

ABSTRACT TESI: La ricerca riflette i termini contemporanei della dialettica tra cultura del progetto e modellazione delle informazioni, applicata al tema della riqualificazione del patrimonio, sul caso particolare delle architetture per la formazione. Lo studio ne riconosce l'eccezionale concentrazione di fattori relazionali tra l'educando e il corpo educante della scuola. Più in generale, le infrastrutture urbane materiali e immateriali restituiscono dati e la capacità di modellarle e interpretarle esercita un riflesso notevole sul processo cognitivo e operativo delle discipline che si occupano della città, sul riordino delle competenze necessarie al governo della trasformazione. Ci si chiede quali abilità dovrà acquisire o rafforzare la disciplina della progettazione tecnologica ambientale, al fine di sostenere il ruolo di interprete dello spazio fisico. Il tema si inquadra nella definizione più ampia di progetto come azione sintetica e intenzionale dell'architettura, di per sé un esercizio di predizione e prefigurazione, un atto metaforico di produzione dell'ambiente costruito.

La Progettazione Tecnologica degli Ambienti di Apprendimento

DOTTORANDO
Marilisa Cellurale

Dottorato di Ricerca
Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura

Sapienza Università di Roma | SAPIENZA UNIVERSITY OF ROME | ciclo CYCLE XXX | nov. 2014 - oct. 2017
Scuola di Dottorato in Ingegneria Civile e Architettura | DOCTORAL SCHOOL IN CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE
Dipartimento di 'Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura' | 'PLANNING, DESIGN, TECHNOLOGY OF ARCHITECTURE' DEPARTMENT



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Dottorato di Ricerca PIANIFICAZIONE, DESIGN, TECNOLOGIA DELL'ARCHITETTURA
PHD PLANNING, DESIGN, TECHNOLOGY OF ARCHITECTURE

Coordinatore | Director
Prof. Fabrizio Tucci

Curriculum PROGETTAZIONE TECNOLOGICA AMBIENTALE
Curriculum ENVIRONMENTAL TECHNOLOGICAL DESIGN

Coordinatore Curriculum | Curriculum Chair
Prof. Luciano Cupelloni

La Progettazione Tecnologica degli Ambienti di Apprendimento

Building Information Modeling e Behavioral Modeling per la riqualificazione dell'edilizia scolastica

Dottorando | PhD Candidate Marilisa Cellurale
Supervisore | Supervisor Prof. Eugenio Arbizzani
Supervisore | Supervisor Prof. Carola Clemente

Ciclo | Cycle XXX
Novembre 2014 - Ottobre 2017



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

DOTTORATO DI RICERCA

Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura

COORDINATORE

Prof. Fabrizio Tucci

CURRICULUM

Progettazione Tecnologica Ambientale

COORDINATORE CURRICULUM

Prof. Luciano Cupelloni

La Progettazione Tecnologica degli Ambienti di Apprendimento

Building Information Modeling e Behavioral Modeling per la
riqualificazione dell'edilizia scolastica

DOTTORANDO

Marilisa Cellurale

SUPERVISORI

Prof. Eugenio Arbizzani

Prof. Carola Clemente

CICLO XXX

Novembre 2014 - Ottobre 2017

INDICE

Introduzione

PARTE I I TERMINI DELLA RICERCA

CAPITOLO 1 INQUADRAMENTO DELLA RICERCA

1.1 Prospettive. Dall'osservazione all'interazione

1.2 Contesto: il peso della costruzione

Finanziamenti

1.3 I programmi dell'International Energy Agency (IEA)

1.4 Obiettivi della ricerca

1.5 Struttura del volume

CAPITOLO 2 REPERTORIO

2.1 Definizioni: la qualità degli ambienti interni negli edifici scolastici

Dinamiche di contaminazione dell'aria interna: uno studio

Indicazioni progettuali

In conclusione, sulla qualità degli ambienti scolastici

2.2 Strumenti conoscitivi e operativi: i modelli

Building Information Modeling (BIM)

Behavioral Modeling (BM). Stato della ricerca.

2.3 Aspetti finanziari e metodologia di valutazione degli interventi

2.4 Costo-Ottimo: metodologia di calcolo

PARTE II INVENTARIO

CAPITOLO 3 DALL'INSEGNAMENTO ALL'APPRENDIMENTO

3.1 Indirizzi internazionali

L'esperienza inglese

3.2 Il manifesto italiano dell'apprendimento

3.3 Gli indirizzi nazionali e un concorso

CAPITOLO 4 DALL'EDILIZIA SCOLASTICA ALLE ARCHITETTURE PER LA FORMAZIONE

4.1 Il punto

4.2 Consumi e usi energetici

4.3 Tipo, modello e regole: rilettura dei termini

4.4 Le architetture per la formazione in Italia. Evoluzione dei caratteri fondamentali

4.5 Caratterizzazione sintetica dei modelli: un possibile confronto.

PARTE III STUDIO

CAPITOLO 5 SELEZIONE E SIMULAZIONE: PROPOSTA DI IMPLEMENTAZIONE METODOLOGICA

5.1 Metodologia della fase applicativa

Workflow della metodologia applicativa

5.2 Definizione e caratterizzazione del campione di studio

5.3 Edifici di riferimento

CAPITOLO 6 UNITÀ AMBIENTALE DI RIFERIMENTO. SCENARI DI SIMULAZIONE

6.1 Definizione dell'Unità Ambientale di Riferimento

6.2 Selezione e modellazione

6.3 Modellazione dei comportamenti

6.4 Modelli e dati di input

Unità Ambientale di Riferimento 1 (UAR1)

Unità Ambientale di Riferimento 2 (UAR2).

CAPITOLO 7 SIMULAZIONE DEL MODELLO VIRTUALE. ANALISI DEI RISULTATI

7.1 Analisi dei risultati

Unità Ambientale di Riferimento 1 (UAR1)

Unità Ambientale di Riferimento 2 (UAR2)

7.2 Calibrazione e Ottimizzazione. Verso la riscrittura del tipo

Verso una (reale) riqualificazione profonda.

7.3 Revisione della Cost-Optimal formula

La metodologia di valutazione Costo-Ottimo come matrice operativa nei processi di riqualificazione e rigenerazione urbana.

PARTE IV

CAPITOLO 8 CONCLUSIONI

TRE TEMI PER TRE TECNICHE

PARTE V *References*

APPARATI

RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

Introduzione

“Buildings mediate between the world and our consciousness through internalizing the world and externalizing the mind.”

Juhani Pallasmaa, 2012

Sulla cura del patrimonio di edilizia pubblica si misura oggi la reale capacità delle discipline del progetto di saper governare i processi complessi, di senso e finalità, che caratterizzano l'agire nell'ambiente costruito.

La condizione attuale di obsolescenza normativa e materiale degli asset pubblici legati al welfare, come l'edilizia scolastica e sanitaria, si evidenzia in tutta la sua paradossale inerzia se confrontata con il sempre più rilevante numero di eccezioni che tentano di istruire, ex post, un orizzonte di sistema a cui non appartengono. Il rischio di operare nella direzione di uno sforzo non risolutivo acuisce la fragilità di fondo.

La riqualificazione, nel caso del caleidoscopico e denso patrimonio italiano, si articola e si specifica nelle accezioni di recupero, restauro, rigenerazione, ristrutturazione; atti di ripetizione (Cupelloni, 2014) in cui il progetto esprime, forse meglio che nella produzione del nuovo, la sua intima natura di atto di cultura materiale, in cui risulta più che mai evidente che la teoria non è solo un fondamento concettuale della prassi. Nella convinzione che non esistano due momenti distinti ascrivibili alla progettazione architettonica e alla progettazione tecnologica ma che siano le categorie di pensiero di un discorso unico, si intende, in questa trattazione, consolidare lo spessore scientifico di una genia immateriale di risorse, che di fatto si sta imponendo nella ricerca e nella pratica professionale e con cui le discipline, in particolare la Tecnologia dell'Architettura, sono chiamate a confrontarsi.

Si tratta del campo aperto che Campioli (2017) definisce “Progetto, Incertezza, Resilienza” legato alla gestione dei descrittori dei fenomeni fisici, al fine di produrre e riprodurre modelli conoscitivi della realtà.

Descrittori come dati, informazioni di un “sistema considerato nel suo comportamento”¹ (Ciribini G., 1984), all'interno del suo dominio, inteso in senso matematico, e campo relativo delle interazioni.

L'informazione, viceversa, codifica una capacità di comportamento del sistema, e la correlazione dei dati ne fornisce un'interpretazione tutt'altro che neutrale. Occorre una riflessione su questa materia sottile che non solo è diventata l'algebra del

1. Ciribini, G. (1984). Tecnologia e progetto. Argomenti di cultura tecnologica della progettazione. (Ed. 1995). Torino: Celid. pp. 78-79. Il riferimento è alla cibernetica, definita come “teoria dei meccanismi”, ma si considera in questa sede perfettamente applicabile a ogni sistema di elaborazione di dati, non riconducibili a una dinamica causale, come interpretazione fisica del sistema uomo-ambiente costruito.

2. Locuzione usata da una delle esperienze di concorso, e in generale di processo progettuale, più felici degli ultimi anni “Torino fa scuola”, promosso dalla Fondazione Agnelli e dalla Compagnia di San Paolo, ente strumentale dell’Istituto bancario Intesa San Paolo, promotori di numerosi interventi di riqualificazione e di interessanti esperienze di progettazione condivisa e gestione del patrimonio pubblico anche nel Social Housing. La Compagnia di San Paolo si avvale dell’Ente Fondazione della Scuola per la specifica mission di sostegno allo sviluppo e all’innovazione in ambito didattico.

Per approfondimenti si rimanda ai relativi siti web:

progetto architettonico ma il suo testimone in vita, come strumento dinamico di monitoraggio e controllo delle sue evoluzioni nel tempo. La storia dei successi alterni del Building Information Modelling dimostra come si siano solo recentemente consolidate le condizioni disciplinari per la gestione aperta di una metodologia di cui si intravedono crescenti potenzialità ma sulla quale incombe il rischio di eccessiva rigidità e determinismo.

Nell’interpretazione di quel che resta del corpo delle architetture, in un momento di rivolgimenti epistemologici, si delinea l’orizzonte più vasto della ricerca che si presenta in questo volume. In altri termini, si intende indagare su categorie di fattori che ad oggi sono state trascurate o valutate staticamente e che quindi hanno irrigidito la capacità trasformativa e adattiva delle architetture e dei sistemi urbani. Primo su tutti, la precisazione del comportamento umano nello spazio costruito, su cui si sono recentemente applicate le ricerche internazionali (IEA, 2015), che verranno approfondite in seguito, condotte però prevalentemente dal punto di vista, pur fondante, della fisica tecnica. Il peso ineludibile dei risultati conseguiti in termini metodologici ed epistemologici esige una riflessione da parte delle discipline del progetto architettonico, al fine di orientare il tema sulla qualità dell’ambiente costruito, alle diverse scale.

Se ne ritrova una significativa formalizzazione nella recente letteratura della norma, che sembra tendere alla definizione di un nuovo bilanciamento nella valutazione del comportamento energetico dell’edificio e si intravede il superamento della valutazione unicamente prestazionale.

È esemplificativo il ricorso, come vettore decisionale, alla metodologia di valutazione Costo-Ottimo, identificata dalle Direttive Europea che riguarda le prestazioni energetiche dell’edificio (EU, 2010). Le discipline coinvolte operano in primo luogo una valutazione sull’efficacia dello stesso apparato normativo. Lo strumento algebrico si arricchisce di contributi di precisione. Ne risulta una modellazione complessa del manufatto edilizio, alla

quale si richiede memoria.

La scomposizione analitica, che nel passaggio di estrazione numerica ha perso le connotazioni spaziali e d'uso, si arricchisce di contributi che meglio ne descrivono il dominio: i fattori che nella semplificazione vengono assunti come non determinanti, cioè staticamente aderenti alle esigenze di funzionamento del sistema edificio-impianto, nella realtà dell'esercizio costituiscono la principale causa di scollamento tra le previsioni di domanda energetica e la registrazione dei consumi effettivi.

Sulla natura e sulla modellazione dei descrittori dei fenomeni, a cui si è già fatto riferimento, si è concentrato il maggiore sforzo speculativo della ricerca.

Le architetture per la formazione costituiscono, in questo senso, una fattispecie particolarmente complessa, che questo studio elegge come spettro dei temi e delle criticità che investono la disciplina della Progettazione Tecnologica Ambientale.

L'eccezionalità risiede nella natura relazionale tra l'educando e il corpo educante dell'architettura, nel potenziale sforzo umanistico che il progettista è chiamato compiere per qualificare o riqualificare uno spazio che trasferisce valori e informa la società.

La cultura dello spazio educativo ha una storia tutt'altro che recente. La produzione massiccia di Stato ha relegato gli episodi apicali a exempla, poi interpretati dalla manualistica con eccessiva economia compositiva; risiede in questo punto il secondo carattere di eccezionalità: la tipizzazione.

Su questo tema, nella trattazione si rilegge tipo architettonico oltre che come modello morfologico e costruttivo, come modello relazionale. Nell'ottica di operare su un comparto del terziario tanto vasto e pervasivo, il passaggio interpretativo dei suoi connotati risulta il nodo che condiziona l'efficacia dello strumento che si intende elaborare.

Lo studio si confronta con le anamnesi prodotte dagli istituti di ricerca come il CRESME e Legambiente (CRESME, 2018; Legambiente, 2017), che di per sé costituiscono un utile strumento

Concorso "Torino fa scuola": <http://www.torinofascuola.it/>

Fondazione Agnelli: <http://www.fondazioneagnelli.it>

Compagnia di San Paolo: <http://www.compagniadisanpaolo.it/>

3. Sirimanda, per l'approfondimento degli indirizzi pedagogici, a cui si farà cenno in seguito, alla lettura dei testi principali dei pedagogisti: Montessori, M., (1909). Il metodo della pedagogia scientifica applicato all'educazione nelle case dei bambini. (ed. 2000). Roma: Opera Nazionale Montessori. Edwards, C., Gandini, L., Forman, G., (a cura di) (2014). I cento linguaggi dei bambini. L'approccio di Reggio Emilia all'educazione dell'infanzia. Bergamo: Edizioni Junior.

4. L'operazione di finanziamento delle opere di progettazione costruzione e riqualificazione dell'edilizia scolastica ha visto il suo avvio legislativo a partire dal DL 104/2013 "Misure urgenti in materia di Istruzione, Università e Ricerca (L'Istruzione riparte)", in particolare si legge al § 1 dell'art. 10 "Al fine di favorire interventi straordinari di ristrutturazione, messa in sicurezza, efficientamento energetico di immobili di proprietà pubblica adibiti all'istruzione scolastica, nonché costruzione di nuovi edifici scolastici pubblici, per la programmazione triennale

2013-2015, le Regioni interessate possono essere autorizzate dal Ministero dell'economia e finanze, d'intesa con il Ministero dell'istruzione e della ricerca e con il Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, a stipulare appositi mutui trentennali, con oneri di ammortamento a carico dello Stato, con la Banca europea per gli investimenti (c.d. Mutui BEI, ndr), la Banca di Sviluppo del Consiglio d'Europa, la Cassa Depositi e Prestiti, e con i soggetti autorizzati all'esercizio dell'attività bancaria [...]". La successiva Legge 107/2015 "Riforma del sistema nazionale di istruzione e formazione e delega per il riordino delle disposizioni legislative vigenti (La Buona Scuola)" prevede lo stanziamento di 905 milioni di euro con cui sono stati finanziati 1215 interventi di messa in sicurezza e costruzione di nuove scuole. Il DM 6 giugno 2017 "Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca - Autorizzazione alle regioni alla stipula dei contratti di mutuo e agli enti locali alla stipula dei contratti di appalto e all'aggiudicazione dei lavori" ha confermato le iniziative intraprese dal 2013 con l'ulteriore stanziamento di 238 milioni di euro.

di diagnosi ma non un repertorio strumentale.

Si riaffacciano delle sperimentazioni notevoli, specie nella decade a cavallo tra gli anni Sessanta e Settanta, legate e riconducibili a momenti specifici dell'evoluzione architettonica, che in questo studio si intende riesaminare e riconsiderare, per delineare prospettive di trasformazione informate degli orientamenti pedagogici e didattici. L'Italia ha fatto e fa scuola², è il caso di dire, da Maria Montessori al "Reggio Children" di Loris Malaguzzi³. Una rete di intelligenze diffuse, trasversali, generosamente si sono esercitate in dialoghi interdisciplinari, come dimostrano numerose pubblicazioni che si sono succedute negli ultimi anni e che hanno costituito la base di questo studio.

L'Italia vive una stagione di particolare sensibilità rispetto al tema dell'edilizia pubblica e della scuola in particolare, per ragioni strategiche, politiche, opportunistiche, o semplicemente di ricorso storico. Si potrebbe leggere, alla base del piano economico del Governo italiano tra il 2013 e il 2017 che ha previsto lo stanziamento di ingenti risorse per le architetture per la formazione⁴, il riconoscimento di un valore oggettivo, oltre che la necessità di controllo della spesa su un comparto cardine, insieme a quello sanitario, del Welfare State.

A fronte di una vasta letteratura che evidenzia le lacune di sistema e i meccanismi difettosi e ridondanti di un processo dovuto di riqualificazione del patrimonio, in questa sede si tenderà a sottolineare le condizioni di possibilità che d'altra parte raccontano una lezione appresa e inesplorata, ma non del tutto inattesa, connessioni con altri ambiti disciplinari.

Sulle misure di efficientamento energetico, la ricerca può contare su un ampio repertorio di soluzioni, dettagliate e certificate, e di una casistica di best practices, di imprescindibile valore scientifico, rispetto, però, all'unico parametro della performance del sistema edificio-impianto.

In questa sede si isoleranno le variabili passive nell'uso dell'edificio al fine di studiarne il peso nella valutazione energetica e in termini

di qualità degli ambienti interni degli edifici scolastici.

La ricerca si conclude con le aperture a temi e fattori che completano la definizione di una scelta, ne amplificano le prospettive, e sono capaci di aggettivare la qualità dell'ambiente costruito di cui l'uso energetico, che sostituirà l'accezione puramente negativa di consumo energetico, rappresenta un aspetto.

PARTE I

I termini della ricerca

ABSTRACT

CAPITOLO 1 INQUADRAMENTO DELLA RICERCA

ABSTRACT

L'indagine si sperimenta nell'ambito della riqualificazione architettonica perché nell'esercizio progettuale di reinterpretazione dell'ambiente costruito si concentra la capacità di orientare il destino di interi brani del tessuto urbano e lo sforzo più consistente di riduzione dei consumi energetici globali, specie nel contesto italiano; dunque investe le prospettive di impegno di tutti gli stakeholder coinvolti nel processo di transizione verso gli obiettivi dettati dalle agende europee. In questo capitolo viene introdotto in vasto spettro dei temi che si intende ricomporre e riposizionare in una tassonomia innovativa e che si connota dichiaratamente più che come soluzione, come questione aperta e generativa. Da un lato, quindi, si propone un aggiornamento sintetico del quadro internazionale di ricerche e proposizioni che affinano le conoscenze sul tema della costruzione e della descrizione del comportamento energetico degli edifici. Dall'altro, con il contributo delle figure cardine della disciplina, si ridisegnano i confini delle intuizioni della cultura tecnologica del progetto attraverso i contributi tecnici e scientifici contemporanei che sono ora in grado di sostenerle.

1.1 Prospettive. Dall'osservazione all'interazione

Le discipline che indagano le architetture, dalla meccanica all'estetica, attraversano un momento culturale particolarmente delicato e fertile. Quando la sofisticazione degli strumenti della ricerca scientifica si esauriscono nel tecnicismo, sembra sfuggire la tensione alla comprensione del sistema che, com'è ben noto, non si ricompona nella somma delle parti. Da questa aspettativa frustrata di comprendere una realtà in rapida trasformazione, secondo leggi proprie ancora non pienamente intelleggibili, affiora un nuovo quadro di conoscenze.

Nella Lezione Americana sulla "Leggerezza", Calvino allinea, in punta di penna, il "De rerum natura" e l'informatica: "È il software che comanda, che agisce sul mondo esterno e sulle macchine, le quali esistono solo in funzione del software, si evolvono in modo d'elaborare programmi sempre più complessi"¹. Sottili, continui impulsi rivelano la trama dello spazio intersoggettivo, il software relazionale che sostiene la realtà in cui siamo immersi.

Sulla traccia di Calvino e della *tecnologia debole*² di Ciribini (1984), il principio di ragionamento che si intende tessere sulla qualificazione dell'architettura è pressoché analogo.

L'indagine si sperimenta nell'ambito della riqualificazione architettonica perché nell'esercizio progettuale di reinterpretazione dell'ambiente costruito si concentra la capacità di orientare il destino d'interi brani del tessuto urbano e lo sforzo più consistente di riduzione dei consumi energetici globali; dunque le prospettive future dell'impegno professionale. In quest'ambito si esprimono con maggiore forza le contraddizioni e i conflitti irrisolti della disciplina tecnologica del progetto.

I nodi sono tanto più evidenti se si tratta del patrimonio pubblico e in particolare dell'edilizia scolastica: non c'è architettura collettiva in cui la dimensione di riferimento urbano e umano vengano esperiti per un tempo ugualmente consistente. Negli spazi interni della scuola si configura la prima struttura relazionale di una società, all'esterno si polarizza la vita civica. Prima della qualità estetico-costruttiva, si sedimenta la nozione di misura, di posizione e del

1. Calvino, I. (1988). *Lezioni Americane. Sei proposte per il prossimo millennio.* (ed. 2002) Milano: Oscar Mondadori.

2. Ciribini G. distingue la tecnologia forte appartenente alla cultura materiale, dalla tecnologia debole propria della cultura cognitiva. Come si vedrà, il ruolo servente delle tecnologie di lavoro e i descrittori dei fenomeni fisici e delle loro interazioni, sono argomento di progetto e di gestione del manufatto architettonico.

suo senso simbolico e sociale. Le architetture veicolano contenuti, costituiscono il dispositivo attivo tra la formazione di capacità e la capacità di informare identità individuali e collettive.

La condizione di decadimento materiale e di inadeguatezza funzionale di un patrimonio tanto diffuso e fondante, impone una riflessione di sistema che sappia delineare un orizzonte di lungo periodo e capitalizzare gli investimenti ingenti messi in campo negli ultimi anni al fine di comporre un quadro interpretativo e operativo sistemico.

La trattazione intende ripercorrere le indicazioni e le metodologie di valutazione europee in materia di efficientamento energetico (EU Parliament, 2010; EU Parliament, 2012), e inserirsi nel dibattito attuale attraverso la definizione di contributi al contempo di precisione e di incertezza. Di precisione perché afferiscono ad aspetti discreti non presi in considerazione dalle attuali modellazioni ma che ne tracciano il profilo di realtà. Per questa ragione dati incerti, per lo più leggibili attraverso sintesi statistiche di tipo probabilistico.

La valutazione degli scenari di riqualificazione del patrimonio si concentra normalmente e normativamente solo sugli aspetti di efficienza energetica legati alla natura oggettuale del manufatto e dei suoi sistemi impiantistici: non è attualmente codificato, se non delle ipotesi sviluppate nei dibattiti di settore, il peso specifico dell'uso reale, quindi dinamico, che l'utenza fa degli spazi architettonici e delle sue risorse. Il tema del fattore umano e della sua percezione di comfort non è certamente nuovo e ha goduto di un notevole impulso dagli anni Settanta del Novecento fino ad oggi: la *Post-Occupancy Evaluation Methodology* è stata adottata da numerosi programmi di management del patrimonio nella sua prima strutturazione come strumento diagnostico ex post e poi come strumento conoscitivo e dirimente nella valutazione degli scenari di riqualificazione (Mallory-Hill, Preiser, & Watson, 2012; Preiser, Rabinowitz, & White, 1988). Il limite principale della metodologia sta nell'onerosità della sua applicazione e nella sua stessa natura di metodologia di registrazione, pur necessaria, ma non come strumento di anticipazione. Implementare i principi e dei fattori di valutazione che connotano la metodologia post-occupativa, in una logica di modellazione e gestione dei dati, può costituire il passaggio necessario di semplificazione strumentale e di previsione, senza implicare una riduzione concettuale.

Sull'uso dei sistemi, il programma di ricerca *Annex 66*



dell'*International Energy Agency* ha recentemente prodotto un corpus di ricerche di grande interesse, che si pone la questione, finora non esplorata, del gap tra il consumo previsto e il consumo effettivo del sistema edificio-impianto.

La ricerca intende contribuire alla precisazione degli aspetti d'uso energetico dell'edificio, sul quale solo di recente emergono studi preliminari che soffrono, però, di un approccio ancora settario. Le competenze legate alla progettazione tecnologica ambientale consentono un esercizio elastico di interpretazione dei contributi che emergono da campi della conoscenza apparentemente lontani, che parlano il linguaggio comune dell'architettura, seppur con declinazioni differenti.

Le variabili materiali del progetto che hanno una storia, si può dire, connaturata di conoscenza e calibrazione, in questa sede vengono indagate nella propria capacità dialettica: appunto nell'esame del discorso tra l'architettura e il corpo degli occupanti la ricerca trova il centro del proprio interesse.

Le caratteristiche misurabili di tipologia costruttiva, tipologia distributiva e prestazione di comfort generata dalle proprietà termofisiche della costruzione, acquista complessità nella dimensione reale, relativa, in cui l'architettura è spazio relazionale, artefatto percepito, percorso praticato.

L'interazione si svolge secondo le regole dimensionali del costruito e comportamentali degli occupanti, che si modellano reciprocamente e sperimentano un possibile *habitus*.

I fattori neuro-fisiologici e psicologici governano i comportamenti. Potremmo classificare un primo campo di comportamenti come *convenzionali*, cioè quelli che derivano dalla comprensione delle possibilità di movimento e di controllo dei sistemi dell'ambiente costruito, mediate dalle regole sociali. Esiste un campo di interazioni più profonde, *intersoggettive*³:

“La comprensione che dal punto di vista biologico siamo, nel profondo, esseri sensori-motori dinamici, immersi nei nostri ambienti e nelle nostre relazioni intersoggettive, ha portato anche alla necessità di modelli fenomenologici più estesi della coscienza e della percezione, poiché quello che era mancato alle precedenti discussioni di neurologia e percezione era stata l'influenza che anche l'ambiente – e con esso il nostro patrimonio culturale – esercita sul sistema

Fig. 1.1 Relazione tra comportamento degli occupanti e sistema edificio-impianto. Quadro di indagine

3. Dal Dizionario di filosofia Treccani: “Intersoggettività: Insieme delle forme e strutture del rapporto fra soggetti. Nella filosofia moderna il tema dell'i. è presente in modo esplicito nella fenomenologia di Husserl, sia nelle *Idee per una fenomenologia pura* (1913) che nelle *Meditazioni cartesiane* (1929-31). [...] Il tema dell'i. è presente anche in *Essere e tempo* (1927) di Heidegger, dove l'Esserci, cioè il Dasein, il singolo, è in realtà un Mitdasein, un singolo che convive con altri singoli. [...] Il tema dell'i. è presente anche in autori variamente legati alla problematica fenomenologica come Löwith, Sartre, Merleau-Ponty, Gadamer.” Disponibile presso http://www.treccani.it/enciclopedia/intersoggettivita_%28Dizionario-di-filosofia%29/ [30 aprile 2018].

4. Mallgrave, H. F. (2015). L'empatia degli spazi. Architettura e neuroscienze. (A. Gattara trad.). Milano: Raffaello Cortina Editore. (Pubblicato originariamente nel 2013 con il titolo *Architecture and Embodiment. The Implications of the New Sciences and Humanities for Design*)

5. Tra i numerosi studi, si citano a titolo esemplificativo:

- Rizzolatti, G., Fadiga, L., Fogassi, L., & Gallese, V. (1999). Resonance behaviors and mirror neurons. *Archives italiennes de biologie*, 137(2), 85-100.
- Rizzolatti, G., Fogassi, L., & Gallese, V. (2006). Mirrors in the mind. *Scientific American*, 295(5), 54-61.

sensori-motorio.”⁴

Così Mallgrave (2013) nel suo straordinario testo tradotto nel 2015 col titolo “L'empatia degli spazi. Architettura e Neuroscienze” recupera la fenomenologia da Edmund Husserl a Maurice Merleau-Ponty e la ricuce agli studi di neuroestetica per portare il discorso sulla tridimensionalità dell'ambiente costruito, alla luce degli studi condotti a Parma dal team di Rizzolatti e Gallese sui neuroni-specchio⁵.

I punti di contatto sono notevoli, si apre un campo del tutto nuovo teso a intercettare questa conversazione silenziosa tra il singolo, gli altri e l'architettura. La crescente seduzione che le neuroscienze esercitano sulla progettazione ambientale testimonia la necessità di superare il dato tecnico e di recuperare le ragioni del corpo, della sua natura e le sue dinamiche biofisiche. Il dialogo converge su temi di reciproco interesse, espressi attraverso linguaggi contigui, e si consolida in una letteratura intermedia e in un numero crescente di esperienze comuni. La fisica delle relazioni acquista uno spessore specifico nel sapere tecnologico.

Infine, c'è da chiedersi quali abilità cognitive e concettuali dovrà acquisire o rafforzare la disciplina al fine di sostenere il ruolo di interprete dell'ambiente costruito. Le conoscenze sulla fisica dell'edificio esprimono un patrimonio consolidato, benché in continua evoluzione. La progettazione tecnologica ambientale si è, in alcuni ambiti, conformata a dimensioni prettamente ingegneristiche, rischiando di sovrapporsi senza forza ad altre identità. Un ramo consistente delle ricerche internazionali si interroga sulla modellazione dei comportamenti degli *energy users*, variabile incredibilmente ancora poco sondata del funzionamento sistema-edificio. Il corpo, il cui contributo è stato ridotto a un calorifero metabolico, agisce nello spazio, lo percepisce, tende a governarlo, ad adattarlo al suo desiderio di comfort, con intensità e durate differenti. Su questo fronte, le indagini finora condotte si sono occupate di registrare e modellare le condizioni di presenza/assenza e le azioni sui dispositivi deputati a garantire il comfort degli ambienti interni. Gli esiti si sono concretizzati come funzioni statistiche di probabilità, dati *umanizzati*, all'interno dei software di simulazione dinamica. Un avanzamento tecnico di indubbio interesse. Se e come un modello comportamentale, credibile ma discreto nella sua attuale formalizzazione, possa diventare tema ideativo e argomento dell'intuizione architettonica risulta ancora un ragionamento acerbo.

1.2 Contesto: il peso della costruzione

Si precisano, a ritmi sempre più serrati, i termini della responsabilità del progetto rispetto alla sua futura impronta nell'ecosistema urbano e l'ancor più stringente necessità di intervenire sul patrimonio. Com'è noto, il settore edilizio assorbe il 40% dell'energia primaria finale lorda dell'Unione Europea e produce il 36% delle emissioni totali di CO₂⁶ e registra livelli di inefficienza energetica nel 75% del proprio patrimonio costruito.

In riferimento all'ormai prossimo Orizzonte 2020, l'Italia può registrare il raggiungimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni di CO₂, di riduzione dei consumi energetici e di incremento della quota di vettori energetici da fonti rinnovabili, ciascuno nella misura del 20%.

La strada tracciata fino al 2050 deve condurre a una riduzione pari all'80% di gas serra, comparata ai valori registrati nel 1990 (European Commission, 2011).

La Comunicazione del 2011 stima una riduzione delle emissioni di Greenhouse gas (GHG) legate al settore residenziale e dei servizi tra il 37% e il 53% nel 2030 e tra l'88% e il 91% nel 2050 e su questa scansione gli Stati Membri sono chiamati a monitorare l'avanzamento del proprio contributo alla sostenibilità energetica e al contrasto ai cambiamenti climatici⁷.

Sul tema della stessa definizione dei requisiti minimi, come in altri passaggi metodologici, la Direttiva rimanda agli Stati la costruzione del quadro prescrittivo.

In Italia la Direttiva viene recepita nel 2013 con la Legge 90⁸. La legge, oltre a recepire e specificare integralmente i termini della Direttiva, aggiorna i riferimenti normativi per il calcolo della prestazione energetica, rispetto al precedente Decreto Legislativo 19 agosto 2005, con i seguenti:

- raccomandazione CTI 14/2013: "Prestazioni energetiche degli edifici - Determinazione dell'energia primaria e della prestazione energetica EP per la classificazione dell'edificio", o normativa UNI equivalente e successive

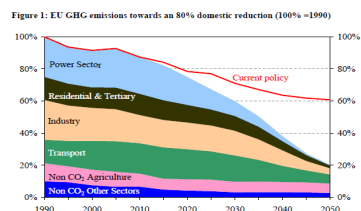


Fig 1.2 Emissioni di gas serra (Greenhouse gas - GHG) nell'Unione Europea. COM (2011)112

6. Direttiva 2010/31/UE, art. 3; BPIE (2011). Principles for Nearly Zero-Energy Buildings. Paving the way for effective implementation of policy requirements. Disponibile presso http://bpie.eu/documents/BPIE/publications/LR_nZEB%20study.pdf [30 aprile 2018].

7. Un quadro completo degli obiettivi Roadmap 2050 è disponibile presso <http://www.roadmap2050.eu/project/roadmap-2050>.

8. "Conversione, con modificazioni, del decreto-legge 4 giugno 2013, n. 63. Disposizioni urgenti per il recepimento della Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010, sulla prestazione energetica nell'edilizia per la definizione delle procedure d'infrazione avviate dalla Commissione europea, nonché altre dispos

zioni in materia di coesione sociale.

9. In applicazione dell'art.4 - Fissazione di requisiti minimi di prestazione energetica che non riguarda gli edifici esistenti, di cui all'art. 7 della Direttiva 2010/31/UE.

norme tecniche che ne conseguono;

- UNI/TS 11300: "Prestazioni energetiche degli edifici" Parti 1-4;
- UNI EN 15193: "Prestazione energetica degli edifici - Requisiti energetici per illuminazione"

L'art. 9 della Direttiva 2010/31/UE vincola permanentemente la produzione edilizia a requisiti inderogabili di prestazione energetica: dal 1° gennaio 2019 il settore pubblico e dal 1° gennaio 2021 quello privato dovranno rispondere ai criteri *nearly Zero-Energy* (nZEB)⁹.

Anche in questo caso, la definizione prestazionale di edificio a Energia quasi Zero spetta all'attività regolatoria degli Stati Membri. I margini e le specifiche che il quadro deve contenere sono definite chiaramente e ribadite nei Principi (BPIE, 2011):

Primo Principio nZEB	Secondo principio nZEB	Terzo Principio nZEB
Fabbisogno energetico	Contributo energia rinnovabile	Energia Primaria ed emissioni di CO₂
Deve esserci un limite ben definito rispetto flusso di energia in relazione all'esercizio dell'edificio che definisca la qualità della domanda energetica con una chiara formulazione circa la misurazione dei valori corrispondenti.	Deve esserci un limite ben definito rispetto flusso di energia in relazione all'esercizio dell'edificio in cui il contributo delle energie rinnovabili sia calcolato o misurato con una chiara formulazione circa la misurazione di questo contributo.	Deve esserci un limite ben definito rispetto flusso di energia in relazione all'esercizio dell'edificio in cui il fabbisogno globale di energia primaria e le emissioni di CO ₂ siano calcolate con una chiara formulazione circa la misurazione di questi valori.
Approccio dell'implementazione	Approccio dell'implementazione	Approccio dell'implementazione
Questo limite deve essere il fabbisogno dell'edificio, per esempio la somma di calore, freddo e elettricità utile necessaria al riscaldamento, raffrescamento, acqua calda sanitaria e illuminazione (l'ultima sono per edifici non residenziali). Deve inoltre includere le perdite nella distribuzione e nell'accumulo all'interno dell'edificio.	Questo può essere la somma dei fabbisogni energetici e delle perdite del sistema, per esempio il totale dell'energia erogata all'edificio dai sistemi di fornitura, includendo i sistemi energetici ausiliari come pompe, ventilatori etc. Il contributo di energia rinnovabile da prendere in considerazione consiste in tutta l'energia prodotta da fonti rinnovabili in sito (incluso il contributo rinnovabile delle pompe di calore), nei pressi e fuori dal sito che viene erogata all'edificio. Deve essere permesso un doppio sistema di contabilizzazione.	Questo è il fabbisogno di energia primaria e emissioni di CO ₂ in relazione al totale dell'energia erogata nell'edificio dai sistemi attivi di fornitura di energia. Se dovesse essere prodotta più energia rinnovabile di quella utilizzata durante un periodo di calcolo, si devono prevedere chiare regole su come conteggiare l'esportazione netta.
Appendice: Il consumo di elettricità (energia) delle attrezzature e di altri sistemi tecnici dell'edificio (ad esempio ascensori, illuminazione di sicurezza in caso di incendio etc.) possono essere inclusi nella definizione nZEB come un valore fisso indicativo aggiuntivo (simile all'approccio adottato per il calcolo del fabbisogno di acqua calda sanitaria nella maggior parte delle normative degli Stati Membri).		

Tab 1.1 Principi "Nearly-Zero Energy Building" (BPIE: Cost Optimality discussing, 2010). Traduzione dell'autore.

10. “Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici”, Allegato 1, art. 3.4 §1.

11. Per le specifiche prestazionali, si consultino le Tabelle contenute nell’Appendice A del Decreto.

12. “Piano per l’incremento degli edifici a energia quasi zero”.

13 Il MIUR dichiara che gli edifici scolastici pubblici siano 42.292, nella stima è presumibile che siano state incluse le strutture private per l’educazione

14. Ci si riferisce in particolare all’Anagrafe dell’Edilizia Scolastica istituito dalla Legge 23/1996 “Norme per l’edilizia scolastica disponibile per Regione (per la Regione Lazio disponibile presso ediliziascolastica.regione.lazio.it), e al più recente Portale Unico dei Dati della Scuola istituito dal §136 della Legge 107/2015, cd. La Buona Scuola.

15 Come previsto dal Decreto “Requisiti minimi”, Allegato 1, art. 3.2 §10.

L’Italia trova la propria formalizzazione nel Decreto interministeriale del 26 giugno 2015 sui Requisiti Minimi¹⁰:

“Sono “edifici a energia quasi zero” tutti gli edifici, siano essi di nuova costruzione o esistenti, per cui sono contemporaneamente rispettati:

a) tutti i requisiti previsti dalla lettera b), del comma 2, del paragrafo 3.3, determinati con i valori vigenti dal 1° gennaio 2019 per gli edifici pubblici e dal 1° gennaio 2021 per tutti gli altri edifici;¹¹

b) gli obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili nel rispetto dei principi minimi di cui all’Allegato 3, paragrafo 1, lettera c), del decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28”.

La norma, a cui si rinvia senza ulteriori estrapolazioni, specifica il glossario delle regole di ingaggio per le costruzioni che verranno e per quelle che già oggi pesano sul suolo come sulla qualità dell’aria. Il Decreto interministeriale 19 giugno 2017¹² completa il quadro operativo per l’implementazione degli obblighi della Direttiva 2010/31/EC. In merito all’oggetto di questa ricerca, in Allegato si legge “[...] Gli edifici ad esclusivo o prevalente uso scolastico sono circa 51.000¹³, per una superficie pari a 73 milioni di m² e una volumetria di 256 milioni di m³. La quota maggiore di edifici (39%) ha dimensione compresa tra 1.000 e 3.000 m², con una superficie media di 1.819 m². Il 43% circa degli edifici si divide tra tre classi di superficie: il 16% ha una superficie compresa tra 751 e 1.000 m² (media 899 m²), il 14% tra 501 e 750 m² (media 631 m²) e il 13% tra 351 e 500 m² (media 435 m²) [...]”.

Lo stesso documento fornisce un’indicazione di massima circa i consumi per destinazione d’uso: le scuole nel loro complesso sviluppano una superficie di 73,2 milioni di m², un consumo specifico elettrico pari a 50 kWh/m²anno e un consumo specifico termico pari a 130 kWh/m²anno. Com’è evidente, una classificazione di questo tipo può essere solo grandangolare e fornire un ordine di misura rispetto ad altre destinazioni d’uso.

Il lento ma dovuto processo di sistematizzazione dei dati¹⁴ e certamente l’adozione di sistemi di gestione e monitoraggio degli impianti in luogo delle ispezioni¹⁵ contribuiranno a migliorare la conoscenza strumentale del patrimonio scolastico.

Finanziamenti

Il già citato Rapporto annuale dell'ENEA sull'Efficienza Energetica (2018) dà conto della sostanziale conferma dei meccanismi premiali e di incentivazione economica, per l'efficientamento energetico sia degli edifici pubblici che privati. In particolare, le iniziative rivolte al patrimonio scolastico possono avvalersi di due linee di finanziamento, la prima disciplinata dalla Delibera del Consiglio dei Ministri dell'11 dicembre 2017¹⁶ e la seconda, il *Fondo Kyoto*, riprogrammata nel 2016 dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.¹⁷

Il primo prevede che le Regioni dispongano di 209 milioni di euro per l'attuazione di interventi di manutenzione, riqualificazione e nuova edificazione di edifici scolastici. Il finanziamento viene erogato direttamente dal MIUR ai Comuni che programmano gli interventi, anche in consorzio.

Il secondo favorisce gli interventi atti alla riqualificazione energetica, nella misura di miglioramento almeno pari a due classi di efficienza energetica in due anni, e all'adozione di misure di adeguamento antisismico su edifici di proprietà pubblica ad uso scolastico e universitario. I mutui a tasso agevolato, pari allo 0,25%, sono erogati anche per sostenere le fasi istruttorie, che prevedono analisi, monitoraggio e diagnosi energetiche, entro un limite massimo di 30.000 euro.

In ultima istanza, ci si vuole soffermare sul meccanismo finanziario che sostiene il Fondo Nazionale Efficienza Energetica, perché si ritiene che mettendo a fuoco gli aspetti sistemici che condizionano la praticabilità degli interventi sul patrimonio consolidi la ricerca stessa.

Il Fondo è stato istituito presso il Ministero dello Sviluppo Economico nel 2014¹⁸ con la finalità di sostenere il finanziamento di interventi di efficienza energetica, realizzati anche attraverso il ricorso a forme di partenariato pubblico-privato. In questo schema, le Energy Service Companies (ESCO) si assumono il rischio dell'iniziativa di riqualificazione e l'onere dell'attuazione del processo, ripagati dal dal profitto (in toto o pro-quota) legato al risparmio energetico conseguito.

Il Fondo "ha natura rotativa"¹⁹, un bacino di capitali quindi che si auto-rigenera attraverso il ritorno degli investimenti. L'aspetto di programmazione degli interventi calibrato sul *pay-back time* diventa un aspetto cruciale per la sostenibilità del Fondo. Il valore

16. "Piano di azione nazionale pluriennale per la promozione del Sistema integrato di educazione e di istruzione, di cui all'articolo 8 del decreto legislativo 13 aprile 2017, n. 65, concernente l'istituzione del sistema integrato di educazione e di istruzione dalla nascita sino a sei anni" previsto dalla Legge 107/2015 - La Buona Scuola.

17. Decreto del 22 febbraio 2016 "Riprogrammazione delle risorse del fondo Kyoto per l'efficientamento energetico degli edifici scolastici." Disponibile presso <http://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2016/03/11/16A01978/sg>

18. DL 4 luglio 2014, n. 102, art. 15 § 1. Il Fondo è disciplinato dal Decreto Interministeriale del 22 dicembre 2017 "Modalità di funzionamento del Fondo nazionale per l'efficienza energetica".

19. DL 4 luglio 2014, n. 102, art. 15 § 2: "Il Fondo ha natura rotativa ed è destinato a sostenere il finanziamento di interventi di efficienza energetica, realizzati anche attraverso le ESCO, il ricorso a forme di partenariato pubblico-privato, società di progetto o di scopo appositamente costituite, mediante due sezioni destinate rispettivamente a: a) la concessione di garanzie, su singole operazioni o su portafogli di operazioni finanziarie; b) l'erogazione di finanziamenti, direttamente o attraverso banche e intermediari finanziari, inclusa la Banca Europea degli Investimenti, anche mediante la sottoscrizione di quote di fondi comuni di inve-

stimento di tipo chiuso che abbiano come oggetto di investimento la sottoscrizione di titoli di credito di nuova emissione o l'erogazione, nelle forme consentite dalla legge, di nuovi finanziamenti, nonché mediante la sottoscrizione di titoli emessi ai sensi della legge 30 aprile 1999, n. 130, nell'ambito di operazioni di cartolarizzazione aventi ad oggetto crediti di privati verso piccole e medie imprese e ESCO per investimenti per l'efficienza energetica.

20. Valutazione riportata nel documento "Infinite Solutions Guidebook. Financing the energy renovation of public buildings through Internal Contracting" prodotto da Energy Cities, come parte del progetto Infinite Solutions, co-finanziato dalla Commissione Europea nell'ambito dell'IEE Programme.

21. Cfr. Cap. 2 – Repertorio.

economico di un fondo di rotazione dovrebbe stimarsi intorno a una cifra di tre volte superiore all'investimento pianificato²⁰ per il primo anno dall'avvio dello schema di contratto, così da permettere un investimento un tempo di ritorno di cinque anni, momento in cui si prevede che gli investimenti saranno ripagati integralmente. Il meccanismo di rotazione resta efficace fintanto che si mantenga perennemente attivo. La sfida, in un mercato chiuso come quello del patrimonio edilizio, è tutt'altro che semplice.

La messa a sistema degli interventi necessari all'adeguamento normativo e funzionale del patrimonio pubblico garantirebbe una portata significativa. In quest'ottica non si può prescindere dalla necessità di rafforzare le competenze e le capacità tecniche delle pubbliche amministrazioni, chiamate a sostenere l'onere strategico della programmazione e ad assumere un ruolo centrale nello schema di *Internal Contracting* con i privati. All'onere corrisponderebbe un peso specifico nella redistribuzione dei benefici del buon esito delle operazioni finanziarie, ciò che non avviene nel caso dell'affidamento del processo ad attori esterni che si configura nello schema di *External Contracting*.

Volendo assumere il gergo e le logiche finanziarie, la sostenibilità delle operazioni si misura sulla capacità dell'attore pubblico di saper valutare gli investimenti sulla base della profittabilità, quindi appellandosi a una consapevolezza tecnico-economica organizzata nel tempo, e sul monitoraggio continuo del flusso di risparmio energetico, tradotto in termini monetari.

Si esamineranno lungo la trattazione gli strumenti e le tecniche che gli amministratori dovrebbero implementare nella pratica quotidiana, prima ancora che per intervenire, per avere coscienza della consistenza materiale ed economica del patrimonio.²¹

1.3 I programmi dell'International Energy Agency (IEA)

L'indagine presentata in questo volume si avvale di ricerche e indirizzi di peso internazionale, alcuni strettamente aderenti al tema della riqualificazione dell'edilizia scolastica, altri provenienti da ambiti scientifici non esplicitamente correlati ma che convivono implicitamente sul piano fenomenologico.

I contributi puntuali, com'è ovvio verranno richiamati nel testo. Sulle ricerche sistematiche ci sembra utile fornire un quadro in questa sede.

In particolare, si esamineranno brevemente i programmi dell'International Energy Agency (IEA), un ente autonomo nato nell'ambito della Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) con l'obiettivo di promuovere la responsabilità sul tema energetico, a partire dai 29 paesi membri²². Dal 1974 i lavori dell'Agenzia anticipano le condizioni normative e connettono esperienze e casi di studio alla stessa chiave analitica, interpretativa e operativa.

- a) *IEA-ECBCS²³ Annex 36. Retrofitting in Educational Buildings – REDUCE*

Si può certamente riconoscere al programma di ricerca il merito di aver colto l'importanza di un tema tanto improcrastinabile quanto proficuo come la riqualificazione dell'edilizia scolastica. Si può desumere che se la questione ha impegnato nazioni con culture del progetto scolastico diverse in un lavoro dal taglio così contingente, come l'intervenire sul costruito, si riconosce una debolezza nell'operare caso per caso. Il risultato forse più apprezzabile della ricerca consiste proprio in questo aspetto²⁴: costruire un comune database di esperienze di riqualificazione vuol dire disporre di un patrimonio di sperimentazioni, sulla base del quale monitorare nel tempo l'efficacia rispetto ai presupposti. Il patrimonio immateriale di dati e profili diventa strumento di programmazione e verifica nel software "Energy Concept Adviser"²⁵.

- b) *IEA-ECBCS Annex 53. Total energy use in buildings. Analysis and evaluation methods*

22. Da World Energy Outlook Special Report (2017). Energy Access Outlook 2017. From Poverty to Prosperity. p. 1

"The Agency's aims include the following objectives:

- Secure member countries' access to reliable and ample supplies of all forms of energy; in particular, through maintaining effective emergency response capabilities in case of oil supply disruptions.
- Promote sustainable energy policies that spur economic growth and environmental protection in a global context – particularly in terms of reducing greenhouse-gas emissions that contribute to climate change.
- n Improve transparency of international markets through collection and analysis of energy data.
- Support global collaboration on energy technology to secure future energy supplies and mitigate their environmental impact, including through improved energy efficiency and development and deployment of low-carbon technologies.
- Find solutions to global energy challenges through engagement and dialogue with

non-member countries, industry, international organisations and other stakeholders.” (WEO, 2017, p.1).

23. Energy Conservation in Buildings and Community Systems. Per approfondimenti: <http://www.iea-ebc.org/ebc/about>.

24. L’impatto della ricerca è confermato dai numerosi richiami negli studi successivi, tra cui, per quanto concerne gli studi italiani, il prodotto della ricerca di Paola Boarin (2010), in particolare nella seconda parte che tratta delle strategie di intervento.

25. Il funzionamento e i risultati ottenibili con l’utilizzo del software sono disponibili nel documento IEA ECBCS ANNEX 36 (2004). Calculation Tools for the Energy Concept Adviser. Disponibile presso http://www.annex36.com/eca/uk/06util/pdf/A36SubtaskC_Report_CalculationTools.pdf.

Il programma si è impegnato nella comprensione delle variabili che effettivamente, oltre le sintesi della modellazione energetica, riportano al consumo reale dell’edificio. Una strategia di precisione, per ridurre i consumi energetici attraverso azioni di sistema. Persiste, infatti, una robusta distanza tra la previsione e l’effettivo consumo del sistema-edificio. Il programma di ricerca Annex 53 promosso dall’International Energy Agency (IEA, 2013) individua chiaramente le dimensioni che interagiscono e condizionano i consumi energetici:

- Fattori climatici
- Caratteristiche termo-fisiche dell’involucro
- Sistemi energetici e servizi dell’edificio
- Operatività e manutenzione
- Attività degli occupanti e comportamento
- Qualità dell’ambiente interno.

L’approfondimento dei temi e dei limiti della ricerca scientifica consente, evidentemente, un più efficace approccio strategico nella riduzione dei consumi e rivela aspetti non sondati nei campi di indagine.

Sull’aspetto tecnico - costruttivo e prestazionale del manufatto edilizio e sui sistemi impiantistici si è consolidato un repertorio metodologico e conoscitivo a cui si riconosce come unico limite la poca agilità nell’aderire all’evoluzione dei prodotti.

I dati climatici sono implementati nella gran parte, se non nella totalità, dei software di simulazione e modellazione, quindi costituiscono una base di calcolo facilmente accessibile e costantemente aggiornata. Sulla modellazione dei comportamenti si è aperto di recente un filone di ricerca di respiro interdisciplinare.

c) *IEA-ECBCS Annex 66. Definition and Simulation of Occupant Behavior in Buildings*

Uno degli sforzi più significativi compiuto dal nutrito di ricerca internazionale ha riguardato la definizione di comportamento, nell’ottica della modellazione energetica. Lo studio muove dal quesito: come agisce l’utente sui componenti e sistemi che influenzano i consumi energetici e perché? La seconda questione è di più immediata risoluzione: per ristabilire l’omeostasi, l’equilibrio tra sé e l’ambiente in cui è immerso. Al fine di omologare i termini

della ricerca, il gruppo appartenente al Lawrence Berkeley National Laboratory ha costruito un quadro ontologico per l'interpretazione di quattro aspetti dell'azione: *drivers, needs, actions, systems*.

La seconda questione è più complessa e se ne intravedono nuovi sviluppi. In merito, questo primo corposo volume di elaborazioni descrive, tra gli altri risultati, un modello probabilistico stocastico dell'occupazione degli ambienti interni, che attraverso un software di calcolo dedicato agli edifici per uffici, restituisce profili di utenza da implementare nei software di simulazione dinamica.²⁶

26. <http://occupancysimulator.lbl.gov/>.

1.4 Obiettivi della ricerca

27. In Angelucci, F., Di Sivo, M., Ladiana, D. (2013). La scuola oltre la scuola. La gestione degli spazi scolastici tra rigenerazione e condivisione delle risorse. *Techne*, 06, 141-148.

Rimodellare e qualificare il complesso degli edifici scolastici implica un esercizio progettuale non tanto e non solo finalizzato al ripristino delle condizioni di sicurezza e di un livello di decenza collettiva, che pure è un tema presente dove le istituzioni hanno agito quasi esclusivamente in forma emergenziale.

La questione oggi è comprendere se i manufatti sono in grado di sostenere la trasformazione della liturgia didattica, il metabolismo tecnologico, il riassetto generale della città che si lascia definitivamente alle spalle una stagione di corrispondenze statiche e compartimentate edificio-funzione. All'economia urbana è richiesto lo stesso sforzo elastico che investe la comunità antropica: minimizzazione dei consumi, massimizzazione dell'abilità adattiva, tempi e modalità d'uso discrete, legate a competenze specifiche. In Angelucci et al.²⁷ la trasformazione da imprimere al comparto scolastico si lega a doppio filo alla rigenerazione urbana "prevedendo in maniera fluida, integrata e non disgiunta nel tempo, un'attenta programmazione e gestione degli interventi manutentivi e trasformativi, ovvero "[...] ri-modulando il sistema delle infrastrutture scolastiche secondo criteri di rispondenza duale, in funzione dell'estrema variabilità dei metodi educativi e delle esigenze della collettività urbana [...]"²⁸.

La produzione ci ha abituati ad approcci solo teoricamente trans-scalari. Nella realtà, l'economia si muove per soluzioni particolari dedicate a oligarchie immobiliari, che garantiscono ritorni di investimento immediati. Ancora una volta sarà l'innovazione dei processi (stavolta cognitivi) a qualificare una risposta di sistema.

E sempre sul piano della realtà, la pratica professionale in Italia si trova inchiodata alla mastodontica contraddizione di dover conformare spazi normati più di quarant'anni fa.

La stessa dicotomia frequente, prima ancora, gli ambienti di ricerca che lavorano all'intermediazione tra istanze puramente prestazionali e ridefinizioni epistemologiche, che reciprocamente si riducono e diluiscono nel contatto.

L'obiettivo primario della ricerca consiste nel contribuire a

un ragionamento comune sugli statuti cognitivi del progetto contemporaneo. Nella Tecnologia dell'Architettura, proprio in virtù della giovane costituzione, spesso richiamata a detrimento della forza disciplinare, è connaturata l'elasticità dei cambiamenti rapidi, necessaria a cogliere la ridefinizione di *Progettazione* come atto sintetico umanistico e *Ambientale* come dominio delle relazioni materiali e, soprattutto, immateriali.

Nella ricerca convive la dualità delle architetture fisiche per l'apprendimento e delle architetture cognitive dell'apprendimento. Nella sintesi, si coltivano i saperi ad alto valore aggiunto, che consolidano il profilo umanistico della tecnica. Per dirla con Campioli (2016) "L'obiettivo di un processo formativo oggi non può che essere la costruzione di mappe cognitive che consentano di orientarsi nell'universo informativo nel quale siamo immersi". Si torna al principio quindi, a reificare architetture dell'apprendimento in architetture per l'apprendimento.

La ricerca, nel suo procedere, elabora progressivamente un quadro conoscitivo sul patrimonio scolastico in grado di mettere in relazione i modelli spaziali legati all'apprendimento e modelli di comportamento energetico dell'edificio non solo come insieme compatto di proprietà termofisiche dell'involucro, ma accentuando la sua specificità tipologica e in comportamento della sua utenza.

