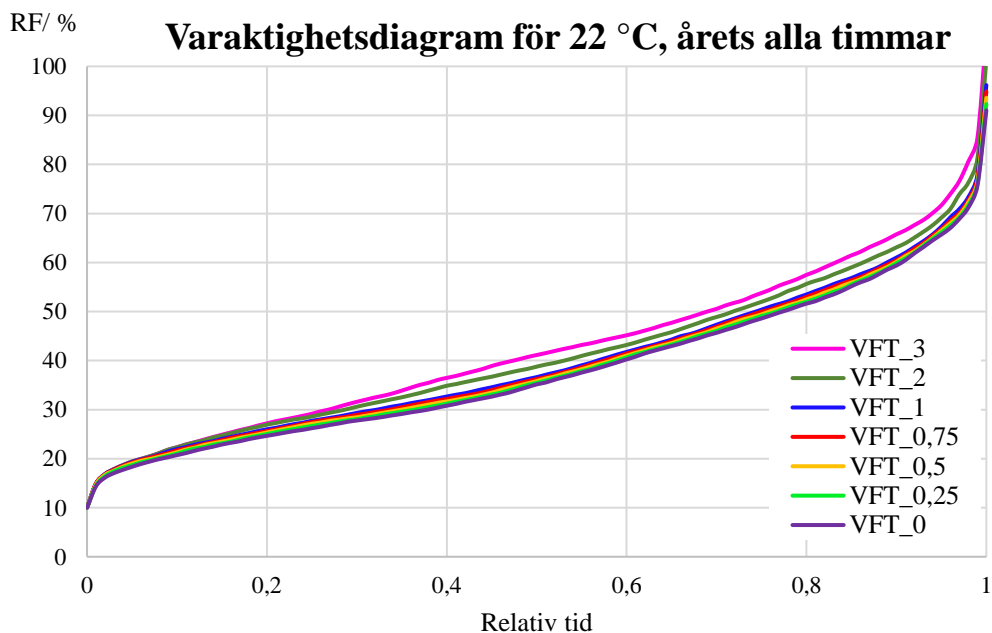
Figur 53 Redovisar hur AF inne varierar över tiden på ett helt år. Tiden är från årsskiftet i timmar och beräkningen görs för inomhustemperaturen 22 °C samt fuktillskottet 3 g/m^3 .



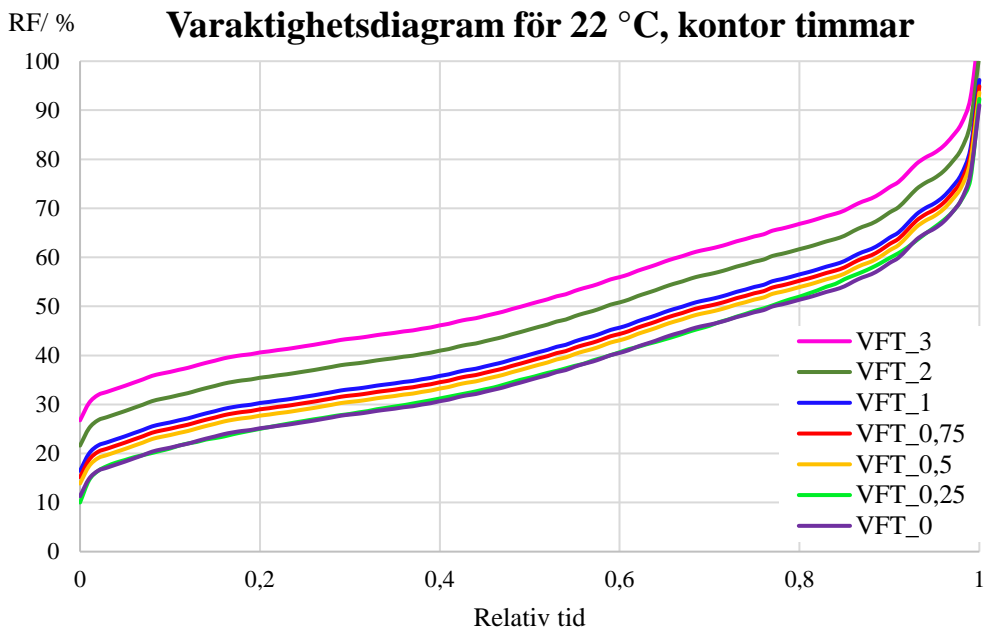
Figur 54 Beräkning för årets alla timmar för inomhustemperaturen 20 °C och fuktillskotten 0, 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 2,0, och 3,0 g/m^3 .



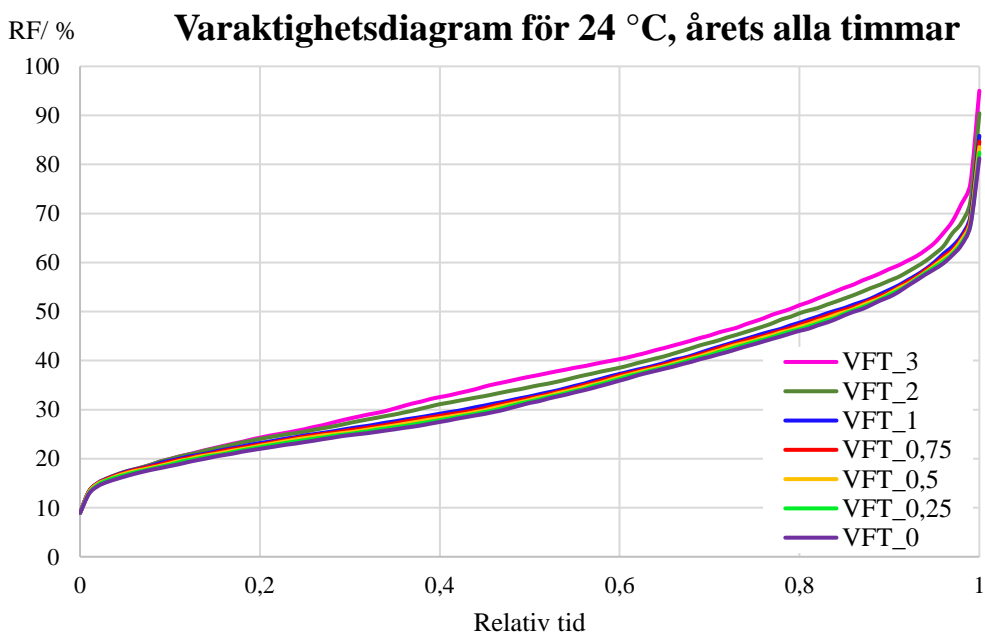
Figur 55 Beräkning för kontorstimmar för inomhustemperaturen 20 °C och fuktillskotten 0, 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 2,0, och 3,0 g/m³.



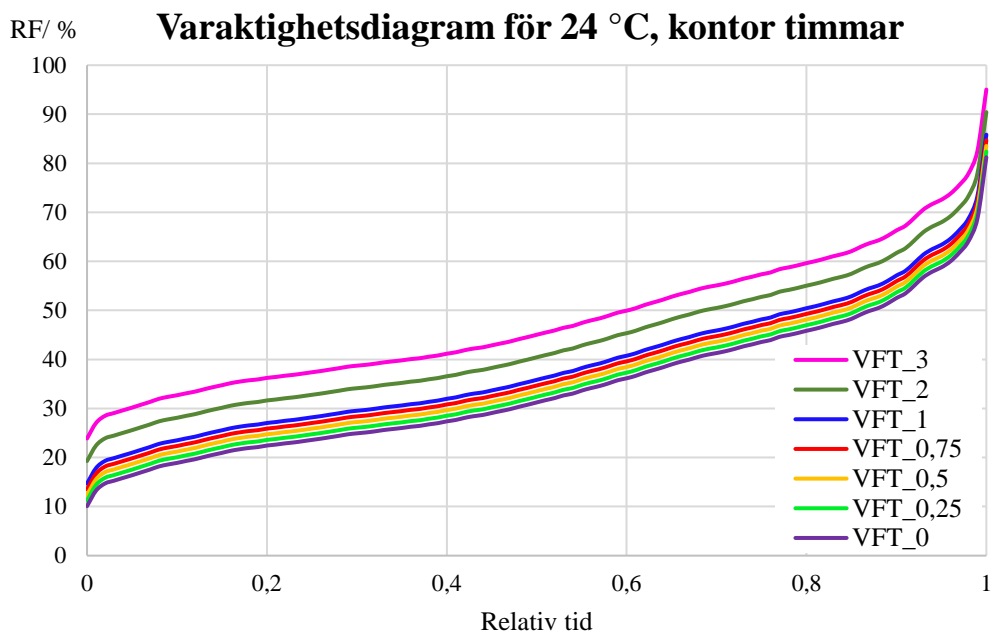
Figur 56 Beräkning för årets alla timmar för inomhustemperaturen 22 °C och fuktillskotten 0, 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 2,0, och 3,0 g/m³.



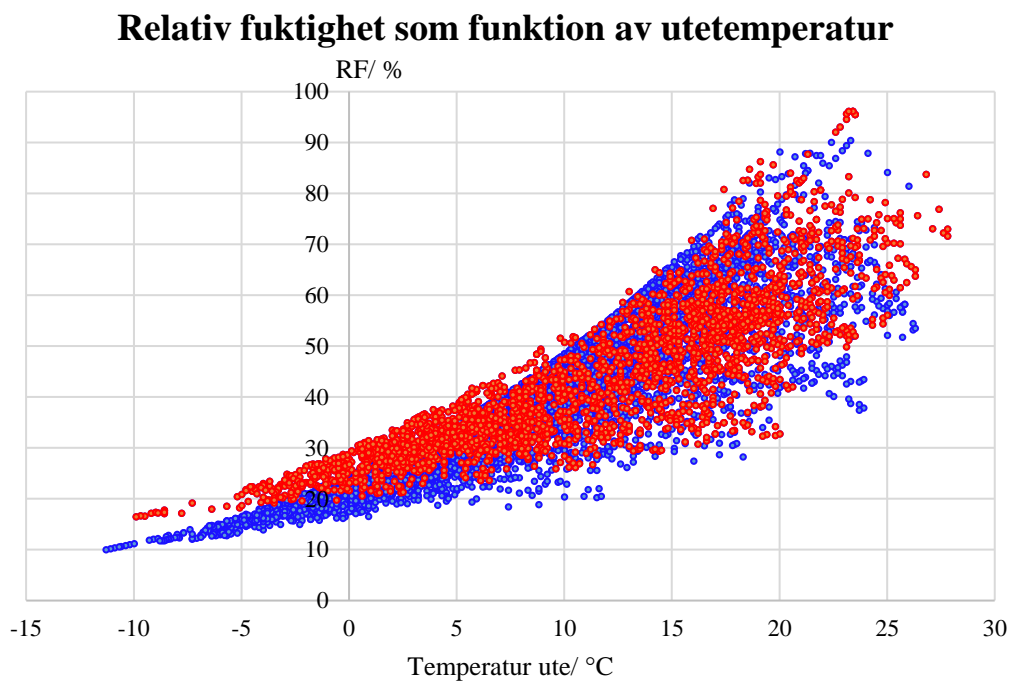
Figur 57 Beräkning för kontorstid för inomhustemperaturen 22 °C och fuktillskotten 0, 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 2,0, och 3,0 g/m³.



Figur 58 Beräkning för årets alla timmar för inomhustemperaturen 24 °C och fuktillskotten 0, 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 2,0, och 3,0 g/m³.

