

ARCHIVES, LIBRARIES AND MUSEUMS. CONTAINERS OFTEN SICK, SOMETIMES SERIOUSLY SICK

Roberto Nicolucci

Ingegnere, presidente di Techno srl, Ravenna

By analysing the different typologies of work-place it is possible to affirm that, because of multiple factors, exhibition halls, museums, archives and libraries are some of the most important indoor places.

The age of the building (and so its architectural and constructive features), as well as factors correlated to the different kind of activities done in those places and linked to a specific conservation need of the objects kept or exposed therein, because of all this situation, these indoor environments have some characteristics not always suitable for a safe and healthy conduct of the working activities by employees and often (but usually much lower) even for a healthy stay of visitors.

If, beyond the structural safety – a factor that, however, must not be underestimated in the presence of high number of books, documents, funds, works of historical-cultural interest of various kind (fig. 1), and in the presence of the public – it is known that one of the critical aspects of not recent archives, libraries and museums is often linked to fire safety, it is not vice versa often known how the microclimatic condition of these spaces (or the so-called IAQ *Indoor Air Quality*) is the most important cause of worries for the people in charge of such structures.

In many ways also respecting the

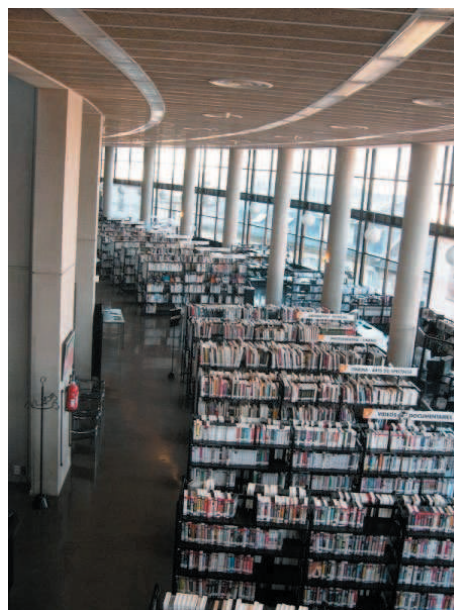


Figure 1. An important number of books in the Municipal Library of Chambéry France.

important needs of protection and preservation of goods, these “containers” are not always an ideal environment because the combination of “disturbances” called *Sick Building Syndrome* (SBS) can be found, with relative frequency, in the majority of the people staying inside the building.

In this paper we do not consider the mentioned important aspects linked to structural and fire safety and to the related (and very important) problems of buildings evacuation in case of emergency, but we focus on aspects regarding the health of the indoor spaces and the health of workers (regardless their job and therefore further specific, occupational risks).

It is important to precise that in Italy, as regards hygiene of work spaces, the current regulation, beyond the local Municipal Regulations of hygiene, is still constituted by the old DPR 303/56. This technical prescriptive standard if on the one hand is outdated with regard to the new Community approach in matter, on the other hand, however, it is almost entirely still in force, although it contains generally obsolete technical references nowadays redefined by abundant international technical standard to which is always important to refer, if it contains more precautions.

Since the mid-seventies in different parts of the world with ever increasing frequency, disturbances due to stay in often but not always crowded and provided with integrated air conditioning indoor places are reported, systems HVAC (*Heating, Ventilation and Air Conditioning*); precisely at that time the first scientific publications showed the symptoms and possible causes of what, shortly after, was called SBS.

According to some searchers the first discussion of SBS must however be referred to the study published in 1964, by the American Medical Theron Randolph with the title of *An Alternative Approach to Allergies* in which, for the first time, a close correlation between pollution generated from materials in home environment and allergies residents was suggested. Before having epidemiological observations on a large scale and therefore more reliable, we had to wait ten years.

It must be considered that the possibility to easily measure some important indoor pollutants, even at relatively low concentrations, dates back to the sixties, a time in which we started to have available equipment capable of assessing nitrogen oxides, radon, lead and asbestos fibres in air, and the compounds present in tobacco smoke.

During the observations extensively carried out during the next decade it was noticed that people involved by SBS complained generally, as well as symptoms of allergies, irritation in the eyes, nose, respiratory tract and occasionally skin and general symptoms such as headache, cough, hoarseness, nausea, fatigue, malaise, dizziness , hypersensi-

tivity to smells, difficulty concentrating. It was also observed mental disorders, although not important. In general in all work-places characterized by problems related to the SBS higher rates of absenteeism from work were registered than those found in a “healthy” work place.

The SBS was observed not only in offices or work-places but also in domestic environments.

It was also noticed that, once left the building, the complained disorders, usually decreased.

It was noticed that, frequently, the notifying of these disorders and conditions concerned the occupants of buildings recently built with a high Thermal and noise insulation to the outside.

For at least twenty years now, the name of SBS is used to define situations where the occupants of a generic building complain annoyance or discomfort (fifty different effects were identified) presumably linked to their permanence more or less prolonged inside the building, but not linked to diseases recognized diseases characterized by a known and ascertainable relationship cause-effect.

Diseases of the latter type are known with the term *Building Related Illness* (BRI) although often, even among the professionals, this important distinction isn't quite clear.

To explain how is difficult to establish a clear boundary between SBS and BRI we have to take into account that sometimes to identify uniquely a cause-effect relationship can be very complex, either because of non-specific symptoms and of the different individual susceptibility and for the frequent presence of more contemporary causes.

As an example, the classic allergies by indoor spaces, such as those of the household dust Mite or mould and other diseases, more or less serious, which will be mentioned later, can be classified as BRI.

A study, carried out in 1984 by the *World Health Organization* (WHO), that already showed that, in about 30% of new or recently renovated buildings disorders related to the SBS were detected; in some cases it could be a temporary situation generated by the presence of pollutants linked to the volatility of chemical matters used in the construction or renovation (additives of the cement, paints, adhesives, sealants, etc.) which effect was destined to recede in time, but in many other cases it was not temporary pollutions but pollution destined to persist along the time.

It is important to clarify that, usually, indoor pollution can be physical, chemical or biological or a combination of these and that when in the technical literature we are talking



Figure 2. The reading room of the British Museum in London (UK).

about indoor spaces and about IAQ, we refer only to confined, living and working, not industrial spaces.

In fact, according to the current literature, we refer to public and private offices, hospitals, libraries, exhibition and entertainment halls, to the spaces for recreational and social activities, public and private transport so if in the indoor there are reference sources of hardship or health risks, they may affect both the common people (especially those most susceptible, such as children, elderly, subjects to heart, bronchopulmonary and allergic diseases) including visitors, spectators, passengers, etc. and who is in his workplace (fig. 2).

The percentage of diseases by SBS and BRI is particularly high also because of air pollutants act primarily on respiratory apparatus that is the first stage of contact and absorption. The importance of indoor environmental quality for the health of the population and therefore the study of SBS and BRI was revealed considering that in developed countries the population spends up to 90% of their time in confined spaces (including home, work space and transport).

The problem, as mentioned, is important as regards both the old and recent buildings; if in the older the “syndrome” may be originated by a long-term release of pollution contained in materials used at the time for the construction and for the furnishings, in those more recent, in spite of a low release of pollution from materials “respectful” of the man, it should be considered the high use of insulator materials, the high degree of spaces sealing and reduced ventilation in order to reduce energy consumption, and now the widespread use of office machines (copiers, computers, printers, etc.) can therefore contribute, even significantly to the decline of air quality.

The appropriate internal air quality and the indoor space in general are influenced by many chemical-physical factors; the main ones are the following:

- air pollution that comes from the outside (and in particular from discharges of heating and ventilation systems neighbouring, from vehicular traffic, etc.);
- temperature and air humidity;
- pesticides (arising from antimildew treatments of wood, etc.);
- *Volatile Organic Compounds* (VOC) and in particular formaldehyde;
- biocides, dispersed air powder, mineral fibres including asbestos fibres;
- gases (CO, CO₂, NO₂, SO₂, O₃, radon, etc.).
- tobacco Smoke (ETS also called *Environmental Tobacco Smoke*).

Regarding sources of biological pollution in buildings, the most recurrent are detectable in cooling and humidification systems of HVAC equipment, in carpet dust, armchairs, carpeting, and consist of bacteria, moulds, pollen, viruses and other micro-organisms.

If in the seventies was found that an efficacious “treatment” for disorders attributed to SBS could simply be made up removing the source of pollution with the consequence of a more or less rapid complete reversibility of the disorder accused, today is unfortunately also true that this remedy is not resolving, immuno-depressive kind, in this case the result may be an increased susceptibility to infectious agents or a reduced anticancer surveillance.

In this second case is still difficult to objectively establish a certain boundary between SBS and BRI, on the whole it is possible to affirm that, taking into account the current knowledge, even if many substances can generate immuno-depressive effects, the doses of exposure needed to cause serious diseases are usually much higher than found in normal indoor working conditions. Today it is clearly perceived by the public that air pollution in urban areas and near major industrial settlements constitutes a danger to health (fig. 3),



Figure 3. A classic source of indoor pollution is represented by the smog generated by vehicular traffic: a day of rain (on the left) and a day of sun (on the right) show clearly the heavy problems of the metropolis Beijing in China.

however the effects of indoor pollution, although significant from the point of view of health and of socio-economic consequences, are much perceived.

Various research have shown that the main cause of poor air quality can be ascribed, in over 50% of cases, to defects in the ventilation system or air conditioning, while an additional 30% is imputable to the presence of chemical contaminants coming from outside, or from internal sources including construction materials and furnishings.

On our purposes, although in general and simplifying way, we define "ventilation" as the exchange process of indoor air (theoretically polluted) with outdoor air (in theory pure, or at least, purified).

In the past thirty years, many studies carried out, mainly in Anglo-Saxon countries, designed to establish a relationship between ventilation and health and comfort of the buildings occupants have led not always to a unique results. The main common conclusion was that a ventilation rate (natural or artificial, but untreated) less than 10 l/sec per person may significantly worsen the general and irritating symptoms of occupants, while a ventilation increased to 20 l/sec per person leads to a weakening of the phenomenon.

In order to control the described effects of chemical and physical pollutants the *American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers* (ASHRAE) recommend by the standard 62-1989, appropriate volumes of air change depending on the kind of activities held, the number of people present in the indoor spaces and other parameters, but in practice the average values are approximately 10 l/sec per person; other research concludes that a value of 8-10 complete air changes in 24 hours must be considered a minimum to protect the comfort of the occupants because it could assure an acceptable dilution of any pollution present.

A higher symptoms of disease by SBS seems today definitively matched to the presence of air conditioning in offices.

Even the thermo hygrometric parameters of the conditioned indoor spaces were carefully observed by monitoring campaign carried out varying each parameter and verifying the effects of variations.

The result of various research has shown that under conditions of temperature exceeding 21-22 °C (which appears statistically to be the most comfortable temperature) can increase some specific symptoms, particularly if combined with a low humidity rate.

In some recent studies, it was observed that in a range of temperatures between 18 and 26 °C, characterized by a low rate of humidity (15-25%), irritating phenomena such symptoms of dry skin, and pharyngeal nasal mucosa and phenomena of nasal congestion occur frequently; these events are mitigate by a higher rate of humidity of at least 35-

40%; it must be considered on the other hand that an excessive increase of the relative humidity (always in relation to the ambient temperature), increases the perception of bad smells and the feeling of “foul air.”

A disease often erroneously mentioned about SBS (although correlated to “sick” buildings, but classifiable between BRI) is the so-called Legionary fever caused by *Legionella pneumophila* bacterium in spaces with warm and humid air, between 25 and 45 °C (a typical habitat, as an example, for the cooling unity and for the evaporators of installations HVAC), is bound inside the human body through tiny drops of water (aerosols) coming from air conditioning, but also by drinking water pipelines, artesian wells, taps, showers, decorative fountains, whirlpools and contaminated humidifiers that can also be able to cause deadly pneumonia.

There more than 40 different Legionella species able to cause two main diseases: *Legionary Sickness* and *Pontiac Fever*.

The *Legionary Sickness* was observed for the first time at the *Bellevue Stratford Hotel* in Philadelphia in 1976, where an epidemic set off during a convention of the American Legion, an association of veterans of the army (which later was the origin of the disease name), caused 34 deaths; this disease today unequivocal linked to lack of maintenance of hydro-heating facilities strikes today in the United States alone, between ten and twenty thousand people a year.

After this first epidemic (whose cause was identified only in January 1977 by isolating the responsible bacterium, found then within the conduct of ventilation) there were some other particularly serious in Bovenkarspel in the Netherlands (32 victims in 1999), Pas-de-Calais in France (21 victims in 2001), Toronto in Canada (21 victims in 2005).

In general, the complication is the severe respiratory insufficiency. The average mortality, even in the presence of an appropriate therapy, is of 7%, but in some cases of the epidemic the mortality has reached 30%, however, many people can be positive without showing symptoms.

A lighter form of Legionnaire, spontaneous resolution usually characterized by symptoms similar to those of the flu, with diarrhoea and reduction of the state of consciousness is sometimes the so-called *Pontiac fever*, named derived from the town in Michigan where for the first time it was observed in 1968 when approximately 95% of employees working in a public building fell ill almost simultaneously of a flu-like syndrome characterized by fever, headache, myalgia and malaise.

