

Rossella Franchino, Francesca Muzzillo, Antonella Violano
SUN

rossella.franchino@unina2.it
francesca.muzzillo@unina2.it
antonella.violano@unina2.it

Abstract. Le costanti sollecitazioni provenienti dal mondo della produzione e le incalzanti indicazioni normative sia a livello europeo (Direttiva 2010/31/UE e 2012/27/UE) che nazionale (DL 63/13, DL 115/09, DLgs 28/11) richiedono, al settore della ricerca applicata in edilizia, la sperimentazione di soluzioni tecnologiche per involucri sempre più performanti dal punto di vista energetico-ambientale. Un ruolo di particolare importanza, nel bilancio energetico del sistema edificio-impianto, assume la conversione di energia generata localmente da fonte rinnovabile. A tal riguardo, il contributo illustra gli esiti della sperimentazione tecnologica condotta nell'ambito del Progetto S.E.E.M. (Solar Eco-efficient Envelope Model), finanziato nel 2011 dal Ministero dell'Ambiente. Il progetto ha riguardato lo studio di un impianto combinato di camino solare ed eolico, architettonicamente integrato a sistemi di involucro del settore terziario, per la produzione di energia elettrica e termica da fonti rinnovabili. Lo studio propone l'analisi prestazionale dei componenti del sistema S.E.E.M., con particolare attenzione alle relazioni termofisiche tra edificio e sistema impiantistico integrato.

Parole chiave: Sperimentazione tecnologica, Involucro energeticamente performante, Camino solare

Dall'architettura dei movimenti d'aria verso il Progetto SEEM¹

Eco-efficient Envelope Model), focalizzato su un modello sperimentale per analizzare l'effetto del flusso di calore sullo scambio termico, in vista di un sistema energetico innovativo da utilizzare per edifici industriali esistenti o nuovi. Dal punto di vista ingegneristico, sono stati studiati i modelli di flusso, la temperatura e la velocità dell'aria, la connessione a una microturbina e strategie alternative di conversione dell'energia cinetica in energia elettrica, con la costruzione di un modello sperimentale in scala di una porzione del camino di quattro metri di altezza.

Dal punto di vista architettonico e tecnologico, in una prima fase, la ricerca è stata intrapresa al "Low Energy Architecture

Questo scritto muove dai risultati di una ricerca interdisciplinare di architettura e ingegneria: il "Progetto SEEM" (Solar

Research Unit" della London Metropolitan University, muovendo dai fondamenti degli studi pionieristici di Susan Roaf sul flusso d'aria in edifici storici, cercando di connettere gli avanzamenti della ricerca con le performance di alcuni esempi, in particolare Accordia a Cambridge (di Feilden Clegg Bradley Studios), il Parliamentary Offices Portcullis House a Londra (di Michael Hopkins fig. 1), la School of Slavonic and East European Studies di Londra (di Alan Short and Associated fig. 2). Nell'architettura, lo studio dei movimenti d'aria è molte volte alla base dell'elaborazione dei primi schemi di progetto, determinandone anche l'immagine figurativa dell'edificio. Questo assunto di partenza può trasferirsi a unità modulari autonome che possano entrare in relazione con l'edificio incrementando le prestazioni per ventilazione naturale. Nella nostra ricerca, gli elementi progettuali rilevanti di un camino (altezza, larghezza, profondità di cavità e tipologia geometrica delle sezioni orizzontali e verticali) sono stati verificati seguendo una validazione correlata a tre importanti aree concettuali di progettazione: giunti, bordi e connessioni.

Le simulazioni sul piano architettonico sono state analizzate anche in relazione all'esperienza percettiva, considerando come le mutevoli condizioni prevalenti dei flussi d'aria possano, con il loro movimento dinamico, connotare soluzioni morfologiche alternative che inducano recezioni variabili da parte dei fruitori.

Le scelte sono state operate in modo interdisciplinare, decidendo quali fossero le più opportune strategie di comportamento bioclimatico e le appropriate soluzioni di dettaglio, per realizzare un sistema dinamico capace di adattarsi alle condizioni ambientali esterne, che prevedesse anche l'andamento

Performance of envelope: an innovative energy system

Abstract. In the field of applied research in construction, the constant request from the production's sector and the persisting both European (Directive 2010/31/EU and 2012/27/UE) and national (Legislative Decree 63/13, LD 115/09, LD 28/11) normative indications require testing of technology solutions for envelope ever more efficient in terms of energy and the environment. The conversion of locally generated energy from renewable sources assumes a particularly important role in the energy balance of the building-plant system. In this respect, the paper illustrates the results of technological experimentation conducted within the SEEM (Solar Eco-efficient Envelope Model) Project, funded in 2011 by the Ministry of Environment. The project involved the study of a combined system of solar and wind chimney, architecturally integrated into an envelope systems of the tertiary

sector, in order to produce electricity and heat from renewable sources. The study proposes the performance analysis of the SEEM system's components, with particular attention to the thermophysical relationship between the building and the integrated plant system.