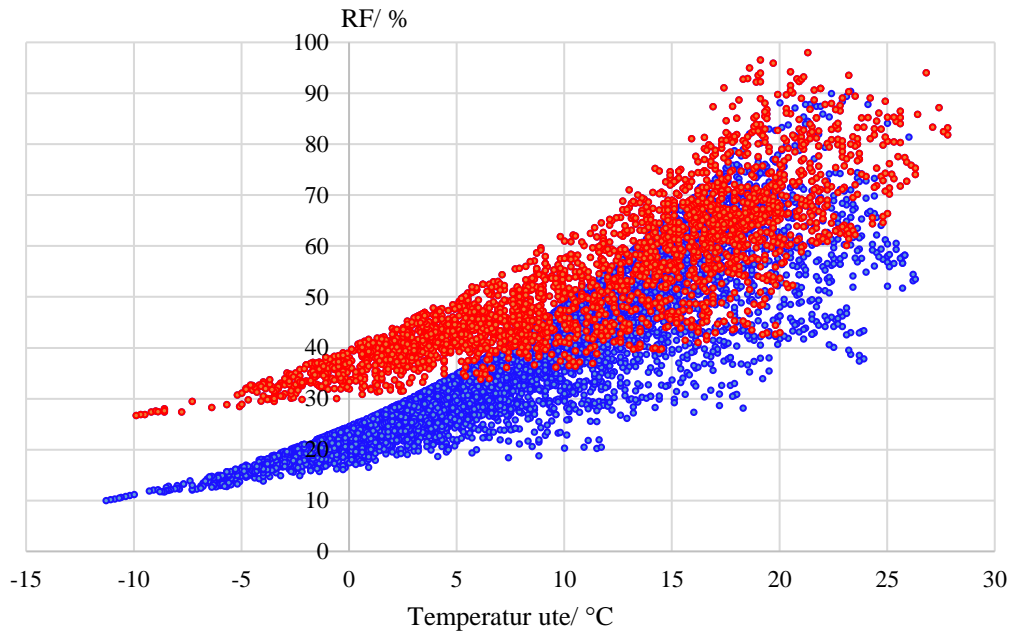


Figur 59 Beräkning för kontorstid för inomhustemperaturen 24 °C och fuktillskotten 0, 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 2,0, och 3,0 g/m³.



Figur 60 Beräkning för inomhustemperaturen 22 °C och fuktillskottet 1 g/m³. Figuren illustrerar förhållandet mellan RF inne och utomhustemperaturen för ett helt år. De blåfärgade redovisar årets alla timmar och det röda visar kontorstid.

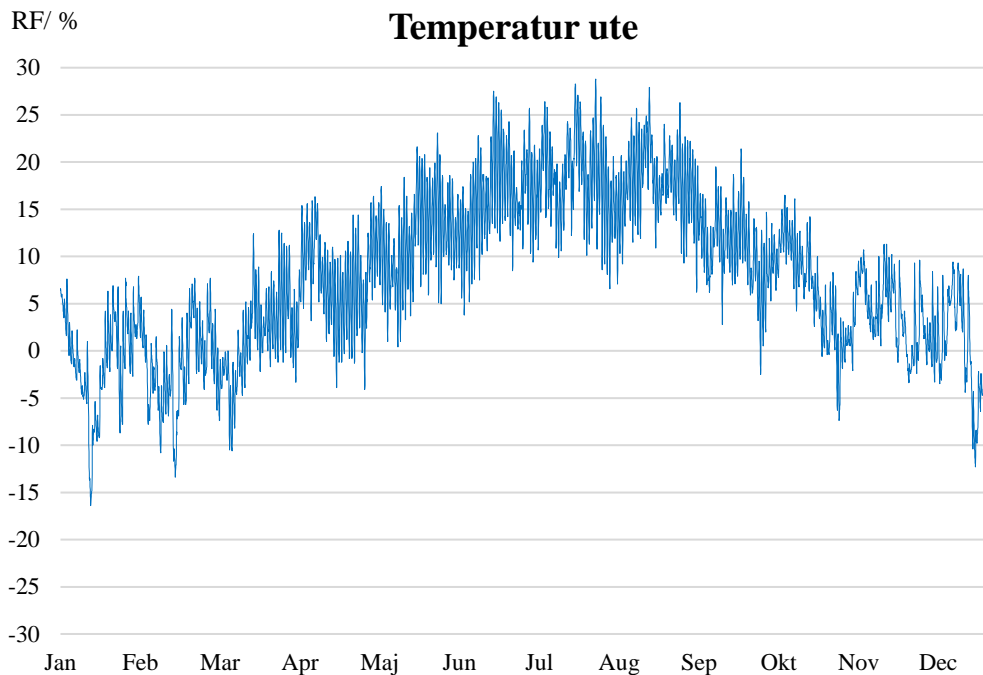
Relativ fuktighet som funktion av utetemperatur



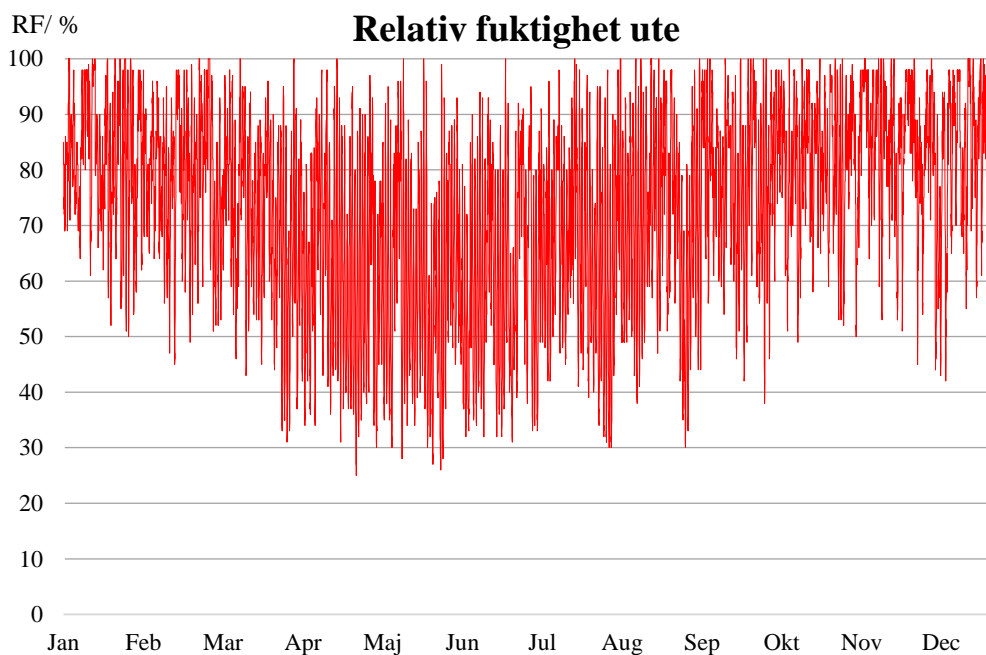
Figur 61 Beräkning för inomhustemperaturen 22 °C och fuktillskottet 3 g/m³. Figuren illustrerar förhållandet mellan RF inne och utomhustemperaturen för ett helt år. De blåfärgade redovisar årets alla timmar och det röda visar kontorstid.

3.3 Stockholm

3.3.1 Förutsättning

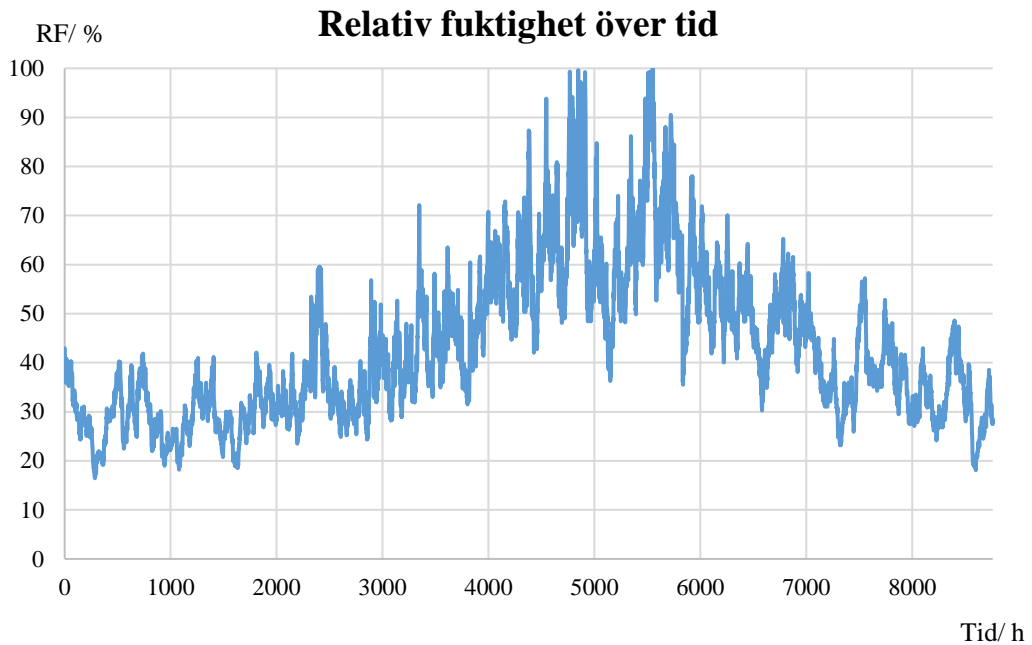


Figur 62 Utomhustemperatur för ett helt år.



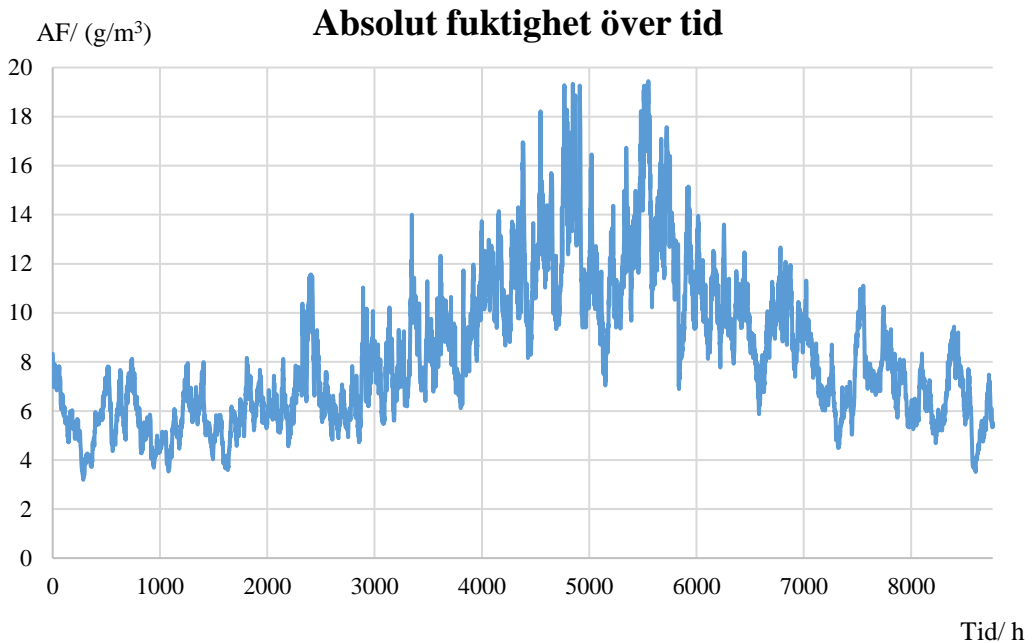
Figur 63 Relativ luftfuktighet utomhus under ett helt år.

3.3.2 Bostäder



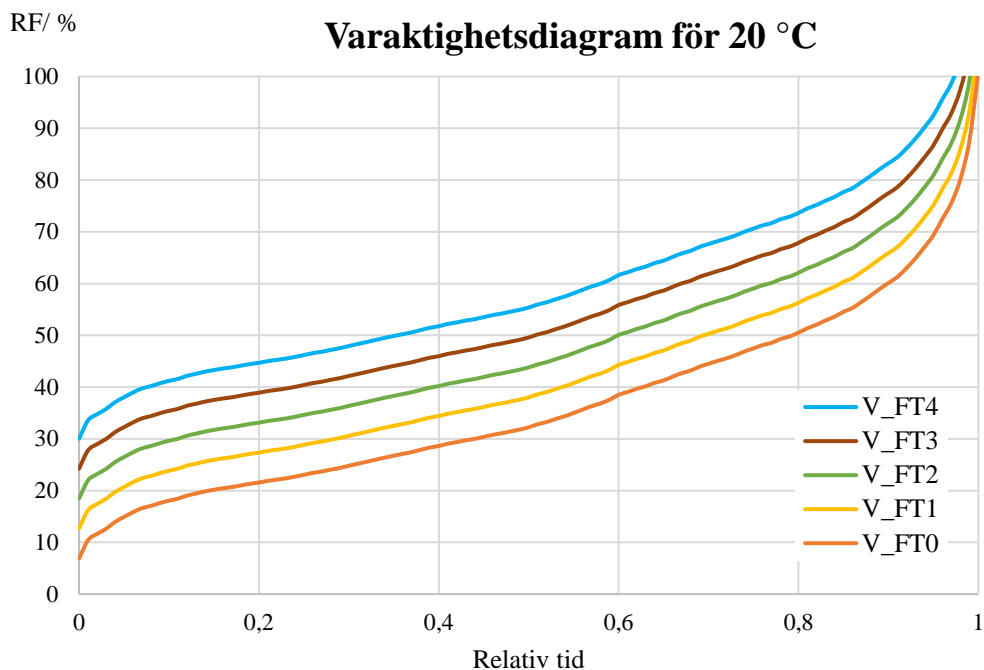
Figur 64 Redovisar hur RF inne varierar över tiden på ett helt år. Tiden är från årsskiftet i timmar och beräkningen görs för inomhustemperaturen 22 °C samt fuktillskottet 2 g/m³.

