

IN SEARCH OF A HOLISTIC, SUSTAINABLE AND REPLICABLE MODEL FOR COMPLETE ENERGY REFURBISHMENT IN HISTORIC BUILDINGS

Marija S. Todorović*

University of Belgrade

Virtual Engineering and Art – Investment Vision, Belgrade, Serbia

Keywords: heritage conservation, sustainability, energy efficiency, renewable energy, valuation

1. Introduction

It was in 1972 when the famous three word closing message “Only one Earth” was delivered at the closing session of the “UN Environment Conference 1972”. Today, forty years later, fascinating technical and technological breakthroughs have been achieved in many domains, but humanity is faced with the ever growing magnitude of problems concerning resources exhaustion and waste disposal. Industrialization and the increasing consumption of resources, spurred on by demands for higher living standards from an exponentially growing population, are polluting Earth’s oceans and atmosphere, denuding forests, depleting the ozone layer of the stratosphere and intensively increasing global warming.

Natural resources of energy and matter constitute Earth’s natural capital, which is essential for human civilization and may be classified as: solar capital (99% of the energy used on the Earth) and Earth capital (life support resources and processes including humans). Consuming natural energy resources and raw materials and consequently producing wastes is the way industrial and natural systems operate. Too many examples of the clearly dissipative use of resources exist, many products are degraded and dispersed to the environment with no attempt to reuse or recycle them. Approximately 30 – 50% of total energy use and greenhouse gas (GHG) emissions result directly from operating buildings and 10 – 30% of GHG emissions are generated indirectly by the production and transport of building materials and components (embodied energy) and disposal of construction and demolition waste. In addition, life support resources of oxygen and water (freshwater in the world’s lakes and rivers makes up a tiny fraction about 1 part in 10,000 of all the water on Earth) which represent a vulnerable global heritage on the Earth, are today under siege and being progressively degraded.

Relatively recently, the submission of the United Nations Environment Program (UNEP, 2009) Sustainable Building Initiative (SBCI) to the Ad Hoc Working Group on Long-Term Cooperative Action under the Convention (AWG-LCA) UNEP SBCI proposed that emission reduction in buildings be recognized as an appropriate area within

* Corresponding author: vea@eunet.rs; deresmt@eunet.rs

NAMA (Nationally Appropriate Mitigation Action) and that the development of frameworks required to monitor, report and verify such actions are included in a post-2012 Agreement [1].

A registry of nationally appropriate mitigation action by all developing countries should be established, supported and enabled by developed countries through the provision of the means of implementation (technology, financing and capacity-building) to developing countries in a measurable, reportable and verifiable manner in order to develop policy packages that promote emission reductions in buildings under NAMAs.

These policy packages will require the development of indicators and metrics to report on emissions from buildings and to establish national baselines to enable reporting of achieved emission reductions.

Greenhouse gas emission reduction in buildings offers an obvious opportunity for developed and developing countries to cooperate in achieving common but differentiated action to realize significant energy efficiency improvements. It should be noted that all emission scenarios and models report on how to stabilize the concentration of greenhouse gases in the atmosphere at 450 ppm CO₂ eqv, and assume a high level of energy efficiency implementation, because:

- potential for reducing large emission in buildings exists in all countries;
- there are widespread opportunities for country-to-country technology-sharing agreements and international capacity building support as the level for implementing energy efficiency measures in buildings is at different stages in different countries;
- emission reduction from buildings can be relatively easily monitored, through energy consumption in individual buildings or groups of buildings, converted to greenhouse gas emissions through emission factors. If the metrics used for energy efficiency and emission reduction in buildings can be internationally agreed, actions undertaken by countries will also be measurable, reportable and verifiable at an international level;
- the financing needed for energy efficiency improvements in buildings can to a large part be offset by reduced energy costs during the lifetime of buildings through financial mechanisms. In addition, a concerted approach to investments in energy efficient buildings would also support a wider shift towards a low carbon society;
- a targeted effort involving energy efficiency in buildings under NAMA would not only reduce greenhouse gas emissions but would also contribute towards other national sustainable development priorities including employment generation and upgrading of skills in the existing workforce, provision of more sustainable, affordable and healthy buildings, and improved energy security through reduced overall energy demand. International technology transfer agreements and support to national capacity building would thereby provide an additional incentive for developing countries to undertake NAMA in this area.

Related background has been described as follows: the building sector is responsible for more than one third of total energy use and, in most countries, is the largest source of greenhouse gas emissions. Energy is consumed principally during the use stage of buildings, for heating, cooling, ventilation, lighting, appliances, etc. A smaller percentage (approx. 10-20%) of energy use is for the manufacturing, construction and demolition of materials. According to the Fourth Assessment Report (AR-4) of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) [2], building-related GHG emissions were estimated at 8.6 billion metric tons CO₂ eqv. in 2004, and could almost double by 2030 to reach 15.6 billion metric tons CO₂ eqv. in a high-growth scenario.

The IPCC further concluded that the building sector not only has the largest potential for significantly reducing greenhouse gas emissions, but that this potential is also relatively independent of the cost per ton of CO₂ eq. achieved. With proven and commercially available technologies, energy consumption in both new and old buildings can be cut by an estimated 30-50% without significantly increasing investment costs, while energy savings can be achieved by implementing measures to improve energy efficiency (smart design, improved insulation, low energy consumption appliances, high efficiency ventilation and heating/cooling systems, and conservative behavior of building users, etc.). To ensure that the necessary information for making energy efficiency improvements in buildings is readily available, and to further this objective, SBCI, in cooperation with the Finnish research institute VTT, the Central European University in Hungary and the UNEP Risø Centre on Energy, Climate and Sustainable Development in Denmark has conducted research and investigated the effects of policies and approaches tested in countries in both the developed and developing world, to reduce greenhouse gas emissions from buildings [2]. The diagram, from IPCC AR-4 [2] shown in Figure 1, indicates that the significant potential for energy efficiency improvements and greenhouse gas emission reduction from buildings is common among developed and developing countries, as well as in economies in transition. Given potentials do not include non-technical options such as lifestyle changes.

The most recent Brussels document dated 22.6.2011 – “Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on Energy Efficiency and Repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC” has set the objective of achieving 20 % primary energy savings in 2020.

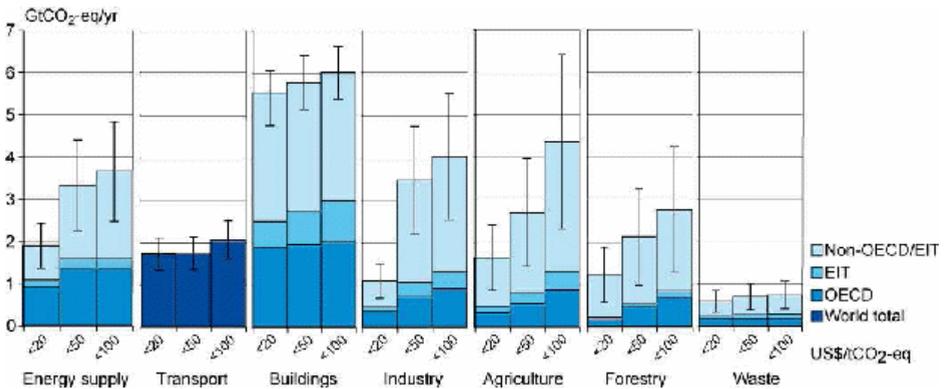


Figure 1. IPCC AR-4: Estimated economic mitigation potential by sector and region using technologies and practices expected to be available in 2030 [2].

The commission has put forward a new Energy Efficiency Plan (EEP) setting out measures to achieve further savings in energy supply and use by transforming certain aspects of the EEP into binding measures. In addition, it also looks beyond the 20 % target and seeks to set a common framework to promote energy efficiency in the Union beyond 2020. The proposal was a strategic priority in the commission’s work program for 2011. By 2020, all new buildings in the EU must be a “nearly-zero” energy building, and by 2018, every newly occupied Public Building (new construction or with major renovations) in the EU must be a “nearly-zero” energy building with minimized loads

and exclusively RES used to satisfy remaining energy demand [3]. Most of the heritage buildings in Europe are public buildings, consequently the EU 2018's "nearly-zero" public buildings law encompasses heritage buildings, too.

2. Sustainability and heritage in a world of change

There are very serious threats to the above mentioned UNEP Sustainable Building Initiative (SBCI) for it to be realized world-wide. Even if this Initiative were realized, the road to sustainability would not be opened, unless it were in synergy with improved energy efficiency and renewable energy sources were not in widespread dissemination and use. The enormous increase in most developed nations' productivity and economic growth is based on fossil fuel consuming technologies, leading ultimately to consequent resource exhaustion. Hence, in regarding resource exhaustion and waste production, for most developed countries with extensively industrialised systems the situation is at a critical stage. Reality is different. Only a few distinct countries and nations achieve healthy results and economic growth [4], but resource exhaustion and waste generation with their consequences are spread nearly uniformly around the world, so it is the Earth and humankind as a whole, at this critical point, that must search for renewable energy, environmental and material resources. To understand how difficult this task is and how many complex constraints must be faced, it should be stressed that the main effects produced by enormous technical and technological development are the destruction of the environment and the depletion of resources, while the most lucrative effects are arms and wars. The rate of resource exhaustion is in rapid growth, not only as a consequence of an immoderate use regarding many pathological, technical and technological aspects, but also as a result of wars and other destructive activities throughout the world.

Sustainable development – the concept of meeting the world's current needs without compromising the ability of future generations to do the same – has important implications for civil society and economy, the natural environment, and social well being. Cultural heritage professionals, working to safeguard the built environment, recognize the synergetic relationship between conservation and sustainability. However, the role of heritage conservation in achieving sustainability has not yet been fully acknowledged nor have heritage needs been well integrated into sustainability initiatives. This situation, in some instances, is causing conflict between heritage conservation efforts and environmental regulations.

In January, 2011, in an event organized by the Getty Conservation Institute, a panel of cultural heritage professionals discussed their personal experiences in negotiating these conflicts and offered ways to deal with the causes for this conflict [5]. Architects, engineers, planners, and conservators discussed the following issues: achievements in the field of sustainable design for historic buildings; the wide range of conservation issues, including urban planning, development, economics, policy, and technical matters; the relationship of heritage conservation with the modern world – including conferences on museum collections, climate change and on the often contentious interface between preservation and development in "living" historic districts; problems of deteriorating materials on historic structures; initiatives which seek to improve energy efficiency in historic buildings without causing harm to their character and appearance.

Historic buildings are inherently sustainable. Conservation maximizes the use of existing materials and infrastructures, reduces waste, and preserves the historic char-

acter of older towns and cities. Sustainability begins with conservation. Historic buildings were traditionally designed with many sustainable features that responded to climate and site. When effectively restored and reused, these features can bring about substantial energy savings. Taking into account the original climatic adaptations of historic buildings, today's sustainable technology can supplement inherent sustainable features without compromising their unique historic character.

Preservation keeps history and culture alive. The public benefits of both preservation and sustainability are clearly evident and as objectives should be considered jointly. Museums house the treasures of world history and are showcases for our cultural heritage. They are often buildings of great importance and representative of the culture of their society. In the context of energy and environment, museums not only number tens of thousands of buildings in Europe, they are also visited by millions of people. Consequently, they are of great significance in furthering culture in the tourist economy and of tremendous importance as a demonstration of educational potential. Despite their importance however, existing museums as well as new museum buildings are very rarely energy efficient and often provide unsatisfactory conditions in terms of comfort.