Keywords: Technological experimentation, Energy active envelope, Solar Chimney

From the Architecture of air's movement towards the SEEM project¹

The paper moves from the results of an architectural and engineering interdisciplinary research: the "SEEM project (Solar Eco-efficient Envelope Model), which is a research focused on an experimental model in order to analyze the effect of heat flux on heat transfer, in view of an innovative energetic system to be used for existing

or new industrial buildings.

Under the engineering point of view, the models of flux, air temperature and air velocity have been analyzed, relating them to a small turbine in order to hypothesize alternative strategies of converting kinetic energy into electricity, with a scale experimental section model of the chimney, which is four meters high.

Under the technological point of view, in the first phase, the research has been undertaken at "Low Energy Architecture Research Unit" of London Metropolitan University, starting from the basis of pioneering studies of Susan Roaf on air flux into historical buildings. The study connects the proceedings of the research with the performances of some buildings, particularly Accordia in Cambridge (by Feilden Clegg Bradley Studios), The Parliamentary Offices Portcullis

01 | Portcullis House, nuovo Parlamento britannico, Londra, Michael Hopkins, 2001 (Foto di F. Muzzillo)
The Parliamentary Offices Portcullis House, London, Michael Hopkins 2001 (photo by F. Muzzillo)

02 | La scuola di "Slavonic and East European Studies", Londra, Alan Short and Associated, 2002-2006 (Foto F. Muzzillo)
The School of Slavonic and East European Studies, London, Alan Short and Associated 2002-2006 (photo by F. Muzzillo)



prestazionale differente con l'alternarsi del giorno e della notte. Da tali dati incrociati si sono ricavate le interconnessioni tra la costruzione e il camino, il disegno della sezione più idonea ad agevolare il movimento dell'aria e le previsioni prestazionali delle superfici di assorbimento del calore.

Questi aspetti sono rilevanti, perché le soluzioni tecnologiche sempre connotano l'architettura, specie quando i dettagli esecutivi denunciano con evidenza le dinamiche prestazionali.

Il sistema camino fornisce un quadro chiaro dei processi tecnologici, pensati per essere immediatamente compresi e recepiti nella percezione dell'architettura. Si riprende, in modo diverso, quel processo di azione diretta e reciproca tra aria e forme architettoniche, che certamente non è nuovo.

Ancora oggi, la Villa Baizeau di Le Corbusier costruita nel 1929 rimane l'esempio più emblematico di un'idea architettonica fondata sulla ventilazione e ci dimostra nuovamente come, in un processo progettuale, potremmo essere in grado di interpretare le scelte dei sistemi tecnologici come scelte progettuali capaci di rendere visibili i processi sistemici che caratterizzano l'edificio.

Evoluzione dei *target* della progettazione energetica degli edifici²

Poiché la climatizzazione degli spazi confinati in cui si esplicano le attività di lavoro e di residenza si è espansa con una

tendenza di copertura energetica degli edifici sia di nuova costruzione sia preesistenti, ne consegue il grande interesse per il risparmio energetico conseguibile. Negli ultimi anni si è riusciti ad adottare al riguardo normative avanzate che impongono una valutazione dei bilanci energetici sempre più tendente all'ener-

House in London (by Michael Hopkins fig.1), The School of Slavonic and East European Studies in London (by Alan Short and Associated fig. 2). Contemporary architecture has taken note of this idea and over and over again the consideration of air movement is at the basis of first schemes' elaboration and there is a figurative image for shaping the building. The shape of the building rises together with the preventive quantitative relation between air movement and the conduction medium, carrying out results on natural ventilation. Starting from the relevant design points of a chimney (height, width, depth of cavity, type of glazing and geometrical model), research process has been structured in relation to three relevant design conceptual areas: joints, borders and connections. Simulations onto the architectural

plane have been analyzed in relation to the perceptive experience, considering mutable prevailing conditions of air flux that, with its dynamic movement, connotes morphological aggregation.

The choices have been made in an interdisciplinary way, deciding which are the best strategies for both bioclimatic behavior and figurative image. So the adequate shape of the chimney has been chosen with regard to air movement, different geometric variable airflow fluxes and adaptive criteria, considering materials' performances too. Moreover, we have evaluated different performances during the day and during the night, height of the head, connections choices between the building and the chimney, section choice to encourage air movement and size of the heat-absorbing surface. These aspects are

PERIODO DELLO SVILUPPO	TIPO DI INTERVENTO	SEZIONI DI INTERVENTO	QUALIFICAZIONE ENERGETICA	TECNICHE E TECNOLOGIE
1975	isolamento stagione fredda	Involucro	energia controllata	Resistenza diffusiva
1990	+ isolamento stagione calda	+ impianto	energia limitata	Resistenza radiativa
2000	+ recuperi termici e frigoriferi	+ scambi termovettori	energia zero	+ scambi da fluidi termovettori in accumuli naturali
2018	+ recuperi gas, calore, elettricità	+ scambi fotovoltaici, eolici	energia negativa	+ piccole idro derivazioni, biomasse

TAB 1 | Evoluzione della ricerca per minimizzare i consumi energetici nell'edilizia
Evolution of the research to minimize energy consumption in buildings

gia negativa, definibile come energia risparmiabile oltre l'azzeramento della domanda, pur conseguendo standard ambientali rilevanti.

