

White paper



Luchtbevochtiging in ziekenhuizen

De juiste balans vinden tussen gezondheid en duurzaamheid

Het regelen van de luchtvochtigheid is van essentieel belang voor ziekenhuisinstellingen, omdat de gezondheidstoestand van patiënten, het correct functioneren van medische apparatuur, het welzijn van artsen en bezoekers en de zorgkosten hier nauw mee samenhangt.

Het doel van dit document is het uitleggen van de redenen waarom het noodzakelijk is om ziekenhuiskamers te bevochtigen, evenals de normen die op dit gebied gelden, zodat de meest geschikte oplossing kan worden gekozen.


Voor meer informatie over de inhoud van dit document kunt u contact opnemen met:

Knowledge
Center 

CAREL Industries
carel@carel.com
(+39) 0499 716611

Inhoud

Waarom moet de luchtvochtigheid in ziekenhuizen geregeld worden?.....	5
1. Bevochtiging om de gezondheid van patiënten te behouden.....	7
2. Bevochtiging om de correcte werking van apparatuur te garanderen	11
3. Bevochtiging om het welzijn van gebruikers van de ruimte te verzekeren	12
Wat beïnvloedt de optimale omstandigheden m.b.t. relatieve vochtigheid?	15
Bevochtigingssystemen voor ziekenhuizen	19
4. Isotherme bevochtigers	21
5. Adiabatische bevochtigers.....	22
6. Vereisten van het bevochtigingssysteem.....	23
7. Systemen voor distributie van stoom/nevel.....	27
8. Waterbehandelingssystemen	28
Geldende normen.....	31
9. Italiaanse wetgeving.....	34
10. Internationale wetgevingen.....	36
11. Conclusies	39



Waarom moet de luchtvochtigheid in ziekenhuizen geregeld worden?

De regeling van luchtvochtigheid speelt een essentiële rol in een ziekenhuisomgeving, in de eerste plaats om patiënten te beschermen tegen ziekenhuisinfecties. In de volgende paragrafen wordt de invloed van luchtvochtigheid op de levenscyclus van bacteriën in detail beschreven, van hun ontwikkeling en verspreiding tot infectie van patiënten.

Ten tweede garandeert een correct luchtvochtigheidsniveau een goede werking van medische apparatuur, wat essentieel is voor ziekenhuiswerkzaamheden.

Tot slot helpt het voorkomen van droge lucht bij het handhaven van een acceptabel niveau van comfort voor het welzijn en de prestaties van patiënten en medisch personeel.

1. Bevochtiging om de gezondheid van patiënten te behouden

De belangrijkste invloed van luchtbevochtiging in gezondheidszorginstellingen heeft ongetwijfeld betrekking op het beschermen van patiënten tegen bacteriële en microbiële aanvallen van verschillende aard.

Ziekenhuispatiënten bevinden zich in een omgeving waar gewoonlijk veel ziekteverwekkers aanwezig zijn, die resistent genoeg zijn om antibacteriële behandelingen en normale reinigings- en desinfectieprocedures te overleven. Bovendien kunnen deze micro-organismen zich snel reproduceren en juist in de vele patiënten geschikte gastheren vinden.

Verder zijn patiënten vooral kwetsbaar voor infecties vanwege hun verlaagde afweer en het feit dat inwendige delen van het lichaam in direct contact zijn met de omringende omgeving na operaties en letsels.

Gezien deze ongunstige omstandigheden kunnen we zien hoe vochtigheid het vermogen van bacteriën om zich te ontwikkelen, zich te verspreiden en door onze afweer heen dringen sterk beïnvloedt. Als ze daarom op de juiste manier beheerst worden, kan dit leiden tot een uitstekend instrument om het aantal ziekenhuisinfecties te beperken, gezondheid te beschermen en kosten te verlagen.

Vochtigheid en de ontwikkeling van bacteriën

Het beheren van vochtigheid is in de eerste plaats belangrijk om de **groei** van **bacteriestammen** in het gebouw te verhinderen, want om zich te kunnen ontwikkelen, hebben ze water en voedingsstoffen nodig. Het is daarom noodzakelijk om de vorming van gebieden waarin vochtigheid condenseert en stilstaand water vormt te voorkomen, bijvoorbeeld in luchtkanalen.

Bovendien is het zo dat wanneer de relatieve vochtigheid langere tijd boven de 80% stijgt, er schimmel en oppervlaktecondens gevormd kan worden. Als dit ingeademd wordt, kunnen de sporen daarin een gezondheidsrisico vormen.

Hierdoor kan er een maximumlimiet voor het gewenste vochtigheidsbereik worden ingesteld, maar het is niet genoeg om te zorgen voor een gezonde omgeving en het aantal infecties te verminderen.

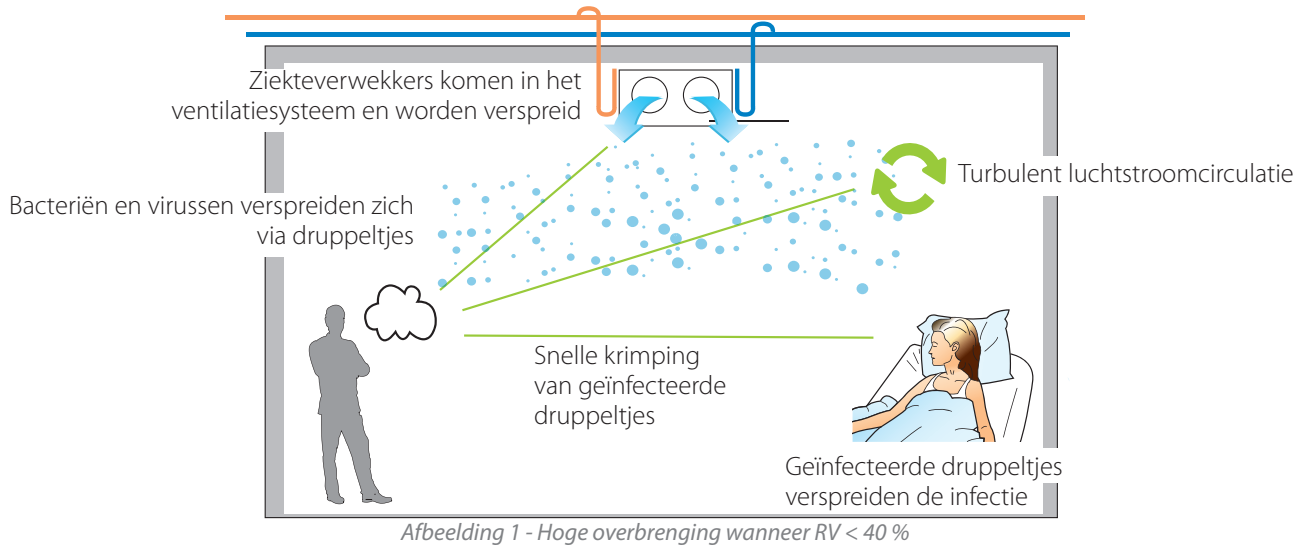
Ziekenhuizen zijn fysiologisch gezien broeinesten van bacteriële verontreiniging die onmogelijk geheel verwijderd kan worden, gezien de aanwezigheid van zieke mensen. De echte uitdaging bij het beheer van vochtigheid loopt daarom van het elimineren van ziekteverwekkers tot het verhinderen dat ze zich verspreiden en het helpen van onze natuurlijke afweer om ze af te slaan.



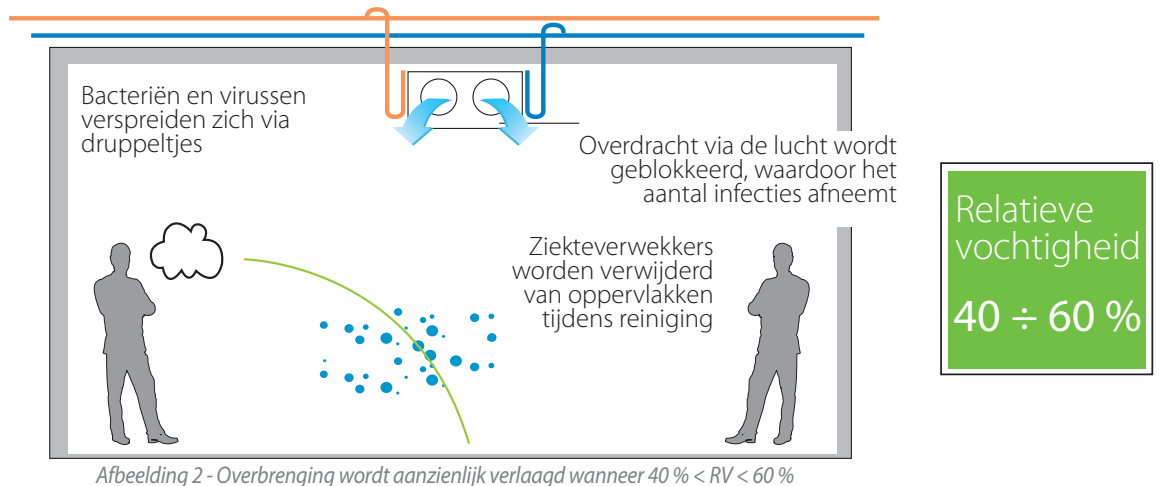
Vochtigheid en de verspreiding van ziektes

De meeste moderne ziekenhuizen hebben zeer strenge reinigingsprocedures voor oppervlakken en apparatuur geïmplementeerd. Niettemin blijkt uit luchtanalyse dat dit niet genoeg is om het aantal bacteriën dat in omloop is te veranderen, vooral omdat het aantal daarmee verband houdende infecties blijft stijgen [1]. Zo wordt continu er een grote hoeveelheid microben uitgestoten door mensen, door alleen maar te praten, adem te halen of te hoesten. Deze microben zitten in duizenden minuscule waterdruppeltjes die in de lucht zweven. In sommige rapporten wordt geschat dat tussen de 10 en 33% van alle ziekteverwekkers die ziekenhuisinfecties veroorzaken, worden overgedragen via de lucht.

Wanneer deze druppeltjes in een kamer terechtkomen met een relatieve vochtigheid onder de 40%, dan verliezen ze snel tot wel 90% van hun volume. Ze krimpen en slagen erin lange tijd te blijven zweven, en kunnen hierbij aanzienlijke afstand afleggen. Uiteraard verhoogt dit de kans dat ze een nieuwe gastheer bereiken, rehydrateren en deze persoon infecteren.

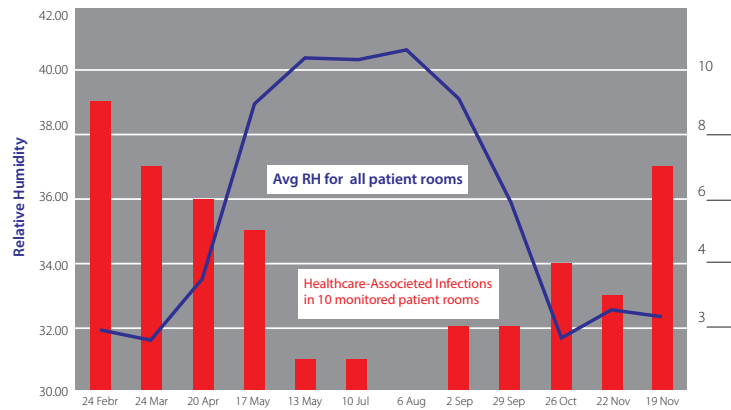


Als de kamer echter een relatieve vochtigheid tussen de 40 tot 60% heeft, dan behouden de druppeltjes ongeveer dezelfde grootte ($\approx 100 \mu\text{m}$) en hebben ze de neiging om veel sneller neer te slaan, ongeveer binnen 1-2 m van de bron, waar ze veel effectiever kunnen worden verwijderd via traditionele reinigingsmethoden.



Verschillende onderzoeken wijzen er inderdaad op hoe relatieve vochtigheid de belangrijkste factor is in omgevingsbeheersing bij **overdracht via de lucht** van bacteriën en virussen.

