





Parametri fisico-tecnici delle specie vegetali utilizzate per la realizzazione di tetti e pareti verdi nelle regioni mediterranee, per la realizzazione di un data-base specifico da utilizzare in programmi di simulazione energetica degli edifici

Fabio Fantozzi, Carlo Bibbiani, Caterina Gargari



PARAMETRI FISICO-TECNICI DELLE SPECIE VEGETALI UTILIZZATE PER LA REALIZZAZIONE DI TETTI E PARETI VERDI NELLE REGIONI MEDITERRANEE, PER LA REALIZZAZIONE DI UN DATA-BASE SPECIFICO DA UTILIZZARE IN PROGRAMMI DI SIMULAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI
Fabio Fantozzi (DESTEC, Università di Pisa), Carlo Bibbiani (DSV, Università di Pisa), Caterina Gargari

Settembre 2014

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2013

Area: Razionalizzazione e risparmio nell'uso dell'energia elettrica

Progetto: Sviluppo di modelli per la realizzazione di interventi di efficienza energetica sul patrimonio immobiliare pubblico

Obiettivo: Sviluppo di e caratterizzazione di schermature solari ad elevato contenuto tecnologico

Responsabile del Progetto: Gaetano Fasano, ENEA

(Collaborazione esterna Università di Pisa)

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di collaborazione "Validazione di modelli di simulazione semplificati per il bilancio energetico dei fabbricati dotati di coltri vegetali"

Responsabile scientifico ENEA: Carlo Alberto Campiotti Responsabile scientifico Università di Pisa: Fabio Fantozzi





Indice

S	OMMAI	RIO	4
2	LA I	MODELLAZIONE DEL COMPORTAMENTO ENERGETICO ATTRAVERSO IL SOFTWARE ENERGY PLUS	5
	2.1	IL SOFTWARE ENERGYPLUS	5
	2.2	IL MODULO ENERGY PLUS ROOFVEGETATION	
	2.3	IDENTIFICAZIONE DEI PARAMETRI FISICO TECNICI DEL SISTEMA TETTO-VERDE	
	2.4	LA SIMULAZIONE DEL COMPORTAMENTO DI UNA PARETE VERDE	11
3	IL D	PATABASE CLIMATICO	12
4	IL C	ASO STUDIO: EDIFICIO MULTIPIANO PER EDILIZIA RESIDENZIALE	15
	4.1	IL MODELLO GEOMETRICO – GOOGLE SKETCHUP	
	4.2	IL MODELLO ENERGETICO – OPENSTUDIO	20
	4.3	LA CONFIGURAZIONE DEI PARAMETRI SPECIFICI DELLA COPERTURA A VERDE	
	4.4	LA CONFIGURAZIONE DEI PARAMETRI SPECIFICI DELLA PARETE VERDE	22
5	COI	NCLUSIONI	22
6	RIF	ERIMENTI BIBLIOGRAFICI	24
7	ALL	EGATO A - SCHEDE TECNICHE DEGLI ELEMENTI DI INVOLUCRO	25
8	ALL	EGATO B – PROFILO CLIMATICO DELLE LOCALITA' DI ANALISI	37
9	CUI	RRICULUM SCIENTIFICO DEL GRUPPO DI LAVORO IMPEGNATO NELL'ATTIVITÀ	41

Sommario

Il presente lavoro di ricerca si basa sulla applicazione del modulo RoofVegetation e RoofIrrigation, sviluppati all'interno di un progetto di implementazione dei modelli di calcolo per il software EnergyPlus. Il modulo consente di simulare con sufficiente attuabilità il complesso sistema di scambio termico che avviene all'interno di un sistema vegetale tenendo conto dei meccanismi di infiltrazione, evaporazione e traspirazione legati alla presenza di umidità nel substrato. L'applicazione del Modulo richiede la disponibilità di informazioni dettagliate sulle caratteristiche delle specie vegetali impiantate nel substrato, necessarie all'algoritmo di calcolo per elaborare i processi di scambio di calore tenendo conto della diversa natura delle piante utilizzate. E' stato raccolto un database delle specie vegetali più comuni generalmente impiegate per la realizzazione di tetti e pareti verdi e sono stati identificati i parametri più significativi come richiesti dal modulo di EnergyPlus.

E' stato altresì costruito un database climatico per tre zone climatiche distinte caratterizzanti lo scenario meteorologico nazionale, utilizzando banche dati esistenti ed implementando i dati disponibili, ove non completi, con dati specifici raccolti dalle stazioni meteorologiche, con particolare riferimento ai dati sulla piovosità media mensile. E' stato scelto un edificio tipo quale base per la progettazione, sono stati definiti i sistemi costruttivi degli elementi di involucro nonché i pacchetti del tetto verde (in tre configurazioni alternative) e della parete verde.

E' stato realizzato, attraverso il software open source Google SketchUp, il modello geometrico tridimensionale impiegato per la simulazione con il software EnergyPlus.





1 La modellazione del comportamento energetico attraverso il software Energy Plus

1.1 Il software EnergyPlus

La maggior parte dei software di simulazione del comportamento dinamico degli edifici, disponibili a scala globale, impiegano tutt'oggi metodi di calcolo e codici sviluppati negli anni 60 all'interno di due dei principali programmi del governo USA dedicati allo sviluppo di software di simulazione del comportamento orario degli edifici, BLAST (Building Loads Analysis and System Thermodynamics) e DOE-2.

Con l'obiettivo di ottimizzare e implementare i due modelli, e tenendo conto dei più recenti sviluppi delle tecnologie costruttive e dei materiali e dei sempre più stringenti requisiti prestazionali richiesti a livello normativo, nel 1996, l'agenzia federale U.S. ha lanciato il progetto per la creazione di un nuovo software di simulazione EnergyPlus, sviluppato a partire dalle esperienze dei due precedenti, con l'obiettivo di introdurre nuove caratteristiche di modellazione della simulazione e di caratterizzazione del modello descrittivo dell'edificio. La prima versione di EnergyPlus è stata rilasciata dal U.S. Dept. Of Energy nel 2001. EnergyPlus è un programma di analisi energetica e di simulazione dei carichi termici di un edificio descritto

EnergyPlus è un programma di analisi energetica e di simulazione dei carichi termici di un edificio descritto a cura dell'utente attraverso le sue caratteristiche fisico-geometriche, le specifiche fisico-tecniche dei materiali e dei componenti che ne costituiscono l'involucro e gli altri elementi costruttivi, nonché i sistemi meccanici ed impiantistici che ne definiscono il funzionamento.

EnergyPlus è in grado di calcolare i carichi di riscaldamento e raffrescamento necessari per mantenere i livelli di comfort impostati attraverso la modellazione di un sistema HVAC (Heating Ventilation and Air Conditioning , ovvero Riscaldamento, ventilazione e condizionamento dell'aria) e conseguentemente i consumi energetici associati al funzionamento di tali impianti.

EnergyPlus è in grado di modellare I flussi di riscaldamento, raffrescamento, illuminazione, ventilazione e altri flussi energetici significativi, calcolati per zone termiche distinte per le quali è possibile definire diversi requisiti di comfort e programmare diversi modelli orari di funzionamento dei sistemi impiantistici presenti. Nella sua ultima versione (8.1.0) il software EnergyPlus è in grado di:

- Valutare simultaneamente il comportamento integrato del sistema edificio (involucro esterno) e dell'impianto HVAC utilizzando intervalli di simulazione variabili e inferiori all'ora ove necessario
- Elaborare soluzioni di bilancio termico in regime transitorio
- Valutare il comfort degli occupanti attraverso equazioni variabili di benessere termo-igrometrico
- Verifica del comportamento igrometrico dell'edificio tramite il modello EMPD (Effective Moisture Penetration Depth Model)
- Valutazione del comportamento energetico di sistemi solari attivi e passivi (pannelli fotovoltaici, muro di trombe, serra solare)
- Analisi del comportamento termo-igrometrico di tetti verdi
- stima, calcolo e controllo delle emissioni inquinanti legate al funzionamento degli impianti
- Analisi degli effetti della radiazione solare incidente sulle superfici d'involucro opache e trasparenti
 in relazione alle caratteristiche specifiche dei materiali e con simulazione degli effetti schermati
 dovuti ad aggetti od ostacoli presenti nei dintorni dell'edificio.
- Analisi dei livelli di illuminazione interna degli ambienti

1.2 Il modulo Energy Plus RoofVegetation

Il tetto verde è noto storicamente per la propria capacità di provvedere all'isolamento termico dell'ambiente interno, in climi freddi, nonché di limitare il surriscaldamento dovuto all'irraggiamento solare diretto delle superfici di copertura, nei climi caldi. Come testimoniato da M. Santamouris [1], numerosi sono stati negli ultimi anni gli sforzi della ricerca scientifica orientati a definire in termini non più esclusivamente qualitativi, il contributo all'efficienza energetica degli edifici e al comfort degli ambienti interni, apportato dalle tecnologie "green" quali tetti e pareti verdi. Simulazioni su modelli matematici e su modelli reali hanno consentito di calcolare, attraverso parametri quantitativi, il comportamento di tali elementi di involucro, evidenziando il contributo alla prestazione termica di isolamento e inerzia offerta

tanto dagli strati materiali quanto dagli stati vegetali e dalla interazione di entrambi con i parametri climatici di irraggiamento ma, soprattutto, di umidità e piovosità.

Il passo successivo della ricerca è stato quello di integrare tali modelli di calcolo matematico nei più avanzati software di simulazione del comportamento energetico degli edifici in modo da valutare il contributo del tetto/parete verde, alla prestazione globale dell'edificio espressa in termini di riduzione del flusso di calore e riduzione del surriscaldamento interno, e conseguentemente, riduzione della spesa energetica annuale.

Il modulo Green Roof introdotto in EnergyPlus nel 2007 costituisce un modello di simulazione in grado di controllare diversi parametri caratteristici di una copertura verde, quali l'indice di superficie fogliare LAI (Leaf Area Index) ossia il rapporto della proiezione dell'area della superficie fogliare rispetto alla superficie complessiva del suolo di copertura.

Il modello EnergyPlus è in grado di simulare:

- Gli scambi radiativi a onde lunghe e corte al di sotto della copertura delle piante
- Gli effetti della copertura verde sugli scambi convettivi
- L'evapotraspirazione dal suolo e dalle piante
- La conduzione e accumulo di calore nello stato di terreno

La possibilità di simulare le proprietà termiche legate alla concentrazione di umidità non è ancora stata implementata, ma è in corso di sviluppo.

La simulazione richiede l'inserimento come dato di input delle caratteristiche del materiale nel Modulo RoofVegetation.

L'utente può in seguito specificare diversi aspetti della copertura verde inclusi la profondità di radicazione, le proprietà termiche, la densità di copertura fogliare, l'altezza delle piante, la conduttanza stomatica e le condizioni di umidità del suolo, inclusa l'irrigazione.

Il modulo di calcolo considera un indice di radiazione solare differenziato per onde lunghe e corte, tanto sul suolo quanto sulla superficie fogliare, gli effetti della evapotraspirazione, la conduzione e lo stoccaggio del calore nel suolo e gli scambi per convezione tra la calotta verde e il suolo.

Il modulo consente anche di parametrizzare gli indici di piovosità e i programmi di irrigazione, tracciando la variazione giornaliera e stagionale del contenuto di umidità nel suolo.

Il modulo è inoltre in grado di prevedere il ruscellamento delle acque meteoriche e i flussi di calore sensibile e latente dalla copertura nell'atmosfera urbana. [2]

Il modello di calcolo include:

- bilancio semplificato dell'umidità che considera precipitazioni, irrigazione e trasporto dell'umidità tra i due livelli di suolo (superficie e area radicata)
- bilancio energetico della superficie fogliare basata sul modello vegetativo FASST

le equazioni di temperatura del suolo T_g e della superfici fogliare T_f sono risolte contemporaneamente per ogni istante calcolato, invertendo numericamente il sistema CTF (Conduction Transfer Functions) per estrarre le informazioni sul flusso di calore necessarie al calcolo del bilancio energetico.

Il risultato finale è costituito da un sistema di due equazioni di temperatura, una per la superficie del suolo, una per la superficie fogliare.





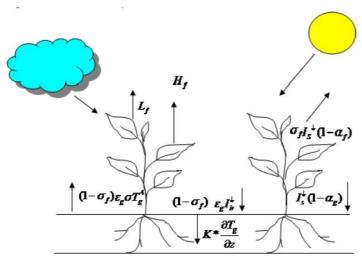


Figura 1. Bilancio energetico di un tetto verde - la convenzione assume che i flussi siano positivi quando l'energia è assorbita dallo strato

La formula di calcolo del bilancio energetico della superfice fogliare è:

$$F_{f} = \sigma_{f} \left[I_{s}^{}(1 - \alpha_{f}) + \varepsilon_{f} I_{ir}^{} - \varepsilon_{f} \sigma T_{f}^{4} \right] + \frac{\sigma_{f} \varepsilon_{g} \varepsilon_{f} \sigma}{\varepsilon_{1}} \left(T_{g}^{4} - T_{f}^{4} \right) + H_{f} + L_{f}$$

Oltre al trasferimento del calore sensibile e al flusso di calore convettivo, questa equazione considera sia le radiazioni a onda lunga assorbite dalla vegetazione e gli effetti della riflessione multipla.

Il bilancio energetico dello strato di suolo è primariamente influenzato dalle proprietà termo-fisiche del terreno, dalla superficie ombreggiata dalle foglie, dalla quantità di umidità contenuta nel terreno. Se la superficie è densamente ombreggiata, l'oscillazione diurna della temperatura T° è minima. Infatti, il calore rilasciato o accumulato a causa del cambiamento di fase dell'acqua contenuta nel terreno, il flusso di precipitazione del calore e il flusso di calore dovuto al trasporto in verticale dell'acqua nel terreno sono trascurabili.

La formula di calcolo del bilancio energetico del suolo è:

$$F_{g} = (1 - \sigma_{f}) \bigg[I_{s}^{\downarrow} (1 - \alpha_{g}) + \varepsilon_{g} I_{ir}^{\downarrow} - \varepsilon_{g} T_{g}^{4} \bigg] - \frac{\sigma_{f} \varepsilon_{g} \varepsilon_{f} \sigma}{\varepsilon_{1}} \Big(T_{g}^{4} - T_{f}^{4} \Big) + H_{g} + L_{g} + K * \frac{\partial T_{g}}{\partial z} \bigg] + \frac{\sigma_{f} \varepsilon_{g} \varepsilon_{f} \sigma}{\varepsilon_{1}} \bigg(T_{g}^{4} - T_{f}^{4} \bigg) + H_{g} + L_{g} + K * \frac{\partial T_{g}}{\partial z} \bigg] + \frac{\sigma_{f} \varepsilon_{g} \varepsilon_{f} \sigma}{\varepsilon_{1}} \bigg(T_{g}^{4} - T_{f}^{4} \bigg) + H_{g} + L_{g} + K * \frac{\partial T_{g}}{\partial z} \bigg] + \frac{\sigma_{f} \varepsilon_{g} \varepsilon_{f} \sigma}{\varepsilon_{1}} \bigg(T_{g}^{4} - T_{f}^{4} \bigg) + H_{g} + L_{g} + K * \frac{\partial T_{g}}{\partial z} \bigg) + \frac{\sigma_{f} \varepsilon_{g} \varepsilon_{f} \sigma}{\varepsilon_{1}} \bigg(T_{g}^{4} - T_{f}^{4} \bigg) + H_{g} + L_{g} + K * \frac{\partial T_{g}}{\partial z} \bigg) \bigg(T_{g}^{4} - T_{f}^{4} \bigg) + H_{g} + L_{g} + K * \frac{\partial T_{g}}{\partial z} \bigg) \bigg(T_{g}^{4} - T_{f}^{4} \bigg) + H_{g} + L_{g} + K * \frac{\partial T_{g}}{\partial z} \bigg) \bigg(T_{g}^{4} - T_{f}^{4} \bigg) \bigg(T_{g}^{4} - T_{f}^{4} \bigg) \bigg) \bigg(T_{g}^{4} - T_{f}^{4} \bigg) \bigg(T_{g}^{4} - T_{f}^{4} \bigg) \bigg) \bigg(T_{g}^{4} - T_{f}^{4} \bigg) \bigg(T_{g}^{4} - T_{f}^{4} \bigg) \bigg(T_{g}^{4} - T_{f}^{4} \bigg) \bigg) \bigg(T_{g}^{4} - T_{f}^{4} \bigg) \bigg(T_{g}^{4} - T_{f$$

1.3 Identificazione dei parametri fisico tecnici del sistema tetto-verde

La complessità del sistema di calcolo integrato nel modulo tetto verde richiede all'utente di specificare un numero significativo dei parametri utili a descrivere dettagliatamente il sistema costruttivo del tetto verde. Il modulo RoofVegetation, è relativo al solo substrato di suolo, ultimo componente del pacchetto di copertura generalmente costituito anche da strati drenanti, isolanti e antiradice e che sono modellati, in EnergyPlus, nelle schede descrittive "Materials".

I dati minimi di input richiesti dal software sono riportati brevemente di seguito.

Altezza delle piante (m): altezza degli elementi vegetali oltre la superficie del suolo LAI Leaf Area Index: area in proiezione della superficie fogliare per unità di superficie. Campo variabile da 0.001<LAI<5.0

Per quanto riguarda il valore di LAI di alcune delle specie più utilizzate nella realizzazione di tetti/pareti verdi, si riporta di seguito una tabella¹ esplicativa di alcuni valori medi utilizzabili quale riferimento in assenza di dati specifici.

assenza di dati specifici.		
Descrizione della specie vegetale	Leaf Area Index (LAI) medio	Immagine
"fiori bianchi, lycoris radiata "	3.07	
"fiori rosa"	4.95	
"Fogliame verde-giallo"	3.75	
"Foglie verde scuro a grandi lamine	5.82	
"Fiori rossi/rosati"	2.44	
"siepi"	6.59	
"arbusti della famiglia delle aregaceae	4.41	
"fiori bianchi con pistillo giallo"	3.21	
"foglie giallo-verdi piccole"	4.08	
"Grandi foglie allungate	5.28	

¹ Chen Yu, "The intervention of plants in the conflicts between buildings and climate - A case study in Singapore", Tesi di Dottorato, for the degree of doctor of philosophy, Department of building, National University of Singapore, 2006





Descrizione della specie vegetale	Leaf Area Index (LAI) medio	Immagine
"Orange stems and leaves for those which are taller"	2.15	
"No special features"	3.32	
"Light green edges with dark green center leave blades"	5.83	
"Red yellow tulip like flowers"	3.04	
"Large red leaves"	2.33	
"Dark green leaf blades"	~0	
Tree	1.69	
Palm tree	2.37	

Riflettività dello strato fogliare: frazione della radiazione solare incidente che è riflessa dalla singola superficie fogliare (albedo). La radiazione solare include lo spettro del visibile, dell'infrarosso e dell'ultravioletto. Il Valore è variabile da 0.005 a 0.5. Valori tipici sono compresi tra 0.18 e 0.25. Valore di default 0.22.

Emissività dello strato fogliare: rapporto tra la radiazione solare emessa dalla superficie fogliare e quella ideale emessa da un corpo nero alla medesima temperatura. Questo parametro viene utilizzato per il calcolo dello scambio radiativo ad onda lunga sulla superficie fogliare. I valori variano tra 0.8 e 1. Valore di default: 0.95

Resistenza Stomatica Minima (s/m): resistenza delle piante alla diffusione di umidità. Piante con valori bassi di resistenza stomatale assicurano una alta evapotraspirazione . Il valore è variabile tra 50 e 300. Valore di Default. 180

Conduttività termica (W/mK): conduttività termica del substrato di suolo a secco

Calore specifico (J/KgK): calore specifico dello strato di suolo a secco

Densità (kg/m³): densità dello strato di suolo a secco

Assorbenza termica superficiale: frazione della radiazione incidente ad onda lunga assorbita dal materiale. Questo parametro vien utilizzato nel calcolo dello scambio radiativo e condiziona il flusso termico superficiale. Per scambi radiativi ad onde lunghe, L'emissività termica e l'emittanza termica equivalgono alla assorbenza termica. Il valore è variabile tra 0 e 1. Valore di Default 0.9-0.98

Assorbanza solare: frazione della radiazione solare incidente assorbita dal materiale. La radiazione solare comprende lo spettro del visibile, l'infrarosso e l'ultravioletto. Questo parametro viene utilizzato per calcolare la quantità di radiazione solare incidente assorbita dalle diverse superfici e condiziona il bilancio energetico di dette superfici. Se disponibile anche il dato sulla riflessività solare, il valore dell'assorbanza è pari alla differenza tra 1 e il valore della riflettanza (per materiali opachi). Il valore è variabile tra 0.0 e 1.0. Valori tipici sono compresi tra 0.6 e 0.85

Assorbimento nel visibile: frazione della radiazione solare incidente nel solo spettro del visibile assorbita dal materiale. Questo parametro viene utilizzato per calcolare la quantità di radiazione solare nello spettro del visibile incidente assorbita dalle diverse superfici e condiziona il bilancio energetico di dette superfici nonché i livelli di illuminazione naturale. Se disponibile anche il dato sulla riflettanza solare nello spettro del visibile, il valore dell'assorbimento è pari alla differenza tra 1 e il valore della riflettanza (per materiali opachi). Il valore è variabile tra 0.5 e 1.0.

Contenuto volumetrico di umidità a saturazione nel substrato: contenuto massimo di umidità a saturazione presente nel substrato di suolo. Valori tipici sono compresi tra 0.3 e 0.5. Valore di default 0.3.