Historic buildings have often been considered "off limits" for energy projects by those trying to meet energy efficiency goals. However, high energy costs, and for example in the EU, strict requests/directives – EPBD (Energy Performance Building Directive) for public buildings (which museums obviously are) cannot be ignored. Improvement of museum building energy efficiency and the implementation of renewable energy sources can definitely contribute to their integrated sustainability (construction, satisfying energy demand, the economy, IAQ, protection and conservation of artifacts).

One of the first projects in this direction was the EU – Intelligent Europe project "New energy for old buildings – promoting the integration of RES & RUE (Renewable Energy Sources and Rational Use of Energy) measures in historic buildings (NEW4OLD), 2007 -2008 [4]. The project's aim was to promote the integration of renewable energy and energy efficiency technologies into historic buildings, and to create a European network of Renewable Energy Houses (REH) in the different Member States of the European Union. The New4Old aim was to create a network of similar houses within the EU Member States with the objective of creating a focal point for renewable energy and energy efficiency measures in these countries and thereby contribute to overcoming the lack of information about these technologies, which remains one of the prevailing obstacles to their application. Its focus was to facilitate the integration of RES and energy efficiency into historic buildings contributing at the same time to their protection. This approach was chosen because there is such a vast heritage in Europe which includes architecturally historic buildings under threat of demolition and secondly, due to the large amounts of energy they waste.

In the US, the Energy Policy Act of 2005, required federal buildings to achieve specific levels of energy efficiency and did not exempt historic buildings or even include their historical conservation as a reason for an agency to exonerate a building from the requirements of law [7]. Simultaneously, the National Historic Preservation Act calls for the preservation of US heritage in built environments. Lastly, Executive Orders encourage private/public partnerships to achieve goals in both energy efficiency and historical preservation.

Approximately 25% of the General Services Administration's (GSA's) 1,600 buildings are on the National Register of Historic Places, and as much as 50% are

more than 50 years old. Similarly, 30% of the Department of Defense's (DOD's) 350,000 buildings are historic with a full 69% eligible for this designation within 20 years. Both the National Park Service and Smithsonian Institution are also known for their stewardship of a large number of historic buildings. It is clear that agencies need to take measures regarding historic buildings in order to meet the EAct 2005 goals, yet energy projects are often precluded by historic preservation requirements.

3. Heritage Building Refurbishment – case studies and methodologies

The EU seven museums project [8] concerns the energy efficient and sustainable retrofitting of eight selected museums and the construction of a new arts centre. The following buildings were included: Archaeological Museum of Delphi, Greece; Art Museum of Kristinehamn, Sweden; *Herzog-Anton-Ulrich* Museum, Braunschweig, Germany; National Museum *Pompeo Aria*, Marzabotto, Italy; *The pUBLIC Arts Centre*, West Bromwich, United Kingdom; National Archaeological Museum, Lisbon, Portugal; Bardini Museum, Florence, Italy; Slovene Ethnographic Museum, Ljubljana, Slovenia. The main objectives of the project were as follows:

- to apply and test new and innovative technologies to advance architecturally integrated environmental control strategies;
- to demonstrate that energy efficient and sustainable museum buildings can fully meet architectural, functional, visual and thermal comfort, control and safety requirements;
- to achieve total energy savings of over 35% in retrofitting and 40% in new buildings and reduce CO₂ emissions by over 50%;
- to contribute to preserving European cultural heritage and to accepting innovative and renewable technologies in public buildings.

The project was only partially completed due to unexpected delays and unforeseen problems in some of the projects. Out of the eight museums, five were completed, two completed part of the construction work, while one museum reached only the design stage. However, the performed simulations and monitoring results proved the retrofitting strategies to be successful, thus setting new standards for energy consumption in museum buildings.

The main difference in the project compared to a conventional museum design was in the approach. The conventional approach in museum design nowadays usually opts for the sealed or nearly enclosed box approach, where the museum operation relies completely on artificial means. The implementation of the MUSEUMS project has demonstrated that the application of bioclimatic and energy efficient design strategies regarding day-lighting, natural ventilation and use of the building's thermal mass can significantly reduce energy consumption without reducing comfort and safety requirements. It was furthermore demonstrated that the vast existing building stock in Europe (old buildings, warehouses, factories) can well be reused and converted into museums.

The energy designs for the retrofitting, conversion, and new construction of the museum buildings addressed in the MUSEUMS project, incorporate improvement measures which are not only innovative in the field of museum design, but also highly replicable in similar museums in Europe. They include:

- improvement of the microclimate through the appropriate use of shading, planting, water surfaces etc. in order to decrease air temperature surrounding the building and reduce the building's cooling requirements;
- improvement of the building envelope by improving insulation, glazing, optimizing natural ventilation and daylight techniques through appropriate design and the use of advanced materials and components in their construction in order to reduce thermal loss in the buildings;
- improvement of HVAC (heating, ventilation and air conditioning) and energy supply systems used for heating (i.e. heat recovery), cooling (i.e. use of ceiling fans, night ventilation, exposed mass strategies), ventilation (i.e. demand control ventilation) and artificial lighting (i.e. improved luminaries and lighting devices, use of task lighting, day-light compensation);
- improvement of control strategies including use of BEMS (Building Energy Management System), distribution/demand control strategies, intelligent control etc. in order to optimize the performance of the various installed innovative systems and properly adjust their operation according to building requirements.
Some of the specific innovative techniques that have been incorporated in museums include:
 - demand controlled hybrid ventilation and automatically controlled natural ventilation;
 - daylight optimization for general illumination and for exhibit display and light redirection ceiling geometry for best daylight distribution, as well as special window panels to control day-lighting and, at the same time, provide sound absorption to compensate for highly reflective historic internal surfaces that cannot be altered;
 - innovative glazing components like super insulating and diffusing glass;
 - highly efficient lighting system with HF-ballasts(high frequency) and continuous daylight control;
 - active solar energy supply air preheating (solar thermal) and PV roof integrated lighting system;
 - low temperature floor heating systems with pulse operation and use of the return water from a radiator system;
 - borehole water cooling and recycling systems;
 - use of ecologically sound materials;

A large variety of technical innovations regarding the energy design and control systems were implemented in the retrofitting conversion or erection of the museum buildings involved in this project. The majority of the building owners participating in the project were public institutions which deal with the erection or refurbishment of museums, and there is expectation that the results obtained through the implementation of the project will lead to the refurbishment or new construction of a number of further energy efficient museum buildings.

3.1. Importance of BPS – Building Performance simulation

The Belgrade Museum of Contemporary art [9], constructed 25 years ago was architecturally designed to be a modern day masterpiece (Figure 2). With huge glazed envelope surfaces it needed a great deal of attention with respect to controlling solar radiation and solar gains, as well as glare-effect day-lighting.



Figure 2. Contemporary art Museum in New Belgrade (left); in reconstruction (right).

In planning the refurbishment, RADIANCE and ADELIN software was used as it was of crucial importance to select the best glazing features and study dynamic day-lighting, with BPS to optimize the whole envelope and building structure integrally with HVAC and other technical systems (see day lighting study results in Figures 3-4).

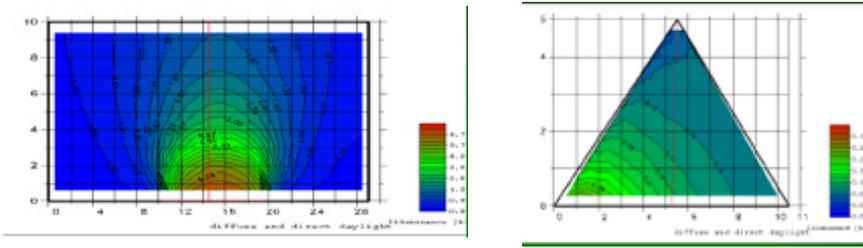


Figure 3. Day-lighting in the office desk plane 90cm above 1st floor, for glazing visible light transmittance 0,72% and sunny sky, left max 7010lux, min: 140lux, right max: 350lux, min: 80lux

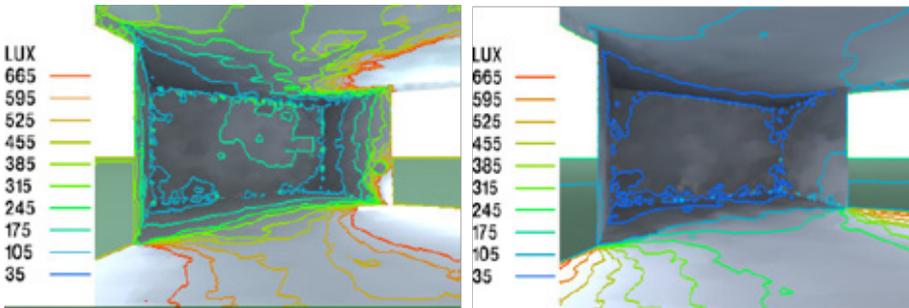


Figure 4. Day-lighting distribution in the office on 1st floor, for glazing visible light transmittance 0,72% and sunny sky, left at 12 am and right at 6 pm

3.2. The importance of CFD study for HVAC design and optimal operation control

The Tombs of the kings, Luxor, Egypt [10] is one of the national income supports which helps in increasing the standard of living .The Tombs of the kings, Luxor, Egypt are considered one of the most important structures in Egyptian Pharaoh heritage

and a favorite destination for tourists. User comfort is an important issue to study to improve and attract further tourism. Relative humidity, temperature, mechanical vibrations, lighting, noise and insects are the main factors given attention for their significant influence on both humans and artifacts. The monuments in the Valley of the Kings are under serious threat, both from natural phenomena (flash-flooding) and from the constant demands of tourism. The wall paintings in the Valley represent the greatest collection of ancient art in the world. As Egypt's Ministry of Culture and Supreme Council of Antiquities are only too aware, dramatic steps must and are being taken to control the situation, reverse current trends and ensure the tombs' continuing survival. There are many factors producing negative effects on the artifacts which can be divided into external factors and internal factors.

The greatest **external threat factor** is flood water penetration by flash flooding, as illustrated by the dramatic and tragic events of 1994. Heavy rains in the Theban Mountains are not unusual and have been noted since ancient times. Several tombs in the Valley of the Kings are completely choked or contain chambers that are thoroughly encumbered with the debris of flooding.

Internal threat factors are relative humidity, temperature, illumination intensity, biological attacks by microbiological infections, vibration and human comfort as well as certain chemical reactions to artifact materials. There is a level of Environmental Moisture Content (EMC), consistent with maximum chemical, physical, or biological stability. When the EMC is too low or too high, the associated relative humidity becomes a risk factor. Therefore, it is of prime importance to regulate the surrounding relative humidity to within acceptable limits in order to minimize risk associated with moisture levels. Temperature is a very critical factor because of chemical changes which occur when temperature becomes too low or too high. Thermal energy not only accelerates aging, but can also magnify the effects of incorrect relative humidity. Recommended standards for thermal comfort parameters are published in the ASHRAE handbook /6/ (Table 1). It is extremely important to control room temperature to avoid any harmful effect. Illumination intensity control is important because overexposure to light can cause photochemical or photo physical changes in some materials. Biological attacks include some insect species, mold, fungi and bacteria; monitoring relative humidity and ventilation can keep it under control, while fungi activity can be curbed by reducing relative humidity levels. Fungi activity can be observed in the Valley of the Kings and has led to undesirable effects such as those shown in the figure below on the tomb wall paintings. Most molds thrive at warmer temperatures.