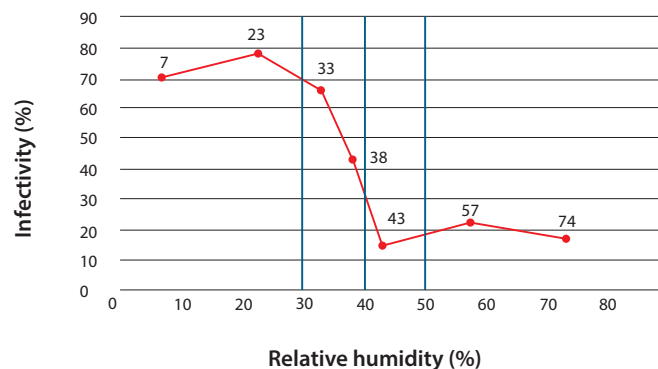
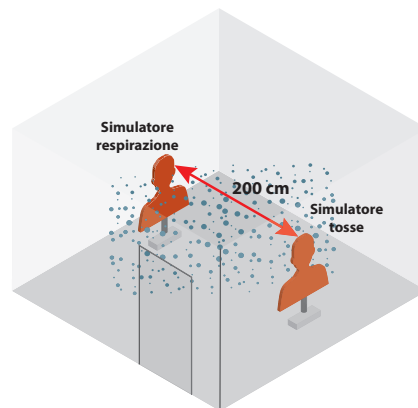
In een eerste studie, die gedurende één jaar is uitgevoerd in een Amerikaans ziekenhuis, werden alle omgevingsparameters in tien kamers gevolgd, evenals de medische toestand van de patiënten die in deze kamers verbleven [2]. Relatieve vochtigheid was de variabele die het nauwst in verband stond met het aantal infecties dat opgelopen was door de patiënten.



Afbeelding 3 - Relatieve vochtigheid is de belangrijkste van de geanalyseerde parameters om het aantal ziekenhuisinfecties terug te dringen.

Wanneer de relatieve vochtigheid een waarde van 40% of hoger bereikt, worden infecties drastisch verminderd van een maximum van 10 per maand tot nul!

Een ander onderzoek werd uitgevoerd bij mannequins, waarbij mensen hoestten met griep en mensen ademden op twee meter afstand [3]. Er werden op verschillende momenten aerosolmonsters verzameld in de buurt van de ademende mond

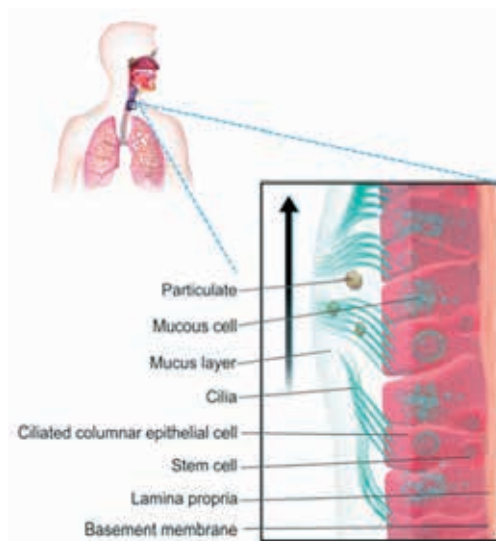


Afbeelding 4-5 - De besmettelijkheid en overbrengingscapaciteit van het influenzavirus daalt wanneer de relatieve vochtigheid tussen de 40 en 70% ligt

van de mannequin en hiervan werd de besmettelijkheid beoordeeld, wat de volgende resultaten opleverde. De besmettelijkheid daalde van 80 tot 20% zodra de relatieve vochtigheid tussen de 40 en 70% lag! Dit komt doordat het griepvirus niet meer langere tijd in de lucht kan blijven en door de verkorte levensduur van veel via de lucht overgedragen bacteriën en virussen in dit relatieve vochtigheidsbereik.

Naast het belemmeren van de groei van microben en bacteriën heeft geschikte vochtigheidsregeling het effect dat de overdrachtssnelheid van bacteriën drastisch verminderd wordt, wat absoluut essentieel is in omgevingen als ziekenhuizen, waar ziekteverwekkers en blootgestelde patiënten die bijzonder gevoelig zijn voor infecties naast elkaar bestaan.

Vochtigheid en natuurlijke afweer



Relatieve
vochtigheid
> 35 %

Figuur 6 - Door het proces van mucociliaire klaring kunnen ziekteverwekkers die de luchtwegen binnendringen worden opgevangen en geëlimineerd, maar de functionering is afhankelijk van een geschikt niveau van relatieve vochtigheid.

Via de lucht overgedragen infecties worden opgelopen door bacteriën in te ademen, die in de luchtwegen terechtkomen en zich afzetten op de wanden of in de longblaasjes, waardoor longontsteking of bloedinfecties veroorzaakt worden.

De laatste verdediging van ons lichaam tegen deze agressie bestaat uit de wanden van onze luchtwegen: van de neus tot de slokdarm en bronchiën wordt er een dunne laag slijm afgescheiden die de binnenkomende lucht bevochtigt en verwarmt en de bacteriën vangt. Deze laag slijm wordt voortdurend omhoog geduwd door de ritmische beweging van epitheelcellen met trilhaartjes op de wanden van het luchtwegen. Het slijm bereikt vervolgens de mondholte en de bacteriën worden doorgeslikt en onschadelijk gemaakt door maagzuur. Op die manier worden ze deel van het microbioom van de darmen, zonder schade te veroorzaken.

Dit proces dat **mucociliaire klaring** wordt genoemd, is van essentieel belang voor onze gezondheid. In normale omstandigheden blokkeert het de meeste ziekteverwekkers die we inademen, maar de werking wordt sterk beïnvloed door de relatieve luchtvochtigheid. Als de relatieve vochtigheid inderdaad onder de 40% daalt, dan droogt de slijmlaag uit en vertragen de trilhaartjes tot ze stoppen, waardoor virussen en bacteriën de cellen kunnen binnendringen en infecteren [1].

We hebben verschillende redenen gezien waarom het beheren van de vochtigheid een cruciale rol speelt in het voorkomen van tal van ziekenhuisinfecties. Een relatieve vochtigheid van tussen de 40 en 60% remt de groei van bacteriestammen en schimmels, maar vermindert bovenal de overdracht ervan en helpt onze natuurlijke afweer om ze te bestrijden.

Economische voordelen



De economische gevolgen van vochtigheidsbeheer in ziekenhuizen zijn moeilijk te schatten, gezien de indirecte aard van het effect ervan. Gezien de hierboven besproken gegevens en de enorme kosten van ziekenhuisinfecties, is het niettemin niet moeilijk te begrijpen hoe de voordelen relevant kunnen zijn voor de balans van gezondheidszorginstellingen.

In Italië loopt jaarlijks tussen de 5 en 8% van de ziekenhuispatiënten een infectie op, een totaal van ongeveer 450-700 duizend infecties per jaar, waarvan 1% met dodelijke afloop. De belangrijkste kosten voor de Italiaanse gezondheidszorg worden bijvoorbeeld veroorzaakt door langere ziekenhuisopname, en lopen op tot €1 miljard euro, d.w.z. 0,8% van het bruto binnenland product, waar de juridische kosten van geschillen met patiënten nog bij komen [4].

Urinerweginfecties, gevolgd door infectie van operatiewonden, longontsteking en bloedvergiftiging vormen 80% van de oorzaken van ziekenhuisinfecties en het aantal gevallen van longontsteking is de afgelopen paar jaar aanzienlijk toegenomen.

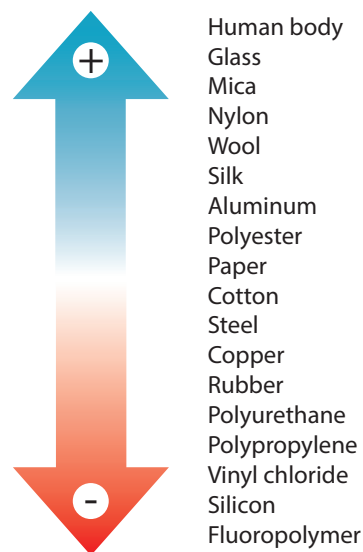
De bovengenoemde onderzoeken laten zien hoe een goed vochtigheidsbeheer het aantal door de lucht overgedragen infecties (tussen de **10 en 33% van het totaal**) aanzienlijk zou kunnen terugdringen, en daarmee de enorme maatschappelijke kosten zou kunnen verminderen.

2. Bevochtiging om de correcte werking van apparatuur te garanderen

Luchtvochtigheid kan een instrument zijn om elektronische apparatuur te beschermen tegen schade die veroorzaakt wordt door elektrostatiche ontlading. [5] [6]

Elektrostatiche ontlading, ook wel **ESD** genoemd, is een verschijnsel dat optreedt wanneer voorwerpen met een verschillende lading dicht bij elkaar worden gebracht. In de juiste omstandigheden (kwantiteit, afstand, kenmerken van de isolator die ze scheidt, gewoonlijk lucht) kunnen ze weerstand overwinnen en van het ene voorwerp naar het andere overgaan, waarbij een elektrostatiche ontlading wordt gegenereerd.

Een concreet voorbeeld in een ziekenhuis kan een bediener van een analysemachine zijn die rubberen schoenen draagt. Door op een kunststof isolerend oppervlak te lopen zoals een vinylvloer, verliezen rubberen schoenen een bepaalde hoeveelheid elektronen en worden zo positief geladen, terwijl de vloer negatief geladen wordt. Dit gedrag wordt beschreven in de tribo-elektrische reeks, waarin enkele isolerende materialen vermeld zijn die een grotere neiging hebben om elektronen te verliezen en materialen die een grotere neiging hebben om elektronen te verwerven.



Figuur 7 - Tribo-elektrische reeks: in het voorbeeld geven rubberen schoenen elektronen af aan de vinylvloer

De positief geladen schoenen van de bediener veroorzaken een oppervlakkige herverdeling van de ladingen in het menselijk lichaam, omdat huid een geleider is. Hoewel een algehele neutraliteit behouden blijft, zullen de voeten en het onderste deel van het lichaam negatief geladen zijn, terwijl de handen en het bovenste deel van het lichaam positief geladen zullen zijn. Volgens hetzelfde inductieprincipe geldt dat wanneer de bediener de analysemachine nadert met zijn handen positief geladen, de ladingen op het metalen oppervlak herverdeeld zullen worden zodat de negatieve ladingen dicht bij de bediener zullen zijn.

Op dat moment kan het gebeuren dat:

- Het elektrostatiche veld dat gegenereerd wordt door de statische lading potentiaalverschillen binnen de apparatuurschakeling genereert, die hierdoor beschadigd kan raken.
- Er elektrische ontlading is tussen de vingers en de machine. Het voltage kan sterk verschillen, tot tienduizenden volts, **maar zelfs een voltage van lager dan 3500V**, dat **niet eens gevoeld** wordt door de persoon, kan ernstige schade aan de apparatuur veroorzaken!

De schade kan bestaan uit het kapot gaan van bepaalde componenten, uitschakeling van de machine, verkeerde metingen, annulering van opgeslagen gegevens en accumulatie van statische elektriciteit op röntgenfilms en kan in lek geval de werking van dure apparatuur onherstelbaar beschadigen.

Opnieuw kan vochtigheidsbeheer een geschikt instrument zijn om deze problemen op te lossen, omdat het het vermogen van onze huid en van voorwerpen in het algemeen om elektrostatiche ladingen te accumuleren beïnvloedt. Water helpt de luchtweerstand te verlagen wanneer een stroom passeert, waardoor de accumulatie van ladingen tot gevaarlijke waarden verhinderd wordt ten gunste van een geleidelijke dispersie naar gebieden met een lager potentiaal. De vorming van een dun laagje water op de oppervlakken van een voorwerp helpt tevens om de ladingen te spreiden door hun concentratie tot een bepaald gebied te reduceren.