A partire dalla prima crisi energetica si è avuta una progressione abbastanza rapida negli interventi alla frontiera del volume di controllo dell'edificio per ottenere la prestazione energetica più idonea.

Nella Tabella 1 viene sintetizzata, in riferimento al periodo 1975-2018, l'evoluzione della tecnologia di frontiera, che consente di raggiungere progressivamente l'obiettivo dell'edificio a energia negativa, che produce energia più di quanto ne usi. Al riguardo, di primario rilievo risulta la funzione energetica dell'involucro che costituisce la frontiera degli scambi tra l'ambiente esterno ed interno. Tale frontiera, oltre ad assumere la funzione di adiabattizzare la relazione tra ambiente costruito e condizioni climatiche, deve riuscire ad essere non solo immagazzinatore e scambiatore di energia, ma anche produttore, al fine di assicurare un bilancio dei consumi in cui gli edifici producono più energia di quanta ne consumano. L'evoluzione degli obiettivi e degli interventi di tipo energetico negli edifici comporta di necessità anche l'esame della compatibilità ambientale degli interventi proposti. Diviene elemento qualificante il controllo della qualità energetico-ambientale delle reti locali

intended to be connected, bearing in mind the idea that technological solutions could give expression to architecture.

In the experimentation works, design details should be studied with attention to visible comprehension of technological systems. The technologies provide a clear and visible framework of the way they work, and technological processes are thought to be immediately visible and comprehensible in architecture itself. It takes up again, in a different way, a direct and mutual action process between air and architectural forms, as the idea of "air" into architecture is not new. Even today, Villa Baizeau by Le Corbusier remains the most emblematic example in which the architectural idea seems to be founded on air ventilation. It shows us again that in a strategic design process we

may be able to interpret technologies as design choices and to emphasize interactions among design and technologies in a way that let systemic processes become relevant in the perception.

Evolution of the targets of the energy design of buildings²

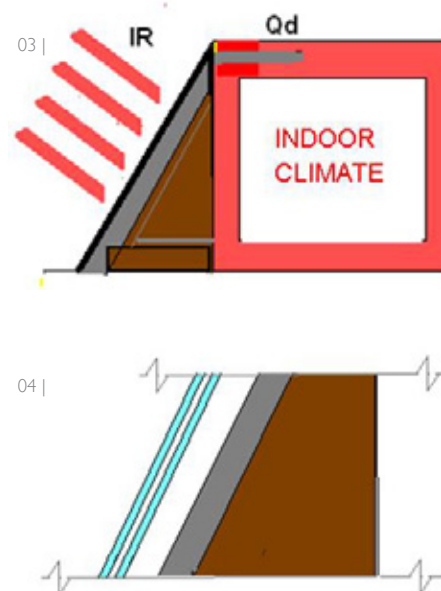
Since the climatization of the confined spaces, where people work and live has been expanded with a tendency to cover the energy efficiency of both new and existing buildings, there is a significant interest in the achievable energy savings. In recent years, it has been possible to adopt advanced regulations that impose an assessment of the energy balance, tending more and more towards negative energy, defined as savable energy, in addition to reducing the demand to zero, while achieving sig-

per consentire che il sistema possa essere integrato nell'ambito della rete ambientale a scala di edificio.

Lo scambio termico in un involucro ad effetto camino³

Il mantenimento delle condizioni microclimatiche di un edificio dipende essenzialmente dagli scambi termici che hanno luogo attraverso il suo involucro il quale può opporre resistenza con flussi termici entranti o uscenti dal volume costruito. Per limitare o modulare lo scambio esterno-interno si può ricorrere ad una conformazione dell'involucro che realizza una particolare frontiera di scambio che viene identificata come camino solare o più in generale parete collettrice solare. Questo particolare componente edilizio svolge la funzione di un captatore solare ad aria che, asportando l'energia assorbita dal sole, trasporta il calore e lo utilizza come aria calda in parti dell'edificio dove altrimenti sull'involucro arriverebbe solo l'irradiazione indiretta (diffusa e riflessa). Per ottenere la massima captazione la parete irradiata viene esposta a sud, ma consegue lo stesso risultato con piccole differenze anche nelle direzioni tra SE e SO.