Table 1. Mold temperature and moisture relationship – ASHRAE [11]

Species	Optimum		Limits		
	°C	RH	°C	°C	RH
aspergillums asmeelodami	33	93%	10	42	71%
A. niger	33	>98%	12	43	78%
A. Gumigatus	40	>97%	12	53	82%
Penicillium matensil	23	>98%	<5	32	79%
P.islandicum	31	>97%	10	38	83%
Stackybotrys atra	23	>8%	7	37	94%

Vibration transmitted by motors, compressors, tourist buses, seismic shocks and the wind can damage sensitive objects. Care must be taken due to the risk of vibration transfer through ductwork to works hung on adjacent walls or in particularly active air currents. Human comfort is a very important issue. The above parameter can be controlled and is also affected by health, age, activity, clothing, sex, food, location, season, etc. ASHRAE standard 55-1992 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy sets out several principles that must be accomplished by the air distribution system.

One thesis [10] investigates the airflow characteristics inside the archaeological tombs of the kings. It is important to study and monitor the inside climate system of these tombs for the preservation of artifacts and visitor comfort. This study includes literature review from previous studies related to ventilation systems inside the enclosure using CFD (Computational Fluid Dynamics) analysis principles. The solution algorithm is carried out using FLUENT® a commercial CFD program; the algorithm used for linking velocities and pressure is the SIMPLEC algorithm and the turbulence model used is principally a standard k - ϵ model.

Airflow characteristics in ventilated and air-conditioned spaces play an important role in attaining comfort and hygiene conditions. The thesis utilizes a 3D CFD model to assess the airflow characteristics in the ventilated and air-conditioned archeological tombs of the Egyptian Kings in the Valley of the Kings, Luxor, Egypt. It was found that an optimum airside design system can be attained if the airflow is directed so as to pass all the enclosure areas before extraction by carefully selecting near wall velocities to avoid any wear or degradation of the tomb-wall paintings. Evaluation should include assessment of the airflow characteristics in each tomb passage according to its position in the enclosure, thermal pattern and air quality. The airside design and internal obstacles are the focus of the present work. The free air supply and mechanically extracted ducted air play an important role in the main flow pattern and the creation of main recirculation zones. Internal obstacles can affect the airflow pattern in different ways, such as increasing the recirculation zones or by deflecting the main airflow pattern.

To design an optimum HVAC airside system that provides comfort and air quality in the air-conditioned spaces with efficient energy consumption is a great challenge. The level of air conditions to be maintained are dictated by the local environment, type and number of visitors, required climate and required visitors comfort and conservation status. One study [10] introduces a description of the computational solver and its validation with steady state results from previous related literature. Basically, airside design types are considered here for the tomb passage of King Ramses VII, including the alternative positioning of visitors (obstacles) to introduce the capacity of the design to provide optimal characteristics for airflow and thermal regime. The primary objective was to assess airflow characteristics, thermal pattern and energy consumption in the different tomb ventilation configurations in view of basic known flow characteristics. Based on optimized work, the simulated design proposes to extract air through floor-mounted ports each 1.0x0.15 m at four different locations, with air freely entering the tomb at 310 K. Considering that the air velocity in the tomb should not exceed 0.12 m/s in order not to create any undesired drafts, Figure 5 shows that this limit is satisfied regarding velocity values (left) and the predicted impact of visitor numbers on relative humidity is shown in the graph on the right.

It is very interesting to observe the higher velocities in the middle section of the tomb

as a result of the reduction in passage height. The internal structure of the tomb and the existence of visitors as obstacles resulted in the shown velocity contours. The main flow pattern of the free supplied air and floor mounted extracts is proposed as a viable solution to reduce the relative humidity in the tomb to preserve the artifacts.

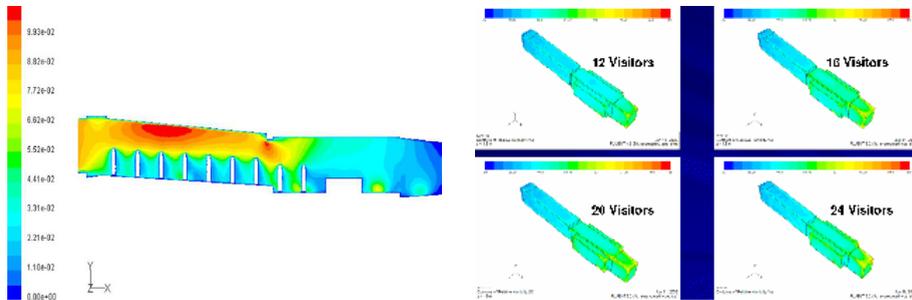


Figure 5. Predicted Velocity Contour distribution around visitors plane, m/s (left); relative humidity profiles for different visitor numbers

The completed study indicated the adequacy of floor extracts that do not disturb the archeological value of the tomb without the need to add artificial materials in the tombs. The influence of the recirculation zones on the visitors occupancy zone and on the supply of fresh air were also investigated. The influence of the visitors on the flow pattern and thermal behavior was shown in different cross sectional views for air velocity and temperatures. For each zone in the tomb, a corresponding airside design (extract grille locations) is suggested to provide optimum utilization of the supplied air and to limit relative humidity.

4. Belgrade aviation museum refurbishment – Benchmarking and Labeling

An initiative has currently been launched in Belgrade for the Museum of Aviation project with the aim of achieving complete energy renovation/refurbishment in the museum building. The Museum of Aviation in Belgrade was founded in 1957 as the Yugoslav Aeronautical Museum (MJV – *Muzej Jugoslovenskog Vazduhoplovstva* now MVB – *Muzej vazduhoplovstva-Beograd*). The facility is located adjacent to Nikola Tesla Airport. The current facility opened to the public on May 21, 1989 (Figures 6-7).

The main collection is housed in an architecturally noteworthy geodesic-based glass building with additional aircraft displayed on the surrounding grounds. The museum owns over 200 aircraft used in the past by the Serbian and Yugoslav Air Forces, Aeronautical clubs and Avio-companies, and range from gliders to helicopters to jet fighters. At any given time, around 50 are exhibited inside the building. A few of the aircraft on display are the only surviving examples of their type, including the Fiat G.50. The museum also displays relics of US and NATO aircraft “donated” during the 1990s Balkans conflict, including wreckage from a US F-117 Nighthawk. In addition, the collection consists of more than 130 aviation engines, numerous radars, rockets, various aeronautical equipment, over 20,000 reference books and technical documentation as well as more than 200,000 photographs.

Although huge progress has been made in air conditioning and heating technologies while saving energy in modern buildings, most of the damage to collections of

art works in historic buildings are still caused by unfavorable climate conditions. An increasing problem caused by the adaptation of traditional buildings to new uses is the proliferation of mold growth. Knowledge of how to prevent microbiological attack is already needed in the planning stage of interventions. The problem of mold growth has been found among other forms of deterioration on the glazed and concrete part of the museum structure. This kind of problem will eventually gain further importance due to the effects of climate change, since in various parts of Europe it is becoming increasingly warmer and more humid [12-13].

Preliminary building inspection and audit, including relevant data collection have been carried out and currently project development work is being devoted to the **Deep Energy Refurbishment Design Brief**. This will encompass even the very fundamental redefinition of the Museum's New Mission and new activities, thus taking on a challenging new role aimed at sustainability, heritage knowledge, the dissemination of ethics, and management in a changing world. A series of topics are included, related to the museum's sustainability, in particular relevant benchmarking and the determination of reference sustainability models as required features for the building's environmental and energy relevant performance (nearly Zero, netZero or Zero) or in other words which labeling rating system to apply. At present, there is no ideal system available. Globally, the most well known and recognized is LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) – even the current version should be revisited to better take into consideration the social values and environmental benefits of preserving historic structures; this would be a good start. The discussion, however, must continue to engage preservation, sustainability, and construction communities to assure the best possible outcome [14-15].



Figure 6. Museum building's glazed envelope and exposed aircraft -artifact



Figure 7. Museum building's glazing and concrete construction structure

5. Revisiting the LEED Rating System – conclusion

The LEED [7] green building rating system is an assessment tool that is being adopted throughout North America for the evaluation and promotion of sustainable design. Its objective is to define and promote practices that limit the negative impact of buildings on the environment and occupants, and to prevent exaggerated or false claims of sustainability by providing a standard of measurement. The five key sections of the LEED rating system are sustainable sites, water efficiency, energy and atmosphere, materials and resources, and indoor environmental quality; in addition, a sixth section deals with design process and innovation. It is assumed that LEED focuses only on new constructions, but LEED is equally, or possibly even more important for existing buildings. The majority of buildings we use are at least 30 years old, and are potentially an enormous resource we need to refurbish deeply using integrated RES technologies. In Europe, the expected life of a building is usually at least 60-100 years and many buildings last considerably longer, while much shorter time periods are typical in North America [7].

LEED can be used for major renovations, and there are measurable environmental gains to be achieved through the maintenance, conservation, improvement and evolution of existing building stock, including heritage buildings and presents a major investment in natural and human resources. Maintenance and conservation can significantly reduce the volume of demolition and construction waste, reducing demand for nonrenewable materials utilization and the embodied energy that would be invested in the construction of new buildings. Comparisons suggest that the embodied energy saved from renovating an older building rather than building new can be equivalent to 10 to 30 years of operating energy use.

Although LEED does not outline recognition of the benefits in saving heritage buildings, it does encourage the reuse of existing buildings. Credits are available for reusing 75 percent to 95 percent of the existing building structure and shell. Thus, there is some incentive for designers to focus on existing structures. However, due to concerns about global warming, a significant focus in LEED is on energy efficiency and related greenhouse gas emissions, which in a certain sense is a potential discrepancy between heritage conservation and sustainability objectives that may be difficult to resolve. Many older buildings have poor insulation and air tightness, poor thermal performance and consequently higher energy use. They were often designed for different uses and density of occupancy than their current use. Renovation strategies, such as modern quality glazing and increased insulation, are in conflict with conservation policies and can sometimes create technical problems, such as potential condensation. It is consequently necessary to develop effective methods for energy use reduction in heritage buildings with minimal damage to cultural artifacts and structures. To move towards a more sustainable built environment, we need to treat existing buildings as a potential resource. Demolition should be seen as a last resort, and even then materials and components can provide valuable resources for new buildings, avoiding the use of new primary materials.

Instead of the concluding remarks for this paper, a list follows with consequent comments and corresponding proposals as a result of revisiting LEED's rating system with reference to historic and heritage buildings and main items in the LEED system [7].

Sustainability Rating Systems and Historic Buildings – general remarks:

- Recognize that there is an existing initiative to encourage the incorporation of historic building qualities into LEED, for which only historic buildings can qualify.
- Encourage the review of credit categories.

Energy Efficiency:

- Reexamine the energy efficiency performance threshold.
- Include a new measurement platform for examining new construction vs. old construction over the course of the life cycle.

Materials:

- Establish a credit for retention and repair and traditional craft.
- Measure the quality of materials removed; currently credit is provided only for remaining materials.
- Assign points for the design of repairs.
- Reexamine the point system for no action or retention of existing materials.

Siting:

- Recognize the difficulty for historic buildings in terms of siting issues.