Gezien de kwetsbare functie van de meeste apparatuur in ziekenhuizen, is het belangrijk om de problemen die veroorzaakt worden door droge lucht te voorkomen. Om problemen met elektrostatische lading te voorkomen, wordt aanbevolen om de relatieve vochtigheid boven de 35% te houden, en ook andere voorzorgsmaatregelen tegen elektrostatische ontlading niet te vergeten, met name die betrekking hebben op de constructie van de apparatuur.

Relatieve
vochtigheid
> 35 %

3. Bevochtiging om het welzijn van gebruikers van de ruimte te verzekeren

De belangrijkste redenen waarom vochtigheidsbeheer in ziekenhuizen essentieel is, zijn de vermindering van besmettelijkheid en overdracht van bacteriën en de bescherming van apparatuur.

Bevochtiging is tevens zeer belangrijk voor het welzijn en comfort van degenen die in het ziekenhuis verblijven en werken, en belemmert de intrede van nieuwe pathologieën die gerelateerd zijn aan droge lucht.

Vochtigheid en comfortabele omstandigheden

Comfort wordt op verschillende manieren gedefinieerd, die allemaal te maken hebben met een gevoel van lichamelijk en geestelijk welzijn dat een persoon ervaart in een bepaalde omgeving. Het volgende draagt hij aan een algemeen gevoel van welzijn:

- Thermisch comfort, gemeten in termen van temperatuur, relatieve vochtigheid, luchtsnelheid.
- Luchtkwaliteit, gemeten in termen van het percentage frisse lucht, CO₂-concentratie, VOC (vluchtige organische verbindingen) en de concentratie micro-organismen.
- Geluidsniveau.

Volgens de norm EN15251 is het niveau van thermisch comfort in ziekenhuizen (categorie II) alleen acceptabel als de PPD (Percentage of Persons Dissatisfied)-index onder de 10% is. Daarnaast zijn er verschillende nationale en internationale normen (zie hoofdstuk 3) die luchttemperatuur-, vochtigheids- en kwaliteitsbereiken reguleren die bereikt moeten worden in de kamers.

Luchttemperatuur is de parameter die we het makkelijkst kunnen identificeren als de oorzaak van onbehagen, maar ook vochtigheid speelt een aanzienlijke rol, omdat deze onze perceptie van luchttemperatuur verandert en huidtranspiratie en onze interne energiebalans beïnvloedt.

Een geschikt niveau van relatieve vochtigheid voorkomt overmatige droogheid van huid, ogen en luchtwegen en stelt ons in staat om makkelijker adem te halen en te transpireren. Op die manier kunnen voorkomen dat we ons warmteregulatiesysteem blootstellen aan overmatige inspanning die een onbehaaglijk gevoel kan veroorzaken.

Het correct beheren van vochtigheid maakt het tevens mogelijk om stofdeeltjes in de lucht te verminderen door ze aan de wanden te laten kleven. In een droge omgeving zouden ze langer blijven rondzweven, waardoor het gevoel van droogheid en onbehagen benadrukt wordt.

Als droge luchtomstandigheden langdurig aanhouden, kunnen mensen die regelmatig tijd in het gebouw doorbrengen



bovendien een reeks gerelateerde symptomen ontwikkelen, die zodanig ernstig zijn dat ze een echte pathologie definiëren, namelijk het Sick Building-syndroom. Het effect van al deze problemen is in elk geval een luchtkwaliteit die de gezondheid aantast van mensen die tijd in deze omgevingen doorbrengen.

Sick building-syndroom

Het Sick Building Syndrome (SBS) beïnvloedt diegenen in een gebouw die gezondheidsklachten en langdurig ongemak ervaren die niet gekoppeld kunnen worden aan specifieke oorzaken of ziektes.

Vaak kunnen de oorzaken van deze aandoening in verband worden gebracht met defecten of een verkeerd gebruik van het luchtbehandelingssysteem, gebrek aan voldoende frisse lucht, vluchtige organische verbindingen (VOC), schimmel en ander materiaal en substanties die verontreinigende stoffen afgeven.

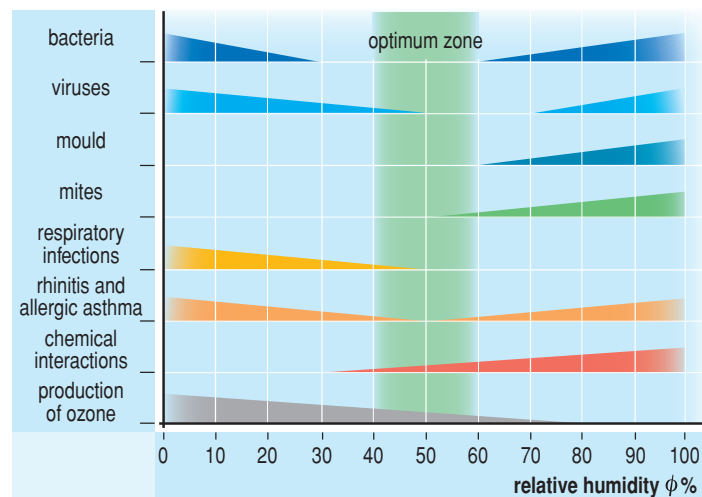
Tests hebben uitgewezen dat SBS-symptomen veroorzaakt of verergerd worden door een lage relatieve vochtigheid. Deze symptomen zijn onder andere achteruitgang van het traanvocht, droogheid van de ogen, irritatie van de neus en keel, astma, droge huid, hoofdpijn, vermoeidheid en prikkelbaarheid.

Omstandigheden met een lage vochtigheid kunnen een vermindering van 3-7% veroorzaken in de prestaties van personen die kantoortaken uitvoeren zoals lezen, bewerken van documenten en rekenen. Wanneer factoren als een hoge temperatuur en luchtvervuiling er nog bij komen, verergeren deze symptomen [7].

Het optimale vochtigheidsbereik werd berekend op $40\% < RH < 60\%$, wat samenvalt met het niveau dat verkregen moet worden om de kans op ziekenhuisinfecties te verkleinen ($40\% < RH < 60\%$) en overlapt met de niveaus die nodig zijn om het risico van elektrostatische ontlading ($RH > 35\%$) en verspreiding van schimmels ($RH < 80\%$) te verkleinen.

Als we alle effecten die relatieve vochtigheid heeft op het menselijk lichaam en het functioneren van ziekenhuizen heeft in ogenschouw nemen, kunnen we zeggen dat het gewenste bereik voor dit doel en ten behoeve van het comfort in het algemeen, precies tussen de 40 en 60% ligt.

Gezien de gewenste condities komt er een voor de hand liggende vraag naar boven. Wordt er aan deze condities voldaan en zijn er factoren waardoor deze condities kunnen veranderen, waardoor constant vochtigheidsbeheer noodzakelijk wordt?



Figuur 8 - Optimaal relatieve vochtigheidsbereik voor menselijk comfort en gezondheid



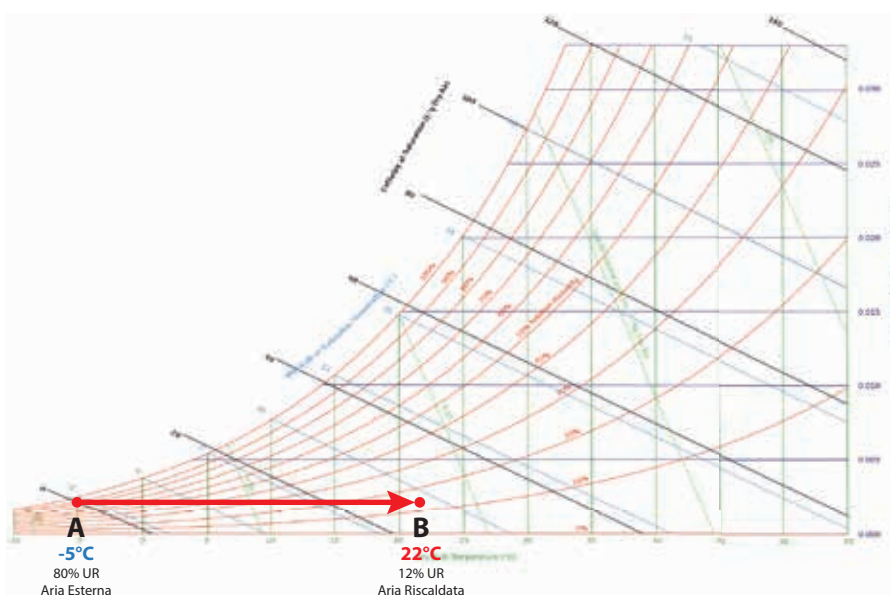
Welke factoren zijn van invloed op optimale omstandigheden wat betreft relatieve vochtigheid?

Nu we inzicht hebben gekregen in de onmisbare voordelen van bevochtiging in ziekenhuizen en daarmee in het te verkrijgen setpoint van relatieve vochtigheid, kunnen we proberen te begrijpen of en waarom de kamers voortdurend andere omstandigheden hebben en of een bevochtigingssysteem noodzakelijk is.

Om de aanbevolen luchtkwaliteitsniveaus te bereiken in ziekenhuisgebouwen moet de binnenlucht verdund worden, omdat deze verontreinigende stoffen bevat die geproduceerd worden door mensen en materialen of anesthesiegassen die gebruikt worden tijdens operaties, die niet gefilterd kunnen worden. Het is daarom noodzakelijk om de binnenlucht te vervangen door grote hoeveelheden **frisse lucht** van buiten. Voordat de frisse lucht in een kamer wordt geïntroduceerd, moet deze echter op een acceptabel temperatuurbereik worden gebracht, gewoonlijk tussen de 20 en 24°C.

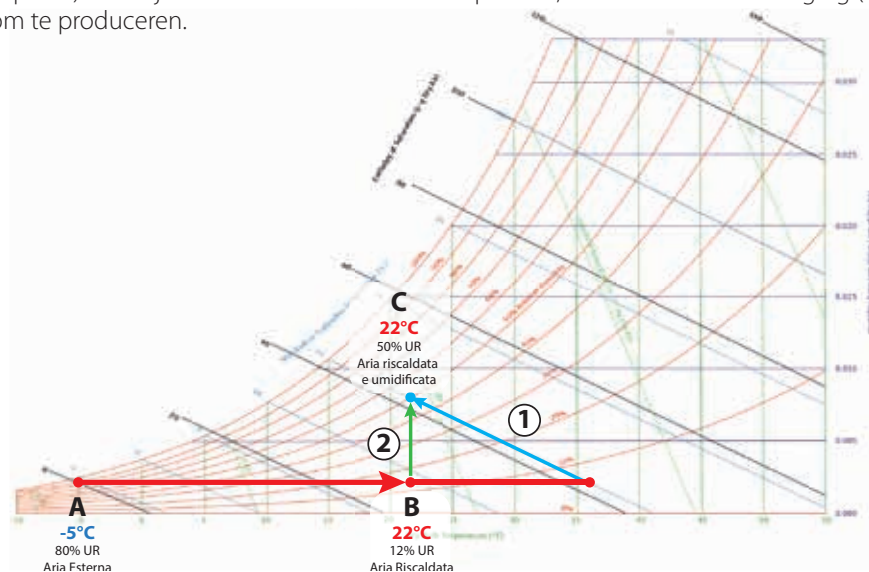
Laten we bijvoorbeeld eens kijken naar een scenario in de winter en voor het gemak alleen uitgaan van frisse lucht van buiten, die in die situatie zeer koud en vochtig zou zijn (punt A, temperatuur = -5°C, relatieve vochtigheid = 80%). De lucht zou verwarmd worden door een warmtespoel in een van de luchtbehandelingssystemen van het ziekenhuis, waar de temperatuur oploopt en de specifieke vochtigheid (massa van waterdamp in een eenheid lucht) constant blijft (punt B, temperatuur = 22°C, relatieve vochtigheid = 12%).

De relatieve vochtigheid van de warme lucht (verhouding tussen de hoeveelheid waterdamp in de lucht en de maximale hoeveelheid vocht die de lucht kan bevatten) is daarentegen lager. Deze is gedaald van 80 tot 12% zonder dat er water is verwijderd! Dit komt omdat de lucht tijdens het opwarmen zijn maximale capaciteit voor het "vasthouden" van zwevende waterdruppeltjes die vochtigheid vormen heeft verhoogd; daarom neemt de relatieve vochtigheid, die de maximale



Figuur 9 - De psychrometrische grafiek laat zien waarom het verwarmen van lucht de lucht te droog maakt voor ziekenhuistoepassingen hoeveelheid waterdamp die de lucht kan vasthouden aangeeft, af.