Il principio di funzionamento di un camino solare, sinteticamente schematizzato nelle figure 3 e 4, è quello di un collettore



03 | Schema di controllo termostatico
Conceptual map of the software architecture
04 | Schema di muro
Conceptual map of the software architecture

ad aria. Si cerca di assicurare la captazione di energia solare irradiata sulla superficie dell'involucro edilizio per ottenerne energia. La radiazione solare diretta subisce un'interferenza che dà luogo ad assorbimento termico in una superficie metallica ad alta diffusività, che delimita un canale il quale a sua volta cede calore ad aria in movimento convettivo naturale che per gradiente di densità si sposta dal basso verso l'alto in presenza di gravità.

Secondo la funzione termica che si vuole soddisfare viene definito il comportamento energetico della parete. Nel caso del camino solare bisogna massimizzare la captazione di energia, il riscaldamento dell'aria e lo spostamento in canale.

Pertanto per massimizzare la quota di energia di radiazione solare che una parete assorbe bisogna:

- esporre la parete nell'orientamento opportuno;
- inclinare adeguatamente la parete;
- disporre anteriormente una lastra di vetro che ottenga un elevato isolamento diffusivo e assicuri una sufficiente resistenza meccanica all'urto, scarsa adesività della polvere e comunque facile lavabilità del vetro;
- caratterizzare adeguatamente il vetro per farne variare l'emissività, l'assorbitività e la riflettività.

Le prestazioni energetiche dell'involucro solare: criteri di selezione dei componenti efficienti⁴

duplice obiettivo: da un lato individuare le caratteristiche termofisiche dei componenti del sistema in modo che garantis-

La sperimentazione tecnologica, condotta nella seconda e terza fase del Progetto SEEM (Modello di Involucro Solare Eco-efficiente), ha avuto un

duplice obiettivo: da un lato individuare le caratteristiche termofisiche dei componenti del sistema in modo che garantis-

nificant environmental standards. Ever since the first energy crisis, there has been fairly rapid progress in the most advanced interventions on the volume control of the building in order to obtain a more suitable energy performance.

Table 1 summarizes, in reference to the period 1975-2018, the evolution of the most advanced technologies which make it possible progressively achieve the goal of the negative energy building, with it producing more energy than it uses. Thus, the energy function of the envelope is of primary importance, with it forming the barrier of the exchanges between the external and internal environment. In addition to assuming the function of balancing the relationship between the built environment and climatic conditions, this barrier must store and exchange energy, but it must be also

an energy producer, in order to balancing of consumptions in buildings which produce more energy than they consume. The evolution of the energy objectives and interventions in buildings necessarily involves examining the environmental compatibility of the proposed interventions. The controlling of energy and environmental quality of the local networks becomes a significant element in order to allow the system to be integrated within an environment network at the scale of the building.

Heat exchange in a chimney effect envelope³

The maintenance of the microclimate of a building depends essentially on the thermal exchanges that take place through its casing that can resist incoming or outgoing heat flow with the built volume. In order to limit

sero le migliori prestazioni energetiche, dall'altro studiare gli effetti (prevalentemente termici) del sistema sull'edificio industriale a cui andrebbe integrato.

Il sistema solare sperimentale a effetto camino è stato progettato come una doppia pelle isolata da porre in adiacenza ad edifici industriali (esistenti o di nuova costruzione), per riquadrarne i fronti ciechi soleggiati e dare all'edificio il valore aggiunto di "produttore di energia rinnovabile".

Nel progetto il sistema non raggiunge il suolo, ma è alto da terra 2 m⁵, sia per favorire la ventilazione naturale nell'intercapedine d'aria senza turbolenze dovute alla presenza di ostruzioni a livello del suolo, sia per non interferire con la movimentazione di mezzi e macchinari operanti nell'area antistante il capannone industriale⁶.

La ricerca tecnologica è stata orientata a determinare, in prima battuta, le caratteristiche dei componenti del sistema, in modo che fosse massima la componente termica della radiazione solare incamerata dalla superficie esterna vetrata, fortemente assorbente.

Inizialmente la struttura del sistema SEEM era stata progettata interamente vetrata ed era stata studiata una stratigrafia che prevede (in ordine: dallo spazio aperto verso l'edificio):

STRATO 1 (componente esterno trasparente autoportante⁷): vetrocamera strutturale con profilo a U (4-8-4 mm con aria) basso-emissivo, che consente la massima trasmissione in ingresso della radiazione infrarossa verso il canale d'aria (U= 2.3 W/mqK; FS= 74%), la minima riflessione della radiazione infrarossa verso l'ambiente esterno (RE=17%) e la massima conservazione dell'energia termica entrata nell'intercapedine (parametri evidenziati con le frecce blu nell'immagine che segue);

or modulate the internal-external exchange, it is possible to resort to a casing conformation that has a particular exchange barrier, known as a solar chimney or, in general, a solar wall collector.