From over twenty years numerous cases of hypersensitivity pneumonia occurred among persons hired in buildings equipped with air conditioning systems with humidifi-

cation are also reported; the disease was called *Humidifier Lung*. It is also well-known today as the infectious diseases in general are more easily transmitted in epidemic way in closed environments, especially where many people live in close contact, rather than outside where the pathogens are able to disperse and undergo the destructive action of weathering and UV rays.

Between the numerous infective diseases with endemic characteristics we can mention the flu, the exanthematic diseases (chicken pox, measles) and the pneumococcus pneumonia

Other diseases erroneously mentioned as SBS, arising from staying in indoor work environments (sometimes even domestic), are such as those resulting from exposure to asbestos (fig. 4), a natural material of exceptional physical-chemical characteristics and for this reason used extensively in the past. Due to the complexity and specificity of the problem, it is possible in this paper to give only a short mention.

It is important to know that exposure to asbestos (and particularly inhalation of particular kinds of aero-scattered fibre of this mineral) can cause diseases with fatal results (mesothelioma); pollutant that is potentially present in various building materials and furniture (and sound-absorbing panels, roofing, tanks and pipes in asbestos-cement, paint, stucco, vinyl-flooring asbestos, etc.), diffusely used until the eighties. Asbestos is now classified by the IARC (*International Agency for Research on Cancer*) as a sure carcinogen for humans (Group 1), and it is a possible risk factor, if included in friable materials and in a bad state of conservation, often present in construction of ancient buildings especially if they were not subject to restructuring in the last twenty years.



Figure 4. Asbestos fibres contained in an insulating board analysed by microscopy.

The presence of materials containing asbestos must always be carefully assessed especially with regard to the state of conservation of materials. If the presence is accepted it is possible to choose the total removal and with less invasive intervention (encapsulation, inerting, etc.) in order to guarantee high levels of safety for the occupants of the building.

A mention has to be deserved to the problem of environmental smoke or “passive” or ETS, which is still in many countries (thankfully not in Italy) one of the most common chemical pollutants in indoor environments. It is studied either the negative influence on lung disease acute and chronic, or for carcinogenic effects.

In recent time the ETS has been associated by many researchers to a higher incidence of cardiovascular disease even in non-smokers exposed; for this reason in connection with the cause-effect relationship and with the specificity of the related diseases, the ETS is considered as a cause of disease instead of as SBS. The ETS referred to the smoke expired by smokers and inspired by smokers and non-smokers, and a combination of 4500 chemicals substances as a gas or particulate partially present in tobacco and partially as a result of modifications (pyrolysis and piro-sintesi) due to the temperature of combustion.

Among the components of particulates there are nicotine, tar, aromatic hydrocarbons, benzopyrene while nitrogen monoxide (NO), carbon monoxide (CO), hydrogen cyanide, acetaldehyde, formaldehyde are contained in gas. Many of the substances contained in the smoke, even if taken into account one by one, can be toxic, irritating or even (according to some searchers, in more then 40% of cases), carcinogenic.

It important to remember once again that active smoke is today in western society the main cause of predictable morbidity and mortality and that passive smoke has been classified by EPA (*US Environmental Protection Agency*) and by IARC as one of the causes that provoke cancer in non-smokers.

The pollution by carbon monoxide is often present in indoor environments also for the simple lack of air changes and often but not exclusively, associated with the presence of ETS: it should be considered that some vital organs characterized by large oxygen requests such as heart and brain are particularly susceptible to insufficient oxygenation caused by exposure to CO that has adverse effects because of its ability to bind to the haemoglobin of the blood. The CO affinity for haemoglobin is very high compared to that of the oxygen; for this reason, even in the presence of low CO in the air, the oxygen is replaced by that pollutant entering rapidly in the bloodstream. Exposures to high rates of CO (70-80%), as an example caused by defects in the combustion of heating equipment or coming by outdoor, can cause the death for poisoning swiftly.

There are some other pollutants that deserve an important statement, because of their importance in relation to the potential presence in indoor environments and to the certainty of cause-effect relationship: Formaldehyde, VOCs generally and gas radon.

The formaldehyde (H₂CO), a very common pollutant, can determine irritant effects on the skin and mucous membrane also for exposure to low concentrations. This is a compound in gaseous form (also readily soluble in water and easily available with the commercial name of *Formalina*) characterised by the characteristic pungent smell, used in a variety of manufacturing processes and therefore easily detectable in building materials and furnishings as well as disinfectants, conservators and cleaning products.

Recently, the IARC has classified this substance as a sure carcinogen to humans (Group I), able to cause cancer nose-pharyngeal. Among the harmful effects in the short term even in the presence of low concentrations, include eyes irritation, burning throat, difficulty breathing, headaches.

Still among chemical pollutants, with the generic designation of VOCs, however, is indicated in the literature, a set of substances in liquid form or steam, with a boiling point variable between a lower limit of 50-100 °C and a upper limit of 240-260 °C.

The term “volatile” means the ability of this chemical to evaporate easily at ambient temperature. The compounds that fall into this category are approximately 300.

Among the best known we can mention the following: aliphatic hydrocarbons (n-hexane, n-Hexadecane, metalhexane), terpene, aromatic hydrocarbons (benzene and derivatives, toluene, o-xylene, styrene), halogenated hydrocarbons (chloroform, dichlorineemethane, chlorinebenzene , etc.), alcohol (ethanol, propanol, butanol and derivates), esters, ketones and aldehydes (including the already mentioned formaldehyde).

In indoor spaces, sources of VOCs are found virtually everywhere, the most common are the following:

- wax cleaning products, cleaning bathrooms products, glass, abrasive paste, detergents floors, and spray deodorants money;
- paints and related products: oil painting, urethane;
- pesticides, insecticides and disinfectants,
- glues and adhesives;
- products for personal care and cosmetics;
- furniture and fabrics,
- building materials;
- printers and photocopiers;
- Smoke of tobacco.

Exposure to VOCs can cause health effects both acute and chronic.

If we take into account the physical agents, the presence of radon gas is a potential risk for the development of lung cancer; determinations are carried out thanks to epidemiological studies conducted primarily on homogeneous populations of exposed workers (especially miners).

That is why the WHO, through the IARC, has classified since 1988 radon in Group 1; until now other effects than lung cancer have not been demonstrated.

According to recent studies, between 5 and 15% of the more than 31,000 cases of lung cancer that occur each year in Italy seem imputable to radon, and for the great majority this disease affects (as aggravation factor) smokers. This number represents approximately 2% of all cancer deaths.

Radon is a radioactive gas inert, odourless and colourless that is generated by nuclear decay of radio, which is caused by uranium found in nature.

If uranium and radium are solid elements, radon being a gas is able to move and escape easily from the soil, rocks, water or building materials (produced with lands, inert, etc.) and enter the buildings; being inert it does not react with other materials and being colourless and odourless can not be perceived by the senses.

Radon has 26 isotopes but only radon-222 is among the three occurring in nature that one having relevance to health because it has a sufficient time decay (between 3 and 4 days) enough to allow the release from ground or by materials in which is contained and the achievement of the human body through inhalation.

The migration of radon is helped by the fact that indoor environments are generally in depression compared to outside. This depression helps convective motion in the soil and radon is "aspirated" to the interior of the buildings (fig. 5).

Once reached the building, radon can spread through the cracks of the walls and floors (which are invisible even if still present), through floor-wall junctions, through ways for thermal and hydraulic systems, electric utilities, etc. or through corridors and stairways especially if in directly communicating with basements.

The presence of radon in the soil is not uniform, but changes from area to area (depending on the geology and lithology and permeability of soil) as well as usually its presence in building materials is more important in the case of old buildings. But many other variables can have an important role in the evaluation of a potential presence of radon. Among the main variables it is possible to list the kind of building (with vertical and horizontal development), the location (block and terraced), and the kind of foundation (with loose stone foundation or directly in contact with the ground).



Figure 5. A potential risk space: the Central Hall of the National History Museum of London.

Even the presence of chimneys, the typology and mode of use of heating and the time spent inside buildings have as well a crucial role but not easy to be theoretically codified and valuable.

The main ways to reduce the concentration of radon in a building are:

- depressurisation of the subsoil;
- natural and / or mechanical ventilation of the environment;
- pressurization of building;
- ventilation of loose stone foundation;
- sealing of the entry ways (spaces, cracks, etc.).

If interventions and structural solutions are not possible, periodic natural ventilation can often be a great way not only in order to eliminate other types of pollutants, but also to drastically reduce the risk by radon.

The main “sources” of pollution in archives, libraries, museums, and assimilated just to mention the most important are: materials used in woodwork, paint and finishing products, pesticides, tapestry, carpeting, laser printers and photocopiers.

The furniture in particular can easily absorb some hazardous chemicals during manufacturing processes, painting and cleaning, re-issue them later.

In recent years most of the furniture and furnishings were manufactured with products and by-products of wood (slats, spreadsheets, particles, fibres, etc.) and subsequent reassembling in panels. These products include plywood, chipboard and wooden fibreboard of medium density (the so-called *Medium Density Fibreboard* or MDF) a process which inevitably involves the use of resins, adhesives sealants, polishing, etc.

The emission of toxic substances is greater when the surfaces and edges of these products are not laminated or coated allowing toxic compounds such as urea-Formaldehyde (which emits formaldehyde for an important period of time) and VOCs to volatilize.

The paints are an important source of indoor pollution, because they contain chemicals substances that evaporate easily in air, and because often they have wide surfaces.

In addition to VOC, paints may contain and release other fragrant or toxic substances or unwanted components, such as pesticides and heavy metals (lead, cadmium, chromium, mercury, arsenic and titanium). It is important to note that paint finishing products of high quality, low toxicity and low emission of VOCs are currently available with a wide variety of costs and presentations.

Pesticides are substances used to prevent, remove or kill insects, fungi, rodents, etc. and therefore are often used where there is need to protect goods of significant value.

The number of pesticides in the market is high. Approximately 95% of pesticides used in agriculture is, however, indoor environments are between the main of contamination in relation to the number of people exposed (and excluding, of course, the types of food poisoning).

While use in agriculture is strictly regulated, in other areas there is not any kind of regulation. Furthermore, these substances are used in many household products, for example to preserve wood, for the protection of house plants, in cleaning products and for the disinfestations.

The chairs, sofas, rugs, carpeting, curtains, and generally any textile surface are places where the most of biological contamination can easily reach over.

As an example, the mites stay mainly in pillows and mattresses, because there are the right environmental conditions for their growth (20-30 °C and 70% relative humidity), and because feed on flakes of skin, but can easily proliferate in any upholstered chair.

It is important to not forget that, as previously mentioned, a high humidity can also determine the formation of mould and the growth of various kinds of bacteria.

In archives and libraries the presence of books and documents generates a conspicuous presence of particulate in suspension as a result of the degradation of the paper

material. In addition we have to consider the difficulty of removing the dust that is produced and accumulates during time and the proliferation of mould and other microorganisms that in the paper have almost an ideal habitat. The carpet emit from the floor VOC for some time after the installation and can trap dust, dirt, pollen, mites, pesticide, animal allergens and other pollutants that come both from indoor and outdoor.

The possible presence of moisture under the carpet that can easily develop moulds with the consequent release of spores have also to be considered.

The presence of laser printers and copy machines, is also often associated to SBS. The functioning of laser machines is based on a photosensitive drum on which a laser beam "paint" the image that should be printed in form of electrostatic charges.

The latter attracts the toner or the ink based on coal dust, which will then applied to the white sheet, finally, some hot rollers complete the work by setting the ink on paper.

During these processes respirable VOC particulate are emitted by the toner, while the high voltage process causes the formation of ozone in the workplace.

The copiers are equipments able to emit various chemicals substances such as ozone, selenium, cadmium, produced as release by the materials used for their working.

The presence of ozone in proximity of copy machines is usually felt at low concentrations (0.01-0.02 ppm) because of the typical pungent smell. With higher concentrations (0.25 ppm) ozone is irritating for eyes and mucous membrane and is able to cause irritation to airways, coughing and wheezing at higher levels.

A recent study carried out by some researchers at *Queensland University of Technology* on a sixty office machines of various types, brands and year of manufacture, has revealed an emission of particles harmful to humans in 27% of cases.

Among the solutions useful to dras-



Figure 6. High presence of visitors in the Grand Gallery of Louvre in Paris.

tically reduce the risks to health we can mention the obvious use of last generation machines characterized by low emission and the presence of the filter anti-ozone, but also the location of the machine in dedicated spaces, separated and ventilated and the periodic maintenance.

Finally, in many local (as an example in exhibition halls and reading rooms in libraries) there is a further important source of pollution: man (fig. 6).

Other sources of pollution are: deodorants, detergents, etc. or bacteria and viruses hosted by man. The metabolic activity of organism involves the production of chemical substances in gaseous form, which can contribute heavily to deterioration of indoor microclimate. Among the main products of metabolism monoxide and carbon dioxide, acetone, hydrogen sulphide, methane, methyl alcohol, phenol, lactic acid, ammonia, etc. can be mentioned.