Gezien het belang van het handhaven van een geschikt niveau van relatieve vochtigheid, is een bevochtigingssysteem dat de relatieve vochtigheid (en temperatuur) binnen het juiste bereik houdt essentieel. Het systeem kan ofwel adiabatische bevochtiging leveren (optie 1) door fijne waternevel in de lucht te sproeien, of isotherme bevochtiging (optie 2) door water te koken en direct stoom te produceren.



Figuur 10 - Na het verwarmen van de lucht moet deze bevochtigd worden om de optimale conditie van $\approx 22^\circ\text{C}$, 50% RV te bereiken

Ongeacht de gekozen technologie (die uitgebreid wordt beschreven in hoofdstuk 4), zal het bevochtigingssysteem waarschijnlijk meer werken in de winter, wanneer het verwarmingssysteem de lucht uitdroogt.





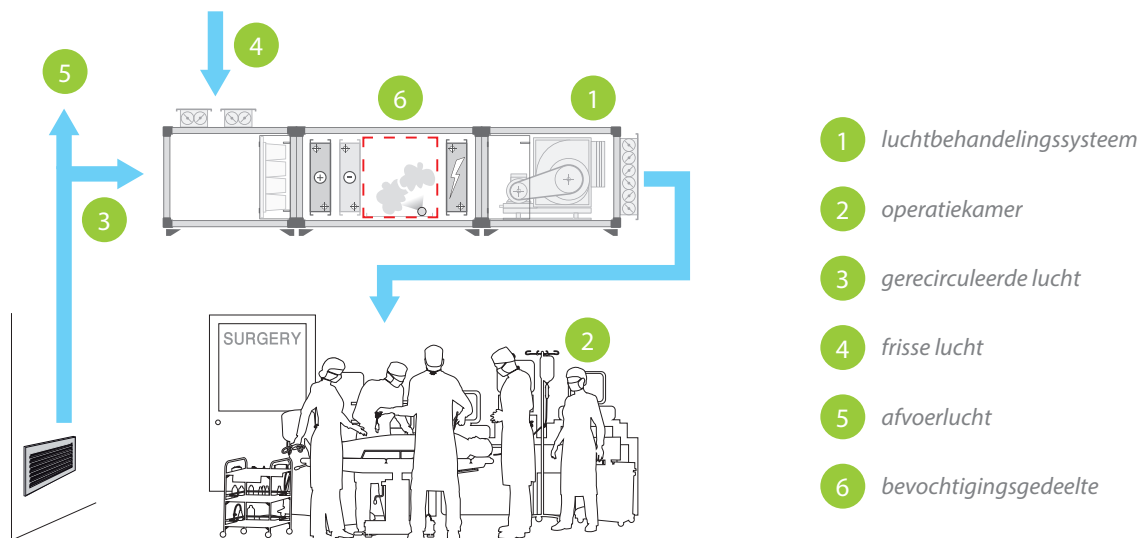
Bevochtigingssystemen voor ziekenhuizen

Bevochtigingssystemen voor ziekenhuizen bevochtigen gewoonlijk frisse lucht in de leidingen in plaats van rechtstreeks in de kamer, maar afgezien daarvan verschillen hun belangrijkste onderdelen niet van de onderdelen die gebruikt worden voor andere toepassingen.

Gezien het belang van de processen die plaatsvinden in deze instellingen, moeten er echter specifieke fabricagemaatregelen worden genomen om de hygiëne en de betrouwbaarheid van de installatie te garanderen.

Er zijn verschillende technologieën die geschikt zijn voor het bevochtigen van ziekenhuiskamers, maar welke ook gekozen wordt, de systemen bestaan altijd uit de volgende elementen:

- de **bevochtiger**, van het adiabatische (productie van verneveld water) of isotherme (productie van stoom) type;
- een **distributiesysteem** voor de geproduceerde vochtigheid. Ziekenhuizen maken vaak gebruik van buitenlucht, behandelen deze en brengen deze naar binnen via ventilatiekanalen. De distributiesystemen van de bevochtiger worden daarom in de kanalen na de verwarmingsbatterijen geplaatst. De systemen worden aangesloten op de bevochtiger en kunnen bestaan uit geperforeerde spuitstukken met kleine spuitmondjes die water onder druk verstuiven, of grotere geperforeerde pijpen die de stoom rechtstreeks in de kanalen afgeven. In andere gevallen wordt de bevochtiger direct in de kanalen geïnstalleerd;
- een **druppelscheider**, die alleen bij een adiabatische bevochtiger wordt gebruikt, wordt in het kanaal geplaatst aan het uiteinde van het bevochtigingsgedeelte. Deze vangt overtollig vocht op dat niet geabsorbeerd is door het water en voorkomt stilstaand water;
- een inkomend **waterbehandelingssysteem** voor het toevoerwater. Dit is niet altijd verplicht, maar wordt sterk aanbevolen voor ziekenhuistoepassingen.



4. Isotherme bevochtigers

Isotherme bevochtigers laten het water koken, zodat het in stoom verandert, dat vervolgens in de kamers wordt afgegeven. De energie voor de toestandwijziging, in totaal ongeveer 750 W per liter verdampt water, wordt geleverd door de bevochtiger zelf, door elektriciteit of door andere bronnen (methaan of LPG). Het systeem wordt gedefinieerd als isotherm omdat de lucht wordt bevochtigd en geen substantiële veranderingen in temperatuur ondergaat.

Isotherme bevochtigers zijn vrij eenvoudig te installeren, ze garanderen de hygiënische veiligheid van stoom en kunnen zowel voor directe distributie als distributie in kanalen binnen een luchtbehandelingssysteem worden gebruikt. Ze zijn ook geschikt voor de productie van kleine hoeveelheden stoom.

De belangrijkste beperking van stoomtechnologieën is hun hoge energieverbruik en bijbehorende gebruikskosten, die een belemmering kunnen vormen in geval van hoge bevochtigingsbelastingen.

Er zijn drie hoofdtypen isotherme bevochtigers:

- ondergedompelde elektrode;
- warmer;
- gasgestookt.

Bevochtigers met ondergedompelde elektrodes

Dit is de eenvoudigste en over het algemeen de meest voordelige oplossing. Twee elektrodes gebruiken water als weerstandselement en verwarmen het tot het kookt. De belangrijkste beperkingen zijn de mindere goede nauwkeurigheid (deze is zelden beter dan $\pm 5\%$ RV) en het productiemodulatiedebiet, dat pas begint bij een bepaalde waarde van de nominale capaciteit.

Hierbij komt dat er vaker onderhoud en vervanging van de cilinders moet worden uitgevoerd, hoe hoger het zoutgehalte in het water is, omdat deze bevochtiger niet werkt met gezuiverd water.

Bevochtigers met verwarmers

Elektrische weerstandselementen worden ondergedompeld in water, dat verwarmd wordt tot het kookt. Goede bevochtigers met verwarmers zijn zeer nauwkeurig ($\pm 1\%$) en werken over het gehele nominale capaciteitsbereik, dankzij de mogelijkheid om de temperatuur van de elementen te regelen. Ze werken op netvoeding en behandeld water.

Gasgestookte bevochtigers

De werking hiervan is gelijk aan die van bevochtigers met verwarmers. Methaangas of LPG worden verbrand binnen een warmtewisselaar, die ondergedompeld is in water. De productie wordt gereguleerd door de gastoevoer aan te passen. Het belangrijkste voordeel zijn de lagere kosten van de energiebron vergeleken met elektriciteit, dus deze oplossing is voordeliger in situaties waar gas goedkoper is. Ze werken op netvoeding en behandeld water.

5. Adiabatise bevochtigers

Adiabatise bevochtigers zorgen voor directe verdamping van water in de lucht, zonder de noodzaak van energie van buitenaf. De warmte die nodig is voor de verdamping wordt geleverd door het afkoelen van de bevochtigde lucht.

Deze apparaten creëren een groot contactoppervlak tussen lucht en water, dat spontaan verdampt. Het belangrijkste voordeel is het zeer lage energieverbruik: de enige energie die nodig is, is die voor verstuuving van het water in kleine druppeltjes met een diameter van enkele micron.

In de winter zal de verwarmingsspoel de lucht meer moeten voorverwarmen in vergelijking met stoombevochtiging om het koelingseffect van verdamping te compenseren, maar het totale verbruik blijft laag en behoort tot de beste onder de verschillende beschikbare technologieën. In de zomer kan het luchtcoolingseffect worden gebruikt om geld te besparen dat u nodig heeft om lucht tegelijkertijd te koelen en te bevochtigen.

De meest populaire adiabatise technologieën zijn:

- hogedrukverstuivers;
- ultrasone verstuivers;
- systemen met bevochtigde media.

Hogedrukverstuivers

Deze bevochtigers zijn voorzien van een pomp, die ervoor zorgt dat het water een druk kan bereiken tot wel 70 bar of hoger. Water wordt door een distributiesysteem in het kanaal gesproeid, dat uitgerust is met zeer kleine spuitmondjes waardoor het water verneveld wordt en vervolgens geabsorbeerd door de lucht.

Deze systemen kunnen zeer nauwkeurig zijn ($\pm 2\%$) en hebben een zeer hoge capaciteit met een zeer laag energieverbruik (< 4 W per liter verdampt water). Het water wordt niet gerecycled, waardoor dit een hygiënisch veilige oplossing.

Ultrasone verstuivers

Ultrasone bevochtigers verstuuven water met behulp van de hoogfrequente trillingen van een transducers. De resultaten zijn vergelijkbaar met die van bevochtigers met water onder druk, maar de waterdruppeltjes zijn kleiner.

De beste ultrasone bevochtigers bereiken uitzonderlijke niveaus van nauwkeurigheid ($\pm 1\%$) en werken over het gehele nominale capaciteitsbereik. Deze bevochtigers zijn dankzij hun hoge absorptie-efficiëntie ideaal voor zowel directe distributie als distributie in kanalen, en zijn geschikt voor zowel kleine als middelgrote installaties.

Het is een vrij geavanceerde technologie waarvoor een grotere begininvestering nodig is in vergelijking met andere kleine bevochtigers. De hoge prestaties, het lage energieverbruik en het praktisch niet-bestaande onderhoud maken echter een relatief snel rendement op de investering mogelijk, vooral bij modernisering van het vervangen van stoomsystemen.

Systemen met bevochtigde media

Deze bevochtigers bestaan uit een medium van honingraatmateriaal of geribbelde lagen die continu doorweekt worden door water. De lucht die door het medium stroomt, neemt een deel van het water met zich mee.

Ondanks de problemen die zij kan veroorzaken, is deze technologie nog steeds wijdverspreid omdat het een van de voordeligere oplossingen is voor hogere volumes, en ze makkelijk te installeren is. Niettemin vertoont deze technologie gebreken die, hoewel misschien tolerabel in andere toepassingen, haar ongeschikt maken voor een ziekenhuisomgeving.

- het nauwkeurighheidsniveau is middelmatig (over het algemeen $\pm 10\%$);
- door de lage absorptie-efficiëntie moet water gerecirculeerd worden om het niet te verspillen. Hierdoor moeten er weer chemische biociden worden gebruikt om de vorming van bacteriekolonies te voorkomen;
- het veroorzaakt een aanzienlijke drukdaling, waardoor de hoeveelheid energie die gebruikt wordt door het ventilatiesysteem stijgt, zelfs in de zomer als bevochtiging niet nodig is. Dit leidt uiteraard tot hoge extra kosten, vooral gezien de hoge luchtstroomsnelheden die gebruikt worden in luchtbehandelingsystemen van ziekenhuizen.

Gezien de laatste twee punten zijn de gebruikskosten hoger dan bij de meest efficiënte adiabatische systemen, en op de middellange en lange termijn zouden deze overeenkomen met de hogere begininvestering die nodig is voor adiabatische systemen.