Indoor Air Quality:

- Amplify current benefits.

Innovation:

- Introduce cultural value; possibly applicable for historic buildings only.
- Recognize intrinsic value of traditional building structures and systems.
- Recognize the need for a technical study on durable materials worthy of environmental credit.

Holistic approach characteristics:

- Climate specific.
- Examines urgency of upgrades; applicable primarily for long-term projects.
- Must account for a building's total needs.
- Studies a building's inherent energy efficiency features.
- Should examine the history of building and energy use.
- Should consider possible unintended consequences of modern technologies in historic buildings.
- Respect historic preservation and energy efficiency ideals.

References

- [1] Submission of the United Nations Environment Programme (UNEP) Sustainable Building Initiative (SBCI) to the Ad Hoc Working Group on Long-Term Cooperative Action under the Convention (AWG-LCA), 24 April 2009
- [2] IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4)
- [3] HOLL M., Cost optimal policy for energy efficiency and nearly zero energy buildings in recast EPBD Directive, *the European Commission, DG Energy, REHVA, Annual Meeting*, Tallin, 2011
- [4] TODOROVIC M. S., *Sustainability Research and Education via Interdisciplinarity and Harmony*, *International Conference on Advances in Infrastructure for Electronic Business, Science, and Education on Internet*, Proceedings, F 3-6, paper No. 161, pp. 1-10, Scuola Superiore G. Reiss Romoli, L'Aquila, 2000
- [5] Getty Conservation Institute, *Sustainability and Heritage in a World of Change, Video/Panel discussion, January 11, 2011*, <http://www.cultureindevelopment.nl/News/>

- [6] *Discussing_Culture_and_Development/ 922/ Sustainability_ and_Heritage_ in_a_World_of_Change* New energy for old buildings – Promoting the integration of RES & RUE measures in historic buildings (NEW4OLD), 2007 -2008
- [7] Proceedings of the Workshop on Historic Preservation and Energy Efficiency in Federal Buildings, December 6-7, 2006, Decatur House Museum Washington, DC Sponsored by FEMP – Federal Energy Management Program, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, U.S. Department of Energy
- [8] Project Number: NNE5-1999-00020: Title of Project: MUSEUMS – Energy Efficiency and Sustainability in Retrofitted and New Museum Buildings – Common Report, Period covered: from 01/01/2000 to 31/12/2004, 2005
- [9] TODOROVIC M.S., 2002, *Contemporary Art Museum in Belgrade, Dynamic Day-lighting Analysis, Preliminary retrofit study*, Laboratory for Thermodynamics and Thermotechnics, University of Belgrade
- [10] SALAMA O.M., 2008, *Flow, Thermal Patterns and Moisture Distributions in Ventilated Archaeological Tombs, Valley of Kings, Luxor*, Master of Science Thesis, Faculty of Engineering at Cairo University, Egypt
- [11] ASHRAE Handbook – HVAC Applications (SI), Chapter 21: museums, galleries, archives, and libraries, 2007
- [12] PETROSYAN V., 2011, *Chemical Safety Problems*, Conservation Science in Cultural Heritage, 11, pp. 51-67
- [13] ALTERIO S., BARBARO S., CAMPIONE F.C., CAMPODONICO A., NICASTRI E., 2010, *Microclimate Management for the Preservation of Cultural Heritage*, Conservation Science in Cultural Heritage, 10, pp. 71-100
- [14] LORUSSO S., CARBONARA G., GENTILE M.T., 2002, *Architectural restoration: different conceptions during centuries*, Quaderni di Scienza della Conservazione, 2, pp. 56-83
- [15] FATTA G., CAMPISI T., LI CASTRI M., VINCI C., 2009, *The façades along the Cassaro in Palermo: historical-building characterization, degradation, restoration norms for interventions*, Conservation Science in Cultural Heritage, 9, pp. 231-286

Alla ricerca di un modello olistico sostenibile e replicabile per un completo recupero energetico negli edifici storici

Parole chiave: conservazione, sostenibilità, efficienza energetica, valutazione

1. Introduzione

Si era nel 1972 quando le tre famose parole del messaggio di chiusura “Una sola Terra” sono state trasmesse in occasione della sessione conclusiva della “Conferenza sull’Ambiente delle Nazioni Unite 1972”. Oggi, quarant’anni dopo, avendo raggiunto significative innovazioni tecniche e tecnologiche in molti campi, l’umanità si trova ad affrontare problemi sempre più evidenti e maggiori in relazione all’esaurimento delle risorse e allo smaltimento dei rifiuti. L’industrializzazione e il consumo crescente delle risorse, stimolato dalle richieste di standard di vita più elevati da parte di una popolazione in crescita esponenziale, stanno inquinando gli oceani e l’atmosfera della Terra, spogliando le foreste, riducendo lo strato di ozono della stratosfera ed aumentando sempre di più il riscaldamento globale.

Le risorse naturali di energia e materia costituiscono il capitale naturale della Terra, che è essenziale per la civiltà umana e può essere classificato come: capitale solare (il 99% dell’energia utilizzata sulla Terra) e capitale terrestre (risorse e processi di supporto vitale tra cui gli esseri umani). Il modo in cui i sistemi industriali e naturali operano è quello di consumare le risorse naturali di energia e le materie prime e

produrre rifiuti. Ci sono troppi esempi di usi chiaramente dannosi delle risorse, molti prodotti sono degradati, dispersi nell'ambiente, e persi senza alcun tentativo di essere riutilizzati o riciclati. Circa il 30 – 50% del consumo totale di energia e di gas a effetto serra (GHG) deriva direttamente da edifici e il 10 – 30% delle emissioni di gas serra sono generate indirettamente dalla produzione e dal trasporto di materiali da costruzione, dei componenti (energia incorporata) e dallo smaltimento dei materiali di costruzione e demolizione. Inoltre, le risorse vitali di ossigeno e acqua (l'acqua dolce nei laghi e fiumi del mondo costituisce una piccola frazione di circa 1 parte su 10.000 di tutta l'acqua sulla Terra), un patrimonio globale vulnerabile sulla Terra, oggi sono sotto assedio e in progressivo degrado.

Relativamente recente, la presentazione di United Nations Environment Program (UNEP, 2009) Sustainable Building Initiative (SBCI) alla Ad Hoc Working Group on Long-Term Cooperative Action under the convention (AWG-LCA) UNEP SBCI propone che la riduzione dell'emissione negli edifici sia riconosciuta in un'appropriata area del NAMA (Nationally Appropriate Mitigation Action) e che lo sviluppo di programmi necessari per monitorare, segnalare e verificare tali azioni siano inserite in un accordo post-2012 Agreement [1].

Un registro di un'appropriata azione di attenuazione a livello nazionale da parte dei Paesi in via di sviluppo dovrebbe essere istituito, sostenuto e consentito dai Paesi sviluppati, attraverso la fornitura dei mezzi di attuazione (tecnologia, finanziamenti e di capacity-building) ai Paesi in via di sviluppo in maniera misurabile, rendicontabile e verificabile, al fine di sviluppare delle linee guida che promuovano la riduzione delle emissioni negli edifici all'interno del NAMA. Queste linee guida richiederanno lo sviluppo di indicatori che segnalino le emissioni dagli edifici e linee di base nazionali in grado di comunicare le riduzioni delle emissioni conseguite.

La riduzione delle emissioni dei gas serra negli edifici offre l'evidente opportunità per i Paesi sviluppati e in via di sviluppo di cooperare al raggiungimento di un'azione comune, ma differenziata per realizzare significativi miglioramenti di efficienza energetica. Va notato che tutti gli scenari e i modelli di rapporto su come stabilizzare la concentrazione di gas a effetto serra nell'atmosfera a 450 ppm CO₂ eqv, suppongono un alto livello di attuazione di efficienza energetica, perché:

- il potenziale per la riduzione di grandi emissioni negli edifici esiste in tutti i Paesi;
- ci sono opportunità diffuse di accordi di condivisione tecnologica da Paese a Paese e di sostegno internazionale allo sviluppo delle capacità, visto che l'attuazione delle misure di efficienza energetica negli edifici è a livelli diversi nei diversi Paesi;
- la riduzione delle emissioni dagli edifici può essere monitorata in modo relativamente facile attraverso il consumo di energia negli edifici singoli o gruppi di edifici, convertita attraverso fattori di emissione alle emissioni di gas serra. Se i parametri utilizzati per l'efficienza energetica e la riduzione delle emissioni negli edifici possono essere concordati a livello internazionale, le azioni intraprese dai Paesi saranno anche misurabili, rendicontabili e verificabili a livello internazionale;
- la necessità di finanziamento per il miglioramento dell'efficienza energetica negli edifici può in gran parte essere compensata dai costi energetici ridotti durante il periodo di vita degli edifici, attraverso meccanismi finanziari. Inoltre, un approccio concentrato sugli investimenti in efficienza energetica degli edifici potrebbe anche portare a un più largo cambiamento verso una società con più bassa emissione di carbonio;
- un'efficienza energetica mirata negli edifici in NAMA non solo ridurrebbe le emissioni di gas serra, ma contribuirebbe anche ad altre priorità di sviluppo sostenibile nazionali, tra cui la creazione di occupazione e la riqualificazione delle competenze della forza lavoro esistente, la fornitura di edifici più sostenibili, accessibili e sani, e migliorerebbe la sicurezza energetica grazie alla riduzione della domanda complessiva di energia. Accordi internazionali in materia di trasferimento di tecnologia e il supporto allo sviluppo delle capacità nazionale fornirebbero in tal modo un ulteriore incentivo per i Paesi in via di sviluppo ad intraprendere NAMA in questo settore.

La relativa considerazione di fondo è stata descritta come segue: il settore edilizio è responsabile di oltre un terzo del consumo totale di energia e, nella maggior parte dei Paesi, è la più grande fonte di emissioni di gas serra. L'energia viene consumata principalmente per i vari usi degli edifici: per il riscaldamento, il raffreddamento, la ventilazione, l'illuminazione, gli elettrodomestici, ecc. Una percentuale minore (circa 10-20%) del consumo energetico dipende dalla produzione, costruzione

e demolizione di materiali. Secondo il Quarto Rapporto di Valutazione (AR-4) del Gruppo intergovernativo sui cambiamenti climatici (IPCC) [2], le emissioni di gas serra connesse agli edifici sono state stimate in 8,6 miliardi di tonnellate di CO₂ eqv. nel 2004, e potrebbero quasi raddoppiare entro il 2030, fino a raggiungere 15,6 miliardi di tonnellate metriche di CO₂ eqv. in uno scenario di forte crescita.