Från figur 64 kan det utläsas att under vinterhalvåret är det ofta under 40 % RF inomhus i en bostad i Stockholm vid en temperatur på 22 °C och ett fuktillskott på 2 g/m³.

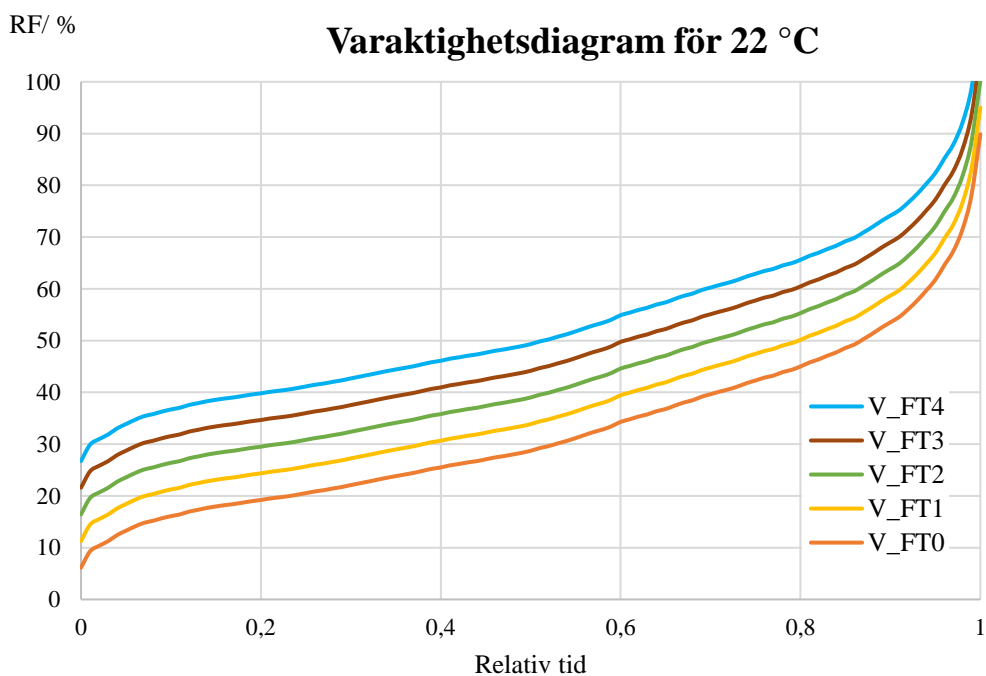


Figur 65 Redovisar hur AF inne varierar över tiden på ett helt år. Tiden är från årsskiftet i timmar och beräkningen görs för inomhustemperaturen 22 °C samt fuktillskottet 2 g/m³.

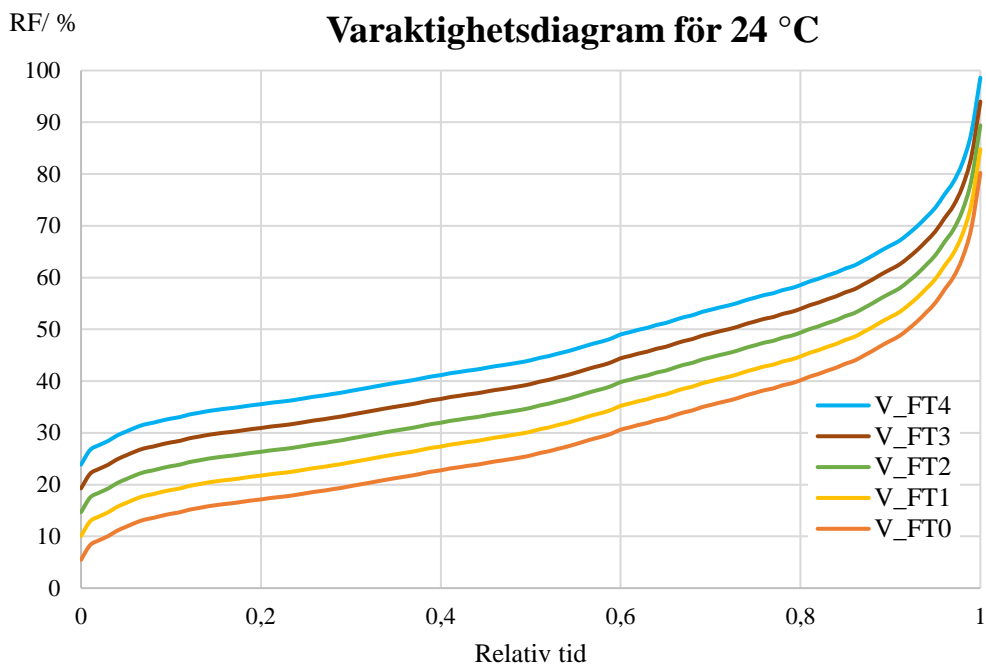
Det illustreras i figur 65 att under vinterhalvåret är det ofta under cirka 8 g/m³ AF inomhus i en bostad i Stockholm vid en temperatur på 22 °C och ett fuktillskott på 2 g/m³.



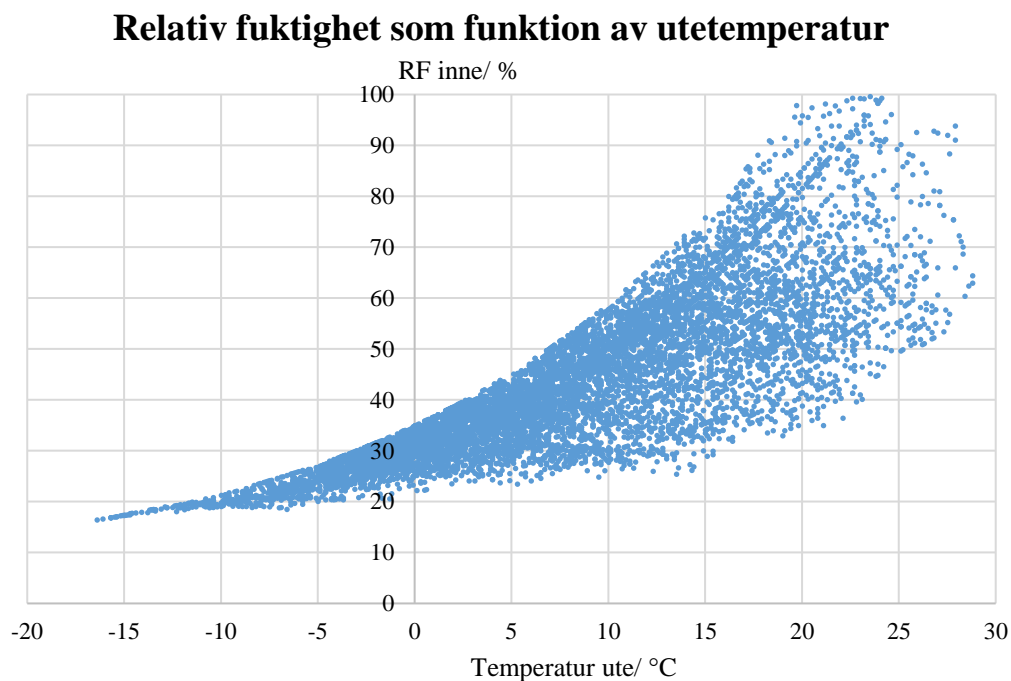
Figur 66 Beräkning för inomhustemperaturen 20 °C och fuktillskotten 0, 1, 2, 3, och 4 g/m³.



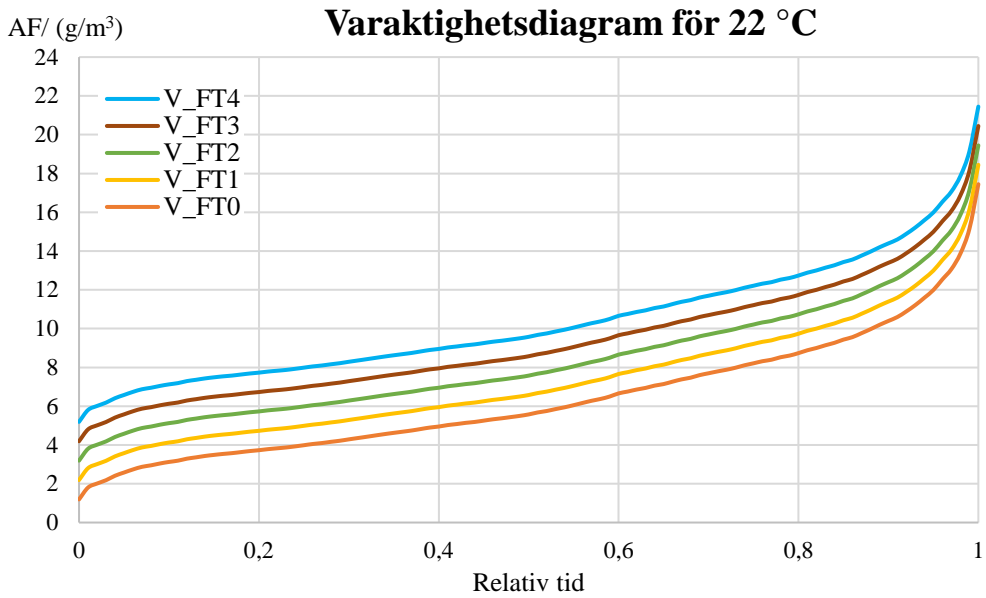
Figur 67 Beräkning för inomhustemperaturen 22 °C och fuktillskotten 0, 1, 2, 3, och 4 g/m³.



Figur 68 Beräkning för inomhustemperaturen 24 °C och fuktillskotten 0, 1, 2, 3, och 4 g/m³.

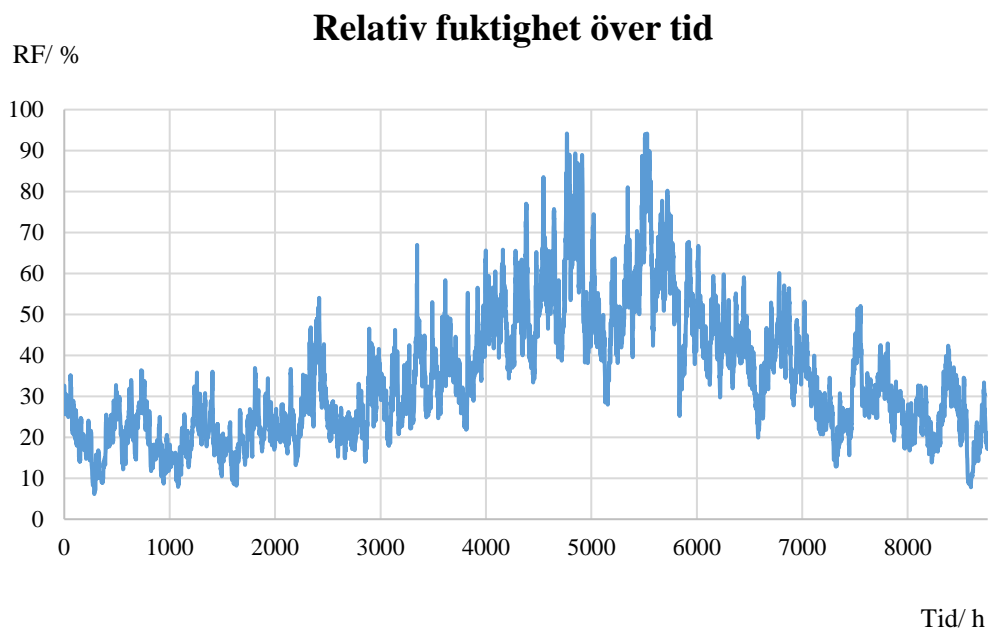


Figur 69 Beräkning för inomhustemperaturen 22 °C och fuktillskottet 2 g/m³. Figuren illustrerar förhållandet mellan RF inne och utomhustemperaturen för ett helt år.

