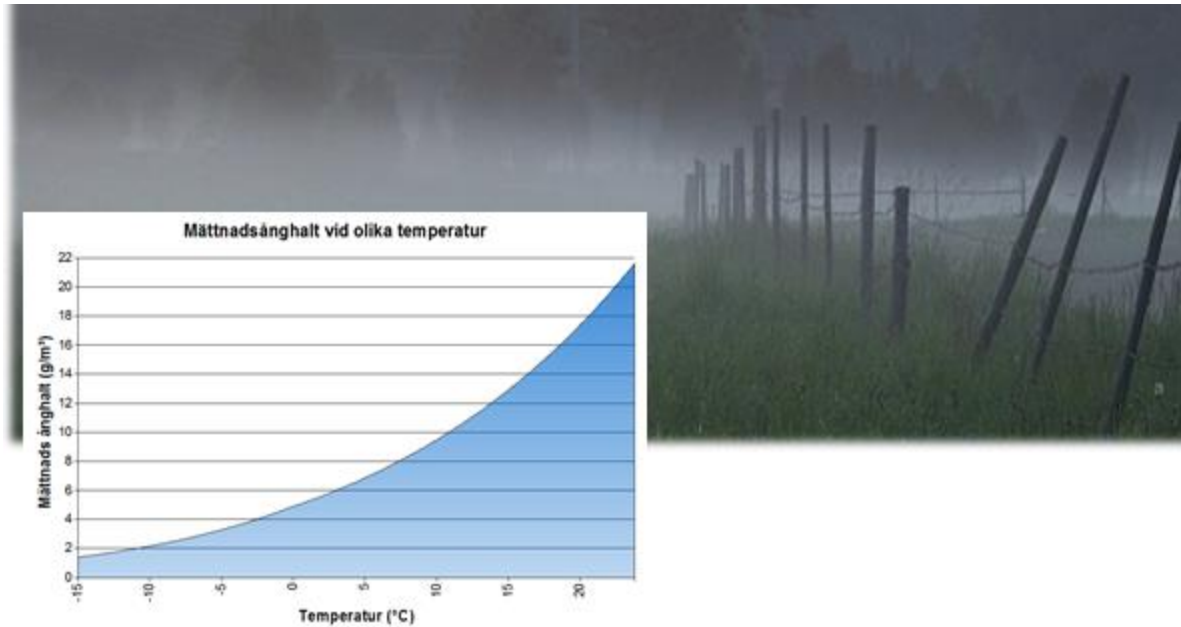
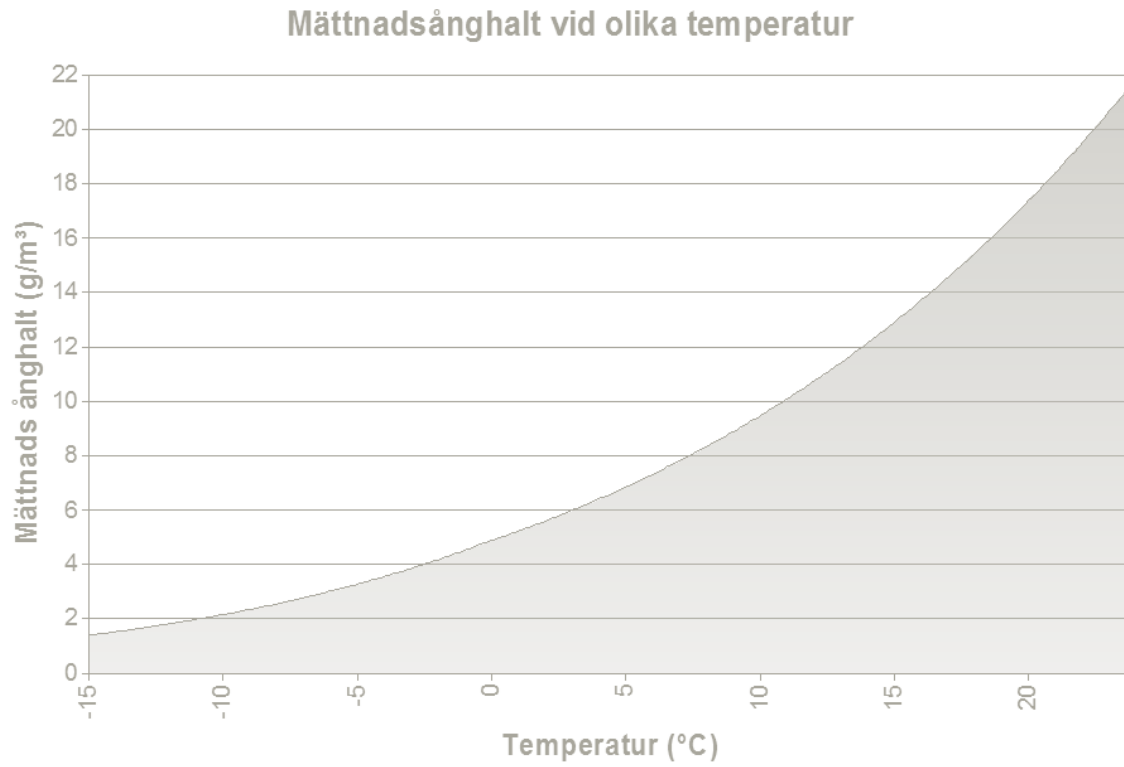


STUDIE - Mätning av luftfuktighet inomhus



INNEHÅLL

	Sida
1. PROJEKTBSKRIVNING	3
2. LUFTTEMPERATUR	5
3. LUFTFUKTIGHET	9
4. STUDIENS MÄTINSTRUMENT	11
5. MÄTRESULTAT	13
6. SLUTSATSER	21
BILAGA: LUFTFUKTIGHETENS PÅVERKAN AV OLIKA LUFTFÖRORENINGAR	23
REFERENSER	28



Tekn L Thomas Alsmo

Myc-Tech AB

Box 725

182 17 Danderyd

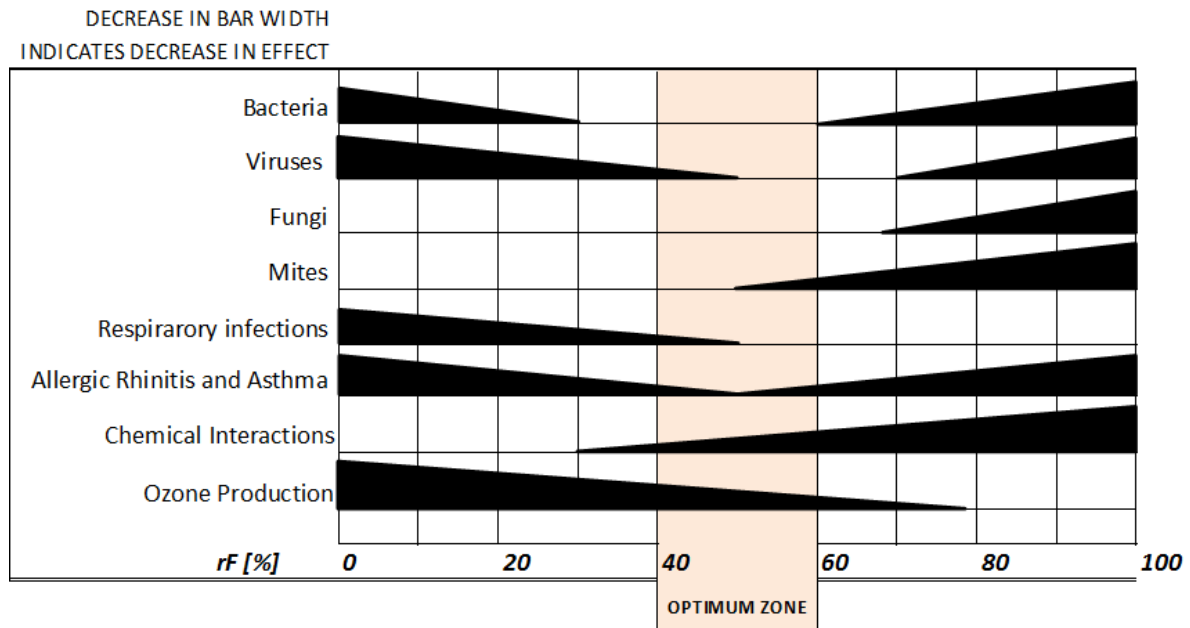
1. PROJEKTBESKRIVNING

En viktig faktor för komfortförhållandet i inomhusmiljön och som påverkar både människors hälsa och välbefinnande är den relativa luftfuktigheten. I denna studie jämförs genom mätningar komfortförhållandet, företrädesvis relativ luftfuktighet (rF), % och även lufttemperatur, °C registreras men detta berörs sekundärt i denna studie. Mätningar sker i två byggnadstyper, ett med självdrag och ett med mekanisk ventilation. Syftet är att utvärdera om skillnad kan identifieras gällande relativ luftfuktighet i dessa två olika typer av byggnader till följd av skilda ventilationslösningar. Som bas för inomhusförhållandet är klimatet utomhus och därför genomförs även mätningar i uteluften, i anslutning till berörda byggnader. Mätinsatser har genomförts på sex platser i Sverige; södra Götaland, östra Svealand, västra Svealand, södra Norrland, nordöstra Norrland samt nordvästra Norrland, d.v.s. en geografisk fördelning över Sveriges olika klimatzoner. Gällande luftmiljö och komfortförhållande inomhus är avsaknaden av validerade, fysiskt mätbara parametrar stor. Ofta förekommer istället en godtycklig hantering när problem med den fysiska inomhusmiljön kommer upp på agendan.

I undersökningar har det framkommit att omkring 70 % av personalen i svenska skolor och förskolor upplever problem med luftfuktigheten, innebärande för torr luft och under vintersäsongen (**1**). Studier visar att den relativa luftfuktigheten i inomhusmiljöer påverkar förekomsten av luftvägsinfektioner och allergier. En viktig faktor är de luftburna partiklarna som är transportörer av både bakterier och virus vilkas överlevnad minimeras vid en relativ luftfuktighet mellan 40 och 70 %. I epidemiologiska studier har sambandet undersökts mellan antalet luftvägsinfektioner och den relativa luftfuktigheten i resp. kontor, bostad och skola. Förekomsten av luftvägsinfektioner befanns vara lägre bland personer som arbetar eller lever i miljöer med en luftfuktighet mellan 40 och 70 % till skillnad från de som vistas i miljöer under alternativt över denna relativa luftfuktighetsnivå. Beträffande kvalsterpopulationer minimeras de när den relativa luftfuktigheten är under 50 % och når en maximal storlek vid 80 %. De flesta arter av svampar kan inte växa såvida den relativa luftfuktigheten inte överstiger 60 %. Relativ luftfuktighet påverkar också hastigheten för utveckling av formaldehyd, syror och salter från svavel och kvävedioxid, och hastigheten för bildning av ozon. Dessutom tyder det mesta på att allergener, patogener och skadliga kemikalier påverkas av den relativa luftfuktigheten inomhus. Sammantaget gör detta att den relativa luftfuktigheten måste betraktas som en viktig faktor av inomhusluftens kvalitet. Majoriteten av negativa hälsoeffekter gällande relativ luftfuktighet skulle kunna minimeras genom att upprätthålla nivåer inomhus mellan 40 och 60 %. Dock skulle detta under vinterhalvåret ofta kräva befuktning i områden med kallt vinterklimat och en sådan typ av teknisk hantering ger risk för nya problemområden. Dock bör det först, så långt det är möjligt, att på naturligt väg rätta till de brister som finns och därefter som steg 2, vid behov undersöka om teknisk utrustning är lämpligt att tillgripa. Detta gör att den diskussion och de synpunkter som förs fram om befuktning av inomhusmiljön med hjälp av teknisk utrustning ligger utanför ramen för denna studie.