All these pollutants, not constitute a danger to the health of occupants, but help to create the unpleasant feeling of "indoors", which can cause high discomfort: many people show in fact a hypersensitivity even to low concentrations. Also in this case a proper ventilation can resolve better the problem.

Many of the problems described can be conveniently controlled and limited (if not eliminated) with an accurate adjustment of the microclimate in particular acting on thermohygrometric parameters, air changes, cleaning and disinfection of air-conditioning systems, with the limitation in use of detergent and climatic substances, with the replacement of furniture or, often, by maintenance of those present; sometimes some problems can be easily solved by introducing furniture plants able to reduce the presence of CO and VOC.

Some of the described actions may be complicated to be improved in historic buildings or where needs of conservation of cultural heritage and highly perishable goods (fig. 7) are prevalent, but the preservation of man health seems to be also a priority on everything.



Figure 7. Some masterpieces of considerable value kept in Louvre of Paris.

There is a further series of physical pollutants that contribute to the generation of SBS. They are also frequently present in the archives, libraries and museums and are responsible of a poor quality of indoor working life, including three particularly important: electromagnetic fields, noise and illumination.

The phenomenon commonly (but not always correctly) called “electromagnetic pollution” is linked to the effects on man caused by the generation of artificial electric, magnetic and electromagnetic fields (or EMF or *Electromagnetic Fields*), that are not imputable to the natural background field or to natural events; in indoor spaces, the problem is correlated to the presence of electrical systems and electrical, electromechanical and electronic equipments.

The EMF effects depend mainly to the field intensity and by the time of exposure although the scientific community is still not all in agreement.

This problematic is not a matter of easy approach (and of easy resolution) because of the uncertain results carried out by studies on the cause-effect relation (even for the obvious difficulties in measuring at very low emission levels), for this reason many experts today are able only to suggest, though almost certainly with high prudence, to use electrical and electromagnetic equipments, VDT, cell-phones and more in minimum number possible and only for the strictly necessary time, without being able to provide univocal information on real health effects caused by a possible continuous exposure.

Noise, responsible of noise pollution, is constituted by a group of sounds that are undesirables because of they have an excessive intensity, are obnoxious or sudden and often represent elements of annoyance for human ear; for the specific functional characteristics work-places examined in this paper (places of “silence” par excellence) it is plausible to say that this source of pollution should not give preoccupation for the employees except of course the possible exception. Annoyances correlated to a bad acoustics, generated by an important reverb could still occur in some areas such as museums, exhibition halls, etc. characterized by the absence of sound-absorbing materials.

A different speech is instead valid as regard as the comfort resulting by environmental pollution, more and more related to the SBS; this issue will be considered later more in detail. The main effects on health, correlated to work carried out in unfit conditions of lighting concern obviously the organ of vision. Exposure to not adequate light sources, leads to the general beginning of a wide number of disorders known as asthenopia (or visual fatigue syndrome), which symptoms may be the following: burning, tearing dry, sense of foreign matter into eye, frequent winking, nuisance to light, weight, cloudy vision, splitting vision, reading fatigue.

Dazzle caused by excessive local or environmental lighting, the presence of reflexes or important contrasts between surfaces in the visual field, but often also of poor lighting conditions, are cause of asthenopia caused by the physical and mental effort used to perform the work.

A suitable lighting often forced the workers to assume ergonomically incorrect postures in order to improve vision, with the possible appearance of collateral muscular-skeletal diseases (a problem also for this reason, related entirely to SBS).

In order to better understand the above mentioned problems it is useful to state some definition and concepts.

The electromagnetic spectrum visible by man is not clearly defined because it depends on individual susceptibility. That is why the extension of "visible" wavelength has been settled for pure convention, in the range between 380 nm (limit ultraviolet) and 780 nm (limit of infrared) where 1 nm is equivalent to 1/1.000.000 m.

The sunlight, as well as that of a common light bulb, two sources that emit direct light (and for this reason called primary sources) as a result of the energy transformation from various sources, appear to our eyes as "white light".

In fact, if a ray of light passes through a prism, when go out it cats a strip of colours, distributed in the same order: red, orange, yellow, green, blue and violet.

The white light is therefore a mix of light of different colour, which constitute the so-called "spectrum of sunlight".

Other bodies transform the energy in light, but receive light energy from a primary source and reemit it partially transformed, but always in the form of light energy (and for this reason these are called secondary sources). A lit object can sometimes serve to enlighten another object: this is the case of the moon that illuminate the earth during the night.

The light is something that is issued by a primary source, it spreads in space, is reflected / diffuse by other objects stimulating finally, the reactions in some special sensors.

The light sensors are objects (natural, such as the artificial eye, as photosensitive cells) that if stimulated by light radiation, provide a response of various kinds, with an intensity depending on the intensity of light that strikes them.

The lighting (or illumination) is the luminous flux which impacts on enlightened area and is directly proportional to intensity of the optical radiation and inversely proportional to the square of the distance, it is in practice the amount of light that hits the surface and it is measured in lux.



Figure 8. Natural lightening of zenithal type in an exposition room of the Tate Modern of London.

Lightening of workplaces must be obtained, as far as possible, with natural light because it is more pleasant to human eye and therefore less strained, it has a discrete germicide action because of its ultraviolet component and contributes to the reduction of humidity for its thermal component (fig. 8).

The lighting is also deeply linked to the colour of the materials; an area appears of a particular colour, because it reflects the lengths of wave corresponding to that particular colour absorbing the remaining.

It should be observed that the light acts on the visual perception system as well as also significantly affects on the bodies of control of the neurovegetative system, which controls various operation of the organism.

It is possible to understand why a good light not only facilitate the functions of seeing and recognizing, but it also increases the spur to work and the comfort by increasing the ability to concentrate and avoid precocious fatigue. In many working environments, and in some cases a good lighting could occur, even in indoor environments, a greater capacity of attention that comes from a good illumination decreasing the risk of accidents; surely, whatever the work that is taking place, with a good lighting there is a significant decrease errors.

The natural light, as we said, is the most suitable for the human eye, and it comes directly from solar radiation or it is reflected by celestial vault, by surrounding structures

and by objects present in the environment and may reach 50,000-100,000 lux at midday in a clear summer's day. Direct sunlight is not recommended, however, in the workplace because, for excessive luminance it determines dazzling and annoying reflections.

The ideal condition would be to have an indirect light coming from the north because it is the most uniform.

The width of glass surfaces must be related to the surface of the floor with a ratio that can vary from 1:4 to 1:10.

These parameters may however not always be guaranteed within archives, libraries and museums where, often and for different reasons, very low levels of illumination must be kept.

Other parameters affecting the efficiency of a natural lighting of a workstation and include the height of windows compared to the work plan (for example, the windows placed at floor level are almost useless), or the incidence angle between the surface of the vault and the horizontal plane passing for work-place (which, according to the standards of good practice, should not be less than 27°), or the so-called "opening angle Forster," which is the angle enclosed by two lines that ideally are originated from a point of the work plan and passing the first for the upper edge of the window and the second one for the upper end of the facing building (this angle should not be less than 5°).

Another comfort parameter related to natural lighting comfort is the "coefficient of diurnal light" (CID), which represents the ratio between the lighting of a point of a work plan (or of a workspace) due to the reflected components of the natural light and lighting of the same point if exposed outdoors in order to receive light from the whole celestial vault without direct radiation of the sun. The recommended values are between 0.4 and 6%: no workplace should be located in conditions of $CID < 0.2\%$.

When the natural light is not enough it is necessary to integrate lighting with artificial light, which must respect certain basic requirements: firstly it should be adequate, it must have a spectral composition as much as possible, similar to natural light, it must not cause dazzling, it must be uniform respecting at the same time a correct proportion of contrasts between light and shadow, it should be free of fluctuations or of stroboscopic effects.

Just to give some examples of the magnitude of lighting levels (natural or artificial) that can be found in different situations, we consider the indicative values shown in table 1.

Regarding the levels of artificial lighting suggested for different work environments (offices, corridors, services, archives, reading rooms, etc.) it is advisable to refer to the

Table 1. Lighting level in different situations.

<i>Conditions</i>	<i>Lighting (Lux)</i>
Sunny summer day	until 100,000
Sky covered summer day	20.000
Showcases stores	3.000
Offices	300 – 500
Houses	200
Street lighting (night)	10 – 30
Full moon night	0,25 – 0,50
Clear night without moon	0,01

recent UNI ISO 12464 standard because the indications given by the Presidential Decree No 303/56 are, in fact, outdated.

At the same level of artificial illumination the light is not always the same: it can be more or less white, or hot or cold. The colours of objects are different, varying the type of used light source and in particular by varying the following basic parameters: the colour temperature and index of colour output.

The colour temperature, which is expressed in Kelvin (K) is a parameter used in order to classify, in an objective way, the colour of the light of a light source compared to a sample source. Practically the following main intervals of reference are considered:

- from 3000 to 3500 K: white hot colour (W);
- from 4000 to 5000 K: white neutral colour (H);
- from 5500 to 7000 K: white cold colour (C).

The yield index of colours (Ra') is the effect produced by a light source on the chromatic aspect of an object compared to that one obtained as a result of a sample light source with the same colour temperature.

The subdivision into four groups of values of the general colour yield index allows the choice of the most suitable light source in relation to the kind of work activity which the environment is intended.

In order to achieve the maximum visual comfort, the level of artificial lighting of an environment and the characteristic colour temperature of the used lighting source must be with one another in agreement.

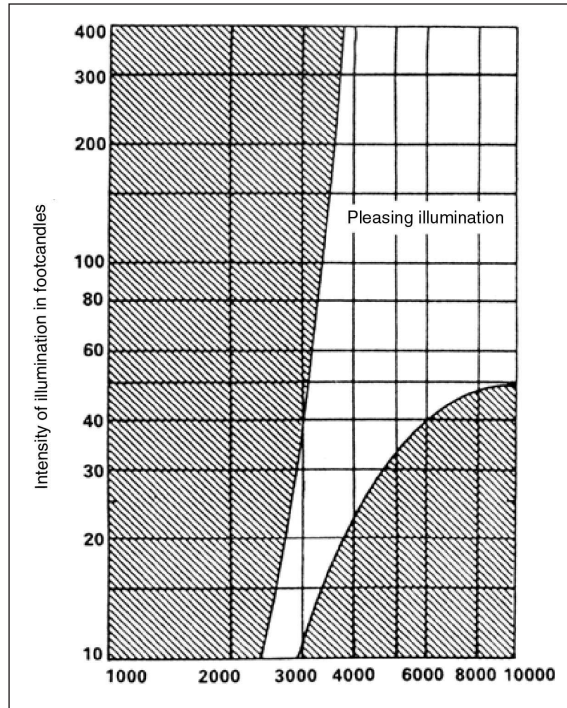


Figure 9. The Kruithof diagram: color temperature of illumination (\cdot K).

The successful relationship between these two parameters was theorized for the first time in 1941 by Dutch researcher A.A. Kruithof that in a study titled *Luminescence Tubular Lamps for General Illumination* propose the diagram that later took his name and that is still commonly used (fig. 9).

According to Kruithof, an normal observer tends to prefer a low colour temperature (i.e. a hot light) in environments with a low level of lighting and a colour temperature progressively higher (a light progressively more cold) as the level of lighting in the environment is increased.

Beyond the adopted system of artificial lighting (incandescent, luminescence, fluorescent, electronic lamp, halide, etc.) the mode of distribution of the light can be basically of three types:

- direct lighting: it presents the maximum yield with the disadvantage of being easily dazzling;
- indirect lighting: the working environment is lit only with reflected light (from ceilings or walls) totally avoiding the dazzle phenomenon; this system has a low yield and

tends to abolish the shadows and the contrasts, reducing the perception of objects and the sense of relief;

- mixed lighting: it is a combination of the foregoing and tends to eliminate the defects of both.

The light that our eyes perceive is generally light reflected or emitted light by surfaces and the so-called luminance of the surface is then the intensity of reflected or emitted light by the surface to the viewer. Glazing is the result of an uneven distribution between the luminance in the area of the workplace and the luminance (much higher) in its surroundings.

This phenomenon can cause fatigue and have an adverse effect on the general feeling of comfort, performance and on the ability to concentrate and therefore should be carefully avoided.

It is possible also to affirm that the performance of a lighting system for any environment appears to be influenced by the characteristic parameters of the system, but also by the colour and the degree of reflection of walls, ceiling, floor and elements that make up furniture (maximum for white or clear walls and minimum for black or very dark walls).

As far as possible in any work-place the direction of artificial light must coincide with that of natural light; work-places and VDT, in order to avoid excessive dazzles and contrast, have to be set out so that the look of the operator both direct and perpendicular to the direction of natural light origin (or from the window).