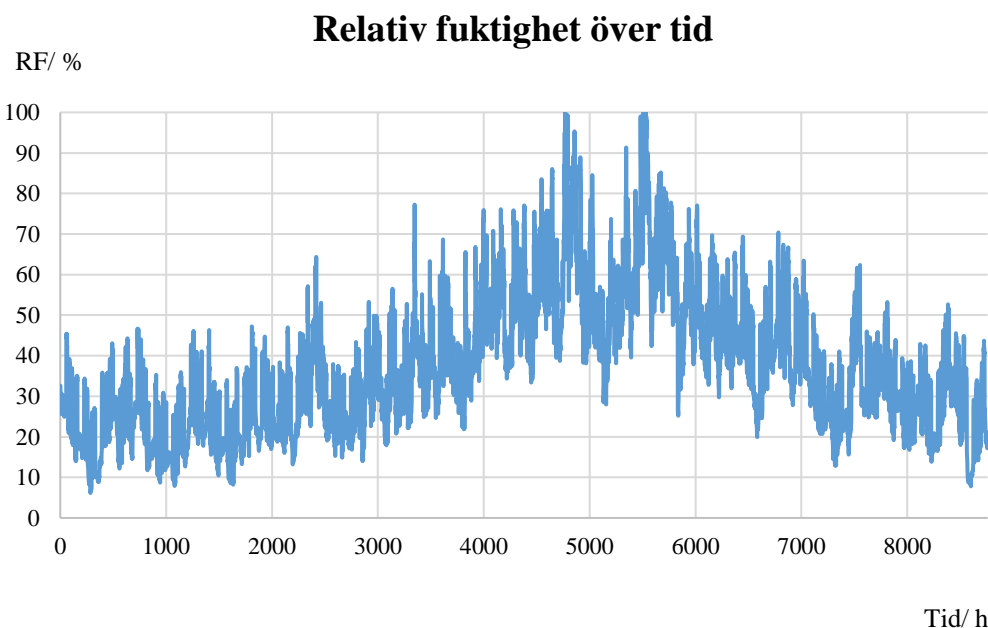


Figur 70 Beräkning av absolut fuktighet för inomhustemperaturen 22 °C och fukttillskotten 0, 1, 2, 3, och 4 g/m³.

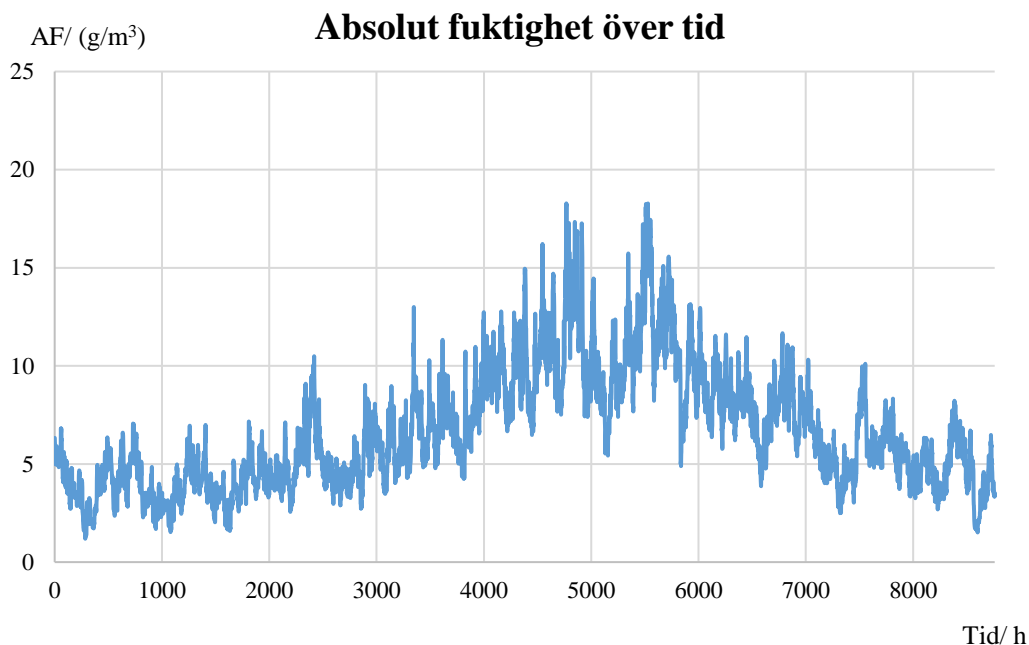
3.3.3 Kontor



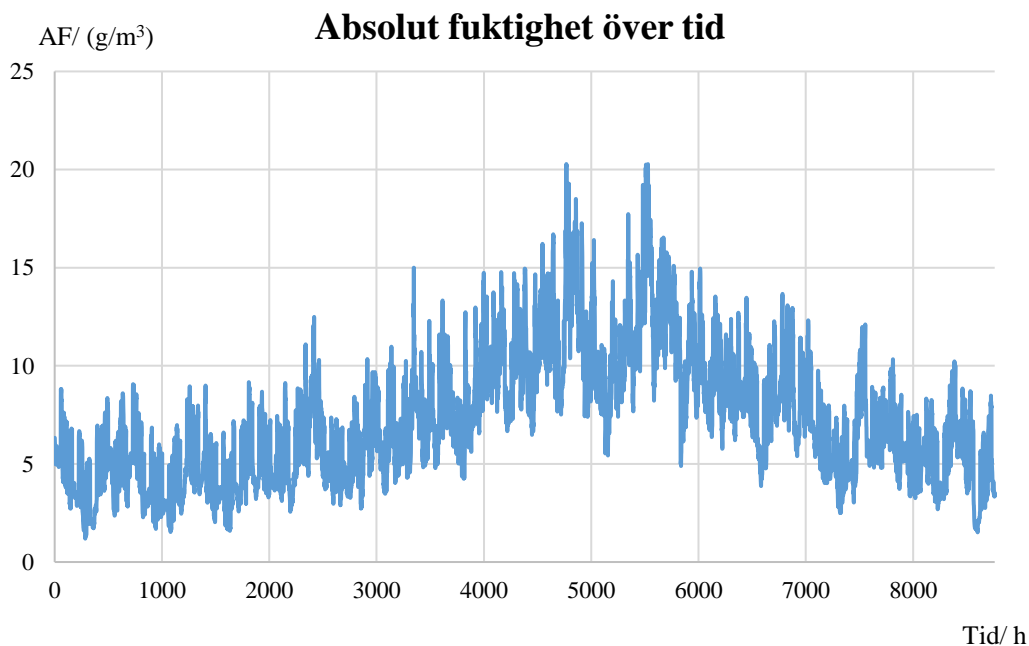
Figur 71 Redovisar hur RF inne varierar över tiden på ett helt år. Tiden är från årsskiftet i timmar och beräkningen görs för inomhustemperaturen 22 °C samt fuktillskottet 1 g/m³.



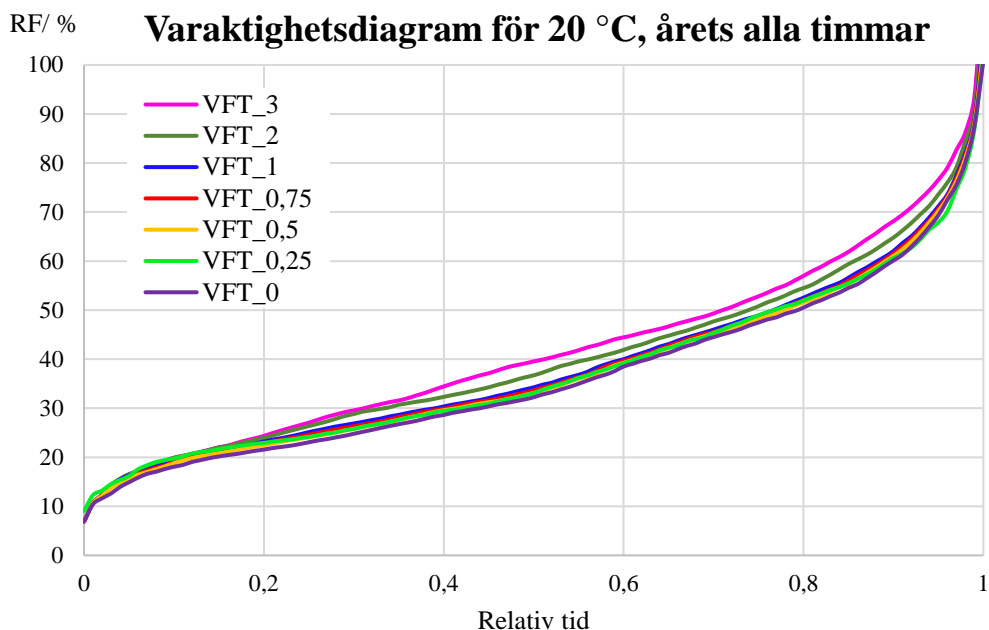
Figur 72 Redovisar hur RF inne varierar över tiden på ett helt år. Tiden är från årsskiftet i timmar och beräkningen görs för inomhustemperaturen 22 °C samt fuktillskottet 3 g/m³.



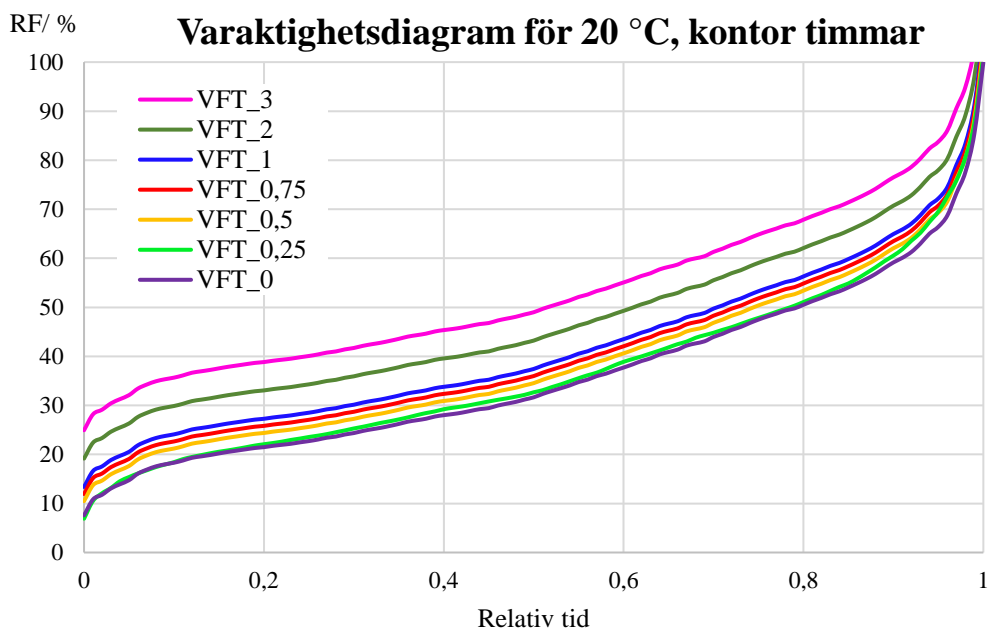
Figur 73 Redovisar hur AF inne varierar över tiden på ett helt år. Tiden är från årsskiftet i timmar och beräkningen görs för inomhustemperaturen 22 °C samt fuktillskottet 1 g/m³.



