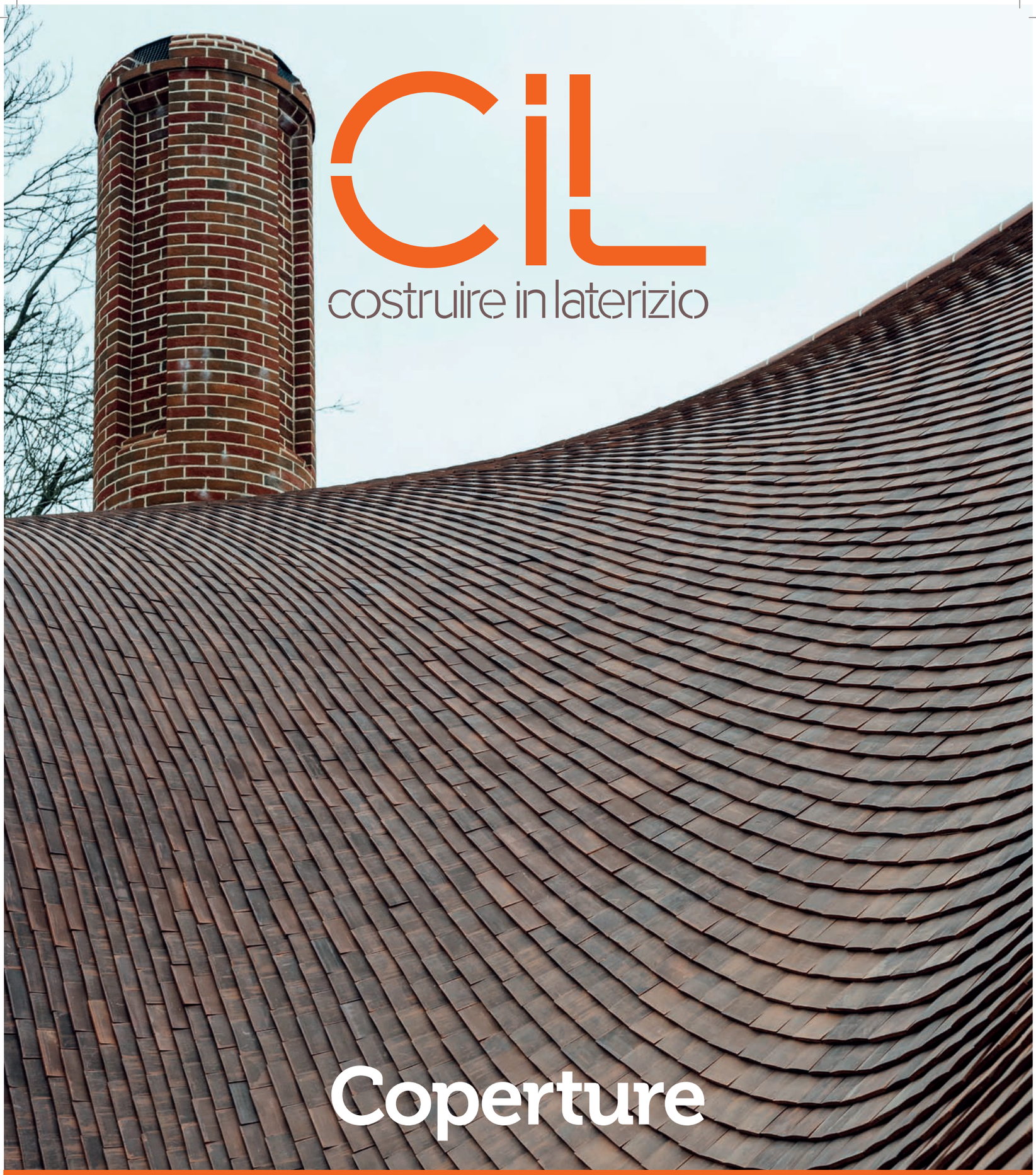


CiL

costruire in laterizio

Coperture

ISSN 0394-1599 • settembre 2016 • Anno XXIX •
Trimestrale • Contiene I.P. • Poste Italiane S.p.A. Sped.
abbon. postale DL 353/2003 (conv. in legge il 27.02.2004
n.46) Art. 1, comma 1, DCB Milano

168

CIL_2016_168_COP@001.indd 2 07/09/16 19:23

CiL
costruire in laterizio
168

In copertina:
Kirkland Fraser Moor,
Country House - Ockington
Gloucestershire (UK)

SOMMARIO SETTEMBRE 2016

4 **NEWS**
• a cura di Roberto Gamba

6 **PANORAMA**
• a cura della redazione

EDITORIALE

8 **Oggetti primi, repliche e attualizzazioni**
• Alfonso Acocella

PROGETTI

10 **Kengo Kuma**
Museo di arte popolare
Hangzhou - Cina
• Roberto Gamba

18 **Foster+Partners**
Nuovo padiglione per il vino
Chateau Margaux, Bordeaux - Francia
• Alberto Ferraresi

24 **Sharon Davis Design**
Residenze temporanee
Rwinkwavu - Ruanda
• Igor Maglica

32 **Kirkland Fraser Moor**
Country House
Ockington Gloucestershire - Gran Bretagna
• Adolfo F. L. Baratta