La prima valutazione riguarda, quindi, la consistenza fisica del patrimonio e la praticabilità di una sistematica operazione di economia spaziale e di riorganizzazione dell'ambiente costruito, volta alla reale rigenerazione e produzione di valore.

Una secondo piano di lettura del metodo sperimentale, che verrà dettagliato in seguito, propone il potenziamento della metodologia di modellazione informata degli edifici attraverso la composizione di un dominio cognitivo del progetto più duttile all'implementazione di apporti non strettamente edili.

In altre parole, la ricerca intende operativamente rispondere a tre ordini di domande:

- Che modello e che comportamenti emergono nella cultura del progetto nel quadro internazionale;
- Come si rapportano le tipologie scolastiche esistenti alla didattica come momento relazionale;
- Come tradurre in una misura scientifica le qualità espresse da questi modelli e dalle relazioni che generano perché la qualità degli spazi interni diventi una componente virtuosa nel bilancio energetico del

28. Sulla variabilità dei metodi educativi si ritiene di dover precisare che nella storia i modelli educativi si sono rincorsi nei termini, nelle circostanze e nelle ragioni ma che ci siano evidenti tratti di continuità, come si avrà modo di esaminare in seguito, che renderebbero meno vulnerabile una trasformazione del comparto scolastico legata a questi.

sistema-edificio.

In conclusione, il lavoro esprime l'ambizione meta-disciplinare di costruire un ragionamento aperto a più spunti di approfondimento, una ricerca di base scalata sulla dimensione e sulle possibilità di una tesi di dottorato, che si sperimenta in un momento applicativo.

1.5 Struttura del volume

La struttura del volume ricalca il percorso di ricerca svolto, ragione che determina la ripresa dei temi in punti anche lontani della trattazione, che ne precisano i contorni in contesti diversi. Nella *Parte Prima - I termini della ricerca* si ricostruisce il quadro in cui si inserisce la ricerca al livello internazionale su due livelli, tematico e normativo da un lato, metodologico e strumentale dall'altro.

Emergono, dal quadro appena ricostruito (*Capitolo 1 - Inquadramento della ricerca*), le velocità differenti che caratterizzano il complesso delle registrazioni e delle politiche sul tema della sostenibilità della costruzione. Come già espresso, non sembra superfluo ricostruire un quadro aggiornato in virtù della moltiplicazione dei contributi e degli indirizzi a cui i destinatari ultimi, le pubbliche amministrazioni faticano a conformarsi. Nel *Capitolo 2 - Repertorio*, si compone e si esamina il quadro strumentale messo a punto dalle ricerche e dagli indirizzi normativi più recenti. Strumenti complessi, metodologicamente strutturati, che richiedono un passaggio epocale sulla cognizione del progetto. Nonostante la recente e frammentaria adozione, è possibile leggerne i limiti ma soprattutto le potenzialità nella risoluzione dei conflitti e delle lacune di cui le discipline del progetto si occupano dagli anni Settanta. Gli auspici che si sono rincorsi nella letteratura scientifica trovano una risposta di livello europeo nelle Direttive sulla performance energetica e di scala mondiale nelle tecnologie e metodologie di modellazione informata.

La *Parte Seconda - Inventario* esplicita il campo applicativo della ricerca. Le architetture per la formazione verranno analizzate come manifestazione materiale di un tessuto relazionale, nella logica che attraversa tutta la tesi di dottorato. La cultura pedagogica e la cultura architettonica vivono un momento di prossimità cosciente, di cui i centri di ricerca internazionali sull'educazione sono testimoni e promotori (*Capitolo 3- Dall'insegnamento all'apprendimento*). Nel solco delle numerose ricerche sull'edilizia scolastica, si è ritenuto di contribuire con una lettura, svolta nel *Capitolo 4 - Dall'edilizia*

scolastica alle architetture per la formazione, strumentale all'adozione delle tecniche e alle metodologie di modellazione informata, introdotte precedentemente. Si propone quindi una tassonomia che rinnova l'attualità della classificazione tipologica come strumento selettivo di indagine e organizzazione delle informazioni riguardanti un sistema.

Il momento applicativo della ricerca è esplicitato nella *Parte Terza – Studio*. Il *Capitolo 5* dettaglia i criteri di selezione e elaborazione dei dati, riferiti al campione di edifici scolastici superiori, disegnando un possibile sviluppo della metodologia TABULA, applicata all'edilizia scolastica. Il *Capitolo 6* introduce un nuovo soggetto concettuale e sperimentale: l'Unità Ambientale di Riferimento, di cui vengono definiti i contorni e le condizioni. Ci si sofferma sull'istruzione dei software di simulazione dinamica, come momento decisionale di carattere progettuale, su cui verranno proposte possibili implementazioni. I risultati saranno infine confrontati attraverso l'applicazione della metodologia di valutazione Costo-Ottimo, oggetto del *Capitolo 7*. L'introduzione dei termini riferiti alla riqualificazione degli ambienti interni. Le *Conclusioni* ripercorrono il ragionamento condotto lungo la trattazione e lo rileggono attraverso i risultati conseguiti nella fase sperimentale.

ABSTRACT

CAPITOLO 2 **REPERTORIO**

ABSTRACT

Il repertorio definisce il complesso dei fattori, delle metodologie e delle tecniche che compongono lo strumentario della ricerca. I primi compongono il campo più strettamente misurabile della qualità degli ambienti interni. Ne vengono definiti i termini in riferimento all'edilizia scolastica e descritto un caso applicativo, trattato nell'ambito di una ricerca svolta presso l'Istituto Valenciano de la Edificaci3n di Valencia. Spagna. Il tema della qualit3 degli ambienti scolastici, dal punto di vista delle componenti misurabili legate prevalentemente alla salubrit3 sono, quindi, inquadrati nel pi3 ampio campionamento di studi internazionali. Su questo aspetto, si dimostra che l'azione degli occupanti, che agiscono nell'ambiente alla ricerca di un equilibrio orientato al benessere percepito, descrive non solo l'uso energetico dei dispositivi ma una prefigurazione della transizione. Metodologie e tecniche, in reciproca definizione, attuano inedite condizioni progettuali e strategiche. Si ripercorre la traccia dei modelli della storia, al fine di riconoscerne la struttura irriducibile. Le declinazioni strumentali, come i software di modellazione, poggiano su un volume incrementale di codifiche e linguaggi per sostenere l'interoperabilit3 dei sistemi. Una rete pervasiva e autonoma di linguaggi che raccontano la realt3 e l'intelligenza degli oggetti e delle persone.

2.1 Definizioni: la qualità degli ambienti interni negli edifici scolastici

“Non è possibile però parlare delle caratteristiche tecnologiche degli ambienti e degli arredi senza prima indagare sulle qualità fisiologiche ed evolutive del fanciullo che è l’attore dello spazio scolastico. [...] Esistono pertanto, nella costruzione della scuola, alcune condizioni basilari da realizzare, che ricadono nella sfera dei rapporti di natura psicologica e fisiologica. L’intera costruzione scolastica deve favorire, prima ancora che la didattica, la salute fisica e intellettuale sia dei docenti che degli allievi [...]”¹.

Come avremo occasione di dimostrare, ci sono pagine difficili da datare, questioni aperte da decenni, come in questo caso negli stessi termini. Le condizioni sono certamente più favorevoli per assorbire modelli culturali di portata globale e un quadro di evidenze scientifiche, complesse da pesare nella prassi progettuale.

Per esaminare quest’ultime, si riportano brevemente le caratteristiche, i temi e le valutazioni complessive del progetto HEAD (*Holistic Evidence and Design*)². Lo studio, condotto per tre anni su un campione di 3766 studenti della scuola primaria, ha prodotto una stima dell’impatto degli ambienti scolastici sulle performance di lettura, scrittura e calcolo, misurate attraverso test specifici sui livelli di apprendimento conseguiti in diverse condizioni ambientali; le misurazioni sono effettuate sulla base del sistema di attribuzione dei punteggi del National Curriculum inglese³. La ricerca dimostra che l’incidenza dei fattori ambientali sui progressi cognitivi dei discenti registra un miglioramento di 1.3 sub-livelli, rilevante se si considera che i progressi in un anno sono stimati intorno a 2 sub-livelli.

In particolare, tre categorie di fattori sono state ritenute rilevanti:

- Naturali: luce, temperature e qualità dell’aria;
- Personali: appartenenza e flessibilità;
- Di stimolazione: complessità e colore.

La modellazione multilivello (Multi-Level Modelling – MLM) ha evidenziato i pesi dei fattori di influenza, attribuendone la metà al primo gruppo di fattori, il restante distribuito nella misura di un

1. De Sivo, B. (1971). Tecnologia dell’edilizia scolastica. Giannini Editore. p. 59.

2. Barrett, P.S., Zhang, Y., Davies, F. and Barrett, L.C. (2015). *Clever classrooms: Summary report of the HEAD project*. Project Report, University of Salford, Salford. Disponibile presso <http://usir.salford.ac.uk/35221/> [30 agosto 2018].

3. Aggiornamento disponibile presso <https://www.gov.uk/government/publications/national-curriculum-assessments-key-stage-2-2018-provisional/national-curriculum-assessments-at-key-stage-2-in-england-2018-provisional--2> [30 settembre 2018].

4. A cui vanno aggiunte le prestazioni acustiche dell'ambiente, classificate come fattore secondario nella ricerca HEAD.

5. Per completezza, si riporta la definizione di comfort termico, formulata da Fanger (1970) come "the state of mind in which a person expresses thermal satisfaction with the thermal environment".

6. Per un quadro efficace sugli scambi termici e i meccanismi di termoregolazione si rimanda a

7. World Health Organization. (2010). WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. Disponibile presso <http://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/8676> [30 settembre 2018].

Basti pensare, inoltre, che i rilevamenti condotti dal progetto europeo School Indoor Pollution and Health Observatory Network in Europe (SINPHONIE) ha rilevato una popolazione scolastica affetta da disturbi asmatici connessi alla scarsa qualità dell'aria interna degli edifici per l'istruzione pari a 100.000 unità.

8. Annesi-Maesano, I., Baiz, N., Banerjee, S., Rudnai, P., Rive, S., &

quarto sui fattori personali e di stimolazione.

Il primo gruppo di fattori⁴ compone il campo più strettamente misurabile della qualità degli ambienti. L'evoluzione delle performance dell'involucro e il conseguente adeguamento microclimatico interno hanno mutato significativamente la percezione soggettiva dei livelli di comfort termico⁵, talmente strutturata, specialmente nelle abitudini di fruizione dell'edilizia più recente, da essere ormai assimilabile a un dato culturale. Al sistema impiantistico è demandato l'intero bilanciamento omeostatico⁶.

L'evidente ricaduta energetica risulta compensata negli edifici di nuova costruzione o sottoposti a interventi di riqualificazione profonda principalmente dall'adozione di sistemi impiantistici più efficienti, con rendimenti che superano il 90%. Altrettanto significativo, ma meno risonante nella comunicazione e meno pesante nella valutazione degli interventi sul patrimonio, risulta la questione degli effetti della qualità dell'aria interna sugli occupanti. Come evidenziano i report prodotti negli anni dalla World Health Organization (WHO), la vita delle popolazioni dei paesi industrializzati si svolge prevalentemente in spazi artificiali chiusi, dove la contaminazione dell'aria diventa un problema di salute pubblica che grava tanto su condizioni già fragili che su soggetti che non rilevano abitualmente disturbi⁷.

Il progetto europeo *Schools Indoor Pollution and Health - Observatory Network in Europe* (SINPHONIE) ha svolto una campagna di ricerche sistematiche finalizzata alla restituzione di un quadro analitico e operativo sulle condizioni qualitative degli ambienti scolastici⁸.

Le fonti inquinanti sono individuate come segue:

- Stato di conservazione del manufatto architettonico, dunque deterioramento dell'integrità di sistemi e componenti sia edilizi che impiantistici;
- Materiali di finitura e di arredo, che contengono componenti inquinanti non individuate all'epoca dell'adozione e installazione e mai sostituite anche dopo averne accertato la tossicità;
- Contaminanti in acqua e suolo. Si pensi che rispetto alla pericolosità delle emissioni di radon si è sviluppata un'attenzione in tempi relativamente recenti, di certo posteriore all'edificazione della parte più consistente del patrimonio scolastico;
- I processi chimici e meccanici che hanno luogo negli ambienti scolastici, ad esempio l'uso di macchinari che rilasciano

particolato come le fotocopiatrici, o il funzionamento di impianti di condizionamento e ventilazione;

- Le attività e i comportamenti degli occupanti, dall'uso di prodotti chimici, all'esercizio del controllo sui dispositivi impiantistici, alle azioni fisiche sull'edificio che hanno una ricaduta sulla composizione dell'aria interna.

Non sono ad oggi altrettanto evidenti le dinamiche di reciproco condizionamento tra la concentrazione di inquinanti nell'aria interna ed esterna all'edificio, che lasciano un campo ancora aperto in cui il sistema edificio e il suo ambiente esterno devono essere indagati come un complesso di interazioni.

SINPHONIE Group. (2013). Indoor air quality and sources in schools and related health effects. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, 16(8), 491-550.

Dinamiche di contaminazione dell'aria interna: uno studio

Allo scopo di approfondire la dinamica di contaminazione dell'ambienti scolastici, l'autrice di questa trattazione ha collaborato all'analisi dei risultati di due campagne di rilevamenti condotte in due istituti superiori a Valencia, Spagna che hanno evidenziato le caratteristiche dell'aria interna in termini di temperatura, umidità e velocità dell'aria, diossido di carbonio (CO₂), ossido e diossido di nitrato (NO e NO₂), particolati (PM) e componenti organiche volatili (VOC).

I dati ambientali esterni sono rilevati dalle due stazioni di misurazione fisse, in prossimità delle scuole superiori, localizzate in due zone urbanisticamente differenti: la prima, situata in una località prossima alla costa, quindi in una zona meno urbanizzata, ma caratterizzata da una composizione peculiare dell'aria esterna, condizionata dalla vicinanza al mare e alle attività portuali; la seconda si trova nel centro storico, densamente abitato, in cui si rileva il picco di inquinamento da automobili della città di Valencia. Si è proceduto alla registrazione dei contaminanti in due sessioni temporali per ogni scuola, la prima tra ottobre e dicembre e la seconda tra febbraio e aprile⁹.

L'andamento dei grafici di temperatura e umidità rivela un'evidente correlazione tra i parametri interni ed esterni, ma alle fluttuazioni della temperatura esterna corrispondono andamenti più stabili nelle classi, in funzione degli apporti sensibili dovuti alla presenza e alle attività degli occupanti, che ne aumentano il valore di 2-3 gradi (Fig. 2.1).

I particolati e gli ossidi di nitrato sono comunemente prodotti da combustione, che abitualmente non caratterizza le attività degli ambienti scolastici. Nonostante ciò, i campionamenti rilevano una concentrazione elevata di PM_{2,5}, PM₁₀, NO e NO₂, oltre i livelli normati¹⁰. La presenza dei contaminanti è quindi veicolata dall'ingresso di aria esterna dalle finestre. L'omologia dei grafici dei campionamenti supporta questa ipotesi.

I grafici in fig. 2.2 quantificano l'alterazione delle caratteristiche dell'aria degli ambienti scolastici dovuta all'apporto esterno: un rapporto di 0.6 per le concentrazioni di nitrato e una sostanziale identità del contenuto di vapore assoluto tra l'interno e l'esterno, dove il lieve scostamento non può che essere attribuibile alla respirazione.

9. La ricerca, di cui si presenta la sintesi parziale di alcuni risultati significativi per questa trattazione, è stata condotta nel 2013 nell'ambito del progetto europeo GOUV'AIRNANCE promosso da ENPI CBC Mediterranean Sea Basin Programme <http://www.enpicbmed.eu/programme>. I risultati completi sono in corso di pubblicazione: Serrano Lanzarote, A. B., Jareño Escudero, C. Liébaña Durán, M.E., Cellurale, M. (2019 - in corso di revisione). Evaluation of school building air quality in urban context. Two case studies in Valencia.

10. Rovelli, S., Cattaneo, A., Nuzzi, C.P., Spinazzè, A., Piazza, S., Carrer, P., Cavallo, D.M., (2011). Airborne Particulate Matter in School Classrooms of Northern Italy. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 11, pp.1398-1421.

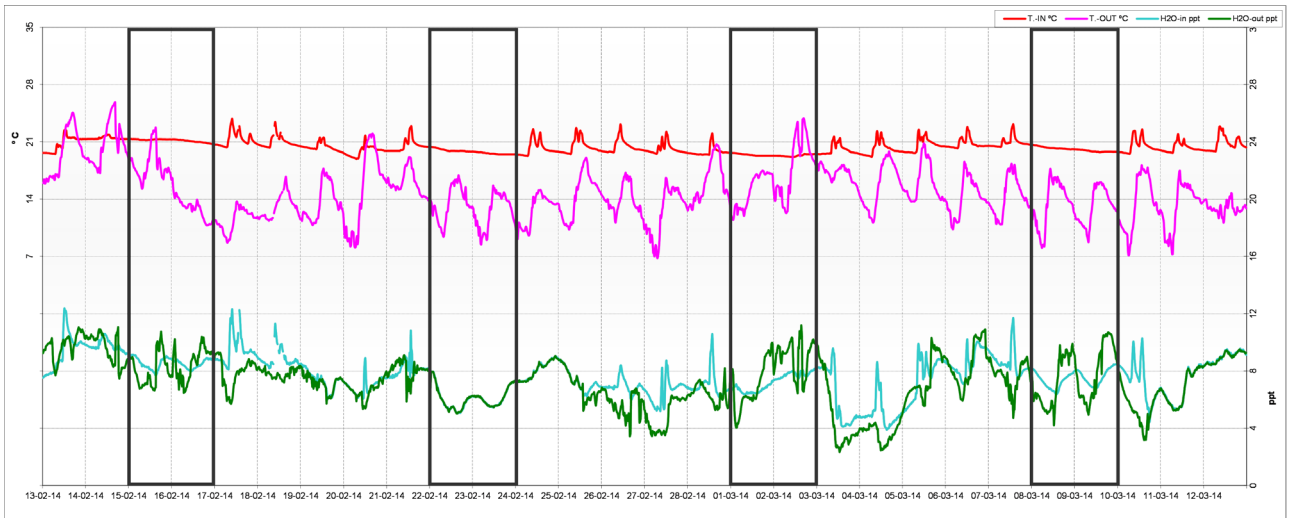


Fig. 2.1: Serie temporale delle registrazioni interne/esterne di temperatura e contenuto di vapore. Scuola superiore I. Campagna di rilevamenti febbraio-aprile

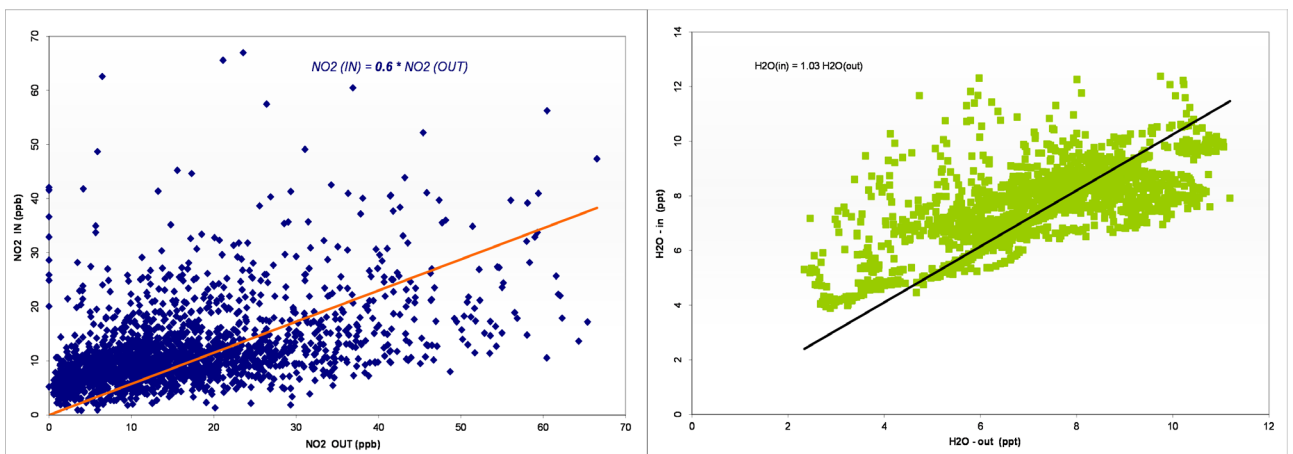


Fig. 2.2: Grafico a dispersione delle registrazioni interne/esterne di NO2 (sinistra) e contenuto di vapore (destra). Scuola superiore I. Campagna di rilevamenti febbraio-aprile.

11. Turanjanin, V., Vučićević, B., Jovanović, M., Mirkov, N. Lazović, I. (2014). Indoor CO₂ measurements in Serbian schools and ventilation rate calculation. *Energy*, 77, pp. 290-296.

12. In riferimento allo standard ASHRAE sulla portata della ventilazione "ASHRAE. Ventilation for acceptable indoor air quality. ASHRAE Standard 62-2007. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers; 2007".

I contaminanti esaminati finora permangono negli ambienti interni anche quando le finestre sono chiuse e in assenza di attività per l'assenza o la scarsa efficacia dei sistemi di ventilazione naturale, specialmente in inverno; com'è intuibile, l'inquinamento, nel tempo, si sedimenta e progressivamente le condizioni di salute interna peggiorano.

I livelli di concentrazione di CO₂ sono invece funzione dell'attività respiratoria e delle attività umane, e si sommano alla concentrazione di diossido di carbonio, proveniente dall'esterno. Il primo fattore in questo caso risulta di maggior rilievo: infatti si riscontra una rapida decrescita dei livelli di CO₂ al cessare delle attività. Anche qui il ruolo della ventilazione¹¹ risulta fondamentale per contenere i livelli di concentrazione sotto soglie accettabili¹².

Infine, le concentrazioni di NO e NO₂ negli ambienti interni, non potendo essere imputati ad attività di combustione, sono attribuibili all'apertura delle finestre quindi all'ingresso di contaminanti, in relazione ai livelli di traffico, dall'esterno.

Nella registrazione delle concentrazioni di VOC non si registrano significativi scostamenti rispetto ad altri studi analoghi e in questo caso la sostituzione di arredi e finiture che rilasciano componenti volatili *una tantum* sarebbe il rimedio definitivo.

Indicazioni progettuali

Nel piano strategico WorldGBC 2014, la salute umana e la produttività costituiscono un nodo centrale nella valutazione della qualità degli ambienti interni negli edifici certificati "green".

Il tema della corretta progettazione della ventilazione naturale assume, come si può desumere dal caso presentato, una rilevanza cruciale. I requisiti minimi, già contenuti nel decreto del 18 dicembre 1975, si perfezionano nelle indicazioni non prescrittive delle norme UNI EN 13779¹³ e UNI 10339¹⁴. Come già sottolineato da Antonini e Boeri¹⁵, "Garantire l'idonea ventilazione degli spazi confinati e limitare i consumi energetici degli edifici costituisce [...] una complessa antinomia. In inverno, infatti, l'aria viziata espulsa porta con sé l'energia utilizzata per riscaldarla, mentre l'aria pulita immessa dall'esterno raffredda l'ambiente e richiede l'apporto di ulteriore energia per ripristinare le condizioni di confort. Analogamente, in estate, l'immissione in ambiente di aria calda e umida dall'esterno comporta un maggiore utilizzo del sistema di climatizzazione e un peggioramento dei livelli di benessere."

L'azione progettuale è chiamata a governare la dinamica dei fluidi attraverso un ragionamento attento della posizione delle aperture per favorire un rapido ricambio d'aria, capace di limitare le dispersioni: "con un sistema di ventilazione naturale, il dimensionamento delle aperture determinato sulla base delle necessità di ventilazione può rivelarsi inefficace per garantire anche la qualità dell'aria. Le sezioni di deflusso costituite dalle finestre vanno perciò aumentate facendo ricorso ad altre aperture, ad esempio i camini verticali di ventilazione a cui è affidato il compito di estrarre l'aria viziata sfruttandone la maggiore temperatura"¹⁶.

Dove la ventilazione naturale non riesca a garantire livelli adeguati di comfort, il progettista è chiamato a prevedere l'installazione di impianti di ventilazione meccanica, adeguatamente sottoposti a ispezione e manutenzione periodica. Attualmente, in nessun edificio scolastico italiano si registra questo tipo di dotazione.

13. Che traduce la norma di livello europeo EN 13779:2007 "Ventilation for non-residential buildings – Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems".

14. UNI 10339:1995 "Impianti aeraulici ai fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura".

15. Antonini, E., & Boeri, A. (2011). Progettare scuole sostenibili: criteri, esempi e soluzioni per l'efficienza energetica e la qualità ambientale. Edicom. p. 198.

16. Ibid.

In conclusione, sulla qualità degli ambienti scolastici

Si potrebbe pensare a una fisiologia ambientale, che valuti come materia viva lo spazio abitato, di cui quella umana sia una fattispecie. Individuiamo nel complesso degli accadimenti che si svolgono negli edifici il nucleo vitale e trasformativo della costruzione: in questa accezione, sembrano non esaustive le attuali metodologie di valutazione di qualità degli ambienti interni, efficaci ma limitate alla verifica di una configurazione spaziale determinata o di un profilo prestazionale preliminarmente individuato.

Alla misurazione della concentrazione degli inquinanti, si sovrappongono le valutazioni del benessere acustico, luminoso, termo-igrometrico e la conformità d'uso rispetto ai parametri ergonomici (Steinemann et al, 2017): una caratterizzazione selettiva, efficace esclusivamente nell'ottica della verifica di conformità a un profilo prestazionale definito. Altri studi (Wei et al, 2015) sottolineano come i protocolli di certificazione degli edifici attribuiscono un peso esiguo, intorno al 7.5%, agli indicatori di qualità dell'aria interna. Appaiono sufficienti queste due considerazioni e la densità di produzioni scientifiche degli ultimi anni per sostenere la centralità di questo tema, ovvero, come nei modelli quantistici, lo spazio prima che di elementi si compone di relazioni in cui l'osservatore è immerso. Quindi i parametri che riguardano gli occupanti che agiscono sulla e nella costruzione, alla ricerca di un equilibrio con l'ambiente percepito, descrivono non solo l'uso energetico dei dispositivi ma, soprattutto l'ambiente nella sua realtà transitoria.

2.2 Strumenti conoscitivi e operativi: i modelli

Del modello l'Enciclopedia Treccani, nell'ambito della filosofia della scienza, rileva i seguenti aspetti:

“[...] una funzione del modello consiste nel permettere una rappresentazione, più o meno semplice, di un fenomeno complesso, mettendone in luce la struttura; conseguenze euristiche e predittive di rilievo si connettono a questa proprietà. [...] Un m. matematico può essere costruito mediante concetti, teorie o strumenti della matematica (o una loro combinazione [...] il m. matematico può avere una funzione descrittiva, ossia ambire a una descrizione quanto più possibile soddisfacente al fine di consentire una previsione circa il loro andamento futuro. [...] il m. matematico può (o deve) assolvere una funzione prescrittiva o di controllo, ovvero indicare in che modo il fenomeno deve svolgersi al fine di rispondere nel modo più efficace a determinati fini”¹⁷.

È il caso del modello di etere di J. C. Maxwell, del “modello standard delle particelle elementari” o dei modelli statistici.

La progettazione architettonica si è avvalsa, lungo il ventesimo secolo, di strumenti conoscitivi sintetici, volti alla prefigurazione e alla riproducibilità di aspetti particolari o che necessitavano di trattativa o esplicitazioni a corredo per la piena trasmissione della fenomenologia descritta. Si pensi alla casa Dom-ino di Le Corbusier, in cui l'innovazione della tecnologia del cemento armato si traduce in modello teorico per tornare diagramma, selezione di condizioni minime per la costruzione e, ancor prima, per la produzione. Le Corbusier supera la rappresentazione con lo strumento che le è proprio ossia il disegno, unico a disposizione dei progettisti dell'epoca, e trasmette all'industria un modello aperto.

Nella selezione delle informazioni risiede il tema cruciale della modellazione.

Dom-ino anche sotto questo aspetto si rivela una lezione ancora di grande interesse: la configurazione spaziale e il dato tecnico-

17. Definizione disponibile presso <http://www.treccani.it/enciclopedia/modello/> [30 aprile 2018].



Fig 2. 3
Overlay di URBAN 5 IBM modello 2250 a tubo catodico usato per URBAN 5. Fonte: openarchitecture.com

costruttivo sono chiaramente esplicitati e reciprocamente verificati; non è un edificio d'abitazione, ma il modello della sua struttura in calcestruzzo armato per la produzione in serie. Il dato sotteso affatto primario, il corpo umano, si registra nella scelta del punto di vista che diventa strumento percettivo e di misura.

Bisognerà attendere per ritrovare una costruzione diagrammatica così cosciente. I modelli postmoderni che abiteranno la manualistica fino a tempi recentissimi, si avvicinano più alla tradizione sartoriale, conformativa e prescrittiva che ai modelli fisici e matematici con cui abbiamo aperto questo paragrafo.

Un capitolo particolarmente significativo nella seconda metà del Novecento porta la firma di due personalità di indubbia autonomia e forza intellettuale: Yona Friedman e Nicholas Negroponte: Nicholas Negroponte coglie, nelle speculazioni di Friedman sulla democratizzazione del processo progettuale, l'elemento di profondità dei suoi studi raccolti nel volume "The Architecture Machine. Toward A More Human Environment" e un possibile indirizzo di sviluppo per URBAN5. The Flatwriter machine, il software pensato da Friedman come supporto per non-progettisti, guida l'utente alla composizione del proprio alloggio, recependo le sue esigenze attraverso un processo controllato di espressione della domanda. Consente, poi, la disposizione spaziale degli elementi, "alfabeto" dell'architettura, rappresentati al massimo della riduzione segnica.

Il software è in grado di fornire una prefigurazione delle possibili criticità e, quindi, di rimodulare i limiti della prefigurazione, al fine di garantire una struttura spaziale coerente.

Le limitazioni tecniche nello sviluppo di *Urban 5* sono, come non accade di consueto, gli aspetti affascinanti della proposta. La necessità di selezione delle informazioni e della traduzione grafica sintetica produce configurazioni puramente spaziali e interattive, quello che si è prima definito "campo relazionale intersoggettivo". Nella metodologia di modellazione *informata* dell'edificio i due aspetti appena sottolineati, apparentemente distanti, si ritrovano potenziati, o come si qualificano le tecnologie più recenti, aumentati. Il modello informato riconosce al diagramma lecorbusierano la sintesi geometrico-costruttiva tridimensionale, la chiarezza del momento costruttivo (si parla della struttura senza indugiare su altri aspetti) e la prefigurazione materiale dal punto di vista soggettivo.

Più sottili ma forse più caratterizzanti le analogie con il software

di Negroponte: la proprietà parametrica di *Urban 5* supera la capacità umana di controllo delle variabili. Questo aspetto assume livelli performativi incredibili nell'ambito dei software BIM sia nell'ambiente proprio dei software di modellazione e dei relativi sistemi specialistici, sia nell'interoperabilità con altri software, per fare un esempio, che vedremo, per la simulazione energetica degli edifici.

La parametrizzazione permette agli oggetti di interagire in un campo relativo e di mantenere la congruenza e la coerenza dell'intero progetto. Il progettista è chiamato a confrontarsi con il carattere dinamico, interattivo e complesso della modellazione per non incappare in una semplificazione quantomai comune (e ormai anacronistica) di mero trasferimento dal CAD al BIM, e di riproporre un flusso di lavoro centrato sull'onere della rappresentazione.

Building Information Modeling (BIM)

18. Standard, ISO 29481-1: 2010 (E), Building Information Modeling—Information Delivery Manual—Part 1: Methodology and Format (2010). Ultimo aggiornamento della norma del 2016.

19. Art. 2.2 dello Standard ISO, traduzione dell'autore.

20. Eastman, C. (2016). Il BIM: Guida completa al Building Information Modeling per committenti, architetti, ingegneri, gestori immobiliari e imprese. (edizione IT a cura di G. M. Di Giuda & V. Villa). Milano: HOEPLI Editore. p. 17.

21. Si cita a titolo esemplificativo lo studio di Kim et al. (2015) finalizzato alla costruzione di una libreria per la simulazione energetica dell'edificio.

L'International Organization for Standardization (ISO)¹⁸ definisce la metodologia Building Construction Information Model come la "rappresentazione digitale condivisa delle caratteristiche fisiche e funzionali di ogni oggetto costruito [...] che compone una base attendibile per le decisioni"¹⁹.

In Eastman (2016) "Il BIM può essere definito come una metodologia di modellazione e una serie di processi che vengono associati allo scopo di produrre, comunicare e analizzare i *modelli di edifici*."²⁰

Un numero crescente di accezioni e campi applicativi del BIM, tra cui quella appena citata, contribuisce a comporre un quadro articolato ed elastico, che investe tanto i paradigmi teorici, quanto la produzione.

In una prima estrema e volontaria generalizzazione, con *Building Information Modeling* si vuole intendere l'elaborazione parametrica di un dominio di conoscenze che afferisce alla costruzione. Architettura, Ingegneria, e Produzione inter-operano in un ambiente comune adottando un linguaggio non solo descrittivo e grafico, ma fisico e necessariamente congruente. In ciascuna delle tre discipline della costruzione si declinano, a loro volta, tre dimensioni operative: il requisito, il processo e il prodotto, che attraversano il progetto dalla fase ideativa alla dismissione. Il primo si esprime come quadro normativo, specifica di prestazione e *benchmark*. Il processo edilizio è implementato nell'ambiente BIM come strumento di gestione dell'intero ciclo di vita (*Whole Life Cycle Management*). Il prodotto è precisato come dato di realtà compiuta, materiale e produttiva, e non come sua rappresentazione sintetica. La metodologia, in quanto tale, si riorganizza intorno all'oggetto dell'applicazione, che sia progetto del nuovo (Gray et al., 2013) o di riqualificazione del già costruito (Penttilä et al., 2007). In questo frangente, in considerazione della vastità delle implicazioni del tema, si denotano solo i nodi metodologici applicati alla riqualificazione. Il primo: l'attività di modellazione informata degli edifici organizza, in un dato momento del ciclo di vita dell'edificio, le informazioni tecniche e funzionali di un edificio. La ricerca si muove nella direzione di consentire ai progettisti lo stesso livello di affidabilità e di completezza del progetto del nuovo, specie nella prefigurazione energetica e valutazione economica degli scenari di intervento²¹. L'aspetto più sofisticato, in termini di complessità scientifica, che impegna gli studiosi per evidenti ricadute economiche sul processo,

si colloca nell'ottimizzazione dello scambio di informazione tra sistemi di elaborazione.

Si pensi alle informazioni che sono in grado di generare i sistemi di automazione dell'edificio (*Building Automation System - BAS*) e i sistemi di gestione e controllo energetico (*Building Energy Management and Control System - EMCS*). L'orizzonte della ricerca ambisce a dotare la metodologia di un "senso critico", attraverso l'elaborazione di scenari ottimali di intervento. Qui si apre un fronte di ulteriore complessità, che verrà sfiorato più volte durante la trattazione, che afferisce alle scienze statistiche applicate attraverso l'intelligenza artificiale (Succar, 2009; Novi, 2018).

Per rimanere nella dimensione di sviluppo più prossima al presente, ci limiteremo a richiamare i protocolli di interoperabilità, attraverso una tavola sinottica. (Tab. 2.1)

NAME	DEFINITION	STANDARD
IDM - Information Delivery Manual	<p>Describes Processes</p> <p><i>Looks at individual processes and maps them to understand what should be flowing and when</i></p>	<p>ISO 29481-1</p> <p>ISO 29481-2</p>
IFC - Industry Foundation Classes	<p>Transport information/Data</p> <p><i>The basic 'operating system' that transports the information and the data.</i></p>	ISO 16739
BCF BIM - Collaboration Format	<p>Change Coordination</p> <p><i>Provides the ability for change management through issue tracking and allows a fully managed cycle</i></p>	buildingSMART BCF
IFD - International Framework for Dictionaries	<p>Mapping of terms</p> <p><i>Includes the bSDD buildingSMART Data Dictionary. Collects the terms, vocabulary and attributes for things</i></p>	ISO 12006-3
MVD - Model View Definition	<p>Translates processes into technical requirements</p> <p><i>The 'apps' that run on the IFC. Translates the processes into technical requirements. There is now an electronic MVD so that software vendors can support any number of MVDs</i></p>	buildingSMART MVD

Tab 2.1 I principali standard della Metodologia BIM. buildingSMART.

Behavioral modeling (BM). Stato della ricerca

L'ospite immobile, il cui contributo è stato finora ridotto a poco più di un calorifero metabolico, agisce nello spazio, lo percepisce, tende a governarlo, ad adattarlo al suo desiderio di comfort: questo è il soggetto opaco da comprendere nella modellazione.

Una possibile prima definizione di alterità, in ottica prestazionale, è contenuta nella nello standard "Energy performance of buildings Assessment of overall energy performance" (ISO 16346, 2013):

- *Building performance*: include i dati climatici, le prestazioni dell'involucro edilizio e dei sistemi impiantistici;
- *Energy uses*: relativo all'operatività dei sistemi, al comportamento degli occupanti e alle condizioni ambientali interne.

Gli studi a cui ci si riferirà per svolgere questo nodo della progettazione ambientale, afferiscono alla ricerca promossa dall'International Energy Agency, già introdotto, "Annex 66. Definition and Simulation of Occupant Behavior in Buildings"²².

22. Cfr. <https://annex66.org/>.

Il campo di indagine è recente, ma dal numero di ricerche pubblicate si può rilevare sia l'oggettivo interesse che circonda la materia al livello internazionale sia una certa standardizzazione nelle metodologie in indagine. Le ricerche si concentrano in particolare sugli edifici per uffici, sia per la disponibilità dei dati, molto spesso desunti dal monitoraggio degli stessi luoghi di lavoro dei ricercatori, che per la semplicità e serialità della modellazione, alla quale corrispondono risultati non del tutto scontati.

Quando si parla di *comportamento*, in termini di comfort ambientale e consumo energetico, ci si riferisce alle azioni dell'utente che descrivono da un lato il pattern di occupazione degli spazi e dall'altro l'interazione con i sistemi di controllo che determinano il comfort.

Il primo gruppo di dati, analizzato dalla ricerca, è stato organizzato riguarda, su base oraria o per frazioni di ore, la registrazione della presenza in un certo spazio di un certo numero di persone.

Schematicamente i dati riguardano:

- L'orario di arrivo nell'edificio e nell'ambiente osservato
- L'orario di uscita;
- La durata di permanenza giornaliera (calcolata sul primo arrivo e sull'ultima uscita);
- Percentuale di presenza in uno spazio – parametrizzazione della

mobilità nello spazio per uffici;

- Probabilità di lunghe assenze e durata;
- Frazioni di assenze giornaliere.

L'obiettivo è di introdurre un *data-driven method* per definire specifici *pattern* di percezione della qualità dell'ambiente interno e le risposte comportamentali per il miglioramento delle stesse.

Il primo passaggio concettuale riguarda la definizione dei *pattern* individuali di comfort e comportamento e la successiva individuazione delle relazioni tra:

- Percezione del comfort termico (sensazione e preferenza);
- Percezione termica e visiva;
- Percezione del comfort e comportamento;
- Differenti tipi di comportamento;

La seconda questione, di carattere più generale, e in cui la presente trattazione individua un ambito di particolare convergenza interdisciplinare, attiene allo studio delle possibili relazioni tra i caratteri individuali (ad esempio demografici e psicologici) e la probabilità di appartenenza a un *pattern* comportamentale.

Due riferimenti principali codificano la percezione del comfort termico:

- ISO 7730 "Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria";
- ASHRAEE 55 "Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy".

Il primo è tradotto dalla norma italiana UNI EN ISO 7730 e trova corrispondenza, rispetto alla classificazione dei livelli di qualità ambientale, nelle norme UNI EN 13779 e UNI EN 15251, che si basano sia sul benessere termoigrometrico che sulla qualità dell'aria interna. Nella Tab. 2.3 si riportano le equivalenze tra le classi previste dalle norme citate, che verranno riprese nei capitoli 6 e 7 della trattazione per la discussione dei risultati delle simulazioni.

Il campo di indagine non si esaurisce nell'ambito della lettura di dati sperimentali, sebbene questo approccio ha consentito di superare, per prove incrementali, il determinismo che tutt'ora descrive il fattore umano nella progettazione.

Le geometrie degli studi empirici sono proiezioni cartesiane di posizioni nello spazio, di temperature, espressioni binarie di azioni ed espressioni di comfort.

Nel compatto diaframma ingegneristico, alcuni contributi alla

23. Si vedano le pubblicazioni del Lawrence Berkley Lab (Simona D'oca et al).

Categorie di qualità dell'aria	Corrispondenza UNI EN 13779	Qualità dell'aria percepita in decipols		Corrispondenza UNI EN15251	Corrispondenza UNI EN ISO 7730	Benessere termoigrometrico globale	
		Intervallo tipico	Valore di default			P P D [%]	Voto medio previsto PMV
Elevata	IDA 1		0,8	Categoria I	A	< 6	-0,2<PMV<+0,2
Media	IDA 2	1,0 - 1,4	1,2	Categoria II	B	< 10	-0,5<PMV<+0,5
Bassa	IDA 3	1,4 - 2,5	2	Categoria III	C	<15	-0,7<PMV<+0,7
-	-		3	Categoria IV*	-		

Nella Tab. 2.3 si riportano le equivalenze tra le classi previste dalle norme citate, che verranno riprese nei capitoli 6 e 7 della trattazione per la discussione dei risultati delle simulazioni.

24. Si veda come gli studi originano da un monitoraggio di tipo percettivo prima che neurologico: Iregren A, Gamberale F, Kjellberg A. SPES: a psychological test system to diagnose environmental hazards. *Swedish Performance Evaluation System. Neurotoxicology Teratology* 1996; 18(4): 485-96.

25. A titolo esemplificativo: D.J. Clements-Croome, D.J.; Awbi, H.B.; Bakò -Birò, Zs; Kochhar, N.; Williams M. (2008). Ventilation rates in schools. in "Building and Environment" n 43 pp. 362-367.

26 Ibid.

27. Ulteriori dettagliate elaborazioni sono disponibili presso <https://ec.europa.eu/energy/en/>

ricerca Annex 36²³ intuiscono una strada di investigazione più ampia il cui campo giace all'intersezione di quattro dimensioni:

- Caratteristiche demografiche;
- Contesto;
- Ambiente interno;
- Aspetti cognitivi.

Lo studio del comportamento negli ambienti delle architetture della formazione si sovrappone alla qualità dell'apprendimento²⁴. Nell'ambito degli studi che dimostrano la correlazione tra la qualità dell'aria negli ambienti interni e i livelli di apprendimento sono stati sviluppati strumenti diagnostici di grande interesse per la precisazione degli argomenti di questa ricerca. Il software VISCOPE (Ventilation in Schools and Cognitive Performance), utilizzato nella ricerca condotta da Clements-Croome et al.²⁵ valuta l'apprendimento sulla base di due fattori: l'attenzione e la memoria operativa.

La prima è definita come "a cognitive process selecting, evaluating and responding to appropriate environmental information in a timely and appropriate manner. Three tasks: Simple Reaction Time (SRT), Choice Reaction Time (CRT) and Colour Word Vigilance (CWV), have been included to measure the core aspects of attention. SRT will give assessments of alertness and the ability to sustain a readiness to respond rapidly, CRT will provide stimulus discrimination and response selection and execution, whilst sustained attention, intensive vigilance and ability to ignore distraction will be assessed by CWV. For all these three tasks speed and accuracy will be recorded to give a complete assessment of attention."

La seconda, "Working memory is the system for temporarily storing, actively processing and manipulating information needed for carrying out everyday tasks. Two mechanisms for storing information in working memory are the phonological loop and the visuo-spatial sketchpad"²⁶.

L'orizzonte delle ricerche sul comportamento è vasto. Questo brano della trattazione verrà completato con un approfondimento che attiene all'ambito neuroscientifico.

2.3 Aspetti finanziari e metodologia di valutazione degli interventi

L'affidabilità e la comparabilità delle metodologie di valutazione è strettamente connessa alla possibilità di raccogliere informazioni, in un orizzonte temporale ampio, e di condividere un quadro conoscitivo comune nel linguaggio e nelle misurazioni al fine di interpretare correttamente i risultati. Il perimetro di riferimento non può che essere, nel caso degli Stati Membri, europeo. Gli ultimi dati sull'importazione energetica dell'Unione Europea ne stabiliscono il primato: solo il 46% del fabbisogno viene soddisfatto dalla produzione interna e la spesa ammonta a 400 miliardi di euro annui circa (European Commission, 2016a).

Al fine di migliorare la resilienza del mercato energetico, l'Unione Europea ha individuato cinque dimensioni strategiche di lavoro, strettamente interrelate (European Commission, 2016b) :

- Sicurezza energetica, solidarietà e fiducia;
- Un mercato energetico europeo pienamente integrato;
- Efficienza energetica finalizzata alla mitigazione della domanda;
- Decarbonizzazione dell'economia;
- Ricerca, innovazione e competitività.

Com'è facilmente intuibile, ognuno di questi aspetti implica ragionamenti specifici su una costellazione di temi e orizzonti temporali diversi, e mobilità dinamiche complesse. Ma sembra imprescindibile tenere a mente il quadro in cui opera la ricerca, che è chiaramente circoscritta a un aspetto infinitamente più specifico. D'altro canto, si è consapevoli che non possa essere che questo il campo di verifica della congruenza e dell'efficacia della ricerca.

L'*European Fund for Strategic Investments* (EFSI) finanzia o supporta l'accesso al finanziamento di iniziative significative per l'Unione europea come, appunto, l'efficientamento delle politiche energetiche e delle reti commerciali e di distribuzione. Come strumento dell'Unione, promuove la trasparenza degli investimenti e la massima accessibilità alle informazioni al fine di attrarre capitali e la creazione di strutture tecniche per lo sviluppo dei progetti.

La minimizzazione del rischio di investimento, obiettivo

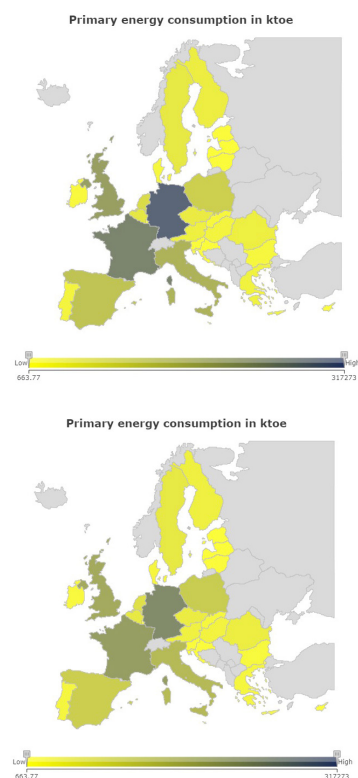


Fig 2.4
Consumo di energia primaria in Europa come registrato nel 2015 (sopra) e come previsto nel 2050 (sotto).
Elaborazione della Commissione Energia dell'Unione Europea.²⁷

data-analysis/energy-modelling
[30 aprile 2018].

REGULATORY FRAMEWORK	
2006	ISO 14040:2006 Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework
2010	Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings (recast)
2012	Guidelines accompanying Commission Delegated Regulation (EU) n. 244/2012 supplementing Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council, on the energy performance of buildings by establishing a comparative methodology framework for calculating cost-optimal levels of minimum energy performance requirements for buildings and building elements
2017	BS EN 15459-1:2017 (superseded BS ISO 15459-1:2007) Energy performance of buildings. Economic evaluation procedure for energy systems in buildings. Calculation procedures, Module M1-14
2017	BS ISO 15686-5:2017 (superseded BS ISO 15686-5:2008) Buildings and constructed assets. Service life planning. Life cycle costing

Tab 2.3 Quadro normativo europeo di riferimento per la valutazione degli interventi di riqualificazione e nuova costruzione.

fondamentale di qualunque meccanismo finanziario non speculativo, passa, come accennato, dalla condivisione delle informazioni e dalla normalizzazione dei dati che concorrono alla costruzione di un quadro comparativo chiaro e intellegibile al livello globale.

Sul tema della condivisione delle informazioni e della comparabilità delle metodologie di analisi e valutazione si è espressa la più recente letteratura della norma degli ultimi dieci anni. In questa sede, ci si riferisce al quadro legislativo, sintetizzato nella tabella di seguito.

La definizione del sistema per la Valutazione del Ciclo di Vita (Life Cycle Assessment -LCA) di un edificio soggetto a riqualificazione include:

- I materiali e i componenti adoperati per la riqualificazione energetica dell'involucro dell'edificio;
- I componenti e i materiali adoperati per l'implementazione o la sostituzione dei sistemi tecnologici e impiantistici, incluse le unità per la produzione energetica in sito;
- I materiali e i componenti adoperati per garantire la stessa funzionalità dell'edificio prima e dopo l'adozione di misure di efficientamento.

La *vita utile* del componente è definita come la durata della sua piena funzionalità: il parametro risulta centrale per una valutazione economica attendibile di un determinato scenario di riqualificazione, come definito dalla già citata Direttiva 2010/31/UE. Nella definizione del punto di equilibrio tra *costo* e *ottimo* e nella stessa qualificazione

28. Direttiva 2010/31/UE. In premessa, al punto 10 "È di esclusiva competenza degli Stati membri fis-

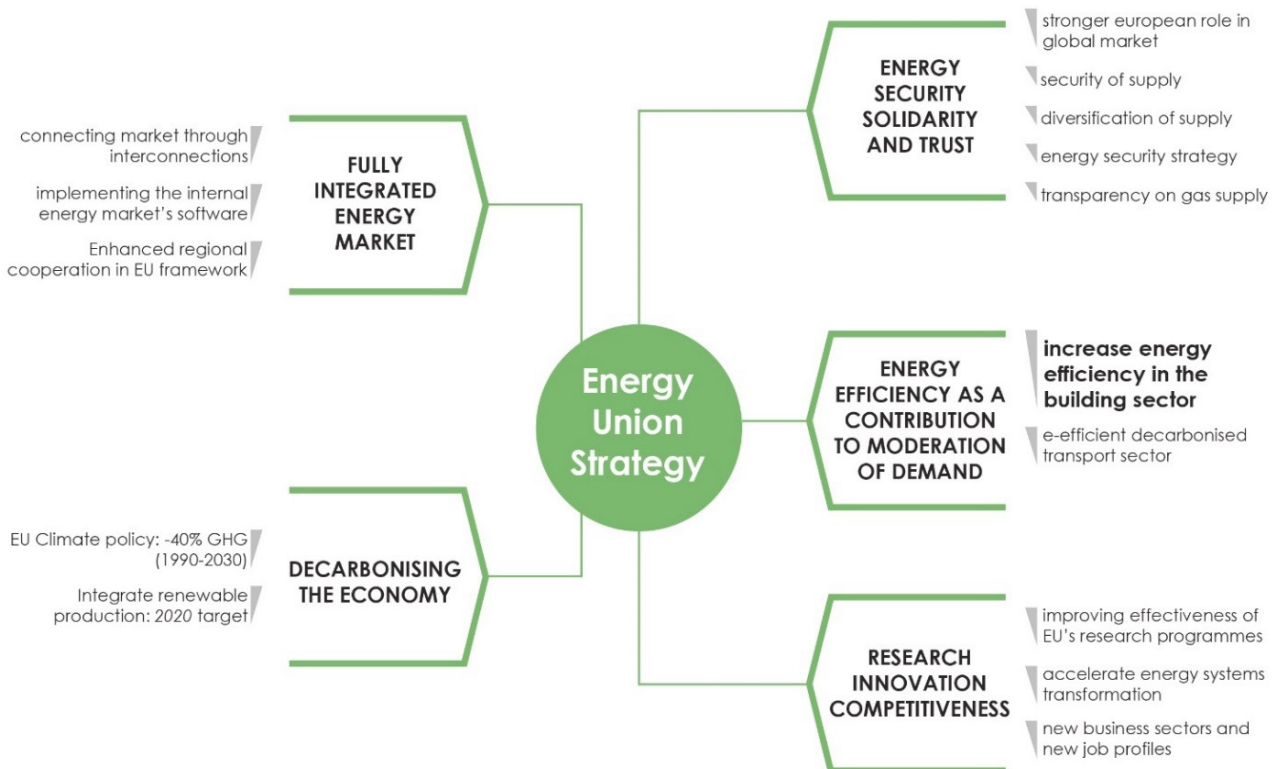


Fig 2.5 Quadro delle priorità nell'ambito dell'Energy Union Strategy promossa dalla Commissione Energia del parlamento europeo. Elaborazione dell'autore

sare requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici e degli elementi edilizi. Tali requisiti dovrebbero essere fissati in modo da conseguire un equilibrio ottimale in funzione dei costi tra gli investimenti necessari e i risparmi energetici realizzati nel ciclo di vita di un edificio, fatto salvo il diritto degli Stati membri di fissare requisiti minimi più efficienti sotto il profilo energetico dei livelli di efficienza energetica ottimali in funzione dei costi [...].”

29. BPIE [Building Performance Institute Europe] (2015). Implementing the Cost-Optimal Methodology in EU Countries. Disponibile presso http://bpie.eu/wp-content/uploads/2015/10/Implementing_Cost_Optimality.pdf [30 aprile 2018].

30. BS EN 15459:2007 “Energy performance of buildings. Economic evaluation procedure for energy systems in buildings”.

31. Ecofys (2015). Assessment of cost optimal calculations in the context of the EPBD (ENER/C3/2013-414). Final report. Disponibile presso: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/Assessment%20of%20cost%20optimal%20calculations%20in%20the%20context%20of%20the%20EPBD_Final.pdf [30 aprile 2018].

32. Come da Art. 1 del Regolamento Delegato UE n. 244/2012: “A norma dell’articolo 5 e degli allegati I e III della direttiva 2010/31/UE, il presente regolamento istituisce un

dei termini si riconosce un margine interpretativo ancora aperto a perfezionamenti. Come considerazione generale, i valori del *costo - ottimo* afferiscono al dominio più ampio dei valori *costo - efficacia*: entrambe le metodologie sono basate sulla comparazione dei costi e del valore economico del risparmio di una potenziale azione, in riferimento a un livello di performance minima richiesto al sistema-edificio, stabilito da un comune quadro europeo dagli Stati Membri²⁸ Torna di nuovo centrale il tema della condivisione e della comparabilità delle informazioni. In linea di principio, una misura o un pacchetto di misure si considera efficace se il costo di implementazione è più basso del valore atteso dei benefici misurati nel periodo di vita fissato. I costi e il risparmio devono chiaramente attualizzati da un tasso di sconto che li riporti al Valore Netto Presente (*Net Present Value - NPV*). Se il NPV è maggiore di zero, per intendersi, l’azione ha un rapporto costo-efficacia positivo.

La metodologia *Cost-Optimal*, definita dalla norma EN 15459:2007³⁰ è esplicitamente richiamata nella Direttiva come strumento di valutazione delle prestazioni energetiche conseguite da un intervento edilizio. Come fattispecie della valutazione Costo-Efficacia, differisce nella valutazione qualitativa, non strettamente misurabile, dell’*ottimo*.

La questione è assai rilevante: la comparabilità e il grado di accesso e di condivisione delle informazioni rappresentano la condizione di sostenibilità stessa del meccanismo normativo e dell’efficacia dello strumento. Per chiarire i termini, in cui si inserisce la domanda di ricerca sviluppata in questa trattazione, ci si avvale del report stilato nel 2015 da Ecofys³¹ che sintetizza gli esiti della raccolta dei dati forniti dagli Stati Membri e li compara rispetto a otto criteri di conformità (Fig. 2.7).

A un anno dall’emanazione della Direttiva, il grado di affidabilità oggettiva e di confidenza con le specifiche della norma risulta insoddisfacente: nel grafico sono stati evidenziati i passaggi maggiormente critici.

In ordine, rispetto alle finalità (0) non sono state valutate pienamente conformi le misure che hanno riguardato il miglioramento del comportamento energetico dell’edificio o del componente ma non entrambi come richiesto dal Regolamento³².