IPCC ha inoltre concluso che il settore edilizio non solo ha il maggior potenziale di riduzione delle emissioni di gas a effetto serra, ma anche che questo potenziale è relativamente indipendente dal costo per tonnellata di CO₂ eqv. raggiunta. Con le tecnologie collaudate e disponibili in commercio, il consumo di energia negli edifici vecchi e nuovi può essere tagliato di circa il 30-50%, senza aumentare in modo significativo i costi di investimento, mentre il risparmio energetico può essere ottenuto ottimizzando le misure per il miglioramento dell'efficienza energetica (design intelligente, miglioramento dell'isolamento, elettrodomestici a basso consumo energetico, ventilazione ad alta efficienza e sistemi di riscaldamento / raffreddamento, comportamento conservativo degli utilizzatori degli edifici, ecc.). Per garantire che vi siano informazioni disponibili necessarie per utilizzare il miglioramento dell'efficienza energetica negli edifici e per promuovere questo obiettivo, SBCI, in collaborazione con l'istituto di ricerca finlandese VTT, la Central European University in Ungheria e l'UNEP Risø Centre on Energy, Climate and Sustainable Development in Danimarca, ha condotto ricerche e investigato gli effetti delle politiche e degli approcci testati sia nei Paesi nel mondo sviluppato che in quelli in via di sviluppo, per ridurre le emissioni di gas serra provenienti da edifici [2]. Il diagramma, da IPCC AR-4 [2], visualizzato in Figure 1, indica che il significativo potenziale di miglioramento dell'efficienza energetica e di riduzione delle emissioni di gas a effetto serra da edifici è comune tra i Paesi sviluppati e in via di sviluppo, così come nelle economie in transizione. I potenziali forniti non includono opzioni non tecniche come il cambiamento del modo di vivere.

Il più recente documento di Bruxelles, in data 2011/06/22 – “The Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on Energy Efficiency and Repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC” – si pone l'obiettivo di raggiungere il 20% di energia primaria da salvare per il 2020. La commissione ha presentato un nuovo Energy Efficiency Plan (EEP) che stabilisce le misure per conseguire ulteriori risparmi nell'approvvigionamento energetico e nell'uso, trasformando alcuni aspetti di EEP in misure vincolanti. Inoltre, guarda oltre l'obiettivo del 20% e cerca di stabilire un quadro comune per promuovere l'efficienza energetica nell'Unione dopo il 2020. La proposta è stata una priorità strategica nel programma di lavoro della Commissione per il 2011. Entro il 2020, ogni nuovo edificio nell'Unione Europea deve essere un edificio a energia “quasi-zero”, ed entro il 2018 ogni nuovo edificio pubblico (nuova costruzione o grande ristrutturazione) in Europa deve essere a energia “quasi-zero” con carichi ridotti al minimo ed esclusivamente RES utilizzato per soddisfare il resto del fabbisogno energetico [3]. La maggior parte degli edifici storici in Europa sono edifici pubblici e, di conseguenza, la legge sugli edifici pubblici “quasi-zero” di EU 2018 comprende anche gli edifici storici.

2. Sostenibilità e patrimonio in un mondo che cambia

Ci sono seri comportamenti che riguardano “l'Iniziativa di costruzione sostenibile” UNEP, (Sustainable Building Initiative (SBCI)) perché sia realizzata in tutto il mondo, e anche in questo caso, la strada per la sostenibilità non sarebbe aperta se, in sinergia con il miglioramento dell'efficienza energetica, le fonti di energia rinnovabile non fossero diffuse su larga scala e in uso. L'enorme aumento della produttività e della crescita economica delle nazioni più sviluppate si basa sulle tecnologie e, di conseguenza, causa l'esaurimento delle risorse. Di qui i Paesi più sviluppati con i sistemi industriali più estesi sono ad oggi, per quanto riguarda l'esaurimento delle risorse e la produzione di rifiuti, in una fase più critica. La realtà è diversa. Solo pochi Paesi e nazioni distinte raggiungono risultati sani e una crescita economica [4], ma l'esaurimento delle risorse e la creazione di rifiuti e i loro effetti sono distribuiti quasi uniformemente in tutto il mondo, ed è la Terra e l'umanità, nel suo complesso ad un punto critico, che deve incrementare le energie rinnovabili e le risorse materiali e ambientali. Per scoprire quanto sia difficile questo compito e quanti e complessi ostacoli ci sono da affrontare, deve essere sottolineato che i principali effetti di un grande sviluppo tecnico e tecnologico sono la distruzione degli ambienti e l'esaurimento delle risorse, mentre quelli più redditizi sono la produzione di armi; il tasso di esaurimento delle risorse non è solo una conseguenza di un uso smodato

che riguarda molti aspetti patologici dello sviluppo tecnico e tecnologico, ma è anche il risultato di guerre e altre attività distruttive condotte in tutto il mondo.

Lo sviluppo sostenibile – ovvero la possibilità di soddisfare i bisogni correnti del mondo senza compromettere la capacità delle generazioni future di fare la stessa cosa – ha importanti implicazioni per la società civile e l'economia, l'ambiente naturale e il benessere sociale. I professionisti del patrimonio culturale, lavorando per salvaguardare l'ambiente costruito, riconoscono il rapporto sinergico tra conservazione e sostenibilità. Tuttavia, il ruolo della conservazione del patrimonio nel raggiungimento della sostenibilità non è stato ancora ben riconosciuto, né vi sono iniziative di sostenibilità rivolte al patrimonio culturale. Questa situazione, in alcuni casi, sta portando ad alcuni conflitti tra gli sforzi di conservazione del patrimonio e le norme in materia ambientale.

Nel gennaio 2011, in un evento organizzato dal Getty Conservation Institute, un gruppo di professionisti del patrimonio culturale ha discusso le proprie esperienze nella negoziazione di questi conflitti e ha offerto modi per risolvere i motivi di conflitto [5]. Architetti, ingegneri, pianificatori e conservatori hanno discusso le questioni seguenti: conquiste nel campo della progettazione sostenibile per gli edifici storici; vasta gamma di problemi di conservazione, compresi la pianificazione urbana, lo sviluppo, l'economia, la politica e le questioni tecniche; il rapporto della conservazione del patrimonio con il mondo moderno, incluse le conferenze sulle collezioni museali, sul cambiamento climatico e sull'interfaccia spesso contenziosa tra conservazione preventiva e sviluppo del "vivere" in quartieri storici; i problemi di deterioramento dei materiali delle strutture storiche; le iniziative che mirano a migliorare l'efficienza energetica negli edifici storici senza provocare danni alle loro caratteristiche.

Gli edifici storici sono intrinsecamente sostenibili. La conservazione massimizza l'utilizzazione dei materiali esistenti e delle infrastrutture, riduce gli sprechi e conserva il carattere storico delle vecchie città. La sostenibilità inizia con la conservazione. Gli edifici storici sono stati tradizionalmente progettati con molte caratteristiche sostenibili che hanno risposto al clima e al terreno. Se efficacemente restaurati e riutilizzati, queste caratteristiche possono portare a notevoli risparmi energetici. Tenendo conto degli adattamenti originali climatici degli edifici storici, la tecnologia sostenibile di oggi può integrare intrinseche caratteristiche sostenibili senza compromettere un solo carattere storico.

La conservazione mantiene viva la storia e la cultura. I benefici pubblici sia di conservazione che di sostenibilità sono molto chiari e questo spiega perché questi obiettivi sono legati. I musei raccolgono i tesori della storia del mondo e sono vetrine del nostro patrimonio culturale. Si tratta spesso di edifici di grande importanza e rappresentativi della cultura della loro società. Nel contesto energetico e ambientale i musei non solo rappresentano un gran numero di decine di migliaia di edifici in Europa, ma sono anche visitati da milioni di persone. Di conseguenza, hanno un grande significato, oltre che dal punto di vista culturale, anche per l'economia turistica e sono di enorme importanza come dimostrazione e potenzialità educative. Nonostante la loro importanza, i nuovi edifici museali sono raramente ad alta efficienza energetica e spesso forniscono condizioni di comfort insoddisfacenti.

Gli edifici storici sono stati spesso considerati "off limits" per i progetti energetici da coloro che cercano di soddisfare i loro obiettivi di efficienza energetica. Tuttavia, gli alti costi energetici e, per esempio in UE, le richieste / direttive severe – tipo EPBD per gli edifici pubblici (quali sono ovviamente anche i musei) – non possono essere ignorati: infatti il miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici museali e la realizzazione di fonti di energia rinnovabili sicuramente possono contribuire alla loro sostenibilità integrata (l'edilizia, la soddisfazione della domanda di energia, l'economia, IAQ, i manufatti).

Uno dei primi progetti in questa direzione è stato UE – Intelligent Europe project "New energy for old buildings (Nuova energia per gli edifici vecchi) – che promuove l'integrazione delle fonti rinnovabili (RES) e delle misure RUE in edifici storici (NEW4OLD), 2007 – 2008 [6]. Scopo del progetto era di promuovere l'integrazione delle energie rinnovabili e le tecnologie di efficienza energetica in edifici storici, e di creare una rete europea nelle case di energia rinnovabile e in diversi Stati membri dell'Unione europea. Lo scopo di New4Old era quello di creare una rete di case simili all'interno degli Stati membri dell'UE con l'obiettivo di creare un punto focale per le energie rinnovabili e misure di efficienza energetica in questi paesi: quindi, di contribuire a superare la mancanza di informazioni su queste tecnologie, che è ancora uno degli ostacoli prevalenti alla loro integrazione negli edifici. Il suo obiettivo era quello di facilitare l'integrazione delle fonti rinnovabili e

dell'efficienza energetica negli edifici storici che contribuiscono allo stesso tempo alla tutela degli edifici storici. Questo approccio è stato scelto perché vi è un grande patrimonio edilizio di edifici storici in Europa sotto la minaccia di demolizione. In secondo luogo, sprecano grandi quantità di energia.

Negli Stati Uniti, EPAct 2005 ha richiesto che gli edifici federali raggiungessero specifici livelli di efficienza energetica e che non fossero esonerati gli edifici storici ovvero che fosse anche inclusa la conservazione storica per gli edifici nell'ambito dei requisiti di legge [7]. Contemporaneamente, il National Historic Preservation Act prevede la conservazione del patrimonio degli Stati Uniti nell'ambiente costruito. E, infine, Ordini Esecutivi incoraggiano partenariati pubblico / privato per raggiungere gli obiettivi sia per l'efficienza energetica che per la conservazione storica.

Circa il 25% dei 1.600 edifici dell'Amministrazione dei Servizi Generali (General Services Administration's (GSA's)) sono nel National Register of Historic Places, e ben il 50% hanno più di 50 anni. Allo stesso modo, il 30% dei 350.000 edifici del Dipartimento della Difesa (Department of Defense's (DOD)) sono storici con un 69% ammissibile per tale designazione entro 20 anni. Sia il National Park Service che il Smithsonian Institution sono anche noti per la gestione di un gran numero di edifici storici. Chiaramente, le agenzie devono adottare misure in edifici storici al fine di soddisfare gli obiettivi EPACT 2005, anche se i progetti energetici sono spesso preclusi da esigenze di preservazione storica.

3. Ristrutturazione di edifici del patrimonio culturale: casi di studio e metodologie

Il progetto EU sette musei [8] riguarda l'efficienza energetica e il rimodernamento sostenibile di otto musei e la costruzione di un nuovo centro di arte. Gli edifici erano i seguenti: il Museo archeologico di Delphi, Grecia; il Museo d'arte di Kristinehamn, Svezia; il Museo Herzog-Anton-Ulrich, Braunschweig, Germania; il Museo nazionale Pompeo Aria, Marzabotto, Italia; The Public Arts Centre, West Bromwich, Regno Unito; il Museo archeologico nazionale, Lisbona, Portogallo; Museo Bardini, Firenze, Italia; Museo etnografico sloveno, Ljubljana, Slovenia. I principali obiettivi del progetto erano:

- applicare e testare nuove e innovative tecnologie per promuovere in modo architettonico strategie di controllo ambientale integrate;
- dimostrare che gli edifici museali sostenibili e ad efficienza energetica possono totalmente incontrare i requisiti di sicurezza, controllo e comfort architettonico, funzionale, visuale e termico;
- aggiungere un risparmio energetico totale di oltre 35% nel rimodernamento e il 40% nei nuovi edifici e ridurre l'emissione di CO₂ oltre il 50%;
- contribuire alla preservazione dei beni culturali europei e accettare tecnologie innovative e rinnovabili negli edifici pubblici.