INTERVISTA

38 **José Louis Moro**
Dal principio al dettaglio
• Gian Luca Brunetti

DESIGN E INTERNI

42 **Tsuyoshi Hayashi**
Kawara design system
• Veronica Dal Buono

ESSAY

48 **The Roboust, the Sincer**
• Johan Celsing

STORIA E RESTAURO

54 **Tegole di copertura in età romana: questioni di forma, posa in opera e impiego**
• Elizabeth Jane Shepherd

RICERCA

60 **Strategie in copertura per il comfort interno estivo**
• Elisa Di Giuseppe, Marco D'Orazio, Costanzo Di Perna

68 **Analisi CFD e confronto sperimentale di nuove tegole ventilanti**
• Michele Bottarelli, Giovanni Zannoni, Richard Allen, Nigel Cherry

74 **Tetti a falda in laterizio vs tetti verdi: analisi del comportamento ambientale**
• Carlo Bibbiani, Fabio Fantozzi, Caterina Gargari

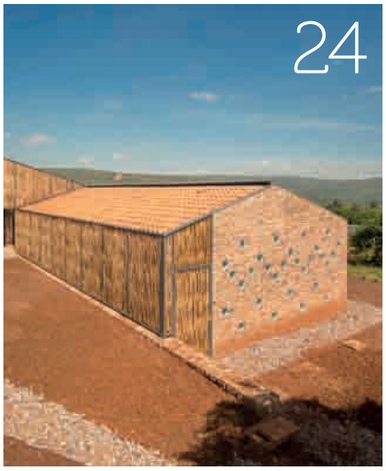
DETTAGLI

82 **Laterizio contemporaneo**
• Alessandra Zanelli

ITINERARI D'ARCHITETTURA

86 **Il mattone nelle opere finlandesi di Alvar Aalto**
• Carmen Murua

90 **RECENSIONI**
• a cura di Roberto Gamba



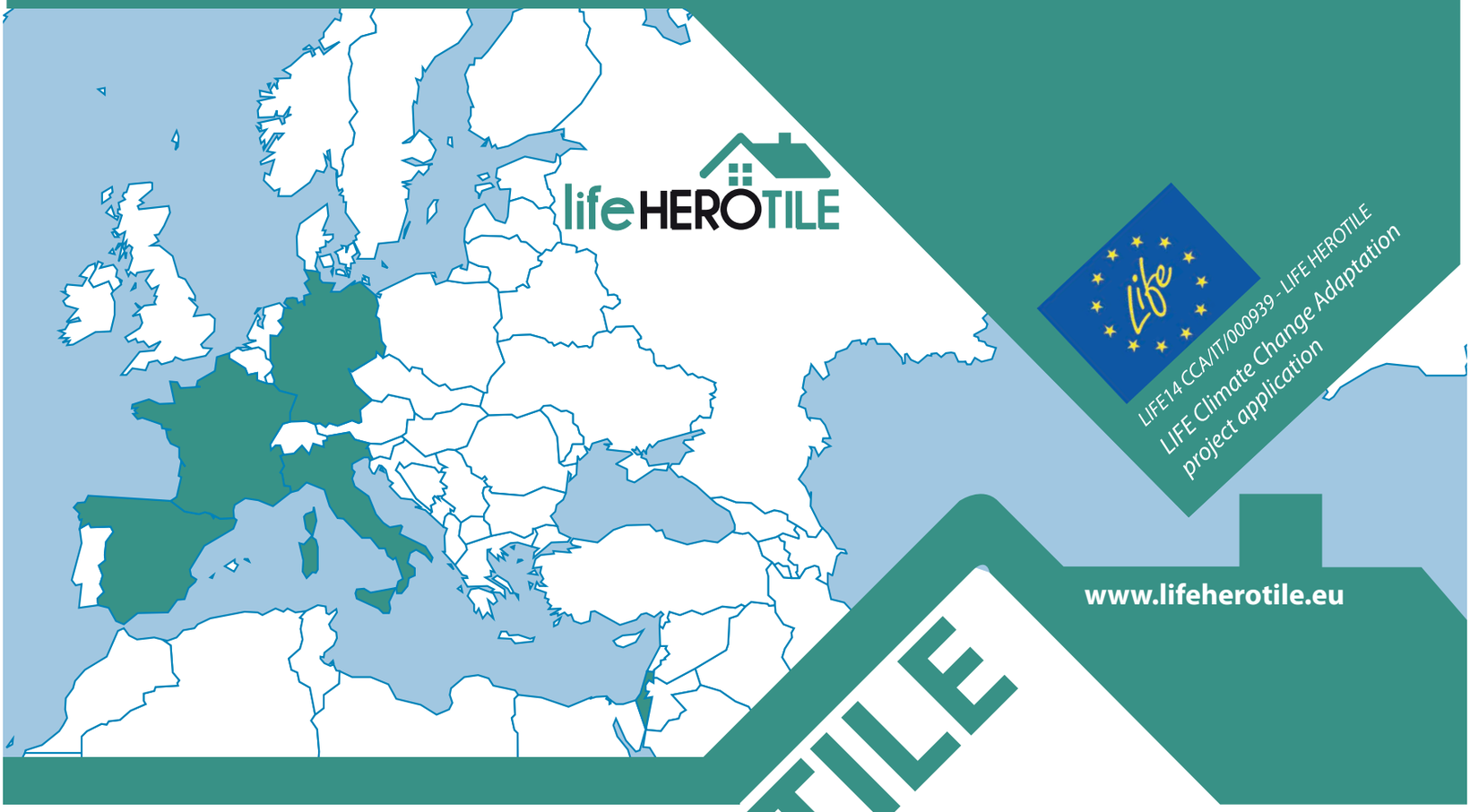
In collaborazione con ANDIL
Associazione Nazionale
Degli Industriali dei Laterizi
ANDIL
via Alessandro Torlonia 15 - 00161 Roma
tel. +39 (0)6 44236926 (r.a.)
fax +39 (0)6 44237930
andil@laterizio.it - www.laterizio.it