6. Vereisten van het bevochtigingssysteem

Het is van belang dat alle onderdelen van het bevochtigingssysteem, en van bevochtigers in het bijzonder, voldoen aan specifieke vereisten zodat ze geschikt zijn voor gebruik in kritische en kwetsbare omgevingen zoals ziekenhuizen. De volgende factoren zijn essentiële kenmerken:

- Hygiëne
- Betrouwbaarheid

Ten tweede:

- Energiebesparing
- Connectiviteit

Hygiëne



Het bevochtigingssysteem moet zo ontworpen worden, dat het geen accumulatie en verspreiding van schadelijke elementen in de binnenomgeving veroorzaakt.

Dit is vooral belangrijk in ziekenhuizen, waar patiënten zwak zijn en blootgesteld aan het risico van nieuwe infecties.

Er moeten bijvoorbeeld specifieke voorzorgsmaatregelen worden genomen tegen de legionellabacterie, die een zeer hoog sterftcijfer kent en die veel sterfgevallen heeft veroorzaakt in verband met epidemieën van ziekenhuisinfecties in het verleden.

Dit is waarom isotherme bevochtigers van oudsher meer gebruikt worden in ziekenhuizen, omdat water gekookt wordt tot 100°C om stoom te produceren, waaronder aseptische condities en daarmee een hygiënisch systeem gegarandeerd worden.

Soms is het gebruik hiervan wettelijk verplicht in bepaalde ziekenhuisruimtes zoals operatiekamers, om te voorkomen dat het bevochtigingssysteem de oorzaak wordt van de verspreiding van ziekteverwekkers zoals legionella.

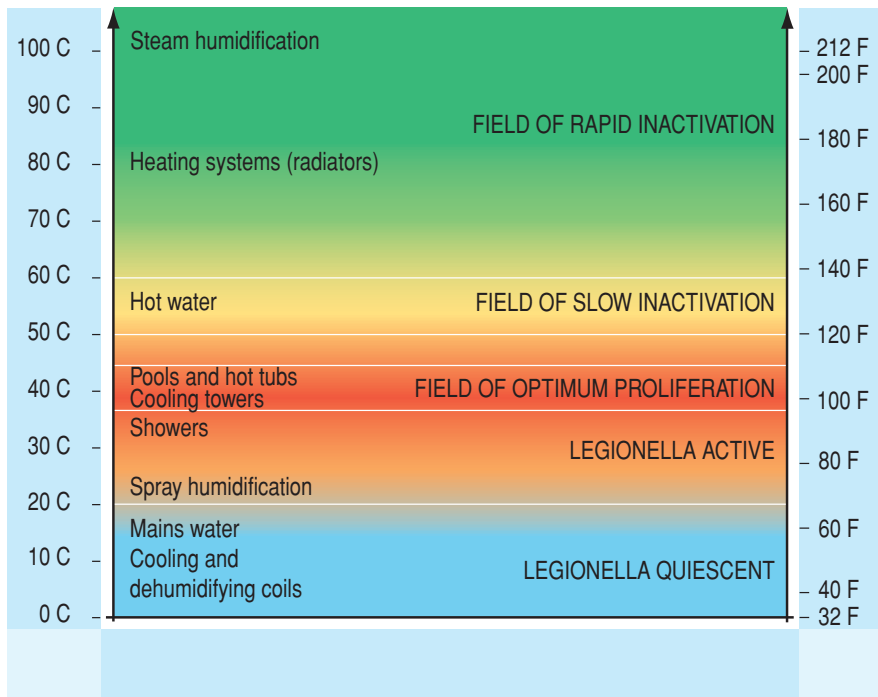


Fig. 11 - In het diagram wordt het gedrag van de legionellabacterie bij verschillende temperaturen tussen 0 en 100°C toegelicht

De legionellabacterie wordt onmiddellijk gedeactiveerd wanneer de temperatuur boven de 70°C komt, en wordt daardoor volledig geëlimineerd door isotherme bevochtigers [8].

Bepaalde typen adiabatische bevochtigers, zoals hogedrukbevochtigers en ultrasone bevochtigers kunnen ook gebruikt worden in ziekenhuistoepassingen, zolang ze zodanig gefabriceerd zijn dat ze hygiënisch veilig zijn. Bevochtigers moeten bijvoorbeeld voorkomen dat er stilstaand water wordt geaccumuleerd door dit af te voeren tijdens periodes van inactiviteit. Daarnaast moeten ze periodiek gespoeld worden om te voorkomen dat er een gunstige omgeving wordt gecreëerd voor de vorming en groei van bacteriekolonies.

Daarnaast moet ook de kwaliteit van het toevoerwater bewaakt worden, omdat overtollige minerale zouten en micro-organismen zich kunnen verspreiden in de omgeving als ze niet worden gefilterd. Het gebruik van gezuiverd water dat geproduceerd is met omgekeerde-osmosesystemen wordt daarom aanbevolen. De technologie is commercieel ontworpen en garandeert uitstekende filtratieprestaties.

Er is nog een voordeel als bevochtigers worden gebouwd met behulp van corrosiebestendig materiaal dat vuilophoping voorkomt, zoals roestvrij staal.

Ook moeten er behandelingen met lampen met UV-straling worden uitgevoerd om eventuele bacteriën te verwijderen die de omgekeerde-osmosebehandelingen hebben overleefd. Als alternatief zouden er chemische biociden kunnen worden gebruikt. Deze zijn echter vrij duur en er zijn speciale maatregelen nodig voor het afvoeren van het afvalwater, evenals frequente analyses van de bacteriële verontreiniging. Bovendien zouden bevochtigers in geval van een storing in het biocidebeheer- en distributiesysteem kunnen blijven werken met hygiënisch onzuiver water: daarom is dit **geen intrinsiek veilige** oplossing en in ieder geval ongeschikt voor ziekenhuistoepassingen.

Verdere veiligheid kan gegarandeerd worden via limietsondes. Dit zijn sensoren die in kanalen of in de ruimte worden geplaatst en detecteren wanneer de vochtigheid een ingestelde drempel overschrijdt. In dat geval wordt de productie gestopt waardoor condensatie voorkomen wordt, omdat het aanzienlijke hygiënische risico's met zich mee kan brengen in geval van ophoping van stilstaand water. De meest ontwikkelde modellen ondersteunen een modulerende uitlezing van de sonde, dus de productie neemt geleidelijk aan af naarmate het drempelniveau wordt bereikt, waardoor plotselinge onderbrekingen die ongewenste gevolgen kunnen hebben worden vermeden.

Om condensatie te voorkomen zijn sommige bevochtigers uitgerust met een AAN/UIT-functie op afstand, die de vochtproductie blokkeert als het kanaalventilatiesysteem niet werkt.

Tot slot moet ook de aanwezigheid van certificeringen van gespecialiseerde instanties worden gecontroleerd, zoals de Duitse VDI 6022, omdat deze bewijs zijn van het feit dat de fabrikant oplossingen heeft gebruikt die de hygiëne van het systeem waarborgen.

Betrouwbaarheid



Ziekenhuizen zijn faciliteiten van primair belang, die ook in geval van storingen, onderhoud of bijzondere weersomstandigheden betrouwbaar moeten zijn. In de winter is een uurlijkse luchtverversing zonder bevochtiging genoeg om vochtigheidsniveaus onder de alarmdrempel te laten dalen. Het bevochtigingssysteem moet daarom betrouwbaar zijn en stilstand van apparatuur tot een minimum beperken zodat absolute service-continuïteit gegarandeerd is.

Een eerste suggestie is om systemen te kiezen die de noodzaak van stilstand voor het uitvoeren van onderhoudswerkzaamheden tot een minimum beperken. Over het algemeen zijn de bevochtigers die minder onderhoud nodig hebben de systemen die werken met gezuiverd water, omdat er dan minder kalkaanslag is en reiniging en/of periodieke vervangingen niet zo vaak nodig zijn. Dit aspect sluit bepaalde bevochtigingstechnologieën uit zoals het systeem met de ondergedompelde elektrode, omdat deze niet kunnen werken met gezuiverd water en, afhankelijk van de kwaliteit, vaker interventies voor het vervangen/reinigen van de cilinders kunnen vereisen.

Een hogere leesbaarheid betekent kortere stilstandtijd, tijdens welke de machine actief is maar niet in staat is om de vochtigheid aan te pakken. Bij isotherme bevochtigers hebben oplossingen waarbij het water voorverwarmd wordt in de cilinder en de frequentie van het aantal waterspoelingen om kalkaanslag te voorkomen gereduceerd wordt, de voorkeur.

Bevochtigers die uitgerust zijn met rotatie- en redundantiefuncties worden sterk aanbevolen. Rotatie maakt afwisseling van bevochtigers mogelijk, zodat ze allemaal in werking kunnen blijven en het interval tussen onderhoud verlengd wordt. Redundantie zorgt ervoor dat handelingen continu uitgevoerd kunnen worden. In geval van stilstand van de machine vanwege onderhoud of storing, wordt de productie van stoom niet onderbroken, omdat andere bevochtigers de machine compenseren.

Een bevochtigingssysteem met deze beide kenmerken (werking met gezuiverd water en met rotatie-/redundantiefuncties) is de ideale oplossing om betrouwbaarheid te verzekeren; de productie van vocht wordt niet onderbroken, zelfs niet tijdens onderhoud.

Energiebesparing



Het installeren van efficiënte systemen die minder energie gebruiken heeft het dubbele voordeel van besparing van gebruikskosten en voldoen aan de meest recente regelgeving op het gebied van airconditioning. Sommige op de markt

verkrijgbare technologieën en bevochtigers zijn uitgerust met speciale functies die een hogere investering rechtvaardigen door hogere besparingen op de lange termijn op te leveren.

Isotherme bevochtigers zijn over het algemeen in het nadeel vergeleken met andere technologieën voor wat betreft energieverbruik. Om te werken moeten deze immers water koken, en hebben ze dus ongeveer 750 W per liter verdampt water/uur nodig. Bevochtigers met verwarmers of ondergedompelde elektrodes worden elektrisch gevoed en hebben daardoor hoge gebruikskosten bij hoge capaciteiten.

Gasgestookte bevochtigers gebruiken dezelfde energie, maar hun brandstofkosten zijn lager, dus ze zijn beslist concurrerder bij de zware gebruikstoepassingen van luchtbehandelingssystemen in ziekenhuizen.

Adiabatische bevochtigers zijn daarentegen beter vanuit verbruiksoogpunt, omdat het vermogen dat nodig is voor hogedrukverstuivingspompen (< 4 W) en het laten trillen van bevochtigertransducers (< 80 W) buitengewoon laag is. Ondanks het lage vermogen dat nodig is voor lagedrukpompen, verhogen bevochtigers met bevochtigde media het stroomverbruik van de ventilator van het systeem aanzienlijk, met een permanente stijging van belastingsverliezen.

Als u wilt profiteren van het koelingseffect van verdamping in de zomermaanden, dan zijn adiabatische bevochtigers de perfecte optie. Dit type toepassing garandeert de beste prestaties in warme en droge omgevingen, omdat het de lucht bevochtigt en afkoelt terwijl het tegelijkertijd energiebesparing maximaliseert. Het koelingseffect is 0,7 kW voor elke liter verdampt water, met een gering energieverbruik.

Door retourlucht te bevochtigen en te koelen voordat deze door een terugwinningswisselaar gaat, kan er koelere lucht worden verkregen in de zomermaanden, nog voordat teruggekeerd wordt naar airconditioningssystemen, waardoor het energieverbruik verminderd wordt (indirecte verdampingskoeling).

Connectiviteit



Connectiviteitsfuncties zijn niet strikt noodzakelijk, maar ze zijn wel wenselijk en worden steeds belangrijker, vanwege de groeiende behoefte om informatie in complexe systemen met verschillende instelpunten zoals ziekenhuizen te beheren, te volgen en te verzamelen.