Il progetto era parzialmente completato, grazie a un ritardo inaspettato e problemi imprevisti in alcuni dei progetti. Degli otto musei, cinque erano completati, due con i lavori di costruzione in parte completati, mentre un museo arrivava solo a uno stadio di progetto. Comunque, le simulazioni svolte e i risultati monitorati hanno provato che le strategie di modernizzazione hanno avuto successo, testando così nuovi standard per il consumo di energia negli edifici museali.

La principale differenza nel progetto, comparata a un'idea di museo convenzionale, era il suo approccio. L'approccio convenzionale nell'idea museale al giorno d'oggi solitamente opta per un approccio a scatola sigillata o quasi chiusa, dove l'intervento museale si basa completamente su strumenti artificiali. L'incremento del progetto MUSEUMS ha dimostrato che l'applicazione di strategie bioclimatiche e idee di efficienza energetica, che riguardano la luce del giorno, la ventilazione naturale e un uso di massa termica dell'edificio, può significativamente ridurre il consumo di energia senza la riduzione dei requisiti di comfort e sicurezza. Inoltre è dimostrato che la grande quantità di edifici esistenti in Europa (vecchi edifici, magazzini, fabbriche) può essere ben riusata e convertita in musei.

Le idee di energia per la modernizzazione, conversione e nuova costruzione degli edifici museali, trattate nel progetto MUSEUMS, incorpora misure di miglioramento, che non sono solo innovative nel campo della progettazione del museo, ma anche altamente replicabili in musei simili in Europa. In particolare si tratta di:

- miglioramento del microclima attraverso l'appropriato uso di shading (coperture), acqua superficiale, ecc. in modo da diminuire la temperatura dell'aria che circonda l'edificio e ridurre il raffreddamento dell'edificio;

- *miglioramento della copertura degli edifici mediante le tecniche di isolamento e l'applicazione di vetri, ottimizzando la ventilazione e la luce naturale attraverso una progettazione appropriata, l'uso di materiali e componenti avanzati nelle costruzioni in modo da ridurre la perdita termica degli edifici;*
- *miglioramento dei sistemi HVAC e dei sistemi di approvvigionamento energetico per il riscaldamento (ad esempio il recupero di calore), il raffreddamento (per esempio l'uso di ventilatori a soffitto, la ventilazione notturna, le strategie di comunicazione di massa), la ventilazione (cioè la ventilazione richiesta, quella di controllo) e la luce artificiale (ad esempio il miglioramento dei dispositivi di illuminazione, l'uso di illuminazione mirata, la compensazione della luce diurna;*
- *miglioramento delle strategie, compreso l'uso di BEMS, di controllo intelligente in modo da ottimizzare le prestazioni dei vari sistemi innovativi installati e una regolazione adeguata al funzionamento a seconda delle esigenze costruttive.*

Alcune delle tecniche specifiche innovative, che sono state inserite nei musei, includono:

- *il controllo ibrido della ventilazione e il controllo automatico della ventilazione naturale;*
- *la luce solare ottimizzata per l'illuminazione generale e per le mostre e la luce direzionata sul soffitto per una migliore distribuzione della luce solare, così come gli speciali pannelli delle finestre per controllare la luce diurna e, allo stesso tempo, provvedere all'illuminazione della superficie del manufatto storico senza causare alterazioni;*
- *componenti innovativi per le vetrate, come vetri super isolanti e attenuanti;*
- *il sistema di illuminazione ad alta efficienza con reattori HF e il controllo continuo della luce solare;*
- *una quantità di energia solare che preriscalda l'aria (solare termica) e un tetto fotovoltaico integrato con il sistema di illuminazione;*
- *impianti di riscaldamento del pavimento a bassa temperatura con funzionamento ad impulsi e l'uso dell'acqua di ritorno del sistema di radiatori;*
- *un pozzo d'acqua di raffreddamento e sistemi di riciclaggio;*
- *l'uso di materiali ecologicamente sicuri.*

Una grande varietà di innovazioni tecniche in materia di progettazione energetica e sistemi di controllo sono stati attuati nella conversione alla modernizzazione o nella costruzione di edifici museali coinvolti in questo progetto. La maggior parte dei proprietari degli immobili che partecipano al progetto sono stati le pubbliche istituzioni che si occupano della costruzione o della ristrutturazione dei musei. Ma non vi sono state aspettative circa i risultati relativi all'attuazione del progetto di ristrutturazione o di nuova costruzione di edifici museali ad alta efficienza energetica.

3.1. L'importanza di BPS – Building Performance Simulation

Il Museo di Belgrado di arte Contemporanea [9], costruito 25 anni fa, è stato designato come il capolavoro architettonico dei giorni nostri (Figure 2). Con grandi superfici vetrate coperte, esso aveva bisogno di molta più attenzione in riferimento alle radiazioni solari, così come al controllo dell'effetto abbagliante della luce diurna.

In vista della ristrutturazione, per selezionare le caratteristiche migliori per la scelta delle vetrate da applicare, studi sulla variazione della luce solare, attraverso l'uso dei software RADIANCE e ADELIN e l'uso di BPS (Building Performance Simulation) per ottimizzare l'intera copertura e la struttura dell'edificio in modo integrato con il sistema HVAC e altri sistemi tecnici, sono stati di particolare importanza (alcuni risultati di studio sulla luce solare vengono riportati in Figure 3-4).

3.2. Importanza dello studio CFD per un progetto HVAC e operazioni di controllo ottimali

Le tombe dei Re, Luxor, Egitto [10] rappresentano un supporto economico per la crescita dello standard di vita. Esse sono considerate uno dei più importanti manufatti dei faraoni egiziani e uno dei siti più visitati. Il comfort rappresenta un problema da studiare per il benessere dei turisti. Umidità relativa, temperatura, vibrazioni meccaniche, luce, rumori e insetti sono i fattori principali a cui rivolgere l'attenzione, vista la loro significativa influenza sia sugli esseri umani che sui manufatti. I monumenti della Valle dei Re sono sotto rischi seri, dovuti sia a fenomeni naturali (come le inondazioni veloci) che alla costante richiesta di turismo. I dipinti murali nella Valle rappresentano la più grande collezione di arte antica del mondo. Il Ministro della Cultura dell'Egitto e il Supremo consiglio dell'antichità sono molto consapevoli

della necessità di provvedimenti radicali che sono stati intrapresi per controllare la situazione, invertire i comportamenti correnti e assicurare la continua sopravvivenza delle tombe. Ci sono molti fattori che interessano negativamente i manufatti, divisi tra fattori interni ed esterni.

Il più grande fattore di rischio esterno è la penetrazione di acqua a causa delle inondazioni, come illustrano i drammatici e tragici eventi durante il 1994. Piogge torrenziali nelle montagne Theban non sono inusuali sin dai tempi antichi. Molte tombe nella Valle dei Re sono completamente ostruite o contengono camere che sono riempite dai detriti delle inondazioni.

I fattori di rischio interni sono umidità relativa, temperatura, intensità luminosa, attacco biologico a causa di infezioni microbiologiche, vibrazioni e comfort umano così come determinate reazioni chimiche sui manufatti.

C'è un livello di contenuto di umidità ambientale (Environmental Moisture Content (EMC)), che consiste nella massima stabilità chimica, fisica o biologica. Quando il valore EMC è troppo basso o troppo alto, l'umidità relativa associata diventa un fattore di rischio. Quindi è di primaria importanza controllare che l'umidità relativa dell'area circostante sia dentro limiti accettabili in modo da minimizzare i rischi associati con i livelli di umidità. La temperatura è un fattore molto critico per via dei cambiamenti chimici che avvengono quando essa è troppo bassa o troppo alta. L'energia termica non solo accelera l'invecchiamento, ma può anche amplificare gli effetti di un valore scorretto di umidità relativa. Nel manuale ASHRAE [11] sono pubblicati gli standard raccomandati per i parametri termici idonei (Tabella 1). È molto importante controllare la temperatura della stanza per evitare i suoi effetti dannosi. Il controllo dell'intensità luminosa è importante perché un'esposizione eccessiva alla luce può causare cambiamenti fotochimici o fotofisici in alcuni materiali. L'attacco biologico include alcune specie di insetti, muffe, funghi e batteri, e può essere controllato controllando umidità relativa e ventilazione; l'attività fungina può essere limitata riducendo i livelli di umidità relativa. La presenza di quest'ultima è stata riscontrata nella Valle dei Re: questa attività ha portato a effetti indesiderati, come mostrato dalle figure nella parte inferiore dei dipinti murali della tomba. Molte muffe crescono a temperature più alte.

Le vibrazioni che si trasmettono dai motori, compressori, autobus dei turisti, shock sismici e dal vento possono causare danni agli oggetti fragili. Bisogna prestare attenzione al rischio di vibrazioni trasmesso attraverso condutture che lavorano tra mura adiacenti o spifferi d'aria particolarmente forti. Il comfort umano è un problema importante. Questo parametro può essere controllato e dipende anche da condizioni di salute, età, attività, abbigliamento, sesso, cibo, ubicazione, stagione, ecc. Lo standard ASHRAE 55-1992 "Condizioni ambientali termiche per l'occupazione umana" sottolinea alcuni principi che devono essere raggiunti dal sistema di aerazione.

Una tesi [10] investiga le caratteristiche del flusso di aria all'interno delle tombe archeologiche dei Re. È molto importante studiare e controllare il sistema climatico interno di queste tombe sia per la conservazione dei manufatti che per il comfort dei visitatori. Questo studio include una rassegna dei precedenti studi che riguardano il sistema di ventilazione dentro spazi chiusi, usando i principi dell'analisi CFD. L'algoritmo per la soluzione è ottenuto usando FLUENT, un programma CFD commerciale; l'algoritmo usato per unire velocità e pressione è l'algoritmo SIMPLEC, e il modello di turbolenza usato è principalmente il modello standard k-ε.

Le caratteristiche del flusso di aria in spazi ventilati e con aria condizionata giocano un ruolo importante per raggiungere il comfort e le condizioni di igiene. La tesi utilizza un modello 3D Computational Fluid Dynamics (CFD) per valutare le caratteristiche del flusso di aria nelle tombe archeologiche, ventilate e con aria condizionata, dei re egiziani nella Valle dei Re a Luxor, Egitto. È stato trovato che si può raggiungere un sistema di progettazione ottimale di ventilazione se il flusso di aria è diretto in modo da passare in tutte le aree chiuse prima di uscire con una selezione attenta della velocità vicino al muro, per evitare ogni logorio o degrado ai dipinti murali della tomba. Si dovrebbero valutare le caratteristiche del flusso di aria in ogni passaggio di tomba, in accordo alla sua posizione nello spazio chiuso, al modello termico e alla qualità dell'aria. La progettazione dell'aerazione e gli ostacoli interni sono il punto centrale del presente lavoro. L'apporto di aria libera e l'aria incanalata meccanicamente estratta giocano un ruolo importante nel modello principale del flusso e nella creazione delle principali zone di ricircolo. Gli ostacoli interni possono ostacolare il flusso di aria in diversi modi, come per esempio aumentando le zone di ricircolo o deviando il flusso d'aria principale.