En översyn av relativ luftfuktighet visar att de negativa hälsoeffekterna kan minimeras genom att upprätthålla en relativ luftfuktighet mellan 40 och 60 %. En ökning av låg relativ luftfuktighet, till över 40 % bör minska förekomsten av luftvägsinfektioner, svårighetsgraden av allergiska och astmatiska reaktioner och ozonnivåer inomhus. Relativ luftfuktighet över 60 % kan förekomma under sommaren och under vinterhalvåret i kök och badrum. En minskning av höga relativa fuktighetsnivåer till under 60 % skulle reducera överflödet av allergiframkallande kvalster. Effekten av relativ luftfuktighet på biologiska och kemiska faktorer är grafiskt sammanfattad i figur 1. Form och höjd på staplarna i figuren tyder på en ökning eller en minskning av effekten och är inga kvantitativa data. De flesta av de hälsoeffekter, antingen ökar i

svårighetsgrad över 60 % och/eller under 40 % relativ luftfuktighet. Undantagen är de kemiska interaktioner som konsekvent ökar över 30 % och de villkor som producerar ozon, som ständigt ökar i svårighetsgrad med en nedgång i relativ fuktighet. Den skuggade delen av diagrammet visar den ungefärliga optimala mellanklasszonen för att minimera negativa hälsoeffekter hänförliga till den relativa luftfuktigheten och de negativa hälso- och komforteffekterna av låg relativ fuktighet. En minskning i sjuklighet och möjligen dödlighet till följd av influensa kan vara det viktigaste fördelaktiga resultatet av en ökning av den relativa fuktigheten från låg till mellannivå **(2)**. En mer djupgående presentation av den relativa luftfuktigheten och om de faktorer som påverkas ges i bilaga 1.



Figur 1: Optimal zon, 40 – 60 % relativ luftfuktighet för att minimera negativa hälsoeffekter från de i luften förekommande föroreningar.

Ett problem gällande luftfuktighet är att risk finns att myndigheter inte beaktar denna parameter i tillräcklig utsträckning, se utdrag från Arbetsmiljöverkets och dess hemsida under titeln: "Hur torrt får det vara inomhus?" **(3)**

Arbetsmiljöverket har inga gränsvärden eller rekommendationer om hur låg eller hög den relativa luftfuktigheten bör vara på en arbetsplats med normalt inomhusklimat. Regler om rumsklimat finns i föreskrifterna om arbetsplatsens utformning, [AFS 2009:02](#). Luftfuktighetens betydelse för klimatupplevelsen är liten. Och det är svårt att bedöma effekten på besvärsupplevelse och hälsotillstånd. I kontorslokaler med lufttemperaturer vintertid på ca 20 °C visar erfarenheterna att man i regel accepterar en låg fukthalt. Hög luftfuktighet inomhus kan vara ett hälsoproblem då risken för tillväxt av mögel och damm kvalster ökar vid höga luftfuktigheter. Vid arbeten i extrem värme inverkar luftfuktigheten på människans värmebalans, se våra regler om arbete i stark värme, [AFS 1997:2](#).

2. LUFTEMPERATUR

Temperatur är en [fysikalisk storhet](#) och ett mått på det som vanligtvis uppfattas som [värme](#) och [kyla](#). [Värmeflödet](#) är från en *högre temperatur* till en *lägre temperatur*. Vid lika temperatur är föremål i [termisk jämvikt](#), se [termodynamikens nollte huvudsats](#). Värme flödar från ett system med hög temperatur till ett system med låg temperatur till dess att systemet som avger värme inte längre förlorar mer entropi på värmeförflyttningen än systemet som tar emot värme vinner. Då värme flödet upphör har systemen tillsammans uppnått sin maximala entropi, temperaturen är lika och systemen befinner sig i termisk jämvikt med varandra. Vid högre temperatur rör de sig mer och vid lägre temperatur mindre [4]. Temperaturen är traditionellt en av de viktigaste parametrarna både inom klimatologin och i väderprognoser. Det vanligaste måttet på temperatur är inom meteorologin grader Celsius (°C), där vatten fryser vid 0°C och kokar vid 100°C. Temperaturen kan i vissa vädersituationer variera kraftigt över ett visst bestämt område och över tiden. Då har meteorologerna ofta svårt att ange en exakt temperaturuppgift. Enligt SMHI är det värmebölja då utomhustemperaturen är 25 °C eller mer under minst 5 dagar i sträck.

Lufttemperatur är ett mått på luftmolekylernas genomsnittliga rörelseenergi. Denna energi härstammar primärt från solstrålningen. Nära ekvatorn träffar solstrålarna markytan nästan vinkelrätt mitt på dagen, medan de träffar markytan med sned vinkel närmare polerna. Varje ytenhet vid polerna får därför ta emot mindre solenergi jämfört med närmare ekvatorn. Områden med mycket låga temperaturer är därför jordens poler, och Sydpolen är kallare än Nordpolen. Det beror på att den är belägen på drygt 2 800 meters höjd över havet i det inre av en kontinent, medan Nordpolen är belägen på ett istäckt hav. Medeltemperaturen för den kallaste månaden är cirka -33 grader vid Nordpolen och -60 vid Sydpolen. Medeltemperaturen för den varmaste månaden är nära noll vid Nordpolen och -28 vid Sydpolen. Medeltemperaturen för sydligaste Sverige är omkring 0°C för den kallaste månaden och 16-17°C för den varmaste. I norra Norrlands inland är det cirka -15°C under den kallaste månaden och 12-13°C under den varmaste. I många svenska landskap varierar de normala års- och månadsmedeltemperaturerna högst ett par grader mellan olika delar av landskapet. Men i landskap med höga berg och fjäll är variationen större. En tumregel är att temperaturen avtar med ungefär 0,7°C för var hundra meter i höjdd. Framför allt nattetid och vintertid kan temperaturvariationen med höjden vara den omvända. Det vill säga det är kallare närmast marken än några hundra meter upp i atmosfären. Detta kallas temperaturinversion. I främst kuperad terräng finns "köldhål" där kall luft (som är tyngre än varm) kan samlas och orsaka mycket stora lokala temperaturvariationer. Under sådana förhållanden kan det upplevas som att väderprognoserna är helt missvisande, även om prognoserna är korrekta i genomsnitt över ett större område.

- TEMPERATURENS VARIATION UNDER DYGNET: I Sverige inträffar maximitemperaturen normalt klockan 13-14 svensk normaltid och 14-15 sommartid. Dygnsvariationen är mest markant under sommarhalvåret. Under vintern kan variationer i vind och molnighet ibland medföra att dygnets högsta temperatur inträffar på natten. Minimitemperaturen inträffar strax före eller vid soluppgången under nätter med klart och lugnt väder. När det gäller maximitemperaturen kan variationer i molnighet och vind göra att temperaturförloppet under en enskild natt avviker starkt från den ideala kurvan.
- TEMPERATURENS VARIATION UNDER ÅRET: Sverige har ett tempererat klimat, vilket innebär att vi har stora temperaturskillnader mellan vinter och sommar. De största skillnaderna mellan månadsmedeltemperaturen i januari och juli hittar man i norra Lappland öster om fjällkedjan. I till exempel Jokkmokk och Vittangi uppgick denna skillnad till 31 grader under normalperioden 1961-90. Sett till hela världen finns den största skillnaden

mellan månadsmedeltemperaturen i januari och juli i den inre delen av östra Sibirien, där den i Verchojansk uppgick till hela 62 grader i genomsnitt under perioden 1961-90.

Temperaturklimatet är inte oföränderligt då cykliska variationer i jordens omlopp kring solen ger istider omväxlande med värmeperioder. När inlandsisen täckte Sverige var det cirka 10 grader kallare jämfört med idag. Det betyder att södra Sverige hade under noll grader i årsmedeltemperatur [4].

- Hur varmt får det egentligen vara på kontoret på sommaren?
- Hur kallt får det vara i skolsalen på vintern?
- Vilket klimat bör man ha i en bilhytt?
- Hur kallt får det vara om man ska arbeta utomhus?

Problem med kyla inomhus inträffar oftast under vintern vid köldknäppar. Det kan också uppstå p.g.a. brister i byggnadens värmesystem, bristande isolering eller otäta lokaler som ger upphov till drag. I industrier med kylda lokaler, framförallt inom livsmedelsindustrin, finns problemet året runt.

Människan är känslig och upplever obehag även vid små avvikelser från den ideala temperaturen. Värme som förloras till omgivningen balanseras normalt av kroppens egen värmeproduktion. I ett svalt rumsklimat, liksom vid ojämn avkylning, inträder obalans och tilltagande obehag. Leder och muskler antas löpa risk för belastningsskador när de avkyls lokalt. Detta gäller även till exempel nacke och axlar vid kontorsarbete. Vid låg fysisk aktivitet i kyla kan det vara svårt att behålla en normal kroppstemperatur, särskilt i de yttre delarna av kroppen. Problem kan uppstå dels om den inre kroppstemperaturen minskar, dels om kroppsdelar lokalt blir kalla. Även arbetsförmågan påverkas. En företagsekonomisk aspekt samverkar alltså med arbetsmiljökraven. Nedkylning ger nedsatt muskelfunktion och sämre kraft och precision. Det är till exempel svårt att arbeta med kalla fingrar. Både obehag och nedkylning påverkar förmågan att tänka och observera. Även små avvikelser från idealisk temperatur ökar felfrekvensen och olycksfallsrisken i arbetet, tydligast vid till exempel monteringsarbeten men även vid kontorsarbete. Vissa individer kan vara särskilt känsliga för kyla. Det kan bero på normal variation bland friska individer, men också bero på skador och sjukdom.

Kravet på "lämpligt termiskt klimat" är ett allmänt formulerat funktionskrav och vilken temperatur som kan godtas måste därför bedömas från fall till fall. Tillämpning av reglerna kräver bedömning av hela situationen. Normalt behöver man räkna med att hålla minst +20 °C lufttemperatur för att klimatet sammantaget skall kunna bli godtagbart vid stillasittande arbete och i vanlig klädsel. Vid rörligt eller fysiskt mera ansträngande arbete är det fördelaktigt med lägre temperatur. Besvär och obehag av kyla kan dock inte bedömas enbart med mätning av lufttemperaturen, eftersom den upplevda temperaturen beror av flera faktorer. Klimatfaktorerna är lufttemperatur, strålningstemperatur, lufthastighet och luftfuktighet. Arbetsintensitet och klädsel är andra faktorer som påverkar klimatupplevelsen. Det gör att det räcker med lägre temperatur för att ge godtagbart klimat vid högre aktivitet och/eller mer klädsel. Inverkan från lokala eller tillfälliga faktorer såsom ojämn temperatur, luftdrag, strålningsdrag från kalla ytor och temperaturskillnad mellan huvud och fot påverkar samt små skillnader kan upplevas som obehagliga. Vid en samlad bedömning kan därför klimatet i det enskilda fallet visa sig vara undermåligt även om lufttemperaturen verkar rimlig. Lufttemperatur och strålningstemperatur är de klimatfaktorer som inomhus påverkar klimatupplevelsen mest. Strålningstemperaturen är inverkan från omgivande varma eller kalla ytor, till exempel fönster och väggar, och den inverkar lika mycket på klimatet som lufttemperaturen. Som ett sammanfattande,

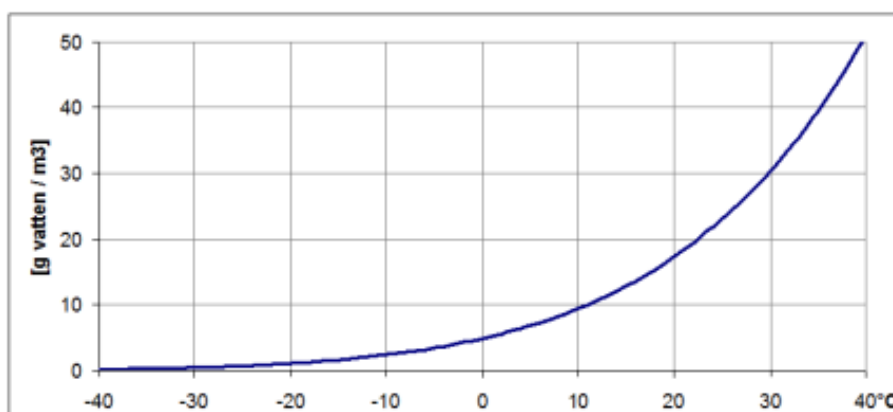
förenklat mått används den så kallade "operativa temperaturen", som är ett medelvärde av luft- och strålningstemperatur i dragfria miljöer. I en modern och välisolerad byggnad kan dock lufttemperaturen användas som närmevärde för övervakning av klimatet. Problem med hög temperatur inomhus uppkommer oftast under sommaren på grund av sommarvärme, soluppvärmda byggnader och direkt solinstrålning. Det kan också bero på brister i ventilationen. I industrier med varma processer kan det förekomma året runt i till exempel glasbruk och smältverk. Inomhusklimatet känns obehagligt, och det kan till och med ibland bli varmare än tillåtet. I många industrilokaler är det verksamheten som gör att det blir varmt inomhus. I industrier med varma processer, till exempel ugnar, ger dessa det dominerande värmekällor. I andra lokaler hänger höga temperaturer intimt ihop med både utomhusklimatet, byggnadens konstruktion och hur mycket värme som verksamheten ger. I kontor är belysning och datorutrustning normalt de egna värmekällor som ger det största värmekällor. Luftens höga fuktinnehåll sommartid gör det svårare att bli av med kroppens överskottsvärme. Byggnader med till exempel lätt stomme, låg rumshöjd och små rum, dåligt isolerade takkonstruktioner, stora fönsterpartier utan solavskärmning och luftintag i solen medför att temperaturen snabbt stiger inomhus. Besvärande solinstrålning genom fönster kan begränsas med olika typer av solavskärmning. Utvändigt placerad avskärmning ger normalt bästa verkan. Ungefärlig avskärmningsförmåga är för gardin ca 20 %, persienn mellan glas ca 30 % och markis eller utvändigt persienn ca 60 % [6].