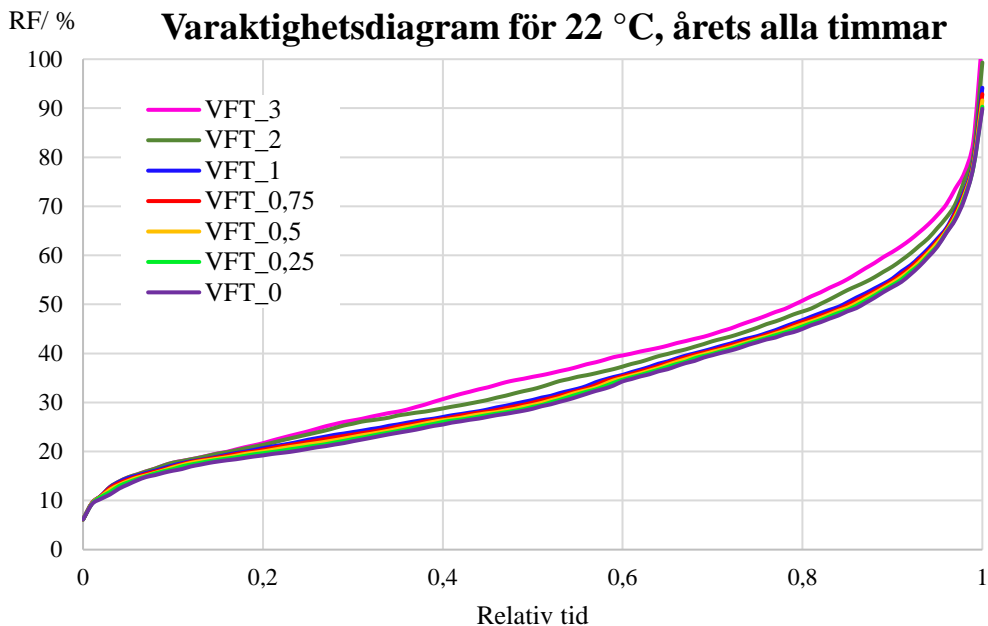
Figur 74 Redovisar hur AF inne varierar över tiden på ett helt år. Tiden är från årsskiftet i timmar och beräkningen görs för inomhustemperaturen 22 °C samt fuktillskottet 3 g/m³.



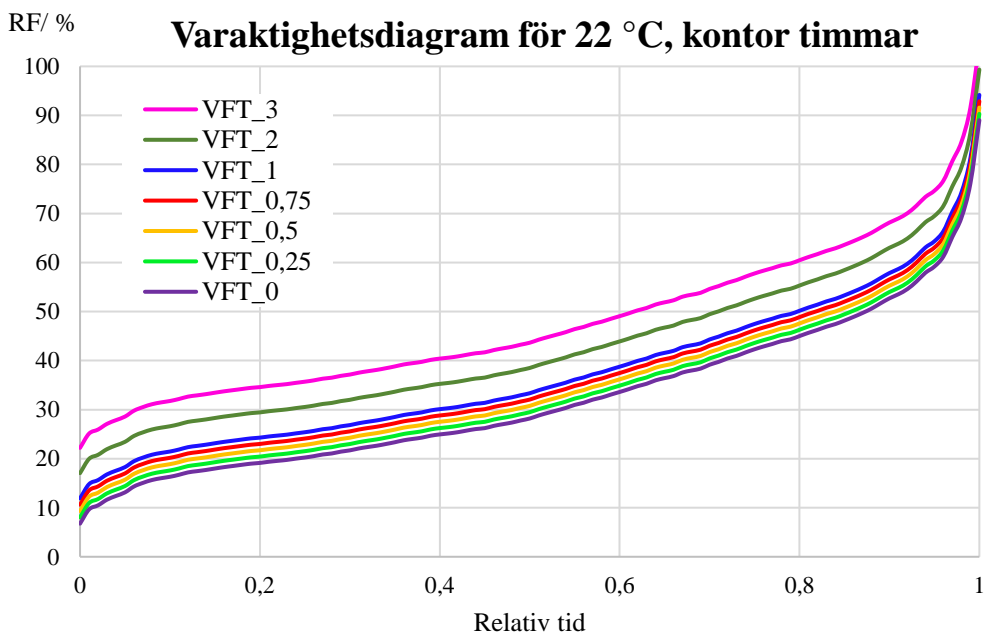
Figur 75 Beräkning för årets alla timmar för inomhustemperaturen 20 °C och fuktillskotten 0, 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 2,0, och 3,0 g/m³.



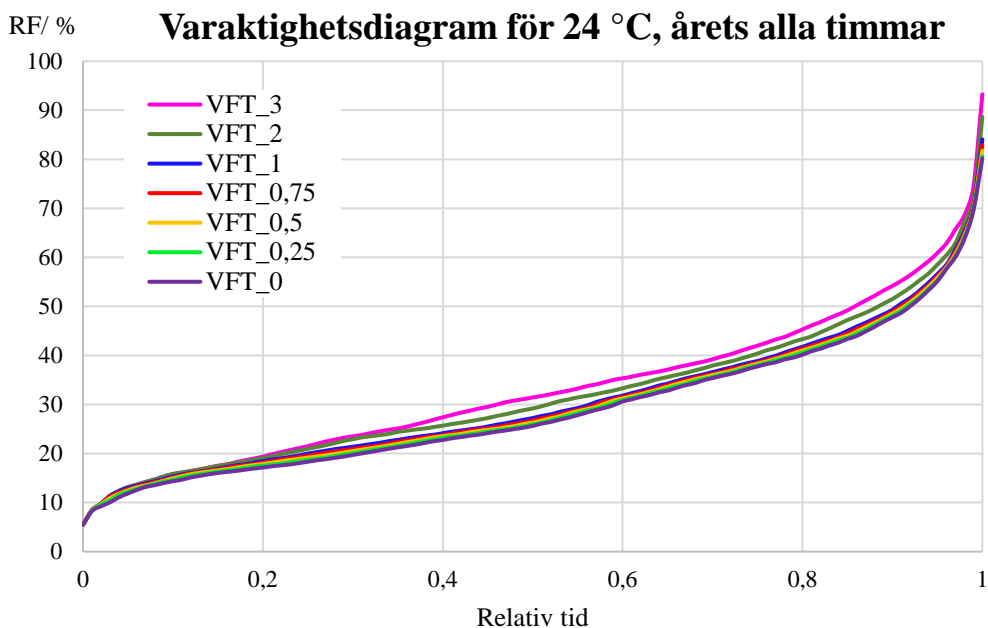
Figur 76 Beräkning för kontorstimmar för inomhustemperaturen 20 °C och fuktillskotten 0, 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 2,0, och 3,0 g/m³.



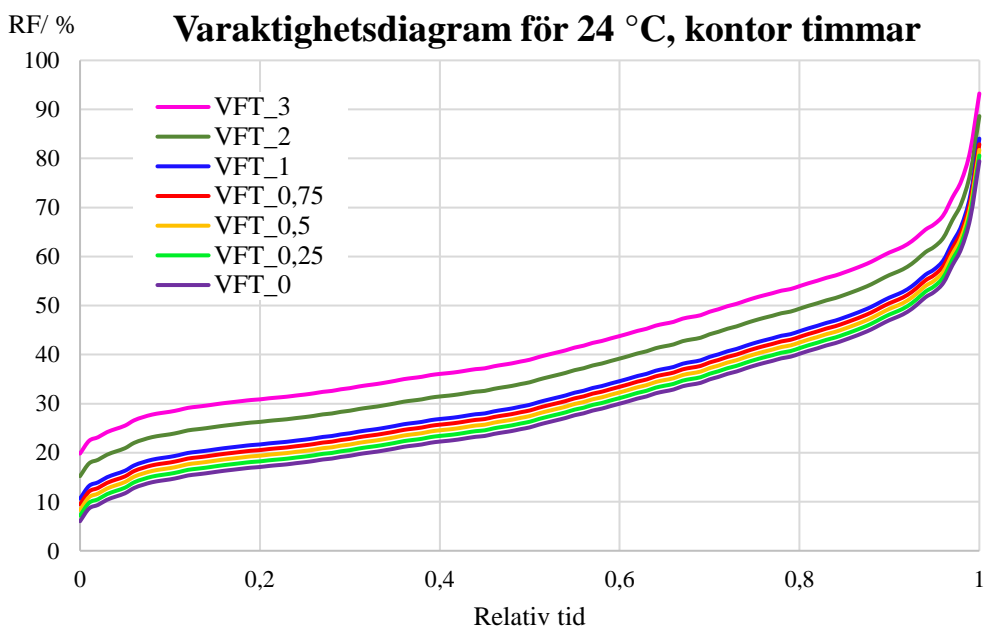
Figur 77 Beräkning för årets alla timmar för inomhustemperaturen 22 °C och fuktillskotten 0, 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 2,0, och 3,0 g/m³.



Figur 78 Beräkning för kontorstimmar för inomhustemperaturen 22 °C och fuktillskotten 0, 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 2,0, och 3,0 g/m³.

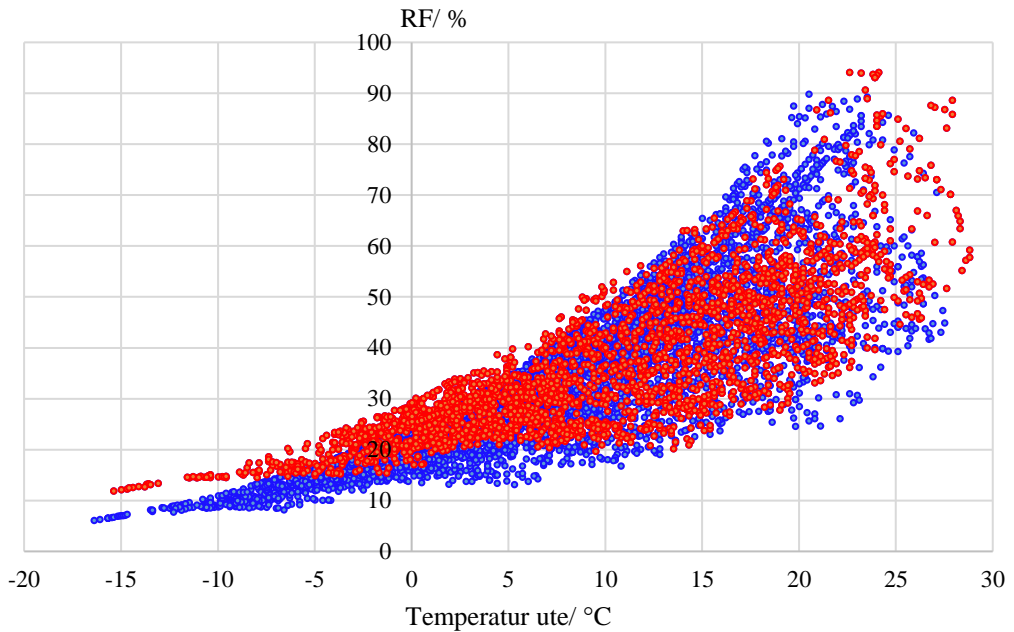


Figur 79 Beräkning för årets alla timmar för inomhustemperaturen 24 °C och fuktillskotten 0, 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 2,0, och 3,0 g/m³.



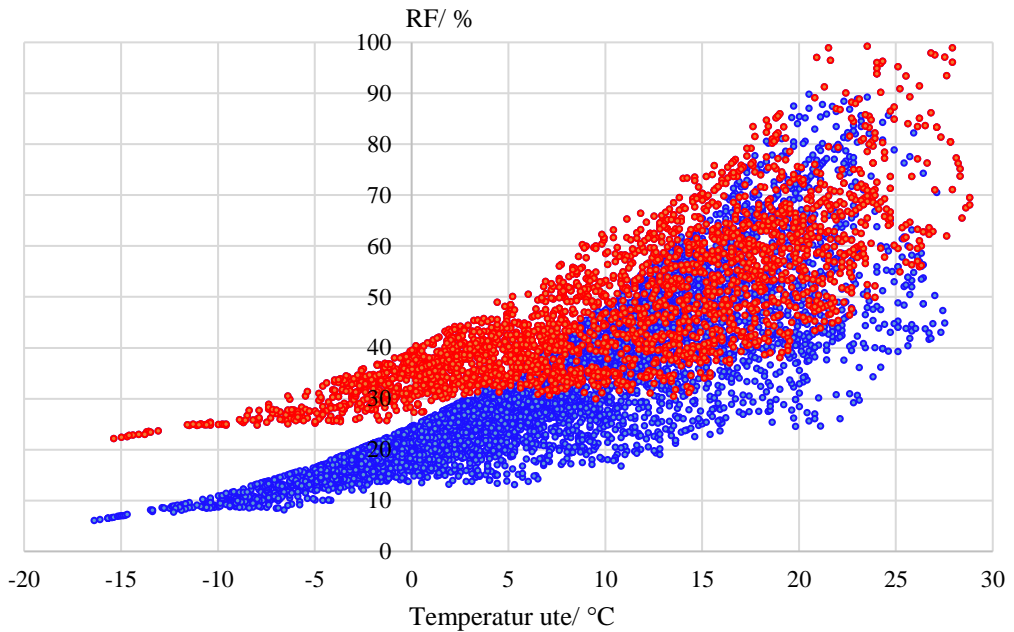
Figur 80 Beräkning för kontorstimmar för inomhustemperaturen 24 °C och fuktillskotten 0, 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 2,0, och 3,0 g/m³.