Progettare un ottimo sistema di aria HVAC, che fornisca sia comfort che qualità

dell'aria negli spazi con aria condizionata con un efficiente consumo energetico, è una sfida impegnativa. I livelli di aria condizionata che devono essere mantenuti dipendono dall'ambiente locale, dal tipo e dal numero di visitatori, dal clima richiesto, dal comfort dei visitatori richiesto e dalla conservazione del patrimonio. Uno studio [10] introduce una descrizione delle soluzioni computazionali e la sua validazione con risultati costanti della precedente letteratura propriamente relativa. Fondamentalmente, i tipi di progetto di aerazione considerati qui sono per il passaggio tombale del Re Ramses VII, includendo diverse alternative per i visitatori (ostacoli) per introdurre la capacità del progetto di fornire caratteristiche di flusso ottimale e regimi termici. L'obiettivo primario era di valutare le caratteristiche del flusso di aria, il modello termico e il consumo di energia secondo le configurazioni della ventilazione nelle diverse tombe, in vista della conoscenza di base delle caratteristiche del flusso. Basato sul lavoro ottimizzato, il progetto simulato proposto è di far uscire l'aria attraverso dei condotti montati sul pavimento, ognuno di 1,0x0,15m in quattro diverse posizioni, con l'aria che entra liberamente nella tomba a 310 K. Considerando che la velocità dell'aria nella tomba non dovrebbe superare 0,12 m/s in modo da non creare spifferi indesiderati, la Figure 5 mostra che questo limite è soddisfatto riguardo ai valori di velocità (a sinistra), mentre l'impatto previsto del numero dei visitatori sull'umidità relativa è mostrato nel grafico di destra.

È molto interessante osservare le velocità più alte nella sezione media della tomba come risultato della riduzione dell'altezza del passaggio. La struttura interna della tomba e la presenza di visitatori come ostacoli risultano nei contorni di velocità mostrati. Il principale modello di flusso dell'aria libera fornita ed estratta dalle strutture montanti sul pavimento è proposto come soluzione fattibile per ridurre l'umidità relativa nella tomba e preservare i manufatti.

Lo studio presentato ha mostrato l'adeguatezza delle strutture sul pavimento (floor extracts) che non disturbano il valore archeologico della tomba e non installano alcun materiale artificiale nelle tombe. Sono state oggetto di studio l'influenza delle zone di ricircolo nella zona occupata dai visitatori e l'aria pulita fornita. L'influenza dei visitatori nel modello del flusso e nel comportamento termico è mostrata a diversi valori di velocità dell'aria e temperatura. Per ogni zona nella tomba è suggerito un progetto di aerazione corrispondente (la posizione dei condotti di aerazione è riportata su una griglia) in modo da utilizzare in modo ottimale l'aria fornita e limitare l'umidità relativa.

4. Rimodernamento del museo dell'aviazione di Belgrado – benchmarking e labeling

Attualmente a Belgrado è stata promossa un'iniziativa per il progetto del Museo di aviazione con lo scopo di un profondo rinnovamento/rimodernamento dell'edificio museale dal punto di vista energetico. Il Museo dell'aviazione a Belgrado è stato fondato nel 1957 come Museo aeronautico iugoslavo (MJV – Muzej Jugoslovenskog Vazduhoplovstva, ora MVB – Muzej vazduhoplovstva-Beograd). L'impianto è adiacente all'aeroporto Nikola Tesla. L'edificio attuale è stato aperto al pubblico il 21 maggio 1989 (Figure 6-7).

La collezione principale è collocata in un edificio di vetro di tipo geodetico degno di nota per l'architettura, con un velivolo aggiuntivo disposto sul terreno circostante. Il museo possiede più di 200 velivoli che sono stati usati dalla Air Force serba e iugoslava, dal club di Aeronautica e da Avio-companies, comprendenti sia alianti che elicotteri e jet da combattimento. Inoltre, circa 50 sono disposti dentro l'edificio. Alcuni velivoli esposti sono gli unici esemplari sopravvissuti del loro tipo, incluso il Fiat G.50. Il museo mostra anche relitti di velivoli di US e NATO "donati" durante i conflitti balcanici del 1990, includendo il rottame di un Nighthawk US F-117. Inoltre, la collezione consiste in più di 130 motori di aviazione, molti radar, missili, varia attrezzatura aeronautica, più di 20.000 libri relativi e documentazione tecnica così come di più di 200.000 fotografie.

In ogni caso, un grande progresso è stato fatto con le tecnologie di aria condizionata e riscaldamento e con il risparmio energetico negli edifici moderni, mentre la maggior parte dei danni alle collezioni di opere d'arte negli edifici storici sono ancora causati da condizioni climatiche sfavorevoli. Un problema crescente causato dall'adattamento di edifici tradizionali a nuovi usi è la proliferazione di muffe. La conoscenza di come prevenire l'attacco microbiologico è necessaria già nello stadio di pianificazione degli interventi. Il problema della crescita delle muffe è stato riscontrato insieme ad altri danni nelle parti di vetro e di pietra della struttura dell'edificio museale, e questo tipo

di problemi acquisterà importanza in futuro a causa degli effetti del cambiamento climatico, visto che in varie parti di Europa sarà più caldo e più umido [12-13].

Un sopralluogo e un controllo preliminare dell'edificio, raccogliendo una sequenza di dati rilevanti, sono stati effettuati, e attualmente è in corso di stesura, nell'ambito dello sviluppo del progetto, lo scritto *Deep energy refurbishment design brief*, che comprende anche ogni fondamentale ridefinizione della nuova missione e delle nuove attività del Museo, in riferimento alla sostenibilità, alla diffusione e al management etico in un mondo in cambiamento. Vengono trattati una serie di argomenti relativi alla sostenibilità del museo, in modo particolare il benchmarking e la determinazione di un modello di sostenibilità di riferimento degli edifici per un profondo rinnovamento dell'energia richiesta e delle prestazioni a seconda delle caratteristiche ambientali e energetiche, o, in altre parole, quale sistema di classificazione (labeling) applicare. Non c'è ancora un sistema ideale disponibile. Rappresenta un buon inizio il LEED più conosciuto a livello mondiale – anche se la sua versione più attuale deve essere rivisitata per conferire una maggiore importanza al valore sociale e ai benefici ambientali nei riguardi delle strutture storiche [14-15].

5. Pseudo-conclusioni – Sistema di valutazione LEED rivisitato

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) [7] – sistema di valutazione di edifici green – è uno strumento di valutazione che è stato adottato dal Nord America per la valutazione e la promozione del progetto sostenibile. L'obiettivo di LEED è definire e promuovere pratiche che limitino l'impatto negativo degli edifici sull'ambiente e sugli occupanti, e prevenire richieste esagerate o false di sostenibilità fornendo uno standard di misure. Le cinque sezioni chiave del sistema di valutazione LEED sono i siti sostenibili, l'efficienza di acqua, energia e atmosfera, i materiali, le risorse e la qualità degli ambienti interni, e, in più, una sesta sezione si occupa di processi di progettazione e innovazione. Principalmente si assume che LEED si focalizzi solo su nuove costruzioni, ma LEED è ugualmente importante, o dovrebbe esserlo ancora di più, per gli edifici già esistenti. La maggior parte degli edifici che stiamo trattando hanno almeno 30 anni, e questi sono potenzialmente un'enorme risorsa che dobbiamo rimodernare profondamente con l'uso integrato di RES. In Europa, l'aspettativa di vita di un edificio è solitamente di 60-100 anni e molti edifici durano anche più a lungo, mentre periodi più brevi sono tipici in Nord America [7].

LEED può essere usato per rinnovamenti maggiori, e ci sono guadagni ambientali misurabili che devono essere raggiunti attraverso la manutenzione, la conservazione, il miglioramento e l'evoluzione degli edifici esistenti, inclusi edifici del patrimonio, con un maggiore investimento in risorse umane e naturali. La manutenzione e conservazione possono significativamente ridurre il volume dello spreco di demolizione e costruzione, riducendo la domanda per l'uso di materiali non rinnovabili e di energia che dovrebbero essere investiti nella costruzione di nuovi edifici. Confronti suggeriscono che l'energia recuperata dal rinnovamento di un edificio più vecchio piuttosto che la costruzione di uno nuovo può essere equivalente a 10-30 anni di uso di energia di gestione.

Sebbene LEED non identifichi dei benefici nel salvare edifici del patrimonio, esso incoraggia il riuso di edifici esistenti. I meriti sono rivolti al riuso dal 75 al 95% delle strutture e dell'armatura degli edifici esistenti. In questo modo, c'è un incentivo per i designers a concentrarsi sulle strutture esistenti. In ogni caso, a causa delle preoccupazioni del riscaldamento globale, un punto focale significativo di LEED è l'efficienza energetica e la relativa emissione di gas serra che, in un certo senso, è una potenziale discrepanza tra la conservazione del patrimonio e gli obiettivi di sostenibilità che può essere difficilmente risolvibile. Molti edifici vecchi hanno un isolamento povero e una carenza di aria, una povera prestazione termica e, di conseguenza, un uso più alto di energia. Sono stati spesso progettati per differenti usi e densità di occupazione rispetto al loro uso corrente. Strategie di rinnovamento, come una qualità di vetri moderni e un miglioramento dell'isolamento, sono in conflitto con le politiche di conservazione e possono qualche volta creare problemi tecnici, come una potenziale condensazione. È necessario sviluppare metodi effettivi per la riduzione dell'uso energetico in edifici del patrimonio culturale con il minimo danno ai beni culturali. Per muoversi verso un ambiente costruito in modo più sostenibile, abbiamo bisogno di trattare gli edifici esistenti come una potenziale risorsa. La demolizione dovrebbe essere vista come ultima risorsa, e anche in tal caso i materiali e i componenti possono essere risorse valide per i nuovi edifici, evitando l'uso di nuovi materiali primari.

Al posto delle osservazioni conclusive, in questo articolo, segue una lista di

commenti conseguenti e proposte corrispondenti come risultato di un sistema di valutazione LEED rivisitato con riferimento a edifici storici e culturali e ai principali oggetti del sistema LEED [7].