Contenuto volumetrico residuo di umidità nel substrato: contenuto minimo di umidità presente nel substrato di suolo. Valori tipici sono compresi tra 0.01 e 0.1. Valore di default 0.01.

Contenuto volumetrico iniziale di umidità nel substrato: contenuto iniziale di umidità presente nel substrato di suolo. Valori tipici sono compresi tra 0.05 e 0.5. Valore di default 0.1.

Modello di calcolo della diffusione dell'umidità nel suolo: il software EnergyPlus consente di scegliere tra due modelli di calcolo distinti

- Semplice: prevede una diffusione costante dell'umidità nel substrato di suolo. Il modello di calcolo prevede una iniziale scomposizione del suolo in due strati. Ad ogni istante di calcolo, il modello considera la quantità di umidità presente in entrambi gli strati e ridistribuisce, in proporzione costante, nello strato con umidità minore, la quota parte di umidità in eccesso presente nello strato con umidità maggiore.
- Avanzato: per utilizzare il modello di calcolo Avanzato, è necessario incrementare il numero di intervalli temporali di calcolo. Il valore suggerito è 20. Il modello di trasporto dell'umidità si basa sul metodo della differenza finita per suddividere il suolo in strati distinti (nodi) L'umidità è ridistribuita nei diversi nodi secondo il modello di calcolo descritto da M. G. Schaap and M. Th. van Genuchten, 2006 [3].

Il modello di calcolo della diffusione del umidità sopra descritto, in entrambe le versioni semplice e avanzato, si basa sulle informazioni relative alla piovosità oraria estratte dal file climatico utilizzato per la simulazione. Nel caso il database climatico non contenga informazioni specifiche sui dati di piovosità, o nel caso in cui il sistema tecnico del tetto verde preveda una irrigazione manuale automatica, annuale o programmata solo in alcuni periodi specifici dell'anno, il software EnergyPlus consente di dettagliare il funzionamento dell'impianto di irrigazione attraverso una schedulazione della durata (in termini di ore al giorno) e intensità (m/h) dell'irrigazione artificiale.

Il modulo *RoofIrrigation* può infatti essere impiegato per descrivere la quantità di irrigazione fornita alla superficie del tetto verde durante il periodo della simulazione. Il modulo prevede due modelli di irrigazione tra cui scegliere:

- Programmato: impiegato per forzare l'irrigazione indipendentemente dal livello di umidità contenuta nel substrato
- Programmato intelligente: per interrompere l'irrigazione programmata nel caso in cui, il contenuto di umidità del substrato raggiunga un livello di saturazione superiore al 40%. (Tale valore di saturazione può essere modificato attraverso il campo: Soglia massima di saturazione)





1.4 La simulazione del comportamento di una parete verde

Il manuale tecnico a corredo del software EnergyPlus [5], specifica che il modulo RoofVegetation è stato sviluppato e validato specificatamente per superfici esterne e bassa inclinazione. L'uso di tale modulo non è pertanto raccomandato per la simulazione del comportamento di superfici verdi ad alta inclinazione (es. Pareti verticali), non solo per l'assenza di uno strato significativo di suolo ma soprattutto per il diverso meccanismo di scambio di calore. Tuttavia, il modulo consente con una certa approssimazione di simulare il comportamento di pareti verticali verdi sebbene i risultati di tale simulazione non siano stati validati dagli sviluppatori. Di fatto, nei due casi deve essere fatta adeguata distinzione tra i modelli di irrigazione eventualmente presenti, dal momento che le pareti verticali non sono in grado di trattenere la medesima quantità d'acqua delle coperture. Ad oggi, nonostante numerosi studi atti a definire un modello matematico rappresentativo del comportamento reale delle pareti verdi [6]-[7]-[8], non sono stati pubblicati modelli validati in grado di simulare l'effetto della presenza di diverse tipologie di elementi vegetali sulle facciate verticali o di valutare l'incidenza di diverse configurazioni (orientamento, clima, proprietà della parete) sul comportamento dell'elemento verde. Susurova et. al [9] hanno messo a punto nel 2013 l'ultimo e più avanzato modello di calcolo che considera i processi fisiologici all'interno delle piante, inclusa l'evapotraspirazione e lo scambio termico di tipo radiativo e convettivo tra lo strato vegetale, la facciata, l'ambiente circostante e il terreno, utilizzando quali input i dati caratteristici dello strato vegetale (assorbanza delle foglie, dimensione delle foglie, LAI, coefficiente di attenuazione della radiazione, conduttanza stomatica) e i dati meteorologici della località.

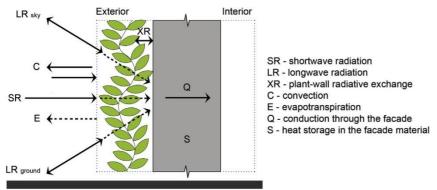


Figura 2. Il bilancio energetico di una parete verde

Nonostante il modello matematico sviluppato da Susurova et. Al sia stato validato attraverso la realizzazione di un modello reale presso il Campus dell'Illinois Institute of Technology sul quale sono state eseguite le rilevazioni e misurazioni in opera, tale modulo, o altri similari, non è stato ad oggi implementato in EnergyPlus e il software risulta essere quindi non adatto a simulare dettagliatamente il comportamento delle pareti verdi.

Al contrario, il software TRNSYS ha recentemente implementato i risultati di uno studio condotto da Djedjig et al. [10] che supera alcune ipotesi limitanti degli studi precedenti, generalmente fondati su un modello semi-stazionario di trasferimento del calore e trascurano gli effetti sul flusso termico del movimento dell'acqua. Il nuovo modello di calcolo può essere applicato indistintamente alle coperture e alle pareti verdi, sulla base di un modello di scambio del calore valido per ogni tipologia di involucro verde, come riportato in Figura 3.

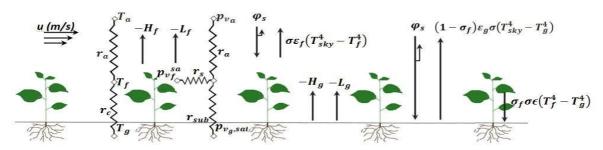


Figura 3. Modello del flusso di calore su un involucro vegetale secondo Djedjig et al.

TRNSYS risulta essere quindi lo strumento oggi più adatto a simulare il comportamento delle facciate verdi e i risultati ottenuti attraverso l'impiego del software EnergyPlus possono essere considerati solo come indicativi di un comportamento reale.

2 II database climatico

La localizzazione dell'edificio è un fattore determinante nel calcolo delle prestazioni energetiche dell'edificio in uso e, conseguentemente, nel determinare i potenziali impatti sul consumo di energia legati alla scelta di un sistema di copertura.

Una accurata valutazione della prestazione dell'edificio, si basa su una altrettanto accurata selezione dei dati climatici di input. La qualità del database climatico è un elemento indispensabile per una corretta progettazione sostenibile degli edifici poiché è in grado di incidere in maniera significativa sulle strategie progettuali e sulla accuratezza della progettazione dei carichi e sul calcolo del consumo energetico. Negli ultimi anni, sono stati impiegati diversi tipi di dati climatici quale base per la valutazione comportamento energetico degli edifici e la loro risposta prestazionale ai sempre più estremi stress climatici. In una progettazione sempre più orientata al raggiungimento di elevate prestazioni energetiche, l'analisi e la valutazione della consistenza e rappresentatività dei dati climatici diventano elementi cruciali di una corretta progettazione, quanto degli edifici che degli impianti.

Purtroppo le banche dati a disposizione del progettista per la raccolta di informazioni climatiche da impiegare all'interno dei software di simulazione energetica sono ancora scarse, incomplete e difficilmente accessibili. E soprattutto, ove i dati climatici fossero disponibili, questi raramente sono raccolti e organizzati in formati adatti alla importazione nei software di simulazione.

Per le valutazioni energetiche dettagliate è necessario avere a disposizione le sequenza dei valori orari delle grandezze meteorologiche. E' necessario costruire un "anno tipo" elaborando statisticamente dati climatici misurati su lungo periodo (almeno 20 anni)

Il software EnergyPlus, infatti, dispone di una banca dati internazionale contenente profili climatici di località diverse nel mondo, elaborati su profilo orario e raccolti in un file zip che contiene il file climatico nativo *.epw, un report informativo sul dato specifico (*.stat) e di un file di supporto alla modellazione climatica contenente i dati relativi ai giorni di progetto di riferimento per la località specifica (ASHRAE Design Conditions Design Day Data file - *.ddy).

All'interno di questa banca dati, è disponibile una sezione dedicata ai profili climatici di alcune città italiane (NREL DOE Dati meteo per Energy+: http://www.nrel.gov²)

Il Database italiano di riferimento per l'applicazione Energy Plus è costituito dalla banca dati IGDG "Gianni De Giorgio" realizzata nell'anno 1979 dall'IFA (Istituto di Fisica dell'Atmosfera del CNT) all'interno del Progetto Finalizzato Energetica. I dati climatici sono stati raccolti dal Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare (68 stazioni sparse in modo piuttosto omogeneo sul territorio nazionale), in maniera praticamente continua nel periodo 1951-1970. sono state calcolate, per ogni stazione, il valore medio e varianza della temperatura dell'aria per ogni mese dell'anno sull'intera popolazione. La stessa operazione è stata poi ripetuta per ogni singolo mese di ogni singolo anno. È stato quindi selezionato quale

²http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data3.cfm/region=6_europe_wmo_region_6/country=ITA/cna me=Italy

http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/pdfs/italia_dati_climatici_g_de_giorgio.pdf





mese tipo più rappresentativo quello con valore medio e varianza della temperatura dell'aria più prossimi ai valori calcolati per quel mese sull'intera popolazione. L'anno tipo (TRY o Test Refernce Year) è stato infine costruito come composizione dei mesi tipo.

Generato così l'anno tipo, che è costituito da una sequenza di mesi reali (cioè effettivamente verificatisi) provenienti da anni diversi, sono stati estratti dall'insieme dei dati e aggiunti alla temperatura dell'aria (dati orari ottenuti per interpolazione dai dati orari) le altre grandezze meteorologiche:

- la velocità del vento a 10 metri dal suolo (data dalla media aritmetica calcolata nei 10 minuti centrati intorno all'ora sinottica a cui il valore si riferisce);
- l'umidità relativa dell'aria al suolo;
- il numero di ore e di decimi di ora di sole verificatesi nell'intera giornata.

A tali dati, disponibili per ognuna delle 68 stazioni è stata aggiunta quando disponibile, la irradiazione solare oraria diretta e diffusa elaborata appunto secondo il metodo De Giorgio.

Una analisi dei record contenuti nel database De Giorgio, ha permesso di evidenziare alcune lacune strutturali della banca dati che risulta ormai antiquata dal momento che e i dati climatici, della T° oraria dell'aria esterna ad esempio, non descrivono l'attuale scenario meteorologico ed ignorano i mutamenti climatici dell'ultimo decennio.

All'interno del database EnergyPlus, sono stati pertanto indagati anche i file climatici IWEC (International Weather for Energy Calculations) elaborati dal Numerical Logics and Bodycote Materials Testing Canada all'interno del progetto ASHRAE Research Project 1015 [4]. Il progetto ha elaborato in formato EnergyPlus dati climatici di oltre 227 località al di fuori di Stati Uniti e Canada, derivati da oltre 18 anni di monitoraggio orario, svolto presso il U. S. National Climatic Data Center, dei parametri climatici, raccolti in formato ASCII data set DATSAV3. I dati raccolti sono stati successivamente integrati con riferimenti estimativi della radiazione solare calcolata a partire dalla geometria del percorso solare e integrati informazioni aggiuntive quali la presenza e distribuzione di nuvolosità.

Oltre ai IGDG e ai dati IWEC, sono disponibili per il contesto italiano, altre fonti di dati climatici, non sempre però esaustive rispetto alle richieste di input del software. I dati climatici ricavati da tali banche dati necessitano comunque di essere rielaborati e ricostruiti in formato idoneo all'importazione nel software. Di seguito alcune delle fonti da cui è possibile ricavare dati climatici:

- UNI 13049:1994
- Dati climatici per la progettazione edile ed impiantistica CNR PFE, 1982.
- Profilo climatico d'Italia ENEA, 1999
- MeteoNorm WMO: http://www.meteotest.ch/
- Satel-light: http://www.satel-light.com/
- National Oceanic Atmospheric Administration: http://www.noaa.gov/
- Società Italiana Meteorologia: http://www.nimbus.i

File climatici annuali specifici completi possono essere costruiti a partire dal database presente sul sito http://www.ilmeteo.it/

E' da considerare che la norma UNI 10349:1994 sui cui è basata l'attuale normativa energetica italiana, così come peraltro le pubblicazioni CNR ed ENEA tracciano un profilo climatico dello stivale ormai datato e non più rappresentativo del reale andamento climatico.

Ai fini dell'impiego dei dati climatici per la simulazione del comportamento degli edifici in software di calcolo che operano in regime transitorio, emerge quindi prioritaria la necessità di procedere ad una revisione completa ed accurata delle informazioni disponibili sull'andamento climatico in Italia nell'ultimo decennio e alla realizzazione di un database contenente dati relativi non solo a T°, Umidità dell'aria, Velocità del vento e Irradianza, ma tutti i parametri, dettagliati in profilo orario, necessari ad una completa parametrizzazione del comportamento energetico dell'edificio ossia:

Dry Bulb Temperature {C} Dew Point Temperature {C} Relative Humidity {%} Atmospheric Pressure {Pa} Extraterrestrial Horizontal Radiation {W/m²} Extraterrestrial Direct Normal Radiation {W/m²} Horizontal Infrared Rad. Intens. from Sky {W/m²} Global Horizontal Radiation {W/m²} Direct Normal Radiation $\{W/m^2\}$ Diffuse Horizontal Radiation {W/m²} Global Horizontal Illuminance {lux} Direct Normal Illuminance {lux} Diffuse Horizontal Illuminance {lux} Zenith Luminance {Cd/m2} Wind Direction {deg} Wind Speed {m/s} Total Sky Cover {.1} Opaque Sky Cover {.1} Visibility {km} Ceiling Height {m} Precipitable Water {mm} Aerosol Optical Depth {.001} Snow Depth {cm} Days Since Last Snow Albedo {.01} Liquid Precipitation Depth {mm} Liquid Precipitation Quantity {hr}





La fonte più attuale di informazioni climatiche sulle diverse realtà Italiane, è ancora rappresentata dall'Archivio meteorologico dell'Aeronautica militare⁴ che dispone sia di **dati di archivio**, ossia messaggi meteorologici d'osservazione pregressi, presenti nella Banca Dati Climatologica, o prodotti di elaborazioni statistiche, sia di **dati in tempo reale**, costituiti sia da messaggi meteorologici d'osservazione, sia da prodotti di previsione.

Per soddisfare gli obiettivi del presente lavoro di ricerca, i dati climatici di riferimento per le simulazioni sono stati selezionati tra quelli presenti nel database EnergyPlus, avendo cura di scegliere, tra i dati presenti, quelli elaborati secondo i protocolli IWEC piuttosto che quelli elaborati su base IGDG, ritenendo i primi, poiché più recenti, in grado di generare risultati più attendibili del reale comportamento attuale degli edifici nel clima italiano. Le modifiche ed integrazioni ai file climatici, resesi necessarie per ottimizzare le simulazioni del comportamento del tetto verde, sono descritte in dettaglio al paragrafo 5.1

Al fine di condurre una simulazione comparata rappresentativa dei molteplici contesti climatici italiani, sono state scelte a campione tre località nelle tre più diffuse zone climatiche di riferimento:

- Torino, per la zona climatica E ITA Torino.160590 IWEC.epw
- Pisa per la zona climatica D ITA_Pisa.161580_IWEC.epw
- Palermo per la zona climatica B ITA Palermo.164050 IWEC.epw

I profili climatici delle località sono riportati in Appendice B

3 Il Caso studio: edificio multipiano per edilizia residenziale

Tenuto conto delle recenti disposizioni fornite dalla direttiva 2012/27 relative al ruolo esemplare degli enti pubblici, secondo cui ciascuno Stato membro dovrà garantire che dal 2014 il 3% della superficie degli immobili posseduti dalle amministrazioni pubbliche centrali sia ristrutturata ogni anno per raggiungere almeno le prestazioni stabilite dai requisiti minimi stabiliti dalla direttiva 2010/31, e che anche tutti gli enti impegnati nell'edilizia sociale, dovranno adottare piani di efficienza energetica autonomi con obiettivi e azioni specifiche analoghe a quelle fissate per le amministrazioni centrali, si è scelto di condurre le simulazioni, ai fini della presente ricerca, su un edificio di studio rappresentativo del panorama costruttivo dell'edilizia sociale italiana del secondo dopoguerra.

Il fabbricato, sito in Pisa, fa parte di un complesso denominato Sant'Ermete, realizzato a partire dal 1948 ad opera del Genio Civile per far fronte all'emergenza abitativa relativa ai reduci di guerra e alle loro famiglie e ospita 12 alloggi, ad oggi fatiscenti. Il fabbricato è situato in via Bronzetti, nel quartiere pisano di Sant'Ermete (in regione climatica D), in un lotto riservato all'edilizia popolare complessivamente delimitato ad est dalla linea ferroviaria in uscita dalla stazione di Pisa Centrale e ad ovest dalla strada statale SS206. Costituito da tre piani fuori terra e un piano seminterrato, l'edificio ospita 6 bilocali di superficie utile 37,53 mq e 6 trilocali di superficie utile 48,65 mq; al piano seminterrato, troviamo degli ambienti a servizio degli alloggi che, data l'altezza di interpiano di 1,30 m, nascono molto probabilmente come vespaio (Figura 4).

La struttura è in muratura portante realizzata con mattoni semipieni a due teste, mentre la copertura è caratterizzata da una struttura di travi prefabbricate in cemento armato (tipo Varese) su cui poggiano i tavelloni e il manto di copertura in tegole marsigliesi. La muratura si presenta complessivamente in buone condizioni, ma la malta risulta essere di qualità scadente; inoltre i mattoni sono stati messi in opera in molti casi con la foratura passante, favorendo così lo scambio termico con l'esterno e aumentando le perdite dovute a trasmissione.

I locali degli alloggi appaiono ben disposti e illuminati, ma sono caratterizzati da superfici (murature, infissi e solai) fortemente disperdenti che influenzano fortemente le scarse prestazioni termiche dell'involucro. Pertanto, al fine di valutare il comportamento energetico dell'edificio a regime e l'effettivo contributo di una copertura a verde rispetto ad una copertura tradizionale, e di una parte verde rispetto ad una parere verticale isolate, si è provveduto a progettare un involucro a media efficienza che costituisce l'invariante prestazionale delle simulazioni.

L'involucro esterno esistente è stato rivestito con un sistema a cappotto (spessore 8 cm) per incrementare la resistenza termica e risolvere il problema dei ponti termici.

-

⁴ http://www.meteoam.it/?q=dati_in_tempo_reale

I divisori interni sono stati isolati termicamente e acusticamente su entrambe le facce

I solai interpiano sono stati anch'essi isolati termicamente e acusticamente.

Il solaio controterra è del tipo impermeabilizzato su sottofondo in ghiaia.

La parete controterra è rivestita esternamente con membrana bituminosa.

Per le finestre, è stato ipotizzato un telaio in alluminio con vetrocamera 6+13+12 e intercapedine in argon con persiane esterne sempre in alluminio.

Al piano seminterrato, le finestre sono del tipo 6+6+6 con intercapedine d'aria e prive di persiane.

Queste soluzioni costruttive costituiscono l'invariante strutturale degli edifici tipo oggetto di analisi

Il dettaglio delle caratteristiche degli elementi di involucro, verticali, orizzontali e inclinate è riportato nell'Allegato A.

Ai fini del presente lavoro di ricerca, le diverse soluzioni tecniche sono state combinate a definire tre edifici di riferimento che sono state impiegate nelle simulazioni:

- l'edificio <u>Tipo A</u> con copertura inclinata di tipo tradizionale in regole marsigliesi, involucro verticale esterno isolato con cappotto
- l'edificio <u>Tipo B</u> con copertura piana a giardino (tetto verde), involucro verticale esterno isolato con cappotto
- L'edificio <u>Tipo C</u> con copertura inclinata di tipo tradizionale in tegole marsigliesi, involucro verticale esterno isolato con cappotto e, per la sola parete esposta a SUD e oltre al cappotto, un giardino verticale.

La copertura inclinata tradizionale dell'edificio Tipo A è costituita da manto di copertura in tegole marsigliesi su intercapedine ventilata (cm 6) e isolamento termico in EPS, poggianti sul solaio in laterocemento.

La copertura piana a verde dell'edificio Tipo B è costituita da un substrato di suolo (cm 8-20) nel quale cresce la vegetazione, un geotessile in fibre di polipropilene, un pannello di drenaggio in EPS (cm8) e un manto impermeabile antiradice, poggiati su solaio in laterocemento.

La parete verde verticale dell'edificio Tipo C è sostituita da un substrato di suolo (cm 5) nel quale cresce la vegetazione, un cartonfeltro e un rivestimento impermeabile in PVC, oltre alla camera d'aria (cm 5) che separa il giardino verticale dalla parte esistente in muratura.