Relativ fuktighet som funktion av utetemperatur



Figur 81 Beräkning för inomhustemperaturen 22 °C och fuktillskottet 1 g/m³. Figuren illustrerar förhållandet mellan RF inne och utomhustemperaturen för ett helt år. De blåfärgade redovisar årets alla timmar och det röda visar kontorstid.

Relativ fuktighet som funktion av utetemperatur



Figur 82 Beräkning för inomhustemperaturen 22 °C och fuktillskottet 3 g/m³. Figuren illustrerar förhållandet mellan RF inne och utomhustemperaturen för ett helt år. De blåfärgade redovisar årets alla timmar och det röda visar kontorstid.

4 Diskussion och slutsatser

4.1 Litteraturstudie

Resultatet från olika studier visar att luftfuktigheten har olika påverkan vid olika nivåer. Att koppla hälsan med inomhusluften och vidare till föroreningar är komplext. Det finns ingen gemensam luftfuktighetsnivå som är gynnsam vid alla lägen, utan det beror helt och hållet på vilken organism som studeras. Vilken luftfuktighet som är lämplig och ogynnsam för organismens överlevnad avgörs av den aktuella miljön som organismen befinner sig i.

Bakterier och virus kan förökas samt spridas genom olika smittvägar. Det är därför viktigt att olika åtgärder vidtas för att minska spridningen. Eftersom majoriteten av spridningen sker via kontakt med smittad person bör den smittade isolera sig och eventuellt undvika kontakt. Dessutom kan bakterier och virus vara luftburna och spridas via små droppar eller i form av partiklar som hänger kvar i luften, det vill säga droppkärnor. Observationer har påvisat att detta påverkas av luftfuktigheten.

Flertal författare har studerat hur olika luftfuktighetsnivåer påverkar människans hälsa. Studierna har baserats på medicinska undersökningar, enkätundersökningar och även en kombination av dessa. Det som indikeras utifrån sammanställningen, avsnitt ”2.4 Sammanställning”, är att samtliga forskare har kommit fram till att vid låga halter, det vill säga under 30 % RF, uppvisas torrhetssymptom. Sedan beror torrheten i de olika kroppsområden på hur låg fuktighetsnivån är. Vid lägre nivåer har det påvisats att skadorna förvärras och större kroppsområden får konsekvenser. Enligt Sunwoo et al. (2006) bör gränsvärden för RF vara högre än 30 % för att undvika torra ögon och RF över 10 % för att lindra nästorrhet. Dessutom uppmärksammar Chou et al. (2006) att skadornas allvarlighet beror på exponeringstider, vilket är rimligt då ju mer en person utsätts för torra förhållanden kommer torrheten att öka samt orsaka mer skador i områden som ögon, näsa, hals och hud.

Enligt min uppfattning utifrån studierna är det inte farligt att vistas en kort tid, exempelvis 30 minuter, under låga fuktighetsförhållanden eftersom kroppen själv kommer att kunna hantera effekterna. Men att utsättas under längre perioder, såsom dagligt kontorsarbete och i skolan, kommer med stor sannolikhet orsaka allvarligare konsekvenser. Detta medför även negativa effekter på arbetarnas arbetsprestation, vilket Wiik (2011) och Wyon et al. (2006) har undersökt i deras studie. Ifall personerna är ”tvungna” att vistas under sådana omständigheter, bör åtgärder vidtas såsom erbjuda rätt utrustning till exempel skydd mot ögonen.

I studien av Chou et al. (2006) uppmärksammades skador på hemoglobinet och organ som njure då människorna utsattes för mycket låga RF (1–2 %) förhållanden, vilket är allvarligt. Vidare var även klåda och eksem vanliga symptom. Symptomen som författarna har presenterat varierar i allvarlighetsgrad och är subjektiva och beror på undersökningsindividerna. Författarna Bakke et al. (2007) och Wolkoff (2018b) menar även att det skiljer sig åt från könen då kvinnor i allmänhet rapporterar oftare symptom.

Vidare orsakar luftföroreningar tillsammans med låg luftfuktighet större skador på människans hälsa, vilket Wolkoff (2018b) uppger i sin studie. Anledningen till detta är att luftfuktigheten påverkar halten av luftföroreningar i rummet och föroreningar i sig påverkar människans hälsa.

För mikroorganismer har det indikerats olika nivåer för respektive organism. Forskningen tyder på att influensa trivs bäst under kalla temperaturer (mer relevant för uteklimat) och låga fuktighetsnivåer, vilket överensstämmer med säsongsviruset som förekommer framför allt under kalla årstider. Enligt studier av Lowen et al. (2007) och Myatt et al. (2010) har det indikerats att influensavirusets överlevnad är mest gynnsam vid RF-nivåer under 35 %. Denna nivå kombinerat med låg temperatur, såsom 5 °C, ska även ytterligare underlätta överlevnaden. Författarna Barreca och Shimshack (2012) menar däremot att det är den aktuella fuktighetsnivån som har störst betydelse. Det är alltså under 7,2 g/m³ AF som fuktigheten gynnar influensans överlevnad, vilket innebär att över detta värde kommer viruset att inte överleva.

För legionella bakterien har det indikerats att höga temperaturer försvårar bakteriens överlevnad och ju högre temperaturen är desto fortare dör bakterien. Eftersom legionella trivs i vattenrika miljöer förekommer de vanligtvis i vattenledningar. Folkhälsomyndigheten (2020a) rekommenderar att vattentemperaturen i varmvattenberedaren bör minst vara 60 °C och minst 50 °C i tappstället. Vidare har det indikerats i studien av Hambleton et al. (1983) att överlevnadsförmågan försvåras när RF är 30 % och mellan 50–60 %. Detta konstateras även av författarna Simmering et al. (2017), som uppmärksammar att legionella infektionen är betydligt högre vid höga RF över detta intervall.

Att drabbas av vanlig förkylning är vanligast vid låg utetemperatur och högre AF. Den större delen av infektionerna i studien av Ikäheimo et al. (2016) förekom vid minusgrader och vid ökande AF. Forskarna Karim et al. (1985) har också uppmärksammat att ökande AF-nivå, samt RF-nivå, underlättar virusens överlevnad och risken att drabbas ökar. Vidare innebär RF mellan 25–55 % (4,3–9,5 g/m³ AF) tillsammans med temperaturen 20 °C missgynnar överlevnaden av viruset.

Enligt forskningsstudierna av Noue et al. (2014) samt Shamkhali och Deng (2016) associeras vinterkräksjuka med lägre temperatur och låg RF, det vill säga 10 %. Detta kan även vara anledningen till virusets förekomst under kalla månader på vinterhalvåret. Vidare anser författarna Noue et al. (2014) att AF är en bättre faktor att undersöka då AF under 8 g/m³ underlättar överlevnaden och AF över 12 g/m³ försvårar.

Utifrån de studerade artiklarna har det uppmärksamrats att relativa fuktigheten har en påverkan vad det gäller människors hälsa och mikroorganismers överlevnad samt spridning. Däremot är det fortfarande mycket forskning som saknas för att säkerställa vad som gäller och inte. Det behövs ytterligare kontrollerade undersökningar och långvarig övervakning i olika geografiska regioner för att fullt ut förstå sambandet och identifierandet av viktiga faktorer som styr hälsan samt bakterie- och virusinfektioner. Det är flera faktorer som påverkar och i vissa studier saknas det data för samtliga begrepp.

Det är en del osäkerhet mellan vilka parametrar som är viktigaste, AF eller RF. Några få studier som har varit bra uppmärksamma AF men de flesta visar RF. Min uppfattning utifrån studierna är att AF är en bättre faktor att studera vid undersökningar på luftfuktighet och luftburna virus som sprids via luften. Hur virusen sprids via droppkärnor i luften kommer att påverkas av mängden vattenånga som finns i luften för att kunna spridas via droppkärnor. Däremot kan RF vara mer användbar vid undersökningar på människors hälsa då även temperaturen har betydelse för hur kroppen reagerar. Båda dessa begrepp tillsammans med aktuell temperatur kan alltså vara lämpliga att beakta.

Utöver detta har forskarna inte redovisat så mycket om hur befuktningarna har skett eller undersökt eventuella risker med befuktning, det vill säga legionella och mögeltillväxt. Eftersom forskarna enbart har fokuserat på att komma ifrån låga RF-nivåer har det begränsat deras studier och visat att högre RF-nivåer genererar positiva effekter. I dessa studier där aktiv befuktning har använts har forskarna inte redovisat ifall de har undersökt eventuell risk och tillväxt för exempelvis mögel. Detta kan också bero på att forskarna har haft i åtanke att enbart komma ifrån de ytterst torra omständigheterna, vilket handlar om låga fuktighetsnivåer.

Dessutom har studierna inte redovisat vilken typ av befuktningsmetod som har vidtagits. Ifall metoden har varit att vattendroppar har sprutats in via tilluften, kan det innebära en risk för legionella som trivs i dessa vattenrika miljöer. En annan befuktningsmetod är att sänka eller höja ventilationsflödet vilket ökar respektive minskar RF-nivån. Detta fungerar därmed som en aktiv befuktare och studier där luftflödet har angivits, antas det att befuktning har skett genom styrning av ventilationsflödet. Observera att detta är inget som står i studierna och information kring hur befuktning har skett saknas.

Denna studie belyser att erfarenhet kring befuktning är minst lika viktigt då okontrollerad befuktning kan medföra andra konsekvenser istället för att ha en åtgärdande funktion. Om befuktning vidtas bör det göras kontrollerat med kontrollrutiner. Vidare påvisar denna studie att det mest optimala intervallet för RF är cirka 35–55 %. RF rekommenderas att vara minst 35 % för att inte utsätta hälsan för några negativa risker. Under detta värde uppvisas torrhetssymptom och infektioner som beror på exempelvis legionella och vanlig förkylning som även är vanligt i nordiskt klimat. Eftersom arbetet har avgränsats till låga RF-nivåer så har maximal nivå inte studerats på liknande vis. Däremot är 20 % en relevant skillnad på lägsta och högsta RF-nivå då för mycket fukt inte ska tillföras. På grund av den förändring i temperatur och därmed luftfuktighet som råder under ett år är det lämpligt att tillåta viss variation i luftfuktighetsintervallet. Det man också tillför med intervallet är att inte tillåta en specifik organism/ämne eller annat att fodras i en konstant luftfuktighetsnivå. För mikroorganismer är det svårare att säga vad som är bra och mindre bra då det skiljer sig åt från organismerna.

4.2 Beräkningsstudie

Beräkningarna visar att det förekommer längre perioder av låga relativa luftfuktigheter i norra delarna av Sverige än i södra för både bostäder och kontor.

Genom avläsning från varaktighetsdiagrammen på bostäder indikeras det att i exempelvis Malmö är det en förhållandevis mindre effekt av att befukta. Det är mer aktuellt i Kiruna då det ger en betydande effekt. I till exempel figur 43, som redovisar för bostad i Malmö med temperaturen 20 °C, inträffar det knappt att RF är under 30 % för maximalt fuktillskott. För Stockholm med samma förutsättningar, figur 64, är RF endast cirka 5 % av året under 30 %. I varaktighetsdiagrammen för bostäder noteras det att med ökande inomhustemperatur, ökas även den procentuella tidsandelen då RF är under 30 %. Därför kan varaktighetsdiagrammen vara mer lämpliga för högre temperatur samt för kontorslokaler med förutsättningar för kontorstimmar då eventuell befuktning kan tillämpas under förhållandevis större perioder på året.

