

INNOVAZIONE E PREFABBRICAZIONE IN COPERTURA: SISTEMI S/R

Giovanni Zannoni (*), Claudio Pellanda (), Diego Mazzonetto (***), Matteo Piovan (****)**

(*)Università IUAV di Venezia, DCA, S. Croce 191, 30135 Venezia, zannoni@iuav.it

(**)Università IUAV di Venezia, DCA, S. Croce 191, 30135 Venezia, pellanda@iuav.it

(***)Mazzonetto S.p.A, Via A.Ceccon 10, Loreggia (PD), info@tettolares.com

(****)Mazzonetto S.p.A, Via A.Ceccon 10, Loreggia (PD), info@tettolares.com

Abstract

Un progetto, nato dalla sinergia tra l'esperienza nella lavorazione di metalli per edilizia di un'azienda leader nel settore e le conoscenze di consulenti ricercatori da anni su temi inerenti la termigrometria nelle coperture a falde, ha permesso lo sviluppo di un sistema di copertura prefabbricato in moduli isolanti e ventilanti, costituiti dall'assemblaggio di elementi in polistirene espanso sinterizzato, che realizzano lo strato di isolamento e i condotti di ventilazione, e da rivestimenti impermeabili in metallo sagomati e predisposti per l'incastro con gli elementi limitrofi. Il sistema svolge tutte le funzioni del pacchetto di copertura ad esclusione di quella strutturale.

Questo sistema di rivestimento modulare permette la realizzazione di chiusure isolate, ventilate e impermeabili di edifici, con caratteristiche principali:

- la totale tenuta all'acqua assicurata dal manto metallico senza necessità di ulteriori strati di impermeabilizzazione sottomanto;
- la posa a incastro che assicura la tenuta all'acqua anche con basse pendenze e di coperture curve, oltre ad impedire errori di messa in opera;
- la posa a secco con fissaggi reversibili;
- l'ingelività e l'assenza di manutenzione;
- l'abbattimento acustico dovuto ai materiali impiegati e alla tipologia delle connessioni;
- il controllo della condensazione superficiale;
- la stabilità morfologica e dimensionale data dai sistemi di fissaggio e dai dispositivi di assorbimento delle dilatazioni;
- l'integrabilità con accessori;
- la resistenza all'intrusione di insetti e volatili;
- la resistenza allo choc termico.

E' già pronta anche una versione "ecologica" del sistema, realizzata con manto metallico e corpo in sughero e legno.

Nel 2004 è stato depositato il brevetto e ottenuta una menzione al premio "Costruire" per l'innovazione.

Nel 2005 è stato attivato all'ITC di Milano un rapporto di ricerca con una serie di test di tenuta all'acqua, di ventilazione, termigrometriche, di stabilità dimensionale, resistenza meccanica, abbattimento acustico, ecc.

Keywords

Innovazione, sistemi costruttivi, sostenibilità, durabilità

Introduzione

Da qualche anno è stato attivato all'interno di un'azienda veneta (1) e con la collaborazione di tecnologi esperti nella termigrometria delle coperture a falde una ricerca tesa allo sviluppo di nuovi sistemi di rivestimento di copertura e di facciata modulari, destinati alla posa in opera a secco al fine di permetterne il reimpiego anziché la dismissione a fine vita utile dell'edificio cui sono applicati. Tra le strategie per l'ottimizzazione degli impieghi energetici in edilizia il reimpiego, per sistemi costruttivi caratterizzati da elevata durabilità, costituisce infatti il livello più alto e nobile, ben più efficace del riciclo dei materiali (comunque reso possibile dal sistema in questione).

Tuttavia il dato più interessante del progetto è stato il percorso di sviluppo del sistema costruttivo, iniziato dall'analisi delle prestazioni tipiche delle soluzioni di copertura a manto metallico, dalla individuazione dei relativi limiti e dall'elaborazione di un abaco di soluzioni possibili, tra le quali sono state poi scelte quelle che sono confluite nella versione del sistema costruttivo brevettata e messa in produzione, premiata al Premio Costruire per l'innovazione tecnologica del 2004 con una

menzione, ed ora oggetto di una serie di test sperimentali all'interno di un rapporto di ricerca in conduzione presso la sede milanese dell'ITC-CNR.