3. LUFTFUKTIGHET

Luftfuktighet utomhus, eller mängden vattenånga i atmosfären, har stor betydelse för väder och klimat och inte minst för upplevelsen av luft. Luftfuktigheten varierar i landet och mellan olika årstider. Det finns olika mått för att ange luftfuktighet, exempelvis absolut eller relativ luftfuktighet. Genom vattnets avdunstning från hav, sjöar, vegetation, mark, utandning mm tillförs vattenånga till atmosfären. Vatten förekommer i atmosfären i alla tre faser: i fast form som is eller snö, i flytande form som vatten och i gasform som vattenånga. När vattnet övergår från fast form till flytande form säger vi att isen/snöen smälter. Övergång från flytande form till gasform kallas avdunstning. Is eller snö kan även övergå direkt från fast form till gasform, vilket kallas sublimation. För att dessa övergångar ska ske behöver värme tillföras. När övergången sker i motsatt riktning frigörs värme. När vattenången övergår till vattendroppar så kondenserar vattnet, som när moln eller imma bildas. När vattnet övergår från vatten till is fryser vattnet. Vattenånga kan övergå direkt till fast form vilket kallas deposition. Det förekommer ibland att denna övergång kallas kondensation eller desublimering. Inom meteorologin kan denna övergång även benämnas sublimation, samma som vid den omvända övergången. Mängden vattenånga i den marknära luften varierar från nästan inget alls när det är som kallast i Sverige vintertid till i genomsnitt cirka 1 % av mängden luft under juli och augusti. Dimma och moln består av små vattendroppar, men kan också bestå av iskristaller. Dropparna och kristallerna är så små att de håller sig svävande.

Alla påverkas vi av luftfuktigheten i vårt dagliga liv, kanske utan att vi tänker på det. När vi varit ute i kylan och kommer in får vi imma på glasögonen eftersom luften närmast de kalla glasögonen kyls och vattenången kondenserar. När vi badat på sommaren vill vi torka oss för att inte frysa eftersom vattnet på kroppen vill avdunsta och värmen som krävs för avdunstningen tas från huden. Många husägare har problem med sina krypgrunder eftersom den relativt varmare uteluften kyls då den förs ner i grunden och den relativa fuktigheten stiger därmed, så att kondensation kan ske. När det är kallt ute vintertid blir det ofta mycket torrt inomhus. Orsaken är att den kalla utomhusluften värms upp när den förs inomhus vilket innebär att den relativa fuktigheten sjunker till ett minimum. Detta leder till problem med torr hud och torra lufrör.

Massan vattenånga i en kubikmeter luft kallas **absolut fuktighet och har enheten g vatten/m³**. Den absoluta fuktigheten benämns också ibland ånghalt, vattenångans densitet eller täthet. Den maximala mängden vattenånga beror på lufttemperaturen, ju varmare det är desto mer vattenånga kan finnas innan kondensation inträffar, se figur 2.



Figur 2: I diagrammet redovisas förhållandet mellan mättnadsånghalt (g/m³) och temperatur (°C)

Den absoluta fuktigheten är i genomsnitt tre till fyra gånger högre under sommaren jämfört med vintern. Under sommaren då det är varmare avdunstar mer vatten och den maximala mängden vattenånga ökar med temperaturen. Den absoluta fuktigheten är i genomsnitt högst i södra Sverige. Fuktigheten avtar norrut och med avståndet från kusten. Variationerna under dygnet är i genomsnitt små. Den relativa luftfuktigheten beskriver mängden vattenånga i luften vid en viss temperatur i förhållande till den maximala mängden vattenånga vid samma temperatur. Ju varmare det är desto mer vattenånga kan förekomma. Den relativa luftfuktigheten uttrycks vanligen i procent. Om mängden vattenånga är maximal vid rådande temperatur råder mättnad och den relativa fuktigheten är 100 %. I dimma med kanske lite lätt duggregn är luftfuktigheten 95-100 %. Den relativa luftfuktigheten är starkt kopplad till temperaturen. Då luften värms sjunker den relativa luftfuktigheten som på vintern då den kalla utomhusluften förs inomhus och värms. Många får då problem med torra lufrör. Om temperaturen istället sjunker stiger den relativa fuktigheten som i svala källare. Där vet vi att det är olämpligt att förvara material som suger åt sig fukt som exempelvis böcker och kläder. Den relativa luftfuktigheten utomhus under juli är i genomsnitt 70-80 % i stora delar av inlandet. Vid kusten är den relativa luftfuktigheten högre än i inlandet. Orsaken är att avdunstning sker från havet och att havet kyler kusttrakterna på sommaren. Under januari är den genomsnittliga relativa fuktigheten högre än under sommaren, 85-95 % i nästan hela landet. I södra Sverige är det ofta kallare i inlandet vintertid eftersom havet värmer, varför den relativa luftfuktigheten i genomsnitt är högre där jämfört med vid kusten (5).

Alla mätningar av luftfuktigheten utgår ifrån att det finns en övre gräns för luftfuktigheten, som beror på [temperatur](#) och [tryck](#). Om man då antingen tillsätter mer [vattenånga](#) (fukt) eller sänker gasens temperatur, kommer mängden vattenånga till sist att överstiga detta maximum och den överskjutande delen fällt ut som vattendroppar = kondens. Mätvärdet kan uttryckas på två sätt: Absolut luftfuktighet och relativ luftfuktighet.

- Absolut luftfuktighet är vattnets massa per volymenhet (gram vatten per kubikmeter) eller per massenhet luft (gram vatten per kilogram luft).
- Relativ luftfuktighet är den aktuella fuktmängden uttryckt i procent av vattnets mättnadstryck vid den aktuella temperaturen.

Vid en relativ luftfuktighet på 100 % behöver det inte [regna](#), men det är åtminstone [dimma](#) eller [dagg](#). Däremot gäller inte det omvända. Är det dimma, dagg eller regn, så behöver inte luftfuktigheten vara 100 %. Den relativa luftfuktigheten kan variera väldigt mycket, både över dygnet och mellan olika delar av "luftprofilen", vilket påverkar [mikroklimatet](#). Inomhusluft brukar kännas torr för människan när luftfuktigheten understiger 30 %. Torr luft brukar vara vanligare i kallare klimat för att kondensen inte får plats i den kyliga luften (7).

4. STUDIENS MÄTINSTRUMENT

De mätinstrument som används i denna studie är Testo 175, datalogger och är av två typer H1 och T2, se figur 3. Dessa temperaturloggrar har två kanaler, relativ luftfuktighet och lufttemperatur samt intern givare och extern givaranslutning. Lagrade mätvärden utvärderas i mjukvara och både programmeringen och utläsningen av loggern sker till dator via en USB-anslutning.



Figur 3: Mätinstrument som används vid mätinsatserna.

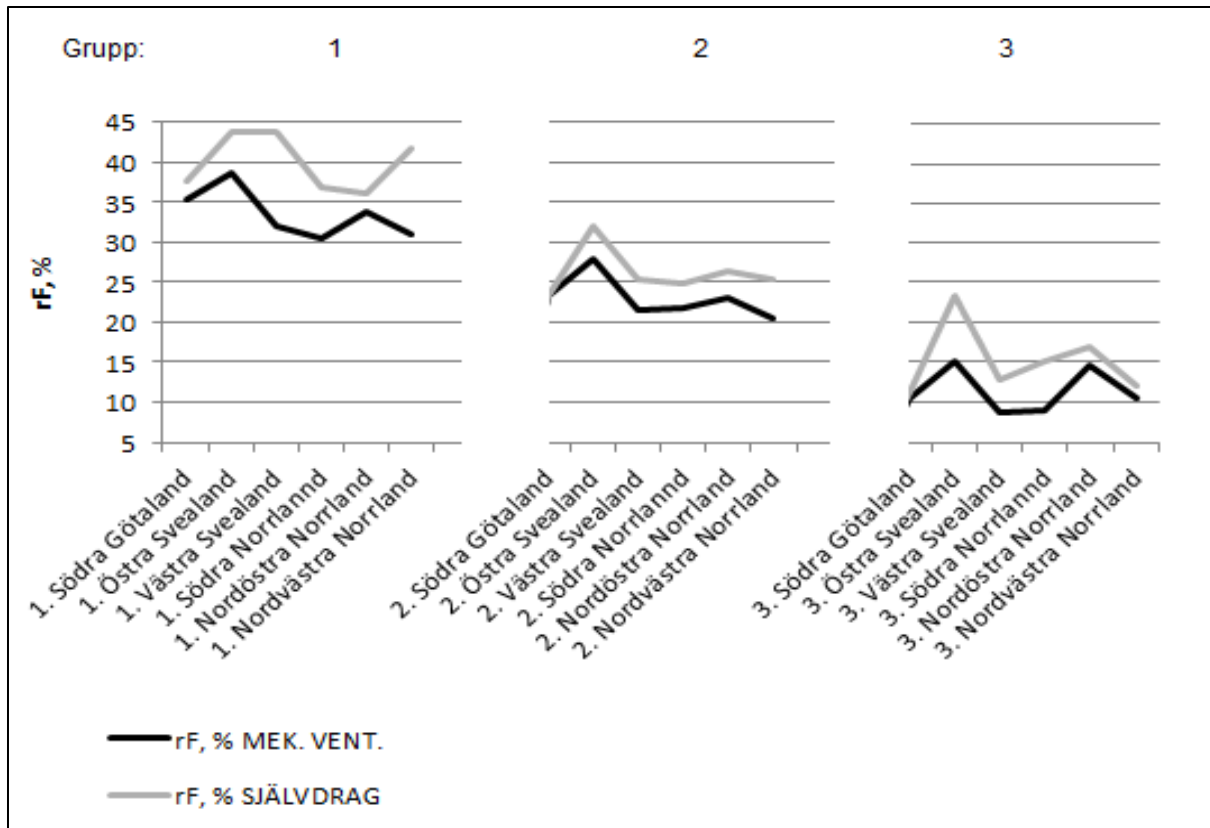
Mätinsatserna genomfördes under perioden 3 januari – 10 mars 2014. Dessutom utfördes en djupare studie på platsen i södra Norrland där mätinsatserna inleddes redan den 21 december 2013. Syftet är att få inblick i förhållandet i skolan när verksamhet inte bedrivs (jullov) och under klimatförhållandet reducerat ventilationsflöde.

5. MÄTRESULTAT

Av resultaten från mätinsatserna framgår att stora skillnader råder under mätperioden gällande den relativa luftfuktigheten. Generellt kan identifieras att lägre luftfuktighet råder i de mekaniskt ventilerade byggnaderna, med medelvärdet rF = 23,1 % mot 27,3 % i byggnader med självdrag. Skillnaden är 4,2 procentenheter, men det ska beaktas att 4,2 av 23,1 trots allt är en procentsats i fuktförhållandet på hela 18,2 %. I tabell 1 och figur 4 redovisas högst uppmätta, medel- och lägst uppmätta värde från respektive plats.

Tabell 1: Uppmätta nivåer, relativ luftfuktighet (rF) i % och lufttemperatur i °C på sex olika platser i Sverige, under mätperioden 3 januari – 7 mars 2014.