Daarom is het steeds gebruikelijker om HVAC-systemen aan te treffen die beheerd worden door een BMS (Building Management System), dat tevens het bevochtigingssysteem bewaakt, waardoor gecentraliseerd beheer op meerdere locaties wordt geleverd. In deze context is het van essentieel belang dat bevochtigers over de meest populaire communicatieprotocollen beschikken, zoals Modbus en BACnet.

Sommige ultramoderne bevochtigers zijn tevens uitgerust met een geïntegreerde webserver. Dit is een systeem dat beheer, toezicht en bewaking van het gehele bevochtigingssysteem mogelijk maakt op een lokaal netwerk, rechtstreeks vanaf een pc of tablet. Als dit wordt aangesloten op een geschikt supervisiesysteem, kan het ook op afstand worden beheerd, waardoor het makkelijker wordt om de meerdere systemen die geïnstalleerd zijn in ziekenhuisfaciliteiten te bewaken.

Hygiëne	Betrouwbaarheid	Energiebesparing	Connectiviteit
<ul style="list-style-type: none"> • stoombevochtiging • geen waterophoping • periodieke spoeling • gezuiverd water • corrosiebestendig materiaal • behandeling met UV-straling • limietsonde • consensus van AHU-ventilator • hygiënecertificeringen 	<ul style="list-style-type: none"> • rotatie- en redundantiefuncties • minder stilstand voor onderhoud • gezuiverd water • voorverwarming van water en minder vaak afvoer verdunning 	<ul style="list-style-type: none"> • adiabatische bevochtiging • verdampingskoeling • indirecte verdampingskoeling • lagere gebruikskosten bij gasgestookte bevochtigers 	<ul style="list-style-type: none"> • geïntegreerde communicatieprotocollen (Modbus, BACnet) • compatibel met BMS en beheer op afstand • geïntegreerde webserver

7. Systemen voor distributie van stoom/nevel

Distributiesystemen voor bevochtigingsbelasting voor ziekenhuistoepassingen zijn praktisch altijd in kanalen geplaatst en bestaan uit verschillende geperforeerde spuitstukken, afhankelijk of ze gevoed worden met water onder druk of stoom.

De effectiviteit ervan is afhankelijk van de absorptiefrequentie, dat wil zeggen een zeer belangrijke parameter die de hoeveelheid water meet die geabsorbeerd wordt door de lucht, vergeleken met de totale input van het kanaal. Niet-geabsorbeerde nevel of stoom die opnieuw condenseert na contact met oppervlakken vormt zowel een verspilling van energie als een gevaar voor de hygiëne van het kanaal.

Distributiesystemen met water onder druk moeten bestaan uit roestvrij staal en op maat gemaakt zijn voor de afmetingen van het kanaal. De spuitmondjes moeten vrij klein, talrijk en op de juiste afstand van elkaar geplaatst zijn zodat het grootste gedeelte van de sectie bevochtigd wordt, zonder dat een lang gedeelte van het kanaal voor absorptie bestemd moet worden.

Stoomdistributiesystemen hebben gewoonlijk hogere absorptiecapaciteiten, maar ze veroorzaken hercondensering van stoom wanneer deze in aanraking komt met de koele metalen oppervlakken van het distributiesysteem. Om dit verschijnsel te beperken zijn sommige distributiesystemen uitgerust met condensscheiders voor de stoomlansen, spuitmonden die stoom trekken vanuit het midden van de lans, isolatielagen of luchtkussens die de externe oppervlakken beschermen tegen overmatige temperaturedalingen.

Een ander onderdeel van het vochtdistributiesysteem is de druppelscheider, die alleen gebruikt wordt bij adiabatische bevochtigers. Deze moet ook van roestvrij staal gemaakt zijn bij ziekenhuistoepassingen en zo ontworpen zijn dat panelen makkelijk te verwijderen en te reinigen zijn tijdens periodieke onderhoudswerkzaamheden.

Het kanaal moet een gekantelde opvangtank met een afvoer hebben om ophoping van water te voorkomen. Daarnaast kan een reeks oplossingen worden gebruikt om luchtbehandelingssystemen "ontsmetbaar" te maken: frames en panelen kunnen zo worden geconstrueerd dat infiltraties voorkomen worden en de kanalen zowel thermisch als akoestisch geïsoleerd worden. Ook zijn er speciale antibacteriële oppervlaktebehandelingen verkrijgbaar.

8. Waterbehandelingsystemen

Waterbehandelingsystemen verbeteren de kwaliteit van het toevoerwater om de werking van de bevochtiger te verbeteren, en vooral om de kwaliteit van de uiteindelijke lucht te verbeteren. Dit is de reden waarom waterbehandelingsystemen in ziekenhuizen altijd geassocieerd moeten worden met ofwel adiabatische, of bepaalde typen isotherme bevochtigers.

De belangrijkste behandelingen die gebruikt worden bij bevochtigingstoepassingen zijn ontharding en omgekeerde osmose.

Ontharding

Ontharding is een behandeling die tijdelijke hardheid vermindert maar het water niet zuivert: hierbij worden eenvoudigweg de kalkzouten calcium en magnesium vervangen door natrium. Dit vermindert kalkaanslag in isotherme bevochtigers die werken met heet water, maar het zoutgehalte in het water wordt niet verminderd. Dezelfde hoeveelheid opgelost zout komt in de lucht terecht, ongeacht of er onthard of niet-onthard water worden gebruikt, en op die manier wordt de luchtkwaliteit, het comfort van mensen en de goede functionering van de processen en de bevochtiger beïnvloed.

Bovendien leidt onthard water tot schuimvorming en een snellere corrosie van de verwarmingselementen in isotherme bevochtigers. De enige situatie waarin ontharding geschikt is, is voor toevoer van bevochtigers met ondergedompelde elektrodes, omdat deze opgeloste zouten nodig hebben om te kunnen werken. In alle andere gevallen wordt demineralisatie via omgekeerde osmose aanbevolen.

Omgekeerde osmose

Osmose verlaagt de geleidbaarheid van water, waardoor het gehalte aan opgeloste zouten verminderd wordt. Het is een behandeling die niet alleen kalkaanslag binnen de bevochtigers remt, maar die het water in zijn geheel zuivert. Met omgekeerde osmose kunnen bevochtigers bij de beste condities werken en wordt de luchtkwaliteit verbeterd, ten gunste van mensen en apparatuur.

Enkele nuttige kenmerken om op te letten bij deze systemen zijn: gebruiksvriendelijk onderhoud, aanwezigheid van een geïntegreerde behandeling met UV-lampen om alle bacteriën te verwijderen en een hoge afwijzingsverhouding, die aangeeft hoeveel "schoon" water er geproduceerd wordt vergeleken met het gebruikte water.

Criteria bij de keuze van een bevochtiger

Het beste systeem voor het bevochtigen van verschillende ziekenhuisafdelingen hangt af van de kenmerken van elke installatie. Er kunnen echter enkele afwegingen worden gemaakt met betrekking tot de te kiezen technologie.

Zoals we in het volgende hoofdstuk zullen zien, is het gebruik van stoombevochtigers vaak wettelijk verplicht in specifieke ziekenhuisafdelingen. Op andere plaatsen kan de keuze gebaseerd worden op de vereiste capaciteit, de ruimte die beschikbaar is in het kanaal, gebruikskosten en investeringskosten.

Over het algemeen hebben adiabatische bevochtigers zeer lage gebruikskosten, hogere investeringskosten en zijn er grotere absorptieafstanden in het kanaal voor nodig. Hogedrukverstuivers hebben gemiddelde kosten per liter/uur die geschikter zijn voor toepassingen met een hoge capaciteit vergeleken met ultrasone verstuivers. Bovendien kunnen sommige modellen de toevoerlucht direct (in de winter) en de retourlucht indirect verwarmen (in de zomer) met één pomp.

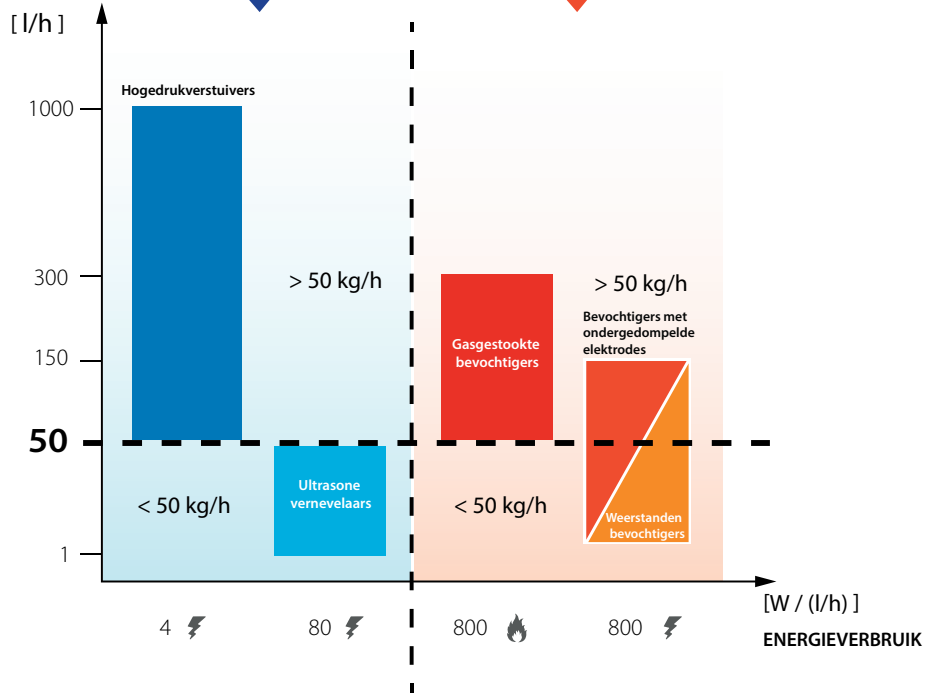
Isotherme bevochtigers hebben lagere investeringskosten maar veel hogere gebruikskosten, dus ze hebben de voorkeur bij kleine tot gemiddelde capaciteiten of wanneer ze wettelijk verplicht zijn. Gasgestookte bevochtigers worden aanbevolen bij grotere systemen, omdat bevochtigers met ondergedompelde elektrode/verwarmer elektriciteit absorberen. De verschillen tussen de laatste twee zijn sterk afhankelijk van het gekozen model, maar we kunnen zeggen dat bevochtigers met verwarmer makkelijker te onderhouden zijn en flexibeler zijn in termen van toevoerwater en modulatie. Ze vragen echter om een hogere begininvestering.

Ongeacht de gekozen technologie, is het goed om te na te gaan of de overwogen oplossing uitgerust is met de productieoplossingen die besproken zijn in dit hoofdstuk, zodat ze voldoen aan de hygiëne- en betrouwbaarheidsbehoeften en de energiebesparings- en connectiviteitsbehoeften die specifiek gelden voor ziekenhuisfaciliteiten.

- Lage gebruikskosten en hoge capaciteit
- Benutten van het verdampende koelingseffect

- Volgens de normen moet stoombevochtiging worden gebruikt
- Lage investeringskosten en lage capaciteit
- Zeer korte absorptieafstand in het kanaal

BEVOCHTIGINGSBELASTING



⚡ Elektriciteitsverbruik

🔥 Aardgasverbruik

Geldende normen

De kenmerken van luchtbehandelings- en bevochtigingssystemen zijn zowel in Italië als daarbuiten gereguleerd in een serie regionale, nationale en internationale wetten.

Risicobeheersing in verband met de legionellabacterie is zo belangrijk geworden, dat hiervoor speciale wetgeving in het leven is geroepen.

Luchtbehandeling en specifiekere bevochtiging zijn streng gereguleerd door regionale, nationale en internationale wetten volgens het type ziekenhuisomgeving dat behandeld wordt. In operatiekamers gelden bijvoorbeeld de strengste normen met betrekking tot temperatuur-vochtigheid en luchtkwaliteit, terwijl bij patiëntenkamers, bezoekersruimtes, kleedkamers, kamers voor medische voorraden enz. andere condities gelden.