Le prestazioni per la sostenibilità delle soluzioni di copertura

La ricerca per lo sviluppo di nuovi sistemi di copertura non può oggi non confrontarsi in particolare con le esigenze di sostenibilità che hanno preso negli ultimi anni particolare vigore grazie anche agli obiettivi che il protocollo di Kyoto ha imposto ai paesi che vi hanno aderito.

Le prestazioni attese in questo senso si possono sintetizzare in:

- Elevata durabilità, per evitare il reinvestimento nel breve periodo dell'energia necessaria per produrre un nuovo sistema che sostituisca il primo, precocemente entrato nella fase di fuori servizio. In particolare la novità data dalle mutate intensità e violenza delle precipitazioni meteoriche spinge a ricercare soluzioni in grado di affrontare anche gelate, grandinate e piogge accompagnate da forte vento senza accusarne danni o cadute prestazionali. Talune di queste manifestazioni atmosferiche infatti sono in grado di mettere in seria crisi nel corso degli anni o di un solo evento alcune soluzioni di copertura non tarate allo scopo. Le coperture metalliche, se realizzate con la cura necessaria, offrono durate difficilmente stimabili. Ne sono testimonianza tanti monumenti storici italiani ed esteri, presenti talvolta in situazioni climatiche particolarmente aggressive (la Statua della Libertà di New York, la Lanterna di Genova, il Faro di Trieste sono solo alcuni casi esemplari in questo senso). Ai fini di una maggiore garanzia di durabilità in un sistema di copertura metallico è necessario anche provvedere all'identificazione precisa di tutti i materiali che possono interagire con quello di cui è costituito il manto senza innescare fenomeni di corrosione elettrolitica. La progettazione del presente sistema ha analizzato soluzioni di compatibilità per affinità di potenziale elettrico dei due metalli, soluzioni di differente potenziale elettrico con materiale soccombente quello maggiormente presente (quello del manto, per il quale l'impovertimento elettronico ha peso trascurabile in relazione alla massa metallica in gioco), e la soluzione più naturale ma di più difficile realizzabilità: la disgiunzione elettrica totale.
- Assenza di manutenzione, importante al fine di liberare risorse sia economiche che di tempo, da impiegare per incrementare la qualità di vita degli utilizzatori delle soluzioni costruttive più avanzate in questo senso. La manutenzione delle coperture ha assunto negli ultimi tempi costi importanti, dovuti alla maggiore frequenza con cui si rende necessaria rispetto al passato ed alle modalità operative che vi si impongono a fini di sicurezza.
- In questo senso la ricerca ha affrontato lo studio analitico di una ampia serie di situazioni di potenziale decadimento prestazionale delle coperture a manto metallico. Di particolare interesse nel sistema allo studio è stato il punto di discontinuità del manto impermeabile data dalla giunzione laterale tra i moduli di copertura ed i canali laterali. L'ostruzione completa dei canali, sebbene rara a poter verificarsi, avrebbe costituito una potenziale causa di malfunzionamenti. Alla soluzione di protezione di tali canali, per evitarne l'intasamento, si è preferita una geometria di incastri tra i moduli capace di dar luogo alla formazione di tre canali di scolo affiancati: uno centrale, a cielo aperto e pertanto passibile di ostruzione, e due laterali, completamente protetti da intrusioni di materiali e animali. Essendo la sezione passante di ognuno di questi due canali l'esatta metà di quella del canale centrale essi hanno eguale capacità di convogliamento e trasporto delle acque meteoriche: esse li impegnano naturalmente se incontrano ostacoli nel canale centrale. Anche in caso di persistente ghiaccio o manto di neve in copertura la geometria del manto metallico è tale da mantenere i canali di sicurezza sgombri per l'evacuazione delle acque in precipitazione o da scioglimento.
- Comfort termico invernale e relativo risparmio di combustibili o di altre risorse energetiche, per ottenere un profilo di gestione dell'edificio più economico ed una fruizione più confortevole degli spazi interni. L'impiego di isolanti caratterizzati da valori di conduttività termica particolarmente contenuti, unito alla possibilità di implementazione degli spessori standard previsti, sono requisiti di particolare interesse in questo senso. Gli elementi che preoccupano di più in relazione alla realizzazione in opera di manti isolanti sono le discontinuità di posa dovute