Non risulta univocamente disciplinato dalla norma e dal relativo regolamento il criterio di scelta dei *reference buildings* (1). L’ampiezza del margine decisionale ha generato due ordini di difformità: il campione non è stato reputato sufficientemente

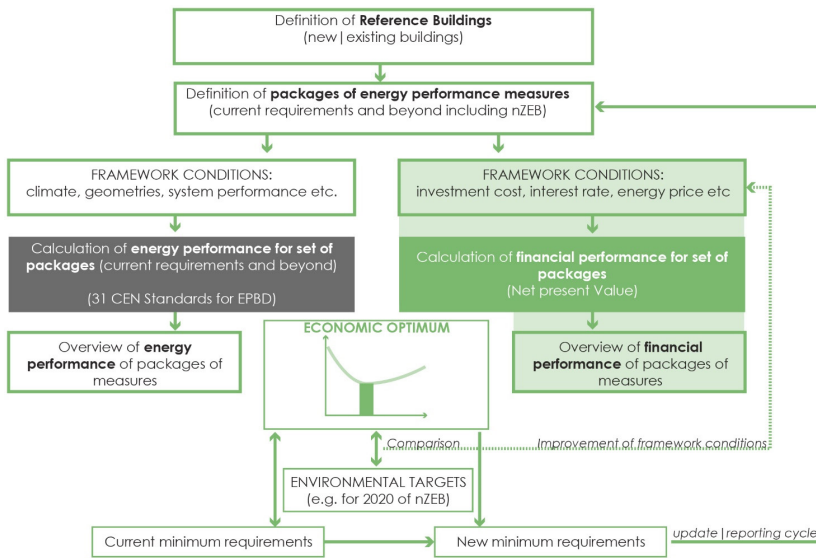


Fig. 2.6
BPIE [Building Performance Institute Europe] (2015). Quadro operativo della metodologia Costo-Ottimo²⁹

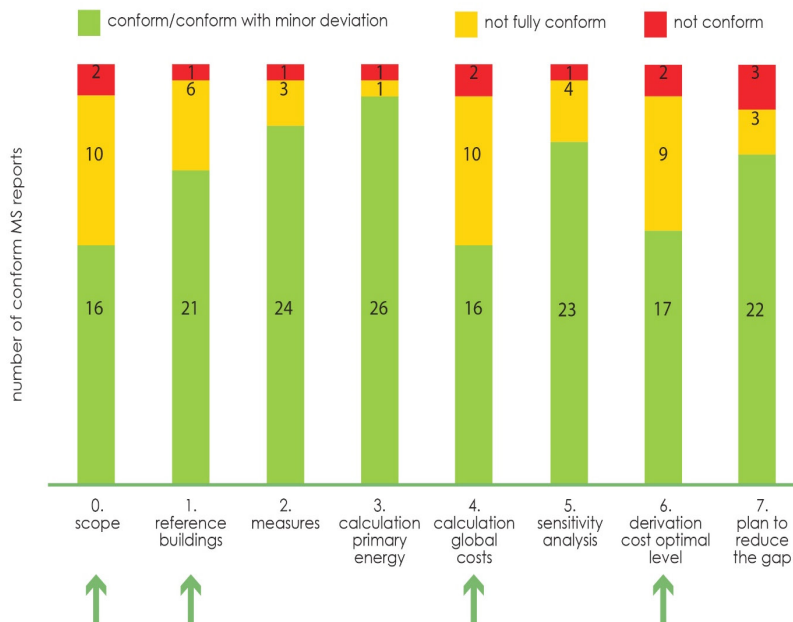


Fig. 2.7
Ecofys (2015). Conformità nell'applicazione della metodologia rispetto alle indicazioni della Direttiva 2010/31/UE e del Regolamento Delegato UE n. 244/2012.

quadro metodologico comparativo a uso degli Stati membri per calcolare i livelli ottimali in funzione dei costi dei requisiti minimi di prestazione energetica per gli edifici nuovi ed esistenti e per gli elementi edilizi.”

33. Sulla metodologia di individuazione degli edifici di riferimento ci si soffermerà in seguito, nella terza parte della trattazione.

34. Su questo punto, il Regolamento n. 244/2012 descrive la metodologia di calcolo come segue: “A tale riguardo, il livello significativamente meno efficiente sotto il profilo energetico dei requisiti minimi di prestazione energetica in vigore è calcolato come la differenza fra la media di tutti i requisiti minimi di prestazione energetica in vigore e la media di tutti i livelli ottimali in funzione dei costi del calcolo utilizzato come riferimento nazionale per tutti gli edifici di riferimento e tipi di edifici utilizzati.”

35. All’articolo 4.3 dell’Allegato I del Regolamento n. 244/2012: “Nel determinare il costo globale di una misura/pacchetto/variante per il calcolo finanziario, i prezzi pertinenti di cui tenere conto sono quelli a carico del cliente, comprensivi di tutte le imposte, dell’IVA e degli altri oneri. Idealmente, occorre includere nel calcolo anche i sussidi disponibili per diverse varianti/pacchetti/misure, ma gli Stati membri

ampio per la definizione di edifici di riferimento, nel secondo caso le misurazioni sono risultate non conformi rispetto alla categoria di edifici di riferimento³³.

Nel caso di dati sui costi riportati non chiaramente o del tutto (ad esempio per quanto concerne costi di investimento, di manutenzione, di sostituzione e il prezzo dell’energia), la valutazione del costo globale (4) in sé non è stata reputata pienamente conforme. Come si deduce facilmente dal grafico, più di un terzo della casistica esaminata soffre di queste lacune che rendono incomparabili i risultati o che non sono in grado di fornire un quadro della prospettiva finanziaria e macroeconomica dell’intervento.

Sulla valutazione del *cost-optimal level* (6)³⁴, che rappresenta il nodo della metodologia, il grafico mostra un’incertezza quanto mai significativa, diretta conseguenza delle valutazioni appena esposte. Sugli aspetti squisitamente tecnici, che possiamo riconoscere nell’individuazione delle misure di efficientamento e nelle procedure di calcolo, appare evidente che gli Stati Membri siano riusciti a consolidare un repertorio comune di conoscenze e che gli strumenti algebrici previsti dalla Direttiva e dal relativo Regolamento, di per sé semplici, non costituiscono l’ostacolo a una elaborazione uniforme. Appare piuttosto, come già sottolineato, che nell’interpretazione dei termini ci siano degli aspetti non completamente risolti dalla norma stessa e delle prospettive di ridefinizione, a cui questa ricerca intende contribuire.

1.4 Costo-Ottimo: metodologia di calcolo

Il costo imputabile a una misura di efficientamento energetico deve tener conto di tutti gli oneri a carico del cliente, come previsto dal Regolamento Delegato 244/2012³⁵, e risulta dalla formula:

$$C_g(\tau) = C_I + \sum_j \left[\sum_{i=1}^{\tau} (C_{a,i}(j) \times R_d(i)) - V_{f,\tau}(j) \right] \quad (1)$$

Dove:

τ è il **periodo di calcolo**

$C_g(\tau)$ rappresenta il **costo globale** (riferito all’anno iniziale $\tau = 0$) nell’arco del periodo di calcolo

C_I rappresenta il **costo iniziale** dell’investimento per la misura o l’insieme di misure j

$C_{a,i}(j)$ rappresenta il **costo annuale durante l’anno i** per la misura

o l'insieme di misure j

$V_{f,r}(j)$ rappresenta il valore residuo della misura o dell'insieme di misure j alla fine del periodo di calcolo (attualizzato all'anno iniziale $\tau=0$)

$R_d(i)$ rappresenta il fattore di sconto per l'anno i sulla base del tasso di sconto r da calcolare:

$$R_d(p) = \left(\frac{1}{1 + r/100} \right)^p$$

dove p rappresenta il numero di anni a partire dal periodo iniziale e r rappresenta il tasso di sconto reale.

Il calcolo macroeconomico implementa il dato del costo delle emissioni di carbonio³⁶ per la misura o l'insieme di misure j durante l'anno i , la (1) assume la forma:

$$C_g(\tau) = C_i + \sum_j \left[\sum_{i=1}^{\tau} (C_{a,i}(j) \times R_d(i) + C_{c,i}(j)) - V_{f,r}(j) \right]$$

Di seguito, si analizzano nel dettaglio i termini:

- **Costo Globale:**

Il metodo del Costo Globale considera l'investimento iniziale e la somma dei costi annuali e il relativo ammortamento (Fig. 2.8).

La sua quantificazione implica la conoscenza esaustiva dei costi di input di tutti i componenti coinvolti nel progetto, come schematizzato in figura. L'indicatore principale, come già anticipato, è il Valore Netto Presente che permette di valutare la singola voce di costo riferita a differenti fasi del ciclo di vita.

- **Costo degli investimenti:**

Il costo degli investimenti viene valutato in funzione degli oneri professionali, dei costi di costruzione sia in riferimento all'involucro che ai sistemi impiantistici, ai quali si sommano ulteriori spese e tassazioni.

Come definito dalle Linee Guida, "I dati dei costi per le categorie di costi da a) a d) si basano sulla situazione del mercato e sono coerenti in termini geografici e temporali. I costi vanno espressi come costi reali al netto dell'inflazione e sono valutati a livello nazionale."³⁷

possono decidere di escludere i sussidi, purché garantiscano che in tal caso siano esclusi sia i sussidi che i regimi di sostegno alle tecnologie, nonché eventualmente i sussidi esistenti ai prezzi dell'energia".

36. "Gli Stati membri calcolano il costo delle emissioni di carbonio delle misure/pacchetti/varianti accumulato nell'arco del periodo di calcolo moltiplicando la somma delle emissioni annuali di gas a effetto serra per i prezzi previsti per tonnellata di CO2 equivalente delle quote di emissione in ogni anno in cui sono emesse, impiegando inizialmente una soglia minima di 20 EUR per tonnellata di CO2 equivalente fino al 2025, di 35 EUR fino al 2030 e di 50 EUR dopo il 2030, in linea con le attuali previsioni della Commissione dei prezzi del carbonio del sistema ETS (misurati a prezzi reali e costanti in euro del 2008, da adattare alle date del calcolo e alla metodologia prescelta). Si terrà conto di previsioni aggiornate in ogni revisione dei calcoli dell'ottimalità dei costi".

37. Articolo 4.2 § 1 dell'Allegato I del Regolamento n. 244/2012.

BS EN 15459-1:2017

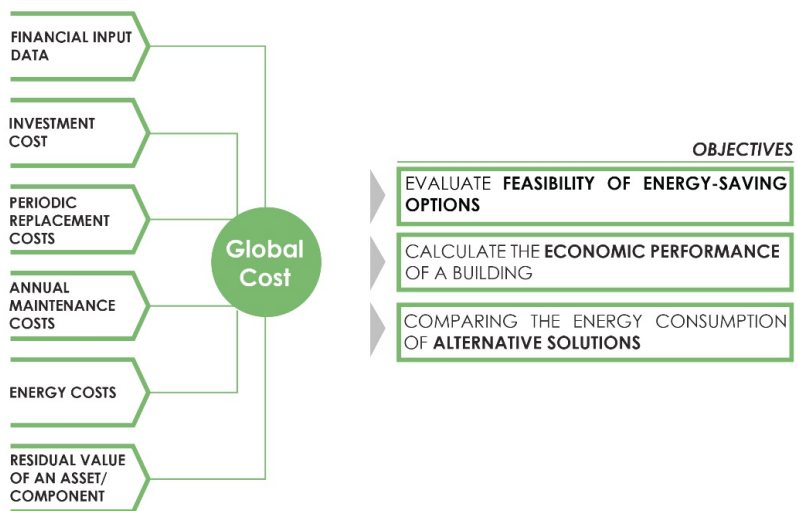


Fig 2.8
Costo globale.
Elaborazione dell'autore

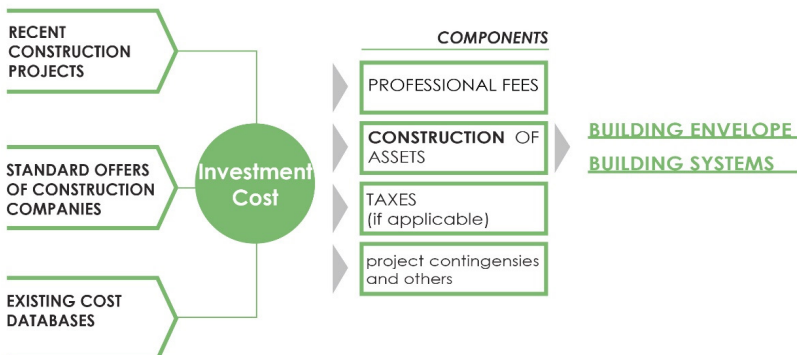


Fig 2.9
Costo degli Investimenti: fonti e
componenti del fattore.
Elaborazione dell'autore

- **Costo annuale:**

Il contributo del costo annuale risulta dalla somma di 4 fattori:

1. Costo dell'energia, che deriva dai calcoli delle performance energetiche, monetizzate in base alle tariffe energetiche;
2. Costi operativi, che comprendono gli oneri legislativi, assicurativi, l'applicazione delle tasse e altri;
3. Costi di manutenzione;
4. Costi periodici per la sostituzione di componenti edilizi.

38. Articolo 4.3 § 2 dell'Allegato I del Regolamento n. 244/2012.

- **Tasso di sconto:**

Come definito dal Regolamento³⁷ "Gli Stati membri determinano il tasso di sconto da impiegare nel calcolo finanziario dopo aver svolto un'analisi di sensibilità su almeno due tassi diversi a loro scelta."

Il tasso da applicare, come suggerito dalle Linee Guida, è compreso in un range tra il 2% e il 4% esclusa l'inflazione e riflette la valutazione realistica dei benefici conseguenti all'adozione di una misura o di un pacchetto di misure per l'efficientamento energetico, lungo il ciclo di vita.

Il reale tasso di sconto r da applicare alla formula precedentemente descritta risulta quindi:

$$r = \frac{R - R_i}{1 + R_i/100}$$

Dove:

R = tasso di interesse del mercato;

R_i = tasso annuale di inflazione

- **Valore Residuo**

"Il valore residuo è determinato da un ammortamento lineare dell'investimento iniziale o del costo di sostituzione di un dato elemento edilizio fino alla fine del periodo di calcolo, attualizzato all'inizio del periodo di calcolo. La durata dell'ammortamento è determinata dal ciclo di vita economico di un edificio o elemento edilizio. Può essere necessario correggere i valori residui degli elementi edilizi per tenere conto del costo della loro rimozione dall'edificio alla fine del ciclo di vita economico stimato dell'edificio

39. Articolo 4.2 § 5 dell'Allegato I del Regolamento n. 244/2012.

stesso³⁹.

In termini algebrici, il Valore Residuo $V_{f,\tau}$ dell'elemento j -esimo è definito come:

$$V_{f,\tau}(j) = V_0(j) \cdot (1 + R_\tau/100)^{n_\tau(j) \cdot \tau_n(j)} \cdot \frac{n_\tau(j) + 1 \cdot \tau_n(j) - \tau}{\tau_n(j)} \cdot R_d(\tau)$$

Costo dell'ultima sostituzione Deprezzamento lineare

Dove:

$n_\tau(j)$ = numero di sostituzioni totali dell'elemento j -esimo alla fine del periodo di calcolo;

$V_0(j)$ = costo dell'investimento iniziale;

$\tau_n(j)$ = periodo di vita del componente j -esimo.

- **Periodo di Calcolo:**

Il periodo di calcolo è un valore fissato dagli Stati Membri che non necessariamente coincide col ciclo di vita dell'edificio, per questo non confligge con le norme razionali legate a quest'ultimo aspetto.

I grafici che seguono descrivono la relazione tra valore residuo e periodo di calcolo sia nel caso che sia inferiore al ciclo di vita dell'elemento considerato (Fig. 2.10a), sia nel caso in cui sia maggiore (Fig. 2.10b).

In conclusione, la valutazione del Costo-Ottimo. Se ne comprende in pieno il significato nella traduzione cartesiana: lo scenario di riqualificazione che esprime il miglior bilanciamento tra costo e beneficio non si caratterizza per il più alto livello prestazionale ma, appunto, come condizione di equilibrio, nel dominio degli scenari efficaci (Fig. 2.11).

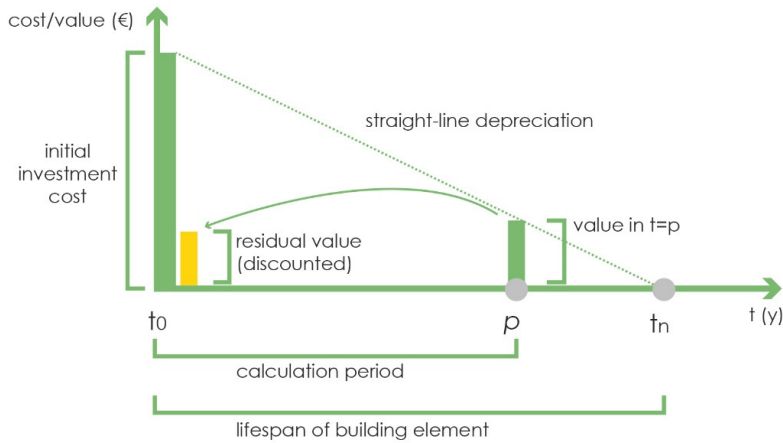


Fig 2.10a
Periodo di calcolo. Il Valore Residuo nel caso in cui il periodo di calcolo sia inferiore alla durata del ciclo di vita dell'elemento considerato.

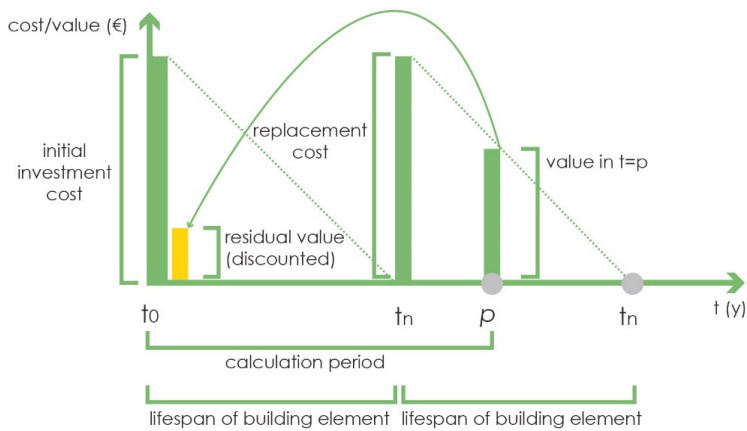
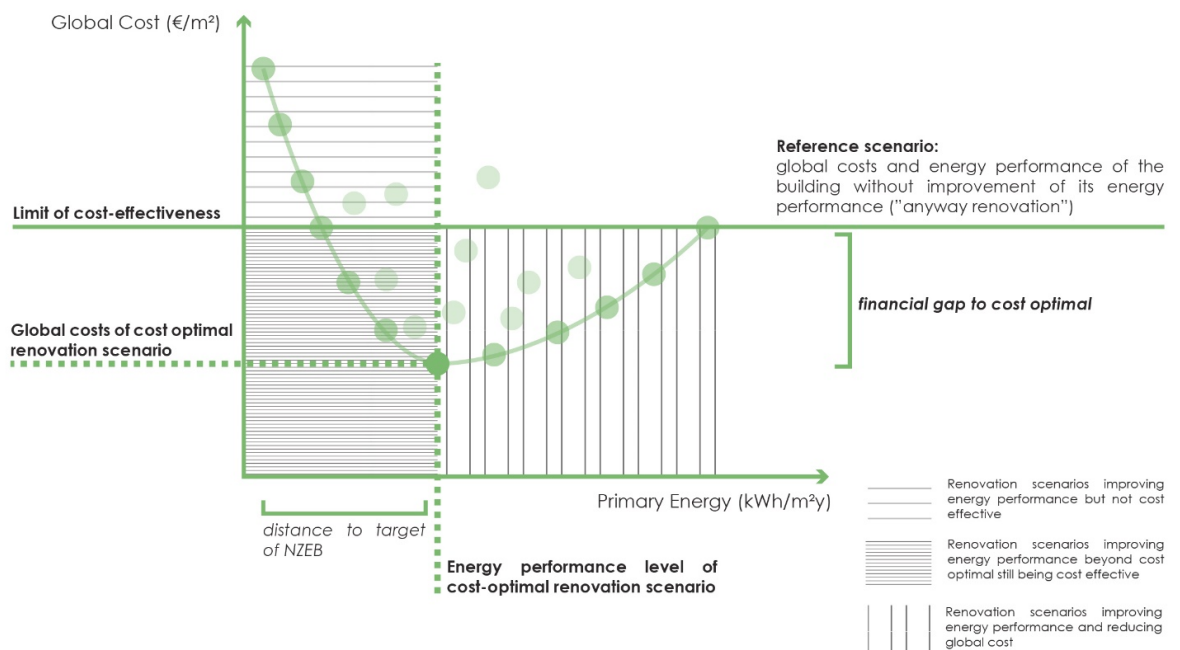


Fig 2.10b
Periodo di calcolo. Il Valore Residuo nel caso in cui il periodo di calcolo sia superiore alla durata del ciclo di vita dell'elemento considerato.



References:
 Almeida, M., Ferreira, M.,(2013). IEA EBC Annex56 Vision for Cost Effective Energy and Carbon Emissions Optimization in Building Renovation. *Energy Procedia*, Volume 78, 2015, Pages 2409-2414;
 BPIE [Building Performance Institute Europe] (2015). *Implementing the Cost-Optimal Methodology in EU Countries*. http://bpie.eu/wp-content/uploads/2015/10/Implementing_Cost_Optimality.pdf

Fig 2.11 (Almeida & Ferreira, 2015) Identification of cost optimal and cost effective level. Elaborazione dell'autore

PARTE II

Inventario

ABSTRACT

CAPITOLO 3 DALL'INSEGNAMENTO ALL'APPRENDIMENTO

ABSTRACT

La prima parte dell'inventario inquadra il passaggio concettuale, affrontato da oltre un secolo nella pedagogia, dalla liturgia della trasmissione orizzontale delle nozioni all'esperienza dell'apprendimento attraverso due esperienze, una anglosassone e l'altra italiana. Nella prima, gli assunti consolidati e sperimentati di didattica innovativa sono già soggetti a una seconda revisione. L'impresa colossale di riqualificazione dell'intero comparto scolastico inglese, nell'era Blair, si scontra con un bilancio che disattende le aspettative ambiziose e stima il completamento solo di un quarto delle previsioni nei primi cinque anni di sviluppo del programma. Un'ulteriore rivalutazione riguarda, nel merito, gli indirizzi della trasformazione: modelli esatti dal punto di vista teorico, come il "paesaggio didattico", calati orizzontalmente in contesti differenti hanno mostrato ampi margini di inefficacia che hanno portato i dirigenti scolastici ad adottare rimedi nella direzione di una riconfigurazione più tradizionale. L'Istituto Nazionale di Innovazione Documentazione e Ricerca (INDIRE), che si occupa di connettere le ricerche italiane al network internazionale, ha elaborato prospettive e strumenti di indubbio interesse per la qualificazione degli spazi architettonici, dalla sistematizzazione di riflessioni pedagogiche consolidate all'innovazione verso esperienze di didattica immersiva. L'archivio teorico che si introduce in questo capitolo, senza alcuna pretesa di completezza, costruisce architetture per la formazione più di quanto siano riuscite le scuole che abbiamo abitato.

la progettazione tecnologica degli ambienti di apprendimento

p. 74

3.1 Dall'insegnamento all'apprendimento

L'evidenza strategica del tema si rafforza nel lavoro attento condotto dall'*Organisation for Economic Cooperation and Development* (OECD) che attraverso il *Centre for Educational Research and Innovation* (CERI) mantiene alta l'attenzione sul rafforzamento delle strutture e della competitività sociale. Una sintesi efficace sugli orientamenti in ambito pedagogico è stata prodotta dal Centro, nel 2010¹:

“Oggi, il concetto [pedagogico] dominante è socio-costruttivista - in cui si è compreso che l'apprendimento è fortemente conformato dal contesto in cui è situato ed è attivamente costruito dalla negoziazione sociale con gli altri. Sulla base di questa acquisizione, gli ambienti di apprendimento dovrebbero aver luogo dove:

- L'apprendimento costruttivo, auto-organizzato, è promosso;
- L'apprendimento è sensibile al contesto;
- Potrà essere spesso collaborativo.²

Il nuovo cittadino deve acquisire competenze adattive, sviluppate attraverso l'applicazione e l'esercizio di tre differenti approcci pedagogici: il primo, in cui l'insegnante guida la comunità dei discenti verso le dinamiche e i contenuti dell'apprendimento, il secondo in cui i discenti svolgono un ruolo attivo nella costruzione del sapere e il terzo, infine, di carattere esperienziale, che considera l'apprendimento come un prodotto dell'interazione tra i discenti e l'ambiente in cui sono coinvolti.

Dunque, il complesso degli approcci, oggi riconosciuti dalla comunità scientifica internazionale come aderenti alle finalità di un modello per competenze, si incardina su sette principi³:

- Lo studente al centro: l'ambiente di apprendimento incoraggia l'apprendimento attivo e sviluppa la comprensione del loro compito come discenti [...];
- La natura sociale dell'apprendimento: l'ambiente di apprendimento si fonda sulla natura sociale dell'apprendimento e ne incoraggia attivamente la corretta organizzazione e l'aspetto collaborativo [...];

1. OECD - *Educational Research and Innovation (2010). The Nature of Learning: Using Research to Inspire Practice*. OCSE.

2. *ibid.* Traduzione a cura dell'autore.

3. *Ibid.* Traduzione a cura dell'autore.

4. OECD-*Educational Research and Innovation* (2013). *Innovative Learning Environments*. OCSE. Traduzione a cura dell'autore.

- Gli aspetti emotivi sono parte integrante dell'apprendimento: i professionisti coinvolti nell'apprendimento sono chiamati a prestare attenzione agli aspetti motivazionali dei discenti e al ruolo chiave dell'emotività nel conseguimento dei risultati [...];
- Riconoscimento delle differenze individuali: l'ambiente di apprendimento è profondamente sensibile alle differenze individuali all'interno della comunità dei discenti, e tener conto del livello di conoscenza già acquisito [...];
- Sforzare tutti gli studenti: il contesto di apprendimento escogita attività che chiamano lo studente a prodursi in un duro e ambizioso lavoro da parte di tutti, senza eccedere nel sovraccarico [...];
- Valutazione dell'apprendimento: l'apprendimento opera con chiarezza rispetto agli obiettivi, adottando strategie di valutazione aderenti a quelle aspettative; si pone un forte accento sui feedback formativi a supporto dell'apprendimento.
- Connessioni orizzontali dell'edificio: l'ambiente di apprendimento promuove fortemente le connettività orizzontale attraverso le aree della conoscenza e delle discipline sia all'interno della comunità che in universo più ampio [...].

The Innovative Learning Environments (ILE) report (OECD, 2013) implementa tre ulteriori dimensioni⁴ per ottimizzare le condizioni al fine di tradurre i principi in pratiche, che esplicitano più di quanto non sia già evidente nei sette enunciati appena riportati, le responsabilità dell'attività progettuale nel miglioramento delle condizioni di apprendimento:

- Innovare in fulcro pedagogico [...] sia negli elementi (discenti, educatori, contenuti e risorse didattiche) che nelle dinamiche che connettono questi elementi (pedagogia e valutazione formativa, uso del tempo, organizzazione di studenti e docenti).
- Diventare una "organizzazione formativa" con un indirizzo deciso sull'approccio all'apprendimento. Gli ambienti e i sistemi di apprendimento non devono solo cambiare di per sé ma necessitano di un forte progetto che implica una visione e delle strategie [...].
- Aprirsi ai partenariati. Contesti e sistemi di apprendimento devono essere costantemente alimentati da sinergie e trovare nuovi modi per potenziare il capitale professionale, sociale e culturale con altre risorse.

L'esperienza inglese

Nel 2003 il Governo Laburista inglese, sotto la guida di Tony Blair, ha avviato il programma "Building Schools for the Future", con l'obiettivo di riqualificare o riedificare tutte le scuole secondarie in Inghilterra che avessero più di 15 anni. La portata dell'operazione colossale si quantifica in un importo pari a 45 milioni di sterline.

Il *Department for Education and Skills* (DfES) si è avvalso della collaborazione della *Commission for Architecture and the Built Environment* (CABE) per fornire adeguato supporto alle autorità locali nella complessa attività di gestione del patrimonio.

Il documento di indirizzo prodotto dal Dipartimento inglese "School for the Future. Exemplar Designs - Concepts and Ideas"⁵ costituisce una panoramica di grande interesse ai fini della ricerca presentata in questo volume per due ordini di ragioni: la prima, costituisce un apparato di soluzioni progettuali che rispondono in maniera atipica alle istanze della pedagogia socio-costruttivista; in secondo luogo, sviluppa un ragionamento per temi applicabile alle architetture per la formazione esistenti, che costituiscono l'oggetto di questa speculazione.

Il documento, specie per la scuola secondaria che richiede il potenziamento di competenze più prossimo alla professionalità e alla consapevolezza sociale, sottolinea l'importanza della relazione con il contesto urbano. I requisiti di adattabilità e flessibilità rispondono all'esigenza di una didattica inclusiva, marcata da momenti di apprendimento di qualità differente, e cadenzata dal confronto e dalla socialità. A questa conformazione deve corrispondere la gestione e l'uso consapevole delle possibilità di apprendimento implicitamente connesse agli spazi, innervati dal contenuto tecnologico imprescindibile nella didattica e nella vita contemporanea. La sostenibilità, sia energetica che economica degli interventi, e il comfort degli ambienti interni costituiscono i requisiti trasversali a ogni scelta progettuale.

Il programma del DfES, già nel 2008, si trova a fare i conti con un bilancio rovinosamente negativo: alle spese ingentissime affrontate per l'avvio del programma, corrisponde una percentuale di realizzazioni che non supera il 25% delle previsioni. A Sebastian James, CEO presso Dixons Retail plc, viene affidato il compito di revisionare l'iniziativa al fine di individuare le criticità. Le valutazioni sono contenute nel rapporto indipendente "Review of Education Capital"⁶ a cui seguirà un secondo documento, di

5. Disponibile presso http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20110113135138/http://www.teachernet.gov.uk/_doc/6113/Exemplar%20Designs%20compendium.pdf [30 settembre 2018].

6. James, S. (2011) *Review of Education Capital*. Crown. Disponibile presso https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/180876/DFE-00073-2011.pdf [30 settembre 2018].

Fig. 3.1
Configurazioni alternative del modello Cluster didattico

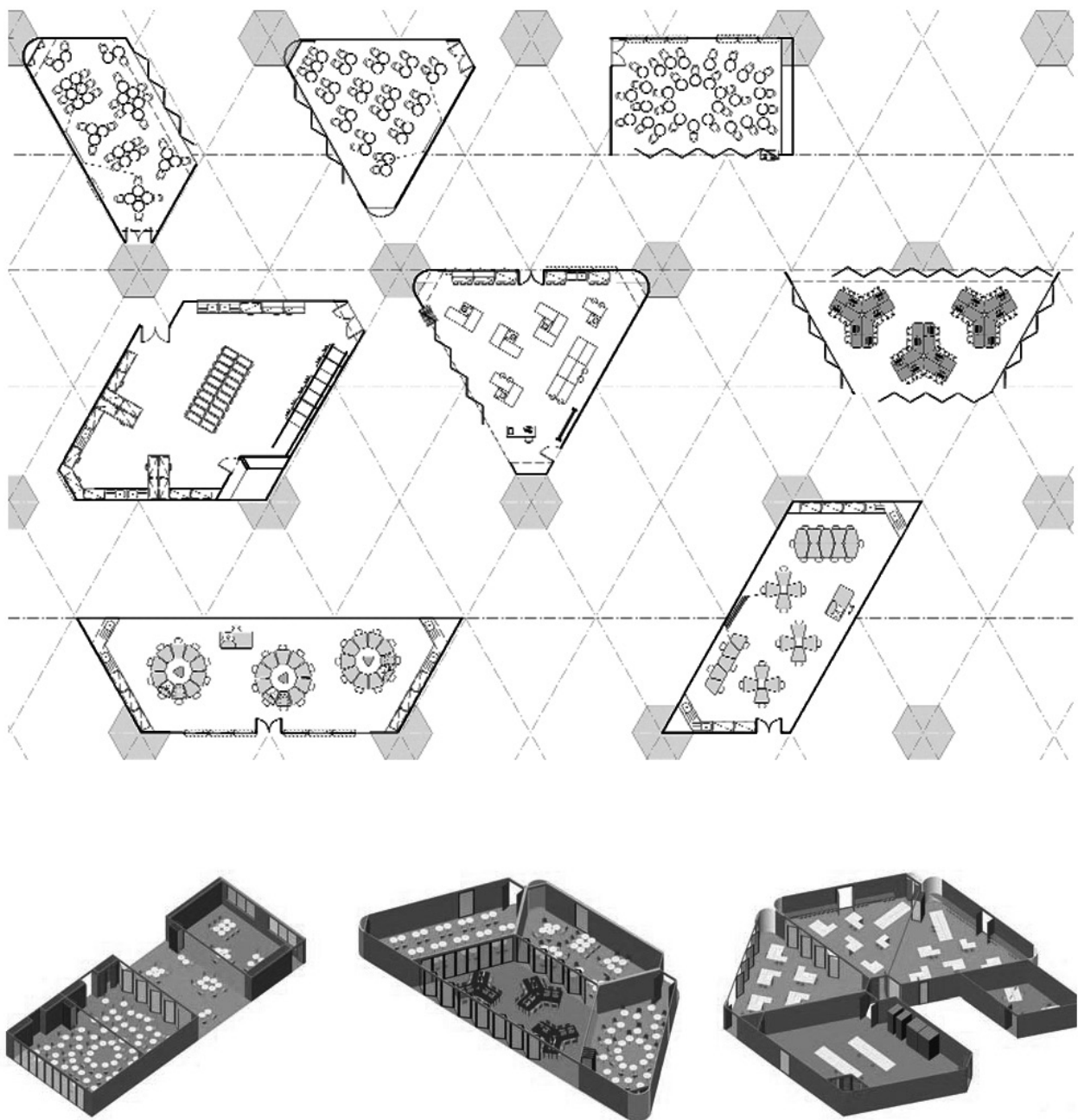
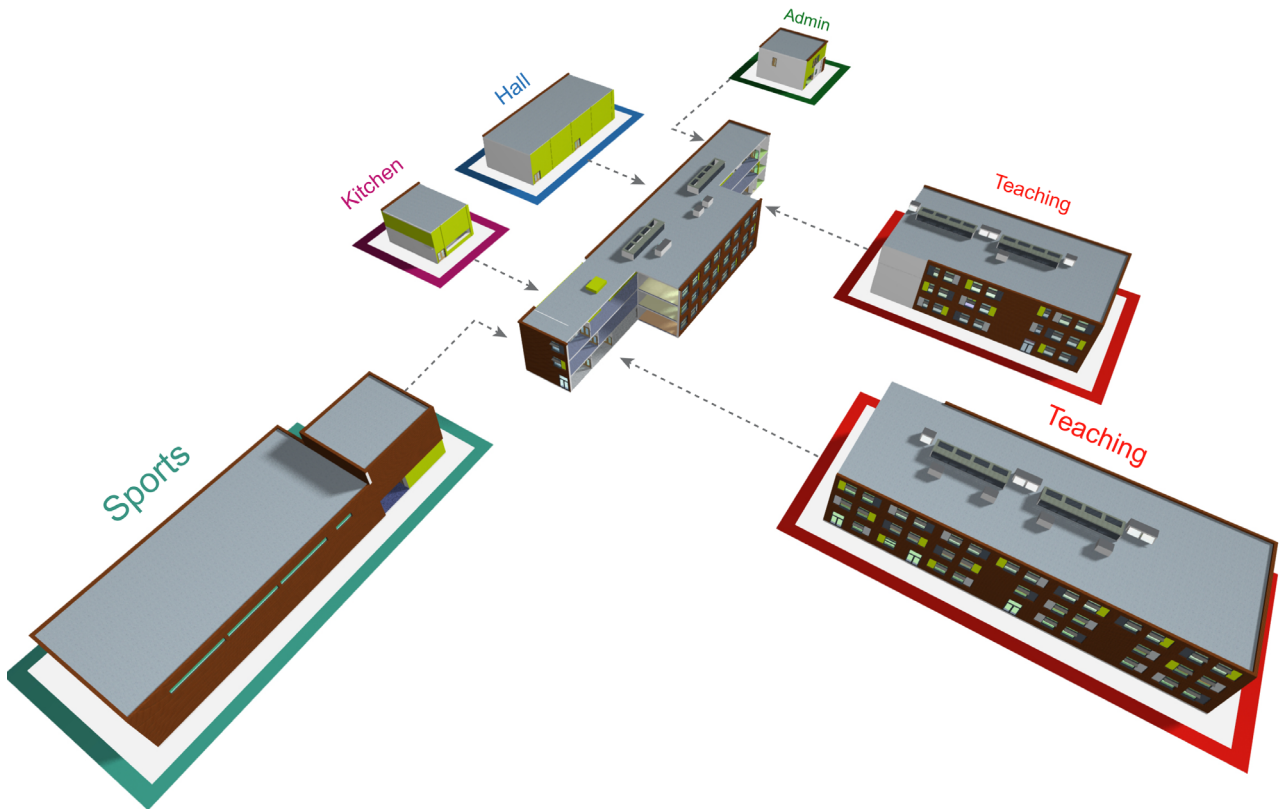
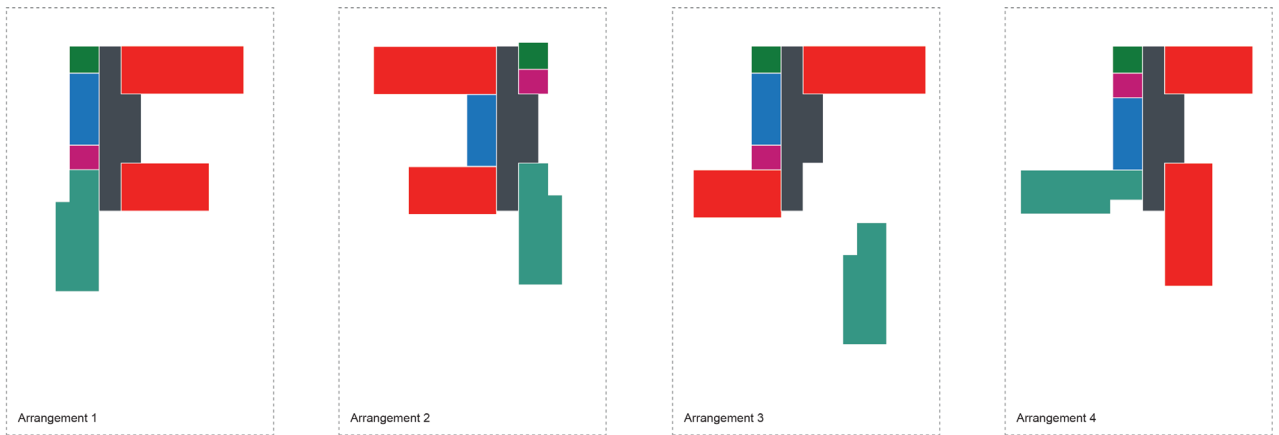


Fig. 3.2

Layout di scuola secondaria per 1200 studenti (Finger-block). Combinazioni planimetriche ed esploso assometrico. Education and Skills Funding Agency - EFA (2014)



7. James, S. & Brown, E. (2013). Review of Education Capital: progress update. Crown. Disponibile presso https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/509289/review-of-education-capital-progress-report.pdf [30 settembre 2018].

8. Cfr. Capitolo 4 dove si riporta un estratto dei Quaderni per l'edilizia scolastica. Si evidenzia che in quel caso le configurazioni erano maggiormente bilanciate sui temi di igiene e prefabbricazione edilizia.

carattere propositivo, redatto in collaborazione con Elizabeth Brown⁷. Il segretario per l'educazione in carica nel 2010, Michael Gove, accoglie il suggerimento di James di predisporre un set di configurazioni per i diversi livelli di istruzione. Ne risultano una serie di documenti, con indicazioni strutturali non cogenti, che però nella graficizzazione rivelano la sostanziale riduzione manualistica delle variabili progettuali. Non vi è dubbio che questo tipo di approccio sia più certo dal punto di vista della previsione economica ma diluisce il carattere innovativo dell'iniziativa nell'alfabeto canonico della manualistica anni Settanta⁸.

3.2 Il manifesto italiano dell'apprendimento

La storia dei tipi architettonici destinati all'edilizia scolastica coincide con l'evoluzione dei modelli educativi, che a loro volta raccontano la rappresentazione che una società ha di se stessa e delle proprie aspettative.

Prima come luogo di costruzione della società borghese post-unitaria, poi come fucina ideologica e propagandistica del fascismo, la scuola arriva nel secondo dopoguerra come una fisionomia pedagogica e architettonica prevalentemente repressiva.

Il repertorio iconografico, che tutt'ora identifica gran parte degli istituti scolastici, raffigura un docente che trasmette frontalmente i contenuti di Stato, in posizione isolata rispetto alla teoria di banchi costretti e allineati di discenti immobili, le pareti dipinte fino all'altezza di un metro circa di un grigio sbiadito di chiara tradizione ospedaliera e il silenzio di corridoi interminabili.

Tra quello che identifichiamo come "modello tradizionale" e le esperienze di pedagogiche socio-costruttiviste di alcuni poli italiani, la cultura e la composizione sociale sono notevolmente cambiate ma dei cardini comportamentali e relazionali sono rimasti, nella maggior parte dei casi, del tutto invariati.

Non è cambiata la metodologia di trasmissione e verifica della conoscenza. Non è cambiata la geometria dell'alterità tra discente e docente.

Il tema della sicurezza e dell'ipervigilanza viene sempre più interpretato come impossibilità di movimento in spazi non strettamente e dichiaratamente didattici.

Viviamo però, come già accadde negli anni Sessanta, un momento particolarmente attento delle istituzioni, in ascolto della letteratura dei manifesti e dei programmi educativi. Come abbiamo accennato, le politiche sull'educazione di OECD e UNESCO promuovono lo sviluppo di *hard and soft skills*, definite dalla disponibilità al cambiamento, attitudine al lavoro in team, problem solving, spirito di adattamento, empatia, capacità comunicativa, propositività, creatività, autonomia, ecc.

In Italia è l'Istituto Nazionale Documentazione Innovazione e



Fig. 3.3
Modello 1+4 Spazi Educativi.
'Istituto Nazionale Documentazione
Innovazione e Ricerca Educativa
(INDIRE)

9. Cfr. <http://www.indire.it/progetto/Il-modello-1-4-spazi-educativi/>.

10. Si intende in questa sede riferirsi al concetto di "bellezza" come indagato da Semir Zeki et al. nell'ambito degli studi di neuroestetica <https://www.youtube.com/watch?v=NlzanAw0RP4>.

11. Cfr. <http://www.indire.it/quandolospazioinsegna/eventi/2012/miur/>.

12. Biondi, G.; Borri, S.; Tosi, L. (a cura di). (2016). *Dall'aula all'ambiente di apprendimento*. Firenze: Altraleinea Edizioni. p. 55.

Ricerca Educativa (INDIRE) che si occupa di connettere le ricerche italiane al network internazionale e di promuovere l'innovazione in ambito pedagogico.

Il manifesto "1+4 Spazi Educativi"⁹, a cui si rimanda, ha riscritto il lessico e la sintassi degli ambienti scolastici (Fig. 3.3).

Il Manifesto ha suscitato grande interesse e da subito ha impresso una connotazione riconoscibile nella redazione dei bandi per la progettazione di nuove scuole. Lo si ritrova, pur con qualche semplificazione di troppo, nelle Linee Guida nel 2013, che esprimono un repertorio linguistico affine alla poesia e forse, per loro funzione, non sono efficacemente bilanciate da indicazioni più stringenti.

Riaffiora la "bellezza"¹⁰ come valore sepolto da un certo funzionalismo incolto (in verità, più simile a una consegna tout court della responsabilità progettuale al mercato delle costruzioni), la personificazione titola il convegno "Quando lo spazio insegna"¹¹ e, infine, i programmi si aprono a prospettive semantiche dai contorni incerti: quello che viene proposto è un ambiente in grado di accogliere attività quotidianamente diverse, in grado di veicolare e supportare interazioni e valorizzare aspetti emotivi, motivazionali e relazionali dell'apprendimento.

In Tosi (2016), la sintesi programmatica più efficace per l'innovazione degli ambienti scolastici: "Nuova idea di ambiente di apprendimento [...] che può essere connotata in base a tre caratteristiche principali:

- Connettività – capacità di integrare nuove tecnologie per la didattica;
- Condivisione – capacità di offrire soluzioni adeguate alle dinamiche di condivisione e collaborazione tra studenti;
- Modularità – capacità di riconfigurare flessibilmente le soluzioni in base ai diversi contesti d'uso.

Il sapere non coincide più con il "possesso" ma piuttosto con l'accesso o meglio con la capacità di manipolare"¹².

3.3. Gli indirizzi nazionali e un concorso

Le Linee Guida¹³ pubblicate nel 2013 costituiscono un primo momento di apertura in ambito educativo e progettuale: i dispositivi normativi promulgati negli ultimi quattro anni, alla luce di queste ricerche, hanno di fatto legittimato istituzionalmente un campo di studi di cui si cominciano a vedere interessanti esiti nelle realizzazioni più recenti e nella corposa letteratura specifica sulla nuova sintassi delle architetture per la formazione.

Il repertorio analitico-metodologico in materia, come accennato, risulta consolidato e praticato: il protocollo d'intesa sottoscritto nel 2015 tra la Struttura di Missione per l'Edilizia Scolastica della Presidenza del Consiglio dei Ministri e l'ENEA, precedentemente esaminato, allinea nei fatti gli indirizzi nazionali alle Direttive europee.

L'iniziativa si inquadra nell'ambito del D. L. n. 102/2014 che all'art. 5 indica nell'ENEA il soggetto deputato a elaborare una proposta di medio-lungo termine per il miglioramento della prestazione energetica di immobili sia pubblici che privati.

Nel maggio 2016 è stato pubblicato dal MIUR il bando di concorso di idee "Scuole innovative" che interessato 51 siti in Italia¹⁴.

La distribuzione capillare dei siti coinvolti e l'approccio esclusivamente qualitativo delle indicazioni, che derivano dalla ricerca più ampia condotta da INDIRE, sottolineano la volontà del soggetto pubblico di incardinare sul tema dell'edilizia scolastica il rinnovamento del patrimonio pubblico nazionale e di supportare la normativa vigente, il DM 8/12/1975, con un quadro di Linee Guida in grado di superarne il carattere puramente prescrittivo e quantitativo. Il bando di gara ha espresso in pieno l'irriducibile contraddizione tra l'applicazione degli standard normativi, la tensione verso un modello scolastico innovativo o, come si preferisce definirlo, trasformativo, e la necessità di contenere le dimensioni della fabbrica.

Il conflitto richiederebbe, come da più parti è stato invocato, il superamento della norma che ad oggi, nell'attuale conformazione parlamentare, non sembra occupare alcun posto nella riflessione politica.

13. http://hub.miur.pubblica.istruzione.it/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/8130e730-2e8c-4b03-ab12-e37ab5d59849/cs110413_all1.pdf.

14. A cui l'autore ha partecipato con lo studio Spks+ di Roma. Alla proposta elaborata per il sito di Santa Croce di Magliano (CB) è stato riconosciuto il secondo posto.

ABSTRACT

DALL'EDILIZIA SCOLASTICA CAPITOLO 4 ALLE ARCHITETTURE PER LA FORMAZIONE

ABSTRACT

Se svolgessimo la storia dell'edilizia scolastica, nei suoi caratteri essenziali, dalle prime realizzazioni del Regno agli esercizi progettuali contemporanei, più che a una curva evolutiva coglieremmo un andamento simile alle fluttuazioni del mercato di certo bene primario, alle sorti politiche di uno Stato, al profilo di una storia personale. Certamente perché la storia dell'educazione è una storia di cultura quindi ha a che fare, tra le altre, con le dimensioni citate. Di fondo, come si dimostra lungo tutta la trattazione, è legata al progetto umano che produce un'epoca, che solo di là nel tempo può essere colto, minimizzando inevitabili semplificazioni. La seconda parte dell'inventario recupera i termini di cultura materiale e immateriale che supporteranno la successiva fase sperimentale con un duplice intento: da un lato di chiarire che quando si parla di scuola "innovativa" si contrae un debito sottinteso con una storia di esperienze realmente inedite, alcune di un secolo fa. Dall'altro, con l'intenzione di operare sull'esistente, se ne intende precisare in questa sede i termini e il quadro sintattico in cui verranno adottati.

la progettazione tecnologica degli ambienti di apprendimento

p. 86

4.1 Il punto

Il 7 Agosto del 2015, a vent'anni dall'entrata in vigore della legge n. 23 del 1996 che l'aveva istituita, il Ministro dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca italiano ha annunciato la pubblicazione dell'Anagrafe dell'Edilizia scolastica. Le informazioni che verranno raccolte nel Sistema riguarderanno lo stato di 42.292 edifici scolastici censiti in ordine allo stato di attività, proprietà, anno di costruzione, consumi energetici e sicurezza delle strutture. Dall'analisi dei dati emerge che l'88% degli edifici è di proprietà di Enti pubblici e che il 55% degli edifici censiti è stato costruito prima del 1976. Tale patrimonio rivela una cronica inadeguatezza che di fatto monopolizza le risorse economiche a disposizione di Comuni e Province per il funzionamento della sola attività ordinaria.

L'analisi e il monitoraggio degli edifici scolastici così come il "Piano per l'edilizia scolastica" varato nel 2014 costituiscono i presupposti strumentali per costruire l'operatività strutturale sul tema.

Nello specifico, alla riqualificazione del patrimonio scolastico dal punto di vista della sicurezza e dell'efficienza energetica, che rappresentano la condizione stessa per l'esistenza di un manufatto architettonico, è necessario affiancare una riflessione sul significato e sull'indirizzo da imprimere alla trasformazione.

Sul patrimonio scolastico incombe una registrazione impietosa di inefficienze che ogni anno accompagna le attività didattiche per oltre 200 giorni. Nel rapporto di Legambiente 2017 è tratteggiato un resoconto aspro non solo sullo stato di conservazione edilizio ma anche sulle opportunità non ancora colte dalla straordinaria disponibilità finanziaria che negli ultimi anni si è coagulata sul tema. La prima vulnerabilità si riscontra nella raccolta dei dati, che l'Anagrafe scolastica avrebbe dovuto rendere agile e strumentale al riordino degli interventi: gli esiti dei questionari riferiti a 14.711 edifici scolastici risultano inseriti due volte².

La questione della sicurezza, tragicamente centrale nella valutazione dello stato del comparto edilizio, non trova, come rileva il Rapporto, "uno strumento utile e adeguato", perché riferito a una classificazione normativa della sismicità superata dal 2003.

1. Legambiente. (2018). Ecosistema scuola. Disponibile presso <https://www.legambiente.it/contenuti/dossier/ecosistemascuola-2018> [30 settembre 2018].

2. I database sono liberamente consultabili sul Portale Unico dei Dati della Scuola del MIUR <http://dati.istruzione.it/opendata/opendata/catalogo/elements1/?area=Edilizia%20Scolastica>. Come è facilmente riscontrabile, i dati non sono di immediata consultazione e probabilmente la duplicazione dei dati è imputabile alla non univocità dei codici meccanografici per il caso degli Istituti Comprensivi, di cui talvolta vengono riportati anche i dati delle singole scuole che ne fanno parte.

Si riportano in tabella le valutazioni che Legambiente effettua annualmente sul patrimonio, contenute nel XV Rapporto

ANNO DI REALIZZAZIONE EDIFICI SCOLASTICI	
Edifici realizzati prima del 1900	5,2%
Edifici realizzati tra il 1900 e il 1940	12,7%
Edifici realizzati tra il 1941 e il 1974	40,0%
Edifici realizzati tra il 1975 e il 1990	29,8%
Edifici realizzati tra il 1991 e il 2000	9,0%
Edifici realizzati tra il 2001 e il 2013	3,3%

CERTIFICAZIONI	ANNO 2010*	ANNO 2011*	ANNO 2012*	ANNO 2013*
Certificato di collaudo statico	51,1%	50,4%	52,4%	53,0%
Certificato idoneità statica	52,6%	51,6%	54,2%	42,1%
Certificato di agibilità	54,1%	58,1%	61,2%	53,1%
Certificato agibilità igienico - sanitaria	68,8%	71,9%	73,8%	58,1%
Certificato prevenzione incendi	34,8%	34,5%	35,9%	30,9%
Scale di sicurezza	53,2%	54,0%	54,5%	53,7%
Porte antipanico	88,6%	90,7%	90,2%	96,8%
Prove di evacuazione	93,1%	97,9%	94,4%	98,3%
Impianti elettrici a norma	77,6%	82,4%	83,4%	83,9%

EFFICIENZA E SICUREZZA	ANNO 2010*	ANNO 2011*	ANNO 2012*	ANNO 2013*
Edifici costruiti secondo criteri di bioedilizia	0,4%	0,7%	0,6%	0,6%
Edifici costruiti secondo criteri antisismici	10,3%	8,2%	8,8%	7,8%
Edifici in cui è stata eseguita la verifica di vulnerabilità sismica	24,8%	27,5%	27,3%	22,2%
Edifici in cui è stata eseguita la verifica di vulnerabilità antisismica nei Comuni a rischio sismico (zona 1 e 2)		32,4%	21,1%	14,3%

ACCESSIBILITÀ	ANNO 2010*	ANNO 2011*	ANNO 2012*	ANNO 2013*
Requisiti in materia di accessibilità	79,0%	82,2%	82,3%	84,0%
Interventi previsti per eliminazione barriere architettoniche	16,6%	14,5%	16,4%	8,7%

MANUTENZIONE	ANNO 2010*	ANNO 2011*	ANNO 2012*	ANNO 2013*
Edifici che necessitano d'interventi di manutenzione urgente	36,5%	35,8%	37,6%	32,5%
Edifici che hanno goduto di manutenzione straordinaria negli ultimi 5 anni	55,2%	56,4%	56,2%	47,7%

* Anno di riferimento dati

4.2 Consumi e usi energetici

L'analisi della caratterizzazione energetica degli edifici scolastici, più volte rappresentata dai rapporti di settore, evidenzia una pressoché omogenea obsolescenza dei sistemi impiantistici:

“la quasi totalità degli edifici scolastici utilizza la tipologia di riscaldamento tradizionale con i classici radiatori in ghisa, basati sul principio di riscaldamento a convezione con caldaie a gas utilizzate dal 73,2% degli edifici scolastici e caldaie a gasolio utilizzate nel 24,0% degli edifici. L'utilizzo di unità di trattamento dell'aria è stato riscontrato solo nel 2,5% dei casi, mentre gli impianti di riscaldamento che funzionano solo con l'elettricità o biomassa o carbone rappresentano ciascuna il valore percentuale pari all'1%, totalizzando così solo il 3% a livello nazionale.”³

Ad oggi l'adozione di tecnologie per l'*energy management* del settore scolastico risulta pressoché assente. È evidente come una politica sistemica e sistematica di riduzione dei consumi energetici del comparto terziario non possa prescindere da una seria revisione dei protocolli di gestione delle utenze, tutt'altro che impraticabile alla luce della capillare diffusione dei sistemi di telerilevamento, incentivata dalla recente revisione della Direttiva EPBD⁴.

Le campagne di audit energetico che negli anni sono state svolte sull'edilizia per la formazione a tutti i livelli costituiscono, attualmente, l'unico quadro attendibile di riferimento dei consumi e degli usi energetici.

In particolare, si riportano di seguito i risultati di uno studio condotto da Corgnati et al.⁵, finalizzato all'elaborazione di indici di benchmark di consumo per tipologie di edificio.