	Mek. vent. [%rF]	Mek. vent. [°C]	Självdrag [%rF]	Självdrag [°C]	Ute [%rF]	Ute [°C]
SÖDRA GÖTALAND						
Högst uppmätta	31,1	22,1	41,5	26,1	99,9	5,8
Medel	20,3	19,61	25,25	22,28	88,89	-5,87
Lägst uppmätta	11,4	16,3	10,4	21,1	67,6	-27,9
ÖSTRA SVEALAND						
Högst uppmätta	38,6	25,2	43,7	25,8	99,9	14,3
Medel	27,52	21,93	32,14	20,95	89,65	-0,42
Lägst uppmätta	30,3	17,9	21,6	19,1	31,2	-13,7
VÄSTRA SVEALAND						
Högst uppmätta	32	23,1	43,9	25,9	99,9	13,8
Medel	21,64	22,14	25,3	22,5	88,65	-0,72
Lägst uppmätta	8,7	21,4	12,8	20,1	30	-15,1
SÖDRA NORRLAND						
Högst uppmätta	30,6	23,8	37	21,9	99,9	9,9
Medel	21,54	20,85	24,86	19,94	91,37	-0,52
Lägst uppmätta	8,9	19,2	15	19,2	51,9	-14,5
NORDÖSTRA NORRLAND						
Högst uppmätta	33,9	27,3	36	22,3	99,9	10,5
Medel	22,92	25,51	26,35	20,65	90,83	-2,93
Lägst uppmätta	14,6	23,3	16,9	19,3	37,8	-19,9
NORDVÄSTRA NORRLAND						
Högst uppmätta	31,1	22,1	41,8	24,1	99,9	7,3
Medel	20,53	19,67	25,4	22,22	87,89	-5,53
Lägst uppmätta	10,4	16,3	12	21,1	55,5	-27,9
SAMTLIGA MÄTVÄRDEN						
	Mek. vent. [%rF]	Mek. vent. [°C]	Självdrag [%rF]	Självdrag [°C]	Ute [%rF]	Ute [°C]
Högst uppmätta	38,6	27,3	43,9	26,1	99,9	14,3
Medelvärde	23,11	21,54	27,33	21,92	78,37	-4,08
Lägst uppmätta	8,7	16,3	10,4	19,1	30	-27,9



Figur 4: Uppmätta nivåer av relativ luftfuktighet (rF), under mätperioden: 3 januari – 7 mars 2014, på sex olika platser i Sverige. Gruppindelningen på respektive mätplats:

grupp 1: Högsta uppmätta värde

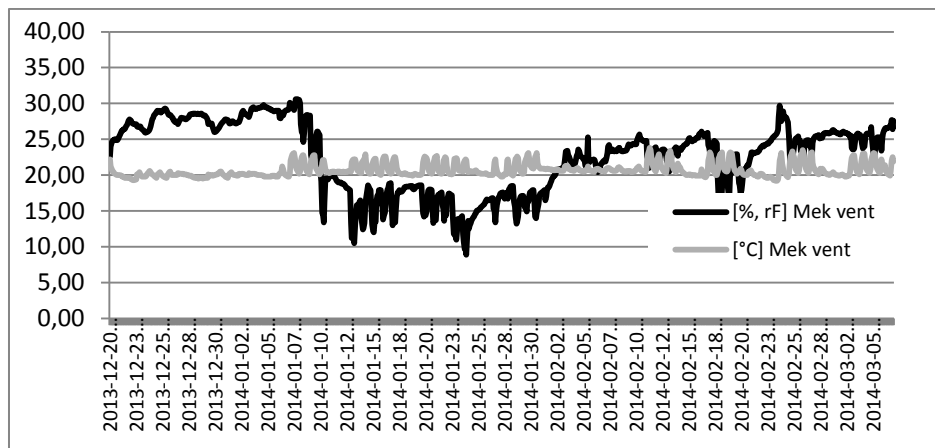
grupp 2: Medelvärde

grupp 3: Lägsta uppmätta värde

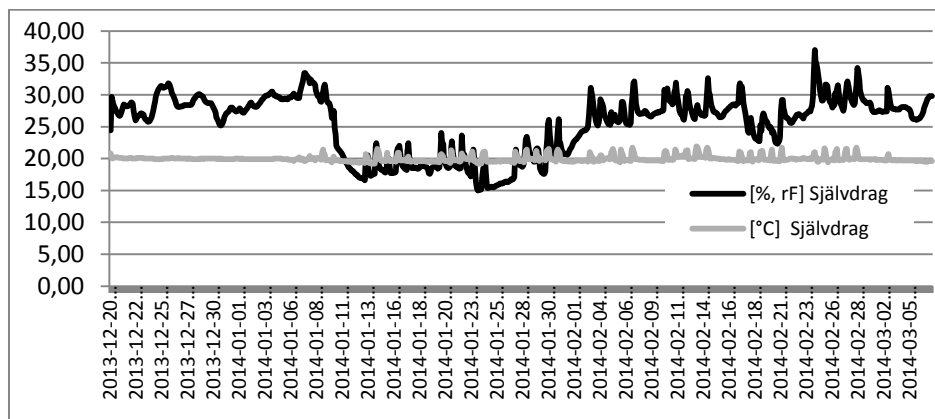
Generellt kan identifieras att den relativa luftfuktigheten är lägre i den mekaniskt ventilerade byggnaden (svart graf i diagrammen) i jämförelse med byggnaden med självdrag (grå graf).

Resultaten i tabell 1 och figur 4 indikerar att mekaniska ventilationssystem, generellt ger en lägre relativ luftfuktighet än i byggnader med självdrag. En faktor som bör beaktas är om och i så fall hur hälsan påverkas av att under längre perioder och under en stor del av dygnet vistas i miljöer med relativa luftfuktighetstal som påtagligt understiger 30 %, se det som beskrivs i bilaga 1. För en ökad insikt i hur den relativa luftfuktigheten påverkas av ventilationssystem så studeras resultaten från södra Norrland, den klimatzon som är belägen i mellersta Sverige och därmed kan anses vara, ur svensk klimatsynpunkt, en medelzon. Mätperiodens omfattning är från den 20 december 2013 till den 7 mars 2014. Resultaten från mätningarna visas i figur 5, A: nivåer i den mekaniskt ventilerade byggnaden, B: nivåer i byggnad med självdrag och C: utenivåer.

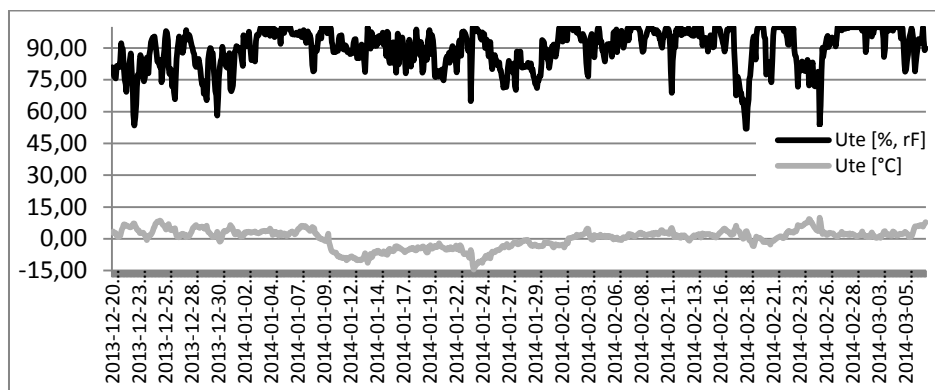
A



B



C



Figur 5: Mätning av luftfuktighet och lufttemperatur i två byggnader samt ute, geografiskt beläget i södra Norrland.

A; Nivåer, luftfuktighet, rF och lufttemperatur, °C i den mekaniskt ventilerade byggnaden

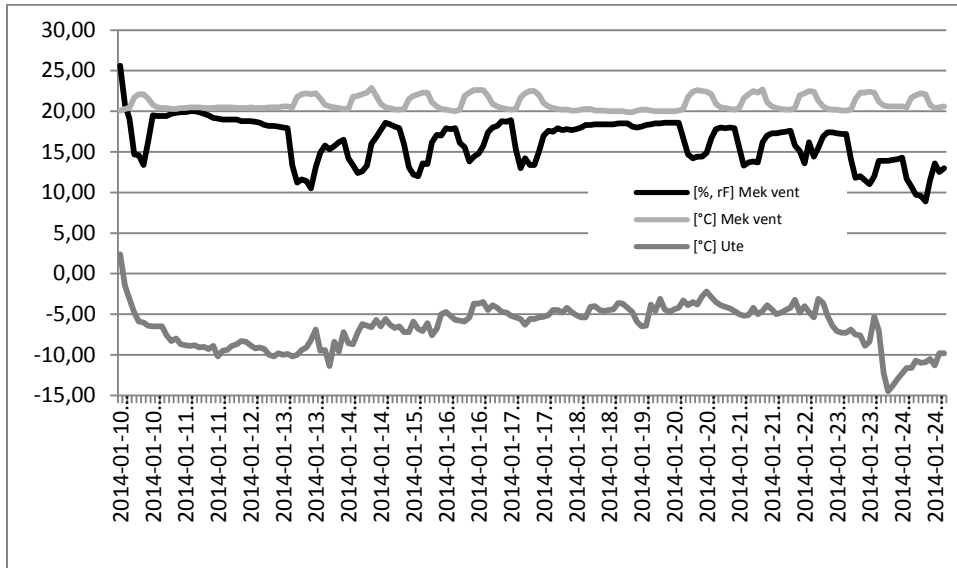
B; Nivåer, luftfuktighet, rF och lufttemperatur, °C i byggnad med självdrag

C; Utenivåer, luftfuktighet, rF och lufttemperatur, °C.

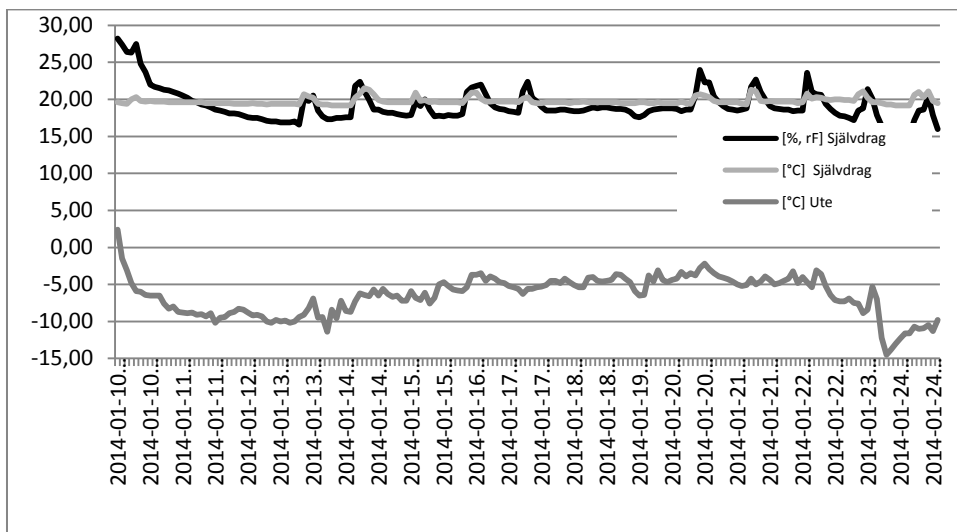
Mätperiod 20 december 2013 – 7 mars 2014

Som framgår av figur 5, diagram C finns en period med regelbunden temperaturnivå ute, under noll grader från omkring den 10 januari och fram till slutet av januari månad. I diagram A och B kan utläsas att luftfuktigheten påtagligt sjunker i

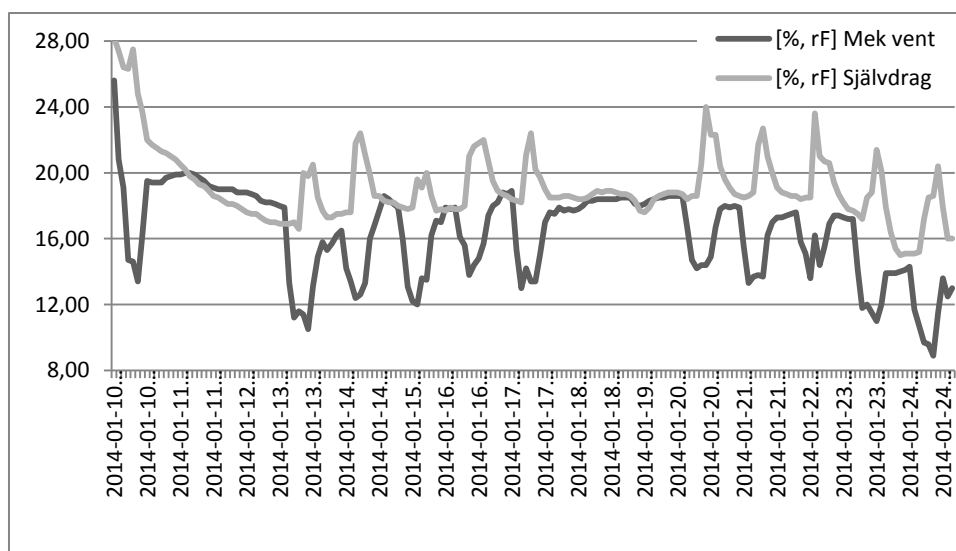
samband med att denna köldperiod inträffar. I figurerna 6 och 7 studeras perioden 10 – 24 januari 2014 för dessa två byggnader.