a imprecisioni operative. Esse sono causa di perdite di calore dagli ambienti confinati, localizzate ma con potenziali effetti particolarmente negativi laddove diano luogo a condensazioni di vapore acqueo in fuga dall'interno degli edifici nella stagione fredda [Seiffert,1970]. La soluzione progettuale adottata è stata quella di sagomare l'elemento isolante a forma di "T" in modo che non solo la sua parte inferiore si accosti agli elementi isolanti che gli stanno a fianco e costituiscono lo strato isolante del modulo di copertura, ma le "ali" superiori sigillino le giunzioni sovrapponendovisi. In condizione invernale inoltre le bocche di ingresso dell'aria in camera di ventilazione non vengono direttamente investite dal vento, poiché sono protette dal canale di gronda. In queste condizioni si può prevedere che nello strato di ventilazione l'aria stazioni sufficientemente ferma contribuendo ad aumentare la capacità termoisolante dell'intero pacchetto di copertura (2).

- Comfort termico estivo, capace di ridurre il consumo energetico destinato alla climatizzazione degli spazi confinati, voce non trascurabile tra i fabbisogni energetici dell'attuale patrimonio edilizio. Esso è raggiungibile operando su più fronti, in particolare sul raffrescamento convettivo passivo sottomanto o sottotetto e sulla progettazione di pacchetti dotati di opportuni valori di inerzia termica, al fine di garantire, anche grazie a stratigrafie di massa elevata per unità di superficie esposta, sufficienti sfasamenti e smorzamenti dell'onda termica in ingresso attraverso l'involucro edilizio. Per quanto attiene alla ventilazione sottomanto il progetto ha tenuto in considerazione in particolare i risultati di simulazioni fluidodinamiche, di sperimentazioni condotte su modelli in ambiente controllato e di prove sperimentali eseguiti su modelli di coperture al vero in ambiente reale, ad opera di ricercatori dell'Università IUAV di Venezia, Dipartimento di Costruzione dell'Architettura, Facoltà di Architettura (3). L'altezza delle camere di ventilazione è stata fissata in 6,6 cm, la loro larghezza da 7 sino a 13,5 cm, ma l'aspetto più interessante è la loro regolarità geometrica costante da gronda sino a colmo, per evitare perdite di carico localizzate, cause di perdita di efficienza del raffrescamento passivo. Anche la geometria degli elementi destinati ad impedire l'ingresso nelle camere di ventilazione di volatili ed insetti in linea di gronda e di colmo è stata progettata con il fine di garantire i più agevoli ingresso ed uscita dell'aria di ventilazione.
- Isolamento/Assorbimento acustico e controllo del rumore prodotto, per garantire anche dal punto di vista uditivo sensazioni di benessere nei fruitori degli spazi realizzati. Un rivestimento metallico, in relazione anche allo spessore del laminato impiegato, il problema della trasmissione di rumori da impatto può assumere dimensioni importanti. Altro aspetto delicato è relativo al fatto che una lamina metallica libera di vibrare se percossa si comporta come la pelle di un tamburo. Nei rivestimenti metallici questi effetti sono contrastabili attraverso due strategie. Come insegna la legge nota come "di massa e molla" se si accoppia ad un materiale pesante e rigido un materiale resiliente la più parte dell'energia meccanica che ha messo in vibrazione il primo si trasformerà, incontrando il secondo, in energia termica. Il progetto qui esposto ha previsto l'accoppiamento del 100% della superficie del manto metallico esposta alla pioggia all'elemento in polistirene espanso sinterizzato di densità 35 kg/m³ a mezzo di un adesivo anch'esso resiliente quanto a comportamento meccanico. Per la completezza dell'effetto di smorzamento acustico tuttavia sono stati trattati secondo le stesse strategie anche i fissaggi, capaci di costituire dei "ponti acustici" se non dotati di tagli realizzati a mezzo di materiali fonoassorbenti o comunque dotati di bassa rigidità dinamica. L'analisi dei possibili supporti di posa del sistema ha richiesto la messa a punto di un abaco delle possibili configurazioni dei fissaggi per assicurare in ognuna di esse i necessari tagli acustici. Per quanto attiene alle caratteristiche di protezione da rumori aerei è evidente come sia necessario analizzare l'intera configurazione della copertura, comprendendovi la stratigrafia della superficie di supporto del sistema per un'attendibile previsione acustica.