Lo studio prende in esame un campione di 65 istituti scolastici, situati prevalentemente nella città di Torino (zona climatica E),

3. Cumo, F., Fogheri, A. M., Agnoli, S., Centi, G., & Romeo, C. (2013). Layout di progetto di riqualificazione energetica di un edificio della PA ad uso scuola. Disponibile presso http://www.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/documenti/ricerca-di-sistema-elettrico/edifici-pa/2012/rds-2013-152.pdf [30 settembre 2018].

4. Directive 2018/844/EU of the European parliament and of the council of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency. Off. J. Eur. Union 2018.

5. Corgnati, S. P., Fabrizio, E., Ariaudo, F., & Rollino, L. (2010). Edifici tipo, indici di benchmark di consumo per tipologie di edificio, ad uso scolastico (medie superiori e istituti tecnici) applicabilità di tecnologie innovative nei diversi climi italiani. ENEA, settembre.

6. Cfr. Capitolo 6.

dotati per il 50% di caldaie con una potenza inferiore a 1500 kW e stima il consumo di energia utile in 27 kWh/m³.

All'energia utilizzata per la climatizzazione invernale, si attribuisce un valore di riferimento pari a 114 kWh/m² e per l'energia elettrica pari a 15 kWh/m², nettamente inferiori a quelli proposti dalla letteratura inglese, rispettivamente pari a 174 kWh/m² e 30 kWh/m².

L'analisi puntuale delle correlazioni rivela che il fattore di maggior impatto sul consumo di energia per il riscaldamento e di energia elettrica negli edifici scolastici sia il dato dimensionale della superficie e, in subordine, la trasmittanza media dei componenti opachi verticali dell'involucro.

A fronte di un'ampia casistica sperimentale che promuove, con ottimi risultati, l'efficientamento degli impianti e dell'involucro edilizio al fine di conseguire significativi margini di risparmio energetico, si vuole sottolineare che una strategia volta alla riorganizzazione del costruito, quindi alla riduzione di superfici d'uso, teoricamente irriducibili per via dell'applicazione degli standard scolastici, non risulta ancora praticata e quantificata⁶.

4.3 Tipo, modello e regole: rilettura dei termini

Prima di affrontare la rilettura delle vicende dell'architettura scolastica, occorre che si chiarisca in che termini verranno adottati alcuni strumenti analitici tradizionali: il tipo e la tipologia, il modello e la regola.

Al fine di percorrere un filo compiuto assumiamo, come definizione di partenza, l'elaborazione di Aldo Rossi (1966) della celeberrima voce del *Dizionario storico* di Quatremère de Quincy⁷:

“La tipologia si presenta come lo studio dei tipi non ulteriormente riducibili degli elementi urbani, di una città come di un'architettura. [...] nessun tipo si identifica con una forma anche se tutte forme architettoniche sono riconducibili a dei tipi. [...] Il tipo è dunque costante e si presenta con caratteri di necessità; ma sia pur determinati, essi reagiscono dialetticamente con la tecnica, con le funzioni, con lo stile, con il carattere collettivo e il momento individuale del fatto architettonico” e il *tipo* in Argan (1965) si fissa nella prassi quando in una determinata condizione esiste già come risposta a una serie di esigenze ideologiche, religiose e pratiche.

Appare un'operazione reativa voler adottare il *tipo* come strumento analitico. Si ritiene, invece, che possa precisarsi nella cultura contemporanea ed essere riletto nell'“oggetto scientifico”⁸ (Ciribini, 1995), e come soggetto dialettico.

In ottica strumentale, adoperiamo la chiara definizione di Carlo Aymonino: “per tipologia si intende lo studio delle possibili associazioni di elementi per giungere ad una classificazione per tipi degli organismi architettonici”⁹

Si riconosce l'impronta della significativa attività nell'ambito dei C.I.A.M. (Congressi Internazionali di Architettura Moderna) nelle precisazioni elaborate a scopo didattico sulla nascita dei tipi:

“[...] se talune attività [...] già si svolgevano di fatto e parzialmente in locali o edifici adattati o trasformati, solo allora subirono un processo di individuazione completa, divennero edifici *tipo*, cioè organismi che

7. Si riporta il brano della definizione di Quatremère De Quincy su cui Argan elabora la propria definizione di tipo “La parola “tipo” non rappresenta tanto l'immagine di una cosa da copiarsi o da imitarsi perfettamente quanto l'idea di un elemento che deve egli stesso servire di regola al modello[...] Il modello, inteso secondo la esecuzione pratica dell'arte, è un oggetto che si deve ripetere tal quale è; il tipo è per contrario un oggetto secondo il quale ognuno può concepire delle opere che non si rassomiglieranno punto tra loro. Tutto è preciso e dato nel modello; tutto è più o meno vago nel tipo. Così noi vediamo che la imitazione dei tipi non ha nulla che il sentimento e lo spirito non possano riconoscere [...]”.

8. In Ciribini (1995) ci si riferisce alla struttura dell'“oggetto scientifico”, ma si ritiene che l'esercizio speculativo sia del tutto aderente al concetto di tipo che “non deve essere confusa con l'immagine concreta, seppur semplificata, dei fenomeni né come quella di essenza astratta della realtà” p. 52.

9. In Aymonino, C. (1965). *La formazione del concetto di tipologia edilizia : introduzione al corso di caratteri distributivi degli edifici :*

anno accademico 1964-1965. (pp. 41-47).

10. *Ibid.*

11. Vesely, D. (2002). The Architectonics of Embodiment. In Dodds, G. & Tavernor, R. Body and Building: Essays on the Changing Relation of Body and Architecture (pp. 28-43). Cambridge, Massachussets: MIT Press.

12. Differentemente da Argan (1965) che descrive la tipologia come "fondamento nozionale" e come "momento non problematico" (p. 80).

prima non esistevano. [...] In questo lento processo di individuazione scopriamo l'origine di quelle che [...] definimmo attrezzature: cioè il sorgere di *necessità* nuove - determinate dallo sviluppo economico, politico e sociale di una società storicamente definita (quella borghese) - e che, nel loro stesso sviluppo, divengono *attività organizzate*. Quando tali attività raggiungono uno stadio della loro organizzazione più complesso e articolato, con la tendenza a divenire definitivo rispetto a un determinato periodo di tempo, sorge la necessità (di ordine diverso rispetto a quello originale) di un organismo architettonico appropriato, capace con la sua presenza di confermare e risolvere l'attività stessa. Solo a questo punto dell'evoluzione possiamo parlare delle attrezzature come nucleo originario della moderna tipologia edilizia. [...] il modello è [...] fin dall'inizio un *prototipo* (primo esemplare) di possibili interventi necessari in ogni luogo ove venga affermandosi una nuova società civile. È nel contesto di quella che si viene definendo come *architettura civile* [...] che i *prototipi* divengono possibili *tipi edilizi*, cioè modelli presi a esempio nella produzione di altri, i quali devono ripeterne le caratteristiche essenziali."¹⁰

Sul carattere di permanenza, insito nella definizione del *tipo*, insiste la doppia accezione, di "forma del passato che sperimentiamo ancora e la permanenza come elemento patologico, come qualcosa di isolato e di aberrante" (Rossi, 1966).

Alla definizione di questa condizione, in un orizzonte apparentemente solo speculativo ma di cui verrà analizzata in seguito l'aspetto fortemente fisico, contribuisce l'interpretazione di Dalibor Vesely che recupera dai dialoghi del Timeo di Platone una definizione contingente del corpo, parte di un processo continuo e aperto di riconfigurazione dialettica tra necessità e ragione¹¹. Il *tipo*, quindi, si emancipa dalla fissità dello stampo, e si dimostra una categoria analitica ancora contemporanea se letta come struttura formale irriducibile. Lo studio tipologico, affrontato nell'ambito della cultura tecnologica del progetto, è chiamato a organizzare le risposte spaziali, tecniche e costruttive, estrarne quindi i caratteri

significativi dal punto di vista operativo e tradurli in modelli informati. Questa metodologia rivela la sua efficacia operativa negli ambiti in cui è necessario che l'architettura risponda in maniera sistemica, come nel caso del tessuto abitativo e delle infrastrutture civiche, di cui l'edilizia scolastica rappresenta una fattispecie consistente.

La questione tipologica, dalla terminologia in poi, verrà affrontata in maniera problematica¹², come è richiesto da ogni processo analitico preliminare al momento progettuale.

In prima battuta, si rilevano alcuni caratteri comuni, per poi potersi soffermare sulle definizioni particolari:

- le tipologie, dal secondo dopoguerra in poi, diluiscono il legame con il contesto fino ad assumere un carattere completamente autarchico.
- le norme hanno un'influenza di rango secondario rispetto al consolidamento culturale dei caratteri tipologici; in questi si leggono le infinite riserve nel recepire i modelli pedagogici che hanno attraversato un secolo, contrapponendo in ogni episodio *tradizione* e *innovazione* quando la realtà storica racconta modelli diversi, tutti con una propria *tradizione* e la prevalenza della metodologia di insegnamento più gerarchica, finalizzata al contenimento dei comportamenti.
- funzionalismo come principio compositivo; negli impianti, indipendentemente dalla tipologia, si leggono chiaramente i pattern funzionali e si legge altrettanto chiaramente che l'unica evoluzione è individuabile nell'aumento percentuale gli spazi appositamente previsti per contenere attività di laboratorio.

In questa sede, si assumerà la manualistica limitatamente al suo ruolo storicizzato e come strumento conoscitivo del repertorio architettonico, oggetto di analisi successive.

Lungo la trattazione critica che segue, sintetica rispetto a una produzione ben più esaustiva sul tema, alla quale non si mancherà di fare riferimento, si racconteranno gli episodi architettonici ponendo l'accento sui caratteri tipologici e costruttivi, sulle elaborazioni teoriche a sostegno o detrimento delle stesse e sulle architetture non realizzate, che si ritiene siano un termometro culturale particolarmente sensibile.

L'aderenza o l'approssimazione dei tre fattori alle istanze sociali e pedagogiche di un'epoca saranno valutati come momenti positivi. Quasi mai, nel caso dell'edilizia scolastica, a differenza di quanto molto più frequentemente avviene nell'*housing*, l'architettura è stata in grado di anticipare o di suggerire alle scienze sociali o, più in generale alla collettività, dei comportamenti. La ragione è ovvia: l'iniziativa istituzionale, che promuove le realizzazioni specie in Italia, necessita di un tempo di consolidamento disciplinare e di una liturgia, legata all'impegno economico e politico, che lascia uno spazio relativo alla sperimentazione, nonostante le recenti iniziative concorsuali vogliano lasciar intendere il contrario. Inoltre, la difficoltà strutturale di poter investire nell'edilizia pubblica, che solo recentemente gode di respiro nel ritrovato interesse della politica sul tema della scuola, ha per decenni immobilizzato il settore in una discontinua ed emergenziale gestione di rimessa.

4.4 Le architetture per la formazione in Italia. Evoluzione dei caratteri fondamentali

Se svolgessimo la storia dell'edilizia scolastica, nei suoi caratteri essenziali, dalle prime realizzazioni del Regno agli esercizi progettuali contemporanei, più che a una curva evolutiva coglieremmo un andamento simile alle fluttuazioni del mercato di certo bene primario, alle sorti politiche di uno Stato, al profilo di una storia personale.

Certamente perché la storia dell'educazione è una storia di cultura e quindi ha a che fare, tra le altre, con le dimensioni citate. Di fondo, come si dimostra lungo tutta la trattazione, è legata al progetto umano che produce un'epoca, che solo di là nel tempo può essere colto, minimizzando inevitabili semplificazioni.

I brevi cenni storici a cui farà riferimento riguarderanno, coerentemente con le finalità di questo studio, l'edilizia scolastica dalla costituzione del modello architettonico normato¹³.

13. Per una trattazione più esaustiva sul tema si fa riferimento alla tesi di dottorato di Emanuela Bizzarri (2007), *La scuola di oggi nelle scuole di ieri. Linee guida per un recupero delle qualità*. XXIII Ciclo.

14. Regio Decreto Legislativo 13 novembre 1859, n. 3725 del Regno di Sardegna, esteso a tutta l'Italia dopo l'unificazione. Il contenuto sostanziale della riforma per quanto riguarda l'istruzione superiore è ben riassunto da Giuseppe Ricuperati (2015) "[...] In realtà il modello per molti aspetti non era altro che una secolarizzazione della scuola gesuitica, prevedendone i comportamenti più produttivi, come la competizione, il ruolo della creatività, le accademie [...]" in Ricuperati, G. (2015) *Storia della scuola in Italia: Dall'Unità a oggi* (Saggi) (Italian Edition) (posizioni nel Kindle 250-251). Editrice La Scuola. Edizione del Kindle.

15. "Il problema italiano semmai consisteva nella carenza e nella mancanza di uniformità di quello che oggi si chiama il settore elementare, raramente pubblico, o se tale, affidato ai comuni e, nei paesi più piccoli, alle parrocchie. A lungo un anello fondamentale nella tradizione italiana, l'alfabetizzazione e tutti



Fig. 4.1
Casa della Scuola "Francesco D'Ovidio" (1911-1920) – Campobasso

gli insegnamenti elementari restarono affidati o ai comuni o ai parroci o a maestri improvvisati ed escludevano, tranne forse nei conventi, le donne dall'insegnamento, con un inevitabile scarto che nelle condizioni migliori era almeno del 10 per cento a favore dei primi. La geografia dell'alfabetizzazione italiana¹⁸, pesantemente più indietro sia rispetto ai Paesi protestanti sia alla Francia, trovava più surrogati poveri che risposte unitarie. E questo era in parte il frutto di una cultura analfabeta, a sua volta capace di sopravvivere negli strati inferiori, che si modellava sui segni di croce, sull'ascolto delle prediche e sulle immagini e, in terreno profano, sugli spettacoli di piazza." Ricuperati, Giuseppe. Storia della scuola in Italia: Dall'Unità a oggi (Saggi) (Italian Edition) (posizioni nel Kindle 269-280). Editrice La Scuola. Edizione del Kindle.

16. Giorgi, P. (2016). Sviluppo dell'edilizia scolastica in Italia

Fare gli italiani. La scuola dal 1888 al 1948

Dal Regno di Sardegna muove l'identità unificante dell'Italia e la prima norma, estesa poi al territorio nazionale: la legge Casati¹⁴, per formare gli italiani in una situazione complicata, in un'Italia acerba, ancora più affine alle sue influenze culturali e storiche oltre confine che nei limiti della penisola. Dal punto di vista amministrativo, la norma accentra nell'Istituzione pubblica la questione dell'istruzione, che si articola in superiore, secondaria classica, tecnica, normale ed elementare, e delegando quest'ultima all'iniziativa locale. L'obbligo di istituire una scuola elementare anche per i Comuni più piccoli e la disciplina dei relativi corsi trova un territorio ancora più scucito: evidentemente concepito con riferimento all'area lombardo-piemontese, risultava inapplicabile per gran parte del resto della giovane Italia.

Nel calare in realtà specifiche, l'applicazione della legge si adatta per aderire ai caratteri locali sia in termini di condizioni sociali e culturali che di tradizione nell'ambito della trasmissione delle conoscenze¹⁵.

Il conto delle architetture idonee ad ospitare la scuola dell'Italia Unita è decisamente più sintetico: solo 1200 Comuni su 7000, intorno al 1875, sono in grado di rispondere prontamente alla Legge Casati (Giorgi, 2016)¹⁶.

Dopo una prima fase di trasformazione e adattamento degli istituti religiosi, degli ospedali e delle caserme, si pone la questione di conformare una tipologia *ad hoc*. Il Regio Decreto dell'11 novembre 1888 approva il "Regolamento ed istruzioni tecnico igieniche per la esecuzione della legge 8 luglio 1888 sugli edifici scolastici"¹⁷. La norma lega a ragioni di salubrità sia prescrizioni tecniche¹⁸ che caratteri spaziali¹⁹ e, nell'indicazione delle dotazioni e della loro posizione, è implicita una ritualità d'uso, che lega a ragioni di salubrità²⁰.

Il tipo edilizio scolastico vero e proprio si può far risalire al 1911, quando il Ministero dell'Istruzione, valutata la pressione delle masse da educare, pubblica il progetto della *Casa della Scuola*, un blocco-isolato aperto simmetrico, che ospita separatamente, secondo la norma del tempo, da un lato i maschi e dall'altro le femmine. Il fronte interno dell'edificio si volge sullo spazio verde pertinenziale. L'impianto si veste del carattere istituzionale e monumentale che in quegli anni connota le architetture dello Stato unitario.

Nello stesso anno il Comune di Roma, sotto la guida della giunta Nathan, promuove la diffusione del modello di *scuola attiva* adottato nelle formulazioni pedagogiche di Maria Montessori, le Case dei Bambini²¹. Come nel saggio di Pamela Giorgi (2016) “[...] Quello che più in questa sede interessa è che siffatta impostazione culturale introduceva il concetto che l’ambiente scolastico interagisse positivamente e attivamente nel processo educativo, laddove in possesso di quei requisiti estetici costituenti un efficace strumento di insegnamento attraverso l’apprendimento pratico nello spazio.”²² Con un contributo più istituzionale e nettamente nel quadro della disciplina progettuale, Luigi Secchi (1927), apre il suo *vademecum* per professionisti²³ evidenziando la necessità interpretativa della regola tecnica²⁴, pur descrivendola e commentandola con attenzione, con l’aiuto di disegni e prestiti d’oltralpe.

La riforma Gentile del 1923²⁵, “la più fascista delle riforme” come la definì Mussolini, rafforza la gerarchia negli istituti in piena analogia con quanto stava accadendo nella società civile. La scuola diventa il congegno di propaganda profonda del regime, da cui rimangono esclusi gli studi di psicologia e di didattica, le lingue straniere, le aspirazioni individuali. L’esercito del regime, suddiviso militarmente, si forma tra gli stretti banchi di scuola dove l’insegnamento viene impartito sotto lo sguardo vitreo di due immagini del duce che sorvegliano, come centurioni, il crocifisso cattolico.

Gli edifici scolastici fascisti manifestavano una sostanziale continuità rispetto alle architetture post-unitarie, benché rilette alla luce del funzionalismo moderno.

Più interessante, per le finalità di questo studio, ci sembra porre l’accento sul riconoscimento della forza conformativa dello spazio fisico rispetto al messaggio educativo, che il fascismo strumentalizza in senso repressivo e disindividualizzante. In questo senso la conformazione del banco è emblematica: come si vede nella Fig. 4.2, i banchi serrati con la posizione della panca bloccata su una pedana dichiarano l’intenzione costrittiva e di contenimento dei discenti più inquieti, generalmente posizionati al centro tra i compagni più disciplinati (Meda, 2016)²⁶.

Il culto della perfezione del corpo, come emanazione stessa del vigore militare del Duce (contrapposta all’errore, alla diversità e alla debolezza, ritenute scorie dal fascismo) viene impartito a scuola con attenzione alla distinzione di genere: garbo estetico per le fanciulle, forza militare per i soldati che verranno.

Alla dicotomia più generale tra scuola di campagna, ospitata in



Fig. 4.2

Dal patrimonio fotografico dell’Istituto Nazionale di Documentazione, Innovazione e Ricerca Educativa (INDIRE), un’immagine scattata all’interno di una scuola fascista.

La documentazione fotografica rientrava tra le strategie propagandistiche del regime.

(XIX-XX secolo). In Biondi, S., Borri, S., Tosi, L. (a cura di), *Dall’aula all’ambiente di apprendimento*. (pp. 109-128). Firenze: Altralinea Edizioni-

17. Art. 4: “L’edificio della scuola deve essere di solida costruzione, d’aspetto semplice ed elegante, tale da elevare l’animo e ingentilire il gusto della scolaresca. I materiali di costruzione devono essere di ottima qualità fra quelli che localmente sono più facili ad aversi; esclusi quelli di puro lusso o che si debbano trasportare con grave spesa, se non siano assolutamente richiesti per ragione di solidità o di salubrità dell’edificio. L’edificio deve essere di regola cantinato, col piano terreno sollevato di almeno m 0.80 sulla superficie del suolo circostante... Si preferiscano negli edifici a più di un piano le divisioni di essi a volta o a doppio soffitto per ammortire la trasmissione dei rumori. Le classi



Fig. 4.3

Dal patrimonio fotografico dell'Istituto Nazionale di Documentazione, Innovazione e Ricerca Educativa (INDIRE), Saggio ginnico sportivo femminile nel Regio Liceo Ginnasio "Marco Antonio Flaminio", Vittorio Veneto (Treviso), in epoca fascista.

edifici rurali, e scuola di città, istituzionale e dal forte carattere rappresentativo, si legano i destini di caste chiuse, elitarie che serrano i ranghi per garantire un accesso limitato ai livelli più alti dell'istruzione che, com'è noto, minacciano l'ordine totalitario.

Non si arriverà alla completa attuazione della "Carta della Scuola" di Bottai²⁷, ultimo episodio della riforma fascista dell'istruzione. La Seconda Guerra Mondiale interromperà il processo, ma bisognerà attendere il 1962 perché la cultura scolastica intraprenda ragioni diverse, recuperi la differenza come valore e elimini il termine *punizione* dai documenti istituzionali.

siano situate preferibilmente al piano terreno o al primo piano, e, salvo casi eccezionali, nelle grandi città, non si aggiunga altro piano per le classi medesime. Art.6: "la forma unilineare dell'edificio si preferisca sempre in caso di possibile scelta; si eviti, quanto si può, la disposizione a cortile chiuso. Nell'edificio, per le classi, si prescelga di regola, l'esposizione sud o sud-est...La palestra ginnastica è meglio sia separata dall'edificio scolastico". Art.10: "sarà sempre da preferirsi la disposizione di vani speciali per deposito delle vesti, separati per classi...".

18. Art. 4: "L'edificio della scuola deve essere di solida costruzione, d'aspetto semplice ed elegante, tale da elevare l'animo e ingentilire il gusto della scolaresca. I materiali di costruzione devono essere di ottima qualità fra quelli che localmente

Mediating school. La scuola dal 1949 al 1974

L'architettura del dopoguerra, per riscattare se stessa, si affretta nella *damnatio memoriae* del repertorio moderno. Il Ministero della Pubblica Istruzione indice un concorso nel 1949 a cui premette l'invito "a non tener conto dei regolamenti sull'edilizia scolastica finora vigenti"²⁸.

L'esito culturale più rilevante sarà la formalizzazione della tipologia "a Padiglione" caratterizzata da un modello distributivo a "unità funzionale". Nel dibattito e nel formulario combinatorio di soluzioni catalogate in pubblicazioni successive²⁹ si consolida la definizione di tipologia come di seguito descritta (Cicconcelli, 1965):

"Alla parola tipologia si può dare il significato di ricerca, nell'ambito di una categoria, di una serie di modelli di necessità concepiti secondo parametri spazio-funzione relazionati a fatti generali ed a fatti specifici della categoria interessata. Tipologia non significa quindi ricerca di un *tipo* architettonicamente definito e ripetibile, ma piuttosto ricerca di funzioni ripetibili e di relazioni tra uomo e spazio architettonico. Per standard tipologico si può, pertanto, intendere il livello, o i livelli che intendiamo raggiungere nelle complesse relazioni di spazio-funzione, di uomo - spazio, di uomo - funzione."³⁰

Dello stesso Cicconcelli, vincitore del concorso del 1949, le definizioni della nuova sintassi tipologica:

"abbiamo osservato che la forma più adatta a contenere aule è il "Padiglione", esso contiene una doppia illuminazione, si adatta con facilità all'ambiente naturale ed ha indubbiamente molti vantaggi su altri raggruppamenti scolastici [...] io lo vedrei trasformato in *unità funzionale* e non più disimpegnato da corridoi o da porticati. [...] L'unità funzionale - e per funzionale bisogna intendere psicologicamente funzionale - elemento fisso e ripetibile direi all'infinito, dovrebbe comprendere non più di cinque ambienti (aule), disimpegnati da un ambiente comune: concetto

sono più facili ad aversi; esclusi quelli di puro lusso o che si debbano trasportare con grave spesa, se non siano assolutamente richiesti per ragione di solidità o di salubrità dell'edificio. ...L'edificio deve essere di regola cantinato, col piano terreno sollevato di almeno m 0.80 sulla superficie del suolo circostante... Si preferiscano negli edifici a più di un piano le divisioni di essi a volta o a doppio soffitto per ammortire la trasmissione dei rumori. Le classi siano situate preferibilmente al piano terreno o al primo piano, e, salvo casi eccezionali, nelle grandi città, non si aggiunga altro piano per le classi medesime.

19. Art.6: "[...] la forma unilineare dell'edificio si preferisca sempre in caso di possibile scelta; si eviti, quanto si può, la disposizione a cortile chiuso. Nell'edificio, per le classi, si prescelga di regola, l'esposizione sud o sud-est [...]"

20. Art. 6: "[...] La palestra ginnastica è meglio sia separata dall'edificio scolastico; Art.10: "[...] sarà sempre da preferirsi la disposizione di vani speciali pel deposito delle vesti, separati per classi [...]"

21. La prima sede tuttora esistente nel quartiere San Lorenzo, a Roma.

22. Giorgi, P. (2016). Op. cit.

23. Secchi, L., (1927). Edifici scolastici italiani primari e secondari: norme tecnico-igieniche per lo studio dei progetti. Milano: U. Hoepli.

24. Ci si riferisce al Regolamento n. 12 del 1912 "Istruzioni tecnico-igieniche intorno alla compilazione.

25. Si articola nelle disposizioni normative elencate di seguito: R. D. Lgs. 31 dicembre 1922, n. 1679; R. D. Lgs. 16 luglio 1923, n. 1753; R. D. Lgs. 6 maggio 1923, n. 1054; R. D. Lgs. 30 settembre 1923, n. 2102 e R. D. Lgs. 1 ottobre 1923, n. 2185.

26. Meda, J. (2016). Dalla disciplina al design: l'evoluzione del banco scolastico in Italia tra Ottocento e Novecento. In Biondi, S., Borri, S., Tosi, L. (a cura di), Dall'aula all'ambiente di apprendimento. (pp. 129-148). Firenze: Altralinea Edizioni.

27. Presentata al Gran Consiglio del Fascismo, del febbraio 1939. Disponibile presso http://www.biblioarti.beniculturali.it/opencms/multimedia/BollettinoArteIt/documents/1410785833361_02_-_Carta_della_scuola_p_217.pdf.

28. Leschiutta, F. E. (1975). Linee evolutive dell'edilizia scolastica. Vicende - Norme - Tipi /1949-1974. Roma: Bulzoni Editore. p. 15.

29. Cfr. Ministero della Pubblica Istruzione, (a cura di) (1965), "La prefabbricazione nell'edilizia scolastica" in Quaderni del Centro studi per l'edilizia scolastica. Firenze: Tip. E. Ariani e L'arte della Stampa.

30. Cicconcelli, C., (1965). "La progettazione nell'edilizia

quindi di *scuola-casa* (ricordate le montessoriane «case dei bambini?»).

Le ricorderà e la praticherà Hermann Hertzberger, come studente prima e come progettista della scuola elementare di Delft nel 1960, alimentato da dialogo professionale e personale con la moglie, insegnante montessoriana.

La saldatura tra pedagogia e progettazione non è inedita: trova un precedente illustre nella seconda versione della Hillside Home School³¹ (1901) progettata da Frank Lloyd Wright in cui si rilegge chiaramente l'impostazione spaziale di John Dewey. Al pedagogista si riferirà la produzione più illuminante del primo dopoguerra, insuperata anche dalle produzioni più recenti se se ne considera l'originalità assoluta.

Non si può non richiamare in questa sede il progetto per la scuola elementare di Darmstadt di Hans Scharoun del 1951, mai realizzato, ma prototipo per altre due scuole che gli furono commissionate nel 1956 e nel 1960, rispettivamente a Lünen e a Marl.

Nell'impianto si legge un'ambizione civica che valica la funzione scolastica o meglio smaterializza il confine tra la dimensione educativa e quella sociale, riflette un pensiero educativo che si muove nello spazio della comunità scolastica, che si evolve con tempo della città, che si sincronizza col tempo interno della scuola e soprattutto trova forma una novità assoluta: i momenti di passaggio. Il capolavoro di Scharoun sta nell'aver intuito che la crescita è un respiro tra due condizioni cognitive differenti e che quest'atto di espansione organica necessita di uno spazio in movimento: il profilo planimetrico accoglie sul confine esterno e tra le funzioni interne punti di vista percettivi particolari, spessori abitabili e imprevedibili in cui la comunità si contamina e si confronta; "mediating rooms" come definite dallo stesso architetto.

Origins and significant historical developments

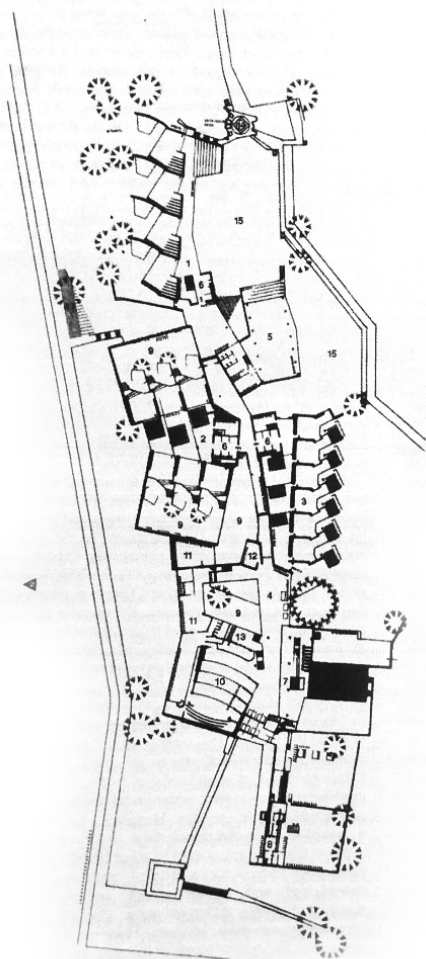
Fig. 4.4

Pianta del progetto Hans Scharoun per la scuola elementare di Darmstadt (1951)

Figure 1.19
Ground floor plan of Hans Scharoun's project for a primary school, Darmstadt, 1951. (Hans Scharoun, Peter Blundell-Jones.)

KEY:

- 1 Upper school
- 2 Middle school
- 3 Lower school
- 4 'Meeting cloister'
- 5 Gymnasium
- 6 'Gatehouse towers' containing cloakrooms and WCs
- 7 Staff and administration
- 8 Porter's flat
- 9 Courtyards
- 10 Assembly hall
- 11 Arts and handicrafts
- 12 Chapel
- 13 Library
- 14 Observatory
- 15 Playground



scolastica” in Ministero della Pubblica Istruzione, *Op.Cit.* p. 12.

31. Dudek, M. (2012). *Architecture of schools: The new learning environments*. New York: Routledge. p. 20.

Una norma e un’invariante. La scuola dal 1975 ad oggi

I Quaderni del Centro Studi per l’edilizia scolastica preparano di fatto alla regolamentazione del 1970: il Decreto ministeriale del 21 Marzo stabilisce che ogni nuovo edificio avrebbe dovuto essere concepito “come un organismo omogeneo e non come una semplice addizione di elementi spaziali, contribuendo allo sviluppo della sensibilità dell’allievo e diventando esso stesso lo strumento di comunicazione e quindi di conoscenza di chi lo usa”.

La Norma ha evidentemente lo slancio umanistico di una stagione particolarmente illuminata per l’architettura e la pedagogia.

Si afferma il concetto di unità pedagogica, che nei Quaderni del Centro studi si esercita in una molteplicità di configurazioni che tradiscono un approccio meccanico, con un occhio troppo attento alla produzione industrializzata dei componenti architettonici.

Con il DM del 18 dicembre 1975, la tipologia scolastica trova il suo irrigidimento quantitativo che la segna da oltre 40 anni. Nella sua concezione, come la norma sugli standard urbanistici del 1968, erano concepite per definire un livello minimo di qualitativo legato alla disponibilità di superficie. E come nel caso urbanistico, il mancato aggiornamento della norma per un tempo tanto lungo ha portato a contraddizioni che sarà oneroso sanare.

Le immagini estratte dai Quaderni del Centro Studi per l’edilizia scolastica esemplificano il ragionamento compositivo che caratterizza la produzione scolastica dagli anni Settanta del Novecento. L’organizzazione per nuclei e tracciati riconosce all’organismo scolastico l’esigenza di assumere configurazioni diverse, cogliendo l’opportunità dell’avanzamento tecnico consentito dalla prefabbricazione.

Com’è noto, la flessibilità e gli investimenti sull’edilizia scolastica sono stati, specie in Italia, quasi sempre minimi. Ma si riconosce negli impianti delle scuole post-belliche la metrica descritta dagli schemi dei Quaderni, le proporzioni, i rapporti, la regola e le condizioni di movimento.

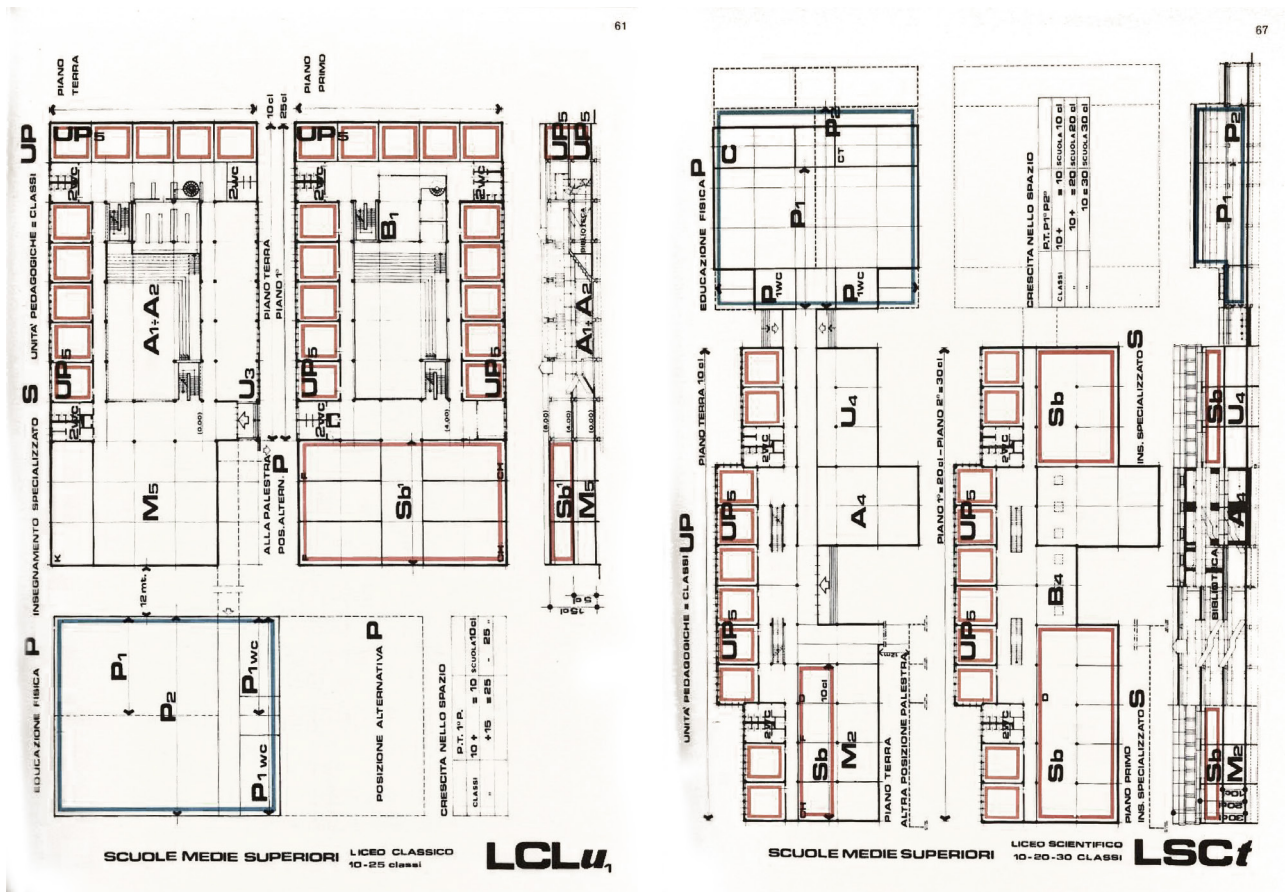


Fig. 4.5
Modello di una scuola media superiore Quaderno 18 del Centro Studi. Edilizia Scolastica (1976), pagg. 61 e 67

4.5 Caratterizzazione sintetica dei modelli: un possibile confronto

32. Si fa riferimento alle comunicazioni relative alle Linee Guida del 2013 dal Governo Renzi. I comunicati dell'Ufficio Stampa del MIUR sono disponibili presso <http://www.istruzione.it/archivio/web/ministero/cs110413.html> [30 aprile 2018].

33. La classificazione riprende la base terminologica già espressa con chiarezza da Boarin (2010) pp. 33-38. Cfr. References. Se ne propone una revisione secondo la classificazione morfo-tipologica e distributivo-spaziale quindi si ritiene che la configurazione open plan appartenga a questo secondo dominio.

In sintesi, la rassegna di episodi architettonici e culturali appena scorsa lascia due tracce su cui costruire i ragionamenti successivi.

La prima di ordine concettuale: gli assunti della pedagogia socio-costruttivista hanno trovato una sponda attenta, pur con fisiologiche flessioni di intensità, nel dibattito architettonico e in un numero non trascurabile di progetti, lungo tutto il secolo scorso. Il racconto politico recente³² che rivendica un'inedita lucidità e tensione al futuro rispetto al tema, non trova una piena alterità nella storia. Ma al contrario, in questa sede, si attribuisce alla stratificazione culturale e alla memoria un carattere positivo, di robustezza ideologica. Come si riconosce all'azione politica, dal 2012 al 2017, lo sforzo di convergere in un orizzonte internazionale sui tema di apprendimento efficace e di promozione delle tecnologie digitali.

La seconda traccia potremmo definirla genetica: pur nelle strettoie della cultura funzionalista e dello standard quantitativo, la morfologia degli spazi scolastici costruiti dal 1940 in poi contiene in sé un nucleo evolutivo.

Lo si riconosce nei rapporti di forma, nella ricerca di punti di vista prospettici differenti all'interno degli spazi di passaggio, nella distribuzione non necessariamente costretta delle *vie di fuga*. Lo si riconosce, inoltre come fatto tecnico, nell'impostazione modulare, vista in precedenza.

Si direbbe, con il linguaggio della norma UNI 10838:1999, che i Sistemi Ambientali e i Sistemi Tecnologici si ricompongono nella sintassi tipologica come condizioni elementari e la chiarezza degli impianti consente la tassonomia elaborata di seguito³³.

La classificazione distingue i caratteri morfo-tipologici (seguendo un livello decrescente di compattezza) e caratteri distributivo-spaziali.

La tipologia *a corte* ospita la scuola post-unitaria. Gli edifici sono ubicati nel tessuto consolidato della città e occupano i margini dell'intero isolato, di cui conformano l'aspetto. I corridoi laterali distribuiscono le funzioni, ubicate sul fronte esterno, su un numero di livelli generalmente maggiore di quattro. Gli edifici *a corte* sono

prevalentemente caratterizzati da tecnologie massive che riducono gli spazi liberi e vincolano la capacità trasformativa della fabbrica. Alla tipologia possiamo ascrivere le varianti di *corte aperta* e *corte multipla*.

La tipologia *a blocco* attraversa tutta la produzione edilizia del Novecento che adotta lo schema distributivo del corridoio. Non si caratterizza per il rapporto con il margine del lotto: progressivamente, la normativa sugli standard e le norme specifiche sull'edilizia scolastica tenderanno a isolare il fronte dal rapporto con la città. La tipologia, anche in questo caso, si caratterizza per uno sviluppo compatto in altezza, dai tre livelli in poi. Il corpo di fabbrica singolo a doppio affaccio, con corridoio laterale che distribuisce le aule, non supera i 15 metri. La tipologia si è evoluta nel blocco accorpato ad altri volumi, sempre a blocco e nella tipologia *a gradoni* che nella conformazione articolata per aderire a esigenze orografiche cela una distribuzione del tutto convenzionale.

“La piastra per la didattica è uno schema organizzativo già ampiamente sperimentato per gli impianti scolastici a livello mondiale. Essa si configura come una vera e propria *officina dello studio e dell'apprendimento* e come tale ha le massime caratteristiche di elasticità funzionale e le massime possibilità di interrelazione tra gli spazi.”³⁴ Il modello supera la distribuzione della *scuola-caserma* e sviluppa un'articolazione per *unità funzionali* a corpo triplo o quintuplo. L'apertura di corti interne garantisce il necessario apporto aero-illuminante. Dal punto di vista termo-fisico, la morfologia estensiva, che generalmente non supera i 3 livelli, registra valori di rapporto di forma che superano 0.5 m^{-1} .

Con la dicitura “tipologia estesa” si classificano realtà morfologiche, invero, considerevolmente eterogenee. La minore univocità è, però, chiarita dall'individuazione di un principio compositivo che slega la composizione dalla ricerca della composizione unica e dall'economia spaziale, ed evidentemente può contare su una maggiore disponibilità di entrambe. Più onerose, più energivore, ma coraggiose nel volersi misurare con la città intera, ne abbiamo incontrato un caso notevole nel progetto di Hans Scharoun: “E come una città è organizzata in famiglie, vicinati, quartieri, ecc... così la scuola per le affinità che essa deve avere con la vita è organizzata in gruppi (consci o inconsci), aule, distretti, insieme di distretti. Mentre l'aula è un *vicinato*, più aule e la hall (agorà, piazza, ecc.) sono un quartiere e tutta la scuola è una città; con i suoi collegamenti polari esterni ed interni.”³⁵

34. Leschiutta, F. E. (1975). Op. cit. p. 226.

35. *Ibid.* p. 21.

36. *Ibid.* p. 253.





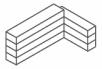

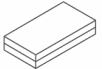
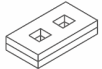



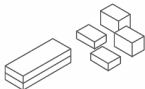
37. Rigolon, A. (2010). *European design types for 21st century schools*. Disponibile presso <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/5kmh36gpvmbx-en.pdf?expires=1528992584&id=id&accname=guest&checksum=E0E1E674CD6517314860FAC322B0CC2C> [30 aprile 2018].

Nella tassonomia proposta, si assume la definizione di *open plan* come evoluzione dell'unità funzionale, quindi non come tipologia edilizia ma come modello distributivo spaziale. Si legge in Leschiutta³⁶ “[...] È infatti questa l'immagine della scuola del futuro ormai, per altro, delineata da tempo e che ora va affermandosi lentamente, ma perentoriamente, senza ritorni né incertezze: piano aperto, nel senso di poter essere manipolato da chi lo utilizza, spazio aperto come unico involucro in cui le funzioni con il solo appoggio di alcune “edicole”.

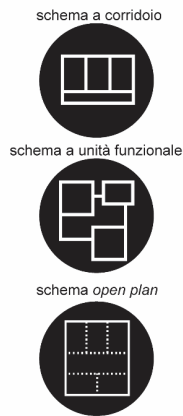
Lo studio condotto da Rigolon (2010) sulle tipologie scolastiche per il 21esimo secolo³⁷ riprende i termini di un discorso mai interrotto. Alcune brevi considerazioni su come operare sul patrimonio, attribuendo consistenza agli spazi di servizio, abbreviano con efficacia una questione fin qui ampiamente svolta: la definizione dei tipi non implica un irrigidimento funzionale.

Si propone quindi una tavola comparabile alla precedente in cui si propone una lettura della recente produzione scolastica in termini tipologici e di modelli didattico-spaziali, coerentemente con gli indirizzi descritti nel Capitolo 3 di questa trattazione.

MODELLO MORFO-TIPOLOGICO

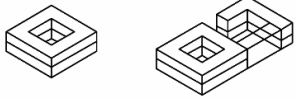
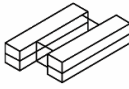
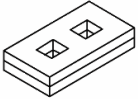
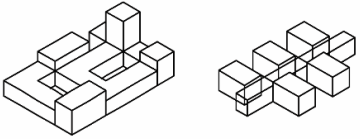
CORTE	corte chiusa 	corte aperta 	corte multipla 
BLOCCO	linea 	blocco aggregato 	a gradoni 
PIASTRA	piastra 	piastra con vuoto interno 	piastra aggregata 
ESTESA	pettine 	scuola-strada 	a padiglioni 

MODELLO DISTRIBUTIVO-SPAZIALE



Tab. 4.2
Modelli morfo-tipologici e caratteri distributivi.
Elaborazione dell'autore.

MODELLO MORFO-TIPOLOGICO

CORTE	
BLOCCO	
PIASTRA	
ESTESA	

MODELLO DIDATTICO-SPAZIALE



Tab. 4.3
Modelli morfo-tipologici e didattico-spaziali delle architetture per l'apprendimento contemporanee.
Elaborazione dell'autore

PARTE III
Studio

ABSTRACT

SELEZIONE E SIMULAZIONE: PROPOSTA DI IMPLEMENTAZIONE METODOLOGICA

ABSTRACT

Il quadro conoscitivo sull'edilizia scolastica, nonostante l'impulso del MIUR che ha annunciato la pubblicazione dell'Anagrafe, risulta ancora sconnesso e difficilmente interrogabile nelle banche dati ad oggi disponibili. In gran parte, le lacune sono attribuibili alle fonti dirette e indirette che non hanno o non trasmettono le informazioni sui fabbricati. I report che annualmente elabora LEGAMBIENTE, per quanto parziali, restituiscono parte delle ragioni delle reticenze legate alla difficoltà di collezionare informazioni per intervenire effettivamente, e non solo di rimessa e puntualmente, sul patrimonio scolastico. La Città Metropolitana di Roma si sta adoperando, non senza difficoltà, nella costruzione di una banca dati quanto più esaustiva possibile sugli istituti di istruzione superiore, di propria competenza. Alla disponibilità di fornire le informazioni già processate si deve l'ampia casistica alla base dell'elaborazione di Edifici di Riferimento, che qui si presenta. Le informazioni sono state revisionate in fase di elaborazione sia ricorrendo a fonti di archivio che con approfondimenti sul campo. Infine si riporta la caratterizzazione di due Edifici di Riferimento.

la progettazione tecnologica degli ambienti di apprendimento

p. 112

5.1 Metodologia della fase applicativa

Come già chiarito negli obiettivi, questo studio intende contribuire alla comprensione degli effetti diretti e indiretti della riqualificazione degli ambienti per l'apprendimento, centrata sull'implementazione dei modelli didattici capaci di potenziare le condizioni di apprendimento.

La fase applicativa, quindi, si sviluppa nell'ambito di due domini operativi e concettuali. Il primo, nella direzione tracciata dalla Direttiva 2010/31/CE, riguarda l'implementazione di criteri analitici, che afferiscono strettamente alla cultura architettonica al fine di costruire un differente quadro di scenari di riferimento. In altri termini, lo studio affianca alla quantificazione costi-benefici dovuta all'efficientamento dell'involucro edilizio e dei sistemi impiantistici, già ampiamente indagata da altri studi, una valutazione più sistemica che verta sull'ottimizzazione dimensionale e funzionale del patrimonio edilizio.

Il secondo dominio, su cui si concentra il maggiore sforzo sperimentale, riguarda la dimensione della neuro-fisiologia dell'apprendimento. Come si è voluto sottolineare lungo la trattazione, la ricerca scientifica in campo psico-pedagogico ha ampiamente dimostrato che la conformazione attuale degli spazi didattici è un modello in perdita, dal punto di vista culturale, della competitività dei soggetti in formazione e dell'inclusione sociale. Tra parametri che la disciplina tecnologica frequenta più spesso, si registrano livelli di discomfort e di concentrazione di inquinanti ineludibili in ragione dell'impatto sulla salute, quindi come costo sociale. Uno scenario realmente equilibrato deve tener conto della natura dell'oggetto costruito, per garantirne la sostenibilità nel tempo ma soprattutto per preservarne la ragion d'essere. La modellazione informata veicola il controllo e la conservazione referenziata dei dati sui fabbricati e il nuovo Codice degli Appalti prevede l'obbligatorietà della digitalizzazione per lavori di importi superiori a 100 milioni di euro¹.

Nella prima fase del lavoro, si è proceduto all'individuazione del campione di indagine. Si è scelto, in funzione della varietà

1. Decreto Ministeriale 01/12/2017 n.560 "Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Modalità e i tempi di progressiva introduzione dei metodi e degli strumenti elettronici di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture (Decreto BIM)".

2. Cfr. <https://www.autodesk.it/products/revit/overview>.

3. Cfr. Definizioni Capitolo 3.

4. Per questa ragione si è scelto di non effettuare le analisi con il simulatore nativo della Autodesk, Green Building Studio, ma di configurare i profili di utenza attraverso Design Builder, che funziona da interfaccia grafica per Energy Plus.

di soluzioni tipologiche e tecnologiche utilizzate, di riferirsi alle scuole superiori di Roma. La scelta del livello di formazione è da attribuire alla possibilità di elaborare risorse e informazioni fornite da un'unica amministrazione, la Città Metropolitana di Roma, e quindi alla sostanziale omogeneità qualitativa e quantitativa dei dati forniti.

Quest'ultimi sono stati verificati attraverso campagne di indagine diretta (sopralluoghi e misurazioni) e indagini *desk* su documenti e fonti storiche. In una seconda fase, si è proceduto alla scrematura dei 185 edifici, in funzione della completezza e della possibilità di riscontro sulle informazioni, dunque all'analisi statistica dei dati. Le frequenze che verranno descritte in seguito sono il risultato di un'elaborazione semplice, tradotta in percentuali.

Il campione è stato attentamente esaminato dal punto di vista morfo-metrico al fine di ricondurre una percentuale significativa del campione a due tipologie e modelli di distribuzione spaziale, caratterizzati dai rapporti, sia funzionali che tra componenti opache e trasparenti, e dalle caratteristiche tecnologiche che riguardano circa il 70% dei 185 edifici, inizialmente valutati.

Nella terza fase sono stati svolti i ragionamenti e le elaborazioni, a cui si riconosce il carattere innovativo della ricerca: la costruzione di un soggetto sperimentale capace di implementare la complessità dei fenomeni fisici, di individuare le alterazioni che condizionano la vita e l'utilità degli edifici, nella transizione tra diversi modi d'uso e di comportamento dei suoi occupanti. Prendendo esplicitamente spunto dalla direttiva EPBD recast, si è inteso elaborare una formulazione virtuale di *Unità Ambientale di Riferimento* che, come verrà esplicitato in seguito, potrà costituire la base teorico-scientifica per la predisposizione di modelli fisici di studio.

In linea con quanto sarà d'obbligo nel prossimo futuro e per le potenzialità stesse connesse alla metodologia BIM, si è adottato il software Autodesk Revit² per la modellazione delle Unità Ambientali, declinate nei tre scenari di riconfigurazione: standard (didattica tradizionale), riconfigurazione intermedia (didattica per ambienti e *Spazio +*), riconfigurazione avanzata (didattica per ambienti e *Cluster didattico*)³.

La prassi consolidata, a cui il programma di ricerca Annex 66 dell'IEA ha dato una possibile risposta, vuole che a un modello accurato, precisamente caratterizzato nei suoi aspetti tecnici, corrisponda un profilo d'utenza approssimativo e sostanzialmente statico, non modificabile finora nei software di modellazione Revit⁴.

Quindi, in parallelo, i pattern di occupazione degli utenti sono stati elaborati sulla base dei dati statici forniti dalle scuole (occupazione media delle aule, orario settimanale, media delle assenze per classe), precisati dai rilevamenti effettuati applicando un sensore di apertura delle porte ad una classe di una scuola di Roma.

Il primo set di dati è stato ulteriormente trattato attraverso un'analisi statistica effettuata col modello delle catene di Markov, al fine di ottenere un pattern realistico di occupazione degli studenti negli ambienti della scuola.

I modelli elaborati con Revit e i profili comportamentali probabilistici sono stati quindi implementati nel software Design Builder⁵+Energy Plus⁶ e sottoposti a simulazione dinamica.

La descrizione dei settaggi e la discussione dei risultati saranno ampiamente trattati nel Capitolo 6.

Alla luce di quanto sostenuto finora, si rende necessario un passaggio progettuale che preceda l'input di simulazione, in cui il comportamento dell'utente si traduca in *condizione di possibilità* di comportamento: azione nello spazio e non solo controllo sui sistemi impiantistici e di chiusura, intensità di movimento, interazione con gli altri, configurazione variabile dell'attività.

I profili di utenza, come gli scenari di riqualificazione, sono il risultato di combinazioni elementari e irriducibili che compongono i pattern della didattica attiva. Il modello comportamentale si traduce in configurazione spaziale, e viceversa.

Naturalmente è auspicabile che tecnologie per l'*energy management* siano adottate in larga scala e consentano una più precisa modellazione del comportamento degli occupanti e che il processo di precisazione delle informazioni e di simulazione siano iterativi e costantemente aggiornati.

5. Cfr. <https://www.designbuilder.co.uk/>.

6. Cfr. <https://energyplus.net/>.

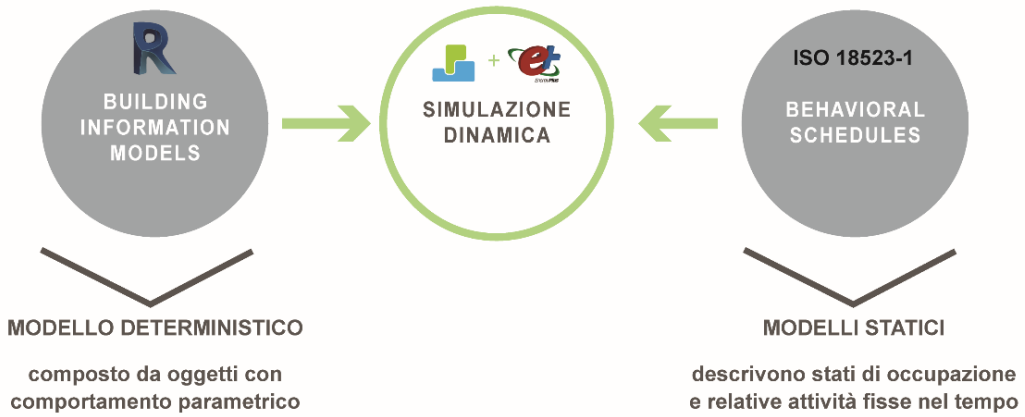


Fig. 5.1
Simulazione dinamica basata su modellazioni statiche e deterministiche. Quadro operativo.

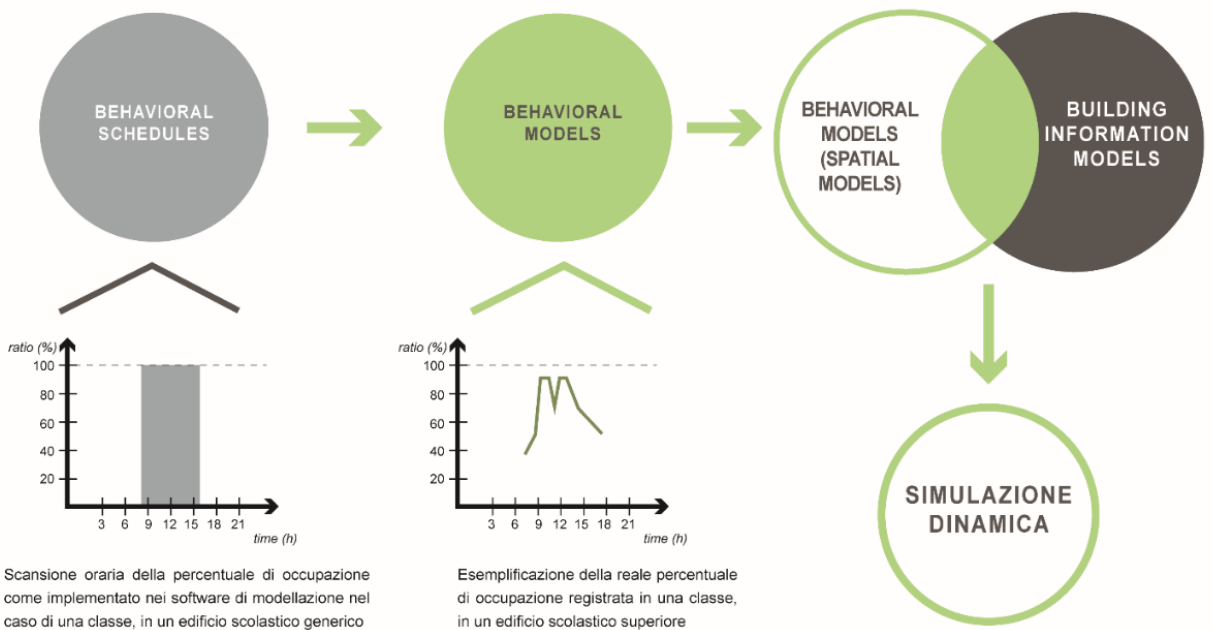


Fig. 5.2
Simulazione dinamica basata su modelli comportamentali realistici, derivati da registrazioni e elaborazioni statistiche di tipo probabilistico. Quadro operativo.