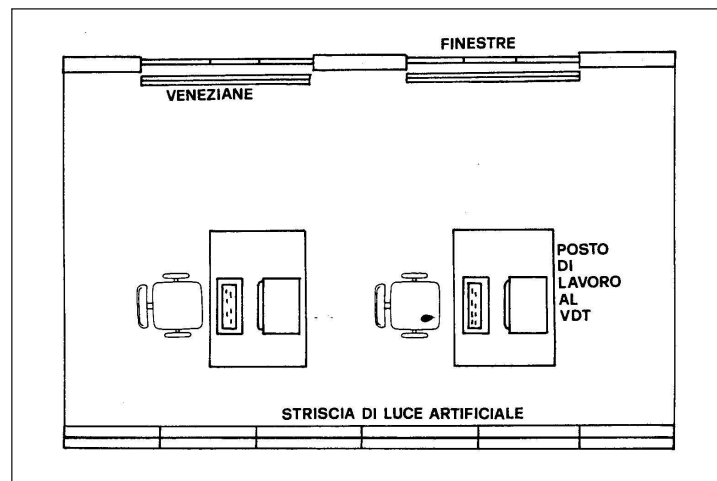


Figure 10. A correct disposition of the work paces taking into account the sources of natural and artificial lighting.

The artificial light sources of linear form (for example apparatus that mount fluorescent tubes) but must be arranged in parallel to the windows; sources of direct natural light should always be able to be shielded light curtains, or better, by adjustable Venetian (fig. 10).

The local lighting of a work-place is admitted only if coordinated with the general lighting of the room. The additional lighting for a single work-place can be required for particular demands, but the current legislation forbids the exclusive employment of it.

It is important to remember that the lighting of educational rooms or study must encourage attention and concentration, allowing to easily recognize the teaching materials and to facilitate the connected visual activities. In entries, entrance halls, stairs and areas in rooms used for transit, lighting has to allow the clear recognition of the course and the points of danger.

Poor lighting not only contributes heavily to the determination of any aspects of SBS causing disturbances of various kinds, but hyper lighting can also results as many harmful. The tendency in some buildings of modern conception, to increase glass surfaces, involves the inevitable necessity to use adjustable systems of screening (roll-up, venetian blind, draperies, etc.) allowing the reduction of the natural lighting coming from outside.

Finally, aware that we have analysed the problem of SBS and problems related to indoor environments in hasty way, not exhaustive and, in some cases also simplified by a point of view technical-scientific, but hoping to have furnished some starting points to who work in archives, libraries, museums and comparables "containers", we will conclude remembering that there are also many other problems that can invest the scope of the health and safety of those who work in these environments: in addition to the already mentioned problems of fire safety and emergency management we can talk about, just to cite a few examples, the problem of electrical safety, ergonomic, the specific use of VDT or manual handling of loads.

If there will be occasion we will speak willingly.

Bibliography

- [1] AA.W. 1991, *Building Air Quality*, Washington D.C, EPA/NIOSH.
- [2] AA.W. 1998, *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety 4th ed.*, Geneva, International Labour Office.
- [3] AA.W. 2000, *Sistemi di illuminazione*, Bologna, Beghelli.
- [4] ALBERTI M. 1996, *Appunti di Ergotecnica*, Milano, C.U.S.L.

- [5] ANDERSON E.L., ALBERT R.E. 1999, *Risk Assessment and Indoor Air Quality*, Boca Raton (FL), Lewis Publishers.
- [6] BARDUCCI I. 1995, *Fotometria e Colorimetria*, Milano, Masson.
- [7] BEARG D.W. 1993, *Indoor Air Quality and HVAC Systems*, Boca Raton (FL), Lewis Publishers.
- [8] BOWER J. 2001, *The Healthy House*, Bloomington (IN), The Healthy House Institute.
- [9] CAMPURRA G. 2007, *Sindrome dell'Edificio Malato e accorgimenti pratici di prevenzione*, ISL anno XI, vol. 4, Milano, IPSOA.
- [10] CAMPURRA G., POLIMEI T. 2002, *Il microclima e l'illuminazione nei luoghi di lavoro*, ISL collana "I corsi" anno IV, vol. 12, Milano, IPSOA.
- [11] GODISH T. 1995, *Sick Buildings: Definitions, Diagnosis and Mitigation*, Boca Raton (FL), Lewis Publishers.
- [12] KOWALSKI W.J. 2003, *Immune Building Systems Technology*, New York, McGraw-Hill.
- [13] LOZAR L. 1996, *La tutela della salute negli uffici*, Milano, Pirola/Il Sole 24 Ore.
- [14] MCQUISTON F.C., PARKER J.D., SPITLER J.D. 2004, *Heating, Ventilating and Air Conditioning: Analysis and Design*, Hoboken (NJ), John Wiley & Sons Inc.
- [15] O'REILLY J T HAGAN P., GOTS R-, HEDGE A. 1998, *Keeping Buildings Healthy: How to Monitor and Prevent Environmental Problems*, Hoboken (NJ), John Wiley & Sons Inc.
- [16] RIZZO M.M. 2007, *Radon: Istruzioni per sanare gli edifici*, Collana Tecnologie & Soluzioni, Milano, Il Sole 24 ore.
- [17] SANDRI S. 2002, *Il rischio da radon*, ISL collana "I corsi" anno IV, vol. 10, Milano, IPSOA.
- [18] TALTY J.T. 1988, *Industrial Hygiene Engineering*, Westwood (NJ), Noyes Data Corp.
- [19] VANDEPLANQUE P. 1989, *L'eclairage-notions de base, projets d'installations*, Paris, Lavoisier.

Archivi, biblioteche e musei: contenitori spesso malati, a volte gravemente

Analizzando le diverse tipologie di ambiente di lavoro è possibile affermare senza indugio che, in virtù di molteplici fattori, le sale di esposizione, i musei, gli archivi e le biblioteche, rappresentano alcuni tra gli ambienti indoor per eccellenza.

La vetustà dell'edificio (e quindi le relative caratteristiche architettoniche e costruttive) nonché fattori legati all'attività svolta, non in ultimo legati a specifiche esigenze di conservazione dei beni ivi depositati o esposti, concorrono frequentemente a far sì che tali ambienti indoor posseggano alcune caratteristiche non sempre idonee ad un sicuro e salutare svolgimento delle attività lavorative da parte degli addetti e spesso (ma di norma in misura assai inferiore) anche ad una salutare permanenza degli eventuali visitatori.

Se, al di là della sicurezza strutturale – un fattore comunque da non sottovalutare in presenza di elevati carichi di libri, documenti, reperti, opere di interesse storico-culturale di vario genere, nonché in presenza di pubblico – è noto che uno degli aspetti critici di archivi, biblioteche e musei di non recente realizzazione sia frequentemente legato alla sicurezza antincendio, non è viceversa a tutti noto come sia, molto spesso, la condizione microclimatica di tali ambienti (la cosiddetta IAQ o Indoor Air Quality) a destare la maggiore preoccupazione nei responsabili di tali strutture.

Per molti versi infatti, pur nel rispetto delle importanti esigenze di protezione e conservazione dei beni ospitati, tali “contenitori” costituiscono un ambiente non sempre ideale potendosi riscontrare, con relativa frequenza, nella maggioranza degli occupanti, quella combinazione di “disturbi” che vengono accomunati sotto il nome di Sindrome dell’Edificio Malato (o SBS ovvero Sick Building Syndrome).

Tralasciamo quindi in questa sede, gli importanti aspetti legati alla accennata sicurezza strutturale ed antincendio ed alle correlate (ed importantissime) problematiche di evacuazione dagli edifici in caso di emergenza, soffermandoci sugli aspetti che riguardano l’igiene degli ambienti e la salute dei lavoratori addetti (indipendentemente dalla loro mansione e quindi da ulteriori, specifici, rischi professionali).

Occorre premettere che in Italia, per quanto concerne l’igiene degli ambienti di lavoro, il testo normativo di riferimento, al di là dei locali Regolamenti Comunali di Igiene, è ancora costituito dall’ormai datato DPR 303/56. Questa norma di carattere tecnico-prescrittivo, se da un lato risulta obsoleta in relazione al nuovo approccio comunitario alla materia dall’altro lato risulta tuttavia, quasi integralmente, ancora in vigore, pur contenendo indicazioni tecniche oggi generalmente superate dalla abbondante normativa tecnica internazionale alla quale conviene sempre riferirsi, laddove più cautelativa.

È a partire dalla metà degli anni Settanta che in diverse parti del mondo vengono segnalati, con sempre maggior frequenza, disturbi dovuti alla permanenza in ambienti indoor spesso, ma non sempre, affollati e dotati di impianti di climatizzazione integrati HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning); proprio a quell’epoca risalgono le prime pubblicazioni scientifiche che indicavano i sintomi e le possibili cause di quella che, poco tempo dopo, fu battezzata SBS.

Secondo alcuni studiosi la prima trattazione della SBS deve però essere fatta risalire allo studio pubblicato nel 1964, dal medico americano Theron Randolph con il titolo di An Alternative Approach to Allergies nel quale, per la prima volta, si ipotizzava una stretta correlazione tra l’inquinamento generato dai materiali presenti nell’ambiente domestico e le allergie degli abitanti; ma si dovette di fatto attendere una decina di anni prima di disporre di osservazioni epidemiologiche su larga scala e quindi maggiormente attendibili.

Si tenga presente che la possibilità di misurare con facilità alcuni importanti inquinanti indoor, anche a concentrazioni relativamente basse, risale agli anni Sessanta, epoca in cui si è iniziato a disporre di apparecchiature di semplice utilizzo in grado di valutare gli ossidi di azoto, il radon, il piombo e le fibre di amianto aerodisperse, nonché i composti presenti nel fumo di tabacco.

Durante le osservazioni effettuate poi in modo estensivo nel corso del decennio successivo si notò che le persone colpite da SBS lamentavano in generale, oltre a manifestazioni allergiche, irritazioni agli occhi, al naso, alle vie respiratorie e occasionalmente alla pelle nonché sintomi generali come mal di testa, tosse, raucedine, nausea, stanchezza, malessere, vertigini, ipersensibilità agli odori, difficoltà di concentrazione. Furono osservati anche disturbi di natura psichica, ancorché non importanti. In generale in tutti gli ambienti di lavoro caratterizzati da problematiche correlabili alla SBS si riscontravano tassi di assenteismo dal lavoro più elevati rispetto a quelli riscontrabili in ambienti “sani”.

La SBS fu osservata non solo in ambienti pubblici o di lavoro ma anche in ambienti domestici. Si osservò anche che, una volta lasciato l’edificio, i disturbi lamentati, in generale diminuivano.

Si notò infine che, frequentemente, le segnalazioni di tali disturbi o stati morbosi riguardavano gli occupanti di edifici di recente costruzione caratterizzati da un elevato isolamento termico e acustico verso l'esterno.

Da almeno venti anni a questa parte la denominazione di SBS viene utilizzata per definire situazioni in cui gli occupanti di un generico edificio lamentano disturbi o discomfort (sono ad oggi stati identificati una cinquantina di effetti diversi) presumibilmente legati alla loro permanenza più o meno prolungata all'interno dell'edificio, ma non affezioni riconducibili a patologie riconosciute, caratterizzate da un rapporto causa-effetto noto ed accertabile; le patologie di quest'ultimo tipo sono infatti note con il termine di Building Related Illness (BRI) sebbene spesso, anche tra gli stessi addetti ai lavori, tale importante distinzione non risulti del tutto chiara.

A parziale giustificazione della difficoltà di stabilire un preciso confine tra SBS e BRI si consideri che a volte può risultare assai complesso individuare univocamente un rapporto causa-effetto, sia in ragione della aspecificità dei sintomi e della differente suscettibilità individuale che per la frequente presenza contemporanea di più cause.

A pieno titolo classificabili tra le BRI sono, ad esempio, le classiche allergie da ambienti interni, come quelle all'acaro della polvere domestica o alle muffe nonché altre patologie, più o meno gravi, di cui si accennerà più avanti.

Uno studio del 1984 della World Health Organization (WHO) già rilevava che circa il 30% degli edifici di nuova costruzione o di recente ristrutturazione poteva essere chiamato in causa per l'insorgenza di disturbi correlati alla SBS; in una parte dei casi poteva trattarsi di una situazione transitoria determinata dalla presenza di inquinanti legati alla volatilità delle sostanze chimiche utilizzate nel processo di costruzione o ristrutturazione (additivi del cemento, vernici, collanti, sigillanti, etc.) ed il cui effetto era destinato ad attenuarsi nel tempo, ma in molti altri casi si trattava di inquinamenti non transitori, destinati a perdurare nel tempo.

Non sarà inutile a questo punto precisare che, in generale, l'inquinamento indoor può essere di natura fisica, chimica o biologica o una combinazione di queste e che quando in letteratura tecnica si parla di ambienti indoor e di IAQ ci si riferisce esclusivamente ad ambienti confinati, di vita e di lavoro, non industriali.

Secondo la letteratura corrente infatti, ci si riferisce agli uffici pubblici e privati, agli ospedali, alle biblioteche, alle sale mostra e spettacolo, ai locali destinati ad attività ricreative e sociali, ai mezzi di trasporto pubblici e privati per cui se nell'ambiente indoor di riferimento esistono fonti di disagio o rischi per la salute, questi possono interessare sia la popolazione comune (in particolare i soggetti più suscettibili, quali bambini, anziani, soggetti con malattie cardiache, broncopolmonari, allergiche) quando si tratti di visitatori, spettatori, passeggeri, etc., sia chiunque si trovi nell'ambiente per lavoro.