Altre prestazioni attese in un sistema di copertura

Anche altre esigenze non direttamente legate ai temi della sostenibilità debbono trovare espressione in un sistema di copertura per la sua completa funzionalità. Esse sono:

- Tenuta all'acqua. E' senza dubbio il primo requisito in una copertura. Come nella progettazione strutturale è opportuno che le prestazioni meccaniche offrano garanzie anche in presenza di eventi fortemente sfavorevoli (es. scosse sismiche), in una copertura metallica si ha la fortuna di godere della tenuta all'acqua anche in caso di grandinate eccezionali. Il limite alla tenuta all'acqua del sistema è dato dalla pendenza di posa in opera. Per poter evacuare l'acqua dai canali laterali di base è necessario che la posa del sistema avvenga con una pendenza minima del 7% anche se, assumendo un opportuno margine di sicurezza, le norme di posa emanate dall'azienda innalzano tale dato minimo al 15%. Non vi è alcuna limitazione superiore alla percentuale di inclinazione, sino all'impiego sulla perfetta verticale del sistema, che è già utilizzato per la realizzazione di chiusure verticali (pareti isolate e ventilate).
- Tenuta al vento. Per una copertura metallica, che presenta un peso molto esiguo in relazione all'estensione della superficie esposta alla pressione negativa da vento è importante garantire una completa e continua adesione al supporto di posa anche in presenza di eventi ventosi che non siano classificabili come calamità. In questo senso facendo riferimento alla norma DIN 1055 parte 4 "Definizione dei carichi per gli edifici; carico mobile, carico di vento in edifici non soggetti ad oscillazioni" e con i limiti da questa imposti, si è operato uno studio delle possibili geometrie, dimensioni e quote di altezza realizzabili sia per rivestimenti di copertura che di parete, ricavando il numero minimo di fissaggi da porre in opera per unità di superficie e per area di sollecitazione (zone centrali, zone perimetrali e zone d'angolo). Si è provveduto anche ad individuare quali sono le caratteristiche meccaniche minime che deve garantire il supporto di posa, al quale il sistema viene ancorato.
- Sicurezza statica, resistenza a carichi statici e dinamici. Tra i carichi accidentali in fase progettuale sono stati compresi, oltre a quelli di neve, i carichi dovuti alla presenza degli operatori impegnati nella posa in opera del sistema, nella misura di 2 persone per singolo modulo (6 operatori/mq). La notoria bassa resistenza meccanica del polistirene è stata superata configurando l'elemento isolante-ventilante come un impalcato sorretto da una serie di strutture ad arco tra loro affiancate, capaci di contrastare reciprocamente la componente di spinta orizzontale generata. Tale geometria fortunatamente concorda con le esigenze di riduzione al minimo delle perdite di carico per il fluido di raffrescamento convettivo passivo nei condotti di ventilazione sottomanto.
- La sicurezza della posa senza errori. La scarsa formazione professionale di molti operatori edili presenti oggi sul mercato, l'aumento delle esigenze di qualità delle lavorazioni richiedono sistemi di copertura a prova di errore di posa. Ciò è semplice per sistemi, come quello oggetto del presente contributo, che vengono prefabbricati. Obiettivo del progetto è stato quello di rendere impossibili macroerrori di posa, garantendo in particolare la continuità del manto termoisolante, attraverso la progettazione delle geometrie degli incastri reciproci tra i moduli di copertura e tra questi e i canali laterali di base. In pratica, se tra modulo e canale rimanesse una fessura di un millimetro nello strato isolante, anziché permettere una fuga di calore localizzata o una più preoccupante transizione di vapore [Silberstein, Hens, 1996], la configurazione del sistema comporta la chiusura superiore di tale fessura, che diviene una intercapedine riempita di aria immobile, della quale è noto, in queste condizioni, il contributo di isolamento termico. Un errore di maggiore entità, data la conformazione ad incastri frontale, posteriore e laterali del sistema, rende impossibile la prosecuzione della posa: il pezzo da installare successivamente a quello mal posato non entra in sede
- Contributo al controllo della condensazione superficiale. In normali coperture con strato di ventilazione sottomanto si può realizzare condensazione all'intradosso degli elementi del manto, particolarmente in notti serene, a causa di un raffreddamento sino a temperature inferiori rispetto a quella dell'aria circostante per rilascio di radiazione infrarossa da parte del nostro pianeta in direzione dell'universo (reirraggiamento notturno). Questo rischio, pur