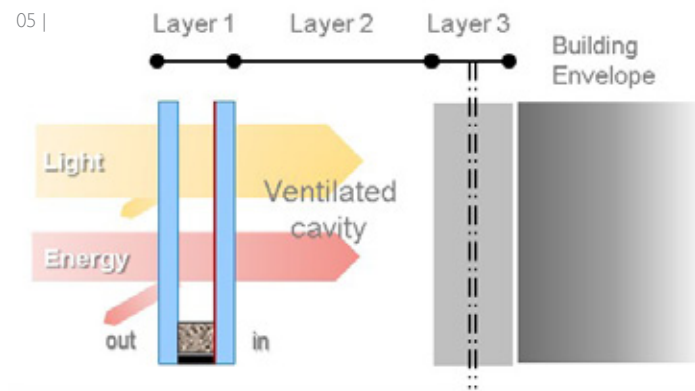
This particular building component has the function of an air solar collector that, removing the energy absorbed from the sun, carries the heat and uses it as hot air in parts of the building where the casing would only be reached by indirect radiation (diffused and reflected). For maximum uptake, the irradiated wall is exposed to the south, but has the same result with small differences in directions between SE and SW.

The operation principle of a solar chimney, summarized schematically in Figures 3 and 4, is that of an air collector. It tries to ensure the capture of solar radiation reaching the

surface of a building casing in order to obtain the diffusive heat to be transmitted to the whole building or its parts. Direct solar radiation undergoes interference, which gives rise to thermal absorption in a high diffusivity metal surface, which delimits a channel, which in turn transfers heat to the air in a natural convection movement that density gradient move from bottom to top in the presence of gravity.

The energy behaviour of the wall is defined according to the thermal function that is required. In the case of the solar chimney, the uptake of energy, heating the air and the movement in the channel and with diffusion grids must be maximized.

Therefore, in order to maximize the amount of solar radiation energy that a wall absorbs, the following should be done:



Solar Energy			Visible Light			Solar Factor g (EN 410) %	Thermal Insulation	
Direct Transmission %	Energy Reflection %	Absorption %	Transmission %	Reflection Outside %	Reflection Inside %		U Value (EN 673)	
							Air W/m²K	Argon W/m²K
67	17	16	77	12	17	74	2,3	1.9



STRATO 2: intercapedine naturalmente ventilata di 20 cm, con condizioni di aderenza minima, al fine di ridurre il flusso turbolento all'interno del sistema.

Relativamente al terzo strato, in aderenza all'edificio, sono stati progettati sistemi alternativi per verificare quale soluzione tecnologica fosse la più compatibile con l'edificio esistente. Pertanto, sono state verificate due soluzioni, valutate a confronto:

STRATO 3a (componente interno trasparente autoportante): con le stesse caratteristiche dello strato 1, installato in modo speculare;

STRATO 3b (componente interno trasparente autoportante): vetrocamera (4-8-4 mm con argon 90%) basso-emissivo e a con-

trollo solare, che consente una trasmissione della radiazione infrarossa verso l'edificio a norma di legge ($U = 1.6 \text{ W/m}^2\text{K}$; $FS = 24\%$) e una massima riflessione della radiazione infrarossa verso il canale d'aria ($RE = 48\%$).

Ma dalle analisi tecnologiche e bioclimatiche, la quantità di calore ceduto dal sistema SEEM all'edificio posto in adiacenza è risultato un parametro significativo perché, essendo l'edificio ubicato in area mediterranea, diventa particolarmente rilevante individuare una soluzione che non determini effetti negativi sulle condizioni di comfort interno nella stagione estiva, e in particolare sulla temperatura dell'aria interna (Norma UNI10375). È stata quindi studiata una terza soluzione, lo STRATO 3c (com-

- expose the wall in the appropriate orientation;
- tilt the wall properly;
- have before a glass sheet that obtains a high diffusive insulation and ensure a sufficient mechanical impact strength, poor adhesion of dust as well as easy wash ability of the glass;
- adequately characterize the glass to make it change the emissivity, absorptivity and reflectivity.

The energy performance of solar envelope: criteria selecting efficient components⁴

The technological experimentation, conducted in the second and third phases of the SEEM (Model Housing Solar Eco-efficient) Project, had a double objective: both to identify the thermo-physical properties of the components of the system, in order to ensure the best energy per-

formance, and to study the effects (mainly thermal) of the system on the industrial building.

The experimental solar chimney has been designed as an insulated double skin, to be placed adjacent to the industrial (existing or new construction) buildings, in order to redevelop the sunny facades and give the "renewable energy producer" added value.

In the project, the system does not come from the ground, but it is high from the ground 2 m^5 , in order to facilitate the passage of natural air into the channel, without turbulence due to the presence of obstructions at ground level. In addition, this limits the interferences of the system with the movement of vehicles and machinery in the external area of the industrial building⁶.

The technological research has been

aimed to determine, in the first instance, the characteristics of the system components, so that it maximizes the thermal component of solar radiation, coming into the outer glazed surface, which is absorbent. Initially, the SEEM system was designed fully glazed and a stratigraphy was studied, which provides (in order: from the open space to the building):

LAYER 1 (external transparent self-supporting component⁷): low-emission structural U-profile double glazing (4-8-4 mm with air), which allows maximum transmission of the incoming infrared radiation into the air channel ($U = 2.3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $SF = 74\%$), minimum reflection of infrared radiation towards the external environment ($RE = 17\%$) and maximum conservation of thermal energy incoming in the cavity (parameters

highlighted with blue arrows in the below picture).