Nel complesso la percentuale di affezioni da SBS e da BRI risulta particolarmente elevata anche a causa del fatto che gli inquinanti dell'aria agiscono prevalentemente sull'apparato respiratorio che è la prima via di contatto e di assorbimento.

Anche la considerazione che nei paesi industrializzati la popolazione trascorre fino al 90% del proprio tempo in ambienti confinati (tra abitazione, ambiente di lavoro e mezzi di trasporto) ha fatto emergere l'importanza della qualità dell'ambiente indoor per la salute della popolazione in generale e di conseguenza lo studio della SBS e delle BRI.

La problematica è, come si accennava, rilevante sia per quanto riguarda gli edifici di vecchia costruzione che quelli recenti; se in quelli più datati la "sindrome" può trarre la propria origine da un long-term release di inquinanti presenti nei materiali a suo tempo impiegati per la costruzione e l'arredo, per quelli più recenti, pur in presenza di un basso rilascio di inquinante proveniente da materiali "rispettosi dell'uomo", va considerato che l'elevato impiego di materiali isolanti, l'elevato grado di sigillatura degli ambienti e la ventilazione ridotta allo scopo di contenere i consumi energetici, nonché l'ormai diffuso impiego di

macchine da ufficio (fotocopiatrici, computer, stampanti, etc.) può comunque contribuire, anche in modo rilevante, al peggioramento della qualità dell'aria.

Dunque parecchi sono i fattori chimico-fisici che possono rendere inidonea la qualità dell'aria interna e l'ambiente indoor in generale; tra i principali si possono elencare i seguenti:

- aria inquinata che proviene dall'esterno (ed in particolare da scarichi di impianti di ventilazione e riscaldamento limitrofi, dal traffico veicolare, etc.);
- temperatura ed umidità dell'aria;
- pesticidi (derivanti dai trattamenti antimuffa del legno, da disinfestanti, etc.);
- composti organici volatili (anche detti VOC ovvero Volatile Organic Compounds) ed in particolare la formaldeide;
- biocidi, particolato aerodisperso, fibre minerali comprese le fibre di amianto;
- gas (CO, CO₂, NO₂, SO₂, O₃, radon, etc.);
- fumo di tabacco (anche detto ETS ovvero Environmental Tobacco Smoke).

Per quanto concerne le fonti di inquinamento di tipo biologico negli edifici, queste sono per lo più note e rintracciabili nei sistemi di raffreddamento e di umidificazione degli impianti HVAC, nella polvere di tappeti, poltrone, moquette e consistono in batteri, muffe, pollini, virus ed altri microrganismi.

Se negli anni Settanta fu accertato che un "trattamento" efficace per i disturbi attribuibili alla SBS poteva semplicemente essere costituito dall'allontanamento dalla fonte d'inquinamento con una conseguente più o meno rapida completa reversibilità del disturbo accusato, oggi risulta altrettanto certo che purtroppo tale rimedio non sia risolutivo, nella totalità dei casi e che talora possano anche manifestarsi problematiche più gravi, di tipo immuno-depressivo; in questo caso la conseguenza può essere una aumentata suscettibilità agli agenti infettivi o una ridotta sorveglianza antitumorale.

Ma in questo secondo caso risulta ancora oggi oggettivamente difficile stabilire un confine certo tra SBS e BRI; in linea di massima è comunque possibile affermare che, alla luce delle conoscenze attuali, benché molte sostanze possano essere chiamate in causa in relazione ad effetti immuno-depressivi, le dosi di esposizione necessarie a far insorgere patologie gravi sono di norma molto superiori a quelli riscontrabili nelle abituali condizioni di lavoro indoor.

Se oggi è chiaramente percepito dall'opinione pubblica che l'inquinamento dell'aria nei centri urbani ed in prossimità di importanti insediamenti industriali costituisce un pericolo per la salute, viceversa gli effetti dell'inquinamento indoor, sebbene rilevanti dal punto di vista sanitario e delle conseguenze socio-economiche, sono molto meno percepiti.

Da diverse ricerche è emerso che la causa principale della cattiva qualità dell'aria è da attribuire, in oltre il 50% dei casi, a difetti nel sistema di ventilazione o di condizionamento, mentre per un ulteriore 30% è imputabile alla presenza di contaminanti chimici provenienti dall'esterno, o da fonti interne inclusi i materiali da costruzione e gli arredi.

Ai nostri fini, anche se in via generica e semplificativa, definiremo "la ventilazione" come il processo di scambio dell'aria interna (teoricamente inquinata) con l'aria esterna (teoricamente pura o, quanto meno, depurata).

Molti studi, condotti negli ultimi trenta anni, principalmente nei paesi anglosassoni, mirati a stabilire un rapporto tra ventilazione e salute e benessere degli occupanti degli edifici hanno portato a risultati non sempre univoci. La principale comune conclusione è stata che un tasso di ventilazione (naturale o forzata, ma non trattata) inferiore a 10 l/sec per persona può significativamente aggravare i sintomi irritativi e generali degli occupanti, mentre un incremento della ventilazione a 20 l/sec per persona porta ad una attenuazione del fenomeno.

Per il contenimento di tutti gli effetti derivanti dagli inquinanti chimici e fisici fin qui descritti la American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers (ASHRAE) raccomanda, attraverso lo standard 62-1989, opportuni volumi di aria di ricambio dipendenti dalla tipologia di attività che si svolge, dal numero di persone presenti negli ambienti e da altri parametri, ma in pratica i valori medi si assestano all'incirca sui 10 l/sec per persona; altre ricerche concludono che un valore di 8-10 ricambi completi di aria nelle 24

ore deve essere considerata una soglia minima per tutelare il benessere degli occupanti potendo garantire una accettabile diluizione degli eventuali inquinanti presenti.

Una più elevata manifestazione di sintomi da SBS pare oggi comunque definitivamente associabile alla presenza di aria condizionata negli uffici.

Anche i puri e semplici parametri termoigrometrici degli ambienti condizionati indoor sono stati osservati attentamente tramite monitoraggi sperimentali condotti variando i singoli parametri e verificando gli effetti delle variazioni.

Da diverse ricerche è emerso che in condizioni di temperatura ambiente superiore a 21-22 °C (che pare essere la temperatura statisticamente più confortevole) possono aumentare alcuni sintomi specifici, in particolare se associati ad un tasso igrometrico basso.

In alcuni studi recenti è stato osservato che in un range di temperatura compreso tra i 18 ed i 26°C, caratterizzato da un basso tasso igrometrico (15-25%), si manifestano frequentemente fenomeni irritativi quali sintomi di secchezza cutanea, faringea e della mucosa nasale e fenomeni di congestione nasale; tali manifestazioni risultano alleviate da un tasso igrometrico superiore, pari almeno al 35-40%; si consideri però d'altro canto che un incremento eccessivo dell'umidità relativa (sempre in relazione alla temperatura ambiente), aumenta la percezione dei cattivi odori e la sensazione di "aria viziata".

Una patologia spesso erroneamente citata a proposito della SBS (sebbene correlata agli edifici "malati", ma a tutti gli effetti classificabile tra le BRI) è la cosiddetta Legionellosi, provocata dal batterio *Legionella pneumophila*. Questo batterio, che prolifera in ambienti caldi ed umidi, tra i 25 ed i 45°C, (un habitat tipico, ad esempio, delle batterie di raffreddamento e degli evaporatori degli impianti HVAC), viene veicolato all'interno del corpo umano attraverso minuscole gocce d'acqua (aerosol) provenienti dagli impianti di climatizzazione, ma anche da condotte dell'acqua potabile, pozzi artesiani, rubinetti, docce, fontane ornamentali, idromassaggi ed umidificatori contaminati che possono provocare polmoniti dall'esito anche mortale.

Esistono oltre 40 specie differenti di *Legionella* che causano due malattie principali: la Malattia del Legionario e la Febbre di Pontiac.

La Malattia del Legionario fu osservata per la prima volta al Bellevue Stratford Hotel di Philadelphia nel 1976, dove un'epidemia scatenatasi durante una convention dell'American Legion, una associazione di veterani dell'esercito (da cui fu poi derivato il nome della malattia), provocò 34 morti; questa patologia oggi inequivocabilmente correlata alla carenza di manutenzione degli impianti idro-termo-sanitari colpisce ancora oggi, nei soli Stati Uniti, tra le dieci e le ventimila persone all'anno.

Dopo questa prima epidemia (la cui causa fu identificata solamente nel gennaio del 1977 isolando il batterio responsabile, poi rintracciato all'interno delle condotte di ventilazione dell'hotel) ve ne furono alcune altre particolarmente gravi: a Bovenkarspel nei Paesi Bassi (32 vittime nel 1999), a Pas-de-Calais in Francia (21 vittime nel 2001), a Toronto in Canada (21 vittime nel 2005). In generale la complicazione più grave è rappresentata dalla insufficienza respiratoria. La mortalità media, pur in presenza di una appropriata terapia, è del 7% circa, ma in alcuni casi di epidemia ha raggiunto il 30%; peraltro molte persone possono risultare positive senza mostrare alcun sintomo.

Una forma più leggera di Legionellosi, di risoluzione normalmente spontanea, caratterizzata da sintomi simili a quelli dell'influenza, talvolta con diarrea e riduzione dello stato di coscienza è la cosiddetta Febbre di Pontiac, dal nome della città del Michigan dove fu osservata per la prima volta nel 1968 quando circa il 95% degli impiegati che lavoravano in un edificio pubblico si ammalarono quasi contemporaneamente di una sindrome simil-influenzale caratterizzata da febbre, cefalea, mialgie e malessere generale.

Da più di venti anni vengono anche segnalati numerosi casi di polmoniti da ipersensibilità insorti tra il personale impiegato in edifici muniti di sistemi di condizionamento dell'aria con umidificazione; a questa patologia è stato attribuito il nome di Polmone da Umidificatore.

È dunque accertato come siano i sistemi di ventilazione forzata dell'aria, a garantire le condizioni di habitat ideali (una situazione spesso amplificata dalla cattiva gestione della pulizia dei filtri e delle condotte) per la rapida diffusione di microrganismi patogeni (anche in ragione degli elevati volumi di aria trattata), favorendo il contagio umano diretto ed indiretto.

È anche oggi ben noto come le malattie infettive in generale si trasmettano più facilmente ed in modo epidemico negli ambienti chiusi, soprattutto dove convivono molte persone a stretto contatto, piuttosto che all'aperto dove gli agenti patogeni hanno modo di disperdersi e di subire l'azione distruttiva degli agenti atmosferici e dei raggi UV.

Tra le numerose malattie infettive a carattere endemico si citano l'influenza, le malattie esantematiche (varicella, morbillo, etc.) e le polmoniti pneumococciche.

Altre patologie erroneamente citate a proposito della SBS, pur originate dalla permanenza in ambienti di lavoro indoor (talora anche domestici), sono ad esempio quelle derivanti dall'esposizione all'amianto (o asbesto), un materiale naturale dalle eccezionali caratteristiche chimico-fisiche e per questo utilizzato estensivamente in passato. A causa della complessità e specificità del problema, è possibile fornire qui solamente un breve accenno.

Basti sapere che l'esposizione all'amianto (ed in particolare l'inalazione di alcuni particolari tipi di fibra areodispersa di questo minerale) può provocare malattie con esiti nefasti (mesotelioma); tale agente inquinante risulta potenzialmente presente in diversi materiali da costruzione e di arredo (pannelli termoisolanti e fonoassorbenti, coperture, vasche e tubazioni in cemento-amianto, vernici, stucchi, pavimenti in vinil-amianto, etc.) utilizzati diffusamente fino agli anni Ottanta. L'amianto è oggi classificato dalla IARC (International Agency for Research on Cancer) come cancerogeno certo per l'uomo (Gruppo I), e costituisce un fattore di rischio possibile, se inserito in materiali friabili ed in cattivo stato di conservazione, spesso presenti in edifici di antica costruzione soprattutto se non sottoposti a ristrutturazione negli ultimi vent'anni.

La presenza di materiali contenenti amianto deve sempre essere attentamente valutata soprattutto in relazione allo stato di conservazione dei materiali stessi. In caso di accertata presenza è possibile intervenire non solo procedendo alla totale rimozione, ma anche con interventi meno invasivi (incapsulamento, inertizzazione, etc.) che garantiscano comunque adeguati livelli di sicurezza per gli occupanti dell'edificio.

Un cenno merita anche il problema del fumo ambientale o "passivo" o ETS, che rappresenta ancora oggi in molti paesi (fortunatamente non più in Italia) uno degli inquinanti chimici più diffusi negli ambienti indoor, molto studiato sia per l'influenza negativa sulla patologia polmonare acuta e cronica, sia per gli effetti cancerogeni.

In tempi recenti l'ETS è stato associato da molti ricercatori ad una maggiore incidenza di malattie cardiovascolari anche negli esposti non fumatori; per tale motivo in relazione a maggiori certezze sul rapporto causa-effetto ed alla specificità delle patologie correlate si tende oggi sempre più a considerare l'ETS come una causa specifica di malattia anziché ricomprenderlo nella SBS.

L'ETS riferito al fumo espirato da fumatori ed inspirato da fumatori e non fumatori, è una combinazione di oltre 4500 sostanze chimiche liberate sotto forma di particolato o di gas, in parte già presenti nel tabacco, in parte frutto delle modificazioni (pirolisi e piro sintesi) dovute alla temperatura di combustione.