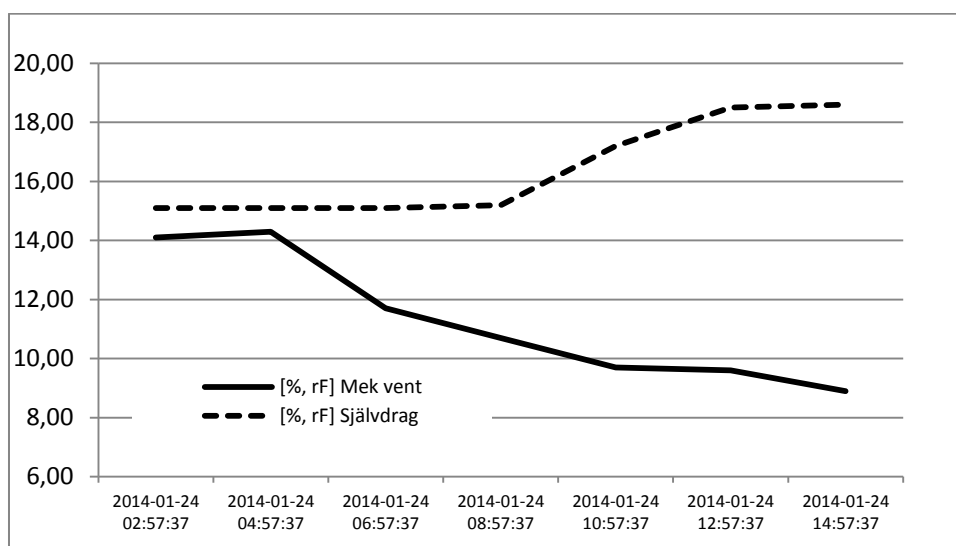
Figur 6: Nivåer, luftfuktighet, rF och lufttemperatur, °C i den mekaniskt ventilerade byggnaden samt temperatur i uteluften, mätperioden 10 - 24 januari 2014. Studien inleds den 10 januari, en fredag därefter helg två dagar, med ventilation med reducerad drift till 25 % av kapaciteten och den relativa luftfuktigheten stiger. På morgonen måndagen den 13 januari sjunker den relativa luftfuktigheten åter för att påtagligt variera dag och natt till nackdel för den nivå som råder dagtid. Den 18 och 19 januari åter helg, ingen verksamhet och ventilationssystem är åter reducerat till 25 % av kapaciteten och den relativa luftfuktigheten stiger påtagligt för att på måndagen den 20 januari åter sjunka ner till nivån på 15 %. Under veckan sjunker rF-nivån dagtid succesivt för att gå ner under 10 % fredagen den 24 januari.



Figur 7: Nivåer, luftfuktighet, rF och lufttemperatur, °C i byggnad med självdrag, mätperioden 10 - 24 januari 2014. Nivån_rF understiger inte 15 % och är en mer jämn nivå än den som råder i byggnaden med mekanisk ventilation, se figur 6.



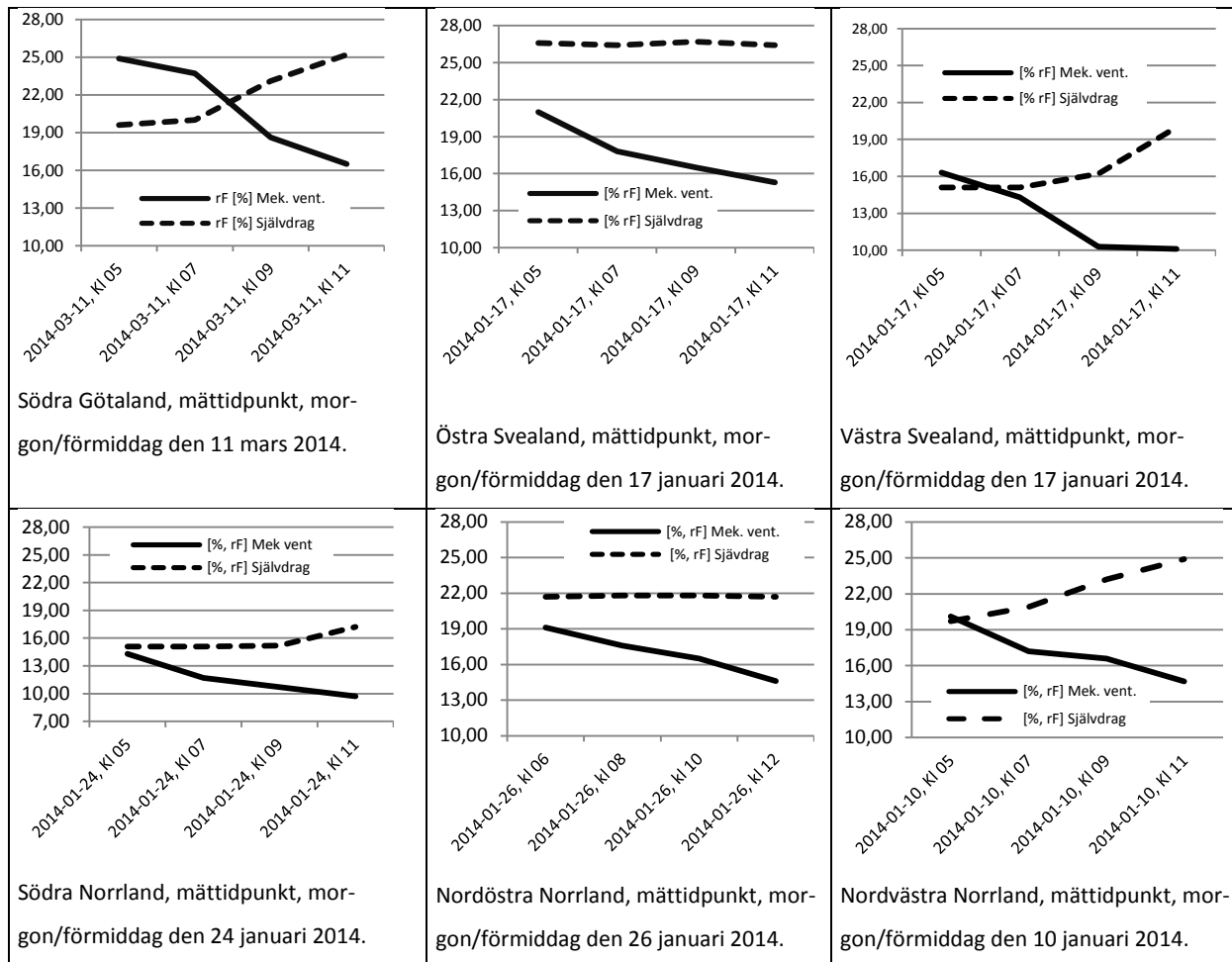
Figur 8: Mätresultat av luftfuktighet, rF (%), mätperioden 10 – 24 januari 2014, i byggnad med mekanisk ventilation och i byggnad med självdrag. Av graferna framgår att luftfuktigheten varierar under dagtid när verksamhet pågår i byggnaderna och till nackdel för byggnaden med mekaniskt ventilationsutförande.



Figur 9: Mätresultat av luftfuktighet, rF (%), mätperiod den 24 januari 2014, i samma byggnader som i figur 8, en med mekanisk ventilation och en med självdrag. Av graferna framgår att luftfuktigheten skiljer sig åt under dagtid. I självdraagsbyggnaden höjs nivån till skillnad från situationen i den mekaniskt ventilerade byggnaden där nivån sjunker ytterligare från redan tidigare låga nivåer. Det råder verksamhet i båda byggnaderna dagtid vilket bör tillföra luften fukt, men som framgår av den svarta grafen, byggnad med mekanisk ventilation, sjunker nivån istället. Den enda förklaringen till detta är att ventilationsflödet höjdes från 25 till 100 % verkningsgrad.

För att utvärdera om samma situation råder på övriga platser som den i figur 9 studeras i figur 10 på samma sätt luftfuktighetsförhållandet i byggnaderna på övriga platser som ingår i denna mätstudie. Klimatförhållandet ute, kall temperatur ska vara likvärdigt för att kunna göra en relevant analys, vilket gör att mättillfället datumässigt skiljer sig till viss del åt mellan de olika platserna. Som framgår av graferna i figur 10 råder mer eller mindre samma förhållande på samtliga platser,

luftfuktigheten sjunker under morgontimmarna och förmiddag i de mekaniskt ventilerade byggnaderna tvärt emot vad som sker i byggnader med självdrag.

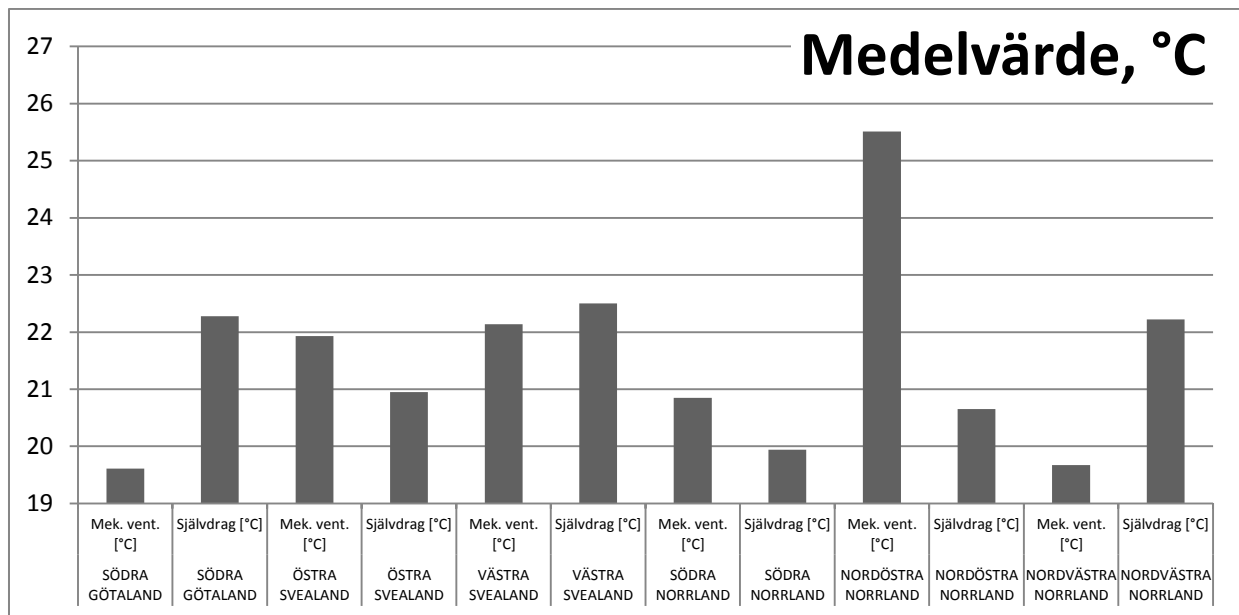


Figur 10: Mätresultat av luftfuktighet, rF (%), på samtliga platser som ingår i denna studie där mätinsatserna genomfördes. Av graferna framgår att luftfuktigheten skiljer sig åt under dagtid; i självdragsbyggnaderna höjs nivån till skillnad mot situationen i de mekaniskt ventilerade byggnaderna där nivån istället sjunker ytterligare. Det råder verksamhet i båda byggnaderna dagtid vilket bör tillföra luften fukt, men som framgår av svarta graferna i diagrammen sjunker nivån istället i dessa byggnader. Enda förklaringen till detta är att ventilationsflödet höjdes från 0 alternativt reducerade flöden till 100 % flödesverkningsgrad.