presente in diverse soluzioni di copertura, è maggiore in coperture a manto metallico retroventilato, dove il vapore acqueo presente nell'aria di ventilazione può condensare all'intradosso della lamina metallica. Poiché il presupposto perché vi sia condensazione in quantità significativa di umidità, tale da dar luogo a gocciolamenti è che l'aria scorra nel sottomanto lambendolo e cedendo con continuità vapore, è sufficiente impedire questo continuo ricambio d'aria perché il fenomeno diventi trascurabile. Nel sistema all'esame questo risultato è stato ottenuto con l'accoppiamento della lamina metallica con uno strato continuo di polistirene. In questo modo l'aria di notte si può muovere nelle intercapedini ma lambirà l'isolante anziché la lamina metallica, che rimarrà pertanto asciutta al suo intradosso.

- Contributo al controllo della condensazione interstiziale. Nella nozione più diffusa di involucro edilizio errate valutazioni sul comportamento termigrometrico dei pacchetti di chiusura, o la considerazione di una tipologia assai particolare di questi ha condotto negli ultimi anni taluni a parlare di "traspirazione dell'edificio", come attitudine a lasciarsi attraversare da ragguardevoli quantità di vapore per diffusione [Peron, 2001]. È vero che una copertura potrebbe essere progettata esasperando la sua trasparenza al vapore, ma gli esiti in termini di benessere acustico e termico in situazione estiva darebbero esiti facilmente sfavorevoli. Nei paesi del nord Europa ci si preoccupa di garantire l'assoluta tenuta all'aria degli involucri edilizi, al fine di minimizzare la migrazione di vapore per convezione attraverso essi. Pur condividendo la prassi di cantiere che prevede la posa di teli traspiranti ed impermeabili all'estradosso del primo strato di tamponamento in copertura, con il fine di costituire una protezione da eventuali precipitazioni precedenti la completa posa del manto finale, la ricerca qui esposta ha considerato l'opportunità che il sistema di copertura in progettazione possedesse già da sé una capacità di regolazione della migrazione di vapore. Data la capacità di diffusione del vapore attraverso il polistirene espanso il risultato è stato facilmente ottenuto, con un $S_d = 2,5 \div 3,75$, paritetico a quello dei teli comunemente impiegati all'intradosso dello strato isolante termico. All'estradosso dello stesso è prassi comune impiegare invece teli più diffusivi, con S_d di circa 0,02: il sistema in questione lascia liberamente affluire alle camere ventilanti il vapore perché non necessita di strati di tenuta all'acqua sotto al manto metallico.
- Resistenza agli urti. Si tratta di un requisito che, nella sua vita utile, una copertura dovrà dimostrare di possedere in poche, ma fondamentali situazioni. È la grandine l'agente più temibile in questo senso. Essendo una invariabile del progetto il manto metallico di finitura la tenuta all'acqua anche in caso di fenomeno grandinifero importante appare garantita a priori. Il contributo di ricerca è stato orientato ad offrire al laminato metallico un supporto strutturale capace di coadiuvarlo nell'assorbimento dell'energia d'urto accusando la minore deformazione possibile. Ci si è quindi orientati su una scelta funzionale della tipologia di adesivo da impiegare nell'interfaccia metallo-polistirene e sulla densità del polistirene sulla superficie superiore dell'elemento isolante ventilante.
- Stabilità morfologica e dimensionale del sistema. I metalli hanno tra loro coefficienti di dilatazione termica lineare variabile: in caso di rivestimenti di edifici le dimensioni di applicazione sono spesso tali da imporre di considerare con serietà gli effetti delle escursioni termiche sul breve e sul lungo periodo. Il sistema modulare ad elementi medio-piccoli, così progettato per la limitazione degli sfridi in fase di posa in opera, ha facilitato il controllo delle dilatazioni. Esse procurano la massima deformazione lungo la maggiore dimensione in pianta del modulo che è di 96 cm. Il loro effetto è assolutamente trascurabile.
- Sicurezza in caso di manto nevoso. Nel sistema trattato sono state progettate come accessori opzionali delle staffe che si innestano ai fianchi dei canali di base, offrendo la possibilità di agganciarvi elementi paraneve, collettori solari termici, brise soleil o altri elementi di integrazione.
- Capacità di opporsi all'intrusione di volatili o insetti nocivi. Nel definire progettualmente le geometrie e le dimensioni delle aperture per l'ingresso dell'aria di ventilazione in gronda e per la sua fuoriuscita al colmo sono stati incrociati dati inerenti le perdite di carico del fluido di