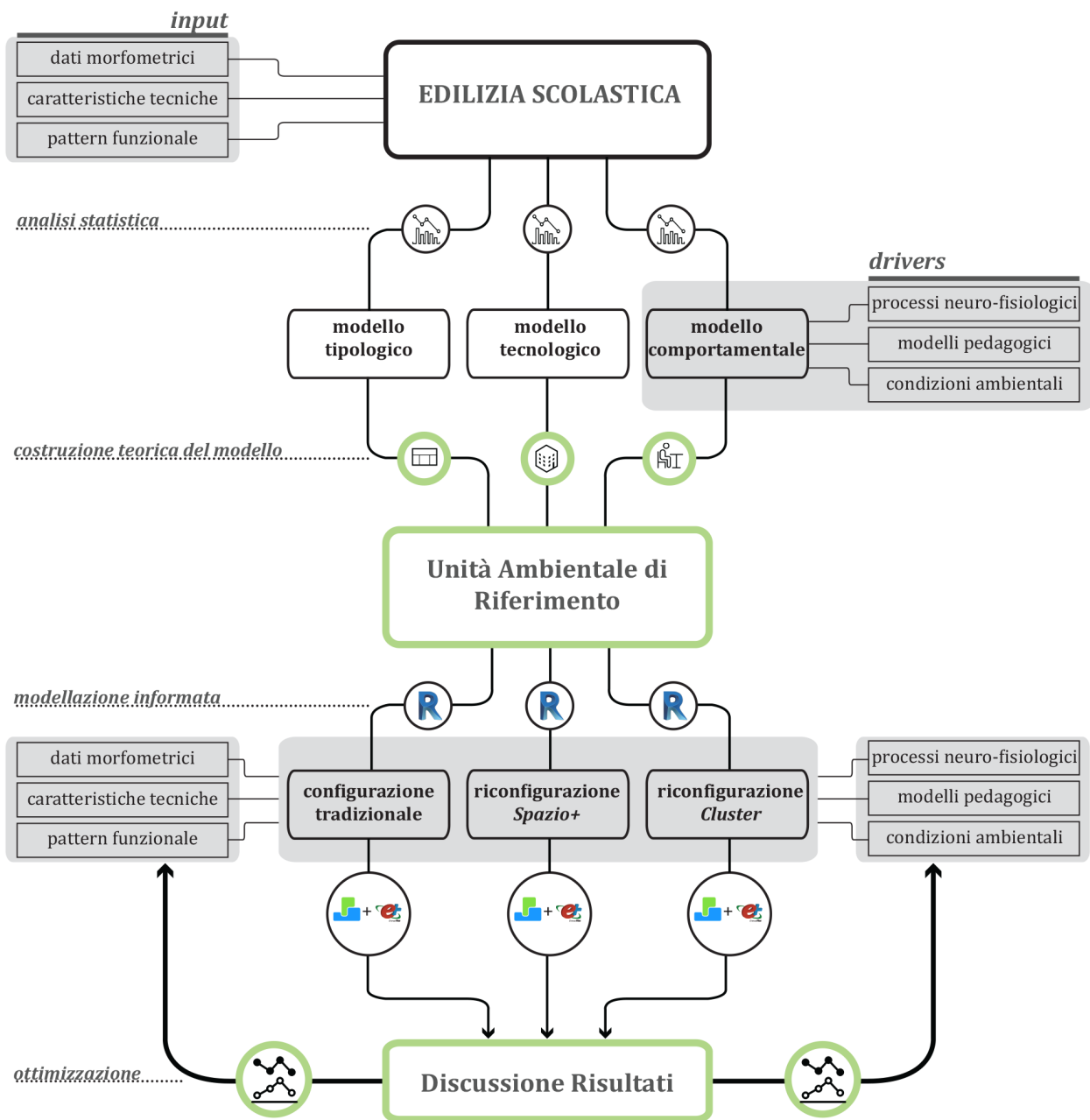


Fig. 5.1.1
Workflow della metodologia applicativa

la progettazione tecnologica degli ambienti di apprendimento

p. 118

5.2 Definizione e caratterizzazione del campione di studio

Il quadro di informazioni sull'edilizia scolastica, nonostante l'impulso del Ministro dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca italiano che ha annunciato la pubblicazione dell'Anagrafe dell'Edilizia Scolastica, risulta ancora lacunoso, specie in riferimento al monitoraggio dei consumi energetici.

Per le finalità di questo studio, volto alla qualificazione degli aspetti legati all'uso dell'edificio, si è proceduto alla definizione degli edifici di riferimento. Il quadro dei dati forniti dalla Città metropolitana di Roma, che ha acquisito le competenze della Provincia in relazione al patrimonio edilizio scolastico, non risulta alcun dato per il monitoraggio riferito al singolo istituto, ma solo dati macro che non forniscono nessuna informazione operativa. I dati in possesso della pubblica amministrazione sono stati riesaminati e parzialmente completati attraverso il ricorso all'indagine diretta e indiretta.

Il campione selezionato per rappresentatività e completezza delle informazioni, presupposto imprescindibile per l'attendibilità delle valutazioni successive, è composto da 145 edifici di istruzione superiore situati entro i confini amministrativi della Capitale.

Con riferimento agli studi condotti nell'ambito della ricerca Annex 53 dell'International Energy Agency, si assume l'approccio che raggruppa i fattori di influenza dei consumi in sei macro-categorie e relative sottocategorie, come definite nella Tab. 5.1. La prima fase di indagine ha riguardato la raccolta di dati, attraverso la predisposizione di schede conformate come esemplificato nella Tab. 5.2 I risultati più significativi sono classificati nella Tabella 5.3. Il campione iniziale, che contava oltre 200 scuole, che includeva gli istituti superiori della ex Provincia di Roma, è stato inizialmente ridotto a 185 casi, di cui si era riusciti a ottenere dati solo parzialmente verificabili o che si sono rivelati nell'indagine non tipologicamente rappresentativi. Il campione così ridotto conta quindi 145 Istituti superiori situati entro i confini del Comune di Roma. Per ogni istituto, verificata la congruenza di massima tra l'edificio e gli elaborati grafici forniti dalla Città Metropolitana, è stato effettuato dall'autore il controllo morfometrico, di cui si riportano gli esiti.

FATTORE DI INFLUENZA DEI CONSUMI	DESCRITTORI
1 Clima esterno	Gradi Giorno convenzionali della località
	Gradi Giorno reali della località per ogni stagione di riscaldamento analizzata
2 Caratteristiche geometriche e termofisiche dell'edificio	Volume lordo riscaldato
	Superficie utile dell'edificio
	Trasmittanza termica media ponderata dei componenti opachi dell'involucro verticale, disperdenti verso l'esterno
	Trasmittanza termica media ponderata dei componenti trasparenti dell'involucro verticale, disperdenti verso l'esterno
	Grado di isolamento dei componenti opachi dell'involucro verticale, disperdenti verso l'esterno
	Grado di isolamento dei componenti trasparenti dell'involucro verticale, disperdenti verso l'esterno
	Grado di isolamento dei componenti opachi dell'involucro orizzontale, disperdenti verso l'esterno
3 Sistemi energetici e impiantistici a servizio dell'edificio	Rapporto fra superficie trasparente e superficie opaca dell'involucro verticale
	Potenza installata dell'impianto di riscaldamento
	Tipologia di combustibile utilizzato per l'alimentazione dell'impianto di riscaldamento
4 Aspetti gestionali e manutentivi del sistema edificio-impianto	Rendimento medio stagionale dell'impianto di riscaldamento
	Orario prevalente di utilizzo scolastico
	Presenza di attività durante l'orario extrascolastico
5 Richieste di qualità dell'ambiente interno	Numero di classi attive
	Numero di alunni iscritti
	Temperatura di set-point
6 Comportamento dell'utente	Volumi d'aria di ricambio
	Intensità dell'attività svolta
	Livelli di presenza/compresenza

Tab. 5.1. Fattori di influenza dei consumi energetici. Programma Annex 53 dell'IEA.

SCHEDA TIPO PER LA RACCOLTA DEI DATI	
1. PARAMETRI PER LA CLASSIFICAZIONE	
DENOMINAZIONE	
Ubicazione	Indirizzo
Classificazione del periodo di costruzione	Da anno – a anno
Classificazione tipologica	Categorie: Corte Blocco Piastra Estesa
Classificazione d'uso	Livello di istruzione ospitato dalla struttura Utenza media Eventuale presenza di usi non strettamente didattici
2. SUPERFICI DI RIFERIMENTO	Superfici interne
3. METODO DI CALCOLO	Calcolo del bisogno energetico: <i>seasonal method</i> : EN ISO 13790-2008
4. CONDIZIONI AL CONTORNO	- temperatura esterna - radiazione solare Valori standard: - temperatura interna - Ricambi d'aria
5. CARATTERISTICHE DIMENSIONALI DELL'INVOLUCRO	Dati dimensionali Rapporto A/V Rapporto Sup Trasparenti/Sup Tot
6. VALORI DELLA TRASMITTANZA	Definizione per classe di elementi tecnici
7. METODO DI CALCOLO PER I SISTEMI DI ALIMENTAZIONE	EN 15316 Tabella di valutazione per sottosistemi: - generazione di calore - accumulo di calore - distribuzione di calore - sistemi ausiliari
8. BILANCIO DEI CONSUMI ENERGETICI	Riferito al valore energetico complessivo

Tab. 5.2. Scheda tipo per la raccolta delle informazioni sul campione di edifici scolastici preso in esame.

DENOMINAZIONE EDIFICIO	DATI MORFOLOGICI				DATI ANAGRAFICI
	n piani	SLP TOT [mq]	V riscald [mc]	S/V [m ⁻¹]	ANNO COSTRUZIONE
ALBERT EINSTEIN - Via Pasquale II, 237	5	7895	32770	0.38	1977
ALBERTI CECCHERELLI-VOLTA - V. di Bravetta 383	5	11631	55491	0.34	1929
ALESSANDRO CARAVILLANI - Piazza del Risorgimento, 46-b	5	4012	18196	0.24	1902
AMALDI - Via Parasacchi 21 - Edificio principale	2	9510	28930	0.58	1980
AMEDEO AVOGADRO - Via Brenta, 26	4	2520	10244	0.15	1953
AMEDEO AVOGADRO (succ) - Via Cirenaica 7	4	5555	18332	0.39	1984
AMERIGO VESPUCCI -V. Cipriano Facchinetti 42	4	6518	28027	0.39	1980
AMERIGO VESPUCCI-V. Tiburtina 691	3	3114	10899	0.36	1985
ANTONIO MAGAROTTO - Vicolo del Casale Lumbroso, 129-	4	5753	19560	0.53	1964
ANTONIO PACINOTTI - Via Montaione, 15 -	6	5889	21089	0.34	1971
ANTONIO PACINOTTI (succ.) - Via Gennaro Pasquariello 27	2	4891	16980	0.51	
ARCHIMEDE - Via Vaglia, 10 -	8	6967	20903	0.35	1971
ARGAN - P.zza dei Decemviri, 12 - Edificio B	4	1087	4131	0.43	1961
ARGAN - P.zza dei Decemviri, 12 - Edificio principale	5	4520	17176	0.39	//
ARISTOFANE - Via Monte Resegone, 3 -	5	4077	12231	0.79	1979

Tab. 5.3 Riepilogo dei dati caratteristici del campione

ARISTOFANE (Succ) - Via Monte Massico, 88 -	3	2180	7412	0.55	1976
ARISTOTELE - Via dei Sommozzatori, 50 -	4	3146	13213	0.38	1950
ARISTOTELE (succ) - Via Comisso 25 -	2	3772	13530	0.49	1970
ARMANDO DIAZ - Via Acireale, 8 -	3	4763	21434	0.30	1928
ARMANDO DIAZ (succ) - Via Taranto, 59/T -	4	6187	29698	0.33	1934
ARMANDO DIAZ (succ)- Via Brancati, 19	2	2909	10519	0.59	1980
AUGUSTO - Via Gela, 14 -	5	6935	26791	0.35	1959
AUGUSTO RIGHI - Via Campania, 63 -		12115	66633	0.28	1905
AUGUSTO RIGHI (succ.) - Via Boncompagni 22 -	5	2240	10160	0.33	1905
BENEDETTO CROCE - Via B. Bardanzellu, 7 -	2	7158	23621	0.35	1991
BENEDETTO DA NORCIA - Via Saracinesco 18 -	3	3296	10517	0.52	1972
BENEDETTO DA NORCIA (succ) - Via Anagni, 21 -	3	3722	14539	0.40	1977
BERTRAND RUSSELL - Via Tuscolana, 208 -	5	10636	45851	0.30	1938
BERTRAND RUSSELL (succ) - Via La Spezia 21-	2	1649	6943	0.39	
BLAISE PASCAL - Via Brembio, 97 - Edificio A	3	4290	14157	0.41	1983
BLAISE PASCAL - Via Brembio, 97 - Edificio B	2	3500	11550	0.62	//
CAMILLO CAVOUR - Via delle Carine, 1 -	5	8766	39198	0.29	1890

Tab. 5.3 Riepilogo dei dati caratteristici del campione

CARAVAGGIO (sede assoc.) - Viale C.T. Odescalchi, 75 -	5	5413	20299	0.30	1930
CARAVAGGIO (SUCC) - Via Dell'Oceano Indiano 62-64 - Edificio princ	2	2593	8816	0.62	1995
CARAVAGGIO (SUCC) - Via Dell'Oceano Indiano 62-64 - Edificio B	1	332	1096	0.86	1995
CARAVAGGIO (Succ) - Viale C.T.Odescalchi 98 -	4	2860	11210	0.34	1995
CARLO CATTANEO - Lungotevere Testaccio, 32	3	4779	23616	0.41	1921
CARLO CATTANEO - VIRGILIO (Succ) - Corso V. Emanuele, 217	5	5035	27894	0.26	1490
CARLO CATTANEO (succ) - Via Antonio Pisano 9 -	4	4324	14806	0.49	1995
CARLO CATTANEO (succ) -Largo Città dei Ragazzi 1	1	675	2245	0.67	1953
CARLO MATTEUCCI - Via Isole Curzolane, 71	4	6428	21212	0.31	1970
CARLO MATTEUCCI (succ) - Via R. Rossellini 5	2	5635	22671	0.42	1991
CHARLES DARWIN - Via Tuscolana 388	10	12105	42377	0.27	1980
COLOMBA ANTONIETTI - Via Papareschi, 30-A	3	3060	11750	0.43	1976
COLOMBA ANTONIETTI (succ) - Via delle Vigne 205-209 -	4-5	7749	28726	0.38	1980
CONFALONIERI-DE-CHIRICO - Via Beata M. De Mattias 5 -	4	7755	28694	0.35	1959
CONFALONIERI-DE-CHIRICO (Succ) - Largo Pannonia 37 -	4	2170	8246	0.35	1940

Tab. 5.3 Riepilogo dei dati caratteristici del campione

CORNELIO TACITO - Via G. Bruno, 4	5	3405	15936	0.24	
CRISTOFORO COLOMBO - Via Panisperna, 255	4	8096	43474	0.31	1932
CRISTOFORO COLOMBO (succ) - Via delle Vigne Nuove 413 -	2	4209	13890	0.50	1973
CROCE ALERAMO (succ.) - Via Capellini, 11	2	1810	6516	0.39	1980
DANTE ALIGHIERI - Via Ennio Quirino Visconti, 13	5	3634	16517	0.24	1985
DEMOCRITO - Viale Prassilla, 79	3	5908	18315	0.47	1981
DUCA DEGLI ABRUZZI - Via Palestro, 38	6	5827	34962	0.22	1931
EDMONDO DE AMICIS (succ) - Via Cardinal di Capranica ,78	2	4651	15348	0.49	1980
EDOARDO AMALDI - Via Parasacchi, 21	3	13809	62273	0.39	1987
EMILIO SERENI - Via Prenestina, 1395 -	1	4643	19595	0.56	1976
EMILIO SERENI (Succ) - Via della Colonia Agricola, 41 - Palazzina B	2	1213	4609	0.58	1910
EMILIO SERENI (succ)- Via della Colonia Agricola, 41 - Edificio principale	4	3451	14955	0.38	//
EMILIO SERENI (Succ)- Via della Colonia Agricola, 41 - Palazzina C	1	276	966	0.81	//
ENNIO QUIRINO VISCONTI - Piazza del Collegio Romano, 4 -	3	4546	43068	0.21	1582
ENRICO FERMI - Via Trionfale, 8737 -	4	12252	42882	0.35	1958
ENZO FERRARI - Via Contardo Ferrini, 83	1	12118	39989	0.56	1965
ENZO FERRARI (EX GIANCARLO	1	8300	27390	0.68	1963

Tab. 5.3 Riepilogo dei dati caratteristici del campione

VALLAURI) - TUTTI I PADIGLIONI					
ETTORE MAJORANA - Via Carlo Avolio, 111	3	6747	26327	0.48	1971
EVANGELISTA TORRICELLI (succ) - V. di Forte Braschi 99 -	3	3697	12200	0.53	1967
EVANGELISTA TORRICELLI (Succ.) - VIA F. Borromeo 67 - Pal A	3	1425	4703	0.27	
EVANGELISTA TORRICELLI (Succ.) - VIA F. Borromeo 67 - Pal C	3	918	3213	0.42	//
FARNESINA - Via dei Giuochi Istmici, 64 - Edificio principale	5	3844	15087	0.48	1967
FEDERICO CAFFE' - Viale di Villa Pamphili, 86 - Edificio principale	6	3465	13425	0.35	
FRANCESCO D' ASSISI (succ) - Via Castore Durante, 11 -	4	3716	12634	0.39	1970
FRANCESCO D'ASSISI - Viale della Primavera, 207	6	6679	26518	0.29	1967
FRANCESCO DE PINEDO - Via F. Morandini, 30	4	6265	25326	0.46	1970
FRANCESCO VIVONA - Via della Fisica, 14	4	4440	16428	0.31	
GAETANO DE SANCTIS - Via Cassia, 931	4	4520	15370	0.41	
GAETANO DE SANCTIS (succ) - FARNESINA - Via Serra 91	4	2959	13316	0.31	1950
GAETANO DE SANCTIS (succ) - Via Malvano 20	3	2703	10137	0.40	1960
GALILEO GALILEI - Via Conte Verde, 51	5	25428	131980	0.33	1890
GELASIO CAETANI - Viale Mazzini, 36	4	5756	27549	0.23	1934

Tab. 5.3 Riepilogo dei dati caratteristici del campione

GIORDANO BRUNO - Via della Bufalotta, 594	3	5980	21528	0.42	1962
GIORDANO BRUNO (succ) - Via Paolo Monelli, 5	1	568	1865	0.83	
GIORGIO AMBROSOLI Viale della Primavera, 207	6	5427	22070	0.32	1967
GIORGIO AMBROSOLI - Via delle Alzavole 25	3	4045	13349	0.49	1985
G. DE CHIRICO + G. DA VERRAZZANO - Via Contardo Ferrini, 61	7	12231	40362	0.29	1965
GIOVAN BATTISTA MORGAGNI - Via Fonteiana, 125	6	9599	35881	0.37	1972
GIOVANNI FALCONE - Via Rugantino, 108	3	4627	16904	0.54	1970
GIOVANNI GIORGI - Viale P. Togliatti, 1161	3	11546	42732	0.26	1990
GIOVANNI KEPLERO - Via Gherardi 87- 89	5	3644	12834	0.30	1978
GIOVANNI KEPLERO (succ) -Via delle Vigne, 156	3	5987	20955	0.38	
GIOVANNI XXIII - Via Tor Sapienza, 160	5	8538	40210	0.28	1967
GIULIO CESARE - Corso Trieste, 48	5	11897	52347	0.26	1937
GIULIO VERNE (succ) - P.zza Tarantelli, 18	2	5124	17934	0.44	
GIUSEPPE ARPELLINI - Largo Placido Riccardi, 13	7	18899	71816	0.30	1950
GIUSEPPE GARIBALDI - Via Ardeatina, 524	3	4329	18398	0.37	1931
GIUSEPPE PEANO - Via F. Morandini, 38	3	8879	33740	0.37	
GOFFREDO MAMELI - Via Pietro Antonio Micheli, 29	4	4510	15560	0.38	1956

Tab. 5.3 Riepilogo dei dati caratteristici del campione

HEINRICH HERTZ - Via W. Procaccini 70	3	8843	27413	0.47	1973
I.I.S. VIA BEATA MARIA DE MATTIAS (SUCC) - Via Cerveteri 53	3	3088	11889	0.36	1959
IMMANUEL KANT - Piazza Zambecari 19	4	8688	36295	0.33	1930
ISACCO NEWTON - Viale Manzoni 47	5	3888	13803	0.39	1952
ISS GENOVESI + AZZARITA - Via Salvini 20-24	6	9161	43973	0.23	1925
ITC DI VITTORIO ITI LATTANZIO (Succ)- Via Aquilonia, 50	5	6965	22985	0.26	1950
J.J. ROUSSEAU - Via delle sette Chiese, 259	2	4131	14570	0.46	1980
J.VON NEUMANN [già ANTONIO MEUCCI] - Via Del Tufo, 27	5	16622	54141	0.39	1961
JEAN PIAGET - Viale M. Fulvio Nobiliore 79-A-	3	3686	13450	0.47	1988
JEAN PIAGET (Succ) - V.le G. De Chirico 59	2	5134	19519	0.45	1983
JEAN PIAGET(Succ) - Via Diana 35	4	5611	25816	0.30	1931
JOHN FITZGERALD KENNEDY - Via Nicola Fabrizi 7	5	3641	15460	0.40	1900
JOHN VON NEUMANN - Via Pollenza 115	4	5276	17938	0.34	1985
LEON BATTISTA ALBERTI - Viale Civiltà del Lavoro, 4	6	10484	34602	0.24	
LEONARDO DA VINCI - Via Cavour 258	4	11873	62927	0.26	1886
LEOPOLDO PIRELLI (ex LEVI-DE NICOLA) - Via Rocca di Papa, 113	3	7086	30358	0.36	1972
LEOPOLDO PIRELLI (VIA ROCCA DI	3	3706	12230	0.37	

Tab. 5.3 Riepilogo dei dati caratteristici del campione

PAPA) (succ) - Via Assisi 44					
LIVIA BOTTARDI - Via Filiberto Petiti 97	3	9441	36558	0.43	1968
LOUIS PASTEUR - Via G. Barellai 130 - TUTTI I PADIGLIONI	2	5278	20432	0.53	1966
LUCIANO MANARA - Via Basilio Bricci 4	4	4848	19392	0.35	1980
LUCIO ANNEO SENECA - Via F. Albergotti 35	3	4172	14596	0.44	1983
LUCIO ANNEO SENECA (succ.) - Via Stampini 38	2	4330	14722	0.59	
LUCIO LOMBARDO RADICE (sede centrale) - Piazza Ettore Viola 6	3	8113	26773	0.41	1970
LUCIO LOMBARDO RADICE (succ) - Via S. Basile	1	1814	6893	0.73	1980
LUCREZIO CARO - Via Venezuela 30	4	2906	10392	0.40	1959
LUIGI EINAUDI - Via S. M. alle Fornaci 1	3	3901	17037	0.27	1967
LUIGI EINAUDI (SUCC) (succ)- VIA F. Borromeo 67 - Palazzina B	4	1539	5175	0.42	
LUIGI EINAUDI (succ.) - Via G. del Vecchio 42	3	4458	15157	0.36	1950
MAMIANI - Viale delle Milizie 30	4	7516	38837	0.30	1922
MARCANTONIO COLONNA - Via S. Pincherle 201	6	7577	25869	0.37	1965
MARCELLO MALPIGHI - V. Silvestri 301	6	11667	48419	0.35	1934
MARGHERITA DI SAVOIA - Via Cerveteri 55	6	7104	31705	0.28	1959
MARIA MONTESSORI - Via Livenza, 8	4	2718	13862	0.27	1924

Tab. 5.3 Riepilogo dei dati caratteristici del campione

MARIA MONTESSORI (succ) - Via Casperia, 29	5	4319	16412	0.30	
NICCOLO' MACHIARELLI - Piazza Indipendenza, 7	5	5865	28920	0.30	1873
NICCOLO' MACHIARELLI (succ) - Via dei Sabelli 86	3	2850	14108	0.33	1900
NOMENTANO - Via della Bufalotta, 229	3	7660	26810	0.46	1977
NOMENTANO (succ) - Via Casal Boccone, 60	2	7544	24895	0.36	1980
ORAZIO (succ) - Via Spegazzini, 50	2	1935	6386	0.61	
PELLEGRINO ARTUSI - Via Pizzo di Calabria, 5	3	3990	15960	0.38	1920
PLAUTO - Via A. Renzini, 70	3	7323	25631	0.48	1970
ROMA 1 - Via Argoli 45	7	10191	36383	0.30	1959
SOCRATE - Via Padre Reginaldo Giuliani, 15	3	4194	13840	0.51	1971
STANISLAO CANNIZZARO (succ) - Viale dell'Oceano Indiano, 31	3	4104	15692	0.48	1993
VIRGILIO - Via Giulia, 38	6	11789	55826	0.26	1936
VITTORIA COLONNA - Via Arco del Monte, 99	3	4701	24283	0.15	1581
VITTORIO BACHELET - EINSTEIN (Succ) - Via Nazareth, 150	3	9051	33924	0.38	1981

Tab. 5.3 Riepilogo dei dati caratteristici del campione

7. Cfr. <http://episcopo.eu/building-typology/tabula-structure/concept/>.

Con riferimento alla metodologia di classificazione consolidata nell'esperienza di ricerca TABULA⁷, si è proceduto alla costruzione di una matrice per la sistematizzazione delle informazioni rilevanti al fine di individuare gli edifici di riferimento su cui effettuare le analisi.

I dati climatici esterni si riferiscono alla zona D, caratterizzata da un range di Gradi Giorno (GG) tra 1401 e 2100. Gli edifici scolastici che costituiscono il campione sono tutti ubicati entro i confini amministrativi del Comune di Roma, in riferimento al quale si considerano 1415 GG convenzionali.

La classificazione dei **dati anagrafici** risponde a intervalli significativi dal punto di vista normativo e costruttivo:

- Edifici realizzati prima del 1900: in muratura portante, adattati ad uso scolastico;
- Edifici realizzati tra il 1901 e il 1940: prevalentemente in muratura portante, sperimentano le prime tipologie delle leggi del Regno e del modello fascista;
- Edifici realizzati tra il 1941 e il 1974: dalla scuola moderna alla scuola post-moderna. Sperimentazioni tipologiche;
- Edifici realizzati tra il 1975 e il 1990: il Decreto Ministeriale del 18 dicembre 1975 e la Legge n. 373/1976 condizionano fortemente i caratteri dimensionali, spaziali e costruttivi dell'edilizia scolastica;
- Edifici realizzati tra il 1991 e il 2001: la Legge 10/1991 impone nuove prescrizioni per la progettazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti, finalizzate al contenimento dei consumi energetici;
- Edifici realizzati tra il 2002 e il 2016: la stagione caratterizzata dall'emanazione della Direttiva Europea 2002/91/CE (Energy Performance of Building Directive) e le successive norme e Direttive, esaminate in precedenza.

I dati morfologici sono stati discretizzati come segue:

- Volume lordo riscaldato, suddiviso in intervalli incrementali da 5000 m³
- Superficie Utile Lorda, suddiviso in intervalli incrementali di 1000 m²
- Coefficiente di forma, suddiviso in intervalli incrementali di 0.1 m⁻¹

- Rapporto tra superficie trasparente e superficie opaca dell'involucro verticale, suddiviso in intervalli incrementali del 5%

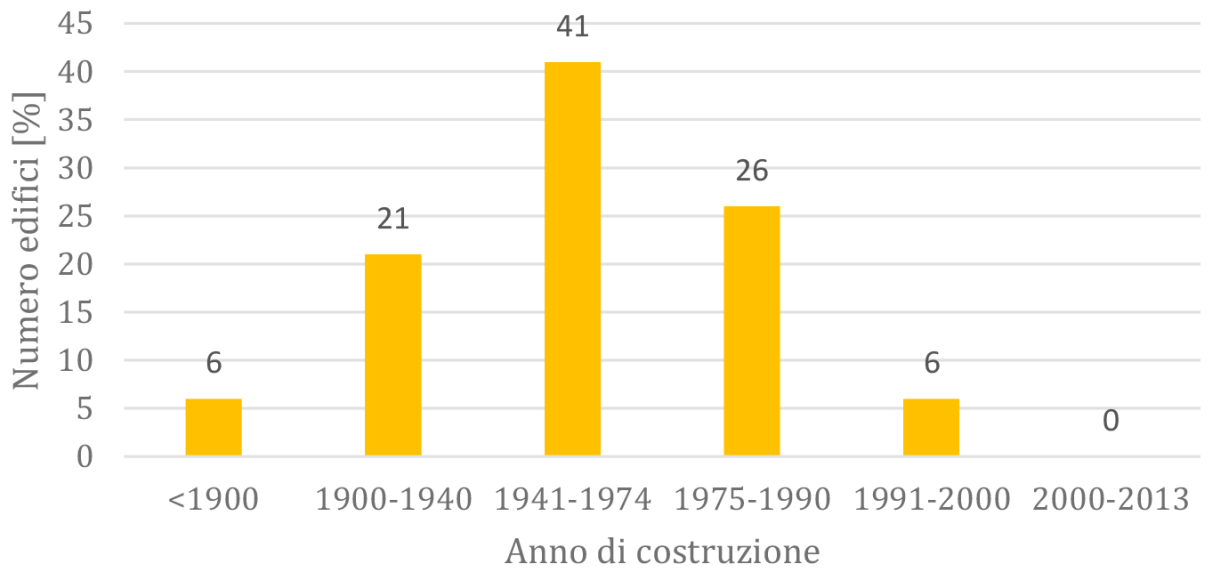
Nei grafici, si riporta la distribuzione di frequenza dei dati maggiormente significativi ai fini dell'elaborazione degli edifici di riferimento, elaborati e revisionati dall'autore, sulla base dei dati forniti dalla Città Metropolitana di Roma.

Il valore riferito alla certificazione energetica, non essendo possibile risalire al contributo dovuto alle componenti, verrà utilizzato come strumento di calibrazione tra i valori di calcolo e quelli reali.

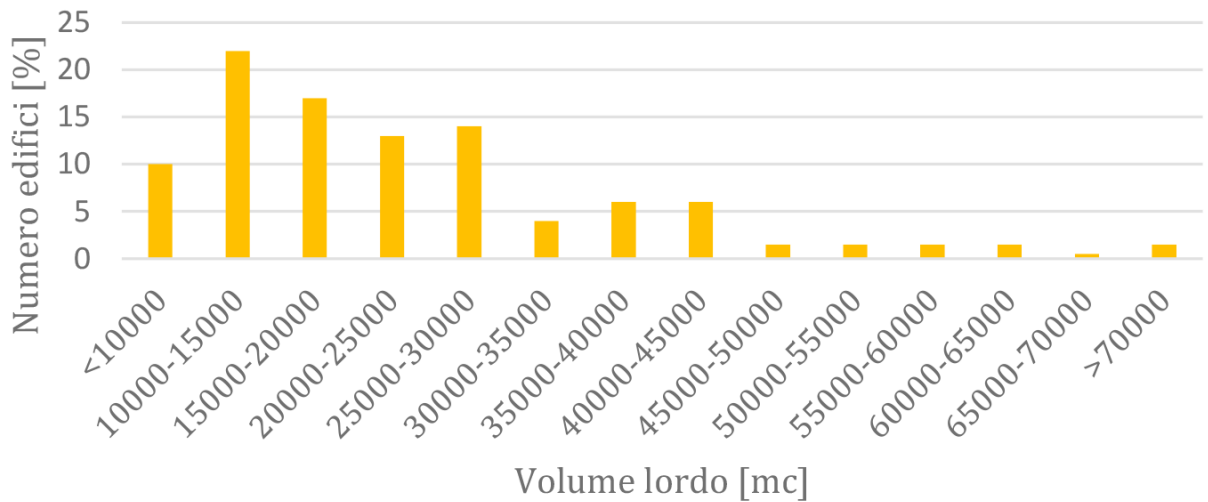
La costruzione del quadro di riferimenti dei caratteri tipici costituirà la base degli scenari di simulazione, finalizzata all'elaborazione dei dati finali (energia finale, energia primaria, emissioni di CO₂ ecc.)

In assenza di una puntuale documentazione riguardante le caratteristiche tecnologiche dell'involucro, i valori delle trasmittanze termiche di superfici opache e trasparenti, così come il grado di isolamento delle superfici disperdenti verso l'esterno sono desunti dalla letteratura, dalla manualistica e dalla normativa di riferimento, quando già in vigore.

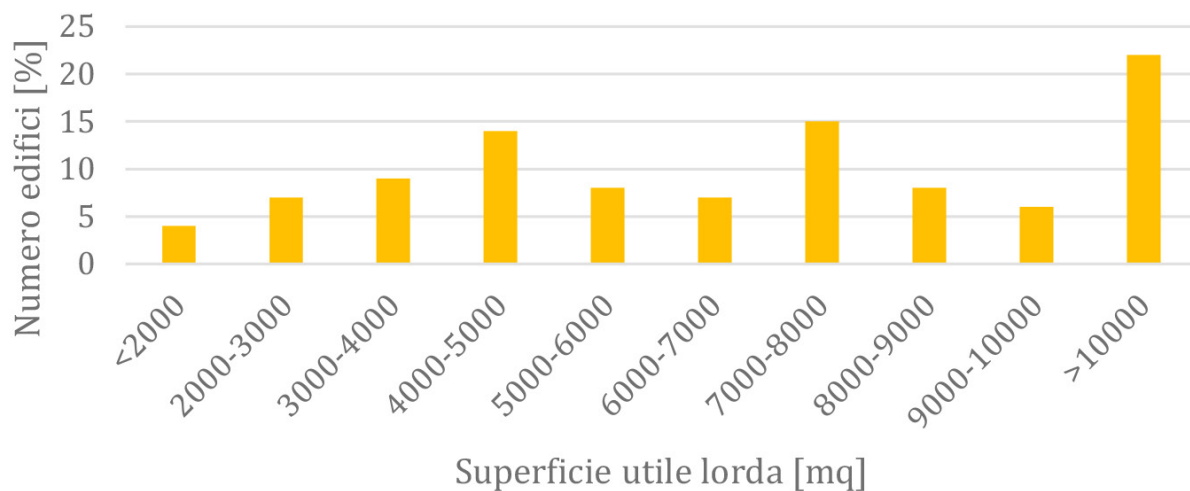
Distribuzione di frequenza in base al periodo di costruzione



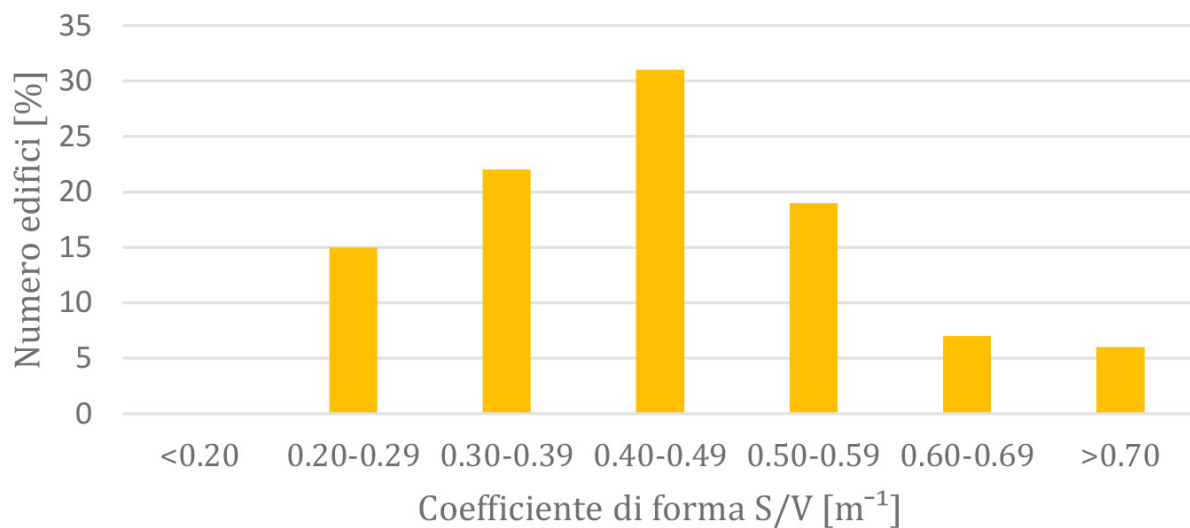
Distribuzione di frequenza in base al volume lordo riscaldato



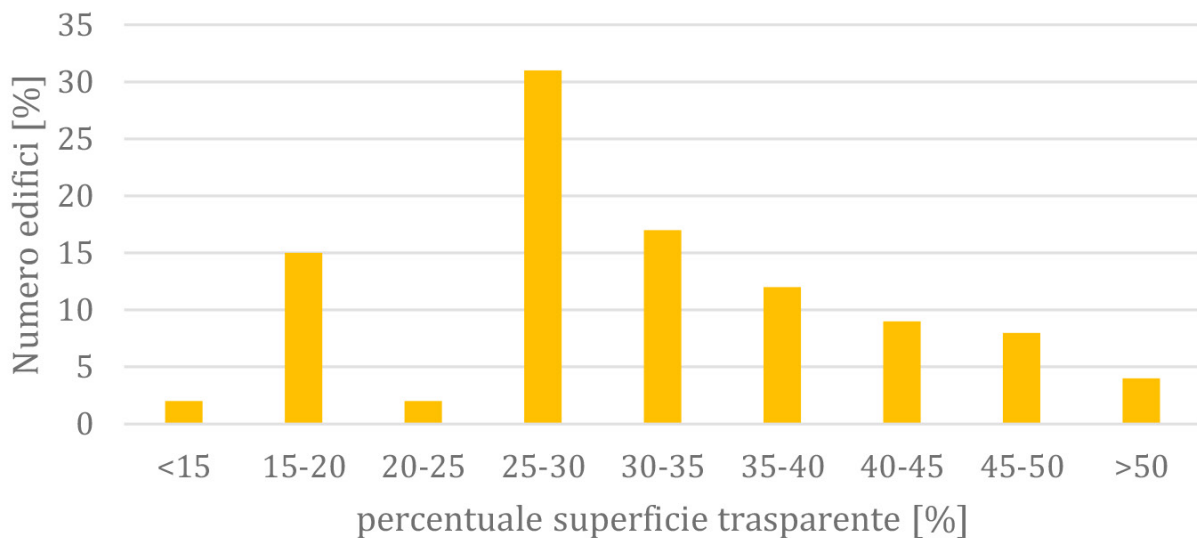
Distribuzione di frequenza in base alla superficie utile lorda



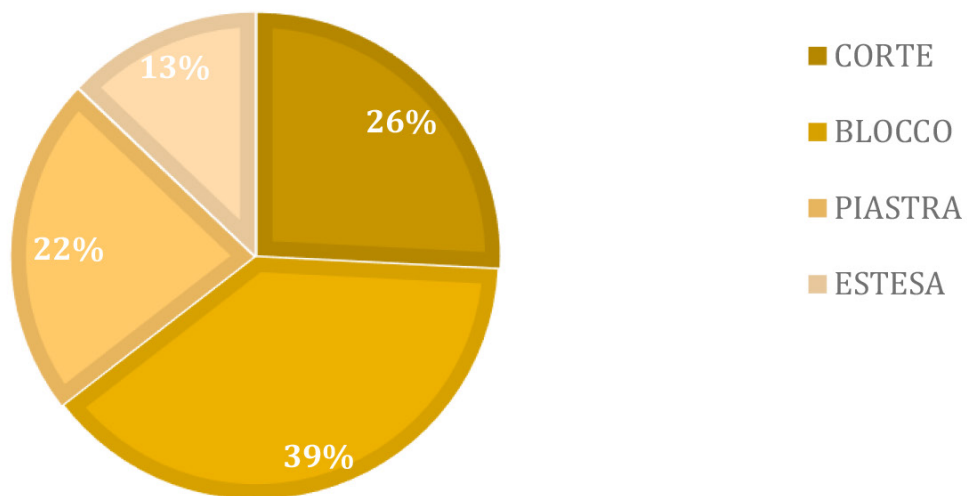
Distribuzione di frequenza in base al coefficiente di forma di forma



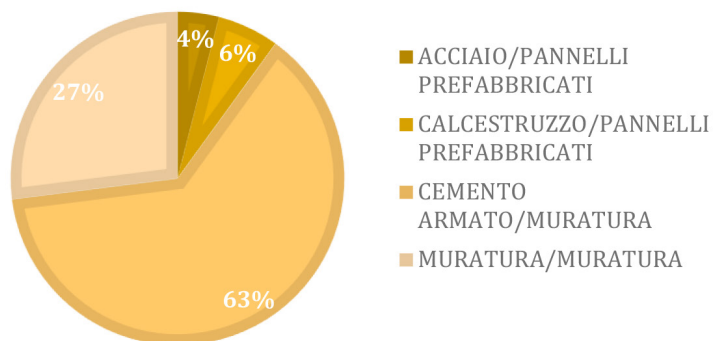
Distribuzione di frequenza in base al rapporto tra superfici trasparenti e opache



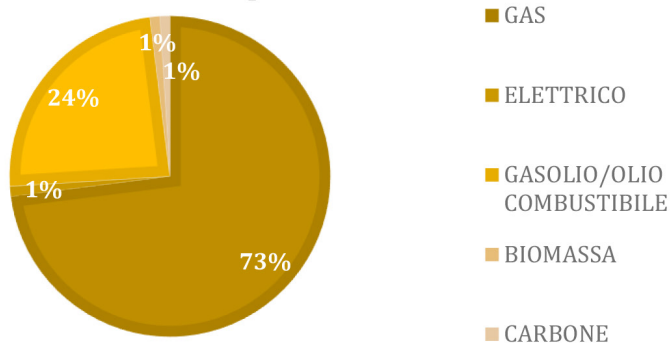
Distribuzione percentuale in base alla tipologia



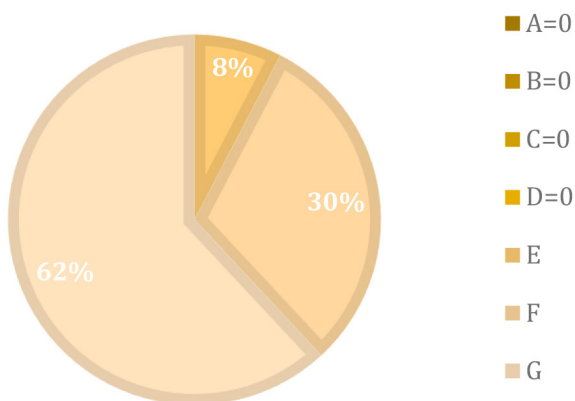
Distribuzione percentuale in base alle tecnologie costruttive (struttura portante/tamponamento)



Distribuzione percentuale delle tipologie di impianto



Classe Energetica



5.3 Edifici di riferimento

La Direttiva Europea 2010/31/CE, come già detto, impone agli Stati Membri di dotarsi di un comune quadro metodologico in grado di rendere comparabili le valutazioni sugli interventi e sulle misure adottate.

La Direttiva aggiorna la direttiva precedente, sottolineando l'esigenza di armonizzazione dei risultati dei singoli Stati Membri e caratterizza la metodologia di valutazione delle strategie di intervento: "Il quadro metodologico comparativo richiede che gli Stati membri:

- definiscano edifici di riferimento caratterizzati dalla loro funzionalità e posizione geografica, comprese le condizioni climatiche interne ed esterne, e rappresentativi di dette caratteristiche. Gli edifici di riferimento includono edifici residenziali e non residenziali, sia di nuova costruzione che già esistenti,
- definiscano le misure di efficienza energetica da valutare per gli edifici di riferimento. Può trattarsi di misure per singoli edifici nel loro insieme, per singoli elementi edilizi o una combinazione di elementi edilizi,
- valutino il fabbisogno di energia finale e primaria degli edifici di riferimento e degli edifici di riferimento in un contesto di applicazione delle misure di efficienza energetica definite,
- calcolino i costi (ossia il valore attuale netto) delle misure di efficienza energetica (di cui al secondo trattino) durante il ciclo di vita economica atteso applicate agli edifici di riferimento (di cui al primo trattino) ricorrendo ai principi del quadro metodologico comparativo."

I Reference Buildings (RBs)⁸ devono essere rappresentativi in termini funzionali e rispetto alle condizioni climatiche, sia esterne che interne. La letteratura sulla metodologia per la definizione dei RBs 8 compara tre approcci differenti:

- *Example (Reference) Building*. In assenza di dati statistici di riferimento, ci si affida alle valutazioni di esperti e a studi di settore.

8. In questo caso si assume come riferimento la schematizzazione in Corgnati, S.P., Fabrizio, E., Filippi, M., Monetti, V. (2013). *Reference buildings for cost optimal analysis: Method of definition and application in "Applied Energy"* p. 983-993.

La combinazione dei fattori espressi dagli studi definisce un edificio che si approssima alle caratteristiche di un gruppo di edifici.

- *Real (Reference) Building*, tipico di una categoria definita di edifici, con caratteristiche medie basate su analisi statistiche. Questa metodologia implica l'acquisizione di un numero consistente di informazioni.

- *Theoretical (Reference) Building*. Il modello teorico deriva dall'analisi statistica dei fattori all'interno in una categoria di edifici ed è quindi la ricomposizione dei dati più comuni, al livello tecnologico e impiantistico.

La prima e la terza metodologia restituiscono un modello di riferimento fittizio. La scelta metodologica risulta evidentemente legata al quadro qualitativo e quantitativo delle informazioni disponibili.

Il modello informato sintetizza risulta dall'adozione dei tre approcci, distinti per sistemi, con riferimento alla disponibilità ed esattezza degli input. Pertanto, i dati morfometrici, trattati statisticamente, consentono la definizione di un edificio di riferimento reale (*Real Reference Building*), le cui componenti tecnologiche e impiantistiche saranno invece desunte dalla normativa e dalla letteratura (*Theoretical Reference Building*).

Per la modellazione, viene ricostruito l'involucro edilizio impiegando un'unica soluzione tecnica per ciascuno dei seguenti sistemi edilizi:

- Chiusura verticale opaca verso l'esterno;
- Chiusura verticale opaca verso ambiente non riscaldato;
- Chiusura verticale trasparente (infixo e vetro);
- Chiusura orizzontale opaca superiore;
- Chiusura inclinata opaca superiore;
- Solaio verso ambienti non riscaldati;
- Chiusura orizzontale inferiore.

Gli edifici scolastici scelti come riferimento per l'elaborazione delle Unità Ambientali, a cui applicare la metodologia proposta, rispondono alle caratteristiche descritte nelle Tabelle 5.4 a/b.

REFERENCE BUILDING 1	
1. PARAMETRI	
Classificazione del periodo di costruzione	1941-1974
Classificazione tipologica	Piastra Modello distributivo: unità funzionale
Classificazione d'uso	Istituto tecnico superiore Studenti: 1200 / 50 classi Indice tot: 12.5 mq/studente
2. SUPERFICI DI RIFERIMENTO	Superfici interne: 15000 mq SUL
3. METODO DI CALCOLO	Calcolo della prestazione energetica UNI/TS 11300:2014 <i>Fabbisogno globale annuo</i>
4. CONDIZIONI AL CONTORNO	- temperatura esterna - radiazione solare Valori standard: - temperatura interna - Ricambi d'aria
5. CARATTERISTICHE DIMENSIONALI DELL'INVOLUCRO	V= 15000*3.5= 52.500 mc Rapporto A/V: 0.45 Rapporto Sup Trasparenti/Sup Tot: 35%
6. VALORI DELLA TRASMITTANZA	Definizione per classe di elementi tecnici
Chiusura verticale opaca verso l'esterno [W/mqK]	0.85 (parete poco isolata)
Chiusura verticale opaca verso ambiente non riscaldato [W/mqK]	1.1 (parete non isolata)
Chiusura orizzontale opaca verso l'esterno [W/mqK]	1.54 (chiusura in laterocemento con basso isolamento)
Chiusura orizzontale opaca verso ambiente non riscaldato [W/mqK]	0.96 (chiusura intermedia in laterocemento con basso isolamento)
Chiusura orizzontale opaca controterra [W/mqK]	1.24 (chiusura in calcestruzzo su terreno)
Chiusura verticale trasparente verso l'esterno [W/mqK]	3.3 (doppio vetro, riempito con aria, struttura in metallo senza taglio termico)

Tab. 5.4 a. Edificio di riferimento 2: parametri di modellazione.

REFERENCE BUILDING 2	
1. PARAMETRI	
Classificazione del periodo di costruzione	1941-1974
Classificazione tipologica	Blocco Modello distributivo: corridoio
Classificazione d'uso	Istituto tecnico superiore Studenti: 1200 / 45 classi Indice tot: 8,3 mq/studente
2. SUPERFICI DI RIFERIMENTO	Superfici interne: 11000 mq SUL
3. METODO DI CALCOLO	Calcolo della prestazione energetica UNI/TS 11300:2014 <i>Fabbisogno globale annuo</i>
4. CONDIZIONI AL CONTORNO	- temperatura esterna - radiazione solare Valori standard: - temperatura interna - Ricambi d'aria
5. CARATTERISTICHE DIMENSIONALI DELL'INVOLUCRO	V= 11000*3.5= 38.5 mc Rapporto A/V: 0.41 Rapporto Sup Trasparenti/Sup Tot: 35%
6. VALORI DELLA TRASMITTANZA	Definizione per classe di elementi tecnici
Chiusura verticale opaca verso l'esterno [W/mqK]	0.85 (parete poco isolata)
Chiusura verticale opaca verso ambiente non riscaldato [W/mqK]	1.1 (parete non isolata)
Chiusura orizzontale opaca verso l'esterno [W/mqK]	1.54 (chiusura in laterocemento con basso isolamento)
Chiusura orizzontale opaca verso ambiente non riscaldato [W/mqK]	0.96 (chiusura intermedia in laterocemento con basso isolamento)
Chiusura orizzontale opaca controterra [W/mqK]	1.24 (chiusura in calcestruzzo su terreno)
Chiusura verticale trasparente verso l'esterno [W/mqK]	3.3 (doppio vetro, riempito con aria, struttura in metallo senza taglio termico)

Tab. 5.4 b. Edificio di riferimento 2: parametri di modellazione.

ABSTRACT

UNITÀ AMBIENTALE DI RIFERIMENTO. SCENARI DI SIMULAZIONE

ABSTRACT

Il tessuto relazionale che sostanzia il fare architettura era già negli scritti di Giuseppe Ciribini come di Pierluigi Spadolini. Se ne ritrova una codifica stringata ma significativa nel glossario della norma UNI 10838:1999 che definisce l'unità ambientale come "Raggruppamento di attività dell'utente, derivanti da una determinata destinazione d'uso dell'organismo edilizio, compatibili spazialmente e temporalmente fra loro". Quanto finora esposto dimostra la necessità di una ridefinizione degli attributi del progetto, nell'accezione espressa dalla norma UNI. Adottando lo spunto della Direttiva EPBD recast, che richiama la formulazione di un quadro comparabile attraverso la parametrizzazione di Edifici di Riferimento, introduce un nuovo soggetto concettuale e sperimentale: l'Unità Ambientale di Riferimento. Si definisce sinteticamente come un modello informato dei caratteri fisici e fisiologici dell'ambiente, inteso come campo di interazioni uomo-artefatto, capace di restituire, attraverso le simulazioni dinamiche, scenari di transizione. Quindi, da un lato l'input che tiene conto delle azioni degli occupanti precisa i dati di output tradizionali relativi al reale uso energetico totale del sistema edificio-impianto. Dall'altro, è oggetto di sperimentazione la possibilità di implementare informazioni relative all'effettivo comportamento fisico e spaziale degli utenti. Lo spazio fisico dell'Unità Ambientale, innervato da supporti tecnici come sensori di presenza, di registrazione della temperatura e della qualità dell'aria e di azione. Quello che sembra un virtuosismo tecnico, apre a indeterminati scenari progettuali, che non possono prescindere dal portato teorico e operante della Tecnologia dell'Architettura.

la progettazione tecnologica degli ambienti di apprendimento

p. 144

6.1 Definizione dell'Unità Ambientale di Riferimento

Il glossario della norma UNI 10838:1999¹ definisce l'*Unità Ambientale* come "raggruppamento di attività dell'utente, derivanti da una determinata destinazione d'uso dell'organismo edilizio, compatibili spazialmente e temporalmente fra loro". Alla luce di quanto finora esposto, sembra che una definizione così chiara e aperta sia il nucleo terminologico più adatto su cui ricucire i termini sperimentali della ricerca. Quanto finora esposto dimostra la necessità di una ridefinizione degli *attributi* del progetto, nell'accezione espressa dalla stessa norma². Adottando lo spunto della Direttiva EPBD *recast*, che richiama la formulazione di un quadro comparabile attraverso la parametrizzazione di *Edifici di Riferimento*, si vuole introdurre un nuovo soggetto concettuale e sperimentale: l'*Unità Ambientale di Riferimento* (UAR), un modello informato dei caratteri fisici e fisiologici dell'ambiente, inteso come campo di interazioni uomo-artefatto, che descrive un raggruppamento di attività compatibili, riferite a un dato fenomeno circoscritto nel tempo e nello spazio, fisicamente e morfologicamente definito.

Un soggetto sperimentale, quindi, in grado di restituire i dati di realtà materiale di un fenomeno, che tradotti in un modello virtuale, attraverso le simulazioni dinamiche, restituiscano scenari di transizione utili a comprendere la capacità trasformativa della tipologia edilizia che descrivono.

Alla precisazione dell'Unità Ambientale di Riferimento concorrono due tipi di input: il primo, esogeno, che passa attraverso la definizione dei *RBS*³. In questo caso risulta determinante la quantità di contributi esterni da cui dedurre statisticamente i modelli.

Definiamo endogeno il secondo gruppo di dati registrati di un certo fenomeno, perché estratti a seguito dell'individuazione dei caratteri morfo-tipologici dell'UAR e a questo, che ne costituisce le condizioni di possibilità, sono riferiti.

Quindi, da un lato l'input che tiene conto delle azioni degli occupanti precisa i dati di output tradizionali relativi al reale uso energetico totale del sistema edificio-impianto. Dall'altro, è stata sperimentata la possibilità di implementare nel software di simulazione, le

1. UNI 10838:1999: "Edilizia - Terminologia riferita all'utenza, alle prestazioni, al processo edilizio e alla qualità edilizia."

2. Ibid. "Attributo: Carattere non misurabile, o che si preferisce non misurare, di un requisito sul quale è dato unicamente un giudizio espresso in termini qualitativi di appartenenza ad una categoria o a più categorie alternative."

3. Cfr. Capitolo 5.

4. È stata utilizzata la versione 5.4 del software Design Builder, in cui è stata implementata una funzione di importazione rapida ed efficace dei modelli con estensione gbXML. Le simulazioni sono processate dalla versione 8.6 del software Energy Plus.

5. Cfr. <http://architetturescolastiche.indire.it/architetturescolastiche/programma.php> per un approfondimento del glossario relativo agli spazi innovativi per la scuola.

informazioni relative all'effettivo comportamento fisico e spaziale degli utenti. A questo scopo, è stata condotta una campagna di rilevamenti negli ambienti per l'apprendimento di una scuola di Roma, attraverso sensori di presenza e di azione in grado di registrare, con un livello di accuratezza accettabile, un campione di comportamenti verosimili.