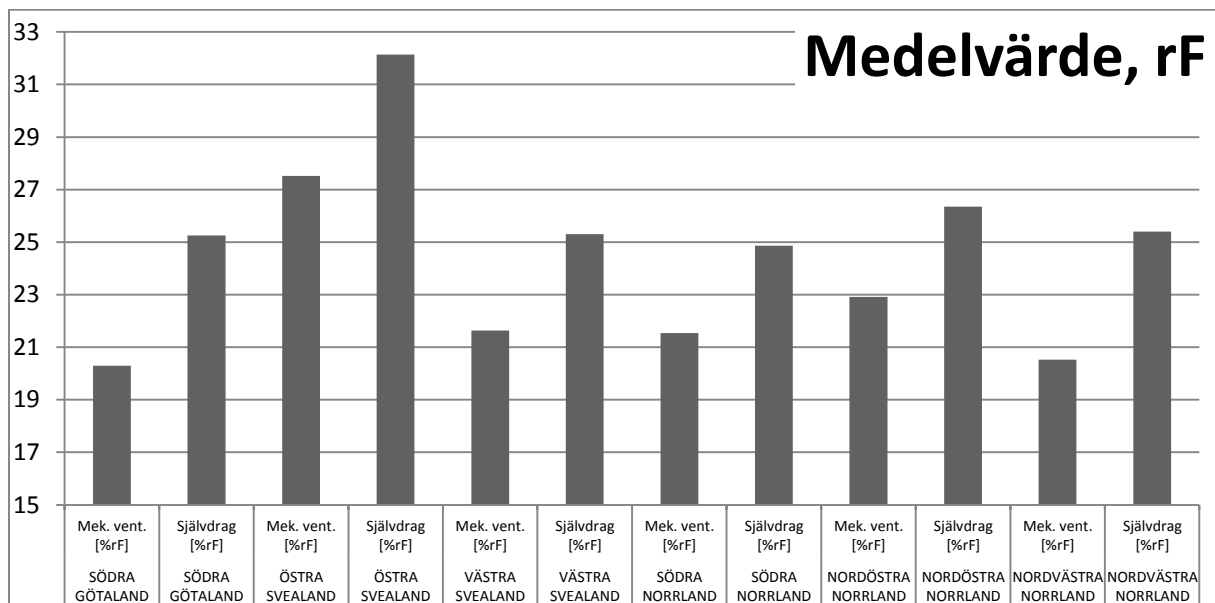
Beträffande temperatur är det temperaturnivån i byggnaden med det mekaniskt ventilerade systemet i Nordöstra Norrland med en medeltemperatur över 25 °C som sticker ut. Studeras tabell 1 framgår att luftfuktighetsnivån inte skiljer sig åt mot övriga platser, utan med ett medelvärde på rF = 22,92 %. Samtliga medelvärden

- temperatur, se figur 11
- luftfuktighet (rF), se figur 12

Detta indikerar att temperaturen inom intervallzonen 19 – 26 °C inomhus, har mindre påverkan att torka ur luften än de problem som de mekaniska luftflödena förorsakar.



Figur 11: Medelvärde, uppmätta temperaturnivåer i de byggnader som ingår i denna mätstudie.



Figur 12: Medelvärde, uppmätta luftfuktighetsnivåer i de byggnader som ingår i denna mätstudie.

6. SLUTSATSER

En viktig frågeställning är hur människors hälsa påverkas av att under längre perioder och under stor del av dygnet vistas i miljöer med låg relativ luftfuktighet. Generellt kan identifieras att lägre luftfuktighet råder i de mekaniskt ventilerade byggnaderna med medelvärdet $rF = 23,1\%$ mot $27,3\%$ i byggnader med självdrag. Skillnaden är 4,2 procentenheter, men det ska beaktas att 4,2 av 23,1 trots allt är en procentsats i fuktförhållandet på hela $18,2\%$. Av mätresultaten framgår att luftfuktigheten skiljer sig åt under dagtid. I självdragsbyggnaden höjs nivån under dagtid när verksamhet bedrivs i byggnaden, jämfört med situationen i den mekaniskt ventilerade byggnaden där det händer att nivån till och med sjunker ytterligare. Det får heller inte glömmas bort att medelvärdet i självdragsbyggnaderna, ur människors hälsosynpunkt blir lite vilseledande då luftfuktigheten dagtid är högre (människor i byggnaden) än under natten då oftast ingen är i byggnaden. Det råder verksamhet i båda byggnadstyperna dagtid vilket bör tillföra luften fukt, men som framgår händer det att nivån istället sjunker i byggnaderna med mekanisk ventilation. Enda förklaringen till detta är att ventilationsflödet höjdes från 0 alternativt reducerade flöden upp till 100% verkningsgrad.

Jämförs mätresultatet som redovisas i tabell 1 med de kriterier som figur 1 påtalar, finns de minst negativa hälsoeffekterna beträffande relativ luftfuktighet i intervallet kring $40 - 60\%$ relativ luftfuktighet. Som framgår av tabell 1 och figur 4 är medelvärdet för den relativa luftfuktigheten i den mekaniskt ventilerade miljön $23,1\%$ mot $27,3\%$ i miljön med självdrag. Här bör noteras, att i de mekaniskt ventilerade miljöerna är den relativa luftfuktigheten lägre under dagtid, då verksamhet bedrivs i byggnaden till skillnad från miljön med självdrag där luftfuktigheten stiger dagtid då människor vistas där. Generellt gäller även att människor i sig ska tillföra fukt vilket sannolikt är det som ger utslag i miljön med självdrag, men det händer att motsatsförhållandet råder i den mekaniskt ventilerade miljön.

Situationen kring den relativa luftfuktigheten, rF bör lyftas fram och beaktas på ett helt annat sätt än det som idag sker. Med tanke på de klagomål kring hälsobesvär som påtalas i byggnader finns inget som motsäger att för låg luftfuktighet är en orsak till dessa problem som ofta kallas "sjukahus-besvär" (se det som beskrivs på Arbetsmiljöverkets temasida, sjuka hus) (8). Resultatet från denna studie visar att en viktig orsak till de låga luftfuktighetstal som råder i inomhusmiljöer är höga luftflöden som förorsakas av mekaniska ventilationssystem.

BILAGA: LUFTFUKTIGHETENS PÅVERKAN AV OLIKA LUFTFÖRORENINGAR

Det är nödvändigt för god komfort inomhus med en viss nivå av luftfuktighet. Den relativa luftfuktigheten i inomhusmiljöer, inom området för normala inomhustemperaturer på 19 till 27 °C, finns både direkta och indirekta effekter som påverkar både hälsa och komfort. De indirekta hälsoeffekterna av relativ luftfuktighet, är mer komplexa än de direkta hälsoeffekter och av större betydelse för folkhälsan, men även de direkta hälsoeffekterna har negativa hälsoeffekter. För att minimera så många negativa hälsoeffekter som möjligt indikeras att den relativ luftfuktighet bör ligga mellan 40 och 60 %.

- **DIREKTA HÄLSOEFFEKTER AV RELATIV LUFTFUKTIGHET:** Både vid låg och hög relativ luftfuktighet kan fysiskt obehag uppstå, eftersom den relativa luftfuktigheten har en direkt påverkan på hur komfortförhållandet uppfattas (9). Extremt låga nivåer under 20 % kan orsaka ögonirritation (10, 11) medan måttliga eller höga nivåer av fuktighet har visat sig minska svårighetsgraden för personer med astmabesvär (12). Flera rapporter, baserad på erfarenheterna från läkare med patienter som klagat över torrhet i näsa och hals vid låg relativ fuktighet, har också hävdat att inomhus relativ luftfuktighet bör hållas över 30 till 40 % för att förhindra uttorkning av slemhinnorna och för att upprätthålla tillräcklig nasal slemtransport och ciliär aktivitet (13 – 16). Relativ luftfuktighet kan dock direkt påverka slemhinnorna i personer med bronkial sammandragning, rinit, eller förkylning och influensarelaterade symtom. En studie visade att befuktningsskapacitet i främre näsan minskade under rinit (17) och i en annan studie fann man en liten minskning av fuktkapaciteten i näsan hos fyra personer med atrofisk rinit jämfört med 22 friska försökspersoner (18). Relativ luftfuktighet kan också påverka bronkial slem om nästäppa leder till andning genom munnen. En in vitro studie på effekten av relativ luftfuktighet på viskositeten av bronkialt slem fann man en tvåfaldig minskning av viskositeten när den relativa luftfuktigheten var 100 % mot 60 % (19). Relativ luftfuktighet har också en viktig negativ direkt effekt på hälsan när höga fuktigheter kombineras med höga temperaturer. Denna kombination minskar hastigheten för evaporativ kylning (avdunstningskylning) av kroppen och kan orsaka betydande obehag eller leda till värmeslag, utmattning och eventuellt dödsfall.
- **INDIREKTA HÄLSOEFFEKTER AV RELATIV LUFTFUKTIGHET:** Fallrapporter och epidemiologiska studier tyder på att den relativa luftfuktigheten indirekt kan påverka förekomsten av allergier och infektionsluftvägssjukdomar. Denna effekt beror på effekterna av att relativ luftfuktighet påverkar befolkningstillväxt och överlevnad av infektiösa eller allergiframkallande organismer såsom svampar, protozoer, kvalster, bakterier och virus, samt sannolikheten för effektiv kontakt (exponering som resulterar i sjukdom eller negativa hälsosymptom) med dessa organismer. Dessutom påverkar relativ luftfuktighet koncentrationen av skadliga ämnen i luften genom att förändra hastigheten vid reaktion av vattenånga med kemikalier i luften.

Relativ luftfuktighet och infektionssjukdomar

Sjukdomar överförs genom luftburna patogener eller genom direkt kontakt med patogener som lever på hårda ytor som möbler och armatur, eller genom att röra vid en smittad person. Låg relativ luftfuktighet har visat sig förbättra överlevnaden av rhinovirus och influensavirus (20) och humant rotavirus (en orsak till gastroenterit) (21) på hårda ytor. Experimentella studier om överlevnad av patogener i luften med olika relativa luftfuktighetstal och epidemiologiska studier om luftvägsinfektioner tyder på att den relativa luftfuktigheten inomhus påverkar förekomsten av smittsamma sjukdomar som överförs av de luftburna patogener. Förekomsten av luftburna smittspridningar inomhus med infektionssjukdomar är beroende av antalet smittade människor som producerar kontaminerade aerosoler, antalet mottagliga, exponeringstiden, ventilationsgraden, sedimenteringshastighet av kontaminerade aerosoler och överlevnaden av patogener fästa vid

aerosolerna **(22)**. Luftfuktighet inomhus kan påverka två av dessa faktorer: sedimenteringshastigheten av aerosoler och överlevnaden av luftburna patogener. Därför blir betydelsen av den relativa luftfuktigheten en faktor vid förekomst av infektioner att bero på den relativa styrkan hos dessa två faktorer jämfört med de övriga.

Aerosoler

Mängden aerosoler i en given volym luft är delvis beroende av sedimenteringshastigheten, som är en funktion av luftrörelser och aerosolers diameter. Hög sedimentering minskar överflödet av aerosoler, som i sin tur minskar risken för effektiv kontakt med aerosoler förorenade med patogena ämnen. Låg relativ luftfuktighet kan öka förekomsten av infektiösa aerosoler som produceras vid hosta eller som andas ut. Snabb avdunstning i torr luft kan orsaka att diametern på vissa aerosoler sjunker under storleksgränsen för att en partikel ska stanna kvar i suspension, medan vid högre relativ luftfuktighet kan samma aerosol nå golvet innan tillräcklig avdunstning sker **(23)**. En relativ luftfuktighet på 50-70 % har endast en mindre effekt på aerosolstorlek och efterföljande sedimenteringsförhållande **(24)**. Beroende på den ursprungliga sammansättningen och storleken på aerosolen, kan aerosolstorleken snabbt öka på grund av vattenabsorption när den relativa luftfuktigheten överstiger 80 till 90 %, vilket leder till högre sedimenteringstakter **(25)**. En ökning av mängden suspenderade aerosoler, som en följd av låg relativ luftfuktighet är mer benägna att ha en effekt på hälsan än minskningen av dessa under perioder med mycket hög relativ fuktighet.

Experimentella studier har visat att den relativa luftfuktigheten är en viktig faktor för överlevnaden av luftburna patogener. Relativ luftfuktighet påverkar överlevnad genom ändring av integriteten av cellväggen eller det virala höljat **(26)**.