Den maximalt tillåtna skillnaden i fuktillskott på 3 g/m³ måste dock beaktas vilket kommer att innebära att det kommer att förekomma vissa perioder i norr då en eventuell aktiv höjning av den relativa luftfuktigheten inte kommer att kunna nå storleksordningen 30–35 %.

Det kan också konstateras att i verkligheten kommer fuktillskottet att variera över året, men i beräkningen har det antagits konstant fuktillskott. Även om det varierar över året så kommer de verkliga fuktillskotten ändå ligga i samma storleksordning. Varaktighetsdiagrammen är ändå användbara för att de verkliga värden ligger inom områden som redovisas i diagrammen och därmed kan man dra nytta utav det.

4.3 Sammanförande diskussion

Om man sammanför resultaten från litteraturstudien med beräkningsresultaten framgår att de låga relativa luftfuktigheter som i de refererade studierna påvisats ha en negativ hälsoeffekt på människan förekommer i framförallt de norra delarna av Sverige under vinterförhållanden.

Med tanke på att de sammanställda studierna redovisar negativa hälsoeffekter vid låga relativa luftfuktigheter så kan det möjligen vara värt att beakta och börja undersöka vidare hur man kan öka den relativa luftfuktigheten så att den inte understiger storleksordningen 30 % i de norra delarna av Sverige under vintern. En höjning av den relativa luftfuktigheten kan genomföras på olika sätt och med olika tekniker. Den i inledningen nämnda risken för tillväxt av mikroorganismer måste beaktas i detta sammanhang. Det är viktigt att inte skapa nya problem när en faktor adresseras. Detta kan därför identifieras som ett möjligt framtida forskningsområde där ett antal frågeställningar bör redas ut.

Det är också intressant att notera att vilken teknik som använts för aktiv befuktning inte redovisas eller att risken för tillväxt inte undersökts i flera av de refererade studierna där

aktiv befuktning använts. Här finns ett område där medicinsk och teknisk kompetens bör mötas mer.

4.4 Slutsatser

Följande slutsatser kan dras

- De refererade studierna visar på att det kan förekomma olika negativa hälsoeffekter vid låga relativa luftfuktigheter (<30 %).
- Både relativ luftfuktighet (RF) och absolut luftfuktighet (AF) bör tillsammans med temperatur beaktas.
- Beräkningarna visar att det förekommer dessa låga relativa luftfuktigheter under förhållandevis långa perioder i norra Sverige (Kiruna) i både bostäder och kontor.

Referenser

Abusharha, A.A. & Pearce, I.E. (2012). *The effect of low humidity on the human tear film*. Contact Lens and Anterior Eye, Volume 35, Supplement 1, Pages e27-e28. ScienceDirect.

<https://www.sciencedirect.com/ludwig.lub.lu.se/science/article/pii/S1367048412001889?via%3Dihub>

[Hämtad 2021-05-05].

Angelon-Gaetz, K.A., Richardson, D.B., Lipton, D.M., Marshall, S.W. & Hernanded, M.L. (2016). *Exploration of the effects of classroom humidity levels on teachers' respiratory symptoms*. International Archives of Occupational and Environmental Health, Volume 89, Pages 729-737. Springer Link.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s00420-016-1111-0> [Hämtad 2021-02-04].

Apotea (2021). *Råd vid torra ögon*. Recept & Rådgivning, apotea.se.

<https://www.apotea.se/rad-vid-torra-ogon> [Hämtad 2021-04-27].

Arbetsmiljöverket (2020). *Arbetsplatsens utformning*. AFS 2020:1, 112 §, s. 36. Arbetsmiljöverkets författningssamling.

<https://www.av.se/globalassets/filer/publikationer/foreskrifter/arbetsplatsens-utformning-afs2020-1.pdf> [Hämtad 2021-06-04].

Arundel, A.V., Sterling, E.M., Biggin, J.M. & Sterling, T.D. (1986). *Indirect Health Effects of Relative Humidity in Indoor Environments*. Environmental Health Perspectives, Vol. 65, pp. 351-361.

<https://ehp.niehs.nih.gov/doi/pdf/10.1289/ehp.8665351> [Hämtad 2021-03-17].

Arfvidsson, J., Harderup, L.-E. & Samuelson, I. (2017). *Fukthandbok. Praktik och teori. Utgåva 4*. Lund, Lunds Tekniska Högskola (LTH).

Azuma, K., Ikeda, K., Kagi, N., Yanagi, U. & Osawa, H. (2015). *Prevalence and risk factors associated with nonspecific building-related symptoms in office employees in Japan: relationships between work environment, Indoor Air Quality, and occupational stress*. Volume 25, Issue 5, Pages 499-511. Wiley Online Library.

https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/ina.12158?casa_token=aQAnUG09ek4AAAAA%3AkQeD2_VGefqTbKoMiA3JgqiVBqm8eGxkEiiGCBjHTC12cNIulPdaiHS3ax9Kp27YN-mU2LHfTZN9OwwB [Hämtad 2021-02-02].

Azuma, K., Ikeda, K., Kagi, N., Yanagi, U. & Osawa, H. (2017). *Evaluating prevalence and risk factors of building-related symptoms among office workers: Seasonal characteristics of symptoms and psychosocial and physical environmental factors*. Environmental Health and Preventive Medicine, Volume 22, Article number: 38. BMC.

<https://environhealthprevmed.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12199-017-0645-4> [Hämtad 2021-02-02].

Bakke, J.V., Moen, B.E., Wieslander, G. & Norbäck, D. (2007). *Gender and the Physical and Psychosocial Work Environments are Related to Indoor Air Symptoms*. Journal of Occupational and Environmental Medicine, Volume 49, Issue 6, Pages 641-650. JOEM. https://journals.lww.com/joem/Abstract/2007/06000/Gender_and_the_Physical_and_Psychosocial_Work.7.aspx [Hämtad 2021-02-02].

Bakke, J.V., Norbäck, D., Wieslander, G., Hollund B.E., Florvaag, E., Haugen, E.N. & Moen, B.E. (2008). *Symptoms, complaints, ocular and nasal physiological signs in university staff in relation to indoor environment - temperature and gender interactions*. Indoor air, 18(2): 131-143. Europe PMC. <https://europepmc.org/article/med/18312335> [Hämtad 2021-02-02].

Baughman, A.V. & Arens, E.A. (1996). *Indoor Humidity and Human Health--Part I: Literature Review of Health Effects of Humidity-Influenced Indoor Pollutants*. ASHRAE Transactions, 102 Part 1. UC Berkeley Indoor Environmental Quality (IEQ). https://escholarship.org/uc/item/5kz1z9cg#article_main [Hämtad 2021-03-26].

Barreca, A.I. & Shimshack, J.P. (2012). *Absolute Humidity, Temperature, and Influenza Mortality: 30 Years of County-Level Evidence from the United States*. American Journal of Epidemiology, Volume 176, Issue suppl_7, Pages 114-122. Oxford Academic. https://academic.oup.com/aje/article/176/suppl_7/S114/112150 [Hämtad 2021-02-16].

Bendt, A. (2020). *Vinterkräksjuka – calicivirus*. 1177 Vårdguiden. <https://www.1177.se/sjukdomar--besvar/mage-och-tarm/infektioner-i-mage-och-tarmar/vinterkraksjuka--calicivirus/> [Hämtad 2021-04-08].

Bengtsson, J. (2017). *Phadiatop (pälsdjur, pollen, mögel, kvalster)*. Klinisk immunologi och transfusionsmedicin. Medicinsk service. [Phadiatop\(p%20E4lsdjur,%20pollen,%20m%20F6gel,%20kvalster\),2.pdf](https://www.skane.se/Phadiatop(p%20E4lsdjur,%20pollen,%20m%20F6gel,%20kvalster),2.pdf) (skane.se) [Hämtad 2021-03-10].

Boverket (2010). *Teknisk status i den svenska bebyggelsen – resultat från projektet BETSI*. Myndighet för samhällsplanering, byggande och boende. <https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2011/betst-teknisk-status.pdf> [Hämtad 2021-05-25].

Boverket (2017). *Legionella i vatten*. PBL Kunskapsbanken- en handbok om plan- och bygglagen. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/vatten-och-avlopp/legionella-i-vatten/> [Hämtad 2021-04-04].

Boverkets Byggregler (2020). *Boverkets byggregler (2011:6) – föreskrifter och allmänna råd*. BBR. BFS 2011:6 med ändringar till och med BFS 2020:4. https://www.boverket.se/contentassets/a9a584aa0e564c8998d079d752f6b76d/konsoliderad_bbr_2011-6.pdf [Hämtad 2021-06-04].

Brady, M.F. & Sundareshan, V. (2020). *Legionnaires' Disease*. StatPearls, Bookshelf. NCBI.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK430807/#:~:text=The%20Legionella%20bacterium%20is%20anaerobically%20on%20a%20standard%20media>
[Hämtad 2021-04-03].

Chou, T.-C., Lin, K.-H., Sheu, H.-M., Su, S.-B., Lee, C.-W., Guo, H.-R., Wu, T.-N. & Chang, H.-Y. (2006). *Alterations in health examination items and skin symptoms from exposure to ultra-low humidity*. International Archives of Occupational and Environmental Health, 80(4), Pages 290–29. Springer Link.

<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s00420-006-0133-4.pdf>
[Hämtad 2021-05-02].

Dols, W.S. & Polidoro, B. (2019). *Software, CONTAM*. Engineering Laboratory- Energy and Environment. NIST.

<https://www.nist.gov/services-resources/software/contam> [Hämtad 2021-03-24].

Folkhälsomyndigheten (2014). *Folkhälsomyndighetens allmänna råd om ventilation*. Allmänna råd, FoHMFS 2014:18, ISSN 2001–7804.

<https://www.folkhalsomyndigheten.se/contentassets/641784832543443ea4eebe9b300c244e/fohmfs-2014-18.pdf> [Hämtad 2021-05-08].

Folkhälsomyndigheten (2018). *Sjukdomsinformation om legionellainfektion*.

<https://www.folkhalsomyndigheten.se/smittskydd-beredskap/smittsamma-sjukdomar/legionellainfektion-och-pontiacfeber/> [Hämtad 2021-04-02].

Folkhälsomyndigheten (2020a). *Legionella*.

<https://www.folkhalsomyndigheten.se/livsvillkor-levnadsvanor/miljohalsa-och-halsoskydd/tillsynsvagledning-halsoskydd/smitta-kopplad-till-objekt/legionella/>
[Hämtad 2021-04-02].

Folkhälsomyndigheten (2020b). *Råd om vinterkräksjukan*.

<https://www.folkhalsomyndigheten.se/smittskydd-beredskap/smittsamma-sjukdomar/calicivirus-noro-och-sapovirus/rad-om-vinterkraksjukan/>
[Hämtad 2021-04-08].

Folkhälsomyndigheten (2021). *Sjukdomsinformation om calicivirus (noro- och sapovirus)*.

<https://www.folkhalsomyndigheten.se/smittskydd-beredskap/smittsamma-sjukdomar/calicivirus-noro-och-sapovirus/> [Hämtad 2021-04-08].

Gavhed, D. & Klasson, L. (2005). *Perceived problems and discomfort at low air humidity among office workers*. Elsevier Ergonomics Book Series, Volume 3, Pages 225-230. ScienceDirect.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1572347X05800370>
[Hämtad 2021-03-16].

Gustavsson, P. (2017). Hälsobesvär av inomhusmiljön. Ett faktablad från centrum för arbets- och miljömedicin. [Hämtad 2021-04-20].

Hambleton, P., Broster, M.G., Dennis, P.J., Henstridge, R., Fitzgeorge R. & Conlan, J.W. (1983). *Survival of virulent Legionella pneumophila in aerosols*. *Epidemiology & Infection*, Volume 90, Issue 3, Pages 451-460. Cambridge University Press.
<https://www.cambridge.org/core/journals/epidemiology-and-infection/article/survival-of-virulent-legionella-pneumophila-in-aerosols/8E0E19B577D488F26DF483B6537ADCF9> [Hämtad 2021-04-02].