Quello che sembra un virtuosismo tecnico, apre a uno scenario progettuale solo parzialmente e frammentariamente indagato, inedito nell'ambito delle architetture per la formazione, che non può prescindere dal portato teorico e operante della Tecnologia dell'Architettura.

6.2 Selezione e modellazione

Dagli Edifici di Riferimento, elaborati nel Capitolo 5, sono state desunte le caratteristiche morfologiche tecniche e impiantistiche alla base della caratterizzazione delle Unità Ambientali di Riferimento. Si è scelto di importare il modello, elaborato e informato nel software Revit nell'ambiente di Design Builder⁴, interfaccia grafica di Energy Plus, che a differenza del motore di simulazione nativo della Autodesk, Green Building Studio, consente una maggiore possibilità di precisazione dei profili di utenza.

Le simulazioni sono state condotte su due Unità Ambientali di Riferimento, la prima (UAR1) si riferisce alla tipologia *a piastra*, caratterizzata da un modello distributivo a *unità funzionali* (Edificio di Riferimento 1). La seconda assume le caratteristiche di un'Unità della tipologia a blocco, distribuita da corridoi (Edificio di Riferimento 2). Ogni Unità rispetta i caratteri dimensionali tipici della tipologia e i rapporti di profondità tra spazi serventi e spazi serviti più frequentemente rilevati nel campione di studio (Fig. 6.1). Su ogni UAR si sperimentano due configurazioni alternative (Fig. 6.2), ognuna delle quali corrisponde a uno schema didattico⁵:

- Configurazione 1: **Aula tradizionale**. Ogni classe è legata a un'aula dove svolge prevalentemente lezione frontale e esercitazioni. Le lezioni che richiedono l'utilizzo di apparecchiature multimediali vengono svolte in altri locali della scuola appositamente predisposti. Il sistema connettivo è utilizzato unicamente per distribuire i flussi;
- Configurazione 2: **Spazio di Gruppo +**. L'infrastruttura tecnologica innerva e trasforma la tradizionale fisionomia dell'aula. La flessibilità delle pareti divisorie consente l'aggregazione di due unità spaziali interne. In presenza di questa configurazione, si introduce un modello didattico per ambienti, in cui i gruppi di studenti si spostano per frequentare contenuti e modalità di apprendimento differenti. Anche in questo caso, lo spazio connettivo non è solo attraversato.
- Configurazione 3: **Cluster**. Lo spazio connettivo ospita

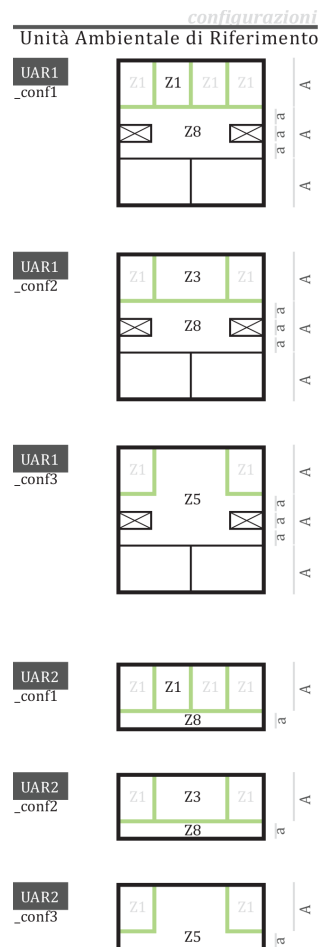


Fig. 6.1 Configurazione delle Unità ambientali di riferimento, con indicazione dei rapporti dimensionali adottati.

6. Nair, P., Fielding, R., Lackney, J. (2005). The language of school design: Design patterns for 21st century schools. 2nd Edition. Minneapolis: DesignShare Inc.

Di particolare interesse, la classificazione degli autori di sei macro-categorie spaziali, connotate in base alle possibili attività didattiche.

momenti didattici, che aumentano le possibili configurazioni per la comunità che apprende⁶. La dotazione dell'infrastruttura tecnologica è diffusa e, come nella configurazione precedente, il programma scolastico si svolge per ambienti.

SCHEMA DIDATTICO

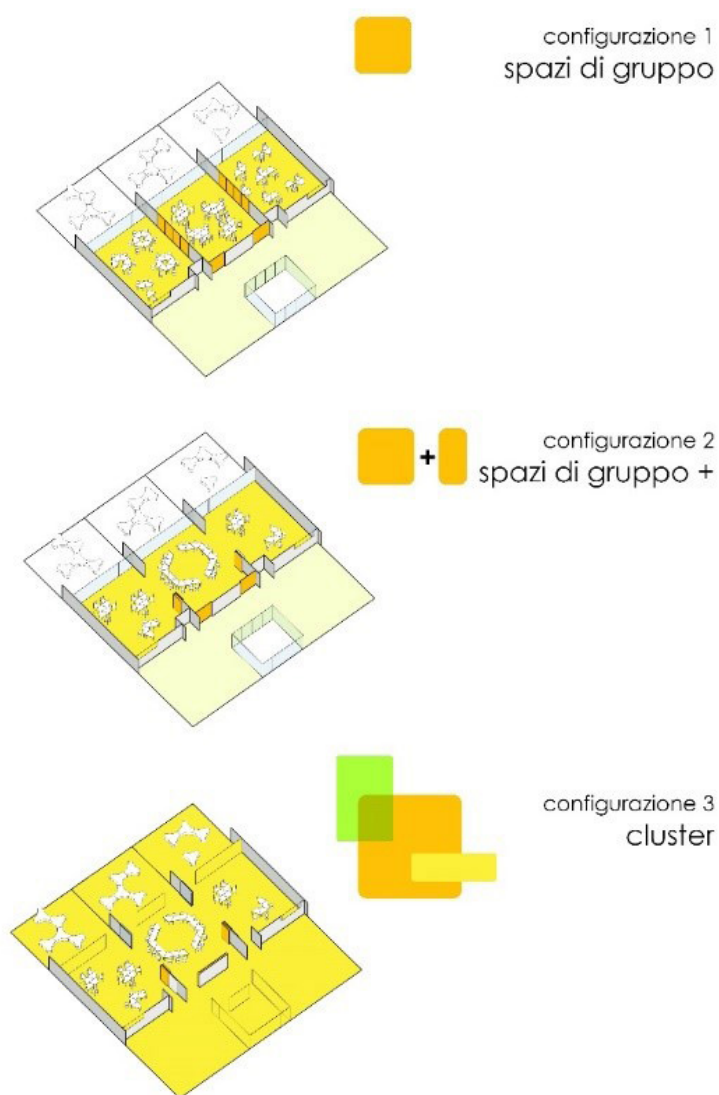


Fig. 6.2
Configurazione flessibile dello
spazio didattico. Modello proposto
in occasione del concorso Scuole
Innovative indetto dal MIUR nel
2016. Elaborazione dell'autore

la progettazione tecnologica degli ambienti di apprendimento

p. 150

6.3 Modellazione dei comportamenti

Come già accennato, sulla modellazione dei comportamenti degli utenti, partendo da uno scheduling di tipo tradizionale, si è operato per perfezionamenti successivi.

Il dato di massima è fornito dai programmi delle singole scuole che aderiscono, per la quasi totalità, all'organizzazione delle lezioni sviluppata su cinque giorni settimanali per un totale di 30 ore di didattica⁷.

Dall'analisi dell'orario giornaliero, si rileva che ogni classe occupa un tempo medio del 20% della giornata in ambienti che non sono la propria classe. Sulla base di questa prima semplice considerazione, lo scheduling orario standard, proposto sia dal software di modellazione che di simulazione⁸, è stato raffinato da questo primo parametro.

Le Unità Ambientali di Riferimento ospitano ciascuna 100 studenti, divisi in 4 classi. La costruzione delle matrici finalizzate alla previsione delle percentuali di transizione tra gli spazi dell'UAR, calcolate attraverso il modello statistico delle Catene di Markov⁹, si fonda sulle regole di distribuzione che seguono:

Definiamo con Z_1, Z_2, Z_3 e Z_4 le percentuali di presenza attribuite ad ogni classe, con C la percentuale di presenza nel connettivo e con L la percentuale di presenza negli altri spazi (laboratori, palestra, ecc.). C e L le calcoliamo sul totale della popolazione considerata nell'UAR (N). Definiamo quindi con nZ_1, nZ_2, nZ_3, nZ_4 il numero di presenti per ogni aula e calcoliamo con i coefficienti kZ_1, kZ_2, kZ_3, kZ_4 relativi a quanto peseranno nella valutazione delle percentuali nelle altre classi. Quindi $N = nZ_1 + nZ_2 + nZ_3 + nZ_4$.

Nel caso si considerino tutti gli studenti presenti all'interno dell'Unità Ambientale e distribuiti nel numero di 25 per classe,

$kZ_1 = nZ_1/N, kZ_2 = nZ_2/N$, e così via.

Dopo aver assegnato le percentuali delle presenze nelle aule Z_1, Z_2, Z_3 e Z_4 possiamo calcolare C come segue:

$$C = [100 - (kZ_1 * Z_1 + kZ_2 * Z_2 + kZ_3 * Z_3 + kZ_4 * Z_4)]\%$$

7. Si fa riferimento ai programmi scolastici tradizionali.

8. Dove le tipologie formative sono peraltro grossolanamente raggruppate in "edifici scolastici" dove al massimo si distingue la tipologia universitaria.

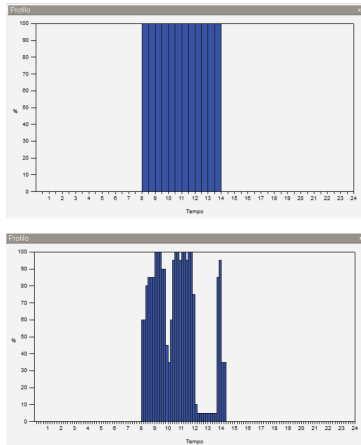


Fig. 6.3

Profili di funzionamento.

Sopra, lo scheduling tradizionale previsto dal software di simulazione. Sotto il profilo personalizzato con i dati statistici elaborati.

9. Biagini, F., & Campanino, M. (2006). Catene di Markov. In *Elementi di Probabilità e Statistica* (pp. 181-195). Milano: Springer

10. Si è adoperato a tale scopo il software di calcolo, predisposto da Kageyama M. & Fukuda H. Disponibile presso <https://kilin.clas.kitasato-u.ac.jp/software/markov/FiniteMarkovChain.html>

11. I sensori utilizzati appartengono al kit "Xiaomi Mi Smart Home Kit Gateway2 - Door Window Sensor Human Body Sensor Wireless Switch Smart Devices Sets For Mi Smart Home".

Se consideriamo che negli orari di lezione una o più classi sono assenti, attribuiamo le rispettive percentuali a L .

Ad esempio, se l'aula a cui è assegnata la percentuale Z_1 è vuota $\rightarrow L = kZ_1 * Z_1$

Se sono vuote le classi a cui sono assegnate le percentuali Z_2 e $Z_3 \rightarrow kZ_2 * Z_2 + kZ_3 * Z_3$.

Applicando la metodologia appena esplicitata, si sono determinate le probabilità per il momento iniziale t_0 di transizione tra gli spazi e calcolate le probabilità dei momenti successivi tn^{10} . Si sottolinea che nella configurazione tradizionale, la probabilità di passaggio tra le aule è nulla.

I profili di occupazione sono stati ulteriormente perfezionati a seguito di una campagna di rilevamento delle presenze e della frequenza di apertura dei serramenti, effettuata monitorando attraverso dei sensori domotici commerciali¹¹, collegati alla relativa applicazione, una classe di un Istituto di Roma per una settimana.

Dai rilevamenti risulta un tempo di apertura delle finestre pari al 5% della durata delle lezioni e un'uscita oraria degli occupanti dall'aula variabile tra 0% e 10%.

In considerazione del tipo di studi che ci si è proposti di condurre, si è ritenuto accettabile utilizzare uno scheduling profilato come programma di occupazione compatto settimanale. Infine, con i dati raccolti e derivando delle modellazioni realistiche per le due configurazioni non monitorabili, sono stati settati dei profili di occupazione, del tipo riportato nella Fig. 6.3.

6.4 Modelli e dati di input

Di seguito, si dettagliano le impostazioni comuni alle due Unità Ambientali di Riferimento, invariate nelle tre configurazioni. Per le caratteristiche termo-fisiche dell'involucro, si rimanda alle specifiche di prestazione già esplicitate nel Capitolo 5. Entrambe le Unità Ambientali occupano il blocco intermedio di un edificio di tre piani fuori terra al fine di minimizzare la peculiarità del posizionamento degli ambienti e l'impatto delle dispersioni e concentrare, quindi, lo studio sugli effetti dei fenomeni interni (Fig. 6.4).

Le condizioni al contorno sono state così definite:

- Caldaia tradizionale ad alta efficienza e produzione di acqua calda sanitaria e riscaldamento;
- Sistema di distribuzione con collettori, distribuiti ai vari piani;
- Sistema di regolazione con controllo centralizzato¹²;
- Sistema di emissione realizzato con radiatori collocati negli ambienti;
- Coefficiente medio di performance stagionale (CoP) pari a 0.85;
- Terminali di emissione per il raffrescamento estivo: ventilconvettori;
- Temperatura di set point in inverno: 20^o13;
- Temperatura di attenuazione in inverno: 15°;
- Temperatura di set point in estate: 26^o14;
- Temperatura di attenuazione in estate: 28°;
- Periodo di utilizzo degli ambienti: dalle 8:00 alle 14:00 di tutti i giorni settimanali, esclusi i weekend, ma compreso il periodo estivo (luglio-agosto);
- Valore di illuminamento in ambiente su piano di lavoro posto a 0,85 m dal pavimento: 300 lux;
- Tipo di illuminazione: applicata alla superficie;
- Tipologia di sistema di controllo dell'illuminazione artificiale: on-off;

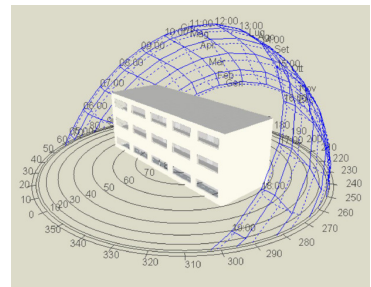
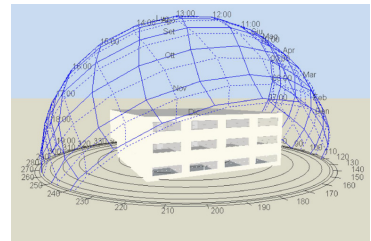


Fig. 6.4 Modelli completi.

In alto, l'edificio a piastra che ospita l'Unità Ambientale di Riferimento 1 (UAR1).

In basso, il blocco relativo all'Unità Ambientale di Riferimento 2 (UAR2).

12. Nelle configurazioni ottimizzate è prevista l'installazione di termovalvole per consentire la regolazione per ambienti della temperatura.

13. La grandezza considerata per la valutazione della temperatura di comfort è la temperatura operativa:

$$T_{op} = \frac{h_r \cdot T_{mr} + h_c \cdot T_a}{h_{cr}}$$

dove:

h_r è il coefficiente di scambio radiativo;

T_{mr} è la temperatura media radiante;

T_a è la temperatura dell'aria;

h_c è il coefficiente di scambio convettivo;

h_{cr} è il coefficiente di adduzione.

In accordo con la UNI EN ISO 7730 e le ASHRAE Standard 55 indicano come condizioni di comfort:

- $T_{op} = 20-24$ °C, UR = 30-70% in periodo invernale;
- $T_{op} = 23-26$ °C, UR = 30-70% in periodo estivo.

14. v. nota precedente.

- volumi orari di ricambio d'aria per ventilazione: 0,625 vol/ora
- presenza di strumentazione elettronica ed informatica in determinati ambienti ed in funzione dalle ore 8.00 alle ore 14.00 di tutti i giorni settimanali, esclusi i festivi ma compreso il periodo estivo (luglio-agosto).

Si è ipotizzato, quindi, che le UAR siano dotate di impianti di raffrescamento e che siano frequentate anche durante i due mesi estivi, circostanze che non trovano riscontro nella realtà italiana e romana in particolare. Tuttavia, gli eventi che sono oggetto di studio influenzano sensibilmente gli apporti di calore interno, quindi una valutazione completa degli scenari non può che partire da misurazioni complessive.

Non è stato preso in considerazione, invece, il fabbisogno energetico per la produzione di acqua calda sanitaria perché non ritenuto significativo e legato ai parametri di cui si esamina la variabilità.

Unità Ambientale di Riferimento 1 (UAR1)

Il modello virtuale legato alla tipologia a piastra si articola intorno a un ampio spazio distributivo, scandito dai collegamenti verticale, e organizzato per unità funzionali. Nel modello, anche se non direttamente oggetto di studio, sono previsti i laboratori perché ritenuti parte condizionante dei fenomeni che avvengono nell'UAR1. Si prevede che in questi ci sia un carico termico e elettrico dovuto al funzionamento di computer e attrezzature specifiche; si stima, sulla base dallo standard ASHRAE 55, che le attività di laboratorio implicino un tasso metabolico pari a 123 W/mq^{15} , contro i 108 W/mq di un'attività di studio tradizionale.

Le configurazioni 2 e 3, in cui si prevede il passaggio da un modello didattico tradizionale alla didattica per ambienti, implica la totale occupazione degli spazi. L'implementazione di modelli collaborativi che affiancano lo studio tradizionale si traduce in un incremento del tasso metabolico: da 108 W/mq a 133 W/mq .

Il modello fisico è stato quindi stressato con un carico d'uso ulteriore, portato da un gruppo di studenti per la configurazione 2 e due gruppi per della configurazione 3 esterni al sistema, composti da 25 elementi ciascuno.

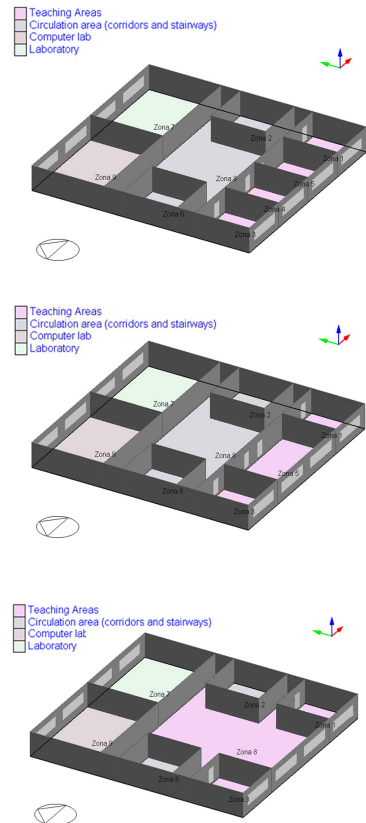
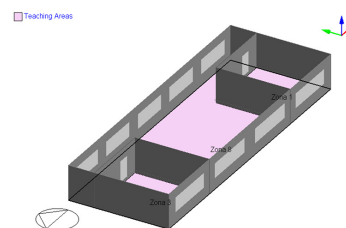
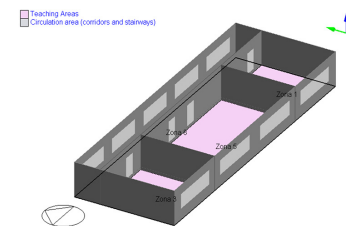
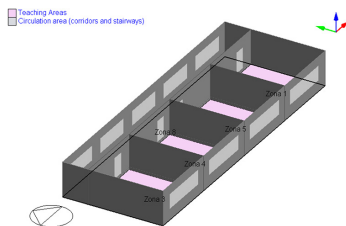


Fig. 6.5 Unità Ambientale di Riferimento UAR1. Tre configurazioni, dall'alto: Aula tradizionale (conf1); Spazio di Gruppo+ (conf2); Cluster (conf.3).

15. Si ricorda che 1 met equivale a $58,2 \text{ W/mq}$.

Unità Ambientale di Riferimento 2 (UAR2)



Il modello virtuale legato alla tipologia a blocco si articola sulla centralità dell'aula. Nel modello, in questo caso, si sono potute escludere le altre attività perché il modello distributivo non è pensato per un funzionamento organico.

In questo caso, quindi, gli incrementi relativi al tasso metabolico, come già descritti per l'UAR1, riguardano le attività che si svolgono nelle aule e solo nell'ultima configurazione si estendono parametricamente al connettivo, convertito in spazio didattico.

Anche in questo caso, le configurazioni 2 e 3, in cui si prevede il passaggio da un modello didattico tradizionale alla didattica per ambienti, implica la totale occupazione degli spazi.

Il modello fisico è stato quindi stressato con un carico d'uso ulteriore, portato da un gruppo di studenti, composto da 25 elementi.

Fig. 6.6 Unità Ambientale di Riferimento UAR2.
Tre configurazioni, dall'alto:
Aula tradizionale (conf1);
Spazio di Gruppo+ (conf2);
Cluster (conf.3).

ABSTRACT

CAPITOLO 7

SIMULAZIONE DEL MODELLO VIRTUALE. ANALISI DEI RISULTATI

ABSTRACT

In questa sezione si esaminano i risultati delle simulazioni condotte su due Unità Ambientali che traducono in un modello virtuale i caratteri di due Edifici di Riferimento, precedentemente dettagliati. Si estraggono i risultati rilevanti ai fini della ricerca di una campagna di simulazioni più vasta, riportata con completezza negli apparati del volume. I modelli, costruiti attraverso il software Autodesk Revit sono stati processati dal software DesignBuilder, interfaccia grafica di EnergyPlus. Il primo set di dati implementati, dedotti dalla normativa e dalla letteratura di settore, sono stati perfezionati attraverso il processo di ottimizzazione, che conta tra 1600 e 2100 iterazioni per ogni configurazione. La simulazione condotta nuovamente con l'immissione del set di dati ottenuto, restituisce risultati che confortano l'ipotesi di un apporto significativo dell'impatto energetico di configurazioni spaziali differenti da cui derivano pattern di occupazione ottimizzati. Infine, si prefigura il possibile perfezionamento della formula di calcolo per la valutazione del Costo-Ottimo attraverso l'introduzione di termini che tengano conto del beneficio apportato dalle scelte progettuali di riconfigurazione degli spazi interni.

la progettazione tecnologica degli ambienti di apprendimento

p. 160

7.1 Analisi dei risultati

La tavola sinottica 7.1 descrive il quadro completo delle simulazioni condotte sui modelli virtuali. In questa sede, verranno comparati esclusivamente i profili energetici e di comfort desunti dai modelli con orientamento Nord dell'ingresso, quindi delle aule a Sud, perché ritenuto dalla letteratura l'orientamento da privilegiare per le finalità didattiche e per la maggiore chiarezza di lettura dei risultati. Come già esplicitato, l'esercizio è stato condotto su due Unità Ambientali che si riferiscono a Edifici di Riferimento degli anni Settanta, caratterizzati prevalentemente da strutture in calcestruzzo a telaio, che consentono un certo, pur ridotto, grado di trasformazione spaziale e organizzativa.

La diffusa applicazione della tecnologia costruttiva implementata nel modello, ne amplifica l'interesse: i ragionamenti che qui si svolgeranno riguardano un patrimonio datato tra gli anni Quaranta e gli anni Duemila, che conta poco meno del 70% degli edifici scolastici presenti sul territorio nazionale.

Unità Ambientale di Riferimento

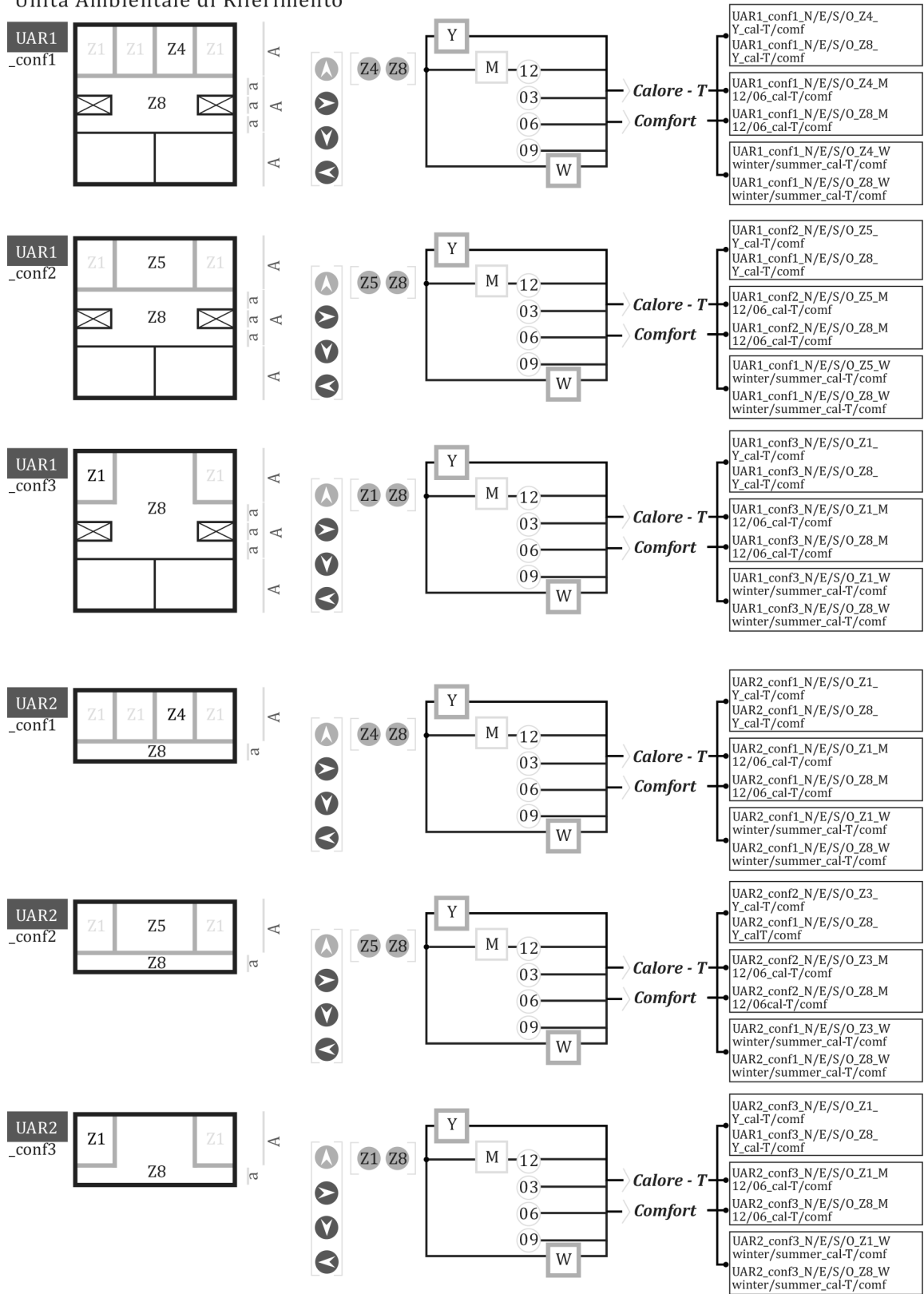


Fig 7.1 Piano delle simulazioni: tavola sinottica

USI FINALI UAR1_CONF1

END USE

	Electricity [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]
Heating	0.00	0.00	14097.72
Cooling	0.00	35323.11	0.00
Interior Lighting	72408.51	0.00	0.00
Interior Equipment	1972.72	0.00	0.00
Total End Uses	74381.23	35323.11	14097.72

UTILITY USE PER CONDITIONED FLOOR AREA

	Electricity Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]
Lighting	38.78	0.00	0.00
HVAC	0.00	18.92	10.50
Other	1.06	0.00	0.00
Total	39.83	18.92	10.50

USI FINALI UAR1_CONF2

END USE

	Electricity [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]
Heating	0.00	0.00	13103.90
Cooling	0.00	48328.23	0.00
Interior Lighting	63703.65	0.00	0.00
Interior Equipment	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	63703.65	48328.23	13103.90

UTILITY USE PER CONDITIONED FLOOR AREA

	Electricity Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]
Lighting	32.41	0.00	0.00
HVAC	0.00	24.59	9.60
Other	0.00	0.00	0.00
Total	32.41	24.59	9.60

USI FINALI UAR1_CONF3

END USE

	Electricity [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]
Heating	0.00	0.00	12377.82
Cooling	0.00	60015.30	0.00
Interior Lighting	69353.60	0.00	0.00
Interior Equipment	19670.76	0.00	0.00
Total End Uses	89024.37	60015.30	12377.82

UTILITY USE PER CONDITIONED FLOOR AREA

	Electricity Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]
Lighting	37.08	0.00	0.00
HVAC	0.00	32.09	11.80
Other	10.52	0.00	0.00
Total	47.60	32.09	11.80

Tab. 7.1 Fabbisogno energetico relativo all'UAR1 nelle tre configurazioni.

1. Cfr. descrizione degli scenari nel Capitolo 6.

Unità Ambientale di Riferimento 1

Se da un lato la tipologia a piastra presenta una maggiore complessità nell'interpretazione dei fenomeni termofisici, dall'altro se ne intuisce facilmente il potenziale trasformativo.

La sintassi per unità funzionali consente una maggiore completezza dell'organizzazione didattica, quindi la prefigurazione di scenari più facilmente applicabili e riproducibili.

Una prima considerazione: i valori di set point adottati, evidentemente troppo bassi per garantire il comfort nella stagione invernale, non restituiscono un valore realistico del fabbisogno al mq ma si può esprimere una valutazione qualitativa dell'evoluzione nei profili energetici: nel passaggio dalla configurazione 1 alla configurazione 3 si registra una riduzione del fabbisogno per riscaldamento pari al 7% per ogni transizione, mentre per il raffrescamento si registra un aggravio di circa il 30%.

La dinamica è chiaramente imputabile all'aumento progressivo del numero degli utenti che saturano gli spazi didattici in tutte le ore della giornata scolastica, praticando attività che implicano un tasso metabolico superiore allo studio tradizionale¹ e l'uso di apparecchiature elettroniche, a supporto della didattica.

Per una valutazione puntuale del comfort negli ambienti interni, sono state condotte le simulazioni, su entrambe le unità ambientali, in due settimane rilevanti sia dal punto di vista delle condizioni termiche che nella scansione delle attività scolastiche:

- settimana invernale: 3 febbraio – 9 febbraio
- settimana estiva: 16 – 22 giugno.

Dell'Unità Ambientale 1 si riportano gli approfondimenti svolti su uno spazio confinato, dedicato alla didattica e sulle unità spaziali di cui si prevede di operare la trasformazione.

I grafici della Fig. 7.2 riproduce la dinamica di carico e di scarico degli apporti interni, durante la settimana tipica invernale. Il calore non viene completamente dissipato perché l'assenza di ventilazione naturale, prevista in questo set di simulazioni, affida alla sola apertura dei serramenti il ricambio d'aria, che si rivela evidentemente insufficiente. A questo è attribuibile la rapida crescita del diagramma di comfort che non si stabilizza, per una durata apprezzabile, su livelli alti o medi, come descritti dalle norme introdotte nel Capitolo 2.

Il comfort migliora leggermente nella settimana estiva di progetto. Si riconoscono oscillazioni più contenute e i valori di comfort

superano di poco il valore di 0.7 dell'Indice di Fanger.

La percezione di comfort nella zona 5, configurato come spazio aumentato per la didattica che ospita momenti collaborativi interclasse, varia significativamente rispetto all'aula tradizionale. Come rappresentato nel grafico nella Fig. 7.4, si prevede che il voto medio degli utenti oscilla rapidamente fino a registrare una temperatura degli ambienti interni troppo alta, pur in condizioni esterne tipicamente invernali.

L'ultimo scenario riguarda l'apertura totale di due aule intermedie verso lo spazio connettivo che articola momenti didattici differenti: collaborativi, di studio individuale, di ricerca e socializzazione.

L'ampiezza notevole e la contiguità con spazi esterni o non riscaldati determina l'ampiezza degli intervalli delle ore di disagio che risultano sia dalla simulazione della settimana di progetto invernale che in quella estiva (Figg. 7.5 e 7.6).

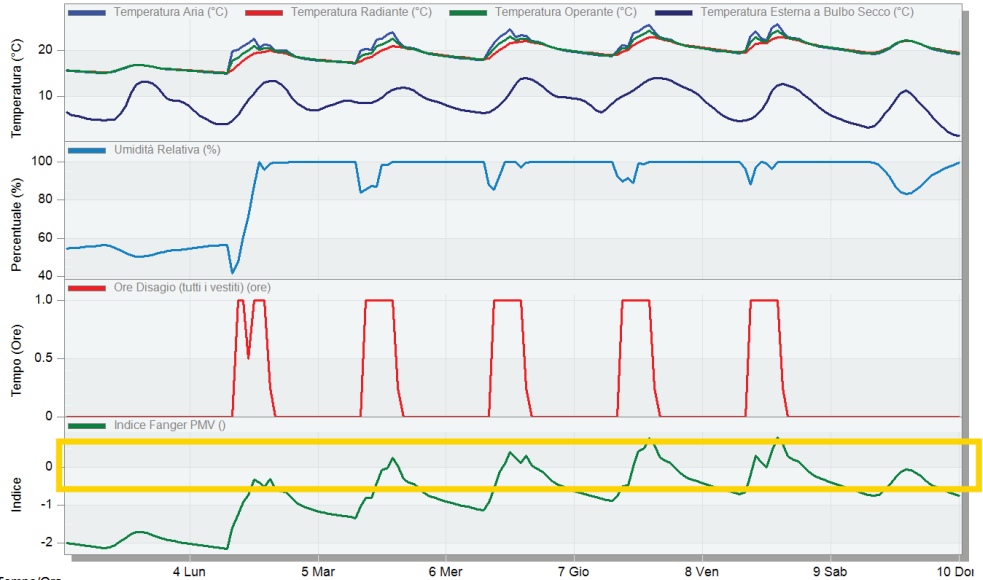
È interessante rilevare, d'altra parte, che alle stesse ragioni sia attribuibile la minore variabilità degli indici di comfort, rispetto agli ambienti confinati.

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1, Zona 4
3 Feb - 9 Feb, Orario



Tempo/Ora	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Do
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.00	0.72	0.00	0.72	0.72
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	1.15	0.00	0.00	0.53
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	0.86	0.00	0.00	0.40	0.00	0.02	0.32
Riscaldamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Raffrescamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	0.56	0.00	0.00	0.15

Comfort - Blocco 1 1, Zona 4
3 Feb - 9 Feb, Orario



Tempo/Ora	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Do
Temperatura Aria (°C)	16.88	15.05	18.36	22.67	18.38	21.72	21.13
Temperatura Radiante (°C)	16.87	15.21	18.46	20.10	18.55	21.47	19.81
Temperatura Operante (°C)	16.87	15.13	18.41	21.38	18.47	21.59	20.47
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	13.15	3.90	7.80	9.70	6.97	12.18	10.07
Umidità Relativa (%)	50.19	56.40	100.00	98.52	100.00	100.00	89.77
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
Indice Fanger PMV ()	-1.70	-2.13	-1.02	-0.06	-1.01	-0.10	-0.50

Fig. 7.2 Grafico che descrive gli apporti interni e la percezione di comfort nella Zona 4 dell'Unità Ambientale 1, configurazione tradizionale (1). Settimana invernale di progetto.

Comfort - Blocco 1 1, Zona 4
16 Giu - 23 Giu, Orario

Studente

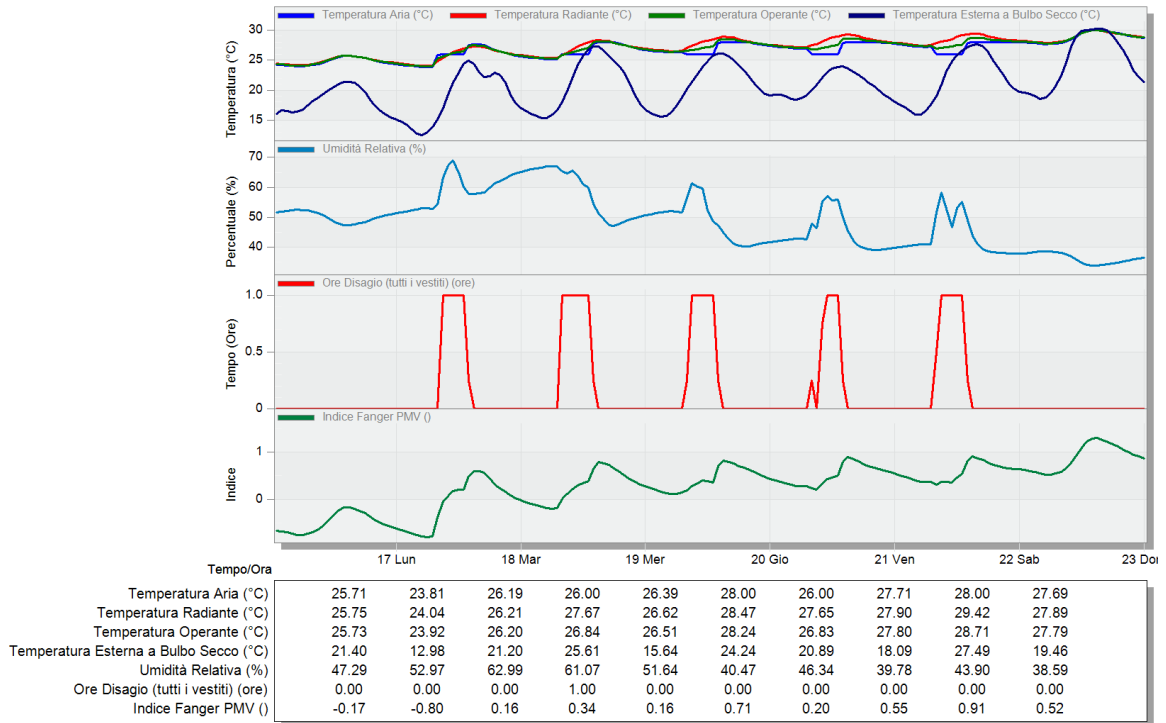


Fig. 7.3 Grafico che descrive la percezione di comfort nella Zona 4 dell'Unità Ambientale 1, configurazione tradizionale (1). Settimana estiva di progetto.

Comfort - Blocco 1 1, Zona 5
3 Feb - 9 Feb, Orario

Studente

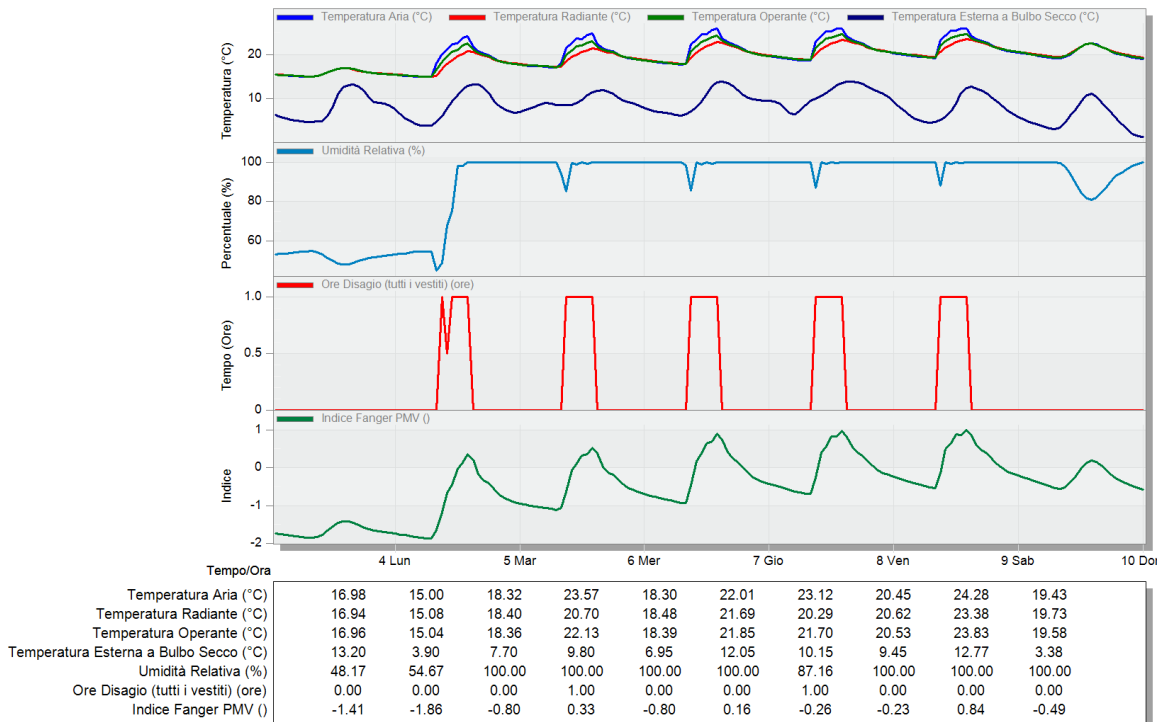


Fig. 7.4 Grafico che descrive la percezione di comfort nella Zona 5 dell'Unità Ambientale 1, configurazione Spazio+ (2). Settimana invernale di progetto.

Comfort - Blocco 1 1, Zona 8
3 Feb - 9 Feb, Orario

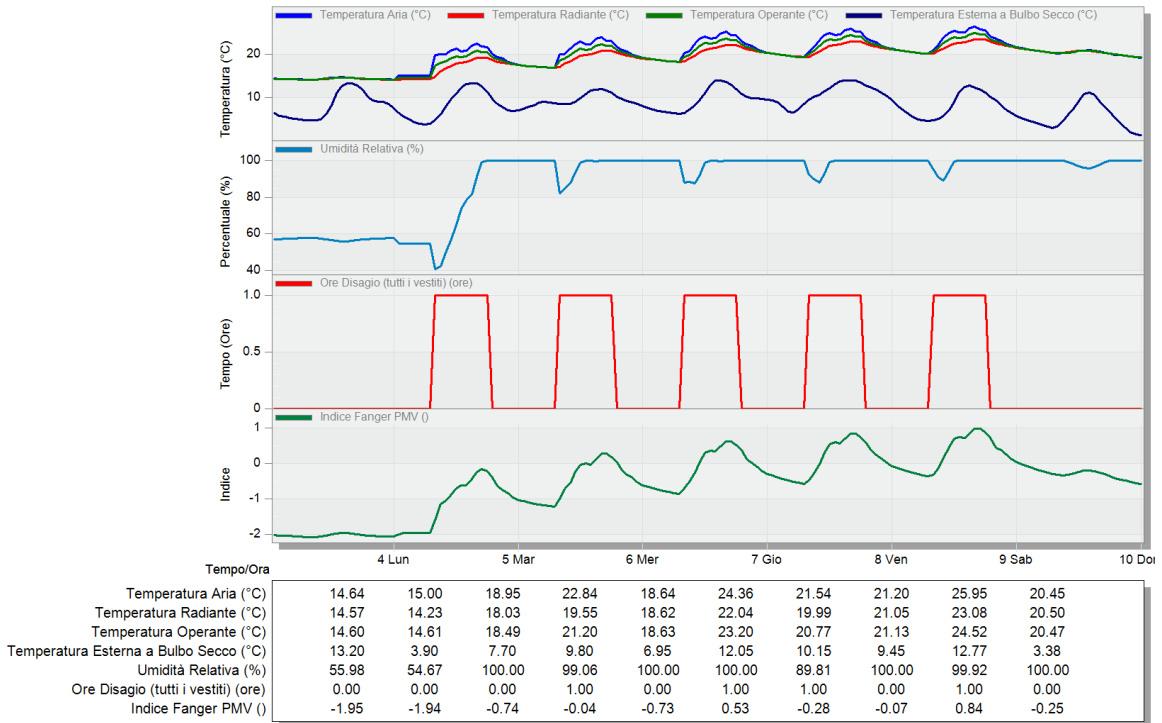


Fig. 7.5 Grafico che descrive la percezione di comfort nella Zona 8 dell'Unità Ambientale 1, configurazione Cluster (3). Settimana invernale di progetto.

Comfort - Blocco 1 1, Zona 8
16 Giu - 23 Giu, Orario

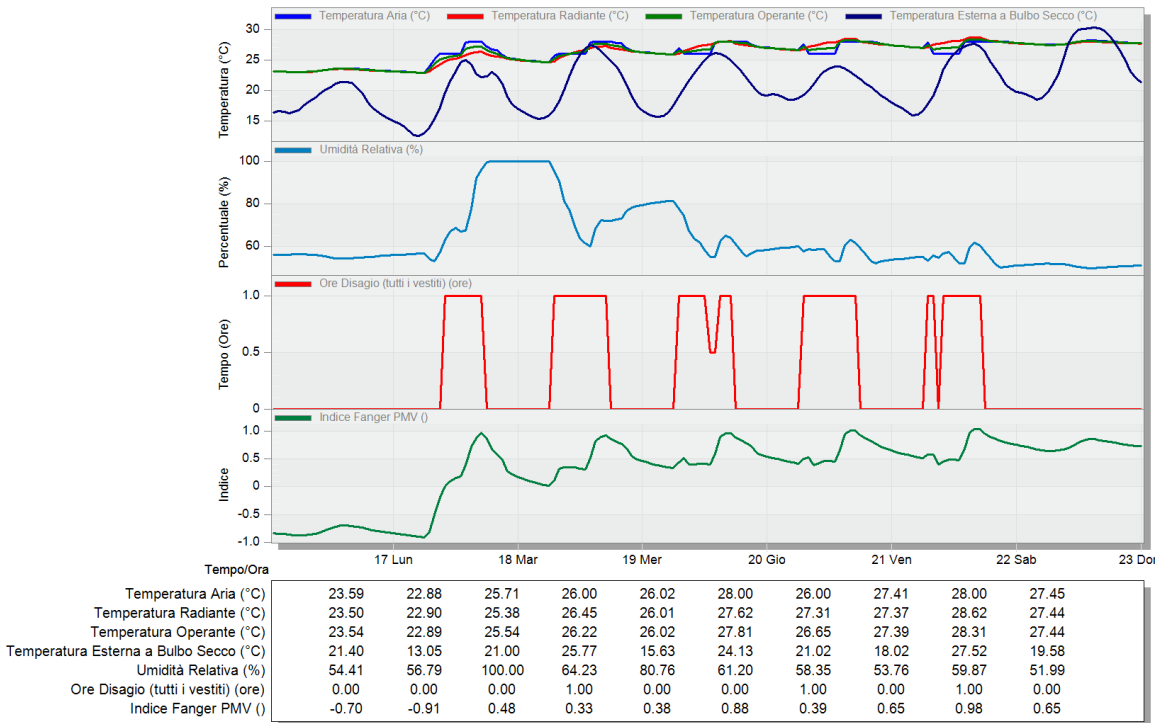


Fig. 7.6 Grafico che descrive la percezione di comfort nella Zona 8 dell'Unità Ambientale 1, configurazione Cluster (3). Settimana estiva di progetto.

Unità Ambientale di Riferimento 2

Per la tipologia a blocco, il ragionamento può essere considerato speculare a quanto detto per l'UAR1. Nei carichi termici interni si leggono chiaramente i singoli apporti, come sarà visibile dai grafici. Alla semplicità dell'impianto corrisponde uno scarso interesse nell'applicazione delle soluzioni progettuali più ardite, come la conformazione di un Cluster didattico, che è stata comunque implementata per completezza.

Come già sottolineato nel caso precedente, i valori di set point adottati non restituiscono un valore realistico del fabbisogno al mq. A un primo esame rapido dell'evoluzione nei profili energetici, non si riscontra il decremento lineare della prima tipologica, bensì un incremento del fabbisogno per raffrescamento e all'inverso un decremento degli usi finali per il riscaldamento nel passaggio dalla configurazione 1 alla 2 e un sostanziale ritorno ai valori della prima nell'adozione della configurazione 3.

La dinamica è chiaramente imputabile nel primo passaggio all'aumento del numero degli utenti che saturano gli spazi didattici in tutte le ore della giornata scolastica, praticando attività che implicano un tasso metabolico superiore allo studio tradizionale², il successivo incremento è imputabile all'ampliamento della superficie di distribuzione degli occupanti, che riequilibra il sovraccarico precedente ma richiama allo stesso impegno in termini di riscaldamento.

Com'è prevedibile, i grafici (Figg. 7.7 e 7.8) descrivono dei livelli di comfort simili alla configurazione UAR1_1.

Mentre nella stagione invernale l'andamento dell'indice di comfort presenta sostanzialmente le stesse caratteristiche della configurazione 1, nello Spazio+ ottenuto dall'unione di due unità spaziali della UAR2, si registra per una riduzione significativa delle ore di disagio (Fig. 7.9).

A riprova della scarsa duttilità della tipologia ad implementare soluzioni più radicali, il grafico descrive una percezione del comfort ambientale Cluster dell'UAR2 nettamente peggiore che negli altri ambienti, a fronte di un impegno energetico pari alla configurazione tradizionale.

2. Cfr. descrizione degli scenari nel Capitolo 6.

USI FINALI UAR2_CONF1

END USE			
	Electricity [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]
Heating	0.00	0.00	7156.49
Cooling	0.00	21363.31	0.00
Interior Lighting	27869.78	0.00	0.00
Interior Equipment	503.82	0.00	0.00
Total End Uses	28373.60	21363.31	7156.49

UTILITY USE PER CONDITIONED FLOOR AREA

	Electricity Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]
Lighting	37.10	0.00	0.00
HVAC	0.00	28.44	13.43
Other	0.67	0.00	0.00
Total	37.78	28.44	13.43

USI FINALI UAR2_CONF2

END USE

	Electricity [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]
Heating	0.00	0.00	6792.13
Cooling	0.00	30067.77	0.00
Interior Lighting	25991.59	0.00	0.00
Total End Uses	25991.59	30067.77	6792.13

UTILITY USE PER CONDITIONED FLOOR AREA

	Electricity Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]
Lighting	34.56	0.00	0.00
HVAC	0.00	39.97	12.93
Other	0.00	0.00	0.00
Total	34.56	39.97	12.93

USI FINALI UAR2_CONF3

END USE

	Electricity [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]
Heating	0.00	0.00	8190.09
Cooling	0.00	24212.22	0.00
Interior Lighting	22967.70	0.00	0.00
Interior Equipment	2254.16	0.00	0.00
Total End Uses	25221.86	24212.22	8190.09

UTILITY USE PER CONDITIONED FLOOR AREA

	Electricity Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]
Lighting	30.45	0.00	0.00
HVAC	0.00	32.10	17.74
Other	2.99	0.00	0.00
Total	33.44	32.10	17.74

Tab. 7.2 Fabbisogno energetico relativo all'UAR1 nelle tre configurazioni.

Comfort - Blocco 1 1, Zona 4
3 Feb - 9 Feb, Sotto-orario

Studente

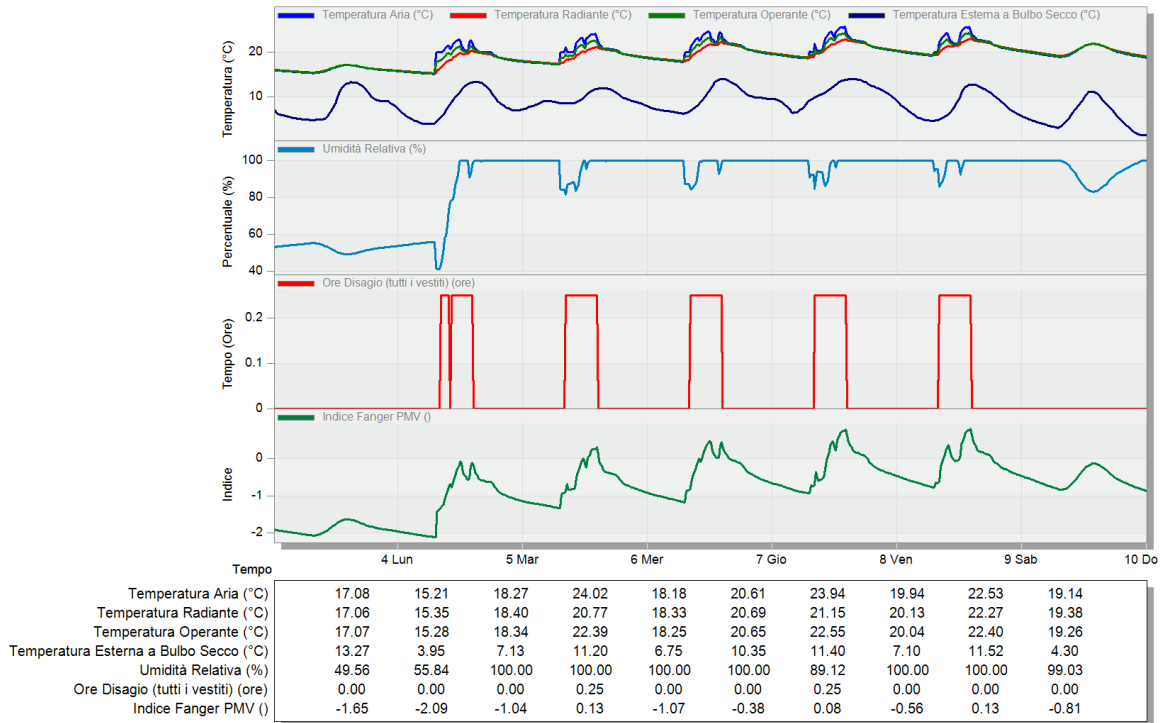
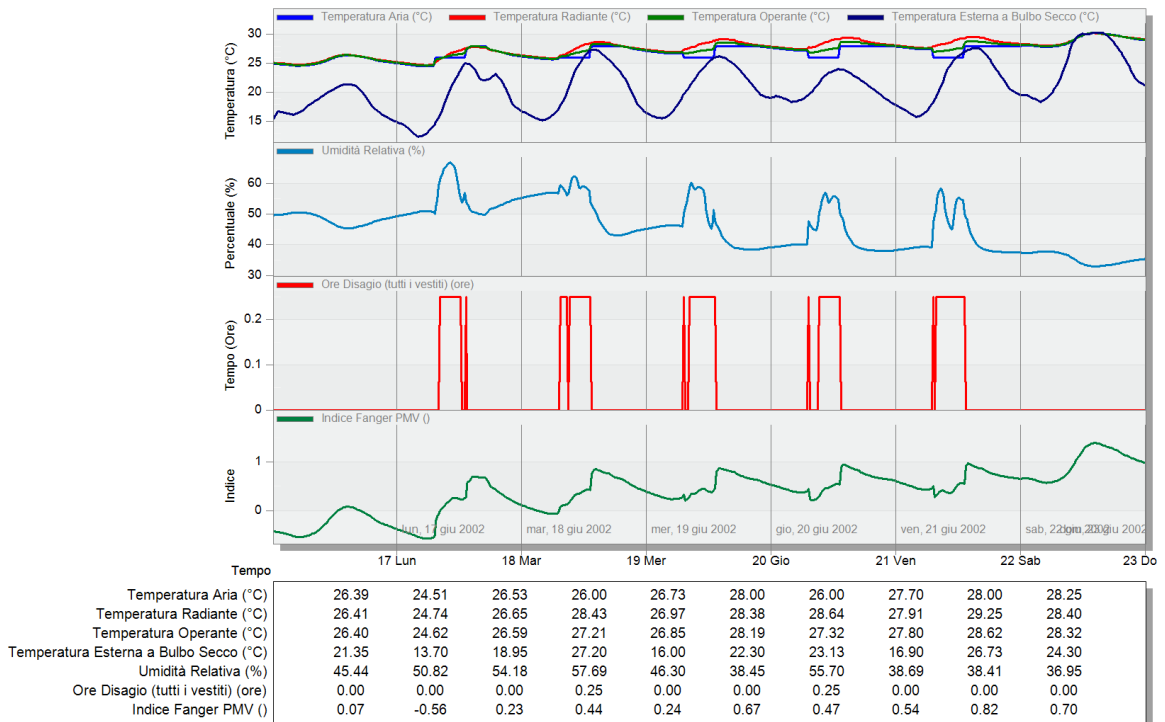


Fig. 7.7 Grafico che descrive la percezione di comfort nella Zona 4 dell'Unità Ambientale 2, configurazione tradizionale (1). Settimana invernale di progetto.