Figura 4. Vista satellitare del quartiere di S.Ermete; vista della corte dalla via Emilia; vista del prospetto Est dell'edificio multipiano

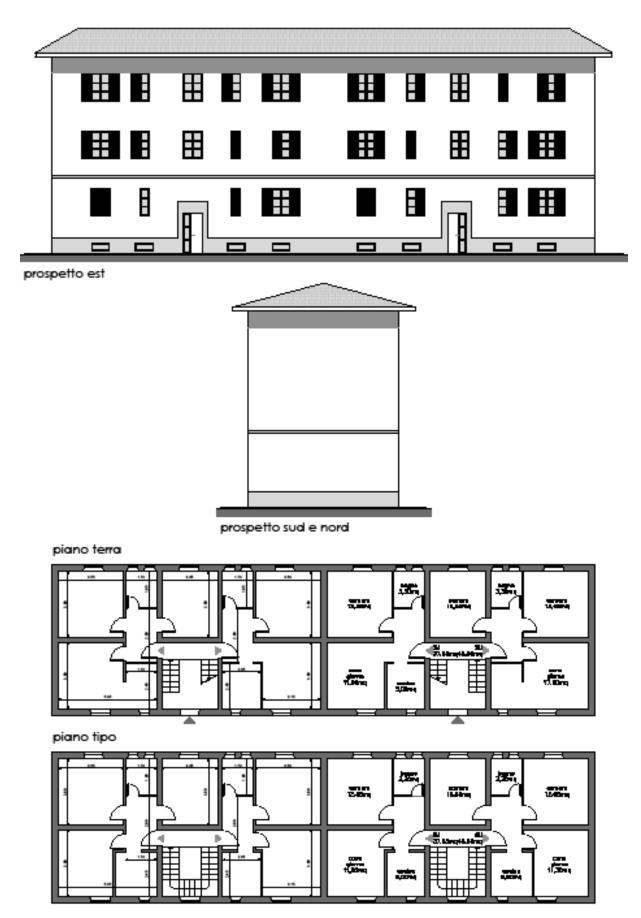


Figura 4 Prospetti e piante dello stato attuale.





3.1 Il modello geometrico – Google SketchUp

Il software Energyplus non dispone di una interfaccia grafica e la costruzione del modello geometrico passerebbe attraverso una complessa ricostruzione dei riferimenti cartesiani di ognuno degli elementi d'involucro (pareti, coperture, solai, infissi, schermi aggetti, ecc...)

Per ovviare a questa mancanza e per rendere più facilmente gestibile e controllabile la correttezza della costruzione del modello geometrico descrittivo dell'edificio da simulare, EnergyPlus dispone di una serie di Plug-in che consentono di disegnare l'edificio e le sue parti, definendone direttamente sul disegno, alcune proprietà (orientamento, materiali, stratigrafia, zona termica di appartenenza) riconosciute da Energyplus per la simulazione del comportamento energetico.

I due Plug-in di riferimento, in grado di operare in maniera combinata, che sono stati impiegati per la realizzazione del modello di calcolo dei due edifici di riferimento sono Google SketchUp e OpenStudio.

Google Sketchup consente di disegnare, anche a partire da un rilievo digitale o vettoriale, il modello tridimensionale dell'edificio e di collocarlo in un luogo specifico attraverso l'integrazione con il modulo 3D di Google Earth.

Nelle Figura 5 e Figura 6 sono riportati i due modelli grafici utilizzati quale base per le simulazioni di Energyplus.

Il modello è stato costruito rispettando il reale orientamento dell'edificio esistente (15' Nord) con lati corti esposti a sud/nord e lati lunghi esposti a est/ovest.

Successivamente, è stato ruotato di 90' ovest con lati corti esposti a est/ovest e lati lunghi esposti a sud/nord per simulare la presenza sul prospetto sud di una parete verde.

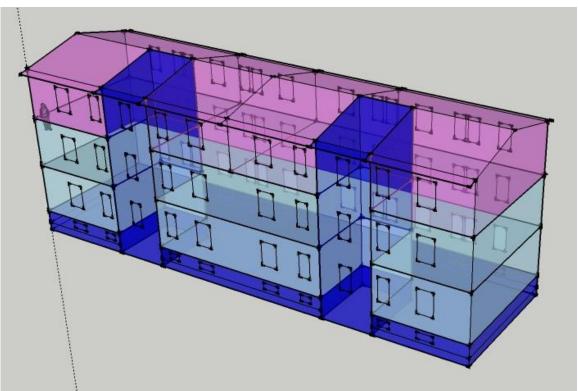


Figura 5 Modello SketchUp dell'edificio con copertura inclinata in tegole marsigliesi (Edificio Tipo A e C)

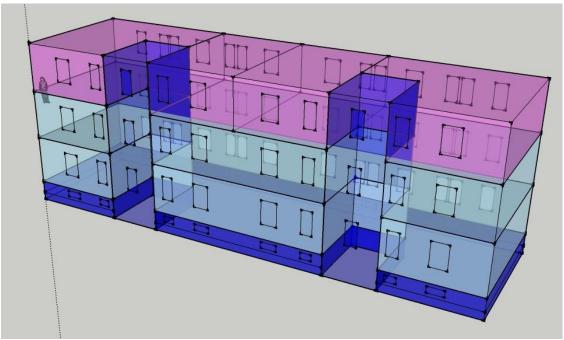


Figura 6 Modello SketchUp dell'edificio con copertura piana (edificio Tipo B)

3.2 Il modello energetico – OpenStudio

OpenStudio è un plug-in gratuito di SketchUp che permette agli utenti, dopo aver creato la geometria dell'edificio, di costruire il modello di calcolo di Energyplus, attraverso l'inserimento di dati climatici, delle specifiche costruttive di tutti gli elementi dell'edificio, dei profili di utilizzo e di occupazione, dei carichi elettrici e di illuminazione, delle specifiche impiantistiche (riscaldamento, impianti di ventilazione, condizionamento, produzione di acqua calda sanitaria, collettori solari) nonché della suddivisione dell'edificio in zone termiche per le quali è possibile dettagliare configurazioni e scenari di uso distinti. Una volta inseriti i dati, OpenStudio è in grado di gestire la simulazione del comportamento energetico direttamente all'interno dell'interfaccia di SketchUp, appoggiandosi al motore di calcolo di EnergyPlus, ovvero consentire l'esportazione del file .idf da gestire successivamente in EnergyPlus per le configurazioni di dettaglio.

Il modello geometrico è stato quindi primariamente caratterizzato in 3 zone termiche distinte:

- 1. la zona termica ULTIMO PIANO che rappresenta i quattro appartamenti sottotetto (in rosa nella grafica)
- 2. la zona termica APPARTAMENTI che comprende gli otto appartamenti distribuiti tra piano terra e piano primo (in azzurro nella grafica)
- 3. la zona termica SCALE/CANTINA che comprende tutti gli ambienti non riscaldati (in blu nella grafica)

L'edificio è stato ipotizzato privo di impianto termico per poterne così simulare il comportamento passivo e valutare con maggiore precisione il contributo assoluto derivante dalla presenza della copertura o della parete verde.

La T° del suolo per il calcolo delle dispersioni del piano interrato, è stata ipotizzata costante e pari a 18°C. E' stata impostata una ventilazione naturale degli ambienti riscaldati (0,8 Vol/h) esclusivamente nelle ore notturne a persiane chiuse e solamente quando il file climatico rileva un differenza di T° tra ambiente interno ed esterno maggiore di 2°C. E' stata inoltre impostata una chiusura delle persiane delle finestre sul lato ovest nelle ore calde della giornata (14:00-16:30).

Le simulazioni sono state condotte nel periodo estivo, dal 1 giugno al 30 settembre.





3.3 La configurazione dei parametri specifici della copertura a verde

Per la valutazione dell'efficacia di diverse soluzioni di copertura a verde, sono stati definiti tre modelli di tetto giardino:

- Modello 1: tetto verde estensivo leggero
- Modello 2: tetto verde estensivo pesante
- Modello 3: tetto verde intensivo

La caratterizzazione dei tre modelli è riportata in Tabella 1

Tabella 1 Dati di input della simulazione delle tre tipologie di copertura a verde in EnergyPlus

	Estensivo leggero	Estensivo pesante	Intensivo
Altezza delle piante (m)	0,15	0,3	0,3
LAI	1	1	2
Riflettività dello strato fogliare	0,22	0,22	0,22
Emissività dello strato fogliare	0,95	0,95	0,95
Resistenza Stomatica minima (s/m)	180	180	180
Rugosità	Media	Media	Media
Spessore (m)	0,08	0,2	0,2
Conducibilità del suolo a secco (W/mK)	0,31	0,31	0,31
Densità del suolo a secco (kg/m³)	878	878	878
Calore specifico del suolo a secco (J/kgK)	1348	1348	1348
Assorbenza termica	0,9	0,9	0,9
Assorbanza solare	0,5	0,5	0,5
Assorbanza solare nello spettro del visibile	0,7	0,7	0,7
Contenuto volumetrico di umidità a saturazione nel substrato	0,4	0,4	0,4
Contenuto volumetrico residuo di umidità nel substrato:	0,1	0,1	0,1
Contenuto volumetrico iniziale di umidità nel substrato:	0,1	0,1	0,1
Modello di calcolo della diffusione dell'umidità nel suolo	semplice	semplice	semplice

Dal momento che nessuno dei file climatici disponibili nel database contiene dati relativi ai valori di piovosità delle località, per tutti e tre i modelli di copertura verde è stata ipotizzata, attraverso il modulo RoofIrrigation, una irrigazione meccanica, programmata giornalmente tra le 06:00 e le 08:00 del mattino e tra le 19:00 e le 21:00 per un totale di circa 12,3 mm/settimana, pari a 52,8 mm/mese.

Tabella 2 Dati di input del modello di irrigazione

Estensivo

Estensivo

	LStC1131VO	LStCIISIVO	Intensivo
	leggero	pesante	intensivo
Modello di Irrigazione	intelligente	intelligente	intelligente
Soglia massima di saturazione (70%)	70	70	70

Per la località Pisa, sono stati inoltre ricavati dal sito http://www.pisameteo.it/ i valori medi mensili di piovosità dal 2008 al 2013 e tali informazioni sui mm mensili di pioggia durante i mesi di Giugno, Luglio, Agosto e Settembre, sono stati utilizzati per simulare, attraverso il modulo Roofirrigation, un periodo di piovosità naturale (52,6 mm in Giugno, 37,7mm in Luglio, 36,4mm in Agosto, 58,6mm in Settembre).

Per la località Torino i dati sulla piovosità mensili sono stati ricavati dal sito http://www.meteo-torino.it/ (98 mm in Giugno, 67mm in Luglio, 80mm in Agosto, 70mm in Settembre).

Per la località Palermo i dati sulla piovosità mensile sono stati ricavati dal sito http://it.wikipedia.org/wiki/Stazione meteorologica di Palermo Punta Raisi (12,2 mm in Giugno, 5,1mm in Luglio, 13,3mm in Agosto, 41,5mm in Settembre)

In alternativa, ove disponibili dati giornalieri orari sulla piovosità relativi a località climatologicamente simili, è possibile intervenire direttamente sul file climatico ipotizzando uno scenario di piovosità medio per ognuna delle località selezionate e adattando, per interpolazione, i dati della località campione agli indici di piovosità media mensile della località simulata.

3.4 La configurazione dei parametri specifici della parete verde

Considerando la limitata attendibilità del modello previsionale EnergyPlus nel determinare la prestazione di una parete verde, si è ritenuto di simulare una unica configurazione di giardino verticale, tecnicamente realizzata come riportato in Allegato A e con le caratteristiche riportate in Tabella 3.

Tabella 3 Dati di input della simulazione della parete verde in EnergyPlus

	Estensivo
	leggero
Altezza delle piante (m)	0,15
LAI	3
Riflettività dello strato fogliare	0,22
Emissività dello strato fogliare	0,95
Resistenza Stomatale minima (s/m)	180
Rugosità	Media
Spessore (m)	0,051
Conducibilità del suolo a secco (W/mK)	0,31
Densità del suolo a secco (kg/m³)	400
Calore specifico del suolo a secco (J/kgK)	1348
Assorbenza termica	0,9
Assorbanza solare	0,5
Assorbanza solare nello spettro del visibile	0,7
Contenuto volumetrico di umidità a saturazione nel substrato	0,4
Contenuto volumetrico residuo di umidità nel substrato:	0,02
Contenuto volumetrico iniziale di umidità nel substrato:	0,1
Modello di calcolo della diffusione dell'umidità nel suolo	semplice

Come per la copertura, attraverso il modulo RoofIrrigation, è stata simulata una irrigazione meccanica, programmata giornalmente tra le 06:00 e le 08:00 del mattino e tra le 19:00 e le 21:00 per un totale di circa 12,3 mm a settimana.

Tabella 4 Dati di input del modello di irrigazione

	Estensivo
	leggero
Modello di Irrigazione	intelligente
Soglia massima di saturazione (40%)	40

Considerando le indicazioni sulle limitazioni del modulo RoofVegetation, quando applicato alla simulazione di Pareti verticali, riportate in bibliografia, è stata impostata una soglia di saturazione più bassa rispetto a quella della copertura a verde (40%).

4 Conclusioni

Il modello geometrico tridimensionale del fabbricato impiegato per la simulazione con il software EnergyPlus è stato realizzato attraverso il software open source Google SketchUp,.

Ai fini del presente lavoro di ricerca, diverse soluzioni tecniche sono state combinate per definire tre edifici di riferimento che sono stati impiegati nelle simulazioni:





- l'edificio <u>Tipo A</u> con copertura inclinata di tipo tradizionale in regole marsigliesi, involucro verticale esterno isolato con cappotto
- l'edificio <u>Tipo B</u> con copertura piana a giardino (tetto verde), involucro verticale esterno isolato con cappotto
- L'edificio <u>Tipo C</u> con copertura inclinata di tipo tradizionale in tegole marsigliesi, involucro verticale esterno isolato con cappotto e, per la sola parete esposta a SUD e oltre al cappotto, un giardino verticale.

Applicando i moduli RoofVegetation e RoofIrrigation, sviluppati all'interno del software EnergyPlus è possibile simulare con sufficiente precisione il complesso sistema di scambio termico che avviene all'interno di un sistema vegetale, tenendo conto dei meccanismi di infiltrazione, evaporazione e traspirazione legati alla presenza di umidità nel substrato. L'applicazione del Modulo richiede la disponibilità di informazioni dettagliate sulle caratteristiche delle specie vegetali impiantate nel substrato, necessarie all'algoritmo di calcolo per elaborare i processi di scambio di calore tenendo conto della diversa natura delle piante utilizzate.

Dunque, è necessario costituire un database delle specie vegetali più comuni generalmente impiegate per la realizzazione di tetti e pareti verdi, a seguito della identificazione dei parametri più significativi richiesti dal modulo di EnergyPlus.

E' altresì fondamentale poter accedere ad un database climatico per le zone climatiche caratterizzanti lo scenario meteorologico nazionale, implementando i dati disponibili ove non completi, con particolare riferimento ai dati sulla piovosità oraria su base giornaliera.

Nel presente Rapporto sono stati perciò definiti tutti gli elementi necessari per poter condurre una analisi di simulazione energetica degli edifici utilizzando il software EnergyPlus.

5 Riferimenti bibliografici

- 1. Santamouris M., Advances in Building Energy Research, Volume 3, Earthscan 2009, pag. 271-288
- 2. Scherba, A., D. J. Sailor, T. N. Rosenstiel and C. C. Wamser (2011). "Modeling impacts of roof reflectivity, integrated photovoltaic panels and green roof systems on sensible heat flux into the urban environment." Building and Environment (DOI: 10.1016/j.buildenv.2011.06.012).
- 3. Schaap M.G. and van Genuchten M.Th., 2006 [2] 'A modified Maulem-van Genuchten Formulation for Improved Description of the Hydraulic Conductivity Near Saturation', Vadose Zone Journal 5 (1), p 27-34.
- 4. ASHRAE. 2001. International Weather for Energy Calculations (IWEC Weather Files) Users Manual and CD-ROM, Atlanta: ASHRAE
- 5. Input Output Reference The Encyclopedic Reference to EnergyPlus Input and Output, 2013
- 6. Di HF, Wang DN. Cooling effect of ivy on a wall. Experimental Heat Transfer, 1999:235e45
- 7. Holm D. Thermal improvement by means of leaf cover on external walls a simulation model. Energy and Buildings 1989; 14:19e30.
- 8. Kontoleon KJ, Evmorfopoulou EA. The effect of the orientation and proportion of a plant-covered wall layer on the thermal performance of a building zone. Building and Environment 2010; 45:1287e303.
- 9. Susorova I., Angulo M. Bahrami P., Stephens B., A model of vegetated exterior facades for evaluation of wall thermal Performance, Building and Environment 67 (2013) 1e13
- 10. Djedjig, R., Belarbi, R., Bozonnet, E., 2012a., Modélisation dynamique des transferts hygrothermiques dans les enveloppes de bâtiments végétalisées. Presented at the XXXe Rencontres AUGC-IBPSA, Chambéry.





6 ALLEGATO A - SCHEDE TECNICHE DEGLI ELEMENTI DI INVOLUCRO

Sono riportate nel presente allegato le schede tecniche descrittive delle stratigrafie e delle caratteristiche prestazionali termiche in regime invernale ed estivo degli elementi di involucro dell'edificio oggetto della simulazione

	Та	hella 5	Stato atti	ıale - Par	ete di tan	nnonan	nento est	erna			
1) Sceglier	re il tipo di component			laic rai				ariazioni termich	e (<= 24 ore)	2	24
., 5005					2,0005	Periodo de	elle variazioni te	ermiche T	[sec]	86	400
	Chiusura vertic	ale					termica sup in		[m2K/W] [m2K/W]		13
Des	scrizione degli strati	Spessore (s) [m]	Conduttività termica (I) [W/mK]	Resistenza termica [mqK/W]	Calore specifico (c) [J/KgK]	Densità (ρ) [Kg/m3]	Resistenza termica aria [m2K/W]	Profondità di penetrazione al periodo T (d) [m]	ξ = s/d [-]	Resis	stenza mica 2k/w]
	Strato laminare interno	0.045	1	2	3	4	5	0.447	0.400		130
	intonaco int calce cem. muratura doppio UNI	0,015 0,250	0,900 0,273		1000 1000	1800 910		0,117 0,091	0,128 2,752		017 916
	intonaco int calce cem.	0,015	0,900		1000	1800		0,117	0,128		017
4 <u>Г</u> 5 <u>Г</u>								-	-		-
6								-	-		-
7 🗆								-	-		
8 <u>Г</u>								-	-		-
10 🗆								-	-		-
11 <u>Г</u>								-	-		-
12 <u> </u>								-	-		-
14 🗀								-	-		-
15	Strato laminare esterno							-	-	0.0	040
		22.22						D			
	Spessore totale componente [cm]	28,00			RISULTAT	1		Resistenza termica	totale [mzk/w]	1,	119
Regime pe	eriodico stabilizzato	T =	24	ore			Regime st	tazionario			
Fattore di dec	remento (attenuazione)	fd	[-]		0,316		Massa super	ficiale	Ms [kg/m2]	2	82
	e di decremento (sfasamento)	φ	[h]		10,15		Resistenza ter		Rt [m2K/W]		119
	termica periodica rmica lato interno	Yie Yii	[W/m2K]		0,283	2,19	Trasmittanza Conduttanza	l	U [W/m2K]C [W/m2K]		894 054
	rmica lato interno rmica lato esterno	Yee	[W/m2K], [h] [W/m2K], [h]		3,64 4,87	3,11	Capacità term	ica areica	Cta [kJ/m2K]		82
Capacità term	ica areica lato interno	k1	[kJ/m2K]		53,9	83,2	Costante di te		t [h]		38
	ca areica lato esterno	k2	[kJ/m2K]		70,6	83,2					
ratione di Sinoi	zamento superficiale interno Parete disperdente	fsd	[-]		0,527	0,367					
	Parete interna		[-]		0,490	0,333					
Dati acustici							Stratigrafia d	lel componente e	dilizio		
Indice potere fo	onoisolante	Rw (dB)	[dB]		46,99						
Rapp	porto tecnico UNI							· _ · _ · _ · _ · _	· · — · — · — · -	-· - 1	
•	Laboratori italiani										1
0	Formula CEN										
Altre	e formule										
	Pareti monostrato						ا ا		=	ļ.	RNO
0	In laterizio alleggerito						e ceu		S S	E CE	STE
	In laterizio In blocchi di argilla espansa						ıt calc		ddop	tcale	LATO ESTERNO
	III biocciii di algilia espalisa						intonaco int calce cem.		muratura doppio UNI	-	ΙĀ
	Pareti doppie						inton		E E	E E	ì
	In laterizio, interc. > 5 cm con ma In blocchi di argilla espansa, inter									T I	ı
											ı
0	Solai Solai in laterocemento						0	10	20	1- 1	30
	Solai III laterocemento						0	cm	20		30
Indice livello ru	more da calpestio equivalente	Lnw,eq	[dB]		-						
Pres	stazione Energetica Estiva - M	etodo dei p	oarametri qua	ilitativi seco	ondo Linee Gu	ıida Nazio	nali sulla Cer	tificazione Ener	getica degli Ec	lifici	
							Controllo	Controllo			
Sfasam (ore		restazioni	Qualità Prestazior		Attenuaz fa < 0		attenuazione 0	Sfasamento 0	Sfasamento (h)	
S > :		ottime	I		0,15 ≤ fa	< 0,30	0	1	12 ≥ S > 1		
12 >= S		buone	II		$0.30 \le fa$ $0.40 \le fa$		1 0	0	$10 \ge S > 8$ $8 \ge S > 6$		
					0,40 ≤ 1a 0,60 ≤		0	0	6 ≥ S		
10 >= 9		medie	III							_	
8 >= S		sufficienti 	IV		Prestazion			Buone	_		
6 >=	: S 0,60 <= fd	mediocri	V		Qualità pre	staziona	le	II			