- BAKTERIER: Bakterier som orsakar lunginflammation, tuberkulos, Q-feber, brucellos (undulatfeber), mjältbrand och legionärssjuka överförs i luft **(27)**. Dock är det lite känt om den direkta effekten av relativ luftfuktighet på luftburna levande patogena (sjukdomsalstrande) bakterier eller dess smittsamhet. Å andra sidan har effekten, relativ luftfuktighet på icke-patogena bakteriella arter, såsom E. coli studerats utförligt. I allmänhet är en relativ luftfuktighet mellan 40-60 % mer dödlig för luftburna icke-patogena bakterier än låga eller höga fuktigheter **(24)**. Några studier på patogena eller nära besläktade bakteriearter antyder att patogena bakterier, att beträffande den relativa luftfuktigheten är detta liknande den hos de icke-patogena sorterna. Mycoplasmapneumoniae är en luftburna överförd bakterie som kan orsaka lunginflammation och andra allvarliga luftvägsinfektioner. Tester på icke-patogena Mycoplasma arter tyder på att mycoplasma överlever längre under exponering för antingen hög eller låg relativ luftfuktighet **(28)**. Ett liknande mönster för överlevnad finns för icke-patogena arter av Streptococcus **(29)**. Serratia marcescens, en opportunistisk bakterie som orsakar luftvägsinfektioner, är minst produktiv under exponering upp till 50 % relativ luftfuktighet och når maximal bärkraft över 80 % **(30)**. Hög relativ luftfuktighet, över 70 – 80 % är också gynnsam för Brucella suis **(31)** och av Staphylococcus albus **(32)**.
- VIRUS: De stora luftburna överförbara virusarna inkluderar influensa, mässling, herpesvirus, vattkoppor, röda hund, de adenovirus (orsaken till akut respiratorisk sjukdom med influensaliknande symptom), och coxsackievirus (orsaken till en del utslag och feber) **(22, 33, 34)**. Respiratoriska syncytial virus (RSV) och para influensavirus (som båda orsakar influensaliknande symptom) och rhinovirus (den vanligaste orsaken till förkylningsyndrom) kan också överföras luftburna, men förekomsten av infektioner till följd av luftburna överföring anses vara mycket låg jämfört med den direkta kontakten **(22, 35)**. Effekten av fukt för livskraften (viabiliteten) hos virus beror på virusets molekylära struktur. Hög relativ luftfuktighet tenderar att gynna överlevnaden av virus som helt består av nukleinsyror och proteiner, medan lipid innehållande virus föredrar låga relativa fuktigheter **(36)**. Lipider är inom

[kemin](#) ett samlingsnamn på en stor grupp ämnen bestående av [fetter](#) och fettliknande ämnen. Adenovirus och coxsackievirus föredrar relativ luftfuktighet över 70 % (**37, 38**). Mässling, influensa, herpesvirus vattkoppor och röda hundvirus överlever längre vid exponering för relativ fuktighet under 50 %. Massvaccineringsprogram har minskat betydelse för folkhälsan av mässling och röda hund medan infektioner orsakade av adenovirus och coxsackievirus inträffar normalt vid en låg incidens i befolkningen. Följaktligen är influensavirus den viktigaste luftburna överförda virussjukdomen. Flera studier i laboratorium har undersökt sambandet mellan relativ luftfuktighet och influensavirus överlevnad och smittspridning, Hemmes et al. (**39**) och Harper (**40**). Oberoende tester visar minskad livskraft hos influensavirus som aerosoler transporterar när högre relativ luftfuktighet råder. Hemmes fann att inaktiviteten hos virus kraftigt ökade vid en relativ fuktigheten 40 % och uppåt. Likaså fann Harper att andelen livskraftiga influensavirus minskade när den relativa fuktigheten ökade från 35 % till 81 %. Schulman och Kilbourne (**41**) har direkt testat effekten av den relativa luftfuktigheten på luftburen överföring av influensa på möss. Icke infekterade möss placerades i burar intill burar med möss infekterade med influensa. Kroppskontakt mellan mössen i de olika burarna var inte möjlig. Effekten av relativ fuktighet bestämdes efter justering för utspädningseffekten av förändringar i ventilationen. Infektionshastigheten minskade när den relativa luftfuktigheten ökade från 47 % till 70 %. Resultaten av dessa experiment tyder på att influensasmitta är högst i miljöer med relativa fuktigheter under 40 % och minskar snabbt när den relativa luftfuktigheten överstiger 40 till 50 %. Emellertid fann Lester (**42**) att graden av smitta hos möss som exponerats för aerosoler som innehåller influensavirus ökat både under 40 % och över 55 % relativ luftfuktighet och minimerades under exponering för 55 % relativ luftfuktighet. Schaffer et al. (**43**) fann liknande resultat. Aerosoler av influensavirus odlade i humana celler exponerades för relativa fuktigheter mellan 20 och 80 %. Den virala överlevnaden var högst vid exponering under 20 %, sjönk till ett minimum efter exponering för relativ fuktighet mellan 40 och 60 %, och ökade igen vid exponering från 70 till 80 %, även om överlevnaden vid 80 % var mindre än den vid relativ luftfuktighet under 20 %. Följaktligen är det möjligt att infektionsrisken av influensavirus uppvisar en ökning på både höga och låga relativa luftfuktighetstal. Variationer i de experimentella resultaten kan också bero på olika metoder för framställning av aerosoler.

Sammanfattningsvis ger tillgängliga uppgifter om bakteriell och viral överlevnad, vid varierande relativ luftfuktighet, indikation att det finns en nivå från 40 % upp till 70 %, som minimerar den kombinerade överlevnaden eller smittsamhet hos dessa organismer.

Epidemiologiska studier om luftvägsinfektioner

Flera forskare har noterat att förekomsten av luftvägsinfektioner ökar på vintern när människor utsätts för långa perioder med låg luftfuktighet inomhus (**36, 39, 44**). Nio epidemiologiska studier har gett ytterligare information om denna hypotes. Åtta av dessa studier undersökte effekten av ökad relativ luftfuktighet från låg till mellannivå och i en studie undersökte förekomsten av luftvägsinfektioner i bostäder med hög kontra mellanhög relativ luftfuktighet. Gelperin (**45**) undersökte sambandet mellan, relativ luftfuktighet inomhus och förekomsten av respiratorisk sjukdom bland 800 armérekryter i två baracker, varav en var fuktig. Den relativa luftfuktigheten var i genomsnitt 20 % i den icke befuktade kasernen och 40 % i den kasern som befuktades. Det fanns 8 % färre, övre luftvägsinfektioner, bland soldater i den fuktiga baracken mellan oktober och december och 18 % färre infektioner mellan januari och mars jämfört med rekryter i baracken utan befuktning. Sale (**46**) fann en signifikant minskning av luftvägsinfektioner hos barn som går i en fuktigare skola. Ritzel (**47**) noterade en minskning av förkylningar, nysningar, halsont och feber hos förskolebarn efter det att den genomsnittliga relativa luftfuktigheten ökades från 40 till 49 %. Flera studier har använt frånvaro som en uppskattning av luftvägsinfektioner,

eftersom ca 50 % av frånvaro från skola eller arbete orsakas av virala luftvägssjukdomar (48). Studie av Green (49) kombinerade data i 11 år från 12 skolor och fann en statistiskt signifikant linjär korrelation mellan relativ luftfuktighet och frånvaroprocent. Frånvaro minskade med 20 % om den genomsnittliga relativa luftfuktigheten ökade från 22 % till 35 %. Resultaten gällande bakterie- och virusöverlevnad styrker följande slutsats:

- a. Förekomst av luftvägsinfektioner är delvis beroende av den inomhus förekommande relativa luftfuktigheten.
- b. Vid förändring av den relativa luftfuktigheten från låg alternativt hög nivå till en nivå mellan 40 och 60 % minskar luftvägsinfektioner. [2]

De epidemiologiska bevisen kan dock inte betraktas som avgörande, eftersom många av studierna inte noggrant är kontrollerade för möjliga störningsfaktorer. Minskningen kan bero på förändringar i aerosolernas sedimenteringshastighet, minskad överlevnad hos luftburna transporterade virus (och eventuellt i överlevnad av virus, knutna till ytor såsom möbler, som överförs genom direktkontakt) eller till en minskning av människans mottaglighet för infektioner. Den senare möjligheten har behandlats av Lubart (13, 14) och Zeterberg (15), som med stöd av fallrapporter, föreslog att låg luftfuktighet ger ökad benägenhet för förkylningar efter det att direktkontakt skett genom torkning av de skyddande slemhinnorna i näsa och hals. Som diskuterats tidigare, finns det för närvarande få experimentella eller epidemiologiska bevis för denna uppfattning. Det är möjligt att de torra fläckar som noterades av Lubart i halsen och näsan hos patienterna var ett resultat av, och inte en bidragande orsak till infektion.

Relativ fuktighet och allergener

- KVALSTER: Kvalster är den viktigaste orsaken till allergier i bostadsdamm. Laboratoriestudier har fastställt att populationer av det vanliga husdammskvalstret, *Dermatophagoides pteronyssinus*, når en maximal storlek under exponering upp till 80 % relativ luftfuktighet (50). Flera fältstudier har funnit paralleller, antalet kvalster i bostäder och säsongsmässiga förändringar av den relativa luftfuktigheten i inomhusmiljön. Dessutom har kvalsterpopulationer nästan eliminerats på vintern när den relativa fuktigheten sjönk under 40/50 % nivån. Exempelvis fann Korsgaard (51), i ett prov av 98 hus, färre än 10 levande kvalster per gram damm när den relativa luftfuktigheten var under 45 %. Arlian et al. (52), fann i en tvåårig studie av kvalster i 19 hus, att antalet kvalster per gram damm varierade mellan 400 till 1 100 vid 70 %, men sjönk till mindre än 50 vid 40 % relativ luftfuktighet. Murray och Zuk (53), upptäckte i en tvåårig studie av kvalster i två hus inga kvalster alls när den relativa luftfuktigheten inomhus sjönk under 50 %. Studierna av Korsgaard och Arlian et al. fann också att den relativa luftfuktigheten inomhus var den viktigaste faktorn för kvalsteröverflöd. Båda studierna visade att kvalstertätheten var opåverkad av byggnadens ålder eller av grundligheten i städningen. Korsgaard undersökte också sambandet mellan relativ luftfuktighet, kvalster och allergier, bland 75 patienter med kvalsterallergi och 23 icke-allergiker kontrollerades. Medianvärdet av den relativa luftfuktigheten i patienternas hus var 50 % jämfört med 43 % bland icke-allergikernas. Antalet kvalster per gram damm var också genomgående högre i patienternas hus jämfört med kontrollgruppens. Resultaten antyder möjligheten av ett direkt orsakssamband mellan högre genomsnittlig relativ luftfuktighet inomhus och allergier på grund av kvalster (54).
- SVAMPAR: Svampar som är kända för att orsaka allergiska reaktioner såsom astma eller rinit är av släktena *Alternaria*, *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Rhizopus*, och *Merulius* (55). Flera svampar såsom *Aspergillus* kan också orsaka överkänslighetssjukdom hos individer som normalt inte lider av allergier (56). Majoriteten av svampar kräver relativa fuktigheter på över 75 % för att kunna växa. Följaktligen är aktivt växande hos svamppopulationer vanligtvis begränsad till områden som kök och badrum väggar och fönsterkarmar som är föremål för frekvent kondens till följd av lokalt höga relativa luftfuktighetstal (55). En relation orsak och verkan

mellan hög relativ luftfuktighet inomhus och allergier kompliceras av det faktum att många av de allergiframkallande svamparna finns överallt både inom- och utomhus. Därför kan det vara svårt att avgöra om en svampallergi är resultatet av utomhus- eller inomhusexponering eller om svamp inomhus kommer från inomhus- eller utomhuskällor.

Relativ fuktighet och skadliga kemikalier

Flera kemikalier som kan påträffas i inomhusluft interagerar med vattenånga för att bilda luftvägs- och hudirritationer. Hälsoproblem som kan hänföras till kemiska interaktioner med fukt är förmodligen mindre utbredd än problem som orsakas av biologiska interaktioner. Dock kan kemiska interaktioner vara viktigt i byggnader med en hög andel formaldehydinnehållande material, gasspisar för matlagning eller geografiskt beläget nära utomhus källor av vattenreaktiva luftföroreningar.

- **FORMALDEHYD:** Låg exponering för formaldehyd har gett negativa hälsoeffekter såsom irritation på hud, ögon och hals, andningsbesvär och allergier (57). I en klimatkammare undersöktes graden av avgasning, formaldehyd från spånplattor, där man fann att formaldehydkoncentrationen i luften var direkt proportionell mot den relativa luftfuktigheten vid en given temperatur. Formaldehydnivåerna ökade från 0,5 - 0,6 mg/m³ vid 30 % rF till 1,2 - 2,0 mg/m³ vid 70 % rF (58). I en studie av formaldehydnivåerna i 20 hem fann man en statistiskt signifikant ($p < 0,01$) korrelation mellan relativ luftfuktighet inomhus och formaldehydkoncentrationen i luften (59).
- **SVAVEL OCH KVÄVE DIOXIDER:** Svaveldioxid fungerar som en respiratorisk irritation hos friska försökspersoner och orsakar bronkial sammandragning hos känsliga individer, t.ex. astmatiker vid koncentrationer så låga som 0,1 ppm (60). Svaveldioxid kombinerar med vattenånga för att bilda aerosoler innehållande sulfatsalter och svavelsyra som är mer irriterande än svaveldioxid i sig (61). Dikväveoxid (lustgas) och salpetersyra bildas inomhus genom samverkan av vattenånga med kvävedioxid från oventilerade gasspisar och värmare. Båda syrorna tros spela en etiologisk* roll i utvecklingen av sjukdom i andningsvägarna och minskad lungfunktion (62).
- **OZON:** Ozonnivåerna inomhus förstärks av låg relativ luftfuktighet medan hög relativ luftfuktighet minskar ozonhalter genom att påskynda adsorption av ozonmolekyler på ytor inomhus (63). Ozon är ett starkt oxidationsmedel och olika exponeringsintervall påträffas sannolikt i bostäder och är irriterande både för ögon och slemhinnor (64).
- **YRKESHUDSJUKDOMAR:** Antalet klagomål om hudirritation såsom nässelutslag (urtikaria), hudrodnad (erytem) och eksem bland anställda i flera fabriker och i en byggnads telefonväxel minskade efter det att den relativa fuktigheten höjdes från nivån 30/40 % upp till över 50 %. Hudirritation kan delvis ha orsakats av en interaktion mellan låg relativ luftfuktighet och kemikalier såsom trikloretylen (65), cyanoakrylat (66), och en metakrylatpolymer (67).