raffrescamento passivo all'attraversamento di sezioni di foratura diverse con dati inerenti le dimensioni minime necessarie al transito, attraverso tali aperture, di insetti possibilmente dannosi al sistema ed in particolare all'isolante termico, od atti a realizzare restringimenti od ostruzioni dei condotti di ventilazione. In questo modo si è giunti alla messa in produzione di elementi in laminato metallico per la gronda ed il colmo che, interfacciati con i moduli di copertura ed i canali laterali di base, garantiscono l'attesa prestazione.

- L'integrabilità con terminali impiantistici. Oltre che dagli accessori già progettati questa caratteristica è garantita per la possibilità che l'operatore addetto alla posa del rivestimento tagli, risagomi ed integri i singoli elementi del sistema che interagiscono con i terminali impiantistici. Tuttavia la ricerca progettuale sta affrontando una fase di messa a punto di una serie di accessori che rendano ancor più semplici e standardizzate le soluzioni per la completa realizzazione di questa prestazione
- La stabilità morfologica. Date le caratteristiche che si sono volute garantire in termini di sicurezza statica ed il comportamento del sistema alle escursioni termiche in relazione ai coefficienti di dilatazione termica lineari dei metalli impiegati per il manto questa prestazione è risultata come conseguenza naturale e non ha richiesto approfondimenti ma una sola verifica rispondenza
- Resistenza agli agenti aggressivi. Date le condizioni di impiego cui è destinato il sistema in oggetto sono state approfondite le sole sue reazioni nei confronti con ambienti di aggressività realizzabili in copertura in condizioni normali di esercizio, ottenendo ampie garanzie di durabilità senza la necessità di operare alcun intervento migliorativo sui metalli impiegati.
- Stabilità chimico-reattiva ed elettrochimica. Essendo ben noto il possibile innesco di corrosione elettrolitica tra metalli a potenziale elettrico significativamente diverso quando se messi in contatto elettrico, la ricerca ha compreso uno studio ed una progettazione ad hoc degli elementi di interconnessione (viti di fissaggio al supporto e viti di cucitura del sistema). E' stato elaborato un abaco di possibili combinazioni di metalli prive di rischi in questo senso.
- Tenuta all'aria: questa prerogativa non è stata oggetto di approfondimento poiché nelle possibili stratificazioni di posa del sistema esistono sempre e comunque altri elementi costruttivi in grado di garantirla. Dati tuttavia i reciproci incastri tra gli elementi componenti di cui il sistema è dotato è possibile supporre che, anche se non in forma assoluta, esso presenti una difficile attraversabilità d'aria per convezione, se essa non viene messa in pressione oltre i limiti realizzabili in condizioni di normale esercizio in opera di sistemi di copertura.

Esistono ulteriori prestazioni del sistema che tuttavia sono connaturate con la scelta del manto di finitura metallico e dell'elemento isolante ventilante in polistirene espanso sinterizzato o che sono assicurate, nelle configurazioni previste di posa in opera del sistema, da altri elementi costruttivi, e che pertanto ci limiteremo ad elencare, non essendoci stato in questo senso particolare approfondimento di ricerca. Si tratta delle seguenti:

- ingelività
- resistenza allo choc termico
- resistenza all'irraggiamento solare...

Gli ulteriori sviluppi della ricerca

La ricerca progettuale oggetto del presente contributo ha già prodotto risultati qui non esposti ed ha in programma la messa a punto di nuovi sistemi ed accessori che non possono trovare trattazione per ragioni di tutela degli interessi dell'azienda promotrice.

Tuttavia è nota, per essere stata presentata in anteprima all'edizione di ottobre 2004 del SAIE la versione a maggior valenza di sostenibilità del sistema in questione, nella quale l'elemento isolante ventilante è costituito da un supporto in legno pressopiegato e lo strato di isolamento termico ed acustico è ottenuto con 6 cm di sughero compresso autocollato (4), mentre rimane invariato l'elemento di laminato metallico di rivestimento esterno. E' prodotta anche una versione del

sistema specifica per coperture curve a raggio di curvatura particolarmente ridotto (5), ottenuta dalla versione principale per riduzione degli ingombri dell'elemento isolante ventilante, e come tale di poco interesse per questa trattazione.