LAYER 2: ventilated cavity of 20 cm, with minimum grip conditions in order to reduce turbulent flow within the system.

Relatively to the inner layer, in adherence to the building envelope, different alternative layers have been designed. The objective is to verify what technological solution is more energy efficient and compatible with the existing building, which must not be damaged by the thermal load transmitted by the system. Therefore, the two solutions, evaluated in comparison, are:

LAYER 3a (internal transparent self-supporting component) with the same characteristics of the layer 1, specularly positioned;

LAYER 3b (internal component transparent self-supporting): low -

ponente interno opaco, ancorato all'edificio): pannello in polistirene prefinito di colore chiaro (Assorbimento Solare = 0,135), dello spessore di 10 cm, trattato con rasante anticondensa termico-riflettente, che consente la minima trasmissione della radiazione infrarossa verso l'edificio (Trasmittanza=0.40 W/mqK; Attenuazione= 0.15; Sfasamento= 12h) e la massimizzazione dell'effetto serra verso il canale d'aria.

È stata fatta, inoltre, una verifica variando il solo colore del terzo strato, ipotizzandolo scuro (Assorbimento Solare = 0,835) ed è stato verificato che la Radiazione solare assorbita raggiunge picchi di 2226 Wh/mq.

La sperimentazione è stata condotta con il software Autodesk Ecotect Analysis 2011.

Per studiare i soli effetti termici del sistema SEEM sull'edificio esistente, nel Bilancio Energetico sono stati annullati gli effetti della ventilazione, delle infiltrazioni interno/esterno e dei guadagni interni (ricambi d'aria e apporti gratuiti pari a zero). Anche gli apporti solari sono uguali a zero, in quanto il modello proposto per la simulazione ha un involucro totalmente opaco. Inoltre, nel calcolo della radiazione solare incidente sull'edificio, si è deciso di escludere il "fattore suolo"⁸ e di analizzare solo la radiazione solare diretta.

I fattori valutati per stabilire il livello di interferenza termica del sistema sono:

- esposizione solare su base giornaliera e mensile, ripartita per tutte le componenti della luce della radiazione solare;
- analisi termica, con particolare attenzione alla componente sole-aria.

emissivity and solar control double glazing (4-8-4 mm with argon 90%), which allows the minimum transmission of infrared radiation toward the building ($U = 1.6 \text{ W / mqK}$; $SF = 24 \%$) and the maximum reflection of infrared radiation towards the air channel ($RE = 48\%$).

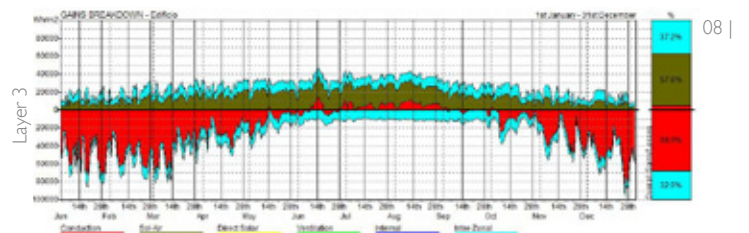
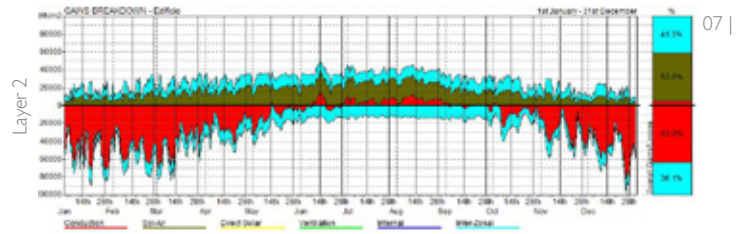
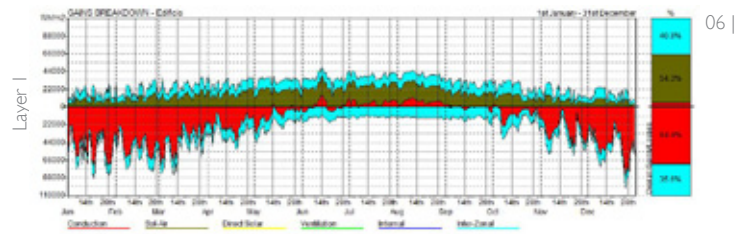
But by the technology and bioclimatic analysis, the amount of heat transferred from the adjacent building SEEM system is a significant parameter. In fact, the building is located in the Mediterranean area, so it is particularly important to find a solution that does not determine negative effects on the internal comfort conditions in summer, and in particular on the internal air temperature (Norma UNI10375).