Ikäheimo, T.M., Jaakkola, K., Jokelainen, J., Saukkoriipi, A., Roivainen, M., Juvonen, R., Vainio, O. & Jaakkola, J.J. (2016). *A Decrease in Temperature and Humidity Precedes Human Rhinovirus Infections in a Cold Climate*. *Viruses*, PMC. NCBI.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5035958/> [Hämtad 2021-04-05].

Institutet för hälsa och välfärd (2020). *Rhinovirus*. INFEKTIONSSJUKDOMAR OCH VACCINATIONER.
<https://thl.fi/sv/web/infektionssjukdomar-och-vaccinationer/sjukdomar-och-bekampning/sjukdomar-och-sjukdomsalstrare-a-o/rhinovirus#:~:text=Rhinovirus%20C3%A4r%20den%20vanligaste%20orsaken,arterna%20A%2C%20B%20och%20C>. [Hämtad 2021-04-05].

Johansson, D. (2010). *Beskrivning av temperatur och relativ fuktighet ute i svenskt klimat*. Avdelningen för installationsteknik, Institutionen för bygg- och miljöteknologi, Lunds tekniska högskola.
<https://www.hvac.lth.se/fileadmin/hvac/files/TVIT-7000pdf/TVIT-7052DJweb.pdf>
[Hämtad 2021-04-27].

Karim, Y.G., Ijaz, M.K., Sattar, S.A. & Johnson-Lussenburg, C.M. (1985). *Effect of relative humidity on the airborne survival of rhinovirus-14*. *Canadian Journal of Microbiology*, Volume 31, Number 11. Canadian Science Publishing.
https://cdnsciencepub.com/doi/10.1139/m85-199?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20pubmed
[Hämtad 2021-04-07].

Legionnaires' Disease News (2020). *2019 Legionnaires outbreaks: Another busy year for Legionella*.
<https://www.legionnairesdiseasenews.com/2020/01/2019-legionnaires-outbreaks/>
[Hämtad 2021-04-02].

Li, Y., Wu, R., Xie, H., Zhao, G., Dang, X & Hokoi S. (2020). *Water film in very high humidity inhibits mold growth on the damp surface of soil ruins*. *Building and Environment*, Volume 181, 107073. ScienceDirect.
<https://www.sciencedirect.com/ludwig.lub.lu.se/science/article/pii/S0360132320304534?via%3Dihub>
[Hämtad 2021-05-11].

Lin, L. (2019). *Att göra en ögonundersökning (för läkarstudenter)*. Karolinska Institutet. <https://blog.ki.se/kistudentenlinnealin/hur-man-gor-en-ogonundersokning/> [Hämtad 2021-02-08].

Lowen, A.C., Mubareka, S., Steel, J. & Palese, P. (2007). *Influenza Virus Transmission Is Dependent on Relative Humidity and Temperature*. PLOS PATHOGENS. <https://journals.plos.org/plospathogens/article?id=10.1371/journal.ppat.0030151> [Hämtad 2021-02-08].

Lukcsó, D., Guidotti, T.L., Franklin, D.E. & Burt, A. (2016). *Indoor environmental and air quality characteristics, building-related health symptoms, and worker productivity in a federal government building complex*. Archives of Environmental & Occupational Health, Volume 71, Issue 2. Taylor & Francis Online. https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19338244.2014.965246?casa_token=y6JXBdH39hEAAAAA%3Aab5ZLwJtVBeLrpJUDa2vgVhc-sjIwKc3NdDfdplnbPzAZMOTpdo0uAWiTL8jnTjOjojS4yiH6w4JWg [Hämtad 2021-02-02].

Malmberg, B., Leon, P., Nilsson A. & Flodin U. (2000). *Powdering floor polish and mucous membrane irritation in secondary school pupils*. International Archives of Occupational and Environmental Health 73: 498-502. Short Communication. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s004200000176.pdf> [Hämtad 2021-04-21].

Malmquist, J. (2002). *Risk och odds – hur man räknar med händelser*. Läkartidningen, Nr 8, Volym 99. Klinik och vetenskap. <https://lakartidningen.se/wp-content/uploads/OldPdfFiles/2002/24274.pdf> [Hämtad 2021-04-22].

Muder, R.R. & Yu, V.L. (2002). *Infection Due to Legionella Species Other than L. pneumophila*. Clinical Infectious Diseases, Vol. 35, No. 8, Pages 990-998. <http://resolver.ebscohost.com/openurl?sid=EBSCO:edsjsr&genre=article&issn=10584838&isbn=&volume=35&issue=8&date=20021015&spage=990&pages=990-998&title=Clinical%20Infectious%20Diseases&atitle=Infection%20Due%20to%20Legionella%20Species%20Other%20than%20L.%20pneumophila&bttitle=Clinical%20Infectious%20Diseases&jtitle=Clinical%20Infectious%20Diseases&series=&aulast=Robert%20R.%20Muder&id=DOI>: [Hämtad 2021-04-03].

Myatt, T.A., Kaufman, M. H., Allen, J.G., MacIntosh, D.L., Fabian, M.P. & McDevitt, J.J (2010). *Modeling the airborne survival of influenza virus in a residential setting: the impacts of home humidification*. Environmental Health, Volume 9, Article number: 55. BMC. <https://ehjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/1476-069X-9-55> [Hämtad 2021-03-24].

Nielsen, G.D. & Wolkoff, P. (2017). *Evaluation of airborne sensory irritants for setting exposure limits or guidelines: A systematic approach*. Regulatory Toxicology and Pharmacology, Volume 90, Pages 308-317. ScienceDirect.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0273230017302878>

[Hämtad 2021-02-08].

Noue, A.C.-de la, Estienney, M., Aho, S., Perrier-Cornet, J.-M., Rougemont, A.-de., Pothier, P., Gervais, P. & Belliot, G. (2014). *Absolute Humidity Influences the Seasonal Persistence and Infectivity of Human Norovirus*. Applied and Environmental Microbiology, Pages: 7196 –7205, Volume 80, Number 23. American Society for Microbiology (ASM Journals).

<https://aem.asm.org/content/aem/80/23/7196.full.pdf> [Hämtad 2021-05-09].

Reinikainen, L.M. & Jaakkola, J.J. (2003). *Significance of humidity and temperature on skin and upper airway symptoms*. Indoor Air; 13, Issue 4 344-352.

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1600-0668.2003.00155.x?sid=nlm%3Apubmed>

[Hämtad 2021-02-02].

Schultz, S. (2020). *Influensa*. 1177 Vårdguiden.

<https://www.1177.se/sjukdomar--besvar/infektioner/forkylning-och-influensa/influensa/>

[Hämtad 2021-02-08].

Shamkhali, S. & Deng, Z. (2016). *Environmental indicators for human norovirus outbreaks*. International Journal of Environmental Health Research, Volume 27, nr 1, Pages 40–51. Taylor & Francis.

[https://eds-b-ebshost-](https://eds-b-ebshost-com.ludwig.lub.lu.se/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=22&sid=6125980f-5629-4302-8c5e-7ce3ab7b81c7%40sessionmgr4008)

[com.ludwig.lub.lu.se/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=22&sid=6125980f-5629-4302-](https://eds-b-ebshost-com.ludwig.lub.lu.se/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=22&sid=6125980f-5629-4302-8c5e-7ce3ab7b81c7%40sessionmgr4008)

[8c5e-7ce3ab7b81c7%40sessionmgr4008](https://eds-b-ebshost-com.ludwig.lub.lu.se/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=22&sid=6125980f-5629-4302-8c5e-7ce3ab7b81c7%40sessionmgr4008) [Hämtad 2021-05-12].

Simmering, J.E., Polgreen, L.A., Hornick, D.B., Sewell, D.K. & Polgreen, P. M. (2017). *Weather-Dependent Risk for Legionnaires' Disease, United States*. Emerging Infectious Diseases, 23(11), Pages 1843-1851, PMC. NCBI.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5652433/> [Hämtad 2021-04-03].

SMHI (2020). *Luftfuktighet*. Kunskapsbanken Meteorologi.

[https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/luftfuktighet-](https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/luftfuktighet-1.3910#:~:text=Massan%20vatten%20%C3%A5nga%20i%20en%20kubikmeter,%20%C3%A5nghalt%20%C3%A5ngans%20densitet%20eller%20t%C3%A4thet.&text=Under%20sommaren%20d%C3%A5%20det%20%C3%A4r,m%20%C3%A4ngden%20vatten%20%C3%A5nga%20%C3%B6kar%20med%20temperaturen)

[1.3910#:~:text=Massan%20vatten%20%C3%A5nga%20i%20en%20kubikmeter,%20%C3%A5nghalt%20%C3%A5ngans%20densitet%20eller%20t%C3%A4thet.&text=](https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/luftfuktighet-1.3910#:~:text=Massan%20vatten%20%C3%A5nga%20i%20en%20kubikmeter,%20%C3%A5nghalt%20%C3%A5ngans%20densitet%20eller%20t%C3%A4thet.&text=Under%20sommaren%20d%C3%A5%20det%20%C3%A4r,m%20%C3%A4ngden%20vatten%20%C3%A5nga%20%C3%B6kar%20med%20temperaturen)

[Under%20sommaren%20d%C3%A5%20det%20%C3%A4r,m%20%C3%A4ngden%20vatt](https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/luftfuktighet-1.3910#:~:text=Massan%20vatten%20%C3%A5nga%20i%20en%20kubikmeter,%20%C3%A5nghalt%20%C3%A5ngans%20densitet%20eller%20t%C3%A4thet.&text=Under%20sommaren%20d%C3%A5%20det%20%C3%A4r,m%20%C3%A4ngden%20vatten%20%C3%A5nga%20%C3%B6kar%20med%20temperaturen)

[en%20%C3%A5nga%20%C3%B6kar%20med%20temperaturen](https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/luftfuktighet-1.3910#:~:text=Massan%20vatten%20%C3%A5nga%20i%20en%20kubikmeter,%20%C3%A5nghalt%20%C3%A5ngans%20densitet%20eller%20t%C3%A4thet.&text=Under%20sommaren%20d%C3%A5%20det%20%C3%A4r,m%20%C3%A4ngden%20vatten%20%C3%A5nga%20%C3%B6kar%20med%20temperaturen)

[Hämtad 2021-03-17].

Sunwoo, Y., Chou, C., Takeshita, J., Murakami, M. & Tochiwara, Y. (2006). *Physiological and Subjective Responses to Low Relative Humidity in Young and Elderly Men*. Journal of PHYSIOLOGICAL ANTHROPOLOGY, Volume 25, nr 3, Pages 229-238. J-Stage.

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpa2/25/3/25_3_229/ article/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpa2/25/3/25_3_229/article/-char/ja/)

[Hämtad 2021-03-18].

Tidblom, S. (2020). *Förkylning*. 1177 Vårdguiden.

<https://www.1177.se/sjukdomar--besvar/infektioner/forkylning-och-influensa/forkylning/> [Hämtad 2021-04-04].

Wiik, R. (2011). *Indoor productivity measured by common response patterns to physical and psychosocial stimuli*. *Indoor Air*, Volume 21, Issue 4, Pages 328-340. Wiley Online Library.

https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1600-0668.2011.00708.x?casa_token=iaPkr9mCww0AAAAA%3AA6n_iGnnJTCVNIYc5n_P8A_e9_LOJbEsXgml8nuEs_ksKpfWrc6c6Tx9SsOKQXUurmnXMyqQQqVHhYO3H [Hämtad 2021-02-02].

Wolkoff, P. (2018a). *Indoor air humidity, air quality, and health – An overview*. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, Volume 221, Issue 3, Pages 376-390. ScienceDirect.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1438463917306946#bib0435> [Hämtad 2021-02-02].

Wolkoff, P. (2018b). *The mystery of dry indoor air – An overview*. *Environment International*, Volume 121, Part 2, Pages 1058-1065. ScienceDirect.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412018320725> [Hämtad 2021-02-15].

Wolkoff, P. & Kjærgaard, S.K. (2007). *The dichotomy of relative humidity on indoor air quality*. *Environment International* Volume 33, Issue 6, Pages 850-857. ScienceDirect.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412007000773> [Hämtad 2021-03-16].

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*, Volume 12, Issue 2, Pages 201-213. Taylor & Francis Online.

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10789669.2006.10391175> [Hämtad 2021-05-05].