Sostenitore EUCENTRE

ANES ASSOCIAZIONE NAZIONALE EDITORIA DI SETTORE
Aderente a: Confindustria Cultura Italia

SAIE main sponsor
Soluzioni Tecniche per l'Architettura e le Costruzioni
SALONE INTERNAZIONALE DELL'EDILIZIA

CIL_2016_168_INT@003-003.indd 3 22/09/16 11:32



lifeHEROTILE

LIFE14 CCA/IT/000939 - LIFE HEROTILE
LIFE Climate Change Adaptation
project application

www.lifeherotile.eu

lifeHEROTILE

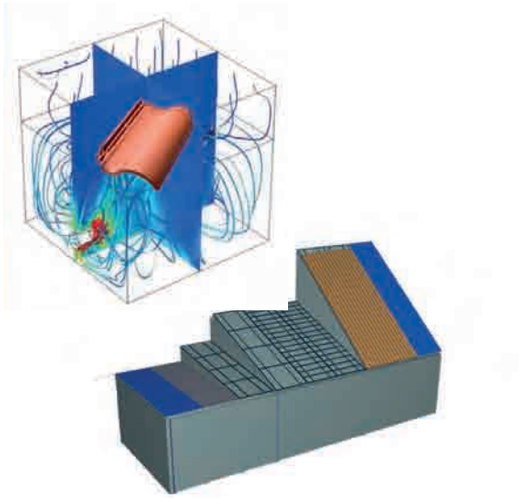
High **E**nergy savings in building cooling
by **RO**of **TILE**s shape optimization
toward a better above sheathing ventilation

PROJECT FRAMEWORK

Life HEROTILE is supported by the European Commission through the Life programme with a grant up to 1.5 million euro under contract number LIFE14 CCA/IT/000939. The project started on the 1st August 2015 and has a duration of 3 years with a total budget of 2.5 million Euros.
The research will facilitate the development and implementation of energy savings approaches, mainly at Mediterranean Region, and will contribute to climate change mitigation with technologies and systems suitable for being replicated, transferred or mainstreamed.

THE CHALLENGE

In Mediterranean regions the solar radiation in summer cause an overheating of the building envelope (roof and walls) and then of the indoor and the need for air-conditioning. Passive systems to limit solar effect mainly consist of ventilated facades and roofs.
Roof is the most exposed element to solar radiation and this causes excessive heating of the attic and other rooms, so vented tiled roofs could be considered the best solution for passive thermal building insulation in hot and mild climates.



MAIN OBJECTIVES

- Realize two pilot plants to produce two new types of roof tiles (Marseillaise and Portuguese tiles) with a shape characterized by a higher air permeability through the overlap of the tiles, and then a better energy performances by passive disposal of the solar radiation through under-tile ventilation;
- Two real scale test buildings, with seven different roofs each, will be made to test new tile performances in two different location (Italy and Israel) and two demonstrator buildings located in Mediterranean regions (Italy and Spain) have been chosen to test and quantify benefits of new tiles;
- On the basis of experimental data, will be realize in addition a practical and simplified free-license software for architects and technicians – SENSAPIRO Software ENergy SAvings PItched ROofs, able to predict the energy performance of the same building in changing only the roof configuration.

COUNTRIES

Italy, France, Germany, Spain and Israel.

PARTNERS

ACER AZIENDA CASA REGGIO EMILIA · ANDIL · BRAAS MONIER BUILDING GROUP · Industrie Cotto Possagno · Università degli Studi di Ferrara · TERREAL SANMARCO

BT0987_B1V_16_02.indd 1 22/07/16 11:59

Analisi CFD e confronto sperimentale di nuove tegole ventilanti

Progetto europeo LIFE Herotile, nuove tegole ventilanti per una migliore ventilazione sottomanto e una maggiore riduzione dei costi di climatizzazione estiva.

Michele Bottarelli
Dipartimento di Architettura, Università di Ferrara

Giovanni Zannoni
Dipartimento di Architettura, Università di Ferrara

Richard Allen
Monier Technical Centre GmbH, Germany

Nigel Cherry
Monier Technical Centre GmbH, Germany

KEYWORDS
Tetto ventilato, CFD, Permeabilità all'aria
Vented Roof, CFD, Air Permeability