Comfort - Blocco 1 1, Zona 4
16 Giu - 23 Giu, Sotto-orario

Studente



FFig. 7.8 Grafico che descrive la percezione di comfort nella Zona 4 dell'Unità Ambientale 2, configurazione tradizionale (1). Settimana estiva di progetto.

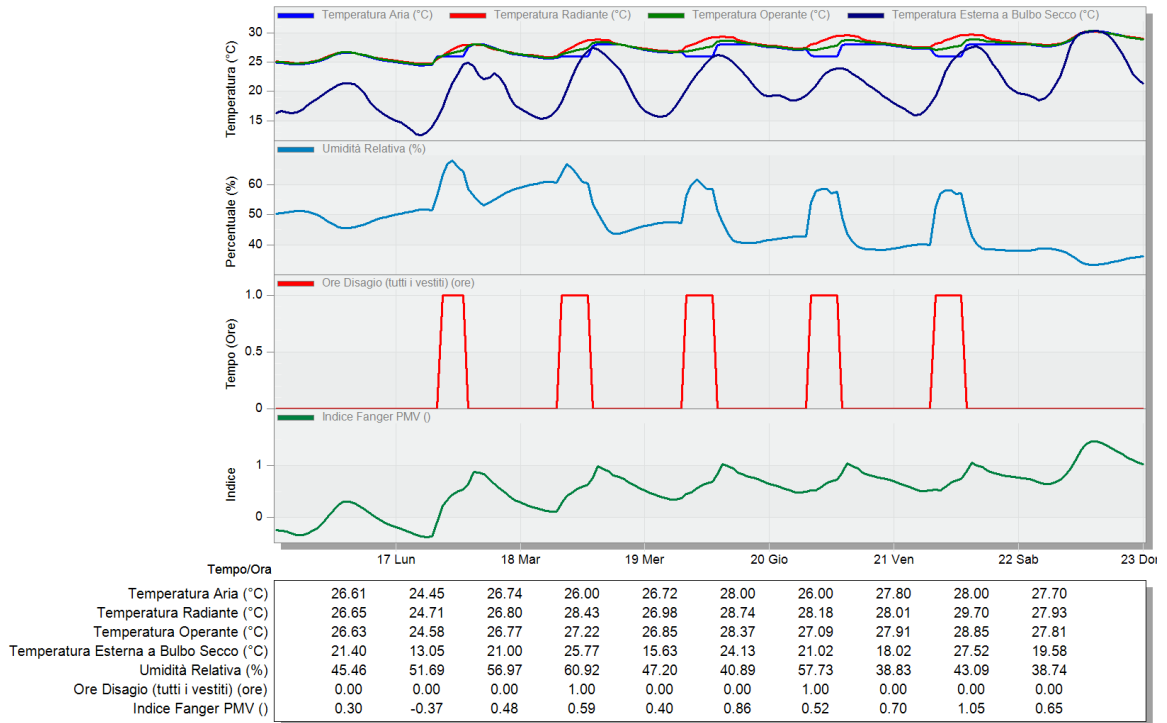


Fig. 7.9 Grafico che descrive la percezione di comfort nella Zona 5 dell'Unità Ambientale 2, configurazione Spazio+ (2). Settimana estiva di progetto.

7.2 Calibrazione e Ottimizzazione. Verso la riscrittura del tipo

Al fine di precisare le simulazioni, si è proceduto all'ottimizzazione dei valori di settaggio delle simulazioni, attraverso l'applicativo dedicato di Design Builder. Dall'operazione risultano i valori, classificati come "ottimo paretiano" che ottimizzano la produzione di CO₂ e migliorano i livelli di comfort, in relazione ai consumi. Il processo, oneroso dal punto di vista dei tempi, ha elaborato tra 1600 e 2100 iterazioni circa per ogni configurazione.

Nelle tabelle 7.3 e 7.4 sono riportati i valori di Ottimizzazione per entrambe le UAR.

Settaggi di questo tipo implicano, in un edificio di riferimento reale, l'adozione di valvole per il controllo della temperatura nei singoli ambienti.

Inoltre, come già sottolineato nel Capitolo 2, gli effetti della ventilazione naturale, introdotta in questo secondo set di simulazioni, migliora sensibilmente le condizioni di comfort indoor. Le simulazioni condotte sui dati di input calibrati restituiscono valori di fabbisogno energetico in linea con i fabbisogni reali della tipologie scolastiche che aderiscono alla caratterizzazione di riferimento.

Per un approfondimento sulle simulazioni condotte si rimanda all'allegato, dove sono puntualmente riportati i grafici e i riepiloghi dei dati relativi al fabbisogno energetico.

OTTIMIZZAZIONE UAR 1_CONF1

<i>Dati di input variabili</i>	<i>Dati di input variabili</i>	<i>Dati di input variabili</i>
Zona 1/3/4/5 - Aula tradizionale	Zona 8 - Distributivo	Zona 7/9 - Laboratorio
Densità (persone/mq) 0.5	Densità (persone/mq) 0.11	Densità (persone/mq) 0.21
Setpoint di riscaldamento (°C) 23.5	Setpoint di riscaldamento (°C) 23.5	Setpoint di riscaldamento (°C) 23.5
Temp. attenuazione Riscal.(°C) 15	Temp. attenuazione Riscal.(°C) 15	Temp. attenuazione Riscal.(°C) 15
Setpoint di raffreddamento (°C) 24	Setpoint di raffreddamento (°C) 24	Setpoint di raffreddamento (°C) 24
Temp. attenuazione Raffr. (°C) 28	Temp. attenuazione Raffr. (°C) 28	Temp. attenuazione Raffr. (°C) 28
Dispositivi ufficio/computer off	Dispositivi ufficio/computer off	Dispositivi ufficio/computer on
Ventilazione naturale on	Ventilazione naturale on	Ventilazione naturale on

OTTIMIZZAZIONE UAR 1_CONF2

<i>Dati di input variabili</i>	<i>Dati di input variabili</i>	<i>Dati di input variabili</i>
Zona 1/3- Didattica per ambienti	Zona 8 - Distributivo	Zona 5- Spazio +
Densità (persone/mq) 0.5	Densità (persone/mq) 0.11	Densità (persone/mq) 0.21
Setpoint di riscaldamento (°C) 21.2	Setpoint di riscaldamento (°C) 22.2	Setpoint di riscaldamento (°C) 20.2
Temp. attenuazione Riscal.(°C) 15	Temp. attenuazione Riscal.(°C) 15	Temp. attenuazione Riscal.(°C) 15
Setpoint di raffreddamento (°C) 24	Setpoint di raffreddamento (°C) 24	Setpoint di raffreddamento (°C) 24
Temp. attenuazione Raffr. (°C) 28	Temp. attenuazione Raffr. (°C) 28	Temp. attenuazione Raffr. (°C) 28
Dispositivi ufficio/computer off	Dispositivi ufficio/computer off	Dispositivi ufficio/computer on
Ventilazione naturale on	Ventilazione naturale on	Ventilazione naturale on

OTTIMIZZAZIONE UAR 1_CONF3

<i>Dati di input variabili</i>	<i>Dati di input variabili</i>	<i>Dati di input variabili</i>
Zona 1/3- Didattica per ambienti	Zona 8 - Cluster	Zona 7/9 Laboratorio
Densità (persone/mq) 0.5	Densità (persone/mq) 0.25	Densità (persone/mq) 0.21
Setpoint di riscaldamento (°C) 21.2	Setpoint di riscaldamento (°C) 20.2	Setpoint di riscaldamento (°C) 21.2
Temp. attenuazione Riscal.(°C) 15	Temp. attenuazione Riscal.(°C) 15	Temp. attenuazione Riscal.(°C) 15
Setpoint di raffreddamento (°C) 24	Setpoint di raffreddamento (°C) 24	Setpoint di raffreddamento (°C) 24
Temp. attenuazione Raffr. (°C) 28	Temp. attenuazione Raffr. (°C) 28	Temp. attenuazione Raffr. (°C) 28
Dispositivi ufficio/computer off	Dispositivi ufficio/computer off	Dispositivi ufficio/computer on
Ventilazione naturale on	Ventilazione naturale on	Ventilazione naturale on

Tab. 7.3. Dati di Input ottenuti dalla calibrazione delle simulazioni per UAR1

OTTIMIZZAZIONE UAR 2_CONF1

<i>Dati di input variabili</i>	<i>Dati di input variabili</i>
Zona 1/3/4/5 - Aula tradizionale	Zona 8 - Distributivo
Densità (persone/mq) 0.5	Densità (persone/mq) 0.11
Setpoint di riscaldamento (°C) 23.5	Setpoint di riscaldamento (°C) 22.8
Temp. attenuazione Riscal.(°C) 15	Temp. attenuazione Riscal.(°C) 15
Setpoint di raffreddamento (°C) 24	Setpoint di raffreddamento (°C) 24
Temp. attenuazione Raffr. (°C) 28	Temp. attenuazione Raffr. (°C) 28
Dispositivi ufficio/computer off	Dispositivi ufficio/computer off
Ventilazione naturale on	Ventilazione naturale on

OTTIMIZZAZIONE UAR 2_CONF2

<i>Dati di input variabili</i>	<i>Dati di input variabili</i>	<i>Dati di input variabili</i>
Zona 1/3- Didattica per ambienti	Zona 8 - Distributivo	Zona 5- Spazio +
Densità (persone/mq) 0.5	Densità (persone/mq) 0.11	Densità (persone/mq) 0.21
Setpoint di riscaldamento (°C) 20.2	Setpoint di riscaldamento (°C) 22.5	Setpoint di riscaldamento (°C) 19.2
Temp. attenuazione Riscal.(°C) 15	Temp. attenuazione Riscal.(°C) 15	Temp. attenuazione Riscal.(°C) 15
Setpoint di raffreddamento (°C) 24	Setpoint di raffreddamento (°C) 24	Setpoint di raffreddamento (°C) 24
Temp. attenuazione Raffr. (°C) 28	Temp. attenuazione Raffr. (°C) 28	Temp. attenuazione Raffr. (°C) 28
Dispositivi ufficio/computer off	Dispositivi ufficio/computer off	Dispositivi ufficio/computer on
Ventilazione naturale on	Ventilazione naturale on	Ventilazione naturale on

OTTIMIZZAZIONE UAR 2_CONF3

<i>Dati di input variabili</i>	<i>Dati di input variabili</i>
Zona 1/3- Didattica per ambienti	Zona 8 - Cluster
Densità (persone/mq) 0.5	Densità (persone/mq) 0.25
Setpoint di riscaldamento (°C) 21.8	Setpoint di riscaldamento (°C) 22.2
Temp. attenuazione Riscal.(°C) 15	Temp. attenuazione Riscal.(°C) 15
Setpoint di raffreddamento (°C) 24	Setpoint di raffreddamento (°C) 24
Temp. attenuazione Raffr. (°C) 28	Temp. attenuazione Raffr. (°C) 28
Dispositivi ufficio/computer off	Dispositivi ufficio/computer off
Ventilazione naturale on	Ventilazione naturale on

Tab. 7.4. Dati di Input ottenuti dalla calibrazione delle simulazioni per UAR1

Verso una (reale) riqualificazione profonda

Per un approfondimento sulle simulazioni condotte si rimanda all'allegato, dove sono puntualmente riportati i grafici e i riepiloghi dei dati relativi al fabbisogno energetico.

In questa sede ci si limiterà a proporre le possibili e due indirizzi trasformativi per i quali si registrano i migliori livelli di comfort rispetto ai consumi previsti (Fig. 10).

Con riferimento alla tipologia a piastra, la configurazione 3 registra un miglioramento delle condizioni di comfort rispetto al layout tradizionale, a fronte di una riduzione dei consumi per il riscaldamento. La configurazione sembra in grado di massimizzare il calore latente degli occupanti. Inoltre, si stima che la trasformazione così orientata dell'organismo edilizio consentirebbe un'ottimizzazione spaziale tra il 20 e il 30%.

La tipologia a blocco, per le caratteristiche già sottolineate, non si presta ad accogliere trasformazioni altrettanto incisive. Un lavoro fisicamente più minuto, ma concettualmente altrettanto incisivo sull'uso degli spazi dimostra la sua efficacia sulla percezione dei livelli di comfort (Fig. 11). In questo caso si stima che la trasformazione di due aule in Spazio+ interclasse, combinata all'adozione di un modello didattico per ambienti, consenta un'ottimizzazione spaziale quantificabile tra il 15 e il 20% della superficie dedicata agli spazi di apprendimento.

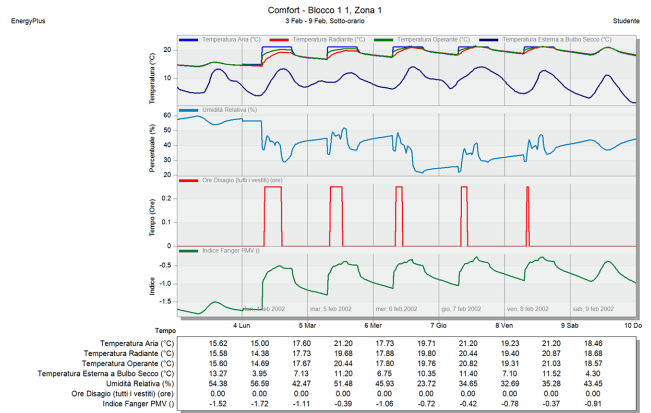
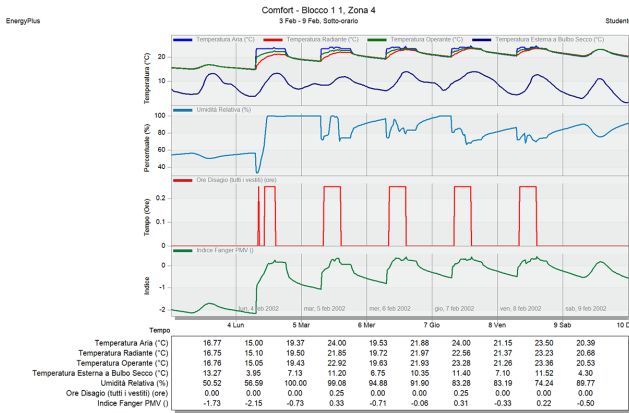


Fig. 10 Comparazione tra i livelli di comfort delle configurazioni UAR1_conf1 e UAR1_conf3, a seguito dell'ottimizzazione.

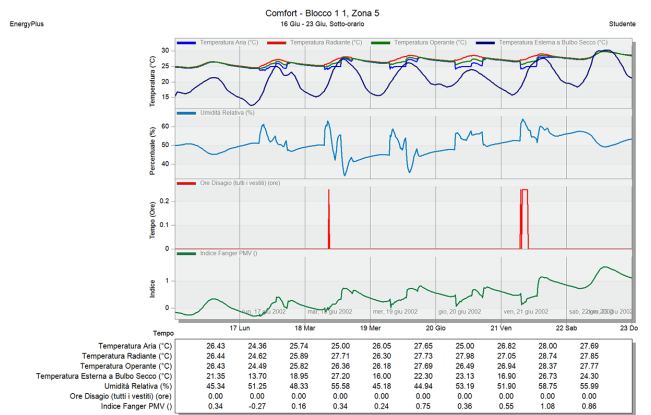
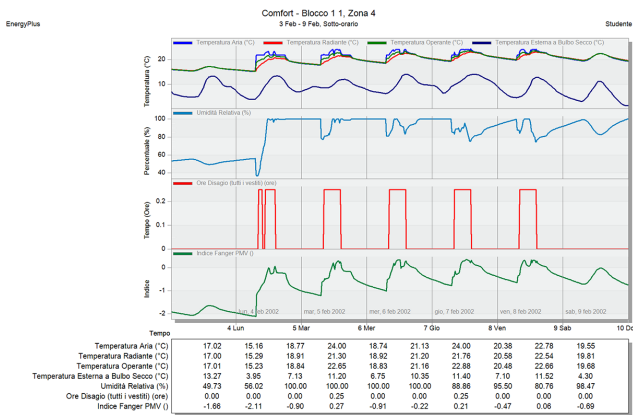


Fig. 11 Comparazione tra i livelli di comfort delle configurazioni UAR1_conf1 e UAR1_conf3, a seguito dell'ottimizzazione.

7.3 Revisione della Cost-Optimal formula

Sulla metodologia di valutazione Cost- Optimal, oltre alle questioni interpretative precedentemente sollevate, insistono considerazioni sul carattere proprio della capacità di guidare la scelta delle amministrazioni verso l'*ottimo*. Il secondo recast della Direttiva, nel 2018, ha integrato l'obbligatorietà del monitoraggio attraverso sistemi di management energetico integrati, come fortemente auspicato da gran parte della comunità scientifica.

Resta tutt'ora urgente l'esigenza di valutare le alternative dei progetti di riqualificazione in funzione non solo degli oneri ma soprattutto dei benefici che nel tempo possono ripagare dell'investimento, più significativamente del *payback time tradizionale*, come resilienza dell'ambiente costruito.

Introducendo i termini di beneficio e guadagno, si otterrebbe una valutazione dello scenario ottimo significativamente differente (Becchio et al. 2015).

Valutazioni di tipo estetico, di appetibilità sul mercato₃ (Popescu et al.2012), di sostenibilità dell'investimento sul lungo periodo presentano certamente dei margini di incertezza sia nella quantificazione sia nella monetizzazione. La ricerca si sta muovendo per precisare questi aspetti e sono emersi negli ultimi anni dei risultati di notevole interesse.

Sul guadagno imputabile all'aumento di comfort o meglio, alla riduzione della spesa dovuta a una scarsa qualità dell'aria interna e da livelli inadeguati di comfort termico, sono presi in considerazione propone un'implementazione della formula la ricerca di Becchio et al. (2015)⁴.

La proposta tiene conto dell'aumento del valore di mercato (**V_{mv}**) come benefit da sottrarre ai costi, il costo annuale per la riduzione dei livelli di GHG, identificati nella formula come **C_{p,i} (j)**, l'accesso a incentivi imputabili a una determinata scelta, individuati dal valore negativo **V_{s,i} (j)**, la riduzione dei valori di *embodied energy* è invece monetizzata nel valore **CE (j)**.

Sul miglioramento del comfort termico e della qualità dell'aria interna occorre tener conto di tre aspetti monetizzabili di più

3. Popescu, D.; Bienert, S.; Schützenhofer, C.; Boazu R. (2012) *Impact of energy efficiency measures on the economic value of buildings*. *Applied Energy*; 89:454-463.

4. Becchio, C.; Corgnati, S.P.; Orlietti, L.; Spigliantini, G. (2015). *Proposal for a Modified Cost-optimal Approach by Introducing Benefits Evaluation*. *Energy Procedia* 82; 445-451 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610215025953>.

complessa modellazione:

- I costi imputabili alla salute (assenteismo, spese sanitarie);
- I costi imputabili alla diminuzione del rendimento;
- I costi energetici imputabili a comportamenti volti a riequilibrare il discomfort.

Con il valore $C_{c,i}$, imputabile a queste considerazioni, gli autori propongono di completare l'integrazione della formula che assume la forma:

$$C_g(\tau) = C_l + \sum C_E(j) + \sum_j \left\{ \sum_{i=1}^{\tau} [(C_{a,i}(j) + C_{p,i}(j) + C_{c,i} - V_{s,i}(j)) \times R_d(i)] - V_{f,\tau}(j) - V_{mv} \right\}$$

La metodologia di valutazione Costo-Ottimo come matrice operativa nei processi di riqualificazione e rigenerazione urbana.

La proposta di Becchio et al. dimostra che il tema della valutazione degli scenari di intervento è tutt'altro che compiuto. Su ogni termine della formula, e sui successivi perfezionamenti che non tarderanno a trovarvi collocazione, insistono molteplici fattori non separabili, che nel bilanciamento non possono che essere valutati come complesso di interazioni.

La ricerca dimostra che sul governo della transizione e sull'infrastruttura e sulla competenza tecnologica occorre ricalibrare i pesi della riqualificazione del costruito e, più in generale, ridisegnare le strategie urbane.

Si propone, quindi, di costruire un quadro metodologico e operativo scalare riferito alle architetture costruite e di sistema, quindi ovviamente non peculiarmente legato alle architetture per la formazione che intende prefigurare uno strumento, una piattaforma per il governo e la valutazione della transizione verso ambiti urbani energeticamente e dimensionalmente ottimizzati.

Si tratta, quindi, di costruire un quadro metodologico e operativo scalare, finalizzato a rispondere a due ordini di considerazioni preliminari:

1. Le caratteristiche strutturali delle realtà urbane italiane (Pinna et al. 2018) devono qualificare le strategie di intervento, con particolare riguardo alla consistenza del patrimonio costruito e al parametro dimensionale ed evolutivo dell'ambito di applicazione urbano;

2. Sui temi della riqualificazione e della rigenerazione risulta sempre più evidente la necessità di catalizzare le risorse e gli interessi degli stakeholder, che devono concorrere alla formulazione di strategie e orizzonti di sistema di immediata implementazione

Specie in risposta a quest'ultima valutazione, si è prodotto uno strumento logico aperto, in grado di registrare il quadro complesso dei contributi che concorrono alla costruzione di uno scenario che sia Ottimo in durata.

Si evidenziano, a titolo esemplificativo, alcune lacune nella valutazione unicamente cost-oriented della metodologia, in particolare su due parametri:

- Il parametro Costo degli Investimenti (Ci) che tiene conto degli oneri professionali, non è in grado di valutare, nel bilanciamento,

che l'adozione della metodologia di modellazione informata (BIM) è certamente più onerosa in fase iniziale, ma restituisce il vantaggio di assoluto valore di interoperabilità con i sistemi di gestione energetica oltre che archiviare una quantità di informazione finora inedita che comprimerebbe i costi di successive campagne di interventi;

- Il parametro Costo Annuale (Ca) non tiene conto del flusso di cassa che una determinata scelta di ottimizzazione spaziale e di ricollocazione del patrimonio può generare.

Di maggiore complessità risulta la valutazione di plusvalenze generate dall'azione combinata e integrata di più misure, atte a costituire strategie su tasks specifici.

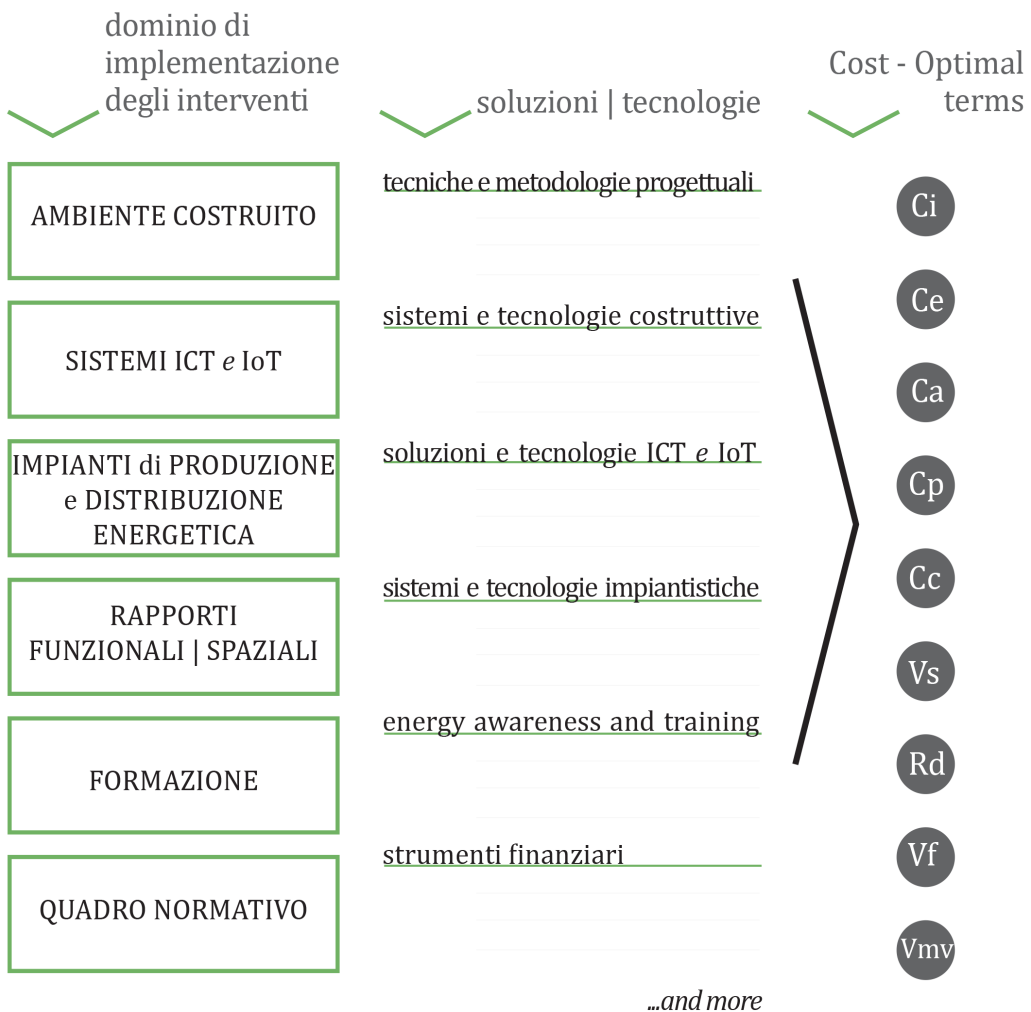
Nel passaggio successivo si svolgono due evoluzioni concettuali che indirizzano lo strumento.

La prima riguarda la misurazione dell'efficacia in termini di ottimizzazione delle soluzioni individuate: si intende misurarne il valore economico non solo in riferimento agli indicatori oggettivi ma in base al campo di applicazione, quindi di interoperabilità con altre soluzioni, alle diverse scale, che nell'integrazione sono in grado di generare plusvalenza (quindi il guadagno, nell'ottica dell'applicazione della formula del Costo-Ottimo) misurata in riferimento alla somma dei vantaggi ottenuti dall'adozione isolata delle singole soluzioni. In altre parole, misurare la qualità sulla base dell'impatto significa valutare l'efficacia di un sistema interoperabile, come il rapporto tra la somma delle prestazioni attese (di progetto) di una soluzione e il plus valore generato da una combinazione ottimizzata di soluzioni diverse, in risposta a una domanda di riqualificazione o rigenerazione urbana.

Nella Fig. 7.12 si organizza il quadro della ricognizione. Gli interventi rispondono a uno o più domini di implementazione, volutamente descritti attraverso proposizioni ampie per prestarsi alle declinazioni scalari che verranno introdotte in seguito, con soluzioni o strategie specifiche, definite dagli stakeholder coinvolti nel processo. Questo tipo di logica produce un triplo ordine di vantaggi: l'implementazione immediata di soluzioni disponibili, la ricognizione di eventuali gap che costituisce uno stimolo fattuale e ad alto livello di profittabilità per il mondo delle imprese e della ricerca e, infine, impone agli attori coinvolti nel processo a interfacciarsi in fase preliminare e a convergere su soluzioni condivise e integrate. Sulla base di questo quadro complessivo attuativo è, quindi,

possibile una reale valutazione degli scenari. Il termine “formazione” è in questo caso chiaramente richiamato con un’accezione diversa da quella adottata lungo la trattazione. In questo caso ci si riferisce, infatti, all’adozione di strategie e soluzioni per l’irrobustimento della consapevolezza degli users sui temi energetici e la diffusione dei contenuti delle politiche e delle opportunità connesse a una determinata scelta progettuale.

Fig. 12 Quadro di definizione dei domini di implementazione degli interventi, delle soluzioni e delle tecnologie applicate e valutazione Costo-Ottimo



4. Un ragionamento analogo è stato condotto in C. Clemente, P. Civiero, M. Cellurale, A. Mangiatordi (2019), "Analisi delle soluzioni SCC funzionali ai servizi energetici urbani per lo smart urban district con focus specifico sui PED positive energy district". PAR 2018 - Report Ricerca di Sistema Elettrico. ENEA - MiSE - Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA - Piano Annuale di Realizzazione 2018.

Il secondo passaggio, inserisce restituisce agli interventi la misura del tempo e dello spazio di implementazione. La valutazione di una soluzione è tutt'altro che indifferente al contesto procedurale e agli attori coinvolti e, all'inverso, la scelta di misurarsi a una determinata scala di intervento può potenziare o modificare la strategia progettuale.

Nel grafico che segue (Fig. 7.13) le misure dell'ingaggio sono riportate nella tradizionale forma cartesiana. Gli stakeholders, a cui si attribuisce la responsabilità di innescare il processo e di garantirne la sostenibilità nel tempo, sostengono la terza dimensione, quella dell'interoperabilità⁴.

L'intervento sull'esistente, quindi, si emancipa dalla formulazione contabile e riacquista il respiro complesso della progettazione, integrale e trans-scalare.

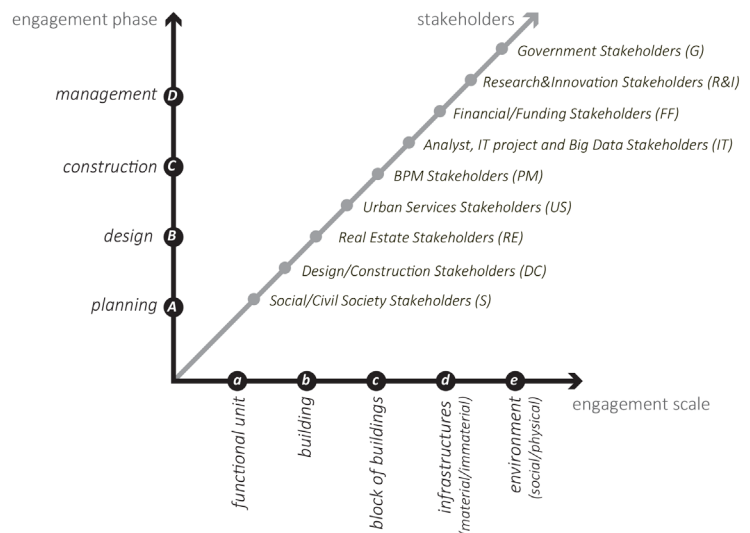


Fig. 13. Le dimensioni di ingaggio . Quadro di definizione della scala e della fase degli interventi, volta a qualificare e valutare l'interoperabilità delle soluzioni progettuali.

PARTE IV

Conclusioni

CAPITOLO 8 Tre temi per tre tecniche

ABSTRACT

In conclusione, si ricompone il vasto spettro di questioni affrontate lungo la trattazione riportando la ricerca alla sua originale motivazione: riflettere sui termini Progetto, Tecnologia e Ambiente nel tentativo di restituirne le complessità che sono loro proprie, con la maggior precisione possibile. Tre temi per tre termini (prima che per tre tecniche): la Tecnologia applicata alla modellazione e alla riqualificazione degli spazi di apprendimento; la prefigurazione dell'Ambiente, definito come spazio intersoggettivo di relazioni; il Progetto come processo cognitivo e atto sintetico e intenzionale di manipolazione delle strutture materiali e immateriali che costituiscono la realtà.

È caratteristica propria della Tecnologia dell'Architettura approcciare al progetto come attività prefigurativa, una condizione ridiscutibile in cui può esercitare, senza disagio alcuno, i suoi fondamenti culturali e le *nuove radici antiche* legate alla sperimentazione e alla produzione (Nardi, 1986).

Eppure, nella prassi corrente, sembra necessario escludere il dubbio dal destino dei sistemi insediativi. L'ambiente "è un sistema aperto, esso ospita noi stessi e le nostre attività, è sede di relazioni mutevoli" (Di Battista, 2006) ma i termini di questa definizione sembrano opachi, al più si registrano come medie, che non riproducono alcuna circostanza vitale.

Il sapere tecnologico si è consolidato sulla fisica di quelle *relazioni mutevoli* prima ancora che sulla fisica del costruito e il glossario che le è proprio mostra l'attualità di un *pensiero progettante* forte, fortissimo¹ agile e sensibile.

Su questi riferimenti possiamo riorganizzare i termini scorsi lungo la trattazione che riguarda le architetture per la formazione e, più in generale, gli spazi in cui i legami con la costruzione diventano condizione di possibilità o di fragilità.

Tre temi

La ricerca ha attraversato sostanzialmente tre temi che, così ordinati, si prestano a due tipi di lettura: la prima, dalla condizione materiale di architettura ai processi immateriali di cognizione dello spazio fisico; una seconda, dal dominio di conoscenze riferite a un sistema prestazionale specifico alla composizione di un sapere e di un'intelligenza ambientale che relaziona uomo e artificio.

Il primo, la riqualificazione degli spazi di apprendimento che assume i contorni di un esercizio di civiltà, oltre che la risposta più efficace all'evoluzione rutilante di competenze che mutano con la stessa rapidità delle nanotecnologie e trascinano paesi e generazioni su margini sempre più sottili del mercato.

Il secondo, una riflessione attenta su un parametro ancora laterale rispetto alla qualificazione dei prodotti edilizi: la qualità degli

1. Una visione che riscatta la Tecnologia dell'Architettura dalla "debolezza" del suo statuto, più volte richiamata in dibattiti anche recenti e ridiscute i binomi materia-forza pensiero-debolezza formulati più di trent'anni fa da Giuseppe Ciribini, op. cit.

2. “Processi cognitivi” in Enciclopedia Treccani online disponibile presso <http://www.treccani.it/enciclopedia/processi-cognitivi/> [01 settembre 2018].

ambienti interni e in particolare la qualità dell’aria, che da fattore specifico è diventato un fattore culturale che racconta il rapporto dell’uomo con la propensione all’adattamento.

Infine, è attraverso i processi cognitivi che “un organismo acquisisce informazioni sull’ambiente e le elabora a livello di conoscenze in funzione del proprio comportamento”². Le scienze cognitive dopo aver diverso, moltiplicando le risposte sui meccanismi della mente umana, si superano e convergono sul tema della coscienza dei fenomeni ambientali. La scoperta del funzionamento dei neuroni-specchio (Gallese & Goldman, 1998) ha imposto una radicale riconsiderazione dei processi cognitivi, bilanciata su una base neurofisiologica.

Al corpo si restituisce l’intelligenza relazionale, l’*empatia* (Mallgrave, 2013), e la relazione stessa si incarna come architettura dei comportamenti che coinvolge il sistema nervoso, il corpo e l’ambiente, mutuamente.

Tre tecniche

La progettazione architettonica si è avvalsa, lungo il ventesimo secolo, di strumenti conoscitivi sintetici, volti alla prefigurazione e alla riproducibilità di aspetti particolari o che necessitavano di esplicitazioni a corredo per la piena trasmissione della fenomenologia descritta. La trattazione ha coinvolto nel ragionamento e nell’applicazione richiama le recenti tecniche di modellazione e valutazione come elementi di un quadro strumentale ancora confinato, ma di cui si individuano potenziali intersezioni, decisive per il governo dei fenomeni complessi.

Sulla modellazione informata degli edifici (BIM) si è ormai acceso l’interesse di ricercatori e professionisti. Una metodologia e una tecnica di lavoro esigenti, che richiede un impegno di risorse e competenze iniziale non indifferente all’economia della professione ma che oblitera definitivamente il saccheggio di energie che implica la continua ricostruzione delle informazioni sulla fisica delle architetture.

Nell’ambiente BIM, il prodotto è definito come dato di realtà compiuta, materiale e produttiva, non come sua rappresentazione sintetica.

Si organizzano le informazioni tecniche e funzionali di un edificio in un dato momento del ciclo di vita. Nel caso della modellazione degli edifici esistenti, la distanza tra il corpo architettonico e il modello origina dalle semplificazioni assunte per colmare le

frammentazioni e le lacune conoscitive del sistema; un incremento quantitativo sistematico dell'attività diagnostica sarebbe risolutivo per la completezza e l'efficacia del modello.

Si presenta di maggiore complessità la risoluzione delle incertezze dovuta a una seconda classe di riduzioni, che riguarda l'istruzione degli strumenti rispetto ai fenomeni ambientali. Si è con insistenza voluto richiamare l'importanza che le ricerche internazionali hanno attribuito alle interazioni tra corpo degli occupanti e corpo dell'architettura. L'occasione di riflettere sul contenuto di architetture così chiaramente vocate come le scuole ha reso macroscopici i legami, in molte altre tipologie ambigui tra motivazione e azione, a cui si riconosce la forza predittiva della simulazione.

Dalla capacità economica di intervenire sul costruito non possono prescindere le argomentazioni fin qui sostenute.

Nella metodologia di valutazione Costo-Ottimo, l'ultima richiamata nel volume, si leggono i margini per un'implementazione dei termini non ancora presi in considerazione, che se largamente condivisi e formalizzati perderebbero i contorni episodici e discrezionali.

Una re-invenzione

Il tessuto relazionale che sostanzia il fare architettura era già negli scritti di Giuseppe Ciribini come di Pierluigi Spadolini. *L'Unità Ambientale di Riferimento* è definita come un modello informato dei caratteri fisici e fisiologici dell'ambiente, inteso come campo di interazioni uomo-artefatto, capace di restituire, attraverso le simulazioni dinamiche, scenari di transizione. Quindi, da un lato l'input che tiene conto delle azioni degli occupanti precisa i dati di output tradizionali relativi al reale uso energetico totale del sistema edificio-impianto. Dall'altro, è una prospettiva più che mai prossima la possibilità di implementare informazioni sempre più sofisticate, relative all'effettivo comportamento fisico e spaziale degli utenti.

Progetto come sintesi cognitiva

La simulazione di uno spazio attivato dalle relazioni tra gli utenti che lo animano restituisce una prefigurazione complessa di uno stato futuro. La modellazione di questo stato attivo e intenzionale è un'attività del giudizio: nella selezione e nella sintesi trovano un luogo sperimentale gli attributi culturali delle discipline del progetto, "la modellizzazione si sposta dall'oggetto architettonico verso la preottimizzazione di modelli di comportamento e di uso

(behavioural modelling) stimolati e favoriti da idonee soluzioni progettuali con essi interrelati” (Del Nord, 2016).

Cosa selezionare dell’ambiente e come informare lo strumento tecnico riflette un atteggiamento scientifico-disciplinare, sempre più interconnesso nella ricerca progettuale tecnologica e orientato alla previsione della sostenibilità e dell’efficacia dell’edificio nel tempo.

Lo studio condotto, che qui non può trovare che una conclusione provvisoria, tesse una trama di connessioni sottili tra la ricerca di base e quella applicata e traccia una metodologia per la costruzione di una tassonomia ragionata della transizione.

References

1 Theories and models: material and immaterial architectures

Aymonino, C. (1965). *La formazione del concetto di tipologia edilizia : introduzione al corso di caratteri distributivi degli edifici : anno accademico 1964-1965*. Venezia : Cluva

Barrett, P. & Barrett, L. (2010). The potential of positive places: Senses, brain and spaces. *Intelligent Buildings International*, 2:3, 218-228.

Calvino, I. (1988). *Lezioni Americane. Sei proposte per il prossimo millennio*. (ed. 2002) Milano: Oscar Mondadori.

Campioli, A. (2017). The character of technological culture and the responsibility of design/Il carattere della cultura tecnologica e la responsabilità del progetto. *TECHNE- Journal of Technology for Architecture and Environment*, (13), 27-32.

Campioli, A., & Lavagna, M. (2013). Innovazione ambientale dei processi di trasformazione del costruito e ciclo di vita/Environmental innovations in the construction sector and life cycle approach. *TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment*, (05), 66-73.

Campioli, A. (1993). *Il contesto del progetto*. Roma: FrancoAngeli.

Ciribini, G. (1984). *Tecnologia e progetto. Argomenti di cultura tecnologica della progettazione*. (Ed. 1995). Torino: Celid.

Di Battista, V. (2006). *Ambiente costruito: un secondo paradigma*. Firenze: Alinea Editrice.

Di Sivo, M. and Angelucci, F. (2012), "Un approccio tecnologico per l'ambiente urbano resiliente/A technological approach for a resilient urban environment", in Bellomo, M. et al. (Eds.), *Abitare il nuovo/abitare di nuovo ai tempi della crisi*, Atti delle Giornate Internazionali di Studio "Abitare il Futuro" 2a Edizione, Napoli, 12-13 dicembre 2012, pp. 1625-1635, CLEAN, Napoli.

Dodds, G. & Tavernor, R. (2002). *Body and Building: Essays on the Changing Relation of Body and Architecture*. Cambridge, Massachussets: MIT Press.

Gallese, V., & Goldman, A. (1998). Mirror neurons and the simulation theory of mind-reading. *Trends in cognitive sciences*, 2(12), 493-501.

Hafner, A. (2016). *Expanding Boundaries: Systems Thinking for the Built Environment*. Available at: <https://vdf.ch/expanding-boundaries.html> (accessed 1 November 2018).

Ingold, T. (2002). *The perception of the environment: essays on livelihood, dwelling and skill*. New York: Routledge.

Mahony, P., Hextall, I., & Richardson, M. (2011). 'Building Schools for the Future': reflections on a new social architecture. *Journal of Education Policy*, 26(3), 341-360.

Mallgrave, H. F. (2015). *L'empatia degli spazi. Architettura e neuroscienze*. (A. Gattara trad.). Milano: Raffaello Cortina Editore.

Morin, E. (2000). *La testa ben fatta: riforma dell'insegnamento e riforma del pensiero*. Milano: Raffaello Cortina Editore.

Nardi, G. (1986). *Le nuove radici antiche: saggio sulla questione delle tecniche esecutive in architettura*. (Ed. 1996). Milano: Franco Angeli

Negroponte, N. (1975). *Soft architecture machines*. Cambridge, MA: MIT press.

Perriccioli, M. (Eds.) (2016). *Pensiero tecnico e cultura del progetto. Riflessioni sulla ricerca tecnologica in architettura*. Milano: Franco Angeli.

Rizzolatti, G., Fogassi, L., & Gallese, V. (2006). Mirrors in the mind. *Scientific American*, 295(5), 54-61

Rizzolatti, G., Fadiga, L., Fogassi, L., & Gallese, V. (1999). Resonance behaviors and mirror neurons. *Archives italiennes de biologie*, 137(2), 85-100.

Thibaud, J. P. (2015). The backstage of urban ambiances: When atmospheres pervade everyday experience. *Emotion, Space and Society*, 15, 39-46.

2 School Buildings – Learning environments.

Antonini, E., Boeri, A., Gaspari, J., Gianfrate, V., & Longo, D. (2015). La qualità dell'edilizia scolastica: un'emergenza nazionale, un ambito di ricerca. *TECHNE: Journal of Technology for Architecture & Environment*, (9), 114-122.

Antonini, E., & Boeri, A. (2011). *Progettare scuole sostenibili. Criteri, esempi e soluzioni per l'efficienza*

energetica e la qualità ambientale. Monfalcone (GO): EdicomEdizioni.

Barrett, P., Davies, F., Zhang, Y., & Barrett, L. (2015). The impact of classroom design on pupils' learning: Final results of a holistic, multi-level analysis. *Building and Environment*, 89, 118-133.

Biondi, G.; Borri, S.; Tosi, L. (Eds.). (2016). *Dall'aula all'ambiente di apprendimento*. Firenze: Altralinea Edizioni.

CHPS (2016). *Best Practices Manual. Volume III – National Core Criteria*. Available at: <https://chps.net/criteria/national-core-criteria-0> (accessed 1 November 2018).

CHPS (2006). *Best Practices Manual. Volume I – Planning*. Available at: https://chps.net/sites/default/files/CHPS_I_2006.pdf. (accessed 1 November 2018).

Conservatoria del Patrimonio Immobiliare del Comune di Roma. (2001). *Rapporto sul patrimonio immobiliare. Dimensione, localizzazione e valore dei beni di proprietà comunale*. Quaderni del patrimonio immobiliare comunale, 1. Roma: Palombi Editore.

Conservatoria del Patrimonio Immobiliare del Comune di Roma. (2004). *L'architettura delle scuole romane. Qualità del patrimonio immobiliare. Ipotesi per un progetto della sua valorizzazione*. Quaderni del patrimonio immobiliare comunale, 2. Roma: Palombi Editore.

De Sivo, B. (1971). *Tecnologia dell'edilizia scolastica*. Napoli: Giannini Editore.

DfES (2002), Building Bulletin 95 - *Schools for the future. Designs for Learning Communities, UK*. Available at <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20130401151715/http://www.education.gov.uk/publications/eOrderingDownload/0112711286part1.pdf> (accessed 1 November 2018).

Dudek, M. (2012). *Architecture of schools: The new learning environments*. New York: Routledge.

Dudek, M. (2007). *Architecture of Schools, The New Learning Environments*. Oxford: Architectural Press.

EFA. (2014). Collection: School building design and maintenance. *Energy and buildings*, vol. 55, pp. 889-902, 2012.

Erhorn-Kluttig, H., Erhorn, H., Höfle, C., Görres, J., & Thomsen, K. E. (2016). EU Project "School of the Future"-Refurbishment of School Buildings Toward Zero Emission with High-Performance Indoor Environment. *ASHRAE Transactions*, 122(1), 315-326.

Fianchini, M. (2017). *Rinnovare le scuole dall'interno. Scenari e strategie di rinnovamento per le infrastrutture scolastiche*. Santarcangelo di Romagna (RN): Maggioli Editore.

Fisher, K. (2004). Revoicing Classrooms: A Spatial Manifesto. *Forum*, Vol. 46, No. 1.

Hertzberger, H. (2008). *Space and Learning*. Rotterdam: 010 Publishers.

James, S. (2011). *Review of Education Capital*. Crown. Available at: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/180876/DFE-00073-2011.pdf (accessed 1 November 2018).

James, S. & Brown, E. (2013). *Review of Education Capital: progress update*. Crown. Available at: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/509289/review-of-education-capital_progress_report.pdf (accessed 1 November 2018).

Legambiente. (2016). *Ecosistema Scuola. XVII rapporto di Legambiente sulla qualità dell'edilizia scolastica, delle strutture e dei servizi*. Available at: https://www.legambiente.it/sites/default/files/docs/ecosistema_scuola_2016_xvii_rapporto.pdf (accessed 1 November 2018).

Legambiente. (2017). *Ecosistema Scuola. XVIII rapporto di Legambiente sulla qualità dell'edilizia scolastica, delle strutture e dei servizi*. Available at: https://www.legambiente.it/sites/default/files/docs/ecosistema_scuola_2017.compressed.pdf (accessed 1 November 2018).

Legambiente. (2018). *Ecosistema Scuola. XIX rapporto di Legambiente sulla qualità dell'edilizia scolastica, delle strutture e dei servizi*. Available at: https://www.legambiente.it/sites/default/files/docs/ecosistema_scuola_2018.pdf (accessed 1 January 2018).

Leschiutta, F. E. (1975). *Linee evolutive dell'edilizia scolastica. Vicende - Norme - Tipi /1949-1974*. Roma: Bulzoni Editore.

Leschiutta, F. E. (Eds.) (2009). *Architetture per la scuola. Una storia di qualità per Roma e provincia*. Roma: Prospettive Edizioni.

Ministero della Pubblica Istruzione (a cura di) (1976). *Edilizia scolastica. Approccio per componenti. Aggregazione di nuclei funzionali*. Quaderni del centro studi per l'edilizia scolastica, 18. Piacenza: R.D.B. Spa.

Nair, P., Fielding, R., Lackney, J. (2005). *The language of school design: Design patterns for 21st century schools*. 2nd Edition. Minneapolis: DesignShare Inc.

OECD (2019). *Measuring Innovation in Education 2019: What Has Changed in the Classroom?*. Educational Research and Innovation. Paris: OECD Publishing.

OECD (2018). *Teachers as Designers of Learning Environments: The Importance of Innovative Pedagogies*.

Educational Research and Innovation, OECD Publishing, Paris,

OECD (2015). *Schooling Redesigned: Towards Innovative Learning Systems*. Educational Research and Innovation Paris: OECD Publishing.

OECD (2013). *Innovative Learning Environments*. Educational Research and Innovation. OECD Publishing.

OECD (2010). *The Nature of Learning: Using Research to Inspire Practice*. Educational Research and Innovation. Paris: OCSE Publishing.

Pepe, D. & Rossetti, M. (2016). *Progetti di scuole innovative*. Santarcangelo di Romagna (RN): Maggioli

Ricuperati, G. (2015). *Storia della scuola in Italia: dall'Unità a oggi*. Brescia: Editrice La scuola.

Rigolon, A. (2010). *European design types for 21st century schools*. Available at: <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver> (accessed 1 November 2018).

Rossetti, M., & Pepe, D. (2015). La cura del dettaglio come condizione per l'efficienza energetica degli edifici scolastici/The care of detail as condition for energy efficiency in school buildings. *TECHNE: Journal of Technology for Architecture & Environment*, (9), 123-131.

Secchi, L., (1927). *Edifici scolastici italiani primari e secondari: norme tecnico-igieniche per lo studio dei progetti*. Milano: U. Hoepli.

2 Deep renovation in tertiary sector

Almeida, R. M., de Freitas, V. P., & Delgado, J. M. (2015). *School buildings rehabilitation: Indoor environmental quality and enclosure optimization*. New York: Springer.

Angelucci, F., Di Sivo, M., Ladiana, D. (2013). La scuola oltre la scuola. La gestione degli spazi scolastici tra rigenerazione e condivisione delle risorse. *TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment*, (6), 141-148.

Arbizzani E., (Eds.) (2015). Architetture per la salute e la formazione. Dossier. *TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment*, (9), 14-61

Arbizzani E., (2015). Formazione e salute, ripensare il modello di welfare per conservare la sua sostenibilità. *TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment*, (9), 14-20

Arbizzani, E., Civiero, P., Madrigal, L. O., & Lanzarote, B. S. (2015). Smart solutions for low-income

buildings rehabilitation: international researches and experiences. *TECHNE-Journal of Technology for Architecture and Environment*, (10), 222-231.

Arbizzani, E.; Civiero, P.; Clemente, C. (2016) "Smart regeneration of public utility Buildings" in G. Habert, A.Schlueter (eds.), *Expanding Boundaries: Systems Thinking in the Built Environment*, vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, 460-465.

Arbizzani, E., Civiero, P., Madrigal, L. O., & Lanzarote, B. S. (2015). Smart solutions for low-income buildings rehabilitation: international researches and experiences. *TECHNE-Journal of Technology for Architecture and Environment*, (10), 222-231.

Arbizzani E., Civiero P., Clerici Maestosi P. (2014). Whole building design for energy-efficient interactive building, in: Tadeu A., Ural D., Abrantes V. *40th IAHS World Congress on Housing. Sustainable Housing Construction Proceedings*.

Ascione, F., De Rossi, F., & Vanoli, G. P. (2011). Energy retrofit of historical buildings: theoretical and experimental investigations for the modelling of reliable performance scenarios. *Energy and buildings*, 43(8), 1925-1936.

Baiamonti, A. (2007). *Learning environments. Nuovi scenari per il progetto degli spazi della formazione*. Milano: Franco Angeli

Bizzarri, A. (2014). Sicurezza, qualità, accessibilità a scuola. *XII Rapporto nazionale 2014*, Rubettino, Soveria Mannelli.

Boarin, P., Davoli, P. (2015). Riquilificazione profonda del patrimonio edilizio scolastico: l'opportunità offerta dall'Europa e la strategia adottata dall'Italia. *TECHNE-Journal of Technology for Architecture and Environment*, (09), 96-105.

Boarin, P. (2013). Il processo di ricostruzione degli edifici scolastici nell'Emilia colpita dal sisma. Nati per essere temporanei, destinati ad essere duraturi?. *L'Ufficio Tecnico*, (5), 12-19.

Boarin, P. (2010). *Edilizia scolastica. Riquilificazione energetica e ambientale. Metodologie operative, requisiti, strategie ed esempi per gli interventi sul patrimonio esistente*. Monfalcone (GO): EdicomEdizioni.

Boarin, P., Guglielmino, D., Pisello, A. L., & Cotana, F. (2014). Sustainability assessment of historic buildings: Lesson learnt from an Italian case study through LEED® rating system. *Energy Procedia*, 61, 1029-1032.

Calice, C. & Clemente, C. (2017). Deep Renovation: key action for active protection of modern heritage. the case of architecture for the service sector. *Conference Proceedings of World Sustainable Built*

Environment Conference 2017 Hong Kong

Calice, C., Clemente, C., De Santoli, L., & Fraticelli, F. (2012). Guidelines for the retrofit of the school building stock for sustainable urban regeneration of the city of Rome. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 155, 417-428.

C. Clemente, P. Civiero, M. Cellurale, A. Mangiatordi (2019), "Analisi delle soluzioni SCC funzionali ai servizi energetici urbani per lo smart urban district con focus specifico sui PED positive energy district". PAR 2018 - Report Ricerca di Sistema Elettrico. ENEA - MiSE - Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA - Piano Annuale di Realizzazione 2018.

Clemente, C., Calice, C., Marandola, M. (2016). Deep renovation as tool for development and active protection of the consolidated city heritage. *TECHNE-Journal of Technology for Architecture and Environment*, (12), 261-268.

Clemente C.; (2014). Riqualficazioni strategiche. In Baiani, S., Cristallo, V., Santangelo, S. (Eds.). *Lectures#2. Design, Pianificazione, Tecnologia dell'Architettura*. Roma: Rdesignpress.

Clemente C. (2012). Sostenibilità, sicurezza ed efficienza energetica nel recupero edilizio. Ricerche sulla riqualificazione tecnologica del patrimonio scolastico nell'area metropolitana romana. *PONTE*, (4) - Anno XIX, 27-35.

Cupelloni L. (2014). Fattore "R". La declinazione complessa del progetto di riqualificazione. In Baiani, S.; Cristallo, V., Santangelo, S. (Eds.). *Lectures#2. Design, Pianificazione, Tecnologia dell'Architettura*. Roma: Rdesignpress,

De Santoli, L., Fraticelli, F., Fornari, F., & Calice, C. (2014). Energy performance assessment and a retrofit strategy in public school buildings in Rome. *Energy and Buildings*, 68, 196-202.

Giudice, G. M. L., Fraticelli, F., Fornari, F., & Calice, C. (2013). Analysis of energy performance of school building stock in Rome. *The Sustainable City VIII* (2 Volume Set): Urban Regeneration and Sustainability, 179, 1121.

IEA (2017). *Energy Access Outlook 2017. From Poverty to Prosperity*. Available at: https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2017SpecialReport_EnergyAccessOutlook.pdf (accessed 1 November 2018).

IEA (2013). *IEA-EBC Annex 53. Total energy use in buildings. Analysis and evaluation methods*. Available at: <http://www.ecbcsa53.org/> (accessed 1 November 2018).

IEA (2004). *IEA-EBC Annex 36. Retrofitting in Educational Buildings – REDUCE*. Available at: <http://>

www.annex36.com/.

IEA (2003). *IEA-EBC Annex 36: Retrofitting in Educational Buildings. Subtask A: Report. Overview of Retrofitting Measures*. Available at: www.annex36.com/cd_eca_fulldocumentation_delivery/uk/results/subtaskA.html (accessed 1 November 2018).

Mallory-Hill, S., Preiser, W., & Watson, C. (2012). *Enhancing building performance*. Oxford: John Wiley & Sons.

Popescu D, Bienert S, Schützenhofer C, Boazu R. (2012). Impact of energy efficiency measures on the economic value of buildings. *Applied Energy*, 89:454-463.

Mancini, F., Clemente, C., Carbonara, E., Fraioli, S. (2017). Energy and environmental retrofitting of the university building of Orthopaedic and Traumatological Clinic within Sapienza Città Universitaria. *Energy Procedia*, 126, 195-202.

Pepe, D. & Rossetti, M. (2014). *La riqualificazione energetico-ambientale degli edifici scolastici*. Santarcangelo di Romagna (RN): Maggioli.

Pinna, R., Costanzo, E., & Romano, S. (2018). Pathways to ZEED. *TECHNE-Journal of Technology for Architecture and Environment*, (1), 40-44.

Ponti, G. (2014). *La scuola intelligente : dall'edilizia scolastica all'architettura educativa*. Palermo: Grafill

Tedesco, S. (2010). *Riqualificazione energetico-ambientale degli edifici scolastici*. Firenze: Alinea Editrice.

Zanni, D., Righi, A., Dalla Mora, T., Peron, F., Romagnoni, P., (2015). The Energy improvement of school buildings: Analysis and proposals for action, *Energy Procedia*, 82, pp. 526-532.