Tra i componenti del particolato vi sono la nicotina, il catrame, gli idrocarburi aromatici, il benzopirene, mentre il monossido di azoto (NO), il monossido di carbonio (CO), l'acido cianidrico, l'acetaldeide, la formaldeide sono contenuti nella parte gassosa. Molte delle sostanze contenute nel fumo, anche se considerate singolarmente, possono risultare tossiche, irritanti o addirittura (secondo alcuni studiosi, in oltre il 40% dei casi), cancerogene.

Non sarà inutile ricordare ancora una volta che il fumo attivo costituisce oggi nella società occidentale la principale causa prevedibile di morbosità e mortali-

tà e che il fumo passivo è stato classificato dall'EPA (U.S. Environmental Protection Agency) e dalla IARC come una delle cause che provocano cancro nei non fumatori.

Spesso presente negli ambienti indoor anche per la semplice mancanza di ricambio d'aria ed altrettanto spesso, ma non esclusivamente, associato alla presenza di ETS, va considerato l'inquinamento da monossido di carbonio: alcuni organi vitali caratterizzati da grandi richieste di ossigeno quali il cuore ed il cervello sono particolarmente suscettibili alla sottossigenazione provocata dall'esposizione al CO che ha effetti nocivi a causa della sua capacità di legarsi all'emoglobina del sangue. L'affinità del CO per l'emoglobina è elevatissima rispetto a quella manifestata dall'ossigeno; per tale motivo, anche in presenza di bassi livelli di CO nell'aria, l'ossigeno viene sostituito da tale inquinante entrando rapidamente nel circolo sanguigno.

Le esposizioni ad alte percentuali di CO (70-80%), ad esempio provocate da difetti di combustione negli apparecchi di riscaldamento o provenienti dall'esterno, possono portare alla morte per intossicazione in tempi brevissimi.

Ma vi sono alcuni altri agenti inquinanti che meritano, per la loro importanza in relazione alla potenziale presenza negli ambienti indoor ed alla certezza del rapporto causa-effetto una importante menzione: si tratta della formaldeide, dei VOC in generale e del gas radon.

La formaldeide (H_2CO), un inquinante molto diffuso, può determinare effetti irritanti sulla cute e sulle mucose anche per esposizioni a basse concentrazioni. Si tratta di un composto in forma gassosa (peraltro facilmente solubile in acqua e facilmente reperibile con il nome commerciale di Formalina) dal caratteristico odore pungente, impiegato in una varietà di processi produttivi e pertanto facilmente rintracciabile in materiali da costruzione e da arredo così come in disinfettanti, conservanti e prodotti per la pulizia.

Recentemente la IARC ha classificato questa sostanza un cancerogeno certo per l'uomo (Gruppo I), in grado di provocare tumori naso-faringei. Tra gli effetti nocivi a breve termine, anche in presenza di basse concentrazioni, si segnalano irritazione agli occhi, bruciore alla gola, difficoltà respiratorie, mal di testa.

Sempre tra gli inquinanti chimici, con la generica denominazione di VOC, viene invece indicato in letteratura, un insieme di sostanze in forma liquida o di vapore, caratterizzate da un punto di ebollizione variabile tra un limite inferiore di 50-100 °C ed un limite superiore di 240-260 °C.

Il termine "volatile" indica la capacità di queste sostanze chimiche di evaporare facilmente a temperatura ambiente.

I composti che rientrano in questa categoria sono all'incirca 300.

Tra i più noti si citano gli idrocarburi alifatici (n-esano, n-esadecano, metilensani), i terpeni, gli idrocarburi aromatici (benzene e derivati, toluene, o-xilene, stirene), gli idrocarburi alogenati (cloroformio, diclorometano, clorobenzeni, etc.), gli alcoli (etanolo, propanolo, butanolo e derivati), gli esteri, i chetoni e le aldeidi (tra cui anche la già citata formaldeide).

Negli ambienti indoor le sorgenti di VOC si trovano praticamente ovunque; tra le più comuni si possono citare le seguenti:

- prodotti per la pulizia a cera, prodotti per la pulizia dei bagni, dei vetri, paste abrasive, detersivi per i pavimenti, deodoranti solidi e spray;
- pitture e prodotti associati: pitture ad olio, uretaniche;
- pesticidi, insetticidi e disinfettanti;
- colle e adesivi;
- prodotti per l'igiene personale e cosmetici;
- mobili e tessuti;
- materiali da costruzione;
- stampanti e fotocopiatrici;
- fumo di tabacco.

L'esposizione ai VOC può provocare effetti sulla salute sia acuti che cronici.

Passando agli agenti fisici, la presenza del gas radon rappresenta un potenziale rischio per lo sviluppo del tumore al polmone; determinazioni in questo

sensu si sono basate su studi epidemiologici svolti principalmente su popolazioni omogenee di lavoratori esposti (in particolare minatori).

Per tale motivo la WHO, attraverso la IARC, ha classificato fin dal 1988 il radon nel Gruppo 1; fino ad oggi non sono stati dimostrati altri effetti diversi dal tumore polmonare.

Secondo recenti studi, tra il 5 ed il 15% degli oltre 31.000 casi di tumore polmonare che ogni anno si registrano in Italia sembrano attribuibili al radon, e per la grande maggioranza tale patologia colpisce (come concausa) i fumatori. Tale numero rappresenta approssimativamente il 2% di tutti i decessi per tumore.

Il radon è un gas inerte radioattivo, inodore e incolore che si forma per decadimento nucleare del radio, che a sua volta è originato dall'uranio presente in natura.

Se l'uranio e il radio sono elementi solidi, il radon essendo un gas è in grado di muoversi e di fuoriuscire facilmente dal terreno, dalle rocce, dall'acqua, o da materiali da costruzione (prodotti con terre, inerti, etc.) ed entrare negli edifici; essendo inerte non reagisce con altri materiali ed essendo incolore e inodore non può essere avvertito dai sensi.

Il radon ha 26 isotopi ma solo il radon-222 è, tra i tre presenti in natura, quello che ha importanza ai fini sanitari poiché ha un tempo di decadimento sufficiente (tra i 3 e i 4 giorni) tale da consentire il rilascio dal suolo o dai materiali in cui è contenuto ed il raggiungimento del corpo umano per inalazione.

La migrazione del radon è facilitata dal fatto che gli ambienti indoor risultano generalmente in depressione rispetto all'esterno. Questa depressione favorisce moti convettivi nel suolo che fanno sì che il radon venga "aspirato" verso l'interno degli edifici stessi.

Una volta raggiunto l'edificio, il radon può diffondersi attraverso le fessure dei muri e dei pavimenti (che anche se invisibili sono pur sempre presenti), attraverso le giunzioni pavimento-parete, attraverso i passaggi degli impianti termici, idraulici, delle utenze elettriche, etc. o ancora attraverso corridoi e scale soprattutto se in diretta comunicazione con gli scantinati.

La presenza del radon nel terreno non è uniforme, ma varia da zona a zona (dipendendo dalla geologia e litologia e permeabilità del suolo) così come in linea generale la sua presenza nei materiali da costruzione risulta essere assai più rilevante nel caso di edifici di vecchia costruzione.

Ma molte altre variabili possono entrare in gioco nella valutazione di una potenziale presenza di radon.

Tra le principali si possono elencare il tipo di edificio (a sviluppo verticale o orizzontale), la localizzazione (isolato o in aderenza) ed il tipo di fondazione (con vespaio o direttamente a contatto con il terreno).

Anche la presenza di camini, il tipo e le modalità d'uso del riscaldamento ed il tempo di permanenza all'interno degli edifici giocano un ruolo altrettanto determinante quanto poco codificabile e valutabile per esclusiva via teorica.

I principali modi per ridurre la concentrazione di radon all'interno di un edificio sono:

- depressurizzazione del sottosuolo;
- ventilazione naturale e/o meccanica dell'ambiente;
- pressurizzazione dell'edificio;
- ventilazione del vespaio;
- sigillatura delle vie di ingresso (intercapedini, fessure, etc.).

In assenza di interventi risolutivi di tipo strutturale, la ventilazione naturale periodica può spesso essere un ottimo sistema, oltre che per eliminare altri tipi di inquinanti, anche per abbattere drasticamente il rischio derivante dal radon.

Vediamo ora in pratica quali possono essere, relativamente ad archivi, biblioteche, musei, ed assimilati le principali "sorgenti" di inquinamento: tra queste vanno sicuramente annoverati i materiali utilizzati in ebanisteria, le vernici ed i prodotti di finitura, i pesticidi, le tappezzerie, le moquette, le stampanti laser e le fotocopiatrici, solo per citare le principali.

Gli arredi in particolare possono facilmente assorbire alcune sostanze chi-

miche nocive durante i processi di produzione, verniciatura e pulizia, rimettendole successivamente.

Negli ultimi anni la maggior parte dei mobili e degli arredi sono stati fabbricati con prodotti e sottoprodotti a base di legno (lamelle, fogli, particelle, fibre, etc.) e successiva ricomposizione in pannelli. Tali prodotti includono compensato, truciolato e pannelli di fibre di legno di media densità (il cosiddetto Medium Density Fiberboard o MDF) un processo che inevitabilmente comporta l'impiego di resine, collanti, sigillanti, lucidanti, etc.

Il grado di emissione di sostanze tossiche è maggiore quando le superfici ed i bordi di questi prodotti non sono laminati o rivestiti consentendo così ai composti tossici quali urea-formaldeide (la quale emette formaldeide per un periodo notevole di tempo) e VOC di volatilizzarsi.

Le vernici costituiscono una fonte importante di inquinamento indoor, sia perché contengono sostanze chimiche che evaporano facilmente all'aria, sia perché spesso rivestono grandi superfici.

Oltre ai VOC, le vernici possono contenere e rilasciare altre sostanze odorose o tossiche, o componenti indesiderati, quali pesticidi e metalli pesanti (piombo, cadmio, cromo, mercurio, arsenico e titanio). Si noti che attualmente sono disponibili vernici e prodotti di rifinitura di alta qualità, bassa tossicità e bassa emissione di VOC, con un'ampia varietà di costi e prestazioni.

I pesticidi sono sostanze utilizzate per prevenire, allontanare o uccidere insetti, funghi, roditori, etc. e pertanto spesso impiegati ove vi sia necessità di proteggere beni materiali di valore rilevante.

Il numero di pesticidi sul mercato è elevatissimo. Circa il 95% dei pesticidi viene impiegato in agricoltura, tuttavia tra i principali ambienti di contaminazione, in relazione al numero delle persone esposte (ed escludendo, naturalmente, le intossicazioni di tipo alimentare), vi sono proprio gli ambienti indoor.

Mentre l'utilizzo in agricoltura è strettamente regolamentato, in altri settori non vi è nessun tipo di regolamentazione. Inoltre tali sostanze vengono utilizzate in molti prodotti di uso domestico, ad esempio per preservare il legno, per la protezione delle piante da appartamento, nei prodotti per la pulizia e per la disinfezione.

Le sedie, le poltrone, i tappeti, le moquette, i tendaggi, ed in generale qualsiasi superficie tessile, sono invece i luoghi dove può annidarsi facilmente gran parte dei contaminanti di tipo biologico.

Ad esempio gli acari dimorano prevalentemente nei cuscini e nei materassi, sia perché qui trovano le giuste condizioni ambientali per la loro crescita (20-30 °C e 70% di umidità), sia perché si nutrono di scaglie di pelle, ma possono facilmente proliferare anche in qualsiasi sedia imbottita.

Non bisogna dimenticare che, come già precedentemente accennato, una elevata umidità può determinare anche la formazione di muffa e la crescita dei batteri di vario tipo.

Negli archivi e nelle biblioteche in generale l'elevata presenza di libri e documenti genera poi una cospicua presenza di particolato in sospensione derivante dal degrado del materiale cartaceo. A ciò si aggiunga la difficoltà nel rimuovere la polvere che si produce e si accumula nel tempo e la proliferazione di muffe ed altri microrganismi che nella carta trovano un habitat pressoché ideale.

La moquette del pavimento a sua volta, oltre ad emettere VOC, per un certo tempo dopo la posa, può intrappolare polvere, sporczia, polline, acari, antiparassitari, allergeni degli animali ed altre sostanze inquinanti che provengono sia dall'interno che dall'esterno.

È da considerare inoltre la eventuale presenza di umidità sotto la moquette che può provocare facilmente lo sviluppo di muffe con il conseguente rilascio di spore.

La presenza di stampanti laser e di macchine fotocopiatrici, è altrettanto spesso associata alla SBS.

Alla base del funzionamento delle macchine laser vi è un tamburo fotosensibile sul quale un raggio laser "disegna" l'immagine che deve essere stampa-

ta sotto forma di cariche elettrostatiche. Queste ultime attraggono il toner, ovvero l'inchiostro a base di polvere di carbonio, che verrà poi applicato sul foglio bianco; infine, alcuni rulli caldi completano l'opera fissando l'inchiostro sul foglio.