Le recenti politiche ambientali a livello mondiale hanno messo in evidenza la necessità di ridurre la domanda di energia per il condizionamento nella stagione calda nelle regioni mediterranee, dal momento che questo aspetto rappresenta un significativo costo finanziario e ambientale.
Un tetto ventilato può svolgere un ruolo importante nel ridurre il passaggio del calore del sole dalle tegole verso la struttura del tetto e, di conseguenza, verso gli ambienti interni, in quanto il movimento dell'aria dissipa una parte del calore dovuto alla radiazione solare. Questo effetto di convezione naturale può essere migliorato aumentando la permeabilità all'aria tra le tegole, modificandone la forma senza alterarne l'estetica originaria. È questo lo scopo del progetto europeo HEROTILE (LIFE14 CCA / IT / 000939) di cui questo articolo presenta l'analisi preliminare finalizzata a supportare il progetto di queste nuove tegole.
Per capire quale fosse il percorso dell'aria che fluisce attraverso la sovrapposizione di diverse tipologie di tegole in condizioni diverse è stato messo a punto un modello CFD1 tridimensionale, calibrato attraverso delle prove sperimentali al vero condotte presso il CTM di Heusenstamm (Germania). Il modello numerico è stato quindi eseguito con condizioni che simulano differenti direzioni e intensità del vento. I risultati hanno consentito di comprendere in quale modo e con quale direzione il vento penetri attraverso la sovrapposizione delle tegole e, di conseguenza, hanno fornito importanti informazioni per la progettazione di una nuova forma di tegole che aumentasse la quantità di aria circolante nel sottomanto senza modificare la tenuta all'acqua.

CFD analysis and experimental comparison of novel roof tile shapes

In pitched roofs, a ventilated layer is created by the arrangement of battens and counter-battens supporting the tiles, and the openings at the eaves, ridge and between the tiles. This Above Sheathing Ventilation (ASV) reduces the heat transfer between tiles and roof structure by means of natural and forced convection, thereby also reducing the cooling energy requirement. This effect could be enhanced by increasing the air permeability between the tiles by means of novel tile shapes, as proposed by the HEROTILE European project (LIFE14 CCA/IT/000939), of which this paper presents the preliminary analysis supporting the new tile designs.
Using an experimental rig, the air pressure difference and the volumetric flow rate between tiles have been measured for an existing Portuguese tile design over a range of pressures. Then, in order to understand the air flows under different conditions, a three-dimensional CFD model has been implemented to recreate the full geometry of the rig. The model was calibrated against an experimental results, and run with boundary conditions simulating different wind directions and intensities. Even in the low velocities typical of average local wind patterns, the fluid dynamic problem remains complex because of the geometry of the gaps between the tiles. However, it has been possible to assess the coefficient of local head loss and then apply it in an analytical relationship between pressure drop and flow rate, taking into account the open area. The results have shown how the wind direction affects the air permeability and, therefore, important insights have been gathered for the design of novel tiles.

CIL_2016_168_INT@068-073.indd 68 22/09/16 14:07

1. Tipica configurazione di un tetto ventilato.

Diversi studi hanno già valutato le prestazioni della ventilazione sottomanto nel ridurre il passaggio di calore solare. Alcuni test di laboratorio [1, 2] sono già stati effettuati per valutare il flusso d'aria e la distribuzione della temperatura in un tetto ventilato in funzione della potenza della radiazione solare, della dimensione e della forma del canale di ventilazione. Altre ricerche hanno realizzato dei modelli in scala per eseguire dei test all'aperto [3, 4] oppure hanno analizzato il comportamento termico di tetti ventilati con il codice CFD Fluent [5], mostrando che i flussi di calore possono essere ridotti fino al 50% durante l'estate con l'utilizzo di tetti ventilati. De With e al. [6] hanno effettuato alcune simulazioni per quantificare i benefici, in termini di dissipamento del calore solare, di un tetto di tegole in confronto a un tetto in scandole, stimando una migliore prestazione di circa il 14%. Un modello numerico è stato sviluppato e validato con dati sperimentali [7], evidenziando che il flusso d'aria indotto dalle forze di galleggiamento all'interno dell'intercapedine ventilata riduce il flusso di calore che penetra nel sottotetto del 30% rispetto a un tetto non ventilato. Queste ricerche hanno però quasi sempre considerato il manto impermeabile schematizzandolo come un elemento continuo.

Questo lavoro intende invece valutare l'influenza della permeabilità all'aria, data dalla sovrapposizione delle tegole, nella prestazione complessiva di smaltimento del calore solare da parte di un tetto ventilato, confrontandola anche con quella di un tetto non ventilato.

Box sperimentale e test preliminari

Attraverso test preliminari è stata analizzata la permeabilità all'aria di un tetto realizzato con tegole portoghesi standard, misurando la portata dell'aria in relazione a pressioni differenti.

I test condotti sono consistiti nell'insufflare/aspirare aria attraverso un tubo di 100 millimetri di diametro collegato a un apposito box di legno la cui faccia superiore era costituita dal manto di tegole portoghesi in esame.