1) Scegl		abella 6 Stato m	louilleau	5 - Farete	ai tailipt			a con isoi	arricited a ca	ppotto	
	liere il ti	po di componen	te edilizi	0		2) Sceg	liere il pe	riodo delle va	riazioni termiche	e (<= 24 ore)	24
								elle variazioni te		[sec]	86400
Chiusura verticale						Resistenza termica sup interna Rsi				[m2K/W]	0,13
							Resistenza	termica sup es	sterna Rse	[m2K/W]	0,04
	Descrizione	e degli strati	Spessore (s) [m]	Conduttività termica (I) [W/mK]	Resistenza termica [mqK/W]	Calore specifico (c) [J/KgK]	Densità (ρ) [Kg/m3]	Resistenza termica aria [m2K/W]	Profondità di penetrazione al periodo T (d) [m]	ξ = s/d [-]	Resistenza termica [m2k/w]
		minare interno		1	2	3	4	5			0,130
		int calce cem.	0,015	0,900		1000	1800		0,117	0,128	0,017
_		a doppio UNI	0,250	0,273		1000	910		0,091	2,752	0,916
-	Collante a		0,005 0,080	0,750 0,036		1000 1030	1350 90		0,124 0,103	0,040 0,774	0,007 2,222
	rasante	.OCK	0,080	0,380		840	950		0,114	0,774	0,026
	rasante		0,010	0,000		0.10	000		-	-	-
									-	-	-
8 [-	-	-
-									-	-	-
									-	-	-
			4						-	-	-
									-	-	-
			+						-	-	
			+						-	-	-
		minare esterno									0,040
	•										•
	Spessore	e totale componente [cm	n] 36,00			RISULTAT	1		Resistenza termica	totale [m2K/W]	3,358
Regime	periodic	o stabilizzato	T =	24	ore	KISULTAT		Regime st	tazionario		
Enttors di	dooromen's	(attonuazione)	د ع	[]		0.007		Macon arma	ficialo	Mo [ke/mo]	270
		(attenuazione) emento (sfasamento)	fd	[-]		0,097		Massa superi		Ms [kg/m2] Rt [m2K/W]	278
	ttore di decr nza termica i	,	φ Yie	[h] [W/m2K]		0,029		Resistenza ter Trasmittanza		U [W/m2K]	3,358 0,298
	za termica lato		Yii	[W/m2K] , [h]		3,62	2,20	Conduttanza		C [W/m2K]	0,290
	za termica lato		Yee	[W/m2K] , [h]		0,89	3,89	Capacità term	ica areica	Cta [kJ/m2K]	277
		a lato interno	k1	[kJ/m2K]		50,0	76,2	Costante di te		t [h]	258
	ermica areica		k2	[kJ/m2K]		12,3	12,8	1	•		
		superficiale interno				,-	,-	İ			
		Parete disperdente	e fsd	[-]		0,529	0,885	1			
		Parete interna		[-]		0,527	0,884	1			
Dati acusti	ici							Stratigrafia d	lel componente ed	dilizio	
Indice poter	ere fonoisolan	te	Rw (dB)	[dB]		46,88					
	Rapporto teci							П		· - · II · - · ·	- ·
0	Laborato Formula										OII
	A 14	S. Hall S. Hall									SE S
A	Altre formule	1									FRONTANDOM ON
Α		onostrato						ω.		∍ 9	NS NO
A	Pareti m							е сет.		desivo	NS NO
0	Pareti m In laterizi In laterizi	nonostrato io alleggerito io						calce cem.		oppio UNI	ESTERNO
0 0	Pareti m In laterizi In laterizi	nonostrato io alleggerito) int cace cem.		ra doppio UNI ollante adesivo	ESTERNO
0 0	Pareti m In laterizi In laterizi In blocch	nonostrato io alleggerito io ni di argilla espansa						пасо ілі сасе сет.		uratura doppio UNI collante adesivo	NS NO
0 0	Pareti m In lateriz In lateriz In blocch	nonostrato io alleggerito io ni di argilla espansa oppie	patorialo fibrografi	20				intonaco int carce cem.		muratura doppio UNI collante adestvo	ESTERNO
0 0 0	Pareti m In lateriz In lateriz In blocch Pareti do In lateriz	nonostrato io alleggerito io ni di argilla espansa oppie io, interc. > 5 cm con m						intonaco int catos cem.		muratura doppio UNI collante adestvo	ESTERNO
0 0 0	Pareti m In lateriz In lateriz In blocch Pareti do In lateriz	nonostrato io alleggerito io ni di argilla espansa oppie						ілісласо ілі сасе сел.		muratura doppio UNI collamte adestvo	ESTERNO
0 0	Pareti m In lateriz In lateriz In blocch Pareti de In lateriz In blocch	nonostrato io alleggerito io ni di argilla espansa oppie io, interc. > 5 cm con m						intonaco int cace cem.		muratura doppio UNI collante adestvo	ESTERNO
0 0 0	Pareti m In lateriz In lateriz In blocch Pareti de In lateriz In blocch	nonostrato io alleggerito io ni di argilla espansa oppie io, interc. > 5 cm con m						O intonaco int calce cem.	10 20	muratura doppo UNI collamte adesivo	ESTERNO
	Pareti m In lateriz In lateriz In blocch Pareti de In lateriz In blocch	nonostrato io alleggerito io ni di argilla espansa oppie io, interc. > 5 cm con m i di argilla espansa, inte						O intonaco int cace cem.	. — . — . — . — . —	murat	LATO ESTERNO
0 0 0	Pareti m In lateriz In lateriz In blocch Pareti de In lateriz In blocch Solai Solai in l	nonostrato io alleggerito io ni di argilla espansa oppie io, interc. > 5 cm con m i di argilla espansa, inte		ateriale fibroso		-		O mronaco int carce cem.	10 20	murat	LATO ESTERNO
C C C C C C C C C C C C C C C C C C C	Pareti m In lateriz In lateriz In blocch Pareti de In lateriz In blocch Solai Solai in l	nonostrato io alleggerito io ni di argilla espansa poppie io, interc. > 5 cm con m ni di argilla espansa, interaterocemento calpestio equivalente	erc. senza ma	ateriale fibroso	alitativi seco	- ondo Linee G	ujda Nazio		10 20 cm		0 LATO ESTERNO
C C C C C C C C C C C C C C C C C C C	Pareti m In lateriz In lateriz In blocch Pareti de In lateriz In blocch Solai Solai in l	nonostrato io alleggerito io ni di argilla espansa coppie io, interc. > 5 cm con m i di argilla espansa, inte	erc. senza ma	ateriale fibroso	alitativi seco	- ondo Linee Gu	sida Nazio	nali sulla Cer	10 20 cm		0 LATO ESTERNO
O O O O O O O O O O O O O O O O O O O	Pareti m In lateriz In lateriz In blocch Pareti de In lateriz In blocch Solai Solai in l	nonostrato io alleggerito io ii di argilla espansa poppie io, interc. > 5 cm con m ii di argilla espansa, inter aterocemento calpestio equivalente • Energetica Estiva - I	erc. senza ma	ateriale fibroso	_	ondo Linee Gu Attenua: fa < 0	ione		10 20 cm		40 Table
Indice livelic	Pareti m In lateriz In lateriz In blocch Pareti de In lateriz In blocch Solai Solai in lateriz In blocch Solai Solai in lateriz Solai in lateriz	nonostrato io alleggerito io ni di argilla espansa poppie io, interc. > 5 cm con m id argilla espansa, intercemento calpestio equivalente Energetica Estiva - I Attenuazione	Lnw,eq Metodo dei p Prestazioni	eteriale fibroso [dB] Darametri qua Qualità Prestazion	_	Attenua; fa < 0 0,15 ≤ fa	ione ,15 < 0,30	nali sulla Cer Controllo attenuazione	10 20 cm	etica degli Ed Sfasamento ($S > 12$ $12 \ge S > 10$	40 FATO ESTERNO
C C C C C C C C C C C C C C C C C C C	Pareti m In lateriz In lateriz In blocch Pareti de In lateriz In blocch Solai Solai in lateriz In blocch Solai Solai in lateriz	io alleggerito io alleggerito io id argilla espansa coppie io, interc. > 5 cm con m id argilla espansa, intercemento calpestio equivalente Energetica Estiva - I Attenuazione Fd < 0,15	Lnw,eq Metodo dei p Prestazioni ottime	[dB] Qualità Prestazion	_	fa < 0 0,15 ≤ fa 0,30 ≤ fa	tione ,15 < 0,30 < 0,40	Controllo attenuazione 1 0 0	10 20 cm	setica degli Ed Sfasamento ($S > 12$ $12 \ge S > 10$ $10 \ge S > 8$	40 FATO ESTERNO
C C C C C C C C C C C C C C C C C C C	Pareti m In lateriz In lateriz In blocch Pareti de In lateriz In blocch Solai Solai in lateriz In blocch Solai Solai in lateriz	nonostrato io alleggerito io ni di argilla espansa poppie io, interc. > 5 cm con m id argilla espansa, intercemento calpestio equivalente Energetica Estiva - I Attenuazione	Lnw,eq Metodo dei p Prestazioni	eteriale fibroso [dB] Darametri qua Qualità Prestazion	_	fa < 0 0,15 ≤ fa 0,30 ≤ fa 0,40 ≤ fa	cione ,15 < 0,30 < 0,40 < 0,60	Controllo attenuazione 1 0 0	10 20 cm Tificazione Energy Controllo Sfasamento 1 0 0 0	etica degli Ed Sfasamento (S > 12 12 \geq S > 10 10 \geq S > 8 8 \geq S > 6	40 FATO ESTERNO
C C C C C C C C C C C C C C C C C C C	Pareti m In lateriz In lateriz In blocch Pareti de In lateriz In blocch Solai Solai in lateriz In brocch Solai Solai in lateriz	io alleggerito io alleggerito io id argilla espansa coppie io, interc. > 5 cm con m id argilla espansa, intercemento calpestio equivalente Energetica Estiva - I Attenuazione Fd < 0,15	Lnw,eq Metodo dei p Prestazioni ottime	[dB] Qualità Prestazion	_	fa < 0 0,15 ≤ fa 0,30 ≤ fa	cione ,15 < 0,30 < 0,40 < 0,60	Controllo attenuazione 1 0 0	10 20 cm	setica degli Ed Sfasamento ($S > 12$ $12 \ge S > 10$ $10 \ge S > 8$	40 FATO ESTERNO
O O O O O O O O O O O O O O O O O O O	Pareti m In lateriz In lateriz In blocch Pareti de In lateriz In blocch Solai Solai in I Io rumore da e Prestazione samento (ore) S > 12 >= S > 10 >= S > 8	conostrato io alleggerito io io alleggerito io id argilla espansa coppie io, interc. > 5 cm con m id argilla espansa, inter aterocemento calpestio equivalente Energetica Estiva - I Attenuazione Fd < 0,15 0,15 <= fd < 0,30 0,30 <= fd < 0,40	Lnw,eq Metodo dei p Prestazioni ottime buone medie	[dB] Darametri qua Qualità Prestazion I III	_	Attenuax fa < 0 0,15 ≤ fa 0,30 ≤ fa 0,40 ≤ fa 0,60 ≤	cione ,15 < 0,30 < 0,40 < 0,60	Controllo attenuazione 1 0 0	10 20 cm Ttificazione Energy Controllo Sfasamento 1 0 0 0	etica degli Ed Sfasamento (S > 12 12 \geq S > 10 10 \geq S > 8 8 \geq S > 6	40 FATO ESTERNO
C C C C C C C C C C C C C C C C C C C	Pareti m In lateriz In lateriz In blocch Pareti de In lateriz In blocch Solai Solai in I Io rumore da e Prestazione samento (ore) S > 12 >= S > 10 >= S > 8	ionostrato io alleggerito io ni di argilla espansa coppie io, interc. > 5 cm con m id argilla espansa, inter atterocemento calpestio equivalente Energetica Estiva - I Attenuazione Fd < 0,15 0,15 <= fd < 0,30	Lnw,eq Metodo dei p Prestazioni ottime buone	[dB] Darametri qua Qualità Prestazion I	_	fa < 0 0,15 ≤ fa 0,30 ≤ fa 0,40 ≤ fa	cione ,15 < 0,30 < 0,40 < 0,60	Controllo attenuazione 1 0 0	10 20 cm Tificazione Energy Controllo Sfasamento 1 0 0 0	etica degli Ed Sfasamento (S > 12 12 \geq S > 10 10 \geq S > 8 8 \geq S > 6	40 FATO ESTERNO

Tabella 7 Stato modificato - Parete di tamponamento esterna con giardino verticale

1) Sce	gliere il ti	ipo di component	te edilizi	0		2) Sceg	liere il pe	riodo delle va	ariazioni termich	e (<= 24 ore)	24
Chi									[sec]	86400	
	Chiusura verticale									[m2K/W]	0,13
							Resistenza	termica sup e		[m2K/W]	0,04
	Descrizion	e degli strati	Spessore (s) [m]	Conduttività termica (I) [W/mK]	Resistenza termica [mqK/W]	Calore specifico (c) [J/KgK]	Densità (ρ) [Kg/m3]	Resistenza termica aria [m2K/W]	Profondità di penetrazione al periodo T (d) [m]	ξ = s/d [-]	Resistenza termica [m2k/w]
Rsi		aminare interno		1	2	3	4	5			0,130
1		o int calce cem.	0,015	0,900		1000	1800		0,117	0,128	0,017
2		a doppio UNI	0,250	0,273		1000	910		0,091	2,752	0,916
3	□ collante		0,005	0,750		1000	1350		0,124	0,040	0,007
4	FRONTE		0,080	0,036		1030	90		0,103	0,774	2,222
5	☐ rasante		0,010	0,380		840	950		0,114	0,087	0,026
6	✓ intercap	pedine	0,050					0,160	-	-	0,160
7	✓ PVC		0,130	0,150		2780	1400		0,033	3,993	0,867
8	cartonfle		0,004	0,230		1270	1100		0,067	0,059	0,017
9		ROOF SOIL	0,050	0,310		1348	400		0,126	0,398	0,161
10									-	-	-
11									-	-	-
12	П								-	-	-
13									-	-	-
14	Г								-	-	-
15									-	-	-
Rse	Aria Strato la	aminare esterno									0,040
	Spessor	e totale componente [cm	59,40						Resistenza termica	totale [m2K/W1	4,563
			33,13			RISULTAT	1				1,555
Regim	e periodio	co stabilizzato	T =	24	ore			Regime st	tazionario		
Eattoro (di docromonte	o (attenuazione)	fd	r_1		0,002		Massa super	ficialo	Me [kg/m2]	484
		` '		[-]				Resistenza ter		Ms [kg/m2]	
	anza termica	remento (sfasamento)	φ Yie	[h] [W/m2K]		7,43 0,000		Trasmittanza		Rt [m2K/W] U [W/m2K]	
	nza termica lat		Yii			3,62	2,20	Conduttanza		C [W/m2K]	
	nza termica lat		Yee	[W/m2K], [h] [W/m2K], [h]		3,62	1,95	Capacità term	nica arojea	Cta [kJ/m2K]	
			k1	[kJ/m2K] , [ii]		49,8	75.8	Costante di te			1033
		ca lato interno		-			,	Costaine unte	про	t [h]	1033
	termica areica		k2	[kJ/m2K]		49,8	56,9	+			
Fattore d	i smorzamento	superficiale interno					•				
		Parete disperdente		[-]		0,529	0,529				
		Parete interna	fsi	[-]		0,529	0,529				
Dati acu	stici							Stratigrafia c	del componente e	dilizio	
			D (-ID)	[-ID]		F4 70		- June 19 and 1	at components c	<u> </u>	
maice po	tere fonoisola Rapporto ted		Rw (dB)	[ub]		51,70					
	_							П	T [<u> </u>	-
•	•	ori italiani							FRONFREEER	intercapedine intercapedine cartop(letro	2
0	Formula	CEN								gart G	3
									ı ğ	<u> </u>	5
	Altre formule	е								Į ž	
											, NS
		nonostrato							<u>₹</u> .2		<u> </u>
0	•	zio alleggerito						3	muratura doppio UNI collante adesivo		LATO ESTE
0	In lateriz							18	opp after 8		ı ü
0	In blocc	hi di argilla espansa						.‡	llar d		6
								9	ratu CC III		5
	Pareti d							🛂	Ē		
0	•	zio, interc. > 5 cm con m						1			
0	In blocc	hi di argilla espansa, inte	rc. senza ma	ateriale fibroso							
								1 11		 	
	Solai							+	· — · — · # · — · +	- · ⊢ · – · –⊪ ·	—I
0	Solai in	laterocemento						0 10	20 30 cm	40 50	60 70
									GIII		
Indice live	ello rumore da	calpestio equivalente	Lnw,eq	[dB]		-]			
	Prestazione	e Energetica Estiva - A	Netodo dei p	arametri qua	alitativi seco	ondo Linee G	uida Nazio	nali sulla Cer	rtificazione Ener	getica degli Ed	lifici
								Controllo	Controllo		
Sf	asamento (ore)	Attenuazione F	restazioni	Qualità Prestazion		Attenua: fa < 0		attenuazione	Sfasamento	Sfasamento (h)
					iaie	0,15 ≤ fa		0	0	12 ≥ S > 1	0
	S > 12	Fd < 0,15	ottime	I		0,10 ≤ fa		0	0	10 ≥ S > 8	
12	:>= S > 10	0,15 <= fd < 0,30	buone	II		0,30 ≤ fa		0	1	8 ≥ S > 6	
						0,40 ≤ 10		0	Ö	6 ≥ S	
10	D >= S > 8	0,30 <= fd < 0,40	medie	III		0,00		•	o I	0 = 0	
8	I >= S > 6	0,40 <= fd < 0,60	sufficienti	IV		Droots-is:			0.46-1		
						Prestazion			Sufficienti	_	
1	6 >= S	0,60 <= fd	mediocri	V		Qualità pre	staziona	le	IV		
									• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •		





Tabella 8 Stato attuale – Copertura in coppi e teogli

1) 5	- ئاس	o il tipo di composi		la 8 Stato	attuale ·							
1) Sce	gnei	e il tipo di component	e eamzı	U		2) Sce		riodo delle va elle variazioni te	rriazioni termiche	e (<= 24 ore) [sec]	24 8640	
Chiusura orizzontale (flusso discendente)						Resistenza termica sup interna Rsi					0,17	7
		`		<u> </u>			Resistenza	termica sup e	sterna Rse	[m2K/W]	0,04	1
	Des	scrizione degli strati	Spessore (s) [m]	Conduttività termica (I) [W/mK]	Resistenza termica [mqK/W]	Calore specifico (c) [J/KgK]	Densità (ρ) [Kg/m3]	Resistenza termica aria [m2K/W]	Profondità di penetrazione al periodo T (d) [m]	ξ = s/d [-]	Resiste termi [m2k/	ica /w]
Rsi		Strato laminare interno		1	2	3	4	5			0,17	
1	Г	tabelle in laterizio	0,033	0,538		1000	1650		0,095	0,348	0,06	
3		massetto in CLS tegole in laterizio	0,050 0,021	1,100 0,900		1000 840	1800 2000		0,130 0,121	0,386 0,173	0,04	
<u>3</u>	Ė	tegole III laterizio	0,021	0,900		040	2000		-	0,173	0,02	.3
5									-	-	-	
6	П								-	-	-	
7									-	-	-	
8	Г								-	-	-	
9									-	-	-	
10 11									-	-	-	
12									-	-	-	
13	П								-	-	-	
14	П								-	-	-	
15									-	-	-	
Rse	Aria	Strato laminare esterno									0,04	0
		Spessore totale componente [cm]	10,40						Resistenza termica	totale [m2K/W1	0,34	10
			-, -			RISULTAT	1			,	- 7	
Regim	е ре	riodico stabilizzato	T =	24	ore			Regime st	tazionario			
Fattore of	di dec	remento (attenuazione)	fd	[-]		0,832		Massa super	ficiale	Ms [kg/m2]	186)
Ritardo f	fattor	e di decremento (sfasamento)	φ	[h]		2,96		Resistenza tei	mica totale	Rt [m2K/W]	0,34	0
		termica periodica	Yie	[W/m2K]		2,445		Trasmittanza	l	U [W/m2K]		
		rmica lato interno	Yii	[W/m2K] , [h]		3,55	0,91	Conduttanza		C [W/m2K]		
		rmica lato esterno ica areica lato interno	Yee k1	[W/m2K] , [h] [kJ/m2K]		7,72 42,2	2,68 75,4	Capacità term Costante di te		Cta [kJ/m2K] t [h]	180 17	
		ca areica lato esterno	k2	[kJ/m2K]		108,3	101,4	Costante di te	Про	t [iij		
		zamento superficiale interno	RZ.	[KJ/IIIZK]		100,3	101,4	1				
i alloro a	. 00.	Parete disperdente	fsd	[-]		0,397	-0,313	1				
		Parete interna	fsi	[-]		0,479	-0,339	1				
Dati acu	stici							Stratigrafia c	lel componente e	dilizio		
Indice po	otere fo	onoisolante	Rw (dB)	[dB]		43,41		-				
	Rapp	oorto tecnico UNI							. — . — . — . — . —		T I	
0		Laboratori italiani Formula CEN										
	Altre	formule										0
		Pareti monostrato						اڃا		=	Į.	STERNO
0		In laterizio alleggerito						ce cem		<u>N</u>	8	S
0	•	In laterizio						calc		ddop	雷	ш
U	_	In blocchi di argilla espansa						<u>:</u>		ura	i di	LATO
		Pareti doppie						intonaco int cal		muratura doppio	₽	_
0		In laterizio, interc. > 5 cm con ma In blocchi di argilla espansa, inte						Į		_	Ĕ	
0	•	Solai Solai in laterocemento							10	20		30
	_								cm	20		00
Indice live	ello ru	more da calpestio equivalente	Lnw,eq	[dB]		-						
	Pres	tazione Energetica Estiva - M	etodo dei p	oarametri qua	alitativi seco	ondo Linee G	uida Nazio			getica degli Ed	lifici	
Sf	asam (ore	ento Attenuazione P	restazioni	Qualità Prestazion		Attenua:		Controllo attenuazione 0	Controllo Sfasamento 0	Sfasamento ((h)	
	S > 1		ottime	I		0,15 ≤ fa	< 0,30	0	0	12 ≥ S > 1		
4.0						0,30 ≤ fa		0	0	10 ≥ S > 8		
	? >= S		buone	II		0,40 ≤ fa 0,60 ≤		0 1	0 1	$8 \ge S > 6$ $6 \ge S$		
10	0 >= 9	6 > 8 0,30 <= fd < 0,40	medie	III		0,00	. 1u	'	' 1	0 2 0	1	
8	3 >= S	> 6 0,40 <= fd < 0,60	sufficienti	IV		Prestazion	i		Mediocri			
	6 >=	S 0,60 <= fd	mediocri	٧		Qualità pre		le	V	-		
					'							

T abella 9 Stato modificato – Copertura isolata in tegole marsigliesi componente edilizio 2) Scepliere il periodo delle variazioni ter

1) S	ces	glier	e il tipo di component		o					ariazioni termiche	e (<= 24 or <u>e</u>)	24
Chiusura orizzontale (flusso ascendente)						Periodo delle variazioni termiche T					[sec]	86400
Cr	niu	sur	a orizzontale (fluss	so ascer	ndente)				termica sup ir		[m2K/W]	0,10
								Resistenza	termica sup e	sterna Rse	[m2K/W]	0,04
		Des	scrizione degli strati	Spessore (s) [m]	Conduttività termica (I) [W/mK]	Resistenza termica [mqK/W]	Calore specifico (c) [J/kgK]	Densità (ρ) [kg/m3]	Resistenza termica aria [m2K/W]	Profondità di penetrazione al periodo T (d)	ξ = s/d [-]	Resistenza termica [m2k/w]
Rs	i	Aria	Strato laminare interno		1	2	3	4	5			0,100
1			Intonaco calce cemento	0,015	0,900		1000	1800		0,117	0,128	0,017
2	_		solaio 16+4	0,160	1,007		880	1550		0,142	1,123	0,159
3	_	_	EPS STYRODUR 2500C aria	0,080	0,035		1450	28	0,180	0,154	0,520	2,286 0,180
5		_	manto in marsigliesi	0,000	1,000		800	2000	0,180	0,131	0,153	0,180
6		Г								-	-	-
7		Г								-	-	-
8	_									-	-	-
9		-								-	-	-
11		F								-	-	-
12		Г								-	-	-
13										-	-	-
14										-	-	-
15	_	F.	Ctrata laminara asterna							-	-	- 0.040
Rse	е	Aria	Strato laminare esterno									0,040
		;	Spessore totale componente [cm]	33,50						Resistenza termica	totale [m2K/W]	2,801
							RISULTAT					
Pog	ime	0.00	riodico stabilizzato	T=	24	ore			Pogimo s	tazionario		
reg	Ш	e pe	riodico stabilizzato	'-	24	ore			Regime s	tazionario		
Eatto	ro d	li doc	remento (attenuazione)	fd	[-]		0,337		Massa super	ficialo	Ms [kg/m2]	317
			di decremento (sfasamento)	φ	[h]		7,15		Resistenza te		Rt [m2K/W	
			ermica periodica	Yie	[W/m2K]		0,120		Trasmittanza		U [W/m2K]	
			mica lato interno	Yii	[W/m2K], [h]		5,93	1,59	Conduttanza		C [W/m2K]	
			mica lato esterno	Yee	[W/m2K], [h]		2,38	4,95	Capacità term		Cta [kJ/m2K]	
			ca periodica lato interno	k1	[kJ/m2K]		82,7	159,8	Costante di te	empo	t [h]	218
			a periodica lato esterno	k2	[kJ/m2K]		34,3	36,3	+			
Fallor	e ai	SITIOI	zamento superficiale interno Parete disperdente	fsd	[.]		0,407	0,762	•			
			Parete interna	•	[-] [-]		0,399	0,762	•			
			r di oto intorna		.,			0,700	†			
Dati a	acus	tici							Stratigrafia o	del componente e	dilizio	
				_ ()					1			
Indice	e pot	tere to	noisolante	Rw (dB)	[aB]		48,03		+			
		Rapp	orto tecnico UNI									
										$\cdot - \cdot -$	[-:-:	וד
0			Laboratori italiani									
U			Formula CEN									
		Altre	formule									
		,										9
			Pareti monostrato							ا		mattoni ESTERNO
0			In laterizio alleggerito							Concrete	Forato	ESTE
0	-		In laterizio							ઙૼ ૾	Forato	11 0
			In blocchi di argilla espansa									¥
			Pareti doppie									11 -
0			In laterizio, interc. > 5 cm con m	ateriale fibro	so							
0			In blocchi di argilla espansa, inte	rc. senza ma	ateriale fibroso							
			Coloi									
0	•		Solai Solai in laterocemento						 -	. — . — ! — . — ! —	- · — l — · — ·	→ .l
			Color III Iddol OCCITICINO						0 10	20 c 3 0	40	50 60
]			
Indice	e live	ello rui	more da calpestio equivalente	Lnw,eq	[dB]		•		1			
						the ex-			1			lier i
		Pres	tazione Energetica Estiva - N	netodo dei p	parametri qua	uitativi seco	onao Linee Gi	uida Nazio	nan sulla Cei	rtificazione Energ	etica degli Ed	JITICI TOTAL
_									Controllo	Controllo		
	Sfa		ento Attenuazione	Prestazio		alità	Attenua		attenuazione	Sfasamento	Sfasamento	(h)
		(ore	e) necendazione		Presta	zionale	fa < 0	, .	0	0	S > 12	0
		S >	12 Fd < 0,15	ottime		I	$0.15 \le fa$ $0.30 \le fa$		0 1	0	$12 \ge S > 1$ $10 \ge S > 8$	
	12	>= 5	> 10 0,15 <= fd < 0,30	buone	1	I	0,30 ≤ fa 0,40 ≤ fa		0	1	$8 \ge 8 > 6$	
-) >= 9		medie		II	0,40 ≤ 10		0	ó	6 ≥ S	
H									•			'
	8	>= 9		sufficient		V	Prestazion	i		Sufficienti		
		6 >=	S 0,60 <= fd	mediocri	'	V	Qualità pre	estaziona	le	IV	-	
							Luanta pi	J.u. ioi la				





Tabella 10 Stato modificato – copertura piana con tetto verde estensivo

4) 6					to – cope				de estensivo		
1) Sce	gliei	re il tipo di componen	te edilizi	0		2) Sceg			riazioni termiche	<u> </u>	24
Chi	Chiusura orizzontale (flusso ascendente)							lle variazioni te termica sup in		[sec] [m2K/W]	86400 0,10
Cilic	ısuı	a of izzofftale (flus	so ascer	idente)				termica sup in		[m2K/W]	0,10
	Descrizione degli strati			Conduttività termica (I) [W/mK]	Resistenza termica [mqK/W]	Calore specifico (c) [J/KgK]	Densità (ρ) [Kg/m3]	Resistenza termica aria [m2K/W]	Profondità di penetrazione al periodo T (d) [m]	ξ = s/d [-]	Resistenza termica [m2k/w]
Rsi	Aria	Strato laminare interno		1	2	3	4	5	[III]		0,100
1	П	intonaco int. cacle cem.	0,015	0,900		1000	1800		0,117	0,128	0,017
2	П	solaio in laterocmento	0,160	1,007		880	1550		0,142	1,123	0,159
3		soletta in CLS	0,040	1,800		2000	2500		0,100	0,402	0,022
4		manto imp. Antiradice	0,005	0,230		900	110		0,253	0,020	0,022
5		DAKU FSD 30	0,080	0,034		1200	25		0,177	0,453	2,353
<u>6</u> 7		DAKU STABILFILTER SFE DAKU ROOF SOIL	0,0013	0,220 0,310		900 1348	170 878		0,199 0,085	0,007 0,943	0,006 0,258
8		DARO ROOF SOIL	0,000	0,310		1340	0/0		0,065	- 0,943	-
9	Г								-	-	-
10	Г								-	-	-
11	П								-	-	-
12	П								-	-	
13									-	-	-
14	П								-	-	-
15									-	-	-
Rse	Aria	Strato laminare esterno									0,040
		Spessore totale componente [cm	38,13						Resistenza termica	totale [m2k/\\\/1	2,976
		Spessore totale componente [cm	30,13			DICLU TAT			Resisteriza termica	lotale [mzrvvv]	2,976
						RISULTAT	<u> </u>				
Regim	е ре	eriodico stabilizzato	T =	24	ore			Regime st	tazionario		
	•										
Fattore of	di dec	remento (attenuazione)	fd	[-]		0,107		Massa super	ficiale	Ms [kg/m2]	448
		e di decremento (sfasamento)	φ	[h]		12,23		Resistenza ter		Rt [m2K/W]	
		termica periodica	Yie	[W/m2K]		0,036		Trasmittanza		U [W/m2K]	0,336
Ammette	nza te	rmica lato interno	Yii	[W/m2K], $[h]$		5,43	1,39	Conduttanza		C [W/m2K]	0,353
Ammette	nza te	rmica lato esterno	Yee	[W/m2K], [h]		4,86	3,34	Capacità term	ica areica	Cta [kJ/m2K]	543
Capacità	term	ica areica lato interno	k1	[kJ/m2K]		75,1	142,0	Costante di te	mpo	t [h]	449
Capacità	termi	ca areica lato esterno	k2	[kJ/m2K]		67,1	76,1				
Eattors -	attore di smorzamento superficiale interno										
ı-aแบre d	SHO	zamento superficiale interno									
ı-aแ∪re d	SITIOI	zamento superficiale interno Parete disperdente	e fsd	[-]		0,457	0,514				
ı-auore d	I SITIOI	•		[-] [-]		0,457 0,454	0,514 0,512				
		Parete disperdente									
Pattore d		Parete disperdente						Stratigrafia d	lel componente e	dilizio	
Dati acu	stici	Parete disperdente Parete interna	n fsi	[-]		0,454		Stratigrafia d	del componente ed	dilizio	
Dati acu	stici	Parete disperdente		[-]				Stratigrafia d	del componente ed	dilizio	
Dati acu	stici otere fo	Parete disperdente Parete interna proisolante	n fsi	[-]		0,454		Stratigrafia d	lel componente e	dilizio	
Dati acu	stici otere fo	Parete disperdente Parete interna	n fsi	[-]		0,454		Stratigrafia d	lel componente e	dilizio	T1
Dati acu	stici otere fo	Parete disperdente Parete interna proisolante	n fsi	[-]		0,454		Stratigrafia d	lel componente ed	dilizio	<u>-</u>
Dati acu	stici otere fo Rapp	Parete disperdente Parete interna ponoisolante porto tecnico UNI	n fsi	[-]		0,454		Stratigrafia d	lel componente e	dilizio	[]
Dati acu	stici otere fo Rapp	Parete disperdente Parete interna ponoisolante porto tecnico UNI Laboratori italiani	n fsi	[-]		0,454		Stratigrafia d	lel componente ed	dilizio	[]
Dati acu	stici otere fo Rapp	Parete disperdente Parete interna ponoisolante porto tecnico UNI Laboratori italiani	n fsi	[-]		0,454		Stratigrafia d	del componente ed	dilizio	
Dati acu	stici otere fo Rapp	Parete disperdente Parete interna ponoisolante porto tecnico UNI Laboratori italiani Formula CEN	n fsi	[-]		0,454		Stratigrafia d	lel componente e	dilizio	Q.
Dati acu	stici otere fo Rapp Altre	Parete disperdente Parete interna concisolante corto tecnico UNI Laboratori italiani Formula CEN cormule Pareti monostrato	n fsi	[-]		0,454			lel componente ed		en
Dati acu	stici otere fo Rapp Altre	Parete disperdente Parete interna conoisolante corto tecnico UNI Laboratori italiani Formula CEN Pareti monostrato In laterizio alleggerito	n fsi	[-]		0,454		cem.	lel componente e		STERNO
Dati acu	stici otere fo Rapp Altre	Parete disperdente Parete interna parete pare	n fsi	[-]		0,454		cem.	lel componente e		FST
Dati acu	stici otere fo Rapp Altre	Parete disperdente Parete interna conoisolante corto tecnico UNI Laboratori italiani Formula CEN Pareti monostrato In laterizio alleggerito	n fsi	[-]		0,454		cem.	lel componente e		FST
Dati acu	otere for Rapp	Parete disperdente Parete interna concisolante corto tecnico UNI Laboratori italiani Formula CEN formule Pareti monostrato In laterizio alleggerito In laterizio In laterizio di argilla espansa	n fsi	[-]		0,454		cem.	del componente ed		8 I 🗔
Dati acu	stici Rapp Altre	Parete disperdente Parete interna concisolante corto tecnico UNI Laboratori italiani Formula CEN Pareti monostrato In laterizio alleggerito In laterizio In blocchi di argilla espansa Pareti doppie	Rw (dB)	[-]		0,454			lel componente e		FST
Dati acu	stici tere for Rapp. Altre	Parete disperdente Parete interna parete pareti parete interna pareti par	Rw (dB)	[dB]		0,454		cem.	lel componente e		FST
Dati acu	stici tere for Rapp. Altre	Parete disperdente Parete interna concisolante corto tecnico UNI Laboratori italiani Formula CEN Pareti monostrato In laterizio alleggerito In laterizio In blocchi di argilla espansa Pareti doppie	Rw (dB)	[dB]		0,454		cem.	lel componente e		FST
Dati acu	stici Rapp Altre	Parete disperdente Parete interna parete pareti parete interna pareti par	Rw (dB)	[dB]		0,454		cem.	lel componente e		FST
Dati acu	stici tere for Rapp. Altre	Parete disperdente Parete interna conoisolante corto tecnico UNI Laboratori italiani Formula CEN a formule Pareti monostrato In laterizio In blocchi di argilla espansa Pareti doppie In laterizio, interc. > 5 cm con m In blocchi di argilla espansa, interna con mi	Rw (dB)	[dB]		0,454		cem.	10		FST
Dati acu Indice po	stici tere for Rapp. Altre	Parete disperdente Parete interna concisolante corto tecnico UNI Laboratori italiani Formula CEN Pareti monostrato In laterizio alleggerito In laterizio alleggerito In laterizio, interc. > 5 cm con m In blocchi di argilla espansa, intercolari i	Rw (dB)	[dB]		0,454		intonaco int calce cem.		muratura doppio UMI	intonaco int cates o
Dati acu Indice po	Altre	Parete disperdente Parete interna parete interna parete interna parete interna parete interna parete interna parete paret	Rw (dB)	[dB] so steriale fibroso		0,454		intonaco int calce cem.	10	muratura doppio UMI	intonaco int cates o
Dati acu Indice po	Altre	Parete disperdente Parete interna concisolante corto tecnico UNI Laboratori italiani Formula CEN Pareti monostrato In laterizio alleggerito In laterizio alleggerito In laterizio, interc. > 5 cm con m In blocchi di argilla espansa, intercolari i	Rw (dB)	[dB] so steriale fibroso		0,454		intonaco int calce cem.	10	muratura doppio UMI	intonaco int cates o
Dati acu Indice po	Altre	Parete disperdente Parete interna pronoisolante porto tecnico UNI Laboratori italiani Formula CEN Pareti monostrato In laterizio alleggerito In laterizio alleggerito In laterizio di argilla espansa Pareti doppie In laterizio, interc. > 5 cm con m In blocchi di argilla espansa, interna proposi in laterizio interce sono monostrato Solai Solai in laterocemento	Rw (dB) Rateriale fibrorerc. senza ma	[dB] so steriale fibroso		0,454	0,512	o intonaco int calce cem.	10 cm	INN odobo nunannum	——————————————————————————————————————
Dati acu Indice po	Altre	Parete disperdente Parete interna parete interna parete interna parete interna parete interna parete interna parete paret	Rw (dB) Rateriale fibrorerc. senza ma	[dB] so steriale fibroso	alitativi seco	0,454	0,512	o intonaco int calce cem.	10 cm	INN odobo nunannum	——————————————————————————————————————
Dati acu Indice po	Altre	Parete disperdente Parete interna pronoisolante porto tecnico UNI Laboratori italiani Formula CEN Pareti monostrato In laterizio alleggerito In laterizio alleggerito In laterizio di argilla espansa Pareti doppie In laterizio, interc. > 5 cm con m In blocchi di argilla espansa, interna proposi in laterizio interce sono monostrato Solai Solai in laterocemento	Rw (dB) Rateriale fibrorerc. senza ma	[dB] so steriale fibroso	alitativi seco	0,454	0,512	intonaco in calce cem.	10 cm	INN odobo nunannum	——————————————————————————————————————
Dati acu Indice po	Altre	Parete disperdente Parete interna Pareti Pare	Rw (dB) Rw (dB) Auteriale fibroserc. senza ma	[dB] so so tateriale fibroso [dB]		0,454 51,03	0,512	nali sulla Cer	10 cm	No ojdogo enjene entene 20	30 Platfici
Dati acu Indice po	Altre	Parete disperdente Parete interna Parete interna Parete interna Parete interna Parete interna Parete interna Pareti Paret	Rw (dB) Rateriale fibrorerc. senza ma	[dB] so steriale fibroso	_	0,454	0,512	intonaco in calce cem.	10 cm	INN odobo nunannum	30 Platfici
Dati acu Indice po	Altre Pres	Parete disperdente Parete interna pronoisolante porto tecnico UNI Laboratori italiani Formula CEN Pareti monostrato In laterizio alleggerito In laterizio alleggerito In laterizio alleggerito In laterizio in tecni di argilla espansa Pareti doppie In laterizio, interc. > 5 cm con mandi In laterizio, interc. > 5 cm con mandi In laterizio, intercon solai Solai in laterocemento more da calpestio equivalente stazione Energetica Estiva - Mandi In Interna proportione Internatione Internatione Internatione Internatione Internatione Internatione Internatione International Interna	Rw (dB) Rw (dB) Ruteriale fibrorerc. senza ma Lnw,eq	[dB] [dB] Qualità Prestazion	_	0,454 51,03 - ndo Linee Gu	0,512	nali sulla Cer	10 cm tificazione Energ Controllo Sfasamento	NO oddo munanu 20 getica degli Ec	30 TATO EST
Dati acu Indice po	Altre	Parete disperdente Parete interna pronoisolante proporto tecnico UNI Laboratori italiani Formula CEN formule Pareti monostrato In laterizio alleggerito In laterizio alleggerito In laterizio alleggerito In laterizio, interc. > 5 cm con m In blocchi di argilla espansa, intercon solai Solai Solai in laterocemento more da calpestio equivalente stazione Energetica Estiva - Mento Attenuazione	Rw (dB) Rw (dB) Auteriale fibroserc. senza ma	[dB] so atteriale fibroso [dB] parametri qua	_	o,454 51,03 - Indo Linee Gt Attenua: fa < 0	0,512 uida Nazio tione 1,15 < 0,30	nali sulla Cer Controllo attenuazione	10 cm tificazione Energ Controllo Sfasamento 1	NO oddog enternu 20 Sfasamento (S > 12	30 Infinitely and the second of the second o
Dati acu Indice po	Altre Pres	Parete disperdente Parete interna proposicioni del propos	Rw (dB) Rw (dB) Rateriale fibrorerc. senza ma Lnw,eq	[dB] [dB] Qualità Prestazion	_	0,454 51,03 51,03 Attenua: $fa < 0$ $0,15 \le fa$	0,512 vida Nazio tione interval	nali sulla Cer Controllo attenuazione 1	tificazione Eners Controllo Sfasamento 1 0	Sfasamento ($S > 12$) $12 \ge S > 1$	30 Infinitely and the second of the second o
Dati acu Indice po	Altre Altre Solution of the second of the	Parete disperdente Parete interna conoisolante corto tecnico UNI Laboratori italiani Formula CEN formule Pareti monostrato In laterizio alleggerito In laterizio In blocchi di argilla espansa Pareti doppie In laterizio, interc. > 5 cm con m In blocchi di argilla espansa, inte Solai Solai in laterocemento more da calpestio equivalente stazione Energetica Estiva - M anno Attenuazione 12 Fd < 0,15 > 10 0,15 <= fd < 0,30	Rw (dB) Rw (dB) Lnw,eq Actodo dei p Prestazioni ottime buone	[dB] So atteriale fibroso [dB] Prestazion I II	_	0,454 51,03 51,03 Attenua: $fa < 0$ $0,15 \le fa$ $0,30 \le fa$	0,512 vida Nazio tione 1,15 < 0,30 < 0,40 < 0,60	nali sulla Cer Controllo attenuazione 1 0 0	10 cm tificazione Energy Controllo Sfasamento 1 0 0	Setica degli Ecosomento (S > 12 \geq S > 1 \geq 10 \geq S > 8	30 Infinitely and the second of the second o
Dati acu Indice po	Altre Pres	Parete disperdente Parete interna conoisolante corto tecnico UNI Laboratori italiani Formula CEN formule Pareti monostrato In laterizio alleggerito In laterizio In blocchi di argilla espansa Pareti doppie In laterizio, interc. > 5 cm con m In blocchi di argilla espansa, inte Solai Solai in laterocemento more da calpestio equivalente stazione Energetica Estiva - M anno Attenuazione 12 Fd < 0,15 > 10 0,15 <= fd < 0,30	Rw (dB) Rw (dB) Runderiale fibrorerc. senza ma Lnw,eq Aetodo dei p	[dB] [dB] Qualità Prestazion I	_	0,454 51,03 51,03 Attenua: $fa < 0$ $0.15 \le fa$ $0.30 \le fa$ $0.40 \le fa$	0,512 vida Nazio tione 1,15 < 0,30 < 0,40 < 0,60	nali sulla Cer Controllo attenuazione 1 0 0	tificazione Energ Controllo Sfasamento 1 0 0	getica degli Ec Sfasamento ($S > 12$ $10 \ge S > 8$ $8 \ge S > 6$	30 Infinitely and the second of the second o
Dati acu Indice po	Altre Altre Solution of the second of the	Parete disperdente Parete interna conoisolante corto tecnico UNI Laboratori italiani Formula CEN cormule Pareti monostrato In laterizio alleggerito In laterizio In blocchi di argilla espansa Pareti doppie In laterizio, interc. > 5 cm con m In blocchi di argilla espansa, inte Solai Solai in laterocemento more da calpestio equivalente stazione Energetica Estiva - A Attenuazione 12 Fd < 0,15 > 10 0,15 <= fd < 0,30 63 > 8 0,30 <= fd < 0,40	Rw (dB) Rw (dB) Lnw,eq Actodo dei p Prestazioni ottime buone	[dB] So atteriale fibroso [dB] Prestazion I II	_	0,454 51,03 51,03 Attenua: $fa < 0$ $0.15 \le fa$ $0.30 \le fa$ $0.40 \le fa$	0,512 (ione ,15 < 0,30 < 0,40 < 0,60 fa	nali sulla Cer Controllo attenuazione 1 0 0	Controllo Sfasmento 1 0 0 0	getica degli Ec Sfasamento ($S > 12$ $10 \ge S > 8$ $8 \ge S > 6$	30 Infinitely and the second of the second o
Dati acu Indice po	Altre Altre Solution of the state of the s	Parete disperdente Parete interna conoisolante corto tecnico UNI Laboratori italiani Formula CEN Pareti monostrato In laterizio alleggerito In laterizio alleggerito In laterizio in blocchi di argilla espansa Pareti doppie In laterizio, interc. > 5 cm con m In blocchi di argilla espansa, inte Solai Solai in laterocemento more da calpestio equivalente citazione Energetica Estiva - M Attenuazione 12 Fd < 0,15 > 10 0,15 <= fd < 0,30 5 > 8 0,30 <= fd < 0,40 > 6 0,40 <= fd < 0,60	Rw (dB) Rw (dB) Rw (dB) Rw (dB) Rw (dB)	[dB] [dB] So atteriale fibroso [dB] Prestazion I III	_		0,512 vida Nazio tione 1,15 < 0,30 < 0,40 fa	Controllo attenuazione 1 0 0	tificazione Energ Controllo Sfasamento 1 0 0	getica degli Ec Sfasamento ($S > 12$ $10 \ge S > 8$ $8 \ge S > 6$	30 Infinitely and the second of the second o

Tabella 11 Stato modificato – copertura piana con tetto verde estensivo pesante

Chiusura orizzontale (flusso ascendente)) Scegliere il tipo di componente edilizio						2) Sceg			ariazioni termiche			24
Descrizione degli strati	Chi				1						[sec]		
Descrizione degli stratt	Chiu	ısuı	a orizzontale (fluss	o ascer	idente)								
Descrizione degli strati								Resistenza	termica sup e	sterna Rse	[m2K/W]	0,	04
		De	scrizione degli strati	(s)	termica (I)	termica	specifico (c)	(ρ)	termica aria	penetrazione al periodo T (d)		terr	mica
Section Sect	Rsi					2			5				
Section CLS	1		intonaco int. cacle cem.	0,015	0,900		1000	1800		0,117	0,128	0,0	017
	2		solaio in laterocmento	0,160	1,007		880	1550		0,142	1,123	0,1	159
	3		soletta in CLS	0,040	1,800		2000	2500		0,100	0,402	0,0	022
B	4		manto imp. Antiradice	0,005	0,230		900	110		0,253	0,020	0,0	022
1	5		DAKU FSD 30	0,080	0,034		1200	25		0,177	0,453	2,3	353
Second S	6		DAKU STABILFILTER SFE	0,0013	0,220		900	170		0,199	0,007	0,0	006
10 F	7	П	DAKU ROOF SOIL	0,200	0,310		1348	878		0,085	2,356	0,6	645
Spesion Spes	8									-	-		_
11 1	9	П								-	-		_
12	10	П								-	-		-
12 16 17 18 18 18 18 18 18 18	11	П								-	-		_
Spessore totale componentia [cm] Sq.13 Resistenza termica totale [m/2KW] 3.364		П								-	-		_
Spessore totale componente (orm) S0,13 Resistanza termica totale [m2KW] 3.364										_	_		_
Spessore lotale componente [cm] S0,13 Resistenza termica totale [m2K/W] 3,364													
Spessore totale componente [cm] 50,13 Resistenza termica totale [m2K/W] 3,364													
Spessore totale componente [cm] 50,13 Resistenza termica totale [m2K/W] 3,364			Strato laminare esterno								_	0.0	040
Testazione Tes	1130	Alla	Chato larrinare esterno									0,0	J + 0
State Committee Committe			Spessore totale componente [cm]	50,13						Resistenza termica t	totale [m2K/W]	3,3	364
Regime periodico stabilizzato							DICI II TAT	1			, ,		
titore di decremento (attenuazione) fd [-] 0.028 Massa superficiale Ms							KIJULTAI						
10,00	egim	e pe	eriodico stabilizzato	T =	24	ore			Regime st	tazionario			
tardo fatore di decremento (sfasamento)	ttore o	di dec	remento (attenuazione)	fd	[-]		0,028		Massa super	ficiale	Ms [kg/m2]	5	53
Value Valu	tardo 1	attor	e di decremento (sfasamento)	Φ			18,00		Resistenza ter	rmica totale		3,3	364
The properties the properties of the properti													
Vertical contents Authorization Authoriz								1.39					
pacità termica areica latio esterno k1 kL/m2K 74,6 141,0 Costante di tempo t (h) 640 pacità termica areica latio esterno k2 (kL/m2K) 61,4 71,1 pacità termica areica latio esterno k2 (kL/m2K) 61,4 71,1 pacità termica areica latio esterno k2 (kL/m2K) 61,4 71,1 pacità termica areica latio esterno k2 (kL/m2K) 61,4 71,1 pacità termica areica latio esterno k2 (kL/m2K) 61,4 71,1 pacità termica areica latio esterno k2 (kL/m2K) 61,4 71,1 pacità termica areica latio esterno k2 (kL/m2K) 61,4 71,1 pacità termica superficiale interno k2 (kL/m2K) 61,4 71,1 pacità termica areica latio esterno k2 (kL/m2K) 61,4 71,1 pacità termica areica latio esterno k2 (kL/m2K) 61,4 71,1 pacità termica areica latio esterno k2 (kL/m2K) 61,4 71,1 pacità termica areica latio esterno k2 (kL/m2K) (kL/m2K) (kL/m2K) (kL/m2K) pacità termica areica latio esterno k2 (kL/m2K) (kL/m2K										nica areica			
Stratigrafia del componente edilizio Stratigrafia													
The part of the	-				-			1			2 29		
## Parete disperdente fsd -				r\Z	[NO/THEN]		- 01,4	11,1					
Controllo Cont	uoi e a	SIIU	· ·	for all	r 1		0.457	0.550					
tiacustici fice potere fonoisolanie			·										
ice potere fonoisolante Rw (dB) [dB] 52,96 Rapporto tecnico UN			Parete interna	fsí	[-J		0,457	υ,554					
Controllo Cont	41	and a d							Chunkie fi	lal sammer aret	dili-i-		
Rapporto tecnico UNI Laboratori italiani Formula CEN Altre formule Pareti monostrato In laterizio alleggerito In laterizio in blocchi di argilla espansa Pareti doppie In laterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso In blocchi di argilla espansa, interc. senza materiale fibroso In blocchi di argilla espansa, interc. senza materiale fibroso In blocchi di argilla espansa, interc. senza materiale fibroso In blocchi di argilla espansa, interc. senza materiale fibroso In blocchi di argilla espansa, interc. senza materiale fibroso In blocchi di argilla espansa, interc. senza materiale fibroso In blocchi di argilla espansa, interc. senza materiale fibroso In blocchi di argilla espansa, interc. senza materiale fibroso In blocchi di argilla espansa, interc. senza materiale fibroso In blocchi di argilla espansa, interc. senza materiale fibroso Stali Stasamento Attenuazione In aterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso In blocchi di argilla espansa, interc. senza materiale fibroso Stasi Stasamento In aterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso In blocchi di argilla espansa, interc. senza materiale fibroso Stasi Stasamento In aterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso In blocchi di argilla espansa, interc. senza materiale fibroso Stasi Stasamento In aterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso Stasamento In aterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso Stasamento In aterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso Stasamento In aterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso Stasamento In aterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso Stasamento In aterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso Stasamento In aterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso Stasamento In aterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso Stasamento In aterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso Stasamento In aterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso Stasamento In aterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso Stasamento In aterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso Stasamento In aterizio, interc.	LI ACU	outil							stratigrama C	er componente et	uitiZiO		
Rapporto tecnico UNI Laboratori italiani Formula CEN Altre formule Pareti monostrato In laterizio alleggerito In laterizio in blocchi di argilla espansa Pareti doppie In laterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso In blocchi di argilla espansa, interc. senza materiale fibroso In blocchi di argilla espansa, interc. senza materiale fibroso In blocchi di argilla espansa, interc. senza materiale fibroso In blocchi di argilla espansa, interc. senza materiale fibroso In blocchi di argilla espansa, interc. senza materiale fibroso In blocchi di argilla espansa, interc. senza materiale fibroso In blocchi di argilla espansa, interc. senza materiale fibroso In blocchi di argilla espansa, interc. senza materiale fibroso In blocchi di argilla espansa, interc. senza materiale fibroso In blocchi di argilla espansa, interc. senza materiale fibroso Stali Stasamento Attenuazione In aterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso In blocchi di argilla espansa, interc. senza materiale fibroso Stasi Stasamento In aterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso In blocchi di argilla espansa, interc. senza materiale fibroso Stasi Stasamento In aterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso In blocchi di argilla espansa, interc. senza materiale fibroso Stasi Stasamento In aterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso Stasamento In aterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso Stasamento In aterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso Stasamento In aterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso Stasamento In aterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso Stasamento In aterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso Stasamento In aterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso Stasamento In aterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso Stasamento In aterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso Stasamento In aterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso Stasamento In aterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso Stasamento In aterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso Stasamento In aterizio, interc.	lice po	tere f	onoisolante	Rw (dB)	[dB]		52,86						
Laboratori italiani Formula CEN Altre formule Pareti monostrato In laterizio alleggerito In laterizio In blocchi di argilla espansa Pareti doppie In laterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso In blocchi di argilla espansa, interc. senza materiale fibroso In blocchi di argilla espansa, interc. senza materiale fibroso Solai Solai in laterocemento Dice livello rumore da calpestio equivalente Lnw,eq [dB] Prestazione Energetica Estiva - Metodo dei parametri qualitativi secondo Linee Guida Nazionali sulla Certificazione Energetica degli Edifici Controllo Sfasamento (ore) Attenuazione Fa < 0,15 0,15 ≤ fa < 0,30 0 0 0 10 ≥ S > 8 0,30 ≤ fa < 0,40 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0				•						. 	_		
Altre formule Pareti monostrato In laterizio alleggerito In laterizio In blocchi di argilla espansa Pareti doppie In laterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso In blocchi di argilla espansa, interc. senza materiale fibroso Solai Solai in laterocemento Prestazione Energetica Estiva - Metodo dei parametri qualitativi secondo Linee Guida Nazionali sulla Certificazione Energetica degli Edifici Frestazione Energetica Estiva - Metodo dei parametri qualitativi secondo Linee Guida Nazionali sulla Certificazione Energetica degli Edifici Solai in laterocemento Attenuazione Frestazione Energetica Estiva - Metodo dei parametri qualitativi secondo Linee Guida Nazionali sulla Certificazione Energetica degli Edifici Controllo Sfasamento (ore) Attenuazione Frestazioni Siasamento (h) 1	•									· · = · = · =	_ , _		1
Pareti monostrato In laterizio alleggerito In laterizio in blocchi di argilla espansa Pareti doppie In laterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso In blocchi di argilla espansa, interc. senza materiale fibroso In blocchi di argilla espansa, interc. senza materiale fibroso In blocchi di argilla espansa, interc. senza materiale fibroso Solai Solai in laterocemento Prestazione Energetica Estiva - Metodo dei parametri qualitativi secondo Linee Guida Nazionali sulla Certificazione Energetica degli Edifici Controllo Sifasamento (ore) Attenuazione Festazioni Prestazionale Sifasamento 1 1			Formula CEN										1
In laterizio alleggerito In laterizio in blocchi di argilla espansa Pareti doppie In laterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso In blocchi di argilla espansa, interc. senza materiale fibroso In blocchi di argilla espansa, interc. senza materiale fibroso Solai Solai in laterocemento Prestazione Energetica Estiva - Metodo dei parametri qualitativi secondo Linee Guida Nazionali sulla Certificazione Energetica degli Edifici Sfasamento (ore) Attenuazione Prestazioni Prestazionale (ore) Prestazionale Siasamento (nore) (ore) (o		Altre	formule										
In laterizio alleggerito In laterizio in blocchi di argilla espansa Pareti doppie In laterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso In blocchi di argilla espansa, interc. senza materiale fibroso In blocchi di argilla espansa, interc. senza materiale fibroso Solai solai in laterocemento Prestazione Energetica Estiva - Metodo dei parametri qualitativi secondo Linee Guida Nazionali sulla Certificazione Energetica degli Edifici Sfosamento (ore) Attenuazione Prestazioni Prestazionale (ore) Prestazionale II S > 12 Fd < 0,15 ottime II S > 12 Fd < 0,30 ottime II Siasamento (b) Ottime Attenuazione II Ottime Notationali sulla Certificazione Energetica degli Edifici Ottime II			Parati manastrata						_				ž
In laterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso In blocchi di argilla espansa, interc. senza materiale fibroso Solai Solai in laterocemento Prestazione Energetica Estiva - Metodo dei parametri qualitativi secondo Linee Guida Nazionali sulla Certificazione Energetica degli Edifici Sfasamento (ore) Attenuazione S > 12 Fd < 0,15 O,15 \leq fd < 0,35 O,15 \leq fd < 0,30 O,15 \leq fd < 0,30 D,15 \leq fd < 0,30 D,16 \leq fd < 0,40 D,16 \leq fd \leq 0,40 D,17 \leq fd < 0,40 D,18 \leq fd < 0,40 D,19 \leq fd \leq 0,40 medie III Prestazioni Prestazioni Ottime	,	Ţ									NS.	Ë	Щ
In laterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso In blocchi di argilla espansa, interc. senza materiale fibroso Solai Solai in laterocemento Prestazione Energetica Estiva - Metodo dei parametri qualitativi secondo Linee Guida Nazionali sulla Certificazione Energetica degli Edifici Sfasamento (ore) Attenuazione Prestazioni Prestazionale Ouolità Prestazionale Ouolità Ouolita Ouolità Ouolita Ouolità Ouolita Ouolità Ouolita Ouoli	,		00						<u> </u>		ojc J	6	S
In laterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso In blocchi di argilla espansa, interc. senza materiale fibroso Solai Solai in laterocemento Prestazione Energetica Estiva - Metodo dei parametri qualitativi secondo Linee Guida Nazionali sulla Certificazione Energetica degli Edifici Sfasamento (ore) Attenuazione Srasamento (ore) Attenuazione Srasamento (ore) Srasamento (or	,	T							t ca		ldop	₹	_ C
In laterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso In blocchi di argilla espansa, interc. senza materiale fibroso Solai Solai in laterocemento Prestazione Energetica Estiva - Metodo dei parametri qualitativi secondo Linee Guida Nazionali sulla Certificazione Energetica degli Edifici Sfasamento (ore) Attenuazione Sfasamento (ore) Attenuazione Sfasamento Ontrollo Sfasamento Sfasamento Ontrollo Sfasamento Ontrollo Sfasamento Ontrollo Sfasamento Ontrollo Sfasamento Ontrollo Sfasamento Ontrollo Ontrollo Sfasamento Ontrollo Ont		L	in biocchi di argilia espansa						 		Ta .	₹	ΨĬ
In laterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso In blocchi di argilla espansa, interc. senza materiale fibroso Solai Solai in laterocemento Prestazione Energetica Estiva - Metodo dei parametri qualitativi secondo Linee Guida Nazionali sulla Certificazione Energetica degli Edifici Sfasamento (ore) Attenuazione Prestazioni Prestazionale Ouolità Prestazionale Ouolità Ouolita Ouolità Ouolita Ouolità Ouolita Ouolità Ouolita Ouoli			Pareti donnio						Juac		ıratı	E	ב
In later/20, line it. 3 s Chricol materiale nibroso Solai Solai in laterocemento O 10 20 30 The prestazione Energetica Estiva - Metodo dei parametri qualitativi secondo Linee Guida Nazionali sulla Certificazione Energetica degli Edifici Sfasamento (ore) Attenuazione Sfasamento (ore) Attenuazione Sfasamento Sfas		ī		atoriala fibr-	20				<u> ដ</u>		Ĕ	₽	i
Solai in laterocemento Controllo Sfasamento Controllo Sfasamento Sasamento S		7										ŢΙ	i
Solai in laterocemento $ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$,	<u>l</u>		rc. senza ma	neriale tidroso								1
Prestazione Energetica Estiva - Metodo dei parametri qualitativi secondo Linee Guida Nazionali sulla Certificazione Energetica degli Edifici Sfasamento (ore) Attenuazione Prestazioni Prestazionale $fa < 0.15$ $fa < 0.30$ $fa < 0.30$ $fa < 0.40$ $fa < 0.30$ $fa < 0.40$	•	[0		20	+- 1	30
Prestazione Energetica Estiva - Metodo dei parametri qualitativi secondo Linee Guida Nazionali sulla Certificazione Energetica degli Edifici Sfasamento (ore) Attenuazione Prestazioni Prestazionale S > 12 Fd < 0,15 Ottime I Ottime II Ottime	dia - "	all-	mara da salv	J	[4D]					UII			
	aice IIV					. 126 - 62 - 1							
		Pres	cazione Energetica Estiva - N	ietodo dei p	arametri qua	antativi seco	ondo Linee Gi	uida Nazio	nali sulla Cer	tiricazione Energ	gerica degli Ed	IIFICI	
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Sf			restazioni					attenuazione	Sfasamento		h)	
12 >= S > 10 $0,15 <= fd < 0,30$ buone II $10 >= S > 8$ $0,30 <= fd < 0,40$ medie III $8 >= S > 6$ $0,40 <= fd < 0,60$ sufficienti IV Prestazioni Ottime				ottime						F		0	
10 >= S > 8 $0,30 <= fd < 0,40$ medie III $8 >= S > 6$ $0,40 <= fd < 0,60$ sufficienti IV Prestazioni Ottime	12									_			
8 >= S > 6 0,40 <= fd < 0,60 sufficienti IV Prestazioni Ottime										<u> </u>			
							Prestazion	i		Ottime			
Qualita prestazionale		6 -	0.60 54	modicori	u						-		
		u >=	5 0,00 <= 10	mediocfi	٧		Qualita pre	estaziona	ie				





Tabella 12 Stato attuale – solaio intermedio di divisione tra gli alloggi

								ione tra g			
) Sce	gliere il	tipo di component	0		2) Sceg			riazioni termiche	,	24	
Chiu	cura or	izzontalo (flucc	ndonto)				lle variazioni te termica sup in		[sec] [m2K/W]	86400 0,17	
Cillu	Chiusura orizzontale (flusso discendente)							termica sup in		[m2K/W]	0,17
								\ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \			-,-
	Descrizio	one degli strati	Spessore (s) [m]	Conduttività termica (I) [W/mK]	Resistenza termica [mqK/W]	Calore specifico (c) [J/KgK]	Densità (ρ) [Kg/m3]	Resistenza termica aria [m2K/W]	Profondità di penetrazione al periodo T (d)	ξ = s/d [-]	Resistenza termica [m2k/w]
			Lini						[m]		
Rsi		laminare interno		1	2	3	4	5		2 222	0,170
1		elle in marmo	0,015	0,538		1000	2700		0,074	0,203	0,028
3		etto in CLS a in CLS	0,040	1,350		1000	2000		0,136	0,294	0,030
4		in laterocmento	0,200 0,040	0,720 1,800		840 2000	1800 2500		0,114 0,100	1,748 0,402	0,278 0,022
5	Solato	III Ialei Oci ilei ilo	0,040	1,000		2000	2300		-	-	-
6	F								-	-	-
7									-	-	-
8									-	-	-
9									-	-	-
10									-	-	-
11									-	-	-
12	_								-	-	-
13 14	Г								-	-	-
15									-	-	-
Rse		laminare esterno							-	-	0,040
100	And Judio	Tarrillare esterrio									0,040
	Spess	ore totale componente [cm]	29,50					1	Resistenza termica t	totale [m2K/W]	0,568
						RISULTAT	1				
egim	e period	ico stabilizzato	T=	24	ore			Regime st	tazionario	_	
tore o	di decremen	nto (attenuazione)	fd	[-]		0,249		Massa super	ficiale	Ms [kg/m2]	581
		ecremento (sfasamento)	φ	[h]		10,46		Resistenza ter		Rt [m2K/W]	
		a periodica	Yie	[W/m2K]		0,439		Trasmittanza	l	U [W/m2K]	1,762
	nza termica		Yii	[W/m2K] , [h]		4,21	1,08	Conduttanza		C [W/m2K]	2,797
	nza termica		Yee	[W/m2K] , [h]		12,63	2,42	Capacità term		Cta [kJ/m2K]	
		eica lato interno	k1	[kJ/m2K]		63,9	177,2	Costante di te	mpo	t [h]	98
		ica lato esterno	k2	[kJ/m2K]		179,5	285,7				
tore a	i smorzamei	nto superficiale interno									
		Parete disperdente		[-]		0,284	-1,147				
		Parete disperdente Parete interna		[-] [-]		0,284 0,210	-1,147 -1,219				
ti acus	stici	·						Stratigrafia d	lel componente ec	dilizio	
ti acus		Parete interna	fsi	[-]				Stratigrafia d	lel componente ed	dilizio	
	tere fonoiso	Parete interna		[-]		0,210		Stratigrafia d	lel componente ec	dilizio	
lice po	ntere fonoiso	Parete interna	fsi	[-]		0,210		Stratigrafia d	lel componente ed	dilizio	-·F1
	ntere fonoiso <i>Rapporto</i> a Labor	Parete interna	fsi	[-]		0,210		Stratigrafia d	lel componente ec	dilizio	[]
	Rapporto i Labor Formi	Parete interna lante ecnico UNI atori italiani lla CEN	fsi	[-]		0,210		Stratigrafia d	lel componente ec	dilizio	
lice po	ntere fonoiso <i>Rapporto</i> a Labor	Parete interna lante ecnico UNI atori italiani lla CEN	fsi	[-]		0,210		Stratigrafia d	lel componente ed	tilizio	
	Rapporto i Labor Formi	Parete interna lante ecnico UNI atori italiani ala CEN	fsi	[-]		0,210		Stratigrafia d	lel componente ec	dilizio	-: ON:
lice po	Rapporto i Labor Formi Altre form	Parete interna lante ecnico UNI atori italiani ala CEN ule	fsi	[-]		0,210			lel componente ec		en
lice po	Rapporto a Labor Forma Altre form Paret In late	Parete interna lante ecnico UNI atori italiani ala CEN ule i monostrato rizio alleggerito	fsi	[-]		0,210			lel componente ec		ce cem.
ice po	Rapporto i Labor Form Altre form Paret In late	Parete interna	fsi	[-]		0,210			lel componente ec		trailer cem.
ice po	Rapporto i Labor Form Altre form Paret In late	Parete interna lante ecnico UNI atori italiani ala CEN ule i monostrato rizio alleggerito	fsi	[-]		0,210			lel componente ec		or introduce coan.
lice po	Rapporto i Labor Formi Altre form Paret In late In late	Parete interna lante ecnico UNI atori italiani ala CEN ule i monostrato rizio alleggerito rizio cchi di argilla espansa	fsi	[-]		0,210			lel componente ec		Drato intraite cen
ice po	Altre form Paret In late In blo Paret	Parete interna lante ecnico UNI atori italiani ila CEN ule i monostrato rizio alleggerito rizio achi di argilla espansa	Rw (dB)	[-]		0,210		Stratigrafia of trace cem.	lel componente ec	muratura doppio UNI	intoraco int catce can:
ice po	Altre form Paret In late In blo Paret In late In blo Paret In late In blo	Parete interna lante ecnico UNI atori italiani ala CEN ule i monostrato rizio alleggerito rizio cchi di argilla espansa	Rw (dB)	[dB]		0,210			lel componente ec		inforesco introdice cenii.
ice po	Altre form Paret In late In blo Paret In late In blo Paret In late In blo	Parete interna	Rw (dB)	[dB]		0,210			lel componente ec		intonaco int calce cam.
ice po	Altre form Paret In late In blo Paret In late In blo Paret In late In blo	Parete interna	Rw (dB)	[dB]		0,210			lel componente ec		intoraco int calce cem.
ice po	Altre form Paret In late Solai	Parete interna	Rw (dB)	[dB]		0,210			10		00 LATO ESTERNO
ice po	Altre form Paret In late Solai	Parete interna	Rw (dB)	[dB]		0,210		intonaco int calce cem.		muratura doppio UNI	intoraco int catce cem.
ice po	Altre form Altre form Paret In late In late In late In late Solai Solai	Parete interna	Rw (dB)	[dB] so steriale fibroso		0,210		intonaco int calce cem.	10	muratura doppio UNI	intoraco int catce cem.
ice po	Altre form Altre form Paret In late In late In late In late Solai Solai	Parete interna	Rw (dB)	[dB] so steriale fibroso		0,210		intonaco int calce cem.	10	muratura doppio UNI	i intoraco int cates cem.
ice po	Rapporto i Labor Form Altre form Paret In late In late In late In late In late In late Solai Solai	Parete interna	Rw (dB) ateriale fibrorc. senza ma	[dB] so steriale fibroso	alitativi seco	53,28	-1,219	intonaco int calce cem.	10 cm	INO ojddog Bunkarnu doddog Santa doddog Santa doddog Santa dodd Sa	
ice po	Rapporto a Labor Forma Altre forma Paret In late In blo Paret In late In blo Solai Solai Solai Prestazio	Parete interna lante ecnico UNI atori italiani ala CEN ule i monostrato rizio alleggerito rizio cchi di argilla espansa i doppie rizio, interc. > 5 cm con m cchi di argilla espansa, inte	Rw (dB) ateriale fibrorc. senza ma	[dB] so steriale fibroso [dB]		0,210 53,28	-1,219	intoraco it calce cem.	10 cm	INO olddop engennu 20	30 LATO ESTER
lice po	Rapporto i Labor Form Altre form Paret In late In late In late In late In blo Solai Solai ello rumore o Prestazio	Parete interna lante ecnico UNI atori italiani ila CEN ule i monostrato rizio alleggerito rizio achi di argilla espansa i doppie rizio, interc. > 5 cm con m cchi di argilla espansa, inte in laterocemento da calpestio equivalente ne Energetica Estiva - N	Rw (dB) ateriale fibrorc. senza ma	[dB] so steriale fibroso [dB] parametri qua	_	53,28 53,28 Attenua	-1,219	nali sulla Cer	10 cm tificazione Energ Controllo Sfasamento	IVA ojddop enternu 20	300 LATO ESTER
lice po	Rapporto a Labor Forma Altre form Paret In late In late In late In late In late In solai Solai Solai Prestazio	Parete interna lante ecnico UNI atori italiani ula CEN ule i monostrato rizio alleggerito rizio alleggerito rizio i dargilla espansa i doppie rizio, interc. > 5 cm con m cchi di argilla espansa, inte in laterocemento da calpestio equivalente me Energetica Estiva - N Attenuazione	Rw (dB) ateriale fibrorco rc. senza ma Lnw,eq letodo dei p	[dB] [dB] [dB] Qualità Prestazion	_	53,28 Solution of the state of	-1,219 vida Nazio	unali sulla Cer Controllo attenuazione	10 cm tificazione Energ Controllo Sfasamento 0	INN oiddop enternum 20 Sfasamento (S > 12	p) 30
ice po	Rapporto i Labor Form Altre form Paret In late In late In late In late In blo Solai Solai ello rumore o Prestazio	Parete interna lante ecnico UNI atori italiani ila CEN ule i monostrato rizio alleggerito rizio achi di argilla espansa i doppie rizio, interc. > 5 cm con m cchi di argilla espansa, inte in laterocemento da calpestio equivalente ne Energetica Estiva - N	Rw (dB) ateriale fibrorc. senza ma Lnw,eq	[dB] so steriale fibroso [dB] parametri qua	_		-1,219 vida Nazio	nali sulla Cer Controllo attenuazione 0 1	10 cm *tificazione Energ Controllo Sfasamento 0 1	IND oddop enternum 20 Sfasamento (S > 12 12 ≥ S > 11	mitaria con introduce con intr
ice po	Altre form Altre form Paret In late In blo Solai Solai Prestazio	Parete interna lante ecnico UNI atori italiani ala CEN ule i monostrato rizio alleggerito rizio alleggerito rizio chi di argilla espansa i doppie rizio, interc. > 5 cm con m cchi di argilla espansa, inte in laterocemento da calpestio equivalente ne Energetica Estiva - N Attenuazione Fd < 0,15	Rw (dB) ateriale fibrorco rc. senza ma Lnw,eq letodo dei p	[dB] [dB] [dB] Qualità Prestazion	_	0,210 53,28 53,28 Attenua:	-1,219 vida Nazio tione ,15 < 0,30 < 0,40	nali sulla Cer Controllo attenuazione 0 1 0	10 cm tificazione Energ Controllo Sfasamento 0 1 0	Projectica degli Ed Sfasamento ($S > 12$ $12 \ge S > 11$ $10 \ge S > 8$	and the street of the street o
sf.	Altre form Altre form Altre form Paret In late In l	Parete interna lante ecnico UNI atori italiani ila CEN ule i monostrato rizio alleggerito rizio cchi di argilla espansa i doppie rizio, interc. > 5 cm con m cchi di argilla espansa, inte in laterocemento da calpestio equivalente ne Energetica Estiva - N Attenuazione Fd < 0,15 0,15 <= fd < 0,30	Rw (dB) ateriale fibrorocc. senza ma Lnw,eq letodo dei p crestazioni ottime buone	[dB] [dB] Qualità Prestazion I	_		-1,219 -1	nali sulla Cer Controllo attenuazione 0 1	10 cm *tificazione Energ Controllo Sfasamento 0 1	IND oddop enternum 20 Sfasamento (S > 12 12 ≥ S > 11	and the street of the street o
sf.	Altre form Altre form Paret In late In blo Solai Solai Prestazio	Parete interna lante ecnico UNI atori italiani ala CEN ule i monostrato rizio alleggerito rizio alleggerito rizio chi di argilla espansa i doppie rizio, interc. > 5 cm con m cchi di argilla espansa, inte in laterocemento da calpestio equivalente ne Energetica Estiva - N Attenuazione Fd < 0,15	Rw (dB) ateriale fibrorc. senza ma Lnw,eq detodo dei p	[dB] [dB] [dB] Qualità Prestazion I	_		-1,219 -1	nali sulla Cer Controllo attenuazione 0 1 0 0	Controllo Sfasamento 0 1 0 0	Sfasamento ($S > 12$ $12 \ge S > 14$ $10 \ge S > 8$ $8 \ge S > 6$	and the street of the street o
sf.	Altre form Altre form Altre form Paret In late In late In late In late In late In solai Solai Solai ello rumore of Prestazio \$\frac{1}{2} = \frac{1}{2} =	Parete interna lante ecnico UNI atori italiani ila CEN ule i monostrato rizio alleggerito rizio cchi di argilla espansa i doppie rizio, interc. > 5 cm con m cchi di argilla espansa, inte in laterocemento da calpestio equivalente ne Energetica Estiva - N Attenuazione Fd < 0,15 0,15 <= fd < 0,30 0,30 <= fd < 0,40	Rw (dB) ateriale fibrorocc. senza ma Lnw,eq letodo dei p crestazioni ottime buone	[dB] [dB] Qualità Prestazion I	_		-1,219 -1,219 -1,219 -1,219 -1,15 -1,219 -1,15 -1,219 -1,219	nali sulla Cer Controllo attenuazione 0 1 0 0	10 cm Tificazione Energ Controllo Sfasamento 0 1 0 0 0	Sfasamento ($S > 12$ $12 \ge S > 14$ $10 \ge S > 8$ $8 \ge S > 6$	and the street of the street o
sf.	Rapporto i Labor Form Altre form Paret In late In blo Paret In late In blo Solai Solai ello rumore o Prestazio asamento (ore) \$\frac{1}{5} > 12 \$\frac{1}{5} = \$\frac{5}{5} > 10 \$\frac{1}{5} = \$\frac{5}{5} > 8	Parete interna lante ecnico UNI atori italiani ila CEN ule i monostrato rizio alleggerito rizio cchi di argilla espansa i doppie rizio, interc. > 5 cm con m cchi di argilla espansa, inte in laterocemento da calpestio equivalente ne Energetica Estiva - N Attenuazione Fd < 0,15 0,15 <= fd < 0,30 0,30 <= fd < 0,40	Rw (dB) Rw (dB) Atteriale fibrorectors senza ma Lnw,eq Atteriale fibrorectors senza ma Lnw,eq trestazioni ottime buone medie	[dB] [dB] [dB] Qualità Prestazion II III	_		-1,219 -1,219	nali sulla Cer Controllo attenuazione 0 1 0 0	Controllo Sfasamento 0 1 0 0	Sfasamento ($S > 12$ $12 \ge S > 14$ $10 \ge S > 8$ $8 \ge S > 6$	militaria and mi

Tabella 13 Stato modificato – Solaio intermedio di divisione tra gli alloggi

Chius	gnere n c	ipo di componen	te editizi	0		Z) Sceg			riazioni termiche	• •	24	
Chius								lle variazioni te		[sec]	864	
	sura ori:	zzontale (fluss	o disce	ndente)				termica sup in		[m2K/W]	0,1	
							Resistenza	termica sup es	sterna Rse	[m2K/W]	0,0	14
	Descrizion	e degli strati	Spessore (s) [m]	Conduttività termica (I) [W/mK]	Resistenza termica [mqK/W]	Calore specifico (c) [J/KgK]	Densità (ρ) [Kg/m3]	Resistenza termica aria [m2K/W]	Profondità di penetrazione al periodo T (d) [m]	ξ = s/d [-]	Resist term [m2k	nica
Rsi	Aria Strato la	minare interno		1	2	3	4	5			0,1	70
1	pavimer	to in cotto	0,015	0,538		1000	1770		0,091	0,164	0,0	28
2	☐ massette	o alleggerito	0,100	0,269		1000	1000		0,086	1,163	0,3	72
3	STEPRO	OCK LD	0,020	0,036		1030	100		0,098	0,204	0,5	56
4	soletta ii	n CLS	0,040	1,800		2000	2500		0,100	0,402	0,0	22
5	solaio ir	laterocmento	0,160	1,007		880	1550		0,142	1,123	0,1	59
6	intonaco	int. cacle cem.	0,015	0,900		1000	1800		0,117	0,128	0,0	17
-									-	-	-	
-									-	-	-	
-									-	-	-	
10									-	-	-	
11									-	-	-	
12	_								-	-	-	
13									-	-	-	
14									-	-	-	
.0									-	-	-	
se	Aria Strato la	minare esterno									0,0	40
	Spessor	e totale componente [cm	35,00						Resistenza termica	otale [m2K/W]	1,3	63
			, 33,01			RISULTAT	1			[-,_	
gime	e periodio	o stabilizzato	T =	24	ore			Regime st	tazionario			
tore di	i decremento	(attenuazione)	fd	[-]		0,111		Massa super	ficiale	Ms [kg/m2]	50	4
ardo fa	attore di dec	remento (sfasamento)	φ	[h]		13,42		Resistenza ter	mica totale	Rt [m2K/W]	1,3	63
	nza termica		Yie	[W/m2K]		0,081		Trasmittanza		U [W/m2K]		
	za termica lat		Yii	[W/m2K], [h]		3,29	1,94	Conduttanza		C [W/m2K]		
	za termica lat		Yee	[W/m2K], [h]		7,69	2,04	Capacità term	ica areica	Cta [kJ/m2K]		
acità 1	termica areid	ca lato interno	k1	[kJ/m2K]		46,0	80,2	Costante di te	mpo	t [h]	21	7
		a lato esterno	k2	[kJ/m2K]		106,4	143,0		•			
		superficiale interno		[,						
o. o a	0111012011101110	Parete disperdente	fsd	[-]		0,441	-0,307					
		Parete interna				0,432	-0,307					
		r arete interna	1 131	[-]		0,432	-0,313					
acust	tici							Stratigrafia d	lel componente ed	lilizio		
ce pote	ere fonoisola	nte	Rw (dB)	[dB]		52,04						
ı	Rapporto ted	enico UNI						₋			-· F 1	
	Laborate Formula	ori italiani CEN										
	Altre formule	9										
												RNO
		nonostrato						ਛੂ		Z	i I	곮
		zio alleggerito						8		5	8	ESTE
	In lateriz							calc		iddo	#	Щ
	In blocc	hi di argilla espansa						Ξ		ت ق	[LATO
								intonaco int calce ce		muratura doppio UNI	92	₹
								1 1 5 1		2	8 I	
	Pareti d							<u> 2</u>		_	₽ I	
	Pareti d In lateriz	zio, interc. > 5 cm con m						l lä		_	#	
	Pareti d In lateriz							into		-	#	
	Pareti d In lateriz In blocc	zio, interc. > 5 cm con m						into		٠		
	Pareti d In lateriz In blocc Solai	zio, interc. > 5 cm con m hi di argilla espansa, inte										20
	Pareti d In lateriz In blocc Solai	zio, interc. > 5 cm con m						0	10 cm	. — . — . —		30
ce liveli	Pareti d In lateriz In blocc Solai Solai in	zio, interc. > 5 cm con m hi di argilla espansa, inte		ateriale fibroso		-						30
	Pareti d In lateriz In blocc Solai Solai in	zio, interc. > 5 cm con m hi di argilla espansa, inte laterocemento	erc. senza ma	ateriale fibroso	ulitativi secc	- ondo Linee Gu	uida Nazio	0	cm	20	lifici	30
	Pareti d In lateriz In blocc Solai Solai in	zio, interc. > 5 cm con m hi di argilla espansa, inte laterocemento calpestio equivalente	erc. senza ma	ateriale fibroso	ılitativi secc			0	cm tificazione Energ Controllo	20 etica degli Ec		30
Sfa	Pareti o In lateriz In blocc Solai Solai in Illo rumore da Prestazione	zio, interc. > 5 cm con m hi di argilla espansa, inte laterocemento calpestio equivalente e Energetica Estiva - M	erc. senza ma	ateriale fibroso		Attenuaz	ione	0 nali sulla Cer	cm tificazione Energ Controllo Sfasamento	20 etica degli Ec		30
Sfa	Pareti o In lateriz In blocc Solai Solai in Illo rumore da Prestazione Insamento (ore)	zio, interc. > 5 cm con m hi di argilla espansa, inte laterocemento calpestio equivalente e Energetica Estiva - A Attenuazione	Lnw,eq Metodo dei p	[dB] Qualità Prestazion			: ione ,15	0 nali sulla Cer	cm tificazione Energ Controllo	20 etica degli Ec	h)	30
Sfa	Pareti o In lateriz In blocc Solai Solai in Illo rumore da Prestazione	zio, interc. > 5 cm con m hi di argilla espansa, inte laterocemento calpestio equivalente e Energetica Estiva - M	erc. senza ma Lnw,eq Aetodo dei p	ateriale fibroso [dB] parametri qua		Attenuaz fa < 0	ione ,15 < 0,30	0 nali sulla Cer Controllo attenuazione	Controllo Sfasamento 1	20 etica degli Ec Sfasamento (S > 12	h)	30
Sfa	Pareti o In lateriz In blocc Solai Solai in Illo rumore da Prestazione Insamento (ore)	zio, interc. > 5 cm con m hi di argilla espansa, inte laterocemento calpestio equivalente e Energetica Estiva - A Attenuazione	Lnw,eq Metodo dei p	[dB] Qualità Prestazion		Attenuaz fa < 0 0,15 ≤ fa	tione ,15 < 0,30 < 0,40	nali sulla Cer Controllo attenuazione 1 0	Controllo Sfasamento 1 0	etica degli Ec Sfasamento ($S > 12$ $12 \ge S > 1$	h)	30
Sfa (9 12 :	Pareti o In lateriz In blocc Solai Solai in llo rumore da Prestazione S > 12 > S > 10	zio, interc. > 5 cm con m hi di argilla espansa, inte laterocemento calpestio equivalente e Energetica Estiva - A Attenuazione Fd < 0,15 0,15 <= fd < 0,30	Lnw,eq Aetodo dei p Prestazioni ottime buone	[dB] Darametri qua Qualità Prestazion I		Attenuaz fa < 0 0,15 ≤ fa 0,30 ≤ fa	cione ,15 < 0,30 < 0,40 < 0,60	nali sulla Cer Controllo attenuazione 1 0	Controllo Sfasamento 1 0 0	20 Sfasamento ($S > 12$ $12 \ge S > 11$ $10 \ge S > 8$	h)	30
Sfa (5 12 2 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	Pareti o In lateriz In blocc Solai Solai in Illo rumore da Prestazione samento (ore) S > 12 >= S > 10 >= S > 8	Attenuazione Fd < 0,15 0,15 <= fd < 0,30 0,30 <= fd < 0,40	Lnw,eq Actodo dei p Prestazioni ottime buone medie	[dB] Qualità Prestazion I III		fa < 0 0,15 ≤ fa 0,30 ≤ fa 0,40 ≤ fa	cione ,15 < 0,30 < 0,40 < 0,60	nali sulla Cer Controllo attenuazione 1 0 0	Controllo Sfasamento 1 0 0 0	20 Sfasamento (S > 12 12 \geq S > 1 10 \geq S > 8 8 \geq S > 6	h)	30
Sfa (5) 12 (2) 10	Pareti o In lateriz In blocc Solai Solai in llo rumore da Prestazione S > 12 > S > 10	zio, interc. > 5 cm con m hi di argilla espansa, inte laterocemento calpestio equivalente e Energetica Estiva - A Attenuazione Fd < 0,15 0,15 <= fd < 0,30	Lnw,eq Aetodo dei p Prestazioni ottime buone	[dB] Darametri qua Qualità Prestazion I		fa < 0 0,15 ≤ fa 0,30 ≤ fa 0,40 ≤ fa	cione ,15 < 0,30 < 0,40 < 0,60	nali sulla Cer Controllo attenuazione 1 0 0	Controllo Sfasamento 1 0 0 0	20 Sfasamento (S > 12 12 \geq S > 1 10 \geq S > 8 8 \geq S > 6	h)	30





Tabella 14 Stato attuale – Parete divisoria interna

1) Scegliere il tipo di component	te edilizi	0		2) Sceg	liere il pe	riodo delle va	ariazioni termiche	e (<= 24 ore)	24
			Periodo de	elle variazioni te	ermiche T	[sec]	86400		
Partizione verticale	Resistenza Resistenza			termica sup ir		[m2K/W] [m2K/W]	0,13 0,13		
	Spessore	Conduttività	Resistenza	Calore	Densità	Resistenza	Profondità di penetrazione al		Resistenza
Descrizione degli strati	(s) [m]	termica (I) [W/mK]	termica [mqK/W]	specifico (c) [J/KgK]	(ρ) [Kg/m3]	termica aria [m2K/W]	periodo T (d) [m]	ξ = s/d [-]	termica [m2k/w]
Rsi Aria Strato laminare interno	2 2 4 5	1	2	3	4	5		2 122	0,130
1 intonaco int. calce cem. 2 muratura doppio UNI	0,015 0,250	0,900 0,273		1000 1000	1800 910		0,117 0,091	0,128 2,752	0,017 0,916
3 intonaco int. calce cem.	0,230	0,273		1000	1800		0,091	0,128	0,916
4	5,515	2,000					-	-	-
5							-	-	-
6 7							-	-	-
8							-	-	-
9 -							-	-	-
10							-	-	-
11 [-	-	-
12							-	-	-
14							-	-	-
15							-	-	•
Rse Aria Strato laminare esterno									0,130
Spessore totale componente [cm	28,00						Resistenza termica	totale [m2K/W]	1,209
	20,00			RISULTAT	1		T COLOUIZA TOTTILICA	iotoro [mare 11]	.,200
Regime periodico stabilizzato	T =	24	ore			Regime s	tazionario		
Fattore di decremento (attenuazione)	fd	[-]		0,255		Massa super	ficialo	Ms [kg/m2]	282
Ritardo fattore di decremento (sfasamento)	φ	[h]		11,07		Resistenza te		Rt [m2K/W]	
Trasmittanza termica periodica	Yie	[W/m2K]		0,211		Trasmittanza		U [W/m2K]	
Ammettenza termica lato interno	Yii	[W/m2K], [h]		3,63	2,19	Conduttanza		C [W/m2K]	1,054
Ammettenza termica lato esterno	Yee k1	[W/m2K], [h] [kJ/m2K]		3,63 52,7	2,19 83,2	Capacità term Costante di te		Cta [kJ/m2K] t [h]	282 95
Capacità termica areica lato interno Capacità termica areica lato esterno	k2	[kJ/m2K]		52,7	83,2	Costante un te	тро	t [h]	90
Fattore di smorzamento superficiale interno		[10/11214]		- 02,1	00,2				
Parete disperdente	fsd	[-]		0,528	0,528				
Parete interna	fsi	[-]		0,502	0,502				
Dati acustici						Stratigrafia d	del componente ed	tilizio	
•						Jei deigi dila e	act componente et	IIIIZIO	
In Cice potere fonoisolante	Rw (dB)	[dB]		46,99					
Rapporto tecnico UNI						_,			-· - -1
Laboratori italiani Formula CEN									
Altre formule									
Altre formule									₀
Pareti monostrato						į.		7	ERNO
In laterizio alleggerito						8		.9	
In laterizio In blocchi di arqilla espansa						t calc		ddop	es o
In biocchi di argilia espansa						os iri		tura	co int calce c
Pareti doppie						intonaco int calce		muratura doppio UNI	
In laterizio, interc. > 5 cm con m						i.=			f
In blocchi di argilla espansa, inte	erc. senza ma	ateriale fibroso							
Solai						<u> </u>			[]
Solai in laterocemento						0	10	20	30
							cm		
Indice livello rumore da calpestio equivalente	Lnw,eq	[dB]		-					
Prestazione Energetica Estiva - A	Netodo dei į	parametri qua	litativi seco	ndo Linee Gu	uida Nazio	nali sulla Cei	rtificazione Energ	etica degli Ed	lifici
						Controllo	Controllo		
Sfasamento Attenuazione F	restazioni	Qualità Prestazion		Attenua: fa < 0		attenuazione		Sfasamento (h)
S > 12 Fd < 0,15	ottime	I		0,15 ≤ fa	< 0,30	1	ĭ	12 ≥ S > 1	
				0,30 ≤ fa		0	0	10 ≥ S > 8	
12 >= S > 10 0,15 <= fd < 0,30	buone	II		0,40 ≤ fa 0,60 ≤		0 0	0	8 ≥ S > 6 6 ≥ S	
10 >= S > 8 0,30 <= fd < 0,40	medie	III		0,00 5	··u	U	U L	V = 0	
8 >= S > 6 0,40 <= fd < 0,60	sufficienti	IV		Prestazion	i		Buone		
6 >= S	mediocri	٧		Qualità pre		le	II	-	

Tabella 15 Stato modificato – Parete divisoria interna

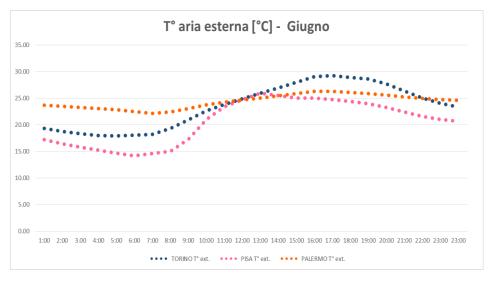
1) \$60	aliere il t	tipo di component		15 Stato n	nodificat					((- 34 or o)	24
1) 366	guere u i	tipo di component	U	Scegliere il periodo delle variazioni termiche (<= 2 Periodo delle variazioni termiche T [sc. 1]					[sec]	86400	
	Partizione verticale interna					Resistenza			nterna Rsi	[m2K/W]	0,13
			ı			•	Resistenza	termica sup e		[m2K/W]	0,13
	Descrizione degli strati			Conduttività termica (I) [W/mK]	Resistenza termica [mqK/W]	Calore specifico (c) [J/KgK]	Densità (ρ) [Kg/m3]	Resistenza termica aria [m2K/W]	Profondità di penetrazione al periodo T (d) [m]	ξ = s/d [-]	Resistenza termica [m2k/w]
Rsi 1	_	laminare interno co int. calce cem.	0,015	0,900	2	1000	1800	5	0,117	0,128	0,130 0,017
2		STIC 225	0,050	0,000	1,400	1030	70		0,117	0,428	1,400
3		ıra doppio UNI	0,250	0,273	,	1000	910		0,091	2,752	0,916
4		STIC 225	0,050		1,400	1030	70		0,117	0,428	1,400
5 6	intonac	co int. calce cem.	0,015	0,900		1000	1800		0,117	0,128	0,017
7									-	-	-
8									-	-	-
9									-	-	-
10									-	-	-
12	Г								-	-	-
13									-	-	-
14									-	-	-
15									-	-	-
Rse	Aria Strato	laminare esterno									0,130
	Spesso	ore totale componente [cm]	38,00						Resistenza termica	totale [m2K/W]	4,009
						RISULTAT	1	_			
Regim	ie periodi	ico stabilizzato	T =	24	ore			Regime s	tazionario		
Fattore of	di decrement	to (attenuazione)	fd	[-]		0,037		Massa super		Ms [kg/m2]	289
		cremento (sfasamento)	φ	[h]		15,30		Resistenza te		Rt [m2K/W]	
	anza termica		Yie	[W/m2K]		0,009	0.00	Trasmittanza	1	U [W/m2K]	
	nza termica la nza termica la		Yii Yee	[W/m2K], [h] [W/m2K], [h]		1,97 1,97	3,89 3,89	Conduttanza Capacità term	nica areica	C [W/m2K] Cta [kJ/m2K]	
		eica lato interno	k1	[kJ/m2K]		27,0	30,3	Costante di te		t [h]	322
		ca lato esterno	k2	[kJ/m2K]		27,0	30,3	O COLLINIO UN LO		• 1.4	
		to superficiale interno					,-	İ			
		Parete disperdente	fsd	[-]		0,744	0,744				
		Parete interna	fsi	[-]		0,744	0,744				
Dati acu	stici							Stratigrafia d	del componente e	dilizio	
•									•		
In Lice po	otere fonoisola	ante	Rw (dB)	[dB]		47,20					
	Rapporto te	ecnico UNI						_,			1
	•	atori italiani									
o	Formul	la CEN									
	Altre formu	ıle									
0	Paroti	monostrato						ایا		_	N S
ŏ	₹	rizio alleggerito						meo		S	[]
	In later							alce		opdo	를 <u>달</u>
	In bloc	chi di argilla espansa						i		g g	co int calce cen
								ntonaco int calce cer		muratura doppio UNI	<u>&</u> ≤
		doppie rizio, interc. > 5 cm con m	atariala fibro	20				into		Ę	E
	•	chi di arqilla espansa, inte									
	_										
	Solai							<u> </u>			
	_ Solai ir	n laterocemento						0	10 cm	20	30
Indice liv	ello rumore d	a calpestio equivalente	Lnw,eq	[dB]		-					
		ne Energetica Estiva - N			alitativi sec	ando Lines G	uida Nazio	nali sulla Co	rtificazione Energ	etica degli Ed	lifici
	. Testuzion	Ther general Estima - N		a. amour que	uciri secc	do Ellice G	L.GG HUZIU	Controllo	Controllo	Jesieu degli Et	
Sf	fasamento (ore)	Attenuazione F	restazioni	Qualità Prestazion		Attenua fa < 0		attenuazione	Sfasamento 1	Sfasamento ((h)
					idle.	0,15 ≤ fa		1 0	0	12 ≥ S > 1	0
	S > 12	Fd < 0,15	ottime	I		0,30 ≤ fa	< 0,40	Ŏ	ő	10 ≥ S > 8	3
12	2 >= S > 10	0,15 <= fd < 0,30	buone	II		0,40 ≤ fa	< 0,60	0	0	8 ≥ S > 6	
10	0 >= S > 8	0,30 <= fd < 0,40	medie	III		0,60 ≤	≤ fa	0	0	6 ≥ S	
	3 >= S > 6	0,40 <= fd < 0,60	sufficienti	IV		Dun-t- '			0.01		
						Prestazion			Ottime	-	
	6 >= S	0,60 <= fd	mediocri	٧		Qualità pre	estaziona	le	I		

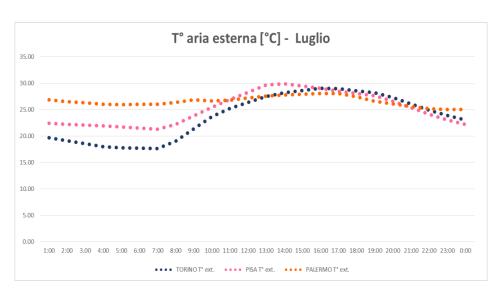


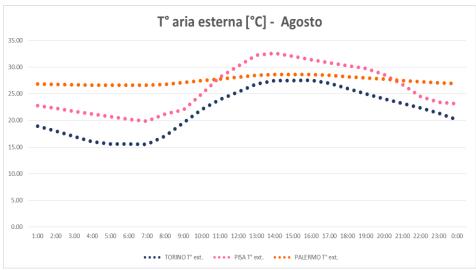


7 ALLEGATO B – PROFILO CLIMATICO DELLE LOCALITA' DI ANALISI

Sono riportate nel presente allegato i grafici a confronto dei profili climatici delle tre località individuate per le simulazioni







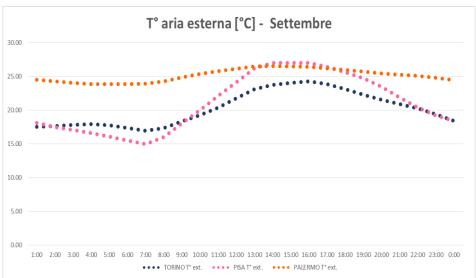


Tabella 16 Andamento delle T° dell'aria esterna nelle tre località di riferimento





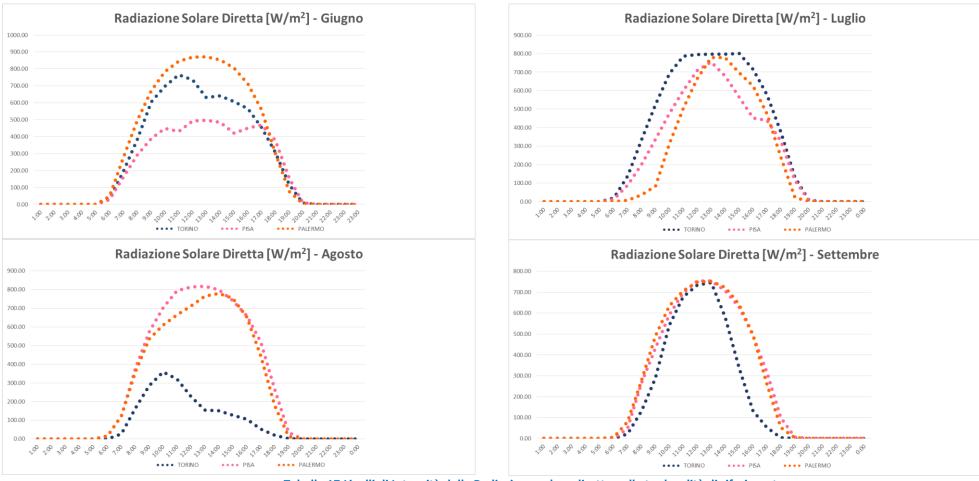


Tabella 17 Livelli di Intensità della Radiazione solare diretta nelle tre località di riferimento

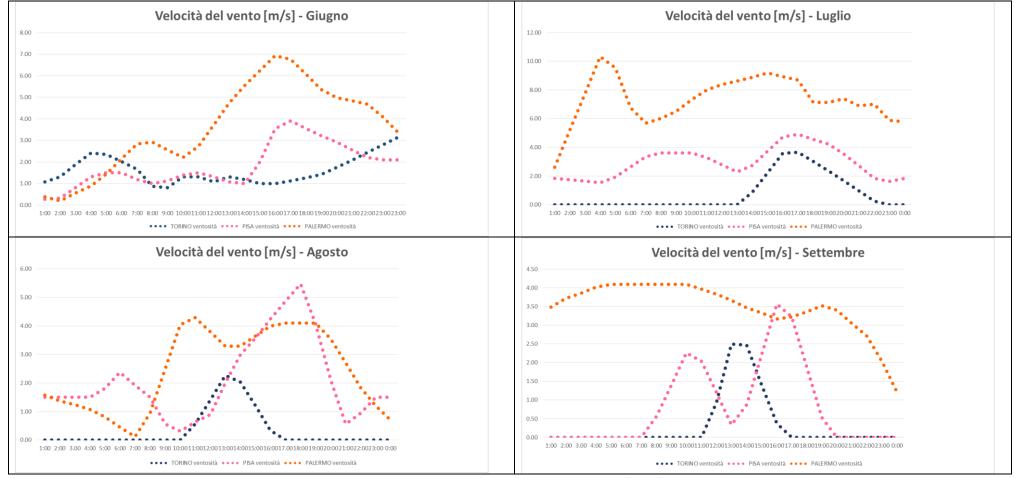


Tabella 18 Velocità del vento nelle tre località di riferimento





8 Curriculum scientifico del gruppo di lavoro impegnato nell'attività

Prof. Ing. Fabio Fantozzi Curriculum Vitae

Fabio Fantozzi, nato a Pontedera (Pi) nel 1954, laureato in Ingegneria Meccanica con tesi sperimentale dal titolo "Progetto di un corpo nero sul principio del tubo di calore per applicazioni termometriche" presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Pisa, Dottore di Ricerca in Fisica Tecnica (1° ciclo- Curriculum: Termofluidodinamica, è attualmente Professore Associato presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni (DESTEC).

Oltre ad un'intensa attività didattica, ha partecipato, in qualità di relatore, a circa 100 tesi di laurea nell'ambito dei Corsi di Laurea in Ing. Meccanica, Chimica, Civile ed Edile. Questa attività, in qualche caso, lo ha portato non solo a fare da correlatore di studenti di altre Facoltà (Architettura di Firenze e C.L. in Conservazione e Beni Culturali dell'Università di Parma) ma anche ad intraprendere importanti collaborazioni di ricerca con Enti e Università straniere

È attualmente Presidente del Consiglio aggregato dei Corsi di laurea magistrale in Ingegneria idraulica, dei trasporti e del territorio, in Ingegneria edile, in Ingegneria delle Costruzioni civili e in Ingegneria edile e delle Costruzioni civili (laurea interclasse di recente istituzione).

L'attività scientifica si è svolta inizialmente su diverse applicazioni di tubi di calore, su cui aveva lavorato anche durante la tesi (Titolo: "Progetto di un corpo nero sul principio del tubo di calore per applicazioni termometriche".

In particolare, i tubi di calore erano costituiti da termosifoni bifase con applicazioni previste nei campi:

- a) della geotermia
- b) del raffreddamento dell'elettronica, soprattutto di potenza.

Tale attività è stata a lungo svolta in collaborazione con il Moscow Power Engineering Institute di Mosca. Successivamente, ha cominciato ad interessarsi all'influenza che i parametri termoigrometrici e l'inquinamento esterno hanno sugli ambienti in cui si voglia garantire una corretta conservazione dei manufatti di interesse storico ed artistico, facendo anche parte di gruppi di lavoro, nell'ambito del CTI

(Comitato Termotecnico Italiano) per la stesura di progetti di norme sull'argomento Attualmente, con riferimento alle Direttive Europee sul rendimento energetico in edilizia, svolge la sua attività, principalmente su tematiche di diagnosi energetica, risparmio energetico e riqualificazione di

Ha lavorato sul tema della "Certificazione Energetica degli edifici", anche nell'ambito del Comitato Termotecnico Italiano (CTI) in cui ha fatto parte di due specifici Gruppi di Lavoro del SottoComitato 1 riguardanti: a) Norme tecniche a supporto della legislazione energetica degli edifici, b) Caratteristiche termiche dei materiali.

L'attività si è poi definitivamente spostata su temi più tipici della Fisica Tecnica Ambientale, in particolare sullo studio di pareti multistrato e ventilate in edilizia, tema con cui ha fatto parte anche di diversi PRIN di ricerca a livello nazionale.

Ha lavorato su tematiche acustiche, con particolare riferimento a barriere acustiche autostradali.

edifici esistenti, tema sul quale è stato chiamato a fare da relatore in diverse occasioni.

Ha condotto, in qualità di Responsabile, diversi contratti di ricerca con aziende, su tematiche energetiche e ha partecipato come relatore a diversi Convegni e Corsi, sempre in materia energetica, sia in Italia che all'estero.

L'attività di ricerca svolta è documentata dalla produzione di un centinaio di lavori scientifici pubblicati su riviste internazionali e italiane e su atti di convegni.

Ing. Carlo Bibbiani Curriculum Vitae

Carlo Bibbiani, nato a Pisa nel 1962, consegue la Laurea in Ingegneria Civile, Sezione Idraulica, presso la Università degli Studi di Pisa. Successivamente consegue il titolo di Dottore di Ricerca in " Genio rurale " (IX° Ciclo, 1996) presso l'Università di Pisa. Dal 2001 è Ricercatore universitario presso il Dipartimento di Scienze Veterinarie (DSV) dell'Università di Pisa.

Ha svolto ricerche nei seguenti settori : Energia rinnovabile applicata ai sistemi serra; Compilazione di software volto alla simulazione climatica nelle serre; Studio delle proprietà fisiche ed idrauliche dei substrati per le colture fuori suolo; Simulazione della relazione suolo-acqua nelle colture fuori suolo. Ha partecipato come relatore a diversi Convegni ,in materia energia rinnovabili applicate alla agricoltura, sia in Italia che all'estero.

L'attività di ricerca svolta è documentata dalla produzione di una cinquantina di lavori scientifici pubblicati su riviste internazionali e italiane e su atti di convegni.

Arch. Caterina Gargari

Curriculum Vitae

Caterina Gargari, Laureata in Architettura presso la facoltà di Architettura dell'Università degli Studi di Firenze, dottore di Ricerca in Tecnologia dell'Architettura, svolge attività di ricerca presso il Dipartimento TAeD Tecnologie dell'Architettura e Design di Firenze e il Dipartimento DESTEC dell'Università di Pisa sulle tematiche della progettazione sostenibile con particolare riguardo alla qualificazione energetica e alla valutazione di impatto ambientale di materiali e edifici. Ha iniziato la sua attività di ricerca partecipando a numerosi progetti europei sulla progettazione ambientale, il risparmio e l'efficienza energetica, l'utilizzo di energie rinnovabili, con particolare riferimento alla progettazione in clima mediterraneo. Dal 2004 si occupa nello specifico di Valutazione delle prestazioni ambientali dei materiali da costruzione secondo la metodologia LCA e dal 2006 è membro stabile, nominata da UNI, del tavolo di lavoro CEN TC 350 "Sustainability of Construction Works".