Veel parameters zijn wettelijk gereguleerd. De belangrijkste zijn:

- het acceptabele temperatuur- en relatieve vochtigheidsbereik
- het vereiste aantal uurlijkse luchtwisselingen als een bepaalde ruimte in gebruik is

Andere parameters zijn onder andere de reinheidsklasse, type en effectiviteit van filters, ontsmettingstijd, type luchtstroming, type en locatie van ontluchters, luchtsnelheid, maximaal temperatuurverschil tussen de toevoerlucht en de kamer, aanwezigheid van anesthesiegas, geluidsniveau.

Wetgeving verschilt vaak van land tot land, maar de meest actuele en stringente wetgeving schrijft een bereik van temperatuur- en vochtigheidscondities voor die overeenkomt met wat beschreven wordt in dit document.

De risicobeheersing met betrekking tot legionella wordt daarentegen bepaald door speciale wetgeving in ieder land, waarin aspecten worden vastgesteld met betrekking tot:

- fabricagekenmerken van de installatie tegen het risico van legionella.
- de elementen die de verspreiding van de legionellabacterie verhogen (watertemperatuur 20÷50 °C, leidingen met een lage stroomsnelheid, systemen die niet frequent gebruikt worden, kenmerken van het toevoerwater, rubberen pakkingen enz....)
- wanneer en op welke systemen beoordelingen moeten worden uitgevoerd ten aanzien van het risico van legionella
- monsternamen- en analysemethoden
- desinfectie
- reiniging en periodiek onderhoud

9. Italiaanse wetgeving

De officiële Italiaanse wetgeving met betrekking tot de vereisten van luchtbevochtigingssystemen in ziekenhuizen zijn het Presidentiële Besluit 14/01/1997 (legge Bindi) en de uitgebreidere UN11425, waarnaar in het eerstgenoemde besluit wordt verwezen.

Andere referentieteksten zijn de "Linee guida per la definizione degli standard di sicurezza e di igiene ambientale dei reparti operatori" (Richtlijnen voor de definitie van veiligheids- en omgevingshygiënenormen voor operatieafdelingen) van de ISPESL van 2009 en de "Misure igienistiche e requisiti tecnico-gestionali degli impianti di climatizzazione a contaminazione controllata nelle sale operatorie" (Hygiëne maatregelen en technische/beheersvereisten van airconditioningsystemen met gecontroleerde reinheid in operatiekamers) van ARESS van 2010.

UNI 11425 bepaalt dat het enige type bevochtiger dat geschikt is voor luchtbevochtigingssystemen voor operatieafdelingen isotherme of stoombevochtigers zijn; het gebruik van de adiabatische technologie is dus beperkt tot andere ziekenhuisomgevingen.

Hieronder volgen de belangrijkste indicaties die uiteengezet zijn in de Italiaanse wetgeving.

Kamers	Temperatuur [°C]		R.V. [%]		Overdruk vergeleken met buiten [Pa] (1)	Buiten- lucht [vol/u]	Gerecirculeer- de lucht [-]	Reinheids- klassen in overeenstem- ming met UNI EN ISO 14644-1	Eindfilte- ringsniveau	Geluids- druk-niveau
	Winter	Zomer	Winter	Zomer						
Operatiekamers met zeer hoge luchtkwaliteit	≥ 20	≤ 24	≥ 40	≤ 60	15 ⁽¹⁾	15	JA ⁽²⁾	ISO5	H14	45 ⁽³⁾
Operatiekamers met hoge luchtkwaliteit					15 ⁽¹⁾	15	JA ⁽²⁾	ISO7	H14	45 ⁽³⁾
Operatiekamers met standaard luchtkwaliteit					15 ⁽¹⁾	15	- ⁽⁴⁾	ISO8	H14	45 ⁽³⁾
Steriele opslag	≥ 22	≤ 26	≥ 40	≤ 60	15	≥ 2 ⁽⁵⁾	- ⁽⁴⁾	-	H14	45
Vorbereitung van patiënten die geopereerd worden					10	≥ 2 ⁽⁵⁾	- ⁽⁴⁾	-	≥ H12	-
Vorbereitung van personeel					10	≥ 2 ⁽⁵⁾	- ⁽⁴⁾	-	≥ H12	-
Wakker maken van patiënten die een operatie hebben gehad					10	≥ 2 ⁽⁵⁾	- ⁽⁴⁾	-	≥ H12	-
Schone/steriele gang					10	≥ 2 ⁽⁵⁾	- ⁽⁴⁾	-	≥ H12	-
Ruimtes voor filters die gebruikt worden bij patiënten die geopereerd worden					5	≥ 2 ⁽⁵⁾	- ⁽⁴⁾	-	≥ F9	-
Ruimtes voor filters die gebruikt worden voor personeel					5	≥ 2 ⁽⁵⁾	- ⁽⁴⁾	-	≥ F9	-
Sub-sterilisatie					10	≥ 2 ⁽⁵⁾	- ⁽⁴⁾	-	≥ H12	-
Schone opslag	≥ 18	≤ 26	≥ 40	≤ 60	10	≥ 2 ⁽⁵⁾	- ⁽⁴⁾	-	≥ H12	-
Vuile opslag					5	≥ 2 ⁽⁵⁾	NEE	-	≥ F9	-
vereiste waarden volgens Presidentieel Besluit 14/01/1997										

Opmerking: gegevens geleverd door AiCARR

(1) De druk in operatiekamers die gebruikt worden voor geïnfecteerde patiënten is lager in vergelijking met naastliggende kamers.

(2) Zie de voorbeelden in bijlage D.

(3) In het geval van renovatiewerkzaamheden waarbij het noodzakelijk is om klasse IOS5 operatiekamers te gebruiken met recirculatiesystemen in de kamers, is het maximale geluidsniveau dat bereikt mag worden 48 dB (A) en moet het project de reden voor de beslissing bevatten.

(4) Afhankelijk van hoe schoon de lucht moet zijn, evenals de bewaking.

(5) Minimumwaarde als er geen andere waarden zijn die in relatie tot de specifieke behoeften t.a.v. het aantal mensen in de ruimte zijn ingesteld, bronnen van verontreiniging en op basis van een risicoanalyse.

In de richtlijnen voor de preventie en bewaking van legionellose van het Ministerie van Volksgezondheid (mei 2015) worden alle maatregelen en voorschriften ter voorkomen van de verspreiding van legionella uiteengezet. Ze zijn van toepassing op de gehele ventilatie- en watersystemen en brengen periodieke beoordelingen en analyses door deskundig personeel met zich mee, om indien nodig te beslissen over de te treffen corrigerende maatregelen.

Wat betreft bevochtiging **verbiedt** deze verordening het gebruik van systemen die **stilstaand water** veroorzaken en worden systemen die recirculatie gebruiken binnen het luchtbehandelingssysteem afgeraden. In adiabatische bevochtigers moet de kwaliteit van het inkomende water regelmatig worden gecontroleerd volgens de resultaten van de legionellose-
risicobeoordeling en mogen de drempelniveaus van bacteriële verontreiniging nooit worden overschreven. Deze aanbeveling is rechtsgeldig en zou de mogelijkheid om bevochtigers met bevochtigde media met recirculatie in praktische alle luchtbehandelingssystemen uitsluiten, niet alleen die voor ziekenhuistoepassingen.

Er bestaan ook bepaalde regionale verordeningen, zoals de "Raccomandazioni [...] per le strutture sanitarie" (Aanbevelingen [...] voor gezondheidszorginstellingen) van de regio Piemonte, Regionale verordening 1115 21/07/2008 van de regio Emilia Romagna en "Linee guida per la prevenzione e controllo della Legionellosi" (Richtlijnen ter voorkomen en bewaking van legionellose) (maart 2009) van de regio Lombardije. Wij raden daarom aan om beide typen verordeningen te bestuderen, regionaal en nationaal, en te voldoen aan de strengste normen hiervan.

10. Internationale wetgevingen

		UNI 11425:2011	ASHRAE Std 170 2013	DIN 1946-4
		ITALIË	VERENIGDE STATEN	DUITSLAND
Temperatuur-vochtigheids-condities	Temperatuur toevoerlucht, relatieve vochtigheid	Winter $\geq 20^{\circ}\text{C}$, $\text{RV} \geq 40\%$; zomer $\leq 24^{\circ}\text{C}$, $\text{RV} \leq 60\%$	$20 \pm 2^{\circ}\text{C}$, instelbaar, $\text{RV} 40 \pm 60\%$	$19 \pm 2^{\circ}\text{C}$, instelbaar, HR volgens DIN 13779
	Δt max tussen toevoerlucht T en kamer T	$-0,5 < \Delta T < -2^{\circ}\text{C}$	Niet gespecificeerd	Niet gespecificeerd
Reinheids-klasse	ISO-klasse vereist	3 reinheidsklassen: ISO5, ISO7, ISO8	Niet gespecificeerd	Classificatie volgens Rkl: klassen Ia, Ib, II
	Meting van verontreiniging	Zesmaandelijkse bewaking van reinheidsklasse (ISO 14644-3)	Niet gespecificeerd	Bacteriologische en deeltjestellingen
Minimale oppervlakte operatiekamer		Niet gespecificeerd	Niet gespecificeerd	Niet gespecificeerd
Luchtwisseling en -recirculatie	Recirculatie toegestaan?	Ja, met lucht uit dezelfde operatiekamer	Ja	Ja maar uit dezelfde groep kamers
	Uurlijkse luchtwisselingen	15 vol/u	tussen 6 en 20 vol/u	1200 m ³ /u buitenlucht
Filters	Filtervereisten	3 filterniveaus: standaard(H12), hoog(H13), zeer hoog(H13/H14)	Transplantaties en orthopedie (7,8,17); operatiekamers (8 en 14) (STD-klassen volgens ASHRAE 52.2-1999)	1e stadium F5 (F7 aanbevolen), 2e F9, 3e H13 binnen 0,5 m van de kamer
	Filterposities	Absolute filters binnen de operatiekamer geplaatst	Boven AHU en tweede stadium onder AHU, absolute filters in operatiekamers	1e stadium boven AHU, 2e op toevoer, 3e op toevoer
Specificaties m.b.t. ontsmettingstijd		ISO 14644-3	Niet gespecificeerd	Niet gespecificeerd
Typen luchtstroming	Aanbevolen stroming	Turbulente of gemengde unidirectionele luchtstroming	Omlaaggerichte unidirectionele luchtstroming, inlaatroosters aan onderkant	Unidirectionele luchtstroming voor type A kamers, unidirectionele of gemengde stroming voor type B kamers
	Speciale systemen vereist	Niet gespecificeerd	Niet gespecificeerd	Niet gespecificeerd
Luchtsnelheid	Max. toegestane turbulentie in operatiekamer	Niet gespecificeerd	Niet gespecificeerd	Niet gespecificeerd
	Limiet luchtsnelheid in operatiekamer	Niet gespecificeerd	Niet gespecificeerd	Niet gespecificeerd
	Luchtsnelheid bij uitlaten/diffusors	Zodanig dat unidirectionele luchtstroom niet verstoord wordt	Aanbevolen 0,15 m/s na filter	Minimum 0,23 m/s na filter
Onderverdeling van zones	Onderverdeling van operatiekamers	Fysieke onderverdeling van kamers naar functie	Niet gespecificeerd	Verwijzing naar tabel 2 van de norm
	Identificatie van zones met verschillende verontreinigingsklassen	Zones met verschillende verontreiniging volgens asepsis	Niet gespecificeerd	Klasse I zone, hoge bacteriebeheersingsvereisten (operatiekamers)
	Methode voor beheer van reinheid	Drukverschil ≥ 10 Pa in operatiekamerblok en 15 tot 20 Pa in operatiekamer	Overdruk van 2,5 Pa met deuren gesloten	Luchtstroom tussen kamers met kruispatroon om stromingsrichting in te stellen
Positie van luchtopeningen	Toevoer	Niet gespecificeerd	op plafond, unidirectioneel	Niet gespecificeerd
	Retour	Niet gespecificeerd	Ten minste 2 openingen bij de grond (75 mm van de vloer)	Aan bovenkant (recirculatie) en onderkant (uitlaat)
Anesthesiegassen	Concentratielimieten operatiekamers	N_2O : <100 ppm gebouwd voor '89, <50 ppm gerenoveerd voor '89, <25 ppm gebouwd na '89, <2ppm nieuwe kamers	Niet gespecificeerd	N_2O = 25 ppm; gehalogeneerd = 2 ppm plafond (NIOSH-waarden)
Minimale stroomsnelheid in stand-by		15 vol/u	Niet gespecificeerd	in stand-by min 2 m/s in kanalen voor HEPA-filters
Maximaal toegestaan geluidsniveau		"<45 dB in operatiekamer (indien ISO 5 <48 dB)"	Niet gespecificeerd	48dB(A)