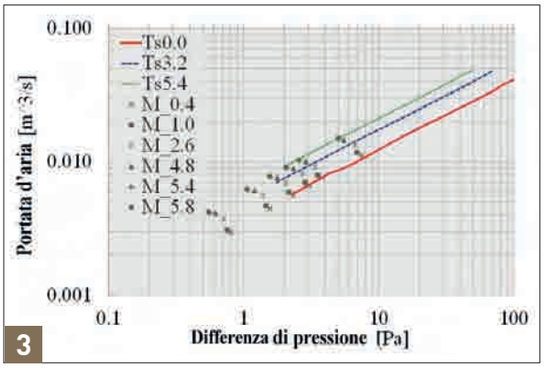
Il box è stato realizzato con pannelli di legno compensato di 20 mm di spessore e progettato per avere un volume molto maggiore rispetto al volume di flusso attraverso le tegole, in modo da assicurare una bassa velocità dell'aria nell'impianto e una pressione uniforme all'interno del contenitore. Il box è stato preventivamente testato per assicurare che non vi fossero perdite o infiltrazioni incontrollate. La superficie superiore è stata realizzata in modo da accogliere almeno una matrice 4x4 di tegole, disposte normalmente su di un'orditura di li-

Parametri	Spazio fra la sovrapposizione delle tegole [mm]					
	Tb0.0	Ts0.0	Tb3.2	Ts3.2	Tb5.4	Ts5.4
Area aerodinamica (C_d·A), [mm^2]	2300	2808	3608	3980	4718	4922
Esponente *n*	0.560	0.523	0.537	0.519	0.524	0.516

Tabella 1. Parametri adottati per i test sperimentali.

CIL_2016_168_INT@068-073.indd 69 22/09/16 14:07

2. Box sperimentale.



3. Permeabilità all'aria della tegola standard in funzione di differenti spessori fra le sovrapposizioni.

stelli e contro-listelli. Tutte le sovrapposizioni e le linee di accostamento fra le tegole sono state sigillate tranne una serie corrispondente alla sovrapposizione di quattro tegole.

La portata era controllata da un ventilatore a velocità variabile e misurata utilizzando un anemometro EDRA6. Un manometro digitale consentiva la misurazione della differenza di pressione fra l'interno del box e l'ambiente del laboratorio. La portata è stata regolata per ottenere una perdita di pressione in un range opportuno di lavoro. Sono state inoltre misurate la pressione e la temperatura dell'aria all'interno del laboratorio per calcolarne la densità (ρ).

Per tenere conto di possibili effetti sul numero di Reynolds è stata realizzata una serie di prove con differenze di pressione da 2 Pa fino a 100 Pa. Il limite inferiore è stato impostato per ottenere una ragionevole affidabilità delle misure, che hanno una precisione di ± 0.1Pa, mentre quello superiore come limite massimo sostanzialmente irraggiungibile in condizioni reali.

La portata volumetrica d'aria (Q) filtrante tra le tegole può essere espressa dall'equazione (1) che lega la differenza di pressione (ΔP) all'area aerodinamica ($C_d \cdot A$) attraverso una legge di potenza in relazione al tipo di moto (turbolento, laminare).

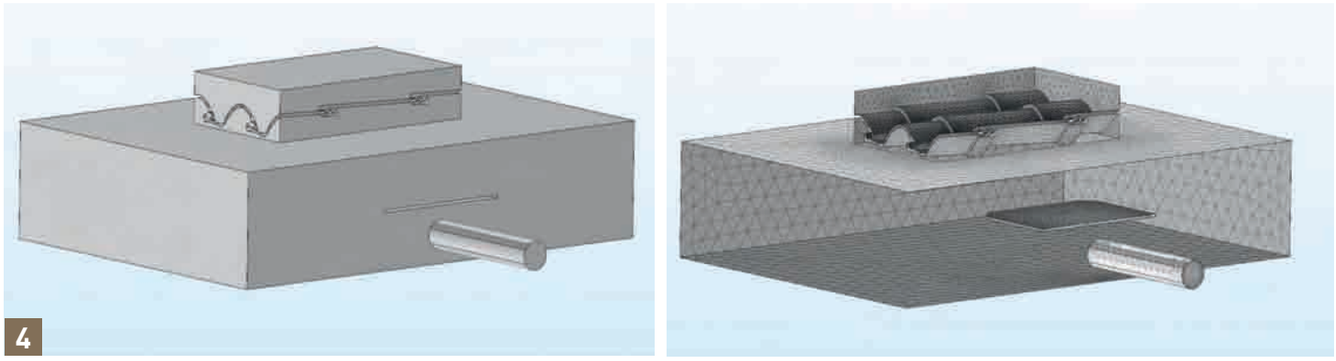
$$Q = C_d \times A \times \sqrt[n]{\frac{2\Delta P}{r}} \qquad (1)$$

Oltre a effettuare test sia aspirando sia soffiando al tubo con tegole posate normalmente (Tab.1, casi Ts0.0 e Tb0.0), sono state effettuate ulteriori prove con spessori che aumentassero la distanza fra le sovrapposizioni delle tegole rispettivamente di 3.2 mm e 5.4 mm (Tab.1, casi Ts3.2/Tb3.2 e Ts5.4/Tb5.4), visibili in rosso nella figura 2 in basso) per studiare l'effetto dell'aumento della permeabilità all'aria e fornire ulteriori riferimenti per la taratura del modello numerico.

I risultati delle prove di permeabilità all'aria sono riportati nel grafico di figura 3.

Dai risultati si desume che i flussi d'aria risultano in regime turbolento poiché l'esponente n è prossimo a 0.5 all'aumentare della permeabilità all'aria. An-

CIL_2016_168_INT@068-073.indd 70 22/09/16 14:07



4. Ottimizzazione del dominio del modello 3D e mesh indicativa (circa 920.000 elementi finiti).

che la differenza tra i risultati in insufflamento (Tb) o in aspirazione (Ts) diventa meno significativa qualora la permeabilità all'aria venga aumentata tramite gli spessori.