Bibliografia

- [1] AA.VV., 1993, CNR P.F.E. Relazione conclusiva del secondo anno di ricerca
- [2] AA.VV., 1995, CNR P.F.E. Relazione conclusiva del quarto anno di ricerca
- [3] Alpha G., Boffa C., 1982, I fenomeni termoigrometrici nelle strutture costituenti frontiera: le barriere vapore, in *Costruire* 133
- [4] Avoletti Massimo, 1997, Le coperture ventilate, *Recupero e Conservazione* 14
- [5] Biasiolo Daniele, 1998, L'aria come strumento attivo per il raffrescamento degli edifici, tesi di laurea non pubblicata, Relatore Zannoni G., Correlatore Peron F., I.U.A.V., Venezia
- [6] Favaro F., Simionato B., 1997, Studio della circolazione naturale dell'aria in un sistema di copertura a falda, tesi di laurea non pubblicata, Relatore: Zannoni G., Correlatore: Brunello P., I.U.A.V., Venezia
- [7] Ferretti A., 1998, Studio di coperture ad elevata prestazione termica in situazione estiva, tesi di laurea non pubblicata, Relatore: Zappavigna P., Correlatore: Liberati P., Università degli Studi di Bologna
- [8] Jeffrey E. C., 1991, Technics: under steep roofing, *Progressive Architecture* 5
- [9] Leslie Simmons H., 1991, Technics steep roofing recommendations, *Progressive Architecture* 5
- [10] Peron F., Zannoni G., 2001, Inquinamento e traspirabilità, Modulo n.271, Ed. Be-Ma Milano
- [10] Romoli R., 1995, Il tetto a falde ventilato, *Specializzata Edilizia*
- [11] Seiffert K., 1970, *Damp diffusion and building*, Elsevier Publ., Amsterdam, London, New York
- [12] Silberstein A., Hens H., 1996, Effects of air and moisture flows on the thermal performance of insulations in ventilated roofs and walls, *Thermal insulation and building environments*, vol.19, Technomic Publishing Co.