Nel corso di tali processi vengono liberati VOC e particolato respirabile proveniente dal toner, mentre il processo di alto voltaggio causa la formazione di ozono nell'ambiente di lavoro.

Le fotocopiatrici sono apparecchiature in grado di emettere diversi agenti chimici, come ozono, selenio, cadmio, prodotti per rilascio dai materiali impiegati per il loro funzionamento.

La presenza di ozono in prossimità delle macchine fotocopiatrici viene normalmente avvertita già a basse concentrazioni (0,01-0,02 ppm) a causa del tipico odore pungente.

A concentrazioni superiori (0,25 ppm) l'ozono risulta irritante per occhi e mucose fino a portare irritazioni delle vie respiratorie, tosse e dispnea a livelli più alti.

Un recente studio condotto da alcuni ricercatori australiani della Queensland University of Technology su una sessantina di macchine da ufficio di diverse tipologie, marche ed anno di costruzione, ha evidenziato nel 27% dei casi una emissione di particelle dannose per l'uomo.

Tra le soluzioni per abbattere drasticamente i rischi per la salute si citano l'ovvio impiego di macchine di ultima generazione caratterizzate da bassa emissione e dalla presenza del filtro antiozono, ma anche semplicemente la collocazione della macchina in ambienti dedicati, separati e ventilati e la periodica manutenzione.

Esiste infine in molti locali, ad esempio nelle sale mostra e nelle sale di lettura delle biblioteche, una ulteriore, importante fonte di inquinamento: l'uomo.

Al di là di fonti di inquinamento provenienti da deodoranti, detergenti, etc. o da batteri e virus eventualmente ospitati dall'uomo, la semplice attività metabolica dell'organismo, comporta la produzione di sostanze chimiche, in forma gassosa, che possono contribuire pesantemente al peggioramento del microclima indoor. Tra i principali prodotti dell'attività metabolica si possono citare monossido e biossido di carbonio, acetone, acido solfidrico, metano, alcool metilico, fenolo, acido lattico, ammoniaca, etc.

Tutti questi inquinanti, se da un lato non costituiscono un pericolo per la salute degli occupanti, dall'altro contribuiscono a creare quella sgradevole sensazione di "ambiente chiuso" che può provocare forte disagio: molte persone mostrano infatti una ipersensibilità anche a bassissime concentrazioni. Anche in questo caso una corretta ventilazione può risolvere il problema in modo più che adeguato.

In conclusione è possibile affermare che molte delle problematiche descritte possono essere convenientemente limitate e controllate (se non proprio eliminate) con una accurata regolazione del microclima ed in particolare intervenendo sui parametri termoigrometrici, sui ricambi d'aria, sulla pulizia e disinfezione degli impianti di climatizzazione, con la limitazione nell'impiego di detergenti e sostanze chimiche, con la sostituzione dei materiali d'arredo o, spesso, semplicemente manutenzionando in modo appropriato quelli presenti; a volte alcune problematiche possono essere risolte semplicemente introducendo piante da arredo in grado di ridurre la presenza di CO e VOC.

Alcuni degli interventi descritti possono senza alcun dubbio risultare complessi da realizzare in edifici storici o dove prevalgono esigenze di conservazione di manufatti e beni culturali altamente deperibili, ma la conservazione della salute dell'uomo pare peraltro essere prioritaria su tutto.

Vi è poi una ulteriore serie di agenti inquinanti di tipo fisico concorrenti alla determinazione della SBS, frequentemente presenti anche negli archivi, nelle biblioteche e nei musei e responsabili di una cattiva qualità della vita lavorativa indoor; tra i tanti ne citiamo tre particolarmente importanti: i campi elettromagnetici, il rumore e l'illuminamento.

Il fenomeno comunemente (ma non sempre propriamente) definito "inquina-

mento elettromagnetico” è legato agli effetti sull'uomo provocati dalla generazione di campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici artificiali (o EMF ovvero Electromagnetic Fields), cioè non attribuibili al naturale fondo terrestre o ad eventi naturali; in ambienti indoor il problema è correlabile alla presenza di impianti elettrici ed apparecchiature elettriche, elettromeccaniche ed elettroniche.

Gli effetti degli EMF dipendono principalmente dall'intensità del campo e dalla durata dell'esposizione sebbene su questo tema la comunità scientifica sia ancora divisa.

Non si tratta dunque, di una problematica di facile approccio (né eventualmente di facile risoluzione) stante le ancora incerte risultanze degli studi sul rapporto causa-effetto (anche per le indubbe difficoltà di misurazione delle emissioni a bassissimi livelli); per tale motivo molti esperti si limitano oggi a suggerire, anche se in modo quasi certamente eccessivamente cautelativo, di mantenere in funzione apparecchiature elettroniche ed elettromeccaniche, VDT, telefoni cellulari, etc. nel numero minimo possibile e per il tempo strettamente necessario, senza poter fornire indicazioni univoche sui reali effetti sanitari di una eventuale esposizione continuativa.

Il rumore, responsabile dell'inquinamento acustico, è invece costituito dall'insieme dei suoni che risultano indesiderati perché di intensità eccessiva, fastidiosi o improvvisi, e che spesso rappresentano elementi di disturbo per la ricezione da parte dell'orecchio umano; per le specifiche caratteristiche funzionali dei luoghi di lavoro che qui si stanno esaminando (luoghi “del silenzio” per antonomasia) è plausibile affermare che questa fonte di inquinamento non debba destare preoccupazione per i relativi addetti tranne, ovviamente, le sempre possibili eccezioni del caso.

Potrebbero comunque manifestarsi in alcuni ambienti quali musei, sale mostra, etc. caratterizzate da assenza di materiali fonoassorbenti, disturbi correlati ad una cattiva acustica, in particolare generati da un forte riverbero.

Tutt'altro discorso invece vale per quanto concerne il confort derivante dall'illuminazione ambientale, sempre più spesso correlato alla SBS; su tale argomento ci soffermeremo un poco più a lungo.

I principali effetti sulla salute, correlati al lavoro in condizioni non idonee di illuminazione riguardano ovviamente l'organo della vista. In pratica l'esposizione a fonti luminose non adeguate, comporta la generale insorgenza di una serie di disturbi noti nel loro complesso come astenopia (o sindrome da affaticamento visivo), i cui sintomi possono essere i seguenti: bruciore, lacrimazione, secchezza, senso di corpo estraneo nell'occhio, ammiccamento frequente, fastidio alla luce, pesantezza, visione annebbiata, visione sdoppiata, stanchezza alla lettura.

L'abbagliamento causato dalla illuminazione ambientale o locale eccessiva, la presenza di riflessi o di forti contrasti tra le superfici all'interno del campo visivo, ma anche, frequentemente, condizioni di scarsa illuminazione, sono causa di astenopia provocata dallo sforzo fisico e mentale impiegato per eseguire il lavoro.

Tra l'altro una illuminazione inidonea costringe spesso ad assumere posture ergonomicamente scorrette al fine di migliorare la visione, con la possibile conseguente comparsa di disturbi muscolo-scheletrici collaterali (un problema, anche per questo motivo, correlabile a pieno titolo alla SBS).

Al fine di meglio comprendere le problematiche appena esposte è utile premettere alcune definizioni e concetti.

Lo spettro delle radiazioni (elettromagnetiche) visibili dall'uomo non ha dei limiti ben precisi, in quanto molto dipende dalla suscettibilità individuale. Per tale motivo l'estensione del campo di lunghezza d'onda “visibile” è stata fissata, per pura convenzione, nell'intervallo compreso tra 380 nm (limite dell'ultravioletto) e 780 nm (limite dell'infrarosso), dove 1 nm equivale a 1/1.000.000 m.

La luce del sole, così come quella di una comune lampadina, due sorgenti che emettono luce diretta (e per questo motivo dette sorgenti primarie) come risultato della trasformazione di energia di varia natura, appaiono ai nostri occhi come “luce bianca”.

In realtà, se un raggio di luce attraversa un prisma, uscito da esso il raggio

proietta una striscia di colori, distribuiti sempre nello stesso ordine: rosso, arancione, giallo, verde, blu e violetto. La luce bianca è dunque in realtà un mix di luci di diverso colore, che costituiscono il cosiddetto "spettro della luce solare".

Altri corpi non trasformano l'energia in luce, ma ricevono energia luminosa da una sorgente primaria e la riemettono in parte trasformata, ma sempre sotto forma di energia luminosa (e per tale motivo vengono dette sorgenti secondarie). Un oggetto illuminato può infatti talvolta servire ad illuminarne un altro: è ciò che accade con la luna che illumina la terra di notte.

La luce è quindi qualcosa che viene emesso da una sorgente primaria, si propaga nello spazio, viene riflessa/diffusa da altri oggetti stimolando, infine, delle reazioni in alcuni particolari sensori.

I sensori di luce sono oggetti (naturali, come l'occhio o artificiali, come le celle fotosensibili) che, quando sono stimolati dalla radiazione luminosa, forniscono una risposta di varia natura, avente un'intensità dipendente dal tipo e dall'intensità di luce che li colpisce.

L'illuminazione (o illuminamento) rappresenta il flusso luminoso che incide sull'area illuminata ed è direttamente proporzionale all'intensità della radiazione ottica ed inversamente proporzionale al quadrato della distanza; è in pratica la quantità di luce che colpisce una superficie ed è misurabile in lux.

L'illuminazione dei luoghi di lavoro deve essere ottenuta, per quanto è possibile, con luce naturale poiché essa è più gradita all'occhio umano e quindi meno affaticante, possiede una discreta azione germicida grazie alla sua componente ultravioletta e contribuisce alla riduzione dell'umidità per la sua componente termica.

L'illuminazione è inoltre legata profondamente al colore dei materiali; una superficie appare di un determinato colore, perché riflette le lunghezze d'onda corrispondenti a quel particolare colore assorbendone le rimanenti.

Si osservi che la luce oltreché agire sul sistema di percezione visiva influisce sensibilmente anche sugli organi di regolazione del sistema neurovegetativo, che a sua volta comanda diverse funzioni dell'organismo.

Si può comprendere in tal modo perché una buona luce non solo facilita le funzioni del vedere e del riconoscere, ma perché aumenti anche lo stimolo lavorativo ed il benessere accrescendo la capacità di concentrazione ed evitando la stanchezza precoce.

In molti ambienti lavorativi, ed in qualche caso potrebbe verificarsi anche negli ambienti indoor che qui stiamo considerando, la maggior capacità di attenzione che deriva da un buon illuminamento fa diminuire il pericolo di incidenti; sicuramente, qualsiasi sia il lavoro che si sta svolgendo, con una buona illuminazione si ha una notevole diminuzione degli errori.

La luce naturale, come si diceva, è la più adatta per l'occhio umano, ed è quella che proviene direttamente dalla radiazione solare o che viene riflessa dalla volta celeste, dalle strutture circostanti e dagli oggetti presenti nell'ambiente e può raggiungere i 50.000 – 100.000 lux a mezzogiorno in una limpida giornata estiva. La luce solare diretta è però sconsigliabile negli ambienti di lavoro in quanto, per l'eccessiva brillantezza, determina abbagliamento o fastidiosi riflessi. L'ideale sarebbe poter disporre di una luce indiretta proveniente da nord in quanto è quella più uniforme.

L'ampiezza delle superfici vetrate deve essere correlata alla superficie del pavimento con un rapporto che può variare da 1:4 fino a 1:10.

Questi parametri non sempre possono però essere garantiti all'interno di archivi, biblioteche e musei dove, spesso e per motivi diversi, devono essere mantenuti bassissimi livelli di illuminamento.

Ma altri parametri ancora incidono sull'efficienza dell'illuminamento naturale di una postazione di lavoro; tra questi l'altezza utile delle finestrate rispetto al piano di lavoro (ad esempio, le finestre poste a filo pavimento risultano pressoché inutili), oppure l'angolo di incidenza formato dalla superficie della volta con il piano orizzontale passante per il posto di lavoro (che secondo le norme di buona pratica non dovrebbe essere inferiore a 27°) o ancora il cosiddetto "angolo di apertura di Förster", che è l'angolo racchiuso da due rette che ideal-

mente traggono origine da un punto del piano di lavoro e passanti l'una per il bordo superiore della finestra e l'altra per l'estremità superiore del fabbricato prospiciente (tale angolo non dovrebbe essere inferiore a 5°).

Un altro parametro di confort legato all'illuminamento naturale è il "coefficiente di luce diurna" (CID) che rappresenta il rapporto tra l'illuminamento di un punto di un piano (o di un ambiente) di lavoro dovuto alle componenti riflesse della luce naturale e l'illuminamento che si avrebbe se quello stesso punto fosse esposto all'aperto in modo da ricevere luce dall'intera volta celeste senza irraggiamento diretto del sole. I valori raccomandati sono compresi tra 0,4 e 6%: nessun posto di lavoro dovrebbe essere situato in condizioni di CID < 0,2%.

Quando però la luce naturale non è sufficiente occorre integrare l'illuminazione con la luce artificiale che deve rispondere ad alcuni requisiti essenziali: innanzitutto deve essere sufficiente, deve avere una composizione spettrale il più possibile simile alla luce naturale, non deve provocare abbagliamento, deve essere uniforme rispettando nel contempo una giusta proporzione di contrasti tra luce ed ombra, deve essere priva di oscillazioni od effetti stroboscopici.