Thus, a third solution was studied, the LAYER 3c (internal component opaque, anchored to the building):

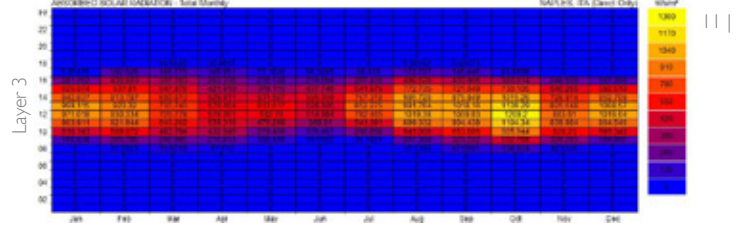
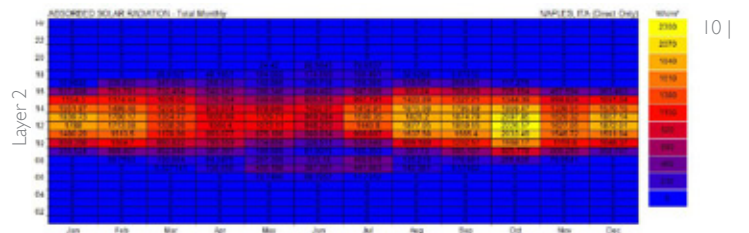
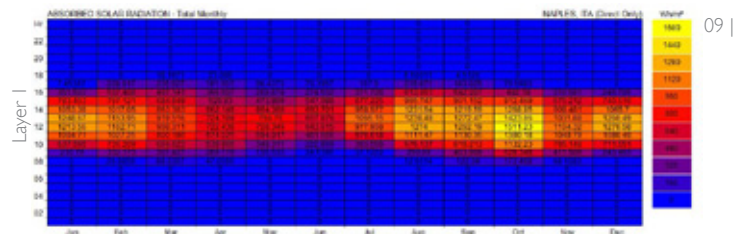
prefinished white color polystyrene panel of 10 cm, treated with a reflective anti-condensation thermal coating, which allows the minimum transmission of the infrared radiation towards the building (Transmittance = 0.4 W / mqK , Attenuation: = 0.15; Offset = 12h) and the maximization of the greenhouse effect to the air channel.

In addition, changing only the color of the third layer (Solar Absorption = 0.835), we verified that the absorbed solar radiation reaches peaks of 2226 Wh / m^2 . The experimentation has been conducted with the software Autodesk Ecotect Analysis 2011.

In order to study only the thermal effects of the SEEM system on the existing building, in the Energy Balance, the effects of ventilation, infiltration of internal / external



06-08 | Guadagni passivi dell'edificio industriale
Scheme of the methodology used: the resources of the var



09-1 | Radiazione solare assorbita
Scheme of the methodology used: the resources of the var

Conclusioni⁴

Il sistema SEEM, progettato per produrre energia sfruttando il naturale moto ascensionale dell'aria nel "camino solare", è tanto più efficiente quanto maggiore è la temperatura dell'aria nell'intercapedine. Questo, però, determina un aumento della temperatura superficiale esterna dell'edificio a cui il sistema è integrato, dovuto sia all'aumento della temperatura dell'aria nell'intercapedine (oltre 90°C), ma anche al flusso conduttivo e radiativo del sistema. Questo, soprattutto nella stagione estiva, può determinare un carico termico insostenibile per l'edificio soggetto a un aumento della temperatura interna dell'aria (discomfort).

Pertanto, alla luce di queste considerazioni e dall'analisi delle simulazioni condotte, emerge che la soluzione che risulta la più sostenibile ai fini del Bilancio Energetico dell'Edificio è la terza proposta (3c pannello in polistirene chiaro). Si ritiene, infatti, che il flusso radiativo è minimizzato dalla finitura chiara. Pertanto, riducendo il coefficiente di assorbimento si riducono i carichi termici (apporto solare su componente opaco).

In conclusione, se il sistema non è opportunamente isolato, il carico termico, soprattutto nella stagione estiva, può risultare inaccettabile per l'edificio, vanificando il beneficio della produzione di energia del sistema stesso.

Tuttavia il limite della ricerca è, al momento, la scarsa possibilità di industrializzazione del sistema progettato.

and internal gains (air changes and free contributions equal to zero) have been nullified. Even solar gains are equal to zero, because the proposed simulation model has a totally opaque envelope. In addition, in the calculation of incident solar radiation on the building, the factor "soil"⁸ was excluded, analyzing only the direct solar radiation.

The factors evaluated to determine the level of thermal interference of the system are:

- daily and monthly sun exposure, broken down by all the components of the light of solar radiation;
- thermal analysis, with a special attention to the sol-air factor.

Conclusion⁴

The SEEM system, designed in order to produce energy by exploiting the natural upward motion of the air in the "solar chimney", is much more efficient when the air's temperature in the cavity is higher. However, the increase of the external surface temperature of the building in which the system is integrated, is due to the increase of the temperature of the air in the cavity (over 90° C), but also to the flow of conductive and radiative system. This can determine, especially in the summer season, a heat load unsustainable for the building, subject to an increase in the internal temperature of the air (discomfort).