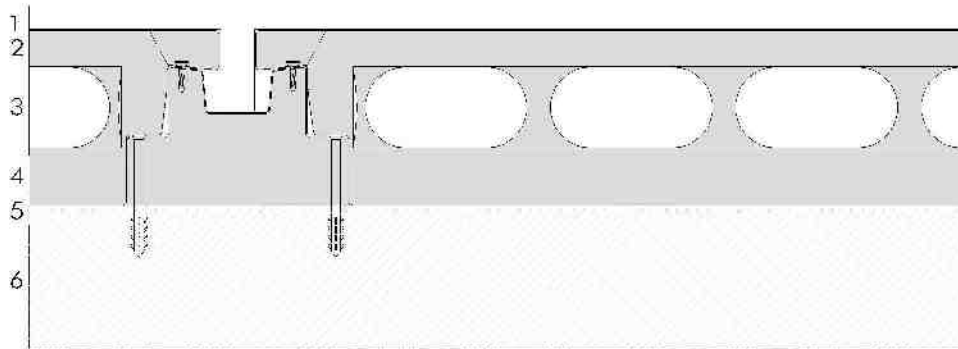
Note

- (1) L'azienda Mazzonetto S.p.A. di Loreggia (PD) è stata la prima azienda europea a produrre e commercializzare tubi pluviali elettrosaldati anziché aggraffati, caratterizzati da un contenimento del consumo di metallo e da maggiore durabilità rispetto ai secondi. Essa è promotrice della ricerca qui esposta, all'interno della quale è stato progettato il sistema di copertura cui si fa riferimento, nel testo, commercialmente proposto con il nome "LARES Plus"
- (2) Il comportamento in situazione invernale di un modello di copertura in scala reale posta in ambiente reale è stato testato a margine della ricerca D.C.A.-I.U.A.V. G.Zannoni – F.Peron - C.Pellanda, 1999-2000 "Indagini relative al flusso dell'aria in un tetto a falde ventilate"
- (3) In particolare sono stati acquisiti i dati ottenuti da: "ricerca CNR Progetto Finalizzato Edilizia, sottoprogetto 3, qualità e innovazione tecnologica, unità operativa: Braas Italia - Wierer, Chienes (BZ) Responsabile scientifico Giovanni Zannoni, Gruppo di Lavoro: Fabio Legisa, Francesco Mendini, Giorgio Raffellini - settembre 1990 - luglio 1992, secondo anno di ricerca –"; "ricerca CNR Progetto Finalizzato Edilizia, sottoprogetto 3, qualità e innovazione tecnologica, unità operativa: Braas Italia - Wierer, Chienes (BZ) Responsabile scientifico Nicola Sinopoli, Gruppo di Lavoro: Franco Laner, Francesco Mendini, Giorgio Raffellini, Giovanni Zannoni, Gianfranco Cellai, Gabriele Giacomelli, Fabio Legisa - ottobre 1993 - marzo 1995 terzo anno di ricerca –"; "ricerca D.C.A.- I.U.A.V. - Studio della circolazione naturale dell'aria in un sistema di copertura a falde, Responsabile scientifico Prof. Giovanni Zannoni con il Prof. Pierfrancesco Brunello, Gruppo di Lavoro: Franco Favaro e Beatrice Simionato, 1996-'97"; "ricerca D.C.A.- I.U.A.V. - Indagini relative al flusso dell'aria in un tetto a falde ventilate, Responsabile scientifico Prof. Giovanni Zannoni con il Prof. Fabio Peron, Gruppo di lavoro: Claudio Pellanda 1999-2000.
- (4) Si tratta della versione del sistema denominata "LARES Eco"
- (5) Questa versione, in cui non è presente lo strato isolante, è nota con il nome "LARES Classic"

Elenco figure e didascalie corrispondenti



Fig.1 Il modulo isolante ventilante ed un canale laterale di base del sistema



- 1 manto di copertura
- 2 strato di assorbimento acustico e di supporto del manto
- 3 canali di ventilazione
- 4 strato di isolamento termico ed acustico
- 5 eventuale strato di controllo del vapore
- 6 struttura di copertura

Fig.2 Stratigrafia del sistema su struttura di copertura

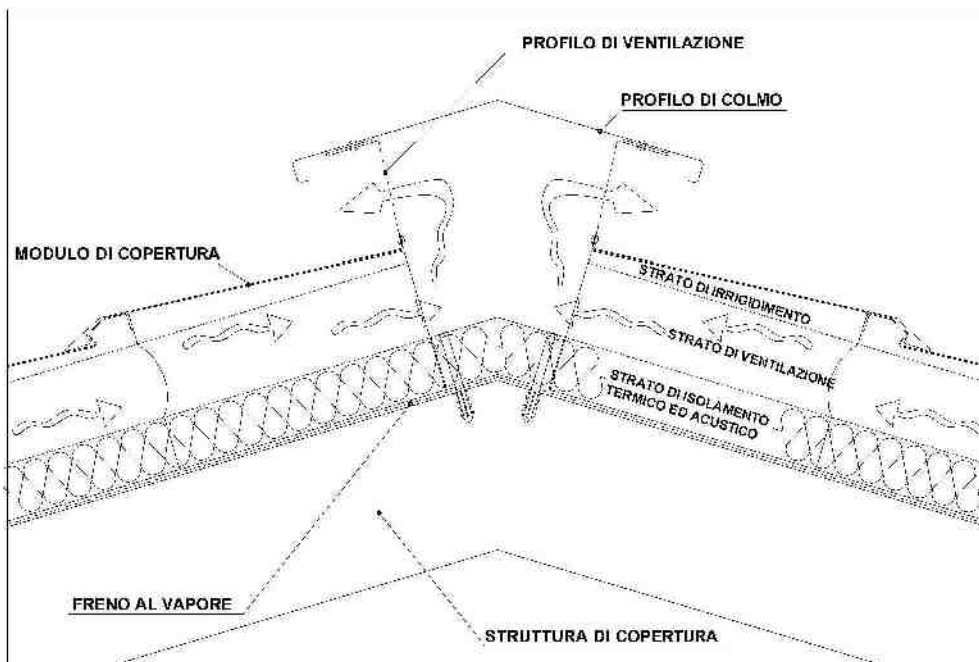


Fig.3 Una soluzione costruttiva di colmo del sistema