Solo per dare qualche esempio in merito all'ordine di grandezza dei livelli di illuminamento (naturale o artificiale) riscontrabili in diverse situazioni, si considerino i valori indicativi riportati in tab. 1.

Per quanto riguarda i livelli di illuminamento artificiale suggeriti per i diversi ambienti di lavoro (uffici, corridoi, servizi, archivi, sale lettura, etc.) è bene riferirsi al recente standard ISO UNI 12464 in quanto le indicazioni fornite dal DPR n. 303/56 risultano, di fatto, superate.

A parità di livello di illuminamento artificiale la luce non è sempre uguale: può essere più o meno bianca, ovvero fredda oppure calda. I colori delle cose appaiono differenti, variando il tipo di sorgente luminosa utilizzata ed in particolare variando i seguenti parametri fondamentali: la temperatura di colore e l'indice di resa dei colori.

La temperatura di colore, che si esprime in kelvin (K), è un parametro utilizzato per classificare, in modo oggettivo, il colore della luce di una sorgente luminosa confrontata con una sorgente campione.

In pratica si considerano i seguenti intervalli principali di riferimento:

- da 3000 a 3500 K: colore bianco caldo (W);
- da 4000 a 5000 K: colore bianco neutro (I);
- da 5500 a 7000 K: colore bianco freddo (C).

L'indice di resa dei colori (Ra') è invece l'effetto prodotto da una sorgente luminosa sull'aspetto cromatico di un oggetto confrontato con quello ottenuto per effetto di una sorgente luminosa campione di pari temperatura di colore.

La suddivisione in quattro gruppi dei valori dell'indice generale di resa del colore consente la scelta della sorgente luminosa più adatta in rapporto al tipo di attività lavorativa cui l'ambiente è destinato.

Per il massimo confort visivo il livello di illuminamento artificiale di un ambiente e la temperatura di colore caratteristica del corpo illuminante utilizzato devono poi risultare tra loro in accordo.

Una corretta relazione tra questi due parametri fu teorizzata per la prima volta nel 1941 dal ricercatore olandese A.A. Kruithof che in uno studio intitolato Tubular Luminescence Lamps for General Illumination propose il diagramma che poi prese il suo nome e che ancora oggi viene comunemente utilizzato.

Secondo Kruithof, un osservatore medio tende a preferire una temperatura di colore bassa (ovvero una luce calda) in ambienti con un basso livello di illuminazione ed una temperatura di colore progressivamente più alta (ovvero una luce progressivamente più fredda) man mano che il livello di illuminamento nell'ambiente viene incrementato.

Al di là del sistema d'illuminamento artificiale adottato (ad incandescenza, a luminescenza, a fluorescenza, a lampada elettronica, ad alogenuri, etc.) le modalità di distribuzione della luce possono essere sostanzialmente di tre tipi ovvero:

- illuminazione diretta: presenta il massimo rendimento con lo svantaggio di essere facilmente abbagliante;

- *illuminazione indiretta*: l'ambiente di lavoro viene illuminato esclusivamente con luce riflessa (da soffitti o pareti) evitando totalmente il fenomeno dell'abbagliamento; questo sistema ha un basso rendimento e tende ad abolire le ombre e quindi i contrasti, riducendo la percezione degli oggetti ed il senso del rilievo;
- *illuminazione mista*: è una combinazione delle precedenti e tende ad eliminare i difetti di entrambe.

La luce che i nostri occhi percepiscono è dunque in generale luce riflessa o luce emessa da superfici e la cosiddetta luminanza della superficie quindi non è altro che l'intensità della luce riflessa o emessa dalla superficie stessa verso chi guarda. L'abbagliamento è la conseguenza di una ripartizione non uniforme tra la luminanza nella zona del posto di lavoro e le luminanze (molto più elevate) nei suoi dintorni. Questo fenomeno può provocare stanchezza ed avere effetti negativi sulla sensazione generale di benessere, sulle prestazioni e sulle capacità di concentrazione e va pertanto accuratamente evitato.

È anche possibile affermare che il rendimento di un impianto di illuminazione di un qualsiasi ambiente risulta complessivamente influenzato dai parametri caratteristici dell'impianto stesso, ma anche dal colore e dal grado di riflessione delle pareti, del soffitto, del pavimento e degli elementi che compongono l'arredamento (massimo per pareti di colore bianco o chiaro e minimo per pareti nere o molto scure).

Per quanto possibile in qualsiasi postazione di lavoro la direzione della luce artificiale deve coincidere con quella della luce naturale; i posti di lavoro ed i VDT devono essere disposti in modo che lo sguardo dell'operatore sia diretto perpendicolarmente alla direzione di provenienza della luce naturale (ovvero dalla finestra) in modo da evitare abbagliamenti e contrasti eccessivi.

Le sorgenti luminose artificiali di forma lineare (ad esempio gli apparecchi che montano i tubi fluorescenti) devono essere però disposte parallelamente alle finestre; le fonti di luce naturale diretta devono sempre poter essere schermate da tendaggi leggeri o, meglio, da veneziane regolabili.

L'illuminazione localizzata del singolo posto di lavoro è ammessa solo se coordinata con l'illuminazione generale del locale. L'illuminazione supplementare per un singolo posto di lavoro può essere necessaria per esigenze particolari, ma la normativa vigente ne vieta l'impiego esclusivo.

È bene ricordare che l'illuminazione dei locali ad uso didattico o comunque di studio deve favorire l'attenzione e la concentrazione, permettere di riconoscere facilmente il materiale didattico e facilitare le attività visive connesse. In ingressi, atrii, scale e zone in ambienti che servono per il transito, l'illuminazione deve semplicemente permettere il chiaro riconoscimento del percorso e dei punti di pericolo.

Va anche detto che non solo la scarsa illuminazione contribuisce pesantemente alla determinazione di alcuni aspetti della SBS provocando disturbi di vario genere, ma anche il sovrailluminamento può risultare altrettanto dannoso. La tendenza, in alcuni edifici di moderna concezione, ad aumentare le superfici vetrate, comporta la inevitabile necessità di ricorrere a sistemi di schermatura regolabili (avvolgibili, veneziane, tendaggi, etc.) che consentano la riduzione dell'intensità dell'illuminamento naturale proveniente dall'esterno.

Concludendo, consci del fatto di aver trattato il problema della SBS e delle problematiche correlate agli ambienti indoor in modo assolutamente frettoloso, non esaustivo e, in alcuni casi anche semplificato da un punto di vista tecnico-scientifico, ma speranzosi di aver fornito qualche spunto di riflessione a chi opera in archivi, biblioteche, musei e "contenitori" assimilabili, concluderemo ricordando al lettore che vi sono anche molti altri problemi che possono investire la sfera della salute e della sicurezza di chi lavora in questi ambienti: oltre ai già citati problemi della sicurezza antincendio e della gestione delle emergenze ci riferiamo, solo per citare qualche esempio, al problema della sicurezza elettrica, dell'ergonomia, dello specifico impiego dei VDT o della movimentazione manuale dei carichi.

Se ci sarà occasione torneremo a parlarne volentieri.

Summary

As far as the feeling of quietness and peace that they often convey, archives, museums and libraries also hide dangers that you may not imagine, either for visitors or especially for the members of the staff. Indeed the poor microclimatic conditions – often the consequences of materials and construction or building technologies that appear definitely obsolete – often arouse suspicion and worry among the staff. Wrong Thermo hygrometric parameters, the presence of volatile organic elements, mineral fibers, biocides, radon gas, aerial dispersive molecules, are among others some of the chemical physical polluters of major influence that may contribute to giving life to the so-called *Sick Building Syndrome*. But such spaces also bear biological polluters that can provoke pathologies of various types and importance, among which the feared Illness of Legionnaire. The presence of electromagnetic fields, but above all wrong lighting and wrong ergonomic working positions represent some risk factors for members of staff and visitors.

Riassunto

A dispetto della sensazione di quiete e tranquillità che spesso trasmettono, archivi, musei e biblioteche non di rado nascondono pericoli insospettabili sia per i visitatori che, soprattutto, per gli addetti ai lavori. È infatti spesso la precaria condizione microclimatica, sovente anche originata da materiali e tecnologie costruttive ed impiantistiche obsolete, a destare la maggiore preoccupazione negli addetti ai lavori. Parametri termoigrometrici non corretti, presenza di composti organici volatili, fibre minerali, biocidi, gas radon, particolato aerodisperso sono solo alcuni degli inquinanti chimico-fisici di maggior rilievo che possono contribuire a generare la cosiddetta *Sick Building Syndrome*. Ma tali contenitori non sono immuni anche da inquinanti di tipo biologico che possono provocare patologie di varia natura e gravità tra le quali la temibile Malattia del Legionario. La presenza di campi elettromagnetici, ma soprattutto illuminamento e postazioni di lavoro ergonomicamente non corrette costituiscono poi altri importanti fattori di rischio per operatori e visitatori.

Resumé

Au-delà du sentiment de tranquillité et de calme qu'ils peuvent véhiculer, les archives, les musées et les bibliothèques cachent des dangers imperceptibles, aussi bien pour le visiteur que pour les employés. En effet les conditions microclimatiques souvent mauvaises – c'est souvent là la conséquence des matériaux et des technologies de construction qui apparaissent comme totalement obsolètes – attirent l'attention et l'inquiétude des employés. Des paramètres thermo-hygrométriques non adaptées, la présence d'éléments organiques volatiles, des fibres minérales, des biocides, du gaz radon, des molécules dispersives dans l'air, sont des éléments qui représentent des polluants physiques d'influence majeure et qui contribuent à l'émergence du *Syndrome des bâtiments malades*. Mais de tels espaces présentent également des polluants biologiques qui peuvent provoquer des pathologies de différentes sortes et importance, comme par exemple La Légionellose. La présence de champs électromagnétiques, mais surtout des conditions d'éclairage peu propices au travail, des mauvaises positions de travail, représentent des facteurs de risque pour les employés et les visiteurs.

Zusammenfassung

Trotz dem Eindruck von Ruhe und Stille, den Archive, Museen und Buchhandlungen oft übertragen, verstecken sie oft unverdächtige Gefahren sowohl für die Besucher als auch für die zu den Arbeiten Befugten. Oft erweckt der von veralteten Stoffen und Bau- und Installationstechnologien verursachte prekäre mikroklimatische Zustand die größten Sorge in der zu den Arbeiten Befugten. Unkorrekte thermoigrometrische Parameter, flüchtige organischen Zusammensetzungen, mineralische Fiber, Bioziden, radon Gas, aeroversprengter sind nur einige der chemischen-physischen Umweltgefährdenden mit großen Bedeutung, die dazu beitragen können, die so genannten *Sick*

Building Syndrome zu erzeugen. Aber diese Behälter sind auch nicht frei von biologischen Umweltgefährdenden, die verschiedene Pathologien, unter denen die zu fürchten Malattia del Legionario, verursachen können. Die Anwesenheit von elektromagnetischen Felder, aber vor allem Beleuchtungsanlage und ergonomisch unkorrekte Arbeitsstellungen, stellen andere wichtigen Gefahrenfaktoren für Arbeiter und Besucher dar.

Resumen

A pesar de la sensación de paz y tranquilidad que por lo regular nos infunden, los museos, los archivos y las bibliotecas pueden esconder en sí mismos insospechables peligros tanto para los visitantes como, y sobre todo, para los que en ellos trabajan. En efecto, muchas veces es la condición microclimática, que a menudo se debe a materiales y tecnologías de construcción e instalación obsoletas, que causa la mayor preocupación en los profesionales. Parámetros termohigrométricos incorrectos, presencia de compuestos orgánicos volátiles, fibras minerales, biocidas, gas radón, partículas aerodispersas: son tan sólo algunos de los contaminantes químico-físicos de mayor relevancia que pueden contribuir a generar la llamada *Síndrome del edificio enfermo*. Además, en esos espacios se hallan también contaminantes de tipo biológico que pueden provocar patologías de diferente forma e importancia, como la temible Enfermedad de los Legionarios. La presencia de campos electromagnéticos y más aún iluminación y estaciones de trabajo ergonómicamente incorrectas constituyen otros importantes factores de riesgo adicionales para operadores y visitantes.

Резюме

Несмотря на то ощущение покоя, которое часто бывает в архивах, музеях и библиотеках, в этих местах не редко скрывается опасность как для посетителей, так и, прежде всего, для персонала. Действительно, нестабильные микроклиматические условия, часто вызванные устаревшими материалами, а также проектировочными и строительными технологиями, вызывают особую озабоченность у работников этих учреждений. Неправильные термогигрометрические параметры, присутствие органических летающих веществ, минеральные волокна, биоциды, газ радон, особая сжатость воздуха – это всего лишь некоторые из особо значимых физико-химических загрязнений, могущих привести к появлению так называемого Sick Building Syndrome. Но эти пространства не лишены и загрязнений биологического характера, способные вызвать патологии различной природы и степени опасности, среди которых болезнь легионера. Присутствие электромагнитных полей, но, прежде всего, освещение и неправильно эргономически расположенные места работы, составляют другие значимые факторы риска для работников и посетителей.