Modello numerico

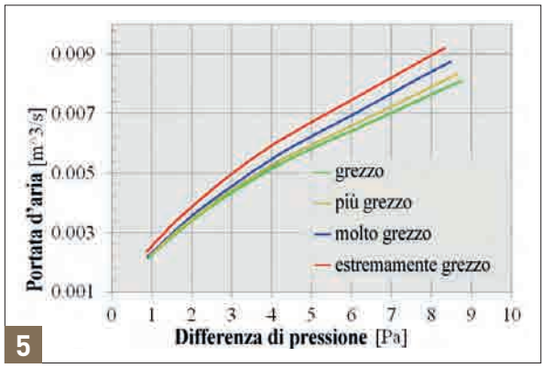
Il programma utilizzato per le simulazioni in elementi finiti è COMSOL Multiphysics V5.2 che, attraverso il modulo CFD, ha permesso di risolvere il problema fluidodinamico 3D in condizioni stazionarie secondo il modello k- ε, nell'ipotesi di flusso incomprimibile.

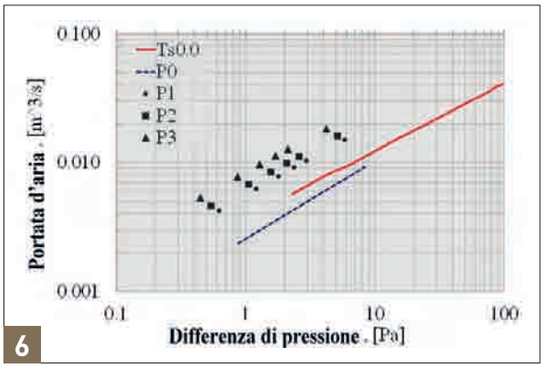
Tutti i domini 3D hanno ricalcato la geometria del box in termini di geometria complessiva, plenum e posizione delle tegole. Tuttavia, per ridurre il numero di elementi di calcolo, il dominio è stato ottimizzato assumendo che non fosse necessario rappresentare anche la superficie delle tegole sigillate. Pertanto tale sezione è stata ridotta a un volume più piccolo comprendente i soli confini equivalenti delle quattro tegole non sigillate nel box di prova. La forma originale delle tegole è stata importata dal CAD industriale, con un minimo di pre-elaborazione per rimuovere la mesh di superficie che avrebbe potuto portare a problemi nella simulazione CFD e limitare il controllo sulla mesh delle sovrapposizioni.

Per controllare le deformazioni da produzione delle singole tegole (a causa dei processi di essiccazione e cottura dell'argilla) in confronto con la regolare geometria del modello CAD industriale, è stata considerata come parametro di calibrazione la spaziatura tra le tegole sovrapposte.

I risultati della mesh vengono mostrati nel grafico di figura 5, dove il numero di elementi finiti era 680.000, 730.000, 920.000 e 1.600.000 (rispettivamente estremamente grezzo, molto grezzo, più grezzo, grezzo). La maglia più grossa è stata considerata un compromesso funzionale tra la dimensione delle maglie della mesh e un accettabile tempo compitazionale.

In termini di condizioni al contorno, tutti i modelli sono stati settati per implementare i test eseguiti nel box al vero, per il caso in cui l'aria era aspirata attraverso il tubo (Ts). Nella parte superiore è stata imposta una condizione di contorno aperto, con una pressione relativa impostata a 0Pa e applicando, alla fine del condotto, una serie di pressioni inferiori (-1 / -2 / -3 / -4 / -5 / -10 Pa). Tutte le altre superfici sono state assunte come pareti lisce (i modelli preparatori hanno mostrato trascurabili effetti dovuti alla rugosità della superficie).

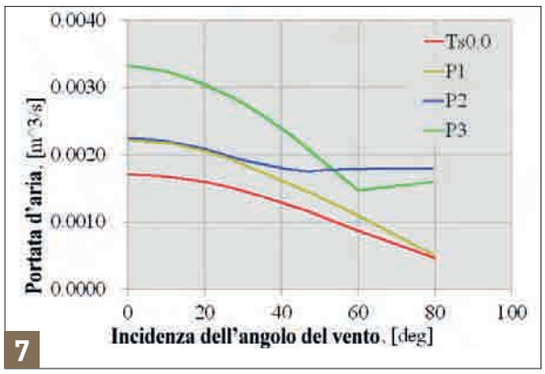




5. Risultati delle mesh.

6. Studio preliminare della permeabilità all'aria per la progettazione delle tegole.

CIL_2016_168_INT@068-073.indd 71 22/09/16 14:07



7

7. Studio preliminare della permeabilità all'aria per la progettazione delle tegole con differenti direzioni del vento.

Primi risultati

Il modello numerico è stato calibrato per ottenere il medesimo rapporto tra la differenza di pressione e la portata d'aria come erano state misurate sperimentalmente. Il processo di calibrazione ha riguardato le variazioni fra la sovrapposizione delle tegole. In seguito è stata analizzata la permeabilità all'aria delle diverse variazioni apportate alle nuove tegole progettate rispetto al modello calibrato.