Sistema di valutazione della sostenibilità e degli edifici storici – osservazioni generali:

- *Riconosce che c'è un'iniziativa esistente per incoraggiare l'incorporazione delle qualità degli edifici storici nel LEED, dove solo gli edifici storici possono essere qualificati.*
- *Incoraggia la revisione delle categorie di merito.*

Efficienza energetica:

- *Riesamina la soglia di rendimento di efficienza energetica.*
- *Include una nuova piattaforma di misure per esaminare nuove costruzioni rispetto alle vecchie durante il corso del loro ciclo di vita.*

Materiali:

- *Stabilisce un merito per la conservazione, la ristrutturazione e le arti tradizionali.*
- *Misura la qualità dei materiali rimossi: attualmente il merito è fornito solo per i materiali rimanenti.*
- *Assegna punti per il progetto di ristrutturazione.*
- *Riesamina il sistema principale che non causi alcuna azione o sia rivolto alla conservazione di materiali esistenti.*

Siting:

- *Riconosce la difficoltà per gli edifici storici in termini di problematiche del territorio.*

Qualità dell'aria in ambienti interni:

- *Amplifica i benefici attuali.*

Innovazioni:

- *Introduce un valore culturale, possibilmente applicabile solo per edifici storici.*
- *Riconosce un valore intrinseco di strutture e sistemi in edifici tradizionali.*
- *Riconosce il bisogno di uno studio tecnico su materiali durevoli nel rispetto dell'ambiente.*

Caratteristiche di un approccio olistico:

- *Clima specifico.*
- *Esamina l'esigenza di avanzamenti, rivolti principalmente a progetti a lungo termine.*
- *Deve tener conto dei bisogni totali di un edificio.*
- *Studi di caratteristiche di efficienza energetica propria di un edificio.*
- *Esamina la storia di un edificio e l'uso energetico.*
- *Considera le possibili conseguenze non volute di moderne tecnologie in edifici storici.*
- *Rispetto degli ideali di conservazione storica e di efficienza energetica.*

Summary

The reduction of greenhouse gas emissions in buildings offers one of the most promising opportunities for developed and developing countries to cooperate in achieving the realization of significant energy efficiency improvements. However, achieving sustainability is not an easy task unless there is synergy with/between energy efficiency improvement and renewable energy sources (RES) – these are not at present in widespread dissemination and use. This paper recognizes the synergetic relationship between conservation and sustainability. At present, the role of heritage conservation in achieving sustainability has not yet been fully recognized, nor have heritage needs been well integrated into sustainability initiatives.

Historic buildings are inherently sustainable. Preservation maximizes the use of existing materials and infrastructures, reduces waste, and preserves the historical character of older towns and cities. Sustainability begins with preservation. Taking into account the original climatic adaptations of historic buildings, today's sustainable technology can supplement inherent sustainable features without compromising their unique historical character. Furthermore, a number of paper reviews and case studies

with related methodologies outline the need to implement the latest current knowledge and technologies (BPS – Building Performance Simulation and CFD – Computational Fluid Dynamics) for use in the refurbishment design process, as well as highlighting the crucial importance of sustainability, relevant benchmarking and rating system development.

Riassunto

La riduzione delle emissioni del gas serra negli edifici offre la più promettente opportunità per i Paesi sviluppati e in via di sviluppo di cooperare al raggiungimento di azioni comuni per realizzare miglioramenti significativi di efficienza energetica. Tuttavia, la strada per la sostenibilità non sarebbe stata aperta se il miglioramento di efficienza energetica delle fonti energetiche rinnovabili (FER) non fosse ampiamente in atto. Questo articolo fa presente il rapporto sinergico tra conservazione e sostenibilità. Tuttavia, il ruolo della conservazione del patrimonio nel raggiungimento della sostenibilità non è stato ancora riconosciuto, né vi sono iniziative culturali che si riferiscono al patrimonio culturale. Gli edifici storici sono intrinsecamente sostenibili. La conservazione massimizza l'utilizzazione dei materiali e delle infrastrutture esistenti, riduce gli sprechi, e conserva il carattere storico delle vecchie città. La sostenibilità inizia con la conservazione. Prendendo in considerazione gli adattamenti climatici degli edifici storici originali, la tecnologia sostenibile di oggi può integrare le intrinseche caratteristiche sostenibili senza compromettere il carattere storico.

Résumé

La réduction des émissions du gaz à effet de serre dans les édifices offre la plus prometteuse opportunité pour les pays développés et en voie de développement de coopérer à la réalisation d'actions communes pour réaliser des améliorations significatives de l'efficacité énergétique. Toutefois, le chemin pour la soutenabilité n'aurait pas été ouvert si l'amélioration de l'efficacité énergétique des sources d'énergie renouvelables (SER) n'avait pas déjà été amplement en exécution. Cet article souligne le rapport synergique entre conservation et soutenabilité. Toutefois, le rôle de la conservation du patrimoine dans la réalisation de la soutenabilité n'a pas encore été reconnu et il n'y a pas d'initiatives culturelles qui se réfèrent au patrimoine culturel. Les édifices historiques sont intrinsèquement soutenables. La conservation maximise l'utilisation des matériaux et des infrastructures existantes, réduit les gaspillages et conserve le caractère historique des vieilles villes. La soutenabilité commence par la conservation. En prenant en considération les adaptations climatiques des édifices historiques originaux, la technologie soutenable d'aujourd'hui peut intégrer les caractéristiques soutenables intrinsèques sans en compromettre le caractère historique. En outre, l'article passe en revue certains cas d'étude et les méthodologies relatives (BPS – Building Performance Simulation et CFD – Computational Fluid Dynamics) et dégage la nécessité de connaissances et de technologies plus actuelles employées dans le procès de projet de la restructuration, ainsi que l'importance cruciale du benchmarking utile pour la soutenabilité et le développement du système d'évaluation.

Zusammenfassung

Die Reduzierung der Emissionen von Treibhausgasen in Gebäuden bietet Industrie- wie Entwicklungsländern die viel versprechende Möglichkeit, gemeinsam an der Umsetzung von Maßnahmen zum Erzielen bedeutender Optimierungen im Bereich der Energieeffizienz zu arbeiten. Dennoch wäre der Weg zur Nachhaltigkeit nicht offen gewesen, wenn die Verbesserung der Energieeffizienz von erneuerbaren Energiequellen (FER) nicht bereits in vollem Gange wäre.

Dieser Artikel verdeutlicht das Zusammenspiel von Erhaltung und Nachhaltigkeit. Trotzdem wurde die Rolle der Erhaltung des Kulturguts beim Erreichen von Nachhaltigkeit bisher weder anerkannt, noch gibt es diesbezügliche kulturellen Initiativen. Historische Gebäude sind an und für sich nachhaltig.

Ihre Erhaltung maximiert die Verwendung von bestehenden Materialien und Infrastrukturen, reduziert Verschwendung und bewahrt den historischen Charakter alter Städte. Nachhaltigkeit beginnt also mit der Erhaltung.

Berücksichtigt man witterungsbedingte Anpassungen von historischen Originalgebäuden, so kann die nachhaltige Technologie von heute wirklich nachhaltige Eigenschaften einfließen lassen, ohne deshalb den historischen Charakter zu beeinträchtigen.

Darüber hinaus geht der Artikel auf einige Beispiele und diesbezügliche Methodologien ein (BPS – Building Performance Simulation und CFD – Computational Fluid Dynamics) und umreißt die Erfordernis aktuellerer, im Rahmen der Sanierungsplanung angewandeter Wissensstände und Technologien sowie die immense Bedeutung des zur Nachhaltigkeit und Entwicklung des Beurteilungssystems nützlichen Benchmarkings.

Resumen

La reducción de las emisiones del gas de efecto invernadero en los edificios representa la oportunidad más prometedora para los Países desarrollados y en desarrollo de cooperar para poner en marcha acciones comunes encaminadas a realizar mejoras importantes desde el punto de vista de la eficiencia energética. Sin embargo, la vía hacia la sostenibilidad no estaría abierta si la mejora de la eficiencia energética de las fuentes energéticas renovables (FER) no fuera en marcha de manera extensa. Este artículo destaca la relación sinérgica entre conservación y sostenibilidad. Sin embargo, el papel de la conservación del patrimonio para alcanzar la sostenibilidad no ha sido todavía reconocido, ni hay iniciativas culturales relacionadas con el patrimonio cultural. Los edificios históricos son sostenibles de manera intrínseca. La conservación permite un uso optimizado de los materiales y de las infraestructuras existentes, reduce los desperdicios y mantiene el carácter histórico de las antiguas ciudades. La sostenibilidad empieza con la conservación. Tomando en cuenta los ajustes climáticos de los edificios históricos originales, la tecnología sostenible de hoy puede incorporar las intrínsecas características sostenibles sin afectar el carácter histórico. Además, el artículo reseña algunos casos de estudio y las relativas metodologías (BPS – Building Performance Simulation y CFD – Computational Fluid Dynamics) subrayando tanto la necesidad de tecnologías y conocimientos más modernos a emplear en el proceso de diseño de la remodelación, como la importancia crucial de la evaluación comparativa (benchmarking) para la sostenibilidad y el desarrollo del sistema de evaluación.

Резюме

Сокращение выбросов зданиями парниковых газов является для развитых и развивающихся стран многообещающей возможностью кооперации к достижению совместных действий, способствующих осуществлению значительного повышения энергетической эффективности. Несмотря на это дорога к устойчивости не была бы открыта, если бы повышение энергоэффективности возобновляемых источников энергии (ВИЭ) не было бы уже в действии. Данная статья показывает синергитическую связь между сбережением и устойчивостью. Между тем роль сбережения наследия в достижении устойчивости еще не признана и нет культурных мероприятий, затрагивающих сохранение культурного наследия. Сбережение использует максимально уже существующие материалы и инфраструктуры, снижая потери и сохраняет исторический характер древних городов. Устойчивость начинается с сохранения. Принимая во внимание климатическую адаптацию оригинальных исторических зданий сегодняшние технологии могут интегрировать внутренние характеристики устойчивости, не компрометируя исторического характера. Статья также рассматривает некоторые исследования и их методологии (BPS – Building Performance Simulation и CFD – Computational Fluid Dynamics) и подчеркивает необходимость более актуальных знаний и технологий, используемых в процессе проектирования реструктуризации, также как важность бенчмаркинга, полезного для устойчивости и развития оценочной системы.

Ամփոփում

Ջերմոցային գազերի արտանետումների կրճատումը շենքերում առաջարկում է ամենախոստումնալից հնարավորություն զարգացած եւ զարգացող երկրներին համագործակցել եւ հասնել միասնական գործողությունների զգալիորեն բարելավելով էներգաարդյունավետությունը: Այնուամենայնիվ, ճանապարհը կայուն չէր լինի, եթե էներգաարդյունավետության վերականգնվող էներգիայի աղբյուրների հարցը արդեն ուժի մեջ չլիներ: Այս հոդվածը ներկայացնում է այդ հարաբերությունների պահպանման եւ կայունության միասնականությունը: Այնուամենայնիվ, ժառանգության պահպանման դերը կայունությունը հասնելու համար դեռ չի ճանաչվել, եւ բացակայում են մշակութային միջոցառումներ: Պատմական շենքերը վերուստ ժառանգաբար կայուն են: Պահպանման մեջ առավելագույնի հասնել օգտագործելով գոյություն ունեցող սարքավորումները եւ էնթալթալիստիկները նվազեցնում է թափոնները եւ պահպանում է հին քաղաքի պատմական բնույթը: Կայունությունը սկսվում է պահպանումից: Հաշվի առնելով բուն պատմական շենքերի կլիմայական ադապտացիաները, կայուն տեխնոլոգիաները այսօր կարող են ինտեգրել ներսի կայուն հատկությունները առանց ձեռք տալու պատմական բնույթը: Բացի այդ, հոդվածը վերանայում է որոշ դեպքերի ուսումնասիրություններ եւ մեթոդաբանություններ (BPS – Շենքերի մոդելավորում եւ կատարումը) CFD- հաշվողական FLUID DYNAMICS) եւ նախանշում է անհրաժեշտությունը գիտելիքների եւ նորագույն տեխնոլոգիաների ավելի ընթացիկ օգտագործումը նախագծման գործընթացի վերակազմակերպման, բացի դրանից վճարող նշանակությունը օգտակար է կայունության եւ զարգացման գնահատման համակարգի համար: