

Ricerca di Sistema elettrico



Servizi energetici aggiuntivi: Soluzioni progettuali per la mitigazione del clima urbano nella città storica e la creazione di spazi salubri per la didattica all'aperto (LA1.29)

A. Battisti, A. Canducci



Servizi energetici aggiuntivi: Soluzioni progettuali per la mitigazione del clima urbano nella città storica e la creazione di spazi salubri per la didattica all'aperto

LA 1.29 - Servizi energetici aggiuntivi: Soluzioni progettuali per la mitigazione del clima urbano nella città storica e la creazione di spazi salubri per la didattica all'aperto

A. Battisti¹, A. Canducci¹

¹Dipartimento di Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura, Sapienza Università di Roma

Dicembre 2024

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica - ENEA Piano Triennale di Realizzazione 2022-2024

Obiettivo: Decarbonizzazione

Progetto: Tema di ricerca 1.7 - Tecnologie per la penetrazione efficiente del vettore elettrico negli usi finali

Linea di attività: LA 1.29

Responsabile del Progetto: Claudia Meloni, ENEA

Responsabile del Work Package: Angelo Frascella, ENEA

Responsabile Linea di Attività: Michele Zinzi, ENEA

Mese inizio previsto/effettivo: 13

Mese fine previsto/effettivo: 36

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di collaborazione "Soluzioni progettuali con integrazione di tecnologie passive e attive per la mitigazione del clima urbano, finalizzate alla creazione di spazi salubri e confortevoli per la didattica all'aperto".

Si ringrazia per la collaborazione alle attività svolte la dott.ssa Luna Ciarini, pedagoga e coordinatrice di servizi educativi, e il dott. Giovanni Dall'Olio, psicologo e specializzando in psicoterapia cognitivo-comportamentale

Indice

1	Risultati attesi	4
2	Risultati ottenuti.....	5
3	Prodotti attesi	6
4	Prodotti sviluppati	7
5	Analisi degli scostamenti su attività e risultati.....	8
6	Sintesi delle attività svolte	9
7	Dettaglio delle attività svolte.....	10
7.1	Contesto di riferimento.....	10
7.2	Approccio metodologico	10
7.3	Riqualificazione tecnologica e ambientale di spazi <i>outdoor</i> per la didattica.....	11
7.3.1	Definizione obiettivi	11
7.3.1.1	Macro-obiettivi ambientali e climatici	11
7.3.1.2	Macro-obiettivi progettuali e funzionali.....	12
7.3.1.3	Macro-obiettivi sociali e culturali	12
7.3.2	Elaborazione strategie meta-progettuali: caso pilota Scuola dell'Infanzia "Giardinieri", Roma	12
7.3.3	Sviluppo di prototipi progettuali: caso pilota Asilo Nido "I Coccetti", Roma	13
7.3.4	Installazione di sistemi evaporativi per il raffrescamento estivo: casi pilota Asilo Nido "I tesori di Gulliver" e "Maramao", Roma	15
7.4	Indagine sul comfort termico <i>outdoor</i>	17
8	Contributo delle eventuali consulenze alle attività sopra descritte.....	19
9	Pubblicazioni scientifiche.....	20
10	Eventi di disseminazione	21

Indice delle figure

Figura 1 - Spazi esterni destinati all' <i>Outdoor Learning</i> . Immagine degli autori.....	11
Figura 2 - Definizione macro-obiettivi ambientali-climatici, progettuali-funzionali, sociali-culturali. Immagine degli autori.....	12
Figura 3 - Strategie meta-progettuali per la riqualificazione tecnologica e ambientale per l' <i>Outdoor Learning</i> . Immagine degli autori.....	13
Figura 4 - Workflow articolato in due macro-fasi: analisi e progettazione. Immagine degli autori.....	13
Figura 5 - Analisi del microclima locale (Temperatura Media Radiante - direzione e velocità del vento). File climatico: Roma, 28 giugno 2022. Immagine degli autori.....	14
Figura 6 - Caratteristiche padiglione bioclimatico per l' <i>Outdoor Learning</i> . Immagine degli autori.....	14
Figura 7 - Pianta e sezione della proposta progettuale padiglione bioclimatico. Immagine degli autori.....	15
Figura 8 - Analisi del primo caso pilota Asilo Nido "I tesori di Gulliver": caratteristiche e layout. Immagine degli autori.....	16
Figura 9 - Applicazione del sistema evaporativo nel primo caso pilota Asilo Nido "I tesori di Gulliver": componenti e caratteristiche. Immagine degli autori.....	16
Figura 10 - Somministrazione dei test nelle diverse aree gioco. Immagine degli autori.....	17

Indice delle tabelle

Tabella 1 - Raccolta dati strumentali nel secondo caso pilota Asilo Nido "Maramao". Giornata 25 luglio 2024 dalle ore 10:15 alle ore 11:00	18
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

1 Risultati attesi

Il progetto di ricerca, condotto dal Dipartimento di Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura di Sapienza Università di Roma, si propone di elaborare e sperimentare soluzioni progettuali innovative per migliorare il comfort climatico e ambientale degli spazi scolastici *outdoor*, in particolare negli ambiti urbani consolidati. I risultati attesi comprendono la definizione di scenari meta-progettuali di riferimento, metodi e strumenti e per la valutazione delle prestazioni di sistemi di raffrescamento evaporativo estivo, dispositivi passivi di riscaldamento invernale e *Nature-Based Solutions* (NBS). Tali strategie sono finalizzate a rispondere alle principali criticità ambientali, energetiche, sanitarie e sociali che interessano le scuole primarie - asili nido e scuole dell'infanzia - in contesti urbani caratterizzati da alte densità edilizie e fenomeni di isola di calore.

Un elemento centrale della ricerca sarà l'integrazione di prototipi di *open-air school*, di circa 70-100 metri quadrati ciascuno, progettati per essere utilizzati a scopi didattico-ludici e attrezzati con tecnologie sostenibili. I prototipi saranno climatizzati mediante sistemi evaporativi e bioclimatici, alimentati da fonti energetiche rinnovabili. Inoltre, le strutture saranno dotate di componenti innovative per il raffrescamento passivo e il controllo del microclima, in sinergia con soluzioni *Nature-Based*, progettate per migliorare la qualità dell'aria e fornire ombreggiamento naturale. I dati raccolti saranno utilizzati per sviluppare un modello operativo replicabile, in grado di guidare la progettazione e la riqualificazione delle scuole primarie verso standard di sostenibilità più elevati, contribuendo alla riduzione dei costi energetici e delle emissioni di CO₂, e migliorando al contempo la qualità degli spazi *outdoor* destinati all'apprendimento.

Infine, la ricerca si propone di valutare l'impatto delle nuove soluzioni sul benessere e sulle performance dei bambini che abitano la scuola. Verranno condotte analisi comparative che correlano le condizioni ambientali con la partecipazione alle attività didattiche, il comfort termico e la percezione di benessere nei nuovi spazi. La diffusione dei risultati avverrà attraverso la presentazione di casi pilota e pubblicazioni scientifiche, al fine di promuovere l'adozione di buone pratiche progettuali nei contesti educativi urbani.

2 Risultati ottenuti

La ricerca evidenzia significativi benefici derivanti dall'integrazione di sistemi evaporativi e dispositivi passivi alimentati da fonti rinnovabili negli spazi scolastici *outdoor*. Tali interventi mirano a migliorare il comfort termico per lo svolgimento di attività educative all'aperto, in linea con le esigenze dell'approccio pedagogico *Outdoor Learning*, e a ridurre l'impatto energetico complessivo, un aspetto particolarmente critico nel patrimonio edilizio scolastico italiano. Secondo il XXIII Rapporto nazionale sulla qualità degli edifici e dei servizi scolastici "Ecosistema Scuola" (2024), oltre il 40% degli edifici scolastici è stato costruito prima del 1980 ed è caratterizzato da un alto grado di obsolescenza e inadeguatezza rispetto alle esigenze di comfort, qualità ambientale, efficienza energetica e dotazioni funzionali. Questa condizione comporta consumi elevati per il riscaldamento e il raffrescamento degli spazi, aggravati da sistemi impiantistici spesso inadeguati. La progettazione climatica passiva e l'introduzione di tecnologie a basso impatto risultano essere strategie efficaci per ridurre l'impatto ambientale delle strutture educative, contribuendo in modo significativo alla riduzione delle emissioni di CO₂ e migliorando al contempo la qualità degli spazi *outdoor* destinati all'apprendimento.

L'adozione di tecnologie passive per la mitigazione del calore, come la ventilazione naturale e sistemi di raffrescamento evaporativo, in combinazione con strutture ombreggianti, ha portato a una riduzione significativa delle temperature percepite negli spazi *outdoor*. I sensori di monitoraggio installati presso i casi pilota hanno registrato una diminuzione della temperatura media di circa 5-7°C nelle aree dotate di sistemi evaporativi attivi rispetto alle aree esterne non trattate. Questa riduzione contribuisce a migliorare il comfort termico percepito, favorendo la permanenza dei bambini negli spazi esterni durante le ore centrali della giornata, anche nei mesi estivi.

Queste strategie sono particolarmente importanti nei contesti urbani, dove le condizioni di isola di calore amplificano gli effetti delle alte temperature, compromettendo la vivibilità degli spazi scolastici *outdoor*. La progettazione di dispositivi passivi di riscaldamento invernale, l'installazione di sistemi evaporativi per il raffrescamento estivo e l'uso di *Nature-Based Solution* (NBS) sono risultati efficaci per contenere le temperature percepite, migliorando il comfort termico senza ricorrere a sistemi energivori e aumentando la partecipazione dei bambini alle attività svolte negli spazi esterni. Tali soluzioni progettuali favoriscono inoltre un approccio educativo che promuove la connessione con l'ambiente naturale, un elemento chiave nelle pratiche di *Outdoor Learning*.

La ricerca ha inoltre posto l'accento sulla replicabilità degli interventi, sviluppati con tecnologie modulari e materiali sostenibili per facilitarne l'adattamento a diversi contesti educativi, senza richiedere modifiche invasive alle strutture esistenti. Questa strategia permette di implementare gradualmente le soluzioni, riducendo i costi iniziali e favorendo una gestione più efficiente delle risorse. L'integrazione di tecnologie per la sostenibilità ambientale e l'efficienza energetica contribuisce non solo a migliorare il comfort degli spazi scolastici, ma anche a promuovere un modello di scuola resiliente in grado di rispondere alle emergenze climatiche e sanitarie future.

3 Prodotti attesi

Nella presente linea di attività non sono previsti prodotti attesi specifici, poiché l'obiettivo principale è l'analisi e la sperimentazione di strategie progettuali innovative, con un focus sulla valutazione dell'efficacia delle soluzioni implementate.

4 Prodotti sviluppati

Nella presente linea di attività non sono stati sviluppati prodotti, poiché l'obiettivo principale è stato l'analisi, la sperimentazione e la valutazione delle strategie progettuali.

5 Analisi degli scostamenti su attività e risultati

Nella presente linea di attività non si sono verificati scostamenti.

6 Sintesi delle attività svolte

Il progetto è stato sviluppato adottando un approccio metodologico induttivo e sistemico con l'obiettivo di elaborare il contesto di riferimento, inquadrare le problematiche del comfort termico negli spazi educativi *outdoor*, definire obiettivi e strategie meta-progettuali per l'implementazione di *Nature-Based Solution* (NBS) e dispositivi attivi e passivi finalizzati al riscaldamento invernale e al raffrescamento estivo. Sono stati sviluppati prototipi progettuali di padiglioni per la riqualificazione di spazi per l'*Outdoor Learning* e applicati sistemi evaporativi in due casi pilota a Roma. Per analizzare le condizioni microclimatiche, sono stati utilizzati sensori per misurare parametri ambientali, consentendo una comparazione dei dati raccolti. Inoltre, è stata condotta un'indagine qualitativa sulla percezione del comfort nei bambini di età 0-36 mesi, tramite test basati su immagini simboliche e osservazioni dirette sul campo, con il supporto di pedagogisti e psicologi dell'infanzia.

7 Dettaglio delle attività svolte

7.1 Contesto di riferimento

La pandemia da Covid-19 e il periodo post-pandemia hanno determinato cambiamenti profondi nelle proposte educative rivolte alla fascia d'età 0-36 mesi, una delle più penalizzate in termini di accesso agli spazi educativi e opportunità di socializzazione. Questo periodo ha messo in luce una serie di criticità, legate non solo alla difficoltà di garantire la continuità educativa durante le restrizioni, ma anche alla necessità di ripensare l'organizzazione degli ambienti educativi per assicurare il benessere e la sicurezza dei bambini. Le misure di contenimento adottate in risposta alla pandemia hanno evidenziato l'importanza di spazi che possano promuovere il benessere psicofisico, mitigando al contempo i rischi di contagio in situazioni di emergenza sanitaria.

Accanto a queste problematiche, il report 2023 dell'*Intergovernmental Panel on Climate Change* ha sottolineato l'urgenza di affrontare gli effetti sempre più evidenti dei fenomeni climatici estremi, che interessano i territori, a livello globale e locale, e hanno un impatto diretto sull'educazione. Ondate di calore, precipitazioni intense e altre condizioni meteorologiche critiche influenzano profondamente la vivibilità degli spazi scolastici, soprattutto quelli esterni, spesso utilizzati in modo intensivo nei mesi estivi. Tali fenomeni rappresentano una sfida per l'educazione della prima infanzia, richiedendo una progettazione degli ambienti che sia resiliente e in grado di garantire il comfort termico e la sicurezza dei bambini anche in situazioni ambientali difficili.

Questi due fattori – l'impatto della pandemia e le crescenti sfide legate ai cambiamenti climatici – hanno stimolato una riflessione più ampia sul concetto di comfort e benessere nei contesti educativi, con un focus particolare sull'utilizzo degli spazi esterni nell'educazione della prima infanzia. Gli spazi *outdoor*, spesso considerati una risorsa fondamentale per lo sviluppo psicofisico dei bambini, offrono opportunità uniche per promuovere la socializzazione, la motricità e il contatto con la natura. Tuttavia, per garantire che questi spazi siano utilizzabili in modo ottimale, è necessario adottare interventi progettuali che tengano conto delle specificità climatiche e delle esigenze dei bambini più piccoli.

7.2 Approccio metodologico

La metodologia adottata ha previsto un approccio interdisciplinare che integra principi di pedagogia, psicologia dell'infanzia, architettura e scienze ambientali, al fine di progettare spazi scolastici che rispondano efficacemente alle sfide poste dai cambiamenti climatici. La revisione della letteratura ha messo in evidenza l'importanza di progettare ambienti *outdoor*: studi come quelli di Fabbri et al. (2018) e Farné (2020) sottolineano come la presenza di vegetazione, aree ombreggiate, materiali naturali e ventilazione naturale non solo riducono il calore percepito, ma promuovono anche un senso di benessere psicologico nei bambini.

Un tema centrale dell'analisi della letteratura riguarda l'efficacia degli interventi progettuali mirati a migliorare il microclima degli spazi *outdoor* attraverso l'adozione di strategie passive di raffrescamento. Santamouris (2019) ha evidenziato come l'integrazione di sistemi di raffrescamento passivo, come strutture ombreggianti e sistemi evaporativi, possa contribuire a ridurre significativamente le temperature percepite negli spazi esterni, migliorando il comfort termico complessivo. Inoltre, tali interventi si sono rivelati particolarmente efficaci nei contesti urbani caratterizzati dal fenomeno dell'isola di calore urbana.

All'interno di questa cornice teorica, sono state definiti obiettivi e strategie meta-progettuali per la riqualificazione tecnologica e ambientale di spazi *outdoor* per la didattica, sviluppati prototipi progettuali di padiglioni bioclimatici *open-air*, e installati sistemi evaporativi in contesti educativi nella città di Roma.

La formulazione del protocollo di analisi ha incluso la definizione di test da somministrare per analizzare il comfort e il benessere psicologico, e osservazioni dirette sul campo. I dati raccolti sono stati integrati con misurazioni ambientali effettuate con strumenti di rilevazione delle condizioni climatiche locali, al fine di correlare i parametri fisici con le percezioni soggettive del comfort. La somministrazione dei test e l'analisi dei risultati hanno permesso di valutare l'efficacia della soluzione progettuali adottate e di identificare le caratteristiche ambientali degli spazi che meglio rispondono alle esigenze di comfort termico nei contesti scolastici.

7.3 Riqualificazione tecnologica e ambientale di spazi *outdoor* per la didattica

La riqualificazione tecnologica e ambientale di spazi per l'*Outdoor Learning* rappresenta oggi un'opportunità significativa per migliorare l'efficacia dell'istruzione e l'impatto ambientale nelle attività didattiche all'aperto. Nel contesto della crescente necessità di soluzioni educative flessibili e sostenibili, come dimostrato durante la pandemia di COVID-19, tale riqualificazione si concentra su come trasformare gli spazi esistenti in ambienti ottimali per l'apprendimento, integrando principi di sostenibilità ambientale e soluzioni progettuali innovative (Figura 1).

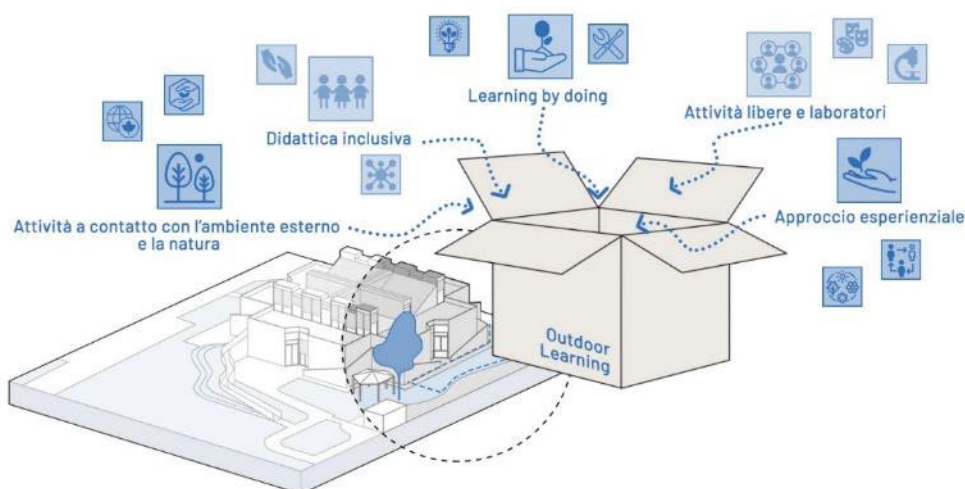


Figura 1 - Spazi esterni destinati all'*Outdoor Learning*. Immagine degli autori

7.3.1 Definizione obiettivi

Nella progettazione di spazi esterni destinati all'*Outdoor Learning* è fondamentale integrare obiettivi, articolati in tre ambiti principali: ambientale-climatico, progettuale-funzionale e sociale-culturale (Figura 2).

7.3.1.1 Macro-obiettivi ambientali e climatici

Per trasformare gli spazi esterni scolastici in ambienti di apprendimento dinamici e resilienti e promuovere la sostenibilità e il benessere, è fondamentale integrare obiettivi ambientali e climatici che comprendano:

- Efficientamento energetico;
- Comfort;
- Limitazione degli impatti antropici;
- Resilienza ai Cambiamenti Climatici;

- Greening urbano e servizi ecosistemici.

7.3.1.2 Macro-obiettivi progettuali e funzionali

Per creare ambienti stimolanti e adattarsi alle diverse esigenze educative, è cruciale definire obiettivi progettuali e funzionali che comprendano:

- Appropriately funzionale e architettonica degli spazi;
- Sicurezza;
- Flessibilità degli spazi;
- Digitalizzazione del progetto e della gestione dello spazio;
- Funzioni per l'Innovazione Digitale.

7.3.1.3 Macro-obiettivi sociali e culturali

Per realizzare ambienti di apprendimento inclusivi e promuovere la salute urbana, è fondamentale considerare obiettivi sociali e culturali che comprendano:

- Urban Health;
- Rigenerazione Ambientale;
- Connessione;
- Accessibilità e *Design for All*;
- Riconoscibilità.

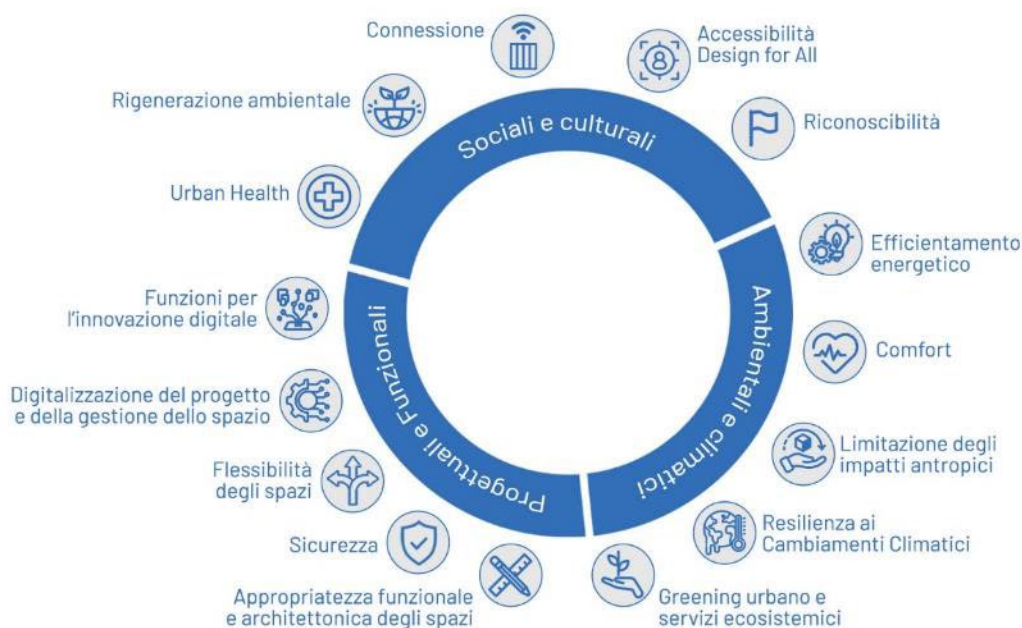


Figura 2 - Definizione macro-obiettivi ambientali-climatici, progettuali-funzionali, sociali-culturali. Immagine degli autori

7.3.2 Elaborazione strategie meta-progettuali: caso pilota Scuola dell'Infanzia "Giardinieri", Roma

Per il caso pilota della Scuola dell'Infanzia "Giardinieri", situata nel I Municipio di Roma in un contesto caratterizzato da una significativa presenza di aree verdi, sono state elaborate strategie di intervento quali l'incremento delle infrastrutture verdi, la piantumazione di alberi, la realizzazione di strutture ombreggianti e padiglioni bioclimatici, nonché l'adozione di sistemi evaporativi, al fine di migliorare la qualità ambientale e il comfort termico degli spazi didattici *outdoor* (Figura 3).

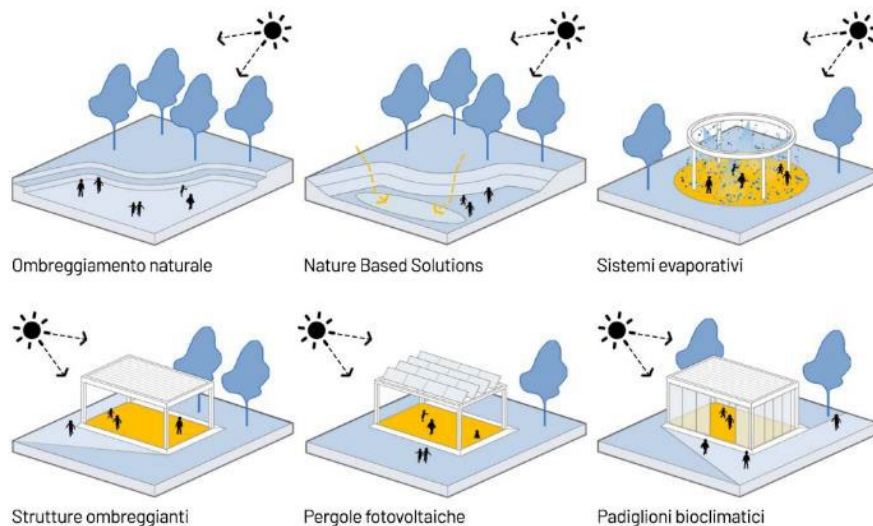


Figura 3 - Strategie meta-progettuali per la riqualificazione tecnologica e ambientale per l'Outdoor Learning. Immagine degli autori

L'integrazione di soluzioni *Nature-Based* consente di rafforzare la capacità di resilienza degli ecosistemi locali di fronte agli effetti dei cambiamenti climatici. La progettazione di aree verdi, giardini educativi e infrastrutture ecologiche, oltre a rendere gli spazi più funzionali ed esteticamente gradevoli, offre agli studenti opportunità di apprendimento esperienziale e promuove al contempo la conservazione della biodiversità e la riduzione dell'effetto isola di calore urbana.

Inoltre, l'adozione di materiali e tecnologie sostenibili per la costruzione e la gestione degli spazi esterni permette di diminuire l'impatto ecologico complessivo della struttura scolastica. Tra le soluzioni più efficaci figurano l'installazione di pannelli fotovoltaici per la produzione di energia pulita, sistemi per il recupero e l'utilizzo delle acque piovane e l'impiego di materiali locali, riciclati e riciclabili.

7.3.3 Sviluppo di prototipi progettuali: caso pilota Asilo Nido "I Coccetti", Roma

Nell'ambito del progetto di ricerca, è stato sviluppato un prototipo progettuale presso l'Asilo Nido "I Coccetti", situata nel I Municipio di Roma.

Il workflow è stato articolato in due macro-fasi: analisi e progettazione (Figura 4).

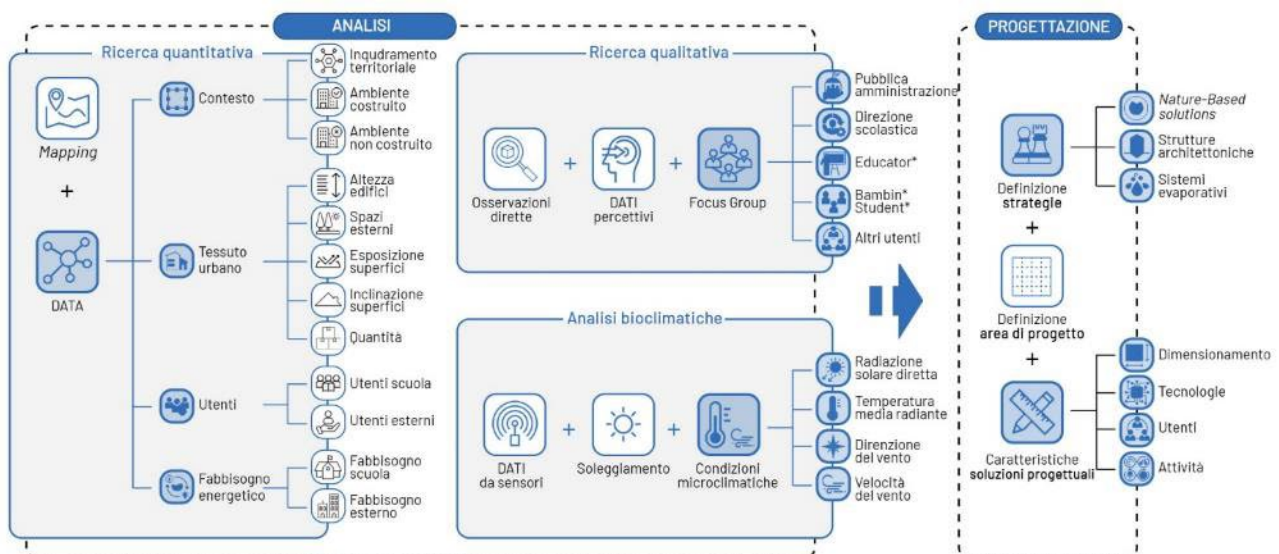


Figura 4 - Workflow articolato in due macro-fasi: analisi e progettazione. Immagine degli autori

La fase analitica ha incluso:

- attività di *desk analysis*, *mapping* e raccolta dati quantitativi;
- attività di raccolta dati qualitativi mediante osservazioni sul campo, valutazioni percettive e *focus group* con il personale scolastico;
- analisi climatiche e ambientali condotte tramite software, quali *Ecotect* integrato in *Revit* per lo studio del soleggiamento e *ENVI-met* per le simulazioni microclimatiche (Figura 5).



Figura 5 - Analisi del microclima locale (Temperatura Media Radiante - direzione e velocità del vento). File climatico: Roma, 28 giugno 2022. Immagine degli autori

Inoltre, tra il 12 e il 31 luglio 2023, sono stati raccolti dati strumentali relativi a temperatura, umidità, velocità e direzione del vento. Le misurazioni hanno evidenziato una temperatura media di 34,5°C, con un picco massimo di 42,3°C il 14 luglio, un'umidità relativa media del 46% e una velocità media del vento pari a 1,31 m/s, con direzione prevalente da sud-sud-ovest.

A seguito dei *focus group* e sulla base dei risultati delle analisi, è stato scelto di progettare un padiglione *open-air* bioclimatico autoportante, destinato alla fascia di età 12-24 mesi (sezione medi). La struttura, di 24 mq, è progettata per ospitare fino a 18 bambini e 3 educatori, supportando una varietà di attività didattiche, laboratori, giochi e la somministrazione dei pasti (Figura 6).

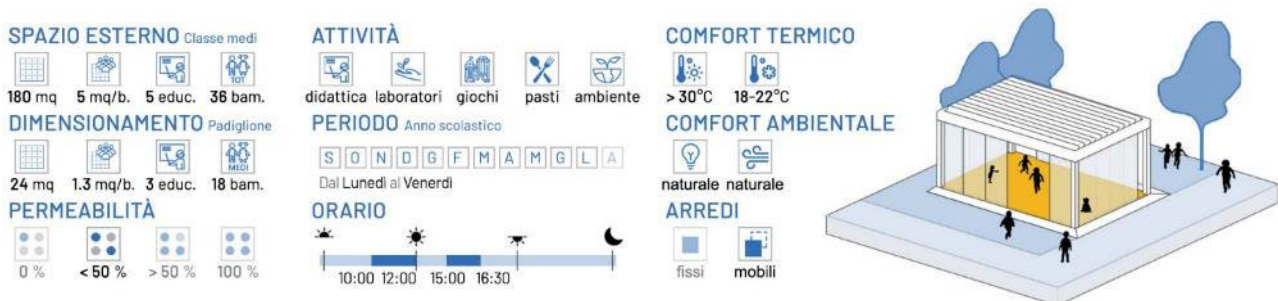


Figura 6 - Caratteristiche padiglione bioclimatico per l'*Outdoor Learning*. Immagine degli autori

Il padiglione è stato concepito per garantire condizioni ottimali di riscaldamento durante l'inverno, attraverso ampie vetrate in *clear glass* che proteggono dagli agenti atmosferici e permettono l'accumulo di calore solare, e di raffrescamento nella stagione estiva, attraverso l'integrazione di un sistema evaporativo. La struttura è dotata di lamelle orientabili per il

controllo della ventilazione e dell'illuminazione naturale, con pannelli fotovoltaici integrati per la produzione di energia pulita (Figura 7).

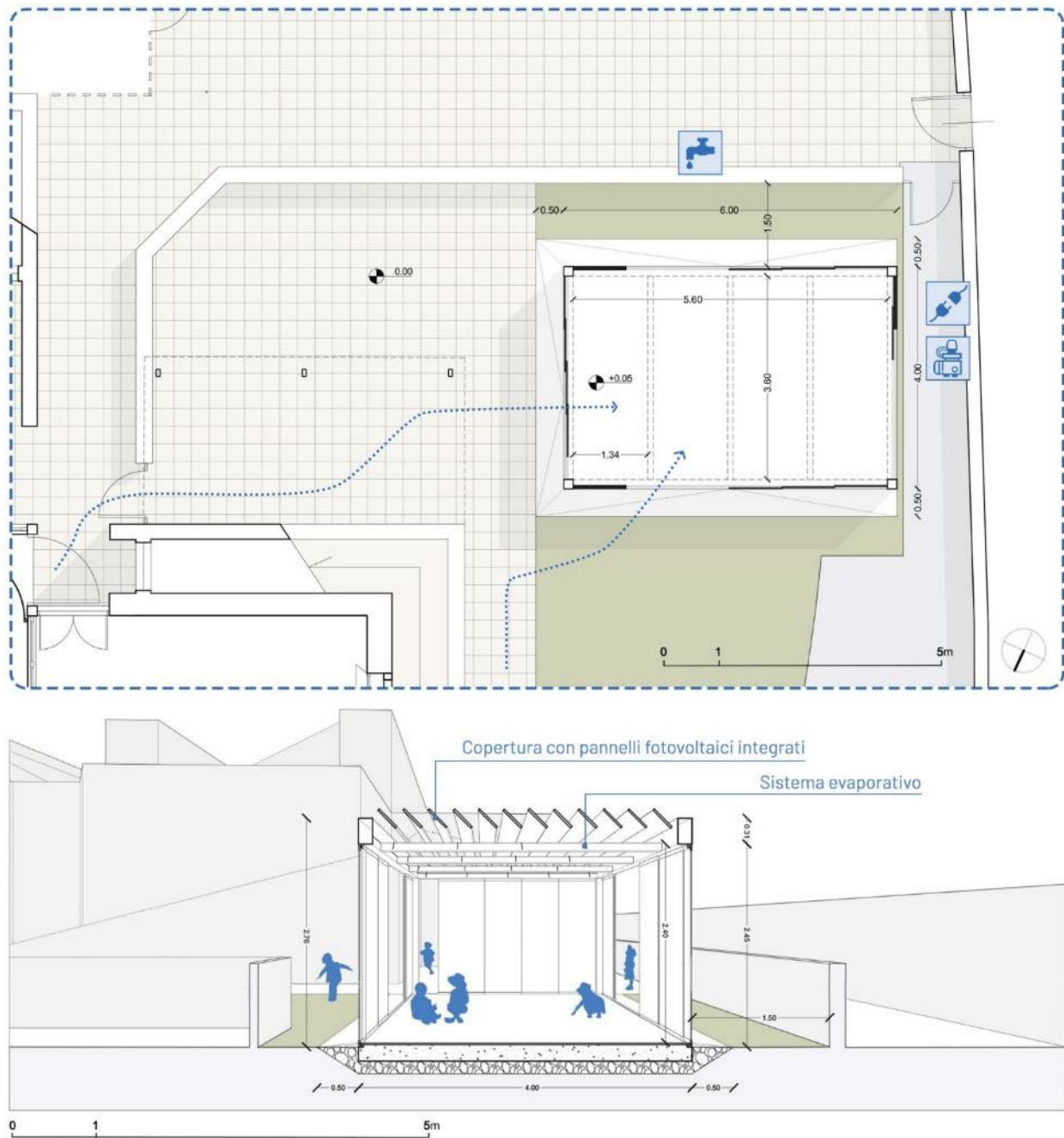


Figura 7 - Pianta e sezione della proposta progettuale padiglione bioclimatico. Immagine degli autori

Questa soluzione progettuale mira a ridurre l'utilizzo degli spazi interni, consentendo ai bambini di svolgere attività didattiche a stretto contatto con l'ambiente naturale per la maggior parte dell'anno scolastico.

7.3.4 Installazione di sistemi evaporativi per il raffrescamento estivo: casi pilota Asilo Nido "I tesori di Gulliver" e "Maramao", Roma

L'installazione di sistemi evaporativi per il raffrescamento estivo è avvenuta in due casi pilota a Roma, presso l'Asilo Nido comunale "I Tesori di Gulliver", situato nel quartiere Ottavia, e "Maramao", situato nel quartiere Tor Tre Teste. Le strutture educative accolgono bambini

suddivisi in tre sezioni - piccoli (0-12 mesi), medi (12-24 mesi) e grandi (24-36 mesi) - e sono dotate di spazi esterni dedicati a ciascuna sezione e progettati per favorire attività ludica e didattica all'aria aperta (Figura 8).

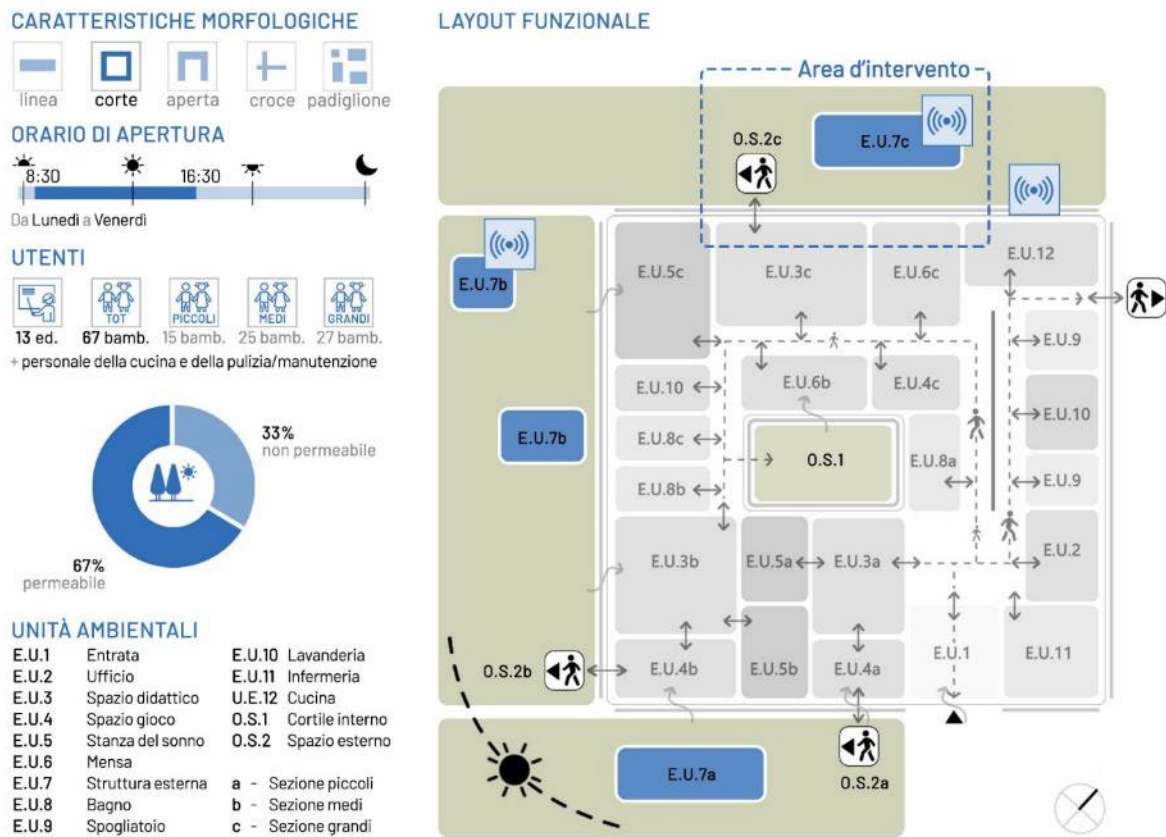


Figura 8 - Analisi del primo caso pilota Asilo Nido "I tesori di Gulliver": caratteristiche e layout. Immagine degli autori

L'applicazione del sistema evaporativo è stata realizzata in entrambi i casi nello spazio esterno della sezione grandi, caratterizzato dalla presenza di strutture ombreggianti preesistenti, realizzate per mitigare l'esposizione diretta al sole (Figura 9).

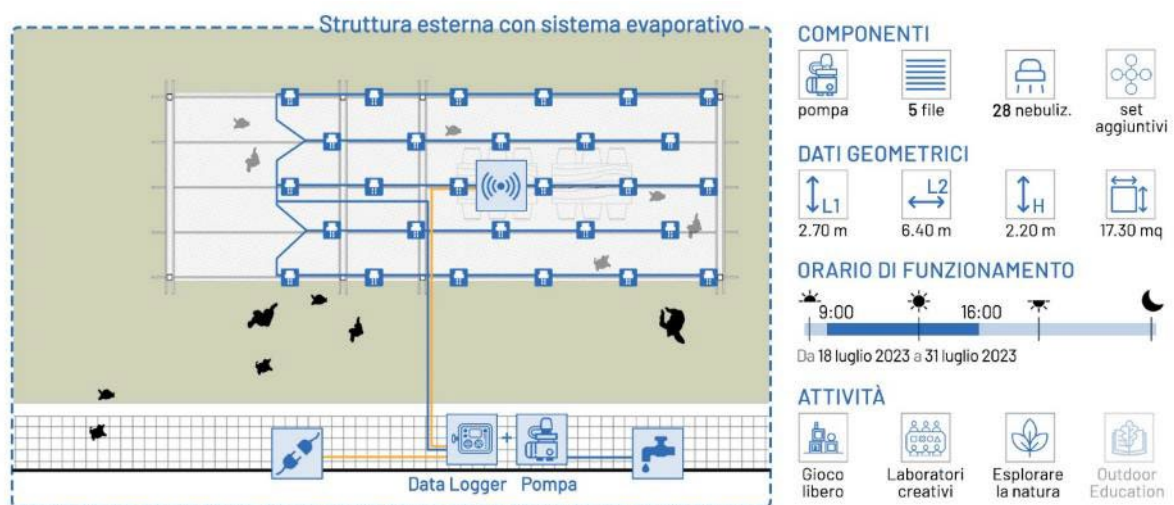


Figura 9 - Applicazione del sistema evaporativo nel primo caso pilota Asilo Nido "I tesori di Gulliver": componenti e caratteristiche. Immagine degli autori

Il sistema utilizza nebulizzatori che rilasciano microgocce d'acqua nell'aria, favorendo l'abbassamento della temperatura percepita attraverso l'evaporazione, senza inumidire

direttamente le superfici. Questo intervento è stato studiato per adattarsi all'ambiente esistente, garantendo una copertura uniforme del raffrescamento all'interno dell'area ombreggiata. L'applicazione è stata pianificata in modo da non interferire con le attività quotidiane della sezione, preservando al contempo la sicurezza e il comfort dei bambini e del personale scolastico.

Per valutare l'efficacia del sistema evaporativo e analizzare le variazioni microclimatiche dell'area, nel mese di luglio 2023 e luglio 2024 sono stati installati sensori di rilevazione delle condizioni climatiche locali sia nello spazio esterno non ombreggiato che sotto la struttura con sistema evaporativo attivo. In particolare, è stato posizionato un anemometro per misurare la velocità e la direzione del vento, consentendo di valutare l'influenza della ventilazione naturale sulla dispersione delle microgocce e sull'efficienza del raffrescamento evaporativo. Inoltre, un termoisigrometro è stato installato, permettendo una comparazione diretta tra le due condizioni in termini di temperatura e umidità relativa. Questo monitoraggio ha fornito dati fondamentali per comprendere il reale impatto del sistema evaporativo sulla mitigazione del calore e per ottimizzare il suo funzionamento.

7.4 Indagine sul comfort termico *outdoor*

L'indagine sul comfort termico *outdoor*, condotta con il supporto di pedagogisti e psicologi dell'infanzia, ha seguito un approccio integrato che ha previsto diverse fasi di sviluppo metodologico e sperimentazione sul campo. Inizialmente è stata effettuata una revisione della letteratura scientifica riguardante il benessere termico nei bambini di età compresa tra 0 e 36 mesi, con particolare attenzione alle possibili metodologie da adottare in contesti educativi e climatici simili. Questa revisione ha fornito indicazioni utili per l'elaborazione dei primi test qualitativi.

I test iniziali sono stati elaborati utilizzando strumenti visivi, come immagini simboliche ed evocative, progettate per facilitare la comprensione e la risposta spontanea dei bambini. I quesiti posti includevano tre aspetti chiave: la percezione del calore, il benessere percepito e la preferenza per le aree di gioco, consentendo di ottenere una valutazione multidimensionale del comfort termico. Tali strumenti sono stati sottoposti a una fase preliminare di validazione con il coinvolgimento del personale scolastico e, successivamente, migliorati per aumentare la comprensione e la coerenza delle risposte (Figura 10).

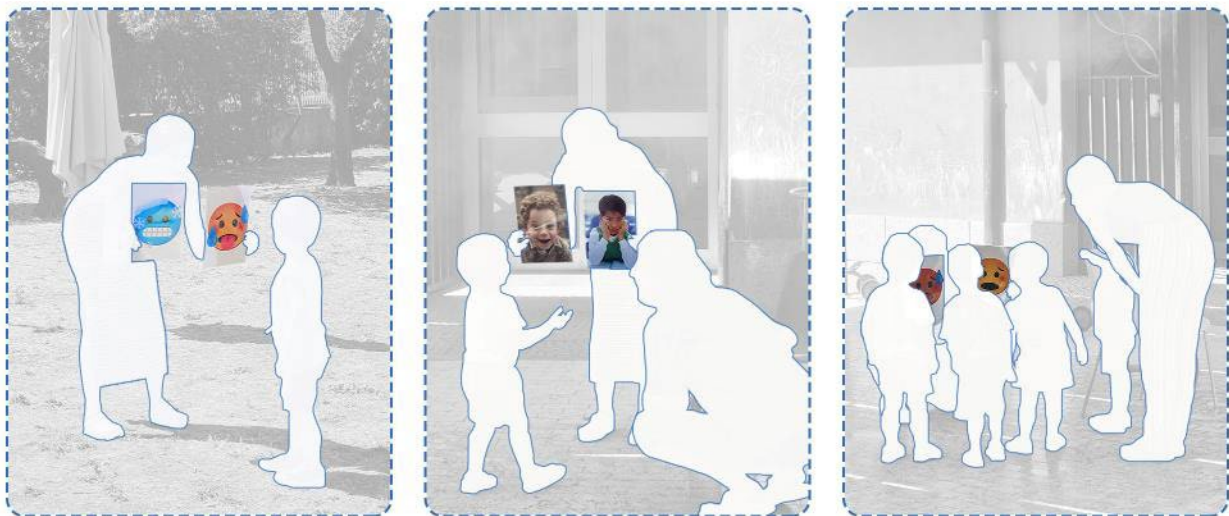


Figura 10 - Somministrazione dei test nelle diverse aree gioco. Immagine degli autori

La fase sperimentale è stata condotta nei due casi pilota - Asilo Nido "I Tesori di Gulliver" e "Maramao", Roma - nel mese di luglio 2023 e luglio 2024. I test qualitativi sono stati somministrati nelle diverse aree di gioco, sia nello spazio esterno non ombreggiato che sotto la struttura con il sistema evaporativo attivo, per confrontare le percezioni dei bambini in condizioni ambientali differenti. La raccolta dei dati ha incluso osservazioni dirette sul campo e interazioni strutturate con le educatrici, figure di riferimento per i bambini, al fine di ridurre al minimo l'influenza di fattori esterni.

Le percezioni soggettive dei piccoli sono state correlate a misurazioni ambientali oggettive, quali temperatura, umidità e ventilazione, attraverso l'utilizzo dei sensori microclimatici installati nell'area di studio (Tabella 1).

Giorno	Focus	T max [°C]	T media [°C]	UR max [%]	UR media [%]
25 luglio 2024	Struttura con sistema evaporativo	29.8	29.2	71	62
	Esterno	36.6	36.1	37	35

Tabella 1 - Raccolta dati strumentali nel secondo caso pilota Asilo Nido "Maramao". Giornata 25 luglio 2024 dalle ore 10:15 alle ore 11:00

Questo approccio ha permesso di analizzare il benessere psicofisico dei bambini e di valutare l'efficacia delle soluzioni progettuali per il miglioramento del comfort termico negli spazi *outdoor* educativi.

8 Contributo delle eventuali consulenze alle attività sopra descritte

Per l'attività non ci si è avvalsi di consulenze esterne.

9 Pubblicazioni scientifiche

Zinzi, M., Canducci, A., Ciarini, L., Severa, D., Battisti, A. (2024), "Improving the outdoor thermal comfort by solar shading and evaporative cooling in a nursery school in Rome, Italy", in *PLEA 2024: (Re)thinking Resilience. The book of proceedings*, pp.76-81.

Canducci, A., Calvano, A., Battisti, A. (2024), "Technological and environmental strategies for the redevelopment of outdoor learning spaces and the establishment of energy hubs in school buildings", in Trombadore, A., Sayigh, A. (eds), *Getting to zero. Beyond energy transition towards carbon-neutral Mediterranean cities*, Springer Cham (in fase di pubblicazione).

10 Eventi di disseminazione

15/02/2024 MED Green Forum 7th edition "Getting to Zero: Beyond energy transition towards carbon-neutral Mediterranean cities"

Prof. Ali Sayigh e Prof.ssa Antonella Trombadore

Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Firenze, Firenze (Italia)

Titolo del contributo: "Technological and environmental strategies for the redevelopment of outdoor learning spaces and the establishment of energy hubs in school buildings".