Therefore, starting from these considerations and analysis of the simulations carried out, it is clear that the third proposal (3c clear polystyrene panel) is the most sustainable solu-

NOTE

¹ Francesca Muzzillo.

² Rossella Franchino.

³ Rossella Franchino.

⁴ Antonella Violano.

⁵ Dagli studi condotti dal sottogruppo di ricerca ING-IND-11, il sistema ha buone prestazioni di ventilazione già a un metro da terra.

⁶ In questa sperimentazione:

- dati climatici (Norma UNI 10349): zona climatica di Napoli (40° lat N, 10 m slm);

- dati geometrici: capannone delle dimensioni di 20X10X15 m (lxpxh), con lato lungo esposto a sud;

- dati costruttivi: involucro in pannelli prefabbricati stratificati (doppia foderina in cemento a vista di 10 cm con isolante termico interno in polistirene espanso dello spessore di 5 cm), con $U = 0.4 \text{ KWh/m}^2\text{K}$; Attenuazione = 0.15; Sfasamento = 12 h.

⁷ Per massimizzare l'effetto camino, lo strato esterno dovrebbe avere un'inclinazione pari a circa il 2%.

⁸ La progettazione degli spazi aperti antistanti il sistema, con superfici riflettenti, come ad esempio specchi d'acqua, avrebbe incrementato il fattore di riflessione del suolo contribuendo all'efficienza energetica del sistema.

tion for the Energy Balance of the building. In fact, it is believed that the clear finish minimizes the radiative flux. Therefore, reducing the absorption coefficient reduces the thermal loads (solar gain component of opaque).

In conclusion, if the system is not properly insulated, the heat load, especially in the summer, may be unacceptable to the building, negating the energy production benefits of the system.

However, the limit of the research is, at present, the limited possibility of industrialization of the designed system.

REFERENCES

- Arce, J., Xamán, J.P., Álvarez, G., Jiménez, M.J., Enríquez, R. and Heras, M.R. (2010), *A Simulation of the Thermal Performance of a Small Solar Chimney Already Installed in a Building*, ASME 2010 4th International Conference on Energy Sustainability, ES 2010 2, pp. 337-347.
- Baker, N. and Steemers, K. (2000), *Energy and Environment in Architecture. A Technical Design Guide*, Taylor & Francis Group, London.
- Bernades, M.A., Vob, A. and Weinrebe, G. (2003), *Thermal and technical analyses of solar chimneys*, Solar Energy 75 ELSEVIER, pp. 511-52.
- Cook, M.J. and Short, C.A. (2005), "Natural Ventilation and Low Energy Cooling of Large Non-domestic Buildings – Four Case Studies", *The International Journal of Ventilation*, 3, March.
- Fei, C., Liang, Z., Huashan, L. and Liejin, G. (2013), "Performance analysis of conventional and sloped solar chimney power plants in China", in *Applied Thermal Engineering*, 50/2013, pp. 582-592.
- Ford, B., Schiano-Phan, R. and Francis, E. (Eds.) (2010), *The Architecture & Engineering of Draught Cooling. A design Source*, PHDC press, London.
- Jiménez, M.J., Enríquez, R. and Heras, M. R. (2011), "System identification applied to energy analysis in a bioclimatic office building in semidesertic weather in the south of Spain", in *DYNASTEE, International Workshop on Whole Building Testing, Evaluation and Modelling for Energy Assessment*, 18-19 Mayo 2011, Lyngby, Dinamarca.
- Nicol, F., Humphreys, M. and Roaf, S. (2012), *Adaptive Thermal Comfort. Principles and Practice*, Routledge.
- Roaf, S. (1990), "The traditional technology trap", *Trialog*, vol. 25, pp. 26-33.
- Schlaich, J. (1995), *The Solar Chimney: Electricity from the Sun*, Edition Axel Menges, Stuttgart.

NOTES

¹ Francesca Muzzillo.

² Rossella Franchino.

³ Rossella Franchino.

⁴ Antonella Violano.

⁵ The studies conducted by the research ING-IND-11 sub-group have shown that the system has good ventilation performance already from 1 meter from the ground.

⁶ In this research work:

- the climatic data (UNI 10349): Naples climatic zone (lat 40 °N, 10 m asl);
- geometric data: size of industrial building 20X10X15 m (wxdxh), with the long side facing south;

- construction data: envelope in pre-fabricated panels laminated (double concrete layer of 10 cm with internal expanded polystyrene thermal insulation of 5 cm), with $U = 0.4$ KWh / m²K; Attenuation: = 0.15; Phase shift = 12 h.

⁷ The outer layer should have a slope equal to about 2% in order to maximize the chimney effect.

⁸ The open spaces in front of the building, designed with reflective surfaces such as water, would increase the reflectivity of the soil, contributing to energy efficiency of the system.