* **Etiologi** är läran om orsakssamband, eller [kausalitet](#). Termen kommer ifrån grekiskans *aitia*, orsak, och *logia*, lära, och används inom [filosofi](#), [fysik](#), [psykologi](#), [statistik](#), och [biologi](#) då man diskuterar orsaker till olika fenomen. Inom [medicin](#) används termen specifikt för anledningar och bakomliggande variabler till sjukdomar och [patologiska](#) tillstånd.

REFERENSER

1. A Study of Hygiene in Swedish Schools and Pre-Schools-Sources of Air Pollution, Alsmo C och Alsmo T, *Journal of Environmental Protection*, 2013, 4, 1349-1359 Published Online December 2013
2. Indirect Health Effects of Relative Humidity in Indoor Environments by Anthony V. Arundel, Elia M. Sterling, Judith H. Biggin, and Theodor D. Sterling, *Environmental Health Perspectives*, Vol 65, pp. 351 – 356, Published 1986
3. Arbetsmiljöverkets hemsida med titel "hur torr får det vara inomhus?", <http://www.av.se/fragorochsvar/275.aspx>
4. Wikipedia, <http://sv.wikipedia.org/wiki/Temperatur>
5. SMHI, luftfuktighet <http://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/luftfuktighet-1.3910>
6. Arbetsmiljöverket, http://www.av.se/teman/temperatur_klimat/kyla/bedomning/
7. Wikipedia, <http://sv.wikipedia.org/wiki/Luftfuktighet>
8. Arbetsmiljöverkets temasida "sjuka hus" http://www.av.se/teman/sjuka_hus/
9. Meyer, B. *Indoor Air Quality* Addison-Wesley, Reading, Mass., 1983.
10. McIntyre, D. A. Response to atmospheric humidity at comfortable air temperature: a comparison of three experiments. *Ann. Occup. Hyg.* 21: 177-190 (1978).
11. Eng, W G. Survey on eye comfort in aircraft: 1. Flight attendants. *Aviat. Space Environ. Med.* 50: 401-404 (1979).
12. Strauss, R. H., McFadden, E. R., Ingram, R. H., Deal, E. C., and Jaeger, J. Influence of heat and humidity on the airway obstruction induced by exercise in asthma. *J. Clin. Invest.* 61: 433- 440 (1978).
13. Lubart, J. The common cold and humidity imbalance. *N.Y State J. Med.* 62: 817-819 (1962).
14. Lubart, J. Health care containment cost. *Am. J. Otolaryngol.* 1: 81-83 (1979).
15. Zeterberg, J. M. A review of respiratory virology and the spread of virulent and possibly antigenic viruses via air conditioning systems. *Ann. Allergy* 31: 228-234 (1973).
16. Sale, C. S. Humidification during the cold weather to assist perennial allergic rhinitis patients. *Ann. Allergy* 29: 356-357 (1971).
17. Ingelstedt, S. Studies on the conditioning of air in the respiratory tract. *Acta Otolaryngol. (Suppl.)* 131: 1 (1956).
18. Drettner, B., Falck, B., and Simon, H. Measurements of the air conditioning capacity of the nose during normal and pathological conditions and pharmacological influence. *Acta Otolaryngol.* 84: 266-277 (1977).
19. Richards, J. H. Effect of relative humidity on the rheological properties of bronchial mucus. *Am. Rev. Resp. Dis.* 109: 484-486 (1974).
20. Buckland, E E., and Tyrrell, D. A. J. Loss of infectivity on drying various viruses. *Nature* 195: 1063-1064 (1962).
21. Moe, K., and Shirley, J. A. The effect of relative humidity and temperature on the survival of human rotavirus in faeces. *Arch. Virol.* 72: 179-186 (1982).
22. Couch, R. B. Viruses and indoor air pollution. *Bull. N. Y. Acad. Med.* 57: 907-921 (1981).
23. Smith, E B. Atmospheric factors affecting transmission of infections. *Practitioner (U.K.)* 227: 1667-1677 (1983).
24. Fitzgerald, J. W Approximation formulas for the equilibrium size of an aerosol particle as a function of its dry size and composition and the relative humidity *J. Appl. Meteorol.* 14: 1044-1049 (1975).
25. Hanel, G. Humidity effects on gravitational settling and Brownian diffusion of atmospheric particles. *Pure Appl. Geophys.* 115: 775-797 (1977).
26. Hatch, M. T., and Wolochow, H. Bacterial survival: consequences of the airborne state. In: *An Introduction to Experimental Aero biology* (R. L. Dimmick and A. B. Akers, Eds.), John Wiley and Sons, New York, 1969.
27. LaForce, F.M. Airborne infections and modern building technology. In: *Proceedings of the 3rd International Conference on Indoor Air Quality and Climate 1: Recent Advances in the Health Sciences and Technology*, (B.

- Berglund, T. Lindvall, and J. Sundell, Eds.), Swedish Council for Building Research, Stockholm, Sweden, 1984, pp. 109-127.
28. Wright, D. N., Bailey, G. D., and Hutch, M. J. Survival of airborne mycoplasma as affected by relative humidity. *J. Bacteriol.* 95: 251-252 (1968).
 29. Flynn, D. D., and Goldberg, L. J. Effect of relative humidity on aerosol persistence of *Streptococcus salivarius*. *Arch. Environ. Health* 23: 40-42 (1971).
 30. Anderson, J. D., Dark, E. A., and Pbito, S. The effect of aerosolization upon survival and potassium retention by various bacteria. *J. Gen. Microbiol.* 52: 99-105 (1968).
 31. Rosebury, T. *Experimental Airborne Infection*. Williams and Wilkins, Baltimore, 1947.
 32. Webb, S. J. Factors affecting the viability of airborne bacteria. 1: Bacteria aerosolized from distilled water. *Can. J. Microbiol.* 5: 649-669 (1959).
 33. Langmuir, A. D. Changing concepts of airborne infection of acute contagious diseases: a reconsideration of classic epidemiologic theories. *Ann. N. Y Acad. Sci.* 353: 35-44 (1980).
 34. Moffet, H. L. *Clinical Microbiology*. J. B. Lippincott, Philadelphia, 1980.
 35. Gwaltney, J. M. Epidemiology of the common cold. *Ann. N. Y Acad. Sci.* 353: 54-60 (1980).
 36. Knight, V. Viruses as agents of airborne contamination. *Ann. N. Y Acad. Sci.* 353: 147-156 (1980).
 37. Miller, W. S., and Artenstein, M. S. Aerosol stability of three acute respiratory disease viruses. *Proc. Soc. Exptl. Biol. Med.* 125: 222-227 (1967).
 38. Davis, G. W., Griesemer, R. A., Shaddock, J. A., and Farrell, R. L. Effect of relative humidity on dynamic aerosols of adenovirus 12. *Appl. Microbiol.* 21: 676-679 (1971).
 39. Hemmes, J. H., Winkler, K. C., and Kool, S. M. Virus survival as a seasonal factor in influenza and poliomyelitis. *Nature* 188: 430-431 (1960).
 40. Harper, G. J. Airborne microorganisms: survival tests with four viruses. *J. Hyg.* 59: 479-486 (1961).
 41. Schulman, J. L., and Kilbourne, E. D. Airborne transmission of influenza virus infection in mice. *Nature* 182: 1129-1130 (1962).
 42. Lester, W. The influence of relative humidity on the infectivity of air-borne influenza A virus (pre-strain). *J. Exp. Med.* 88: 361-367 (1948).
 43. Schaffer, E. L., Soergel, M. E., and Straube, D. C. Survival of airborne influenza virus: effects of propagating host, relative humidity, and composition of spray fluids. *Arch. Virol.* 51: 263-273 (1976).
 44. Hope-Simpson, R. E. The epidemiology of non-infectious diseases. *Roy. Soc. Health J.* 78: 593 (1958).
 45. Gelperin, A. Humidification and upper respiratory infection incidence. *Heating, Piping, Air Conditioning* 45: 3 (1973).
 46. Sale, C. S. Humidification to reduce respiratory illnesses in nursery school children. *S. Med. J.* 65: 882-885 (1972).
 47. Ritzel, G. Sozialmedizinische Erhebungen zur Pathogenese und prophylaxe von Erkaltungskrankheiten. *Z. Praventarmed.* 11: 9-16 (1966).
 48. NCHS (National Center for Health Statistics). *Acute Conditions: Incidence and Associated Disability, United States July 1973-June 1974*, National Center for Health Statistics, Rockville, Md., DHEW Publ. (HRA) 76-1529, 1975.
 49. Green, G. H. The effect of indoor relative humidity on colds. *ASHRAE Trans.* 85: 747-757 (1979).
 50. Wraith, D. G., Cunnington, A. M., and Seymour, W. M. The role and allergenic importance of storage mites in house dust and other environments. *Clin. Allergy* 9: 545-561 (1979).
 51. Korsgaard, J. Preventive measures in house-dust allergy. *Am. Rev. Resp. Dis.* 125: 80-84 (1982).
 52. Arlian, L. G., Bernstein, I. L., and Gallagher, J. S. The prevalence of house dust mites, *Dermatophagoides* spp, and associated environmental conditions in homes in Ohio. *J. Allergy Clin. Immunol.* 69: 527-532 (1982).

53. Murray, A. B., and Zuk, P The seasonal variation in a population of housedust mites in a North American city J. Allergy Clin. Immunol. 64: 266-269 (1979).
54. Arlan, L. G., Brandt, R. L., and Bernstein, R. Occurrence of house dust mites, Dermatophagoides spp. during the heating season. J. Med. Entomol. 15: 35-42 (1978).
55. Gravesen, S. Fungi as a cause of allergic disease. Allergy 34: 135- 154 (1979).
56. English, P T. Medical Mycology. Edward Arnold, London, 1980.
57. NAS (National Academy of Sciences). Indoor Pollutants. National Academy Press, Washington, DC, 1981.
58. Andersen, I., Lundqvist, G. R., and Molhave, L. The effect of air humidity and sulphur dioxide on formaldehyde emissions from a construction material (chipboard). Holzforsch. Holzeerwert. 28: 120-121 (1976).
59. IEC Beak Consultants Ltd. Indoor Air Quality, Cambridge Sealed Homes, a report for Ontario Ministry of Municipal Affairs and Housing, IEC Beak, Mississauga, Ontario, October, 1983.
60. Sheppard, D., Wong, W S., and Uehora, C. F Lower threshold and greater bronchomotor responsiveness of asthmatic subjects to sulfur dioxide. Am. Rev. Resp. Dis. 122: 873-878 (1981).
61. Alaire, Y, Ulrich, C. E., and Busey, W M. Long-term continuous exposures to SO₂ in cynomolgus monkey. Arch. Environ. Health 24: 115-127 (1972).
62. US Environmental Protection Agency Air Quality Criteria for Oxides of Nitrogen. Environmental Criteria and Assessment Office, Research Triangle Park, NC, 1982.
63. Mueller, F, Loeb, L., and Maper, W H. Decomposition rates of ozone in living areas. Environ. Sci. Technol. 7: 342 (1973).
64. Farrell, B. R, Kerr, H. D., and Kulle, T. J. Adaptation in human subjects to the effects of inhaled ozone after repeated exposure. Am. Rev. Resp. Dis. 119: 725-730 (1979).
65. Rycroft, R. J. G., and Smith, W D. L. Low humidity occupational dermatoses. Contact Dermatitis 6: 488-492 (1980).
66. Calnan, C. D. Cyanoacrylate dermatitis. Contact Dermatitis 5: 165-167 (1979).
67. 98. White, I. R., and Rycroft, R. J. G. Low humidity occupational dermatosis-an epidemic. Contact Dermatitis 8: 287-290 (1982).