Calibrazione Modello. Il primo modello CFD testato ha riguardato la medesima tegola standard testata sperimentalmente in laboratorio, mantenendo la semplificazione che comprende solo i confini equivalenti alle quattro tegole non sigillate del box di prova e il gioco iniziale di 1,0 mm tra le sovrapposizioni applicato uniformemente alle tegole sovrapposte. Inoltre, per confrontare i risultati numerici con le misure sperimentali, è stata posizionata una sonda per monitorare la pressione all'interno del modello simulato nella stessa posizione della sonda del modello sperimentale reale. I risultati di questo primo caso, M_1.0, hanno sovrastimato la portata d'aria rispetto al dato sperimentale Ts0.0 (vedi la figura 3 Permeabilità all'aria della tegola standard in funzione di differenti spessori fra le sovrapposizioni). Pertanto è stato ridotto a 0,4 millimetri il gioco fisso tra le sovrapposizioni delle tegole sovrapposte (M_0.4) per calibrare meglio il modello con la sperimentazione. La figura 3 mostra i risultati dei tre casi sperimentali: quello delle tegole standard (Ts0.0) e le due diverse variazioni del gioco fra le sovrapposizioni di 3,2 millimetri (Ts3.2) e 5,4 millimetri (Ts5.4). Sono inoltre riportati i risultati di sei casi di simulazione nei quali viene modificato il gioco fra le tegole da 0,4 millimetri a 5,8 millimetri (M _ *. *). I valori delle simulazioni numeriche (M) sono risultati simili alle misure sperimentali (T), pertanto sembra che la differenza di pressione sia principalmente correlata al gioco fra le tegole e al percorso attraverso il labirinto formato dagli incastri di sovrapposizione delle tegole.

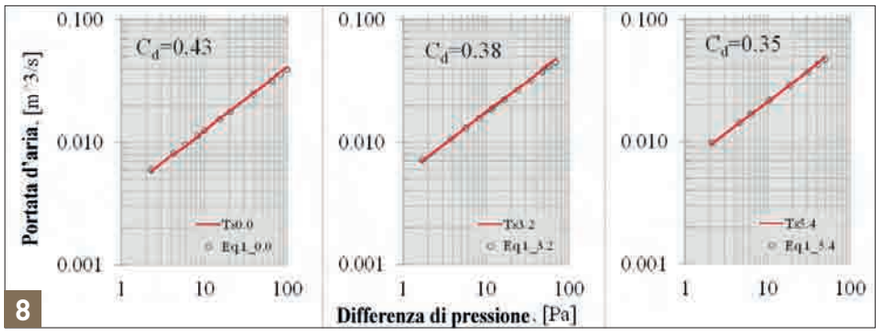
Progettazione preliminare. Il modello di calibrazione, nel quale è stato definito un gioco di 0,4 millimetri tra la sovrapposizione delle tegole standard, è stato utilizzato per simulare quattro nuovi progetti di tegole con una immagine estetica simile a quella esistente ma con prestazioni aggiuntive per quanto riguarda la permeabilità all'aria.

Il primo progetto ha riguardato la tegola base (P0) che è stata modificata per migliorare la sua permeabilità all'aria; gli altri tre progetti (P1, P2, P3) erano basati su variazioni di P0 con alcune modifiche nella parte frontale o laterale. La figura 6 mostra il comportamento della tegola base modificata P0 che ha una permeabilità all'aria inferiore a quella della tegola standard Ts0.0. I progetti P1, P2 e P3 mostrano invece un significativo aumento della permeabilità all'aria rispetto sia a P0 sia a Ts0.0.

Per analizzare l'effetto della direzione del vento sulla portata d'aria attraverso le tegole è stato applicato un effetto vento sui progetti Ts0.0, P1, P2 e P3. La velocità del vento è stata mantenuta costante a 1,0 m / s, con un angolo di 20° come normalmente avviene in un tetto a falde, mentre l'angolo orizzontale del vento è stato cambiato. Normalmente la portata d'aria scende quasi a zero quando l'angolo del vento si avvicina a 90 °, ma il risultato nella figura 7 mostra che è possibile progettare una nuova geometria di tegole che possa modificare tale comportamento.

Relazione semplificata della permeabilità all'aria per un manto di tegole portoghesi. Con riferimento all'equazione (1), l'ipotesi di moto completamente turbolento (n=0.5), consente di valutare facilmente il coefficiente C_d, laddove la sezione trasversale A sia determinabile geometricamente e Q e ΔP risultino noti.

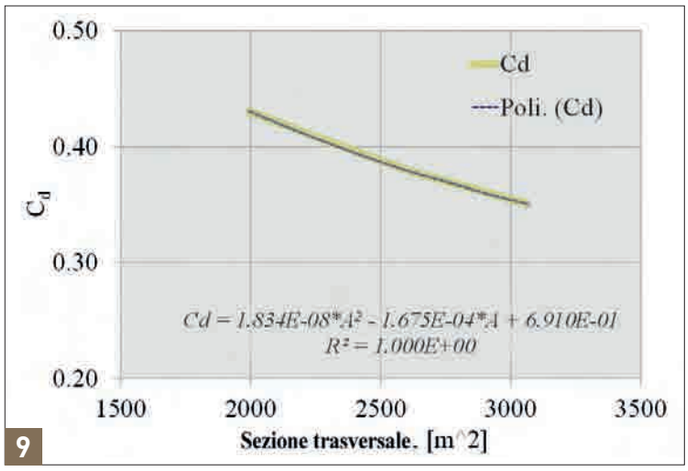
Questo approccio è stato applicato ai tre casi standard (Ts0.0, Ts3.2, Ts5.4) disponendo dei tre valori di A direttamente