Opmerking: gegevens geleverd door AiCARR

NF S 90 351	SWKI 99-3F	ONORM H 6020-1	GOST R 52539/2006
FRANKRIJK	ZWITSERLAND	OOSTENRIJK	RUSLAND
19÷26°C, RV 45÷65%	18÷24°C, instelbaar, RV 30÷50%	22÷26°C±1°C, instelbaar, RV 40÷60%	18÷24±1°C, min. HR-waarde 30% bij 22°C
Niet gespecificeerd	ΔT max. 1°C, max. afwijking toevoerlucht T ±1°C	Niet gespecificeerd	Niet gespecificeerd
ISO5 B10 (zone4), ISO7 B10 (zone3), ISO8 B100 (zone2)	Classificatie niet vereist	4 zuiverheidsklassen: A en B=ISO5, C=ISO7, D=ISO8	Risico onderverdeeld in 5 niveaus, kamers met hoogste risico ISO5
ISO-klassen, kinetische ontsmettingsklassen, bacteriologische klassen (CFU/m3)	Deeltjestellingen met monsterbron (CFU/m3 classificatie is niet zinvol)	CFU/m3-limieten voor binnenlucht en kamers van verschillende klassen: I, II, III, IV, klasse I	Deeltjestellingen met meting 30 cm van operatietafel
Niet gespecificeerd	Niet gespecificeerd	Niet gespecificeerd	Niet gespecificeerd
Ja maar uit dezelfde groep kamers	Ja	Ja, met lucht gefilterd met absolute filters	Ja, met lucht uit dezelfde operatiekamer
6 vol/u	Buitenlucht 100m3/(u*pers);	Stroomsnelheid buitenlucht 20 m3/u per m2 oppervlakte	100 m3/u p.p.; >12 vol/u operatiekamers
1e stadium F6 (buitenlucht), 2e stadium F7, 3e stadium H13, min. F5 voor roosters	1e stadium F5 (buitenlucht), 2e stadium F9, 3e stadium H13	"Voor klassen I en 3 II; F7,F8,H13; extractie F6"	3 filterniveaus: F7,F9, H14 (deze direct in de kamer)
1e stadium boven AHU, 2e boven bevochtiger, 3e ingang naar gecontroleerde zone	1e stadium boven AHU, 2e op toevoer, 3e op toevoer	1e stadium boven AHU, 2e op toevoer, 3e op toevoer	1e stadium boven AHU, 2e op toevoer, 3e op toevoer
Tijd om concentratie met 90% te reduceren voor de verschillende zones	Niet gespecificeerd	Niet gespecificeerd	Niet gespecificeerd
Unidirectionele luchtstroming in zone 4, gemengd in zone 3, turbulent voor overige	Unidirectionele luchtstroming boven de bezette zone	Klasse I: toevoerluchtstroming met lage turbulentie	Unidirectionele luchtstroming voor de meest kritische toepassingen, niet-unidirectioneel voor overige
Niet gespecificeerd	Niet gespecificeerd	Ja, in klasse I en II kamers	Niet gespecificeerd
Niet gespecificeerd	Max. 10% op 1,5 m hoogte	Niet gespecificeerd	Niet gespecificeerd
Niet gespecificeerd	Niet gespecificeerd	0,45 m/s voor klasse I en II	Niet gespecificeerd
Luchtsnelheid bij koelspoel <3m/s	Toevoer 0,24 m/s, gemiddeld 0,2 m/s	Niet gespecificeerd	"Tussen 0,24 en 0,30 m/s"
Niet gespecificeerd	Niet gespecificeerd	Niet gespecificeerd	Niet gespecificeerd
4 zones, niet noodzakelijk fysiek gescheiden in operatiekamers en servicekamers	Zones met verschillende verontreiniging, niet noodzakelijk fysiek gescheiden	Fysieke scheiding van de verschillende kamers	Fysieke scheiding van de verschillende kamers
Luchtsnelheid >0,2 m/s of anders druk >15 tot 20 Pa	Dynamische bescherming van zones met omlaaggerichte verticale luchtstroom	DP>30 Pa met afzuigstelsysteem uit, dempers om kanalen te sluiten	DP>10 Pa tussen naastliggende kamers, continue overdrukregeling
Niet gespecificeerd	filtering plafond, oppervlakte >9 m2	Niet gespecificeerd	Unidir. plafonddiffusors >9 m2
Niet gespecificeerd	Gelijkmatige verdeling van openingen op plafond/wand	Boven en onder, afgezogen lucht 75% onder, 25% boven	>50% van retour aan bovenkant (plafond en wanden)
Niet gespecificeerd	Niet gespecificeerd	Niet gespecificeerd	Niet gespecificeerd
Minimaal 6 maal l/u luchtwisseling	Niet gespecificeerd	Systeem uit wanneer niet gebruikt, herstarten 30 min. voor gebruik	Niet gespecificeerd
Niet gespecificeerd	48 dB(A) op 1,75 m van de vloer	45 dB(A) in operatiekamer, 35 dB(A) in steriele opslag en overige kamers	Niet gespecificeerd

Deze parameters stellen de instelpunten en kenmerken van het ventilatiesysteem in, maar vaak ook worden er in internationale wetgevingen, zoals de Italiaanse, beperkingen gegeven met betrekking tot het type bevochtiger dat gebruikt mag worden in specifieke ruimtes. Operatiekamers zijn het strengst gereguleerd en de normen schrijven gewoonlijk voor dat de luchttoevoer in deze kamers moet plaatsvinden via speciale luchtbehandelingssystemen met een isotherm bevochtigingssysteem.

De Amerikaanse verordening ASHRAE 170-2013 is recent bijgewerkt met een addendum [9] waarin het gebruik van adiabatische hogedrukbevochtigers in operatiekamers is toegestaan, mits er maatregelen worden genomen om een hygiënische installatie te garanderen. Deze bestaan uit omgekeerde osmose-systemen met UV-lampen voor waterbehandeling, het gebruik van druppelscheiders en limietsondes, geen recirculatie van water en consensus voor activering van de bevochtiger ondergeschikt aan activering van de kanaalventilator. Veel kenmerken die we eerder hebben geïdentificeerd als positief voor een hygiënische installatie zijn dan ook vereisten die vastgelegd zijn in de normen.

Enkele van de belangrijkste internationale wetgevingen inzake risicobeheersing van legionella zijn:

Land	Referentienormen
FRANKRIJK	Circulaire 08/12/2015; Circulaire 493 28/10/2015; Circulaire 323 11/07/2005;
SPANJE	Real Decreto 865/2003;
VERENIGD KONINKRIJK	L8: Legionnaires' disease. The control of legionella bacteria in water systems (2013);
DUITSLAND	VDI 6022-3 (2002); Bericht Legionellen und Legionellose (05/2005);
ZWITSERLAND	Legionella e Legionellosi (03/2009);
EUROPA	REHVA Legionella prevention: practical guide for design, installation, operation and maintenance to minimize the risk;
VERENIGDE STATEN	ANSI/ASHRAE Standard 188-2015 Legionellosis: risk management for building water systems; Guideline 12-2000: Minimizing the risk of Legionellosis associated with building water systems;

Bron: AICARR

11. Conclusies

Bevochtiging is een aspect dat belangrijker is dan men zou denken voor het gebruik van een ziekenhuisfaciliteit, door de grote impact ervan op de:

- ontwikkeling van ziekteverwekkers en de overdracht van patiëntinfecties;
- bescherming van medische apparatuur tegen elektrostatische ontladingen;
- het welzijn en de prestaties van patiënten en medisch personeel.

Uit tal van onderzoeken blijkt dat het optimale relatieve vochtigheidsbereik tussen de 40 en 60% ligt en in de normen die de installatie van ventilatie- en bevochtigingssystemen in ziekenhuizen reguleren, wordt het handhaven van soortgelijke waarden voorgeschreven.

Dit is de reden waarom bevochtigingssystemen verplicht zijn in ziekenhuizen. De verschillende onderdelen moeten zodanig geselecteerd worden dat ze geschikt zijn voor de toepassingsbehoeften met betrekking tot hygiëne, betrouwbaarheid en connectiviteit. Kies waar mogelijk voor adiabatische of krachtige isotherme bevochtigers, omdat hierin de bevochtigingsbehoeften en de energiebesparingsdoelen die behaald moeten worden in energieconsumerende instellingen als ziekenhuizen gecombineerd worden.

Deze keuze heeft een relevant effect op zowel de medische toestand van patiënten als de gerelateerde kosten voor de gehele gemeenschap.

BIBLIOGRAFIE

1. Taylor S. (2016), "Breathe Easy: two basic steps to improve patient outcomes and healthcare reimbursement".
2. Taylor S., Hugentobler W. (2016), "Is low indoor humidity a driver for healthcare-associated infections?".
3. Noti J.D., Blachere F.M., McMillen C.M., Lindsley W.G., Kashon M.L., Slaughter D.R., et al. (2013), "High humidity leads to loss of infectious influenza virus from simulated coughs".
4. News section of the Centro nazionale per la prevenzione delle malattie e la promozione della salute dell'Istituto superiore di sanità, www.epicentro.iss.it.
5. John M Kolyer, Donald E Watson (1999), "ESD from A to Z : electrostatic discharge control for electronics".
6. U.S. Department of Defense, Military Handbook 263B (1994), "Electrostatic discharge control handbook for protection of electrical and electronic parts, assemblies and equipment".
7. Wyon David P, Fang Lei, Lagercrantz Love, Fanger P. Ole (2005), "Experimental determination of the limiting criteria for human exposure to low winter humidity indoors".
8. World Health Organizations (2007), "Legionella and the prevention of legionellosis".
9. ASHRAE Standard 170-2013 Addendum M (2016), "Ventilation of Health Care Facilities".

Headquarters ITALY

CAREL INDUSTRIES Hqs.

Via dell'Industria, 11
35020 Brugine - Padova (Italy)
Tel. (+39) 0499 716611 - Fax (+39) 0499 716600
carel@carel.com

Sales organization

CAREL Asia Ltd.
www.carel.com

CAREL Australia Pty Ltd.
www.carel.com.au

CAREL Central and Southern Europe
www.carel.com

CAREL Deutschland GmbH
www.carel.de

CAREL Electronic (Suzhou) Co. Ltd.
www.carel-china.com

CAREL France Sas
www.carelfrence.fr

CAREL HVAC/R Korea Ltd
www.carel.com

CAREL Controls Ibérica, S.I.
www.carel.es

CAREL Italy
www.carel.it

CAREL ACR Systems India (Pvt) Ltd.
www.carel.in

CAREL Mexicana S de RL de CV
www.carel.mx

CAREL Middle East DWC LLC
www.carel.com

CAREL Nordic AB
www.carel.com

CAREL Russia LLC
www.carelrussia.com

CAREL Controls South Africa (Pty) Ltd.
www.carelcontrols.co.za

CAREL Sud America Instrumentação Electronica LTDA
www.carel.com.br

CAREL Thailand Co., Ltd.
www.carel.co.th

CAREL U.K. LTD
www.careluk.co.uk

CAREL U.S.A. L.L.C.
www.carelusa.com

Affiliates

CAREL Czech & Slovakia
CAREL spol. s.r.o.
www.carel-cz.cz

CAREL Ireland
FarrahVale Controls & Electronics Ltd.
www.carel.com

CAREL Japan Co., Ltd.
www.carel-japan.com

CAREL Turkey
CFM Sogutma ve Otomasyon San. Tic. Ltd.
www.carel.com.tr