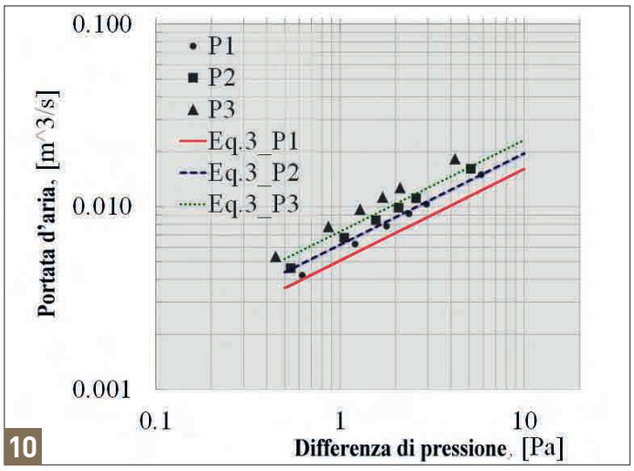
8

8. Relazione fra l'area dinamica e il coefficiente di perdita di carico locale.

CIL_2016_168_INT@068-073.indd 72 22/09/16 14:07



9



10

dai modelli CAD. In questo caso, i valori del coefficiente C_d sono stati calcolati secondo il metodo dei minimi quadrati (Fig. 8), ulteriormente applicato alle coppie di valori risultanti per C_d e A (Fig. 9) per definire una correlazione di riferimento attraverso cui stimare le suddette grandezze e quindi la permeabilità all'aria di una qualsiasi diversa forma di tegola portoghese, per la quale risulti possibile stimare l'area A di passaggio.

In figura 10 sono riportate le previsioni numeriche dei tre nuovi progetti di tegole, confrontati con i risultati di cui sopra e utilizzando i dati della tabella 2. Considerata l'approssimazione del metodo e delle misure, il confronto mostra un buon accordo dei valori consentendo quindi una stima rapida della potenziale permeabilità all'aria di nuovi modelli di tegole.

Conclusioni

Lo scopo di questo lavoro, tutt'ora in corso, è quello di consentire l'analisi preliminare della prestazione di permeabilità all'aria di nuove tegole supportandone la progettazione al fine di migliorare la ventilazione sottomanto e quindi ridurre il passaggio di calore tra le tegole e la struttura del tetto. L'attività svolta ha permesso l'analisi del comportamento dei nuovi modelli di tegola e la messa a punto di un metodo semplificato per misurare il potenziale beneficio in termini di permeabilità all'aria anche in condizioni variabili di direzione e velocità del vento.

Note

1. CFD sta per Computational Fluid Dynamics, ovvero fluidodinamica computazionale. E' la tecnica che permette lo studio dei problemi di fluidodinamica mediante l'utilizzo del computer.

Parametri	Ts0.0	Ts3.2	Ts5.4	P1	P2	P3
Sezione trasversale A, [mm²]	1994	2594	3065	2447	2867	3279
Coefficiente C_d	0.43	0.38	0.35	0.39	0.36	0.34

Tabella 2. Parametri dei test sperimentali delle nuove tegole.

9. Relazione fra Cd e l'area A della sezione trasversale.

10. Confronto fra i risultati del modello CFD e la relazione semplificata.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

[1] S. Lee, S.H. Park, M.S. Yeo, & K.W. Kim, An experimental study on airflow in the cavity of a ventilated roof. Building and Environment, Vol.44 (2009) 1431-1439.
[2] M. Bortoloni, M. Bottarelli, G. Zannoni, Prestazioni termiche estive di tetti ventilati a manto discontinuo, Proc. of 7° National Congress AIGE, Rende, June (2013).
[3] Dimoudi, A., Androutsopoulos, A. & Lykoudis, S., Summer performance of a ventilated roof component. Energy and Buildings Vol. 38 (2006) 610-617.
[4] M. D'Orazio, C. Di Perna, P. Principi, A. Stazi, Effects of roof tile permeability on the thermal performance of ventilated roofs: Analysis of annual performance, Energy and Buildings 40 (2008) 911-916.
[5] A. Gagliano, F. Patania, F. Nocera, A. Ferlito & A. Galesi, Thermal performance of ventilated roofs during summer period, Energy and Buildings, 49 (2012) 611-618.
[6] G. De With, N. Cherry, J. Haig, Thermal Benefits of Tiled Roofs with Above-sheathing Ventilation, J. of Building Physics, 33 (2009) 171-194.
[7] W. Miller, M, Keyhani, T. Stovall & A. Youngquist, Natural Convection Heat Transfer in Roofs with Above-Sheathing Ventilation, in Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Buildings X, Proc. of ASHRAE THERM X, Clearwater, FL, Dec. 2007, ASHRAE (2007).

Ringraziamenti

Il Progetto Herotile (LIFE14 CCA/IT/000939) "High Energy savings in building cooling by ROof TILEs shape optimization toward a better above sheathing ventilation", fa parte del programma Europeo LIFE "Climate Change Adaptation" (http://www.lifeherotile.eu/).

CIL_2016_168_INT@068-073.indd 73 22/09/16 14:07