3 Building Information Modeling

Becerik-Gerber, B., Jazizadeh, F., Li, N., & Calis, G. (2011). Application areas and data requirements for BIM-enabled facilities management. *Journal of construction engineering and management*, 138(3), 431-442.

Eastman, C. (2016). *Il BIM: Guida completa al Building Information Modeling per committenti, architetti, ingegneri, gestori immobiliari e imprese*. (IT Eds. G. M. Di Giuda & V. Villa). Milano: HOEPLI.

Ciribini, A., Alaimo, G., Capone, P., Daniotti, B., Dell'Osso, G., & Nicoletta, M. (2016). *Back to 4.0: Rethinking the digital construction industry*. Santarcangelo di Romagna (RN): Maggioli.

Di Giuda, G. M., Villa, V., Tagliabue L.C., Giana, P.E., Rinaldi, S., Ciribini A.L.C.. (2018). Refurbishment and

school buildings management in a smart building environment. *AIP Conference Proceedings*, (1968), no. 1, p. 030070. AIP Publishing.

Gray, M., Gray, J., Teo, M., Chi, S., & Cheung, F. (2013). Building Information Modeling, An International Survey, World Building Congress, 5-9.

Kim, J. B., Jeong, W., Clayton, M. J., Haberl, J. S., & Yan, W. (2015). Developing a physical BIM library for building thermal energy simulation. *Automation in construction*, (50), 16-28.

Penttilä, H., Rajala, M., & Freese, S. (2007). Building information modelling of modern historic buildings. Predicting the Future. *25th eCAADe Conference Proceedings*, 607-613.

Lu, Y., Wu, Z., Chang, R., & Li, Y. (2017). Building Information Modeling (BIM) for green buildings: A critical review and future directions. *Automation in Construction*, 83, 134-148.

Novi, F. (2018). Bayesian networks as a resilience tool for decision-making processes in uncertainty conditions. *TECHNE-Journal of Technology for Architecture and Environment*, (15), 341-347.

Venugopal, M., Eastman, C. M., Sacks, R., & Teizer, J. (2012). Semantics of model views for information exchanges using the industry foundation class schema. *Advanced engineering informatics*, 26(2), 411-428.

4 Behavioral Modeling

Ahn, K. U., & Park, C. S. (2016). Different occupant modeling approaches for building energy prediction. *Energy Procedia*, 88, 721-724.

D'Oca, S., Chen, C. F., Hong, T., & Belafi, Z. (2017). Synthesizing building physics with social psychology: An interdisciplinary framework for context and occupant behavior in office buildings. *Energy Research and Social Science*, 34, 240-251.

D'Oca, S., & Hong, T. (2015). Occupancy schedules learning process through a data mining framework. *Energy and Buildings*, 88, 395-408.

Fabi, V., Sugliano, M., Andersen, R. K., & Corgnati, S. P. (2015). Validation of occupants' behaviour models for indoor quality parameter and energy consumption prediction. *Procedia Engineering*, 121, 1805-1811.

Heydarian, A., Carneiro, J. P., Gerber, D., Becerik-Gerber, B., Hayes, T., & Wood, W. (2015). Immersive virtual environments versus physical built environments: A benchmarking study for building design and user-built environment explorations. *Automation in Construction*, 54, 116-126.

Hong, T., Yan, D., D'Oca, S., & Chen, C. F. (2017). Ten questions concerning occupant behavior in buildings:

The big picture. *Building and Environment*, 114, 518-530.

Hong, T., Taylor-Lange, S. C., D'Oca, S., Yan, D., & Corngnati, S. P. (2016). Advances in research and applications of energy-related occupant behavior in buildings. *Energy and Buildings*, 116, 694-702.

Hong, T., D'Oca, S., Turner, W. J., & Taylor-Lange, S. C. (2015). An ontology to represent energy-related occupant behavior in buildings. Part I: Introduction to the DNAs framework. *Building and Environment*, 92, 764-777.

Hong, T., & Lin, H. W. (2013). *Occupant behavior: impact on energy use of private offices*. (No. LBNL-6128E). Lawrence Berkeley National Lab. (LBNL), Berkeley, CA (United States).

IEA. (2015). *IEA-EBC Annex 66: Definition and simulation of occupant behavior in buildings*. Available at www.annex66.org (accessed 1 November 2018).

Langevin, J., Gurian, P. L., & Wen, J. (2015). Tracking the human-building interaction: a longitudinal field study of occupant behavior in air-conditioned offices. *Journal of Environmental Psychology*, 42, 94-115.

Sun, K., & Hong, T. (2017). A framework for quantifying the impact of occupant behavior on energy savings of energy conservation measures. *Energy and Buildings*, 146, 383-396.

Tagliabue, L. C., Manfren, M., Ciribini, A. L. C., & De Angelis, E. (2016). Probabilistic behavioural modeling in building performance simulation—The Brescia eLUX lab. *Energy and Buildings*, 128, 119-131.

Yan, D., O'Brien, W., Hong, T., Feng, X., Gunay, H. B., Tahmasebi, F., & Mahdavi, A. (2015). Occupant behavior modeling for building performance simulation: Current state and future challenges. *Energy and Buildings*, 107, 264-278.

5 Indoor Environmental Quality

Bakó-Biró, Z., Clements-Croome, D. J., Kochhar, N., Awbi, H. B., & Williams, M. J. (2012). Ventilation rates in schools and pupils' performance. *Building and Environment*, 48, 215-223.

Seppänen, O. A., Fisk, W. J., & Mendell, M. J. (1999). Association of ventilation rates and CO₂ concentrations with health and other responses in commercial and institutional buildings. *Indoor air*, 9(4), 226-252.

Fanger, P.O. (1970). *Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering*. Denmark: McGraw-Hill

Haverinen-Shaughnessy, U., & Shaughnessy, R. J. (2015). Effects of Classroom Ventilation Rate and Temperature on Students' Test Scores. *PLoS ONE*10(8): e0136165.

Iregren, A., Gamberale, F., Kjellberg, A. (1996). SPES: a psychological test system to diagnose environmental hazards. Swedish Performance Evaluation System. *Neurotoxicology Teratology*, 18(4), 485–96.

Kephalopoulos, S., Csobod, E., Bruinen de Bruin, Y., Carrer, P., Mandin, C., Stranger, M., & Rudnai, P. (2014). *Guidelines for healthy environments within European schools*. Available at: <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/guidelines-healthy-environments-within-european-schools> (accessed 1 November 2018).

Lackney, J. (2000). *Educational Facilities: The Impact and Role of the Physical Environment of the School on Teaching, Learning and Educational Outcomes*. WI: University of Wisconsin-Milwaukee-Center for Architecture and Urban Planning, Milwaukee.

Madureira, J., Paciência, I., Rufo, j., Ramos, E., Barros H., Teixeira, J.P. & de Oliveira Fernandes, E., (2015). Indoor air quality in schools and its relationship with children's respiratory symptoms. *Atmospheric Environment*, 118, pp.145-156, 2015.

Rovelli, S., Cattaneo, A., Nuzzi, C.P.; Spinazzè, A., Piazza, S.; Carrer, P. & Cavallo, D.M. (2011). Airborne Particulate Matter in School Classrooms of Northern Italy. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 11, 1398-1421.

Steinemann, A., Wargocki, P., & Rismanchi, B. (2017). Ten questions concerning green buildings and indoor air quality. *Building and Environment*, 112, 351-358.

Turanjanin, V., Vučićević, B., Jovanović, M., Mirkov, N. & Lazović, I. (2014). Indoor CO₂ measurements in Serbian schools and ventilation rate calculation. *Energy*, 77, 290-296.

World Health Organization. (2010). *WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants*. Available at <http://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/8676> [30 settembre 2018].

6 Building Energy Simulation

Biagini, F., & Campanino, M. (2006). *Elementi di Probabilità e Statistica*. Milano: Springer.

Bullinger, H. J., Bauer, W., Wenzel, G., & Blach, R. (2010). Towards user centred design (UCD) in architecture based on immersive virtual environments. *Computers in Industry*, 61(4), 372-379.

Corgnati, S. P., Fabrizio, E., Ariaudo, F., & Rollino, L. (2010). *Edifici tipo, indici di benchmark di consumo per tipologie di edificio, ad uso scolastico (medie superiori e istituti tecnici) applicabilità di tecnologie innovative nei diversi climi italiani*. ENEA. Available at: http://www.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/documenti/ricerca-di-sistema-elettrico/fabbisogni-consumi-energetici/7-polito.pdf [30 ottobre 2018]

Feng, X., Yan, D., & Hong, T. (2015). *Simulation of occupancy in buildings*. *Energy and Buildings*, 87, 348-359.

Hensen, J. L., & Lamberts, R. (Eds.). (2012). *Building performance simulation for design and operation*. New York: Routledge.

Heydarian, A., Carneiro, J. P., Gerber, D., Becerik-Gerber, B., & Hayes, T. W. Wood (2015). Immersive virtual environments versus physical built environments: A benchmarking study for building design and user-built environment explorations. *Automation and Construction*, 54, 116-126.

Loreti, L.; Valdiserri, P.; Garai, M. (2016). Dynamic Simulation on Energy Performance of a School, *Energy Procedia*, (101), 2016, 1026-1033.

Yang, Z., & Becerik-Gerber, B. (2015). A model calibration framework for simultaneous multi-level building energy simulation. *Applied Energy*, 149, 415-431.

7 Cost-Optimal Evaluation Methodology

Ascione, F., Bianco, N., De Stasio, C., Mauro, G. M., & Vanoli, G. P. (2015). A new methodology for cost-optimal analysis by means of the multi-objective optimization of building energy performance. *Energy and Buildings*, 88, 78-90.

Becchio, C.; Ferrando, D.G.; Fregonara, E.; Milani, N.; Quercia, C.; Serra, V. (2015). The Cost Optimal Methodology for Evaluating the Energy Retrofit of an ex-industrial Building in Turin. *Energy Procedia*, 78, 1039-1044.

Becchio, C.; Corgnati, S.P.; Orlietti, L.; Spigiantini, G. (2015). Proposal for a Modified Cost-optimal Approach by Introducing Benefits Evaluation. *Energy Procedia*, 82, 445-451.

BPIE (2015). *Implementing the Cost-Optimal Methodology in EU Countries*. Available at http://bpie.eu/wp-content/uploads/2015/10/Implementing_Cost_Optimality.pdf [30 aprile 2018].

Corgnati, S. P., Fabrizio, E., Filippi, M., & Monetti, V. (2013). Reference buildings for cost optimal analysis: Method of definition and application. *Applied energy*, 102, 983-993.

Corrado, V.; Ballarini, I; Paduos, S.b(2013), *Sviluppo della metodologia comparativa costoptimal secondo Direttiva 2010/31/UE*. Report RdS/2013/144, Report Ricerca di Sistema Elettrico, Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA, Piano Annuale di Realizzazione 2012.

Ecofys (2015). *Assessment of cost optimal calculations in the context of the EPBD (ENER/C3/2013-414). Final report*. Available at: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/Assessment%20of%20cost%20optimal%20calculations%20in%20the%20context%20of%20the%20EPBD_Final.pdf [30 aprile 2018].

Preiser, W. F., White, E., & Rabinowitz, H. (2015). *Post-Occupancy Evaluation (Routledge Revivals)*. New York: Routledge.

Tronchin, L.; Tommasino, M.C.; Fabbri, K. (2014). On the cost-optimal levels of energy-performance requirements for buildings: a case study with economic evaluation in Italy. *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*, 03, 49-62.

8 Regulatory Framework

ASHRAE Standard 62-2017, Ventilation for acceptable indoor air quality. Atlanta: American Society of Heating and Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc, 11(8).

ISO 16346:2013. Energy performance of buildings – Assessment of overall energy performance.

Commission Delegated Regulation (EU) No 244/2012 of 16 January 2012 supplementing Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings by establishing a comparative methodology framework for calculating cost-optimal levels of minimum energy performance requirements for buildings and building elements. Official Journal L 81/19.

Commissione Europea (2008), COM (2011) 571 def. Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni, Bruxelles “Tabella di marcia verso un’Europa efficiente nell’impiego delle risorse”.

Commissione Europea (2016), COM (2016) 860 final ANNEX 1 “Accelerare la transizione verso l’energia pulita negli edifici” della Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni e alla Banca Europea per gli Investimenti “Energia pulita per tutti gli europei”, Bruxelles.

Commissione Europea (2017), COM (2017) 56 final, Relazione della commissione al Parlamento Europeo e al Consiglio “Valutazione 2016 dei progressi realizzati dagli Stati membri nel 2014 nel conseguimento degli obiettivi nazionali di efficienza energetica entro il 2020 e nell’attuazione della direttiva 2012/27/UE sull’efficienza energetica a norma dell’articolo 24, paragrafo 3, della direttiva stessa”.

Decreto interministeriale 26 giugno 2015 - Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici. GU n. 162 del 15-07-2015.

Decreto legislativo 4 luglio 2014, n. 102 - Attuazione della direttiva 2012/27/UE sull’efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE. GU n. 165 del 18-07-2014.

Decreto legislativo n. 141 del 18 luglio 2016 - Disposizioni integrative al decreto legislativo 4 luglio 2014, n. 102, di attuazione della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE.

Decreto Ministeriale 7 agosto 2015 - Ripartizione delle risorse e definizione dei criteri per la costruzione di scuole innovative. GU n.239 del 14-10-2015.

Decreto Ministeriale 18 dicembre 1975 - Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica.

Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32. Official Journal, L, 315, 1-56.

ENEA; RSE; CTI; MISE - Ministero dello sviluppo economico (2016), "PANZEB - Piano d'Azione Nazionale per incrementare gli edifici ad energia quasi zero", Roma ENEA-MISE.

EN 15251: 2012 - Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics.

EN 15459-1:2017 Energy performance of buildings - Economic evaluation procedure for energy systems in buildings - part 1: Calculation procedures, Module M1-14.

ISO 14040: Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework.

ISO 14041: Environmental Management – Life Cycle Assessment – Goal and Scope Definition and Inventory Analysis.

ISO 14042: Environmental Management – Life Cycle Assessment – Life Cycle Impact Assessment.

ISO 15686-5:2017. Buildings and constructed assets -- Service life planning - Part 5: Life-cycle costing.

ISO 18523 – 1:2016. Energy performance of buildings -- Schedule and condition of building, zone and space usage for energy calculation -Part 1: Non-residential buildings.

L. 13 luglio 2015, n. 107 – Riforma del sistema nazionale di istruzione e formazione e delega per il riordino delle disposizioni legislative vigenti. GU n.162 del 15-07-2015.

L. 11 gennaio 1996, n.23 - Norme per l'edilizia scolastica. GU n. 15 del 19-01-1996.

UNI 10838:1999 - Edilizia - Terminologia riferita all'utenza, alle prestazioni, al processo edilizio e alla

qualità edilizia.

UNI EN ISO 7730:2006 - Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale.

UNI/TR 11552:2014 - Abaco delle strutture costituenti l'involucro opaco degli edifici - Parametri termofisici.

UNI/TS 11300-1: 2014 - Prestazioni energetiche degli edifici. Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale.

UNI/TS 11300-2: 2014 - Prestazioni energetiche degli edifici. Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale, per la produzione di acqua calda sanitaria, per la ventilazione e per l'illuminazione in edifici non residenziali.

UNI/TS 11300-3: 2010 - Prestazioni energetiche degli edifici. Parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva.

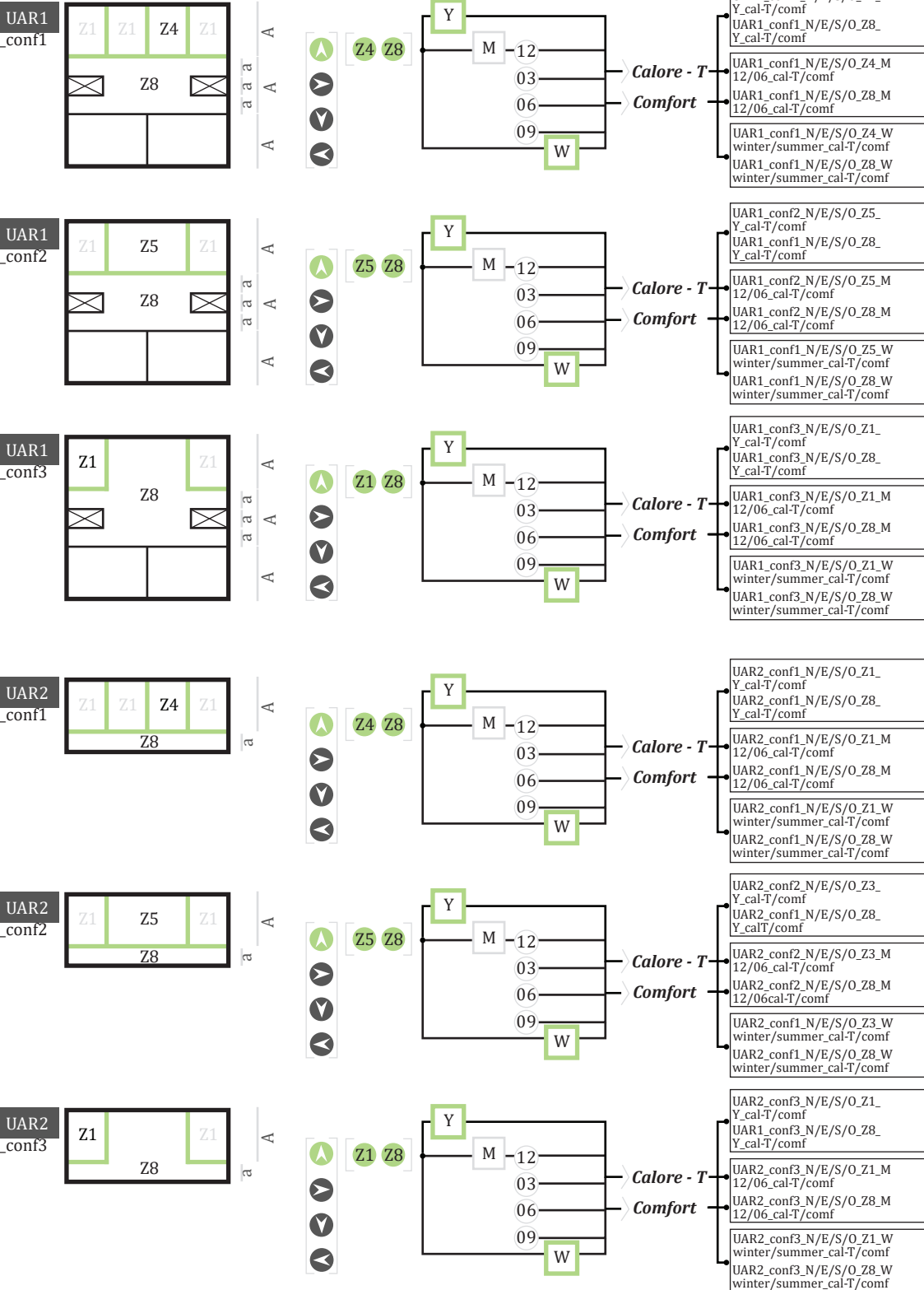
UNI/TS 11300-4: 2016 - Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria.

UNI/TS 11300-5: 2016 - Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria.

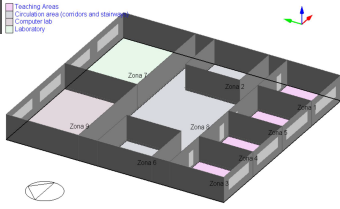
PARTE V
Apparati

RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

Unità Ambientale di Riferimento



UAR1
_conf1



Dati di input variabili

Zona 1/3/4/5 - Aula tradizionale

Densità (persone/mq)	0.5
Setpoint di riscaldamento (°C)	20
Temp. attenuazione Riscal.(°C)	15
Setpoint di raffreddamento (°C)	26
Temp. attenuazione Raffr. (°C)	28
Dispositivi ufficio/computer	off

Dati di input variabili

Zona 8 - Distributivo

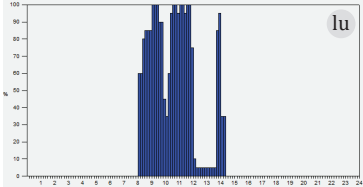
Densità (persone/mq)	0.11
Setpoint di riscaldamento (°C)	20
Temp. attenuazione Riscal.(°C)	15
Setpoint di raffreddamento (°C)	26
Temp. attenuazione Raffr. (°C)	28
Dispositivi ufficio/computer	off

Dati di input variabili

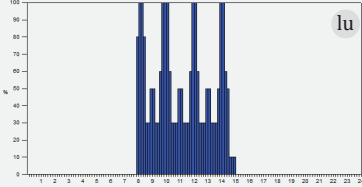
Zona 7/9 - Laboratorio

Densità (persone/mq)	0.21
Setpoint di riscaldamento (°C)	20
Temp. attenuazione Riscal.(°C)	15
Setpoint di raffreddamento (°C)	26
Temp. attenuazione Raffr. (°C)	28
Dispositivi ufficio/computer	on

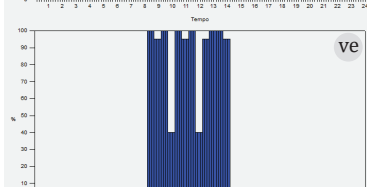
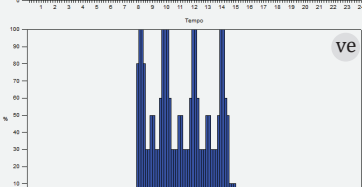
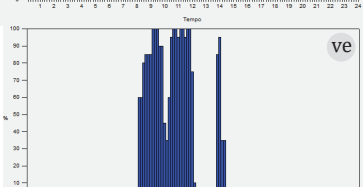
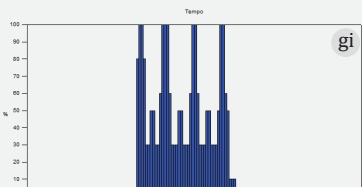
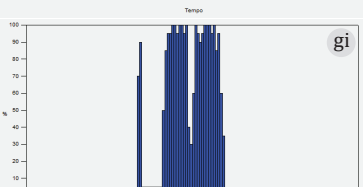
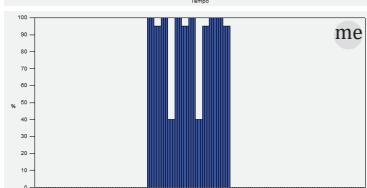
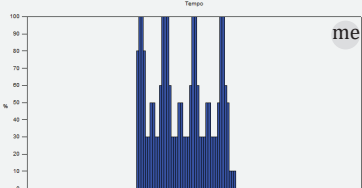
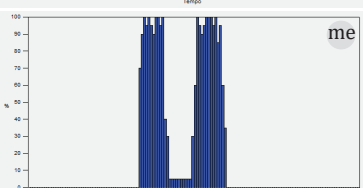
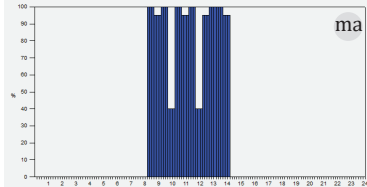
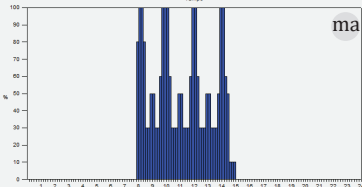
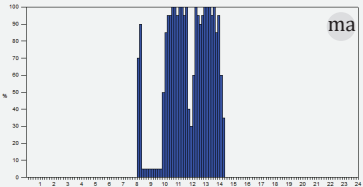
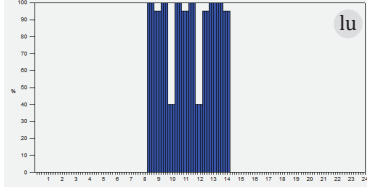
Profili di occupazione - Z4



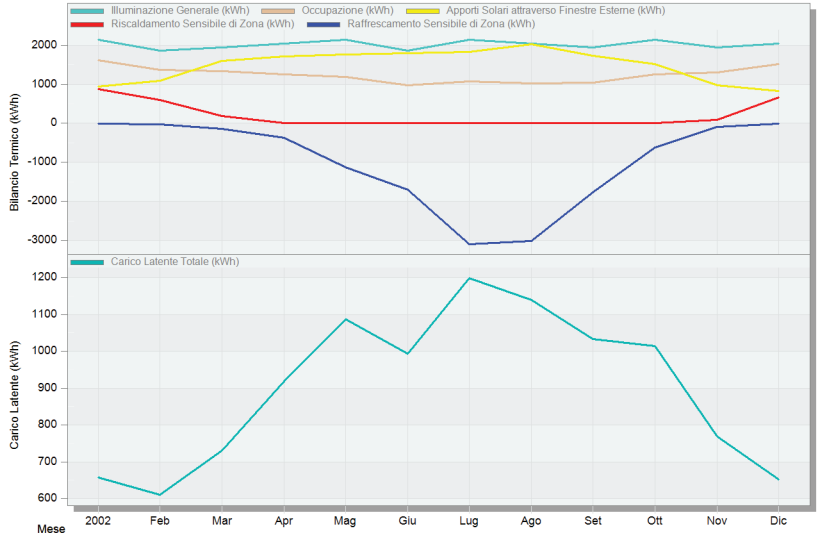
Profili di occupazione - Z8



Profili di occupazione - Z7

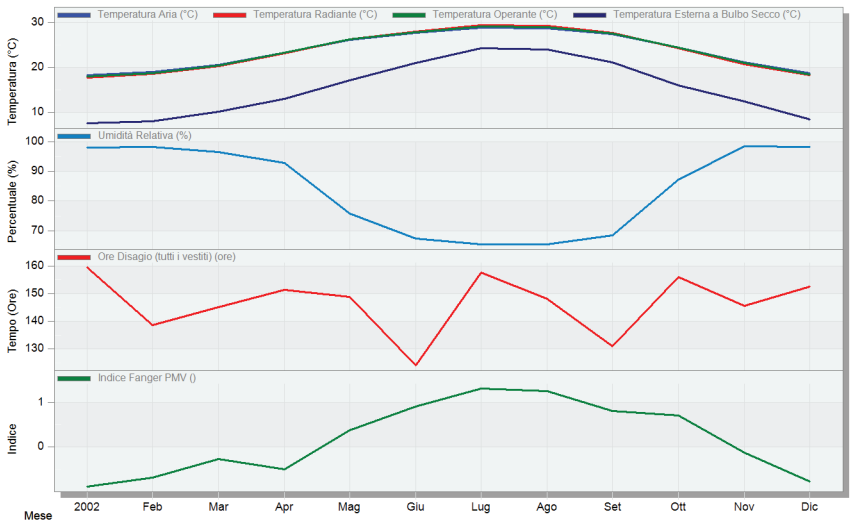


Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1
1 Gen - 31 Dic, Mensile



Mese	2002	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Illuminazione Generale (kWh)	2134.53	1856.12	1948.92	2041.73	2134.53	1856.12	2134.53	2041.73	1948.92	2134.53	1948.92	2041.73
Occupazione (kWh)	1614.08	1363.96	1343.33	1253.68	1184.71	982.01	1073.86	1033.42	1041.10	1258.01	1305.82	1519.84
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kWh)	942.20	1087.17	1599.36	1711.04	1771.39	1795.32	1834.83	2020.80	1737.99	1511.20	977.42	826.23
Riscaldamento Sensibile di Zona (kWh)	881.40	599.72	181.64	9.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.75	91.56	665.57
Raffrescamento Sensibile di Zona (kWh)	-4.75	-18.87	-137.65	-364.59	-1119.07	-1693.26	-3086.80	-3008.27	-1768.15	-610.02	-86.31	-2.05
Carico Latente Totale (kWh)	657.55	611.32	730.71	919.06	1088.93	993.27	1197.59	1139.51	1032.88	1013.63	768.22	652.91

Comfort - Blocco 1 1
1 Gen - 31 Dic, Mensile

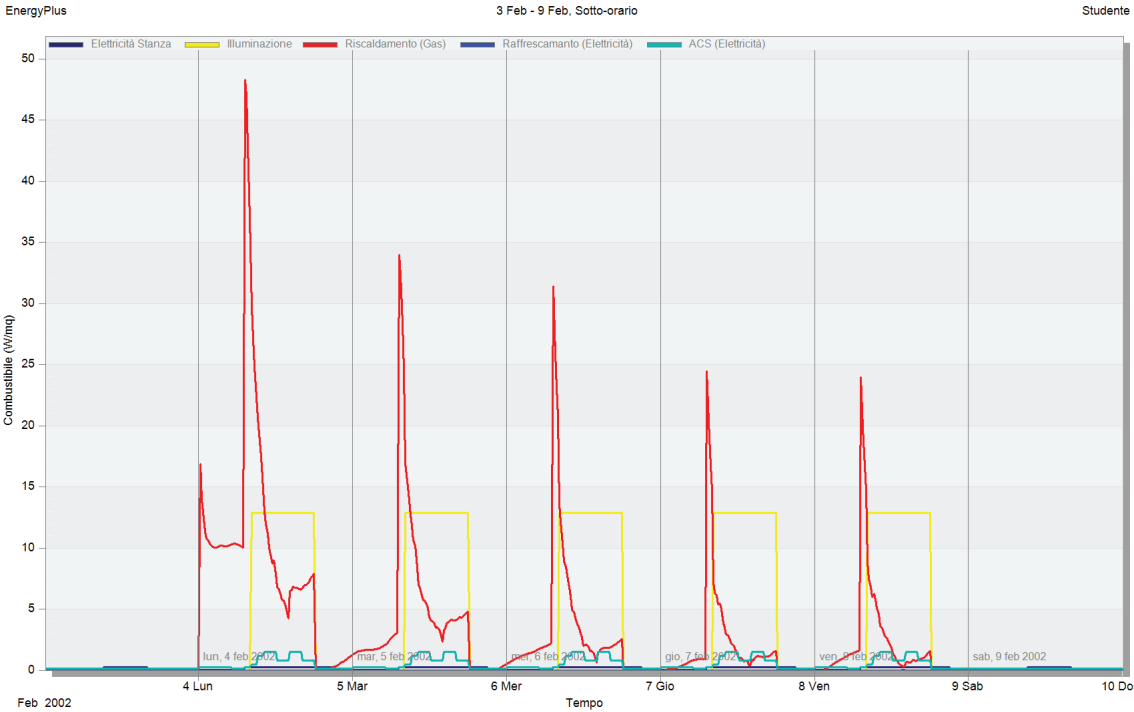


Mese	2002	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Temperatura Aria (°C)	18.29	19.01	20.53	23.31	26.13	27.70	28.73	28.60	27.38	24.43	21.05	18.71
Temperatura Radiante (°C)	17.73	18.53	20.25	23.14	26.20	27.99	29.34	29.19	27.65	24.31	20.76	18.22
Temperatura Operante (°C)	18.01	18.77	20.39	23.22	26.16	27.84	29.03	28.90	27.51	24.37	20.90	18.47
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	7.63	8.04	10.17	13.02	17.18	20.98	24.18	23.96	21.15	16.02	12.41	8.43
Umidità Relativa (%)	98.01	98.19	96.48	92.87	75.80	67.37	65.49	65.43	68.53	87.20	98.45	98.31
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	159.48	138.68	145.16	151.40	148.77	124.01	157.68	148.14	130.91	156.08	145.62	152.55
Indice Fanger PMV ()	-0.88	-0.68	-0.28	-0.49	0.38	0.91	1.31	1.26	0.80	0.71	-0.13	-0.77

UAR1_conf1_N_Edif_Ww_Consumi-mq

Consumi Separati - configurazione1, Edificio 1
3 Feb - 9 Feb. Sotto-orario

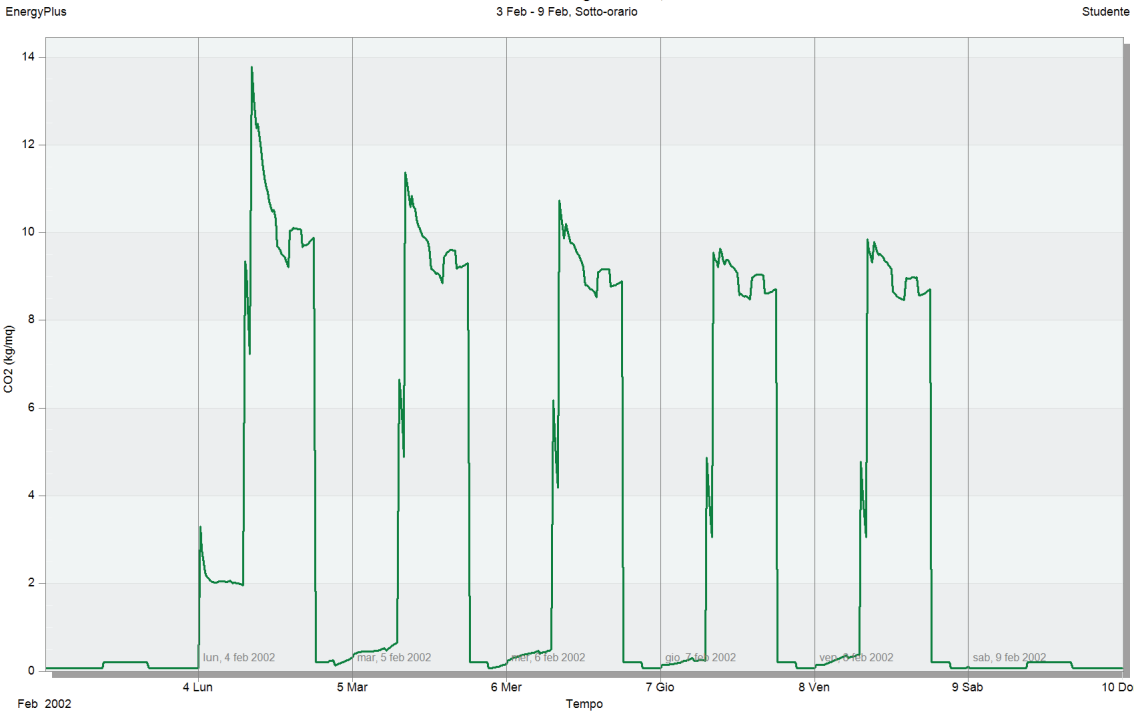
Studente



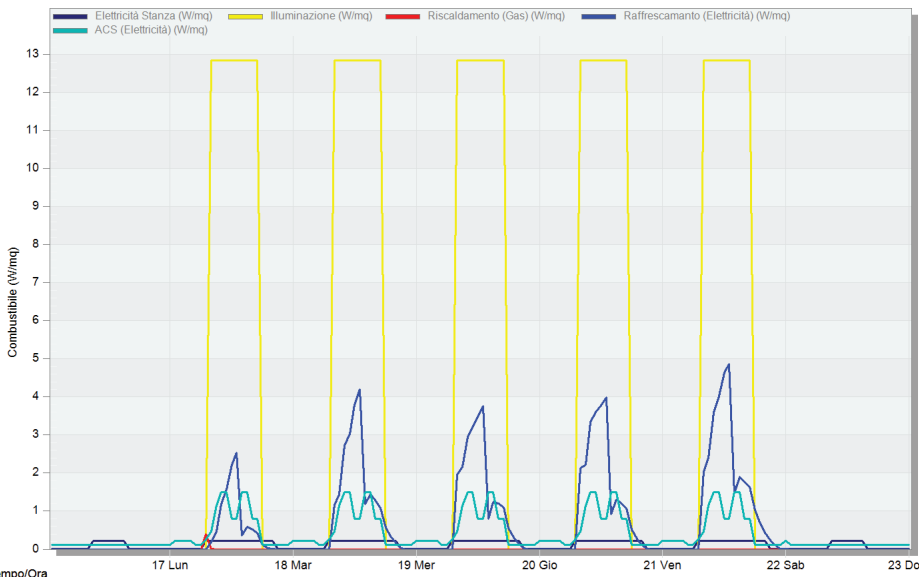
UAR1_conf1_N_Edif_Ww_CO2-mq

Produzione di CO2 - configurazione1, Edificio 1
3 Feb - 9 Feb. Sotto-orario

Studente

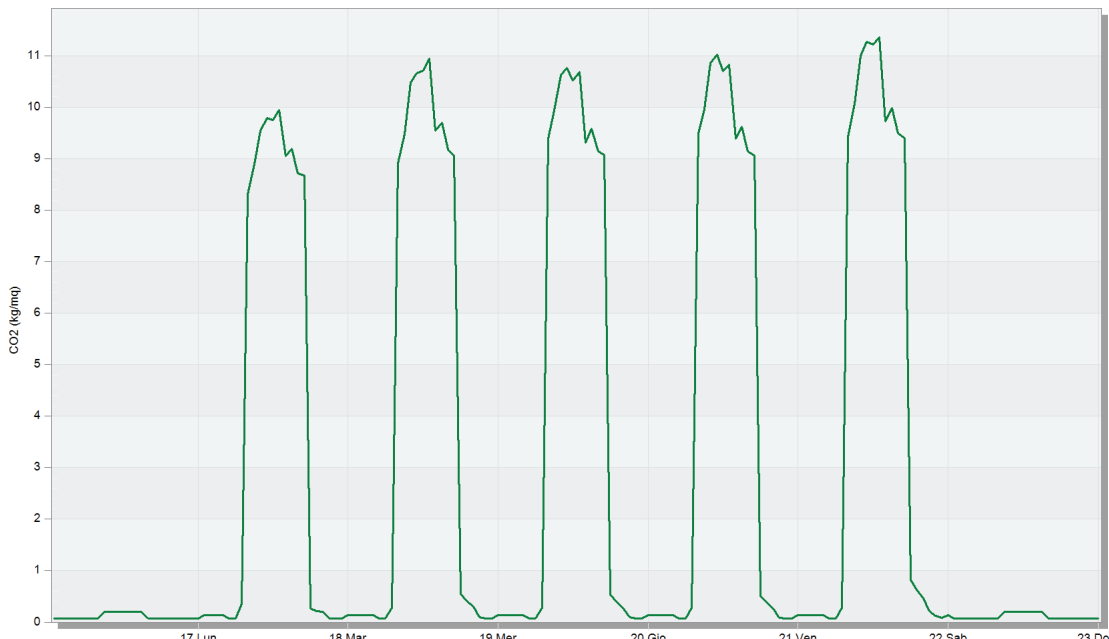


Consumi Separati - configurazione1, Edificio 1
16 Giu - 23 Giu, Orario



Tempo/Ora	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Dom
Elettricità Stanza (W/mq)	0.22	0.01	0.01	0.22	0.01	0.22	0.01
Illuminazione (W/mq)	0.00	0.00	0.00	12.85	0.00	12.85	0.00
Riscaldamento (Gas) (W/mq)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Raffrescamento (Elettricità) (W/mq)	0.00	0.00	0.00	3.80	0.00	0.56	2.22
ACS (Elettricità) (W/mq)	0.11	0.11	0.11	0.81	0.22	0.11	1.15

Produzione di CO2 - configurazione1, Edificio 1
16 Giu - 23 Giu, Orario



Tempo/Ora	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Dom
CO2 (kg)	0.20	0.07	0.07	10.71	0.14	0.54	9.96

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1
3 Feb - 9 Feb. Orario

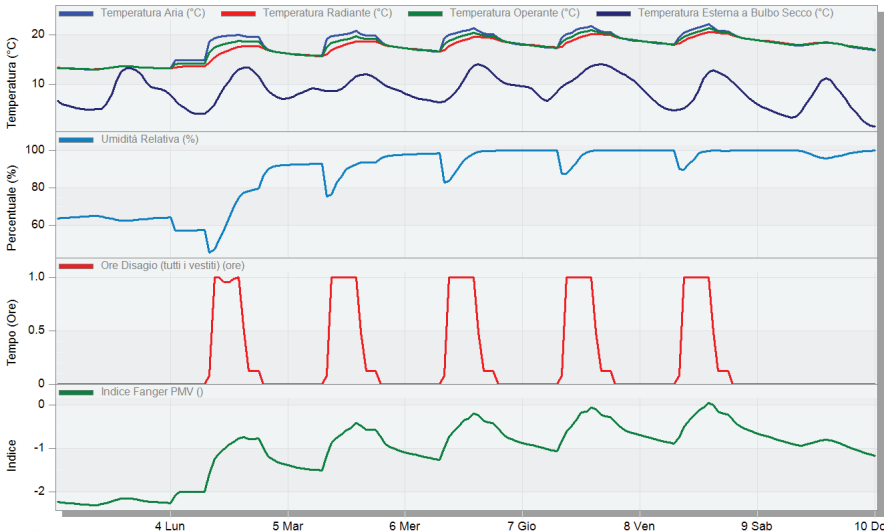
Studente



Tempo/Ora	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Do
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.00	9.28	0.00	9.28	0.00
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	9.72	0.00	1.00	10.99
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	4.79	0.00	0.00	2.75	0.00	0.12	2.00
Riscaldamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	5.09	0.00	2.59	0.00	1.40	0.89
Raffrescamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	3.64	0.00	0.35	3.62

Comfort - Blocco 1 1
3 Feb - 9 Feb. Orario

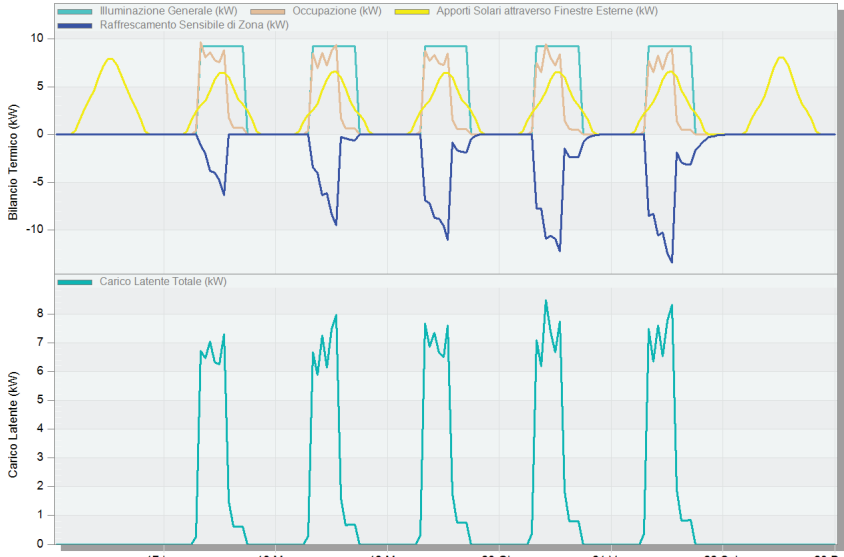
Studente



Tempo/Ora	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Do
Temperatura Aria (°C)	13.58	14.79	16.63	20.14	16.91	20.10	20.12
Temperatura Radiante (°C)	13.58	13.63	16.62	18.06	16.98	19.36	18.33
Temperatura Operante (°C)	13.58	14.21	16.62	19.10	16.95	19.73	19.23
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	13.15	3.90	7.80	9.70	6.97	12.18	10.07
Umidità Relativa (%)	62.48	57.39	91.34	90.06	98.15	99.55	87.62
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.12	1.00
Indice Fanger PMV ()	-2.16	-2.00	-1.27	-0.58	-1.17	-0.41	-0.62

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1
16 Giu - 23 Giu, Orario

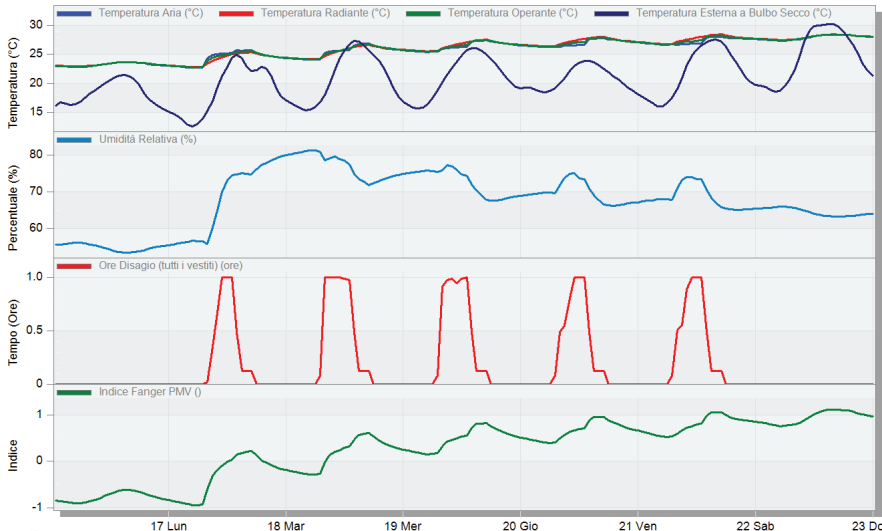
Studente



Tempo/Ora	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Dom
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.00	9.28	0.00	0.00	9.28
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	8.77	0.00	0.00	6.56
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	6.04	1.48	0.00	6.53	0.00	2.50	3.59
Raffrescamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	0.00	0.00	-8.31	0.00	-0.48	-7.73
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	7.46	0.00	0.00	6.18

Comfort - Blocco 1 1
16 Giu - 23 Giu, Orario

Studente



Tempo/Ora	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Dom
Temperatura Aria (°C)	23.69	22.71	24.71	25.70	25.54	27.29	26.53
Temperatura Radiante (°C)	23.68	22.83	24.68	25.92	25.65	27.36	27.04
Temperatura Operante (°C)	23.68	22.77	24.69	25.81	25.60	27.32	26.78
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	21.40	12.98	21.20	25.61	15.64	24.24	20.89
Umidità Relativa (%)	53.55	56.66	78.43	78.45	75.44	67.55	73.79
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	0.98	0.00	0.55	0.00
Indice Fanger PMV (I)	-0.62	-0.94	-0.08	0.30	0.19	0.76	0.57

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1, Zona 4
3 Feb - 9 Feb, Orario

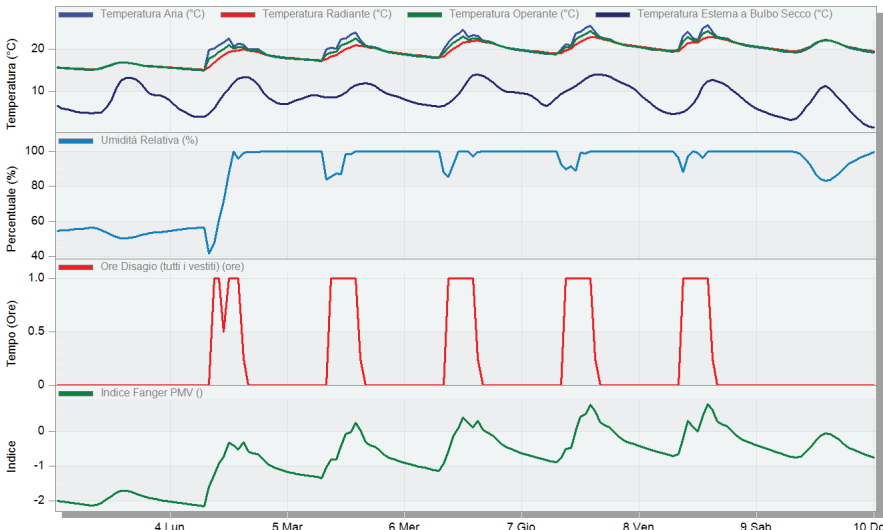
Studente



Tempo/Ora	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Dom
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.00	0.72	0.00	0.72	0.00
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	1.15	0.00	0.53	0.00
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	0.86	0.00	0.00	0.40	0.00	0.02	0.32
Riscaldamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Raffrescamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	0.56	0.00	0.15	0.00

Comfort - Blocco 1 1, Zona 4
3 Feb - 9 Feb, Orario

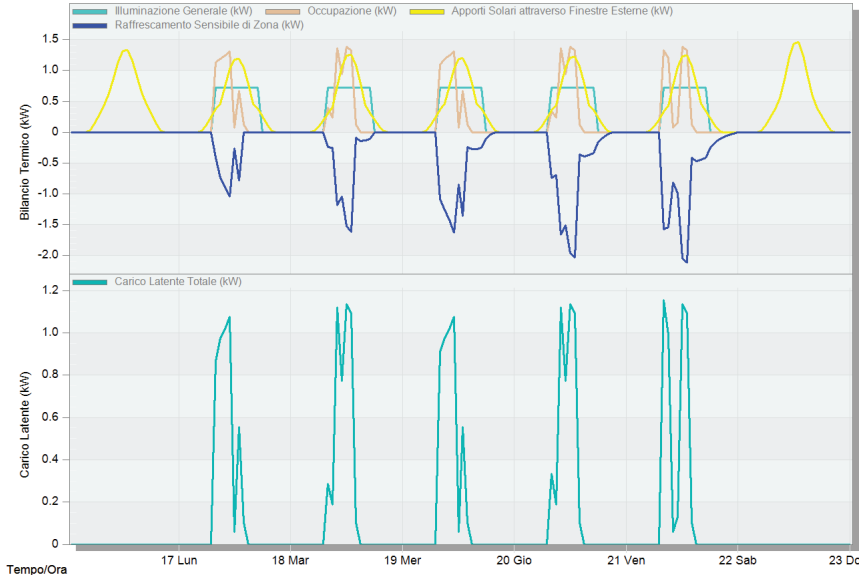
Studente



Tempo/Ora	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Dom
Temperatura Aria (°C)	16.88	15.05	18.36	22.67	18.38	21.72	21.13
Temperatura Radiante (°C)	16.87	15.21	18.46	20.10	18.55	21.47	19.81
Temperatura Operante (°C)	16.87	15.13	18.41	21.38	18.47	21.59	20.47
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	13.15	3.90	7.80	9.70	6.97	12.18	10.07
Umidità Relativa (%)	50.19	56.40	100.00	98.52	100.00	100.00	89.77
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
Indice Fanger PMV ()	-1.70	-2.13	-1.02	-0.06	-1.01	-0.10	-0.50

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1, Zona 4
16 Giu - 23 Giu, Orario

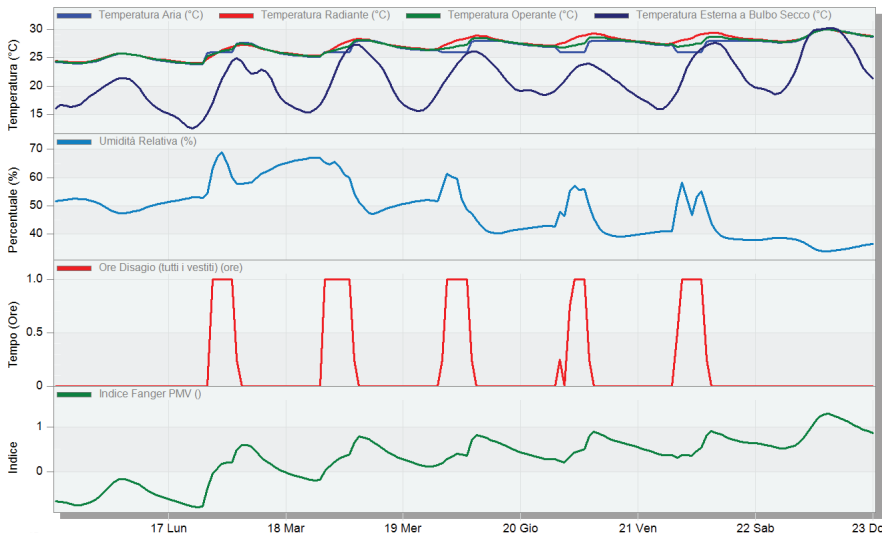
Studente



Tempo/Ora	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Dom
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.00	0.72	0.00	0.00	0.72
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	1.38	0.00	0.00	0.23
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	0.90	0.12	0.00	1.24	0.00	0.25	0.44
Raffrescamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	0.00	0.00	-1.52	0.00	-0.10	-0.70
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	1.14	0.00	0.00	0.19

Comfort - Blocco 1 1, Zona 4
16 Giu - 23 Giu, Orario

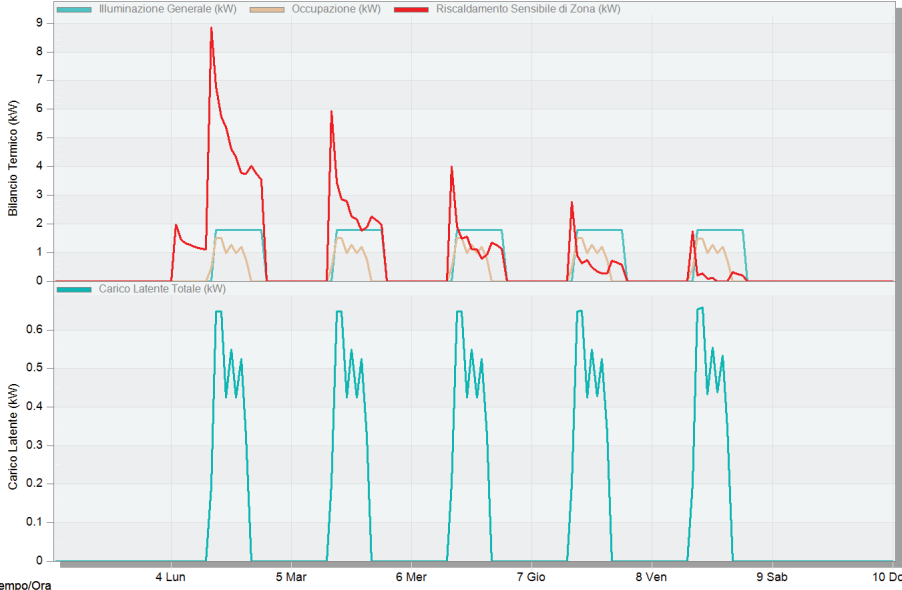
Studente



Tempo/Ora	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Dom
Temperatura Aria (°C)	25.71	23.81	26.19	26.00	26.39	28.00	26.00
Temperatura Radiante (°C)	25.75	24.04	26.21	27.67	26.62	28.47	27.65
Temperatura Operante (°C)	25.73	23.92	26.20	26.84	26.51	28.24	26.83
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	21.40	12.98	21.20	25.61	15.64	24.24	20.89
Umidità Relativa (%)	47.29	52.97	62.99	61.07	51.64	40.47	46.34
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
Indice Fanger PMV (I)	-0.17	-0.80	0.16	0.34	0.16	0.71	0.20

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1, Zona 8
3 Feb - 9 Feb. Orario

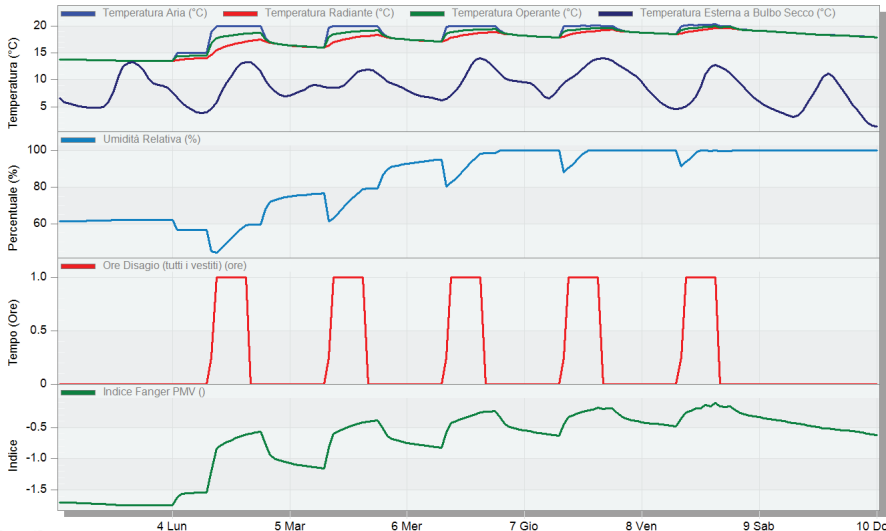
Studente



Tempo/Ora	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Do			
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.00	1.79	0.00	1.79	1.79	0.00	1.79	0.00
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	1.27	0.00	0.00	1.50	0.00	0.73	0.00
Riscaldamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	1.14	0.00	2.26	0.00	1.14	0.89	0.00	0.00	0.00
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	0.55	0.00	0.00	0.65	0.00	0.34	0.00

Comfort - Blocco 1 1, Zona 8
3 Feb - 9 Feb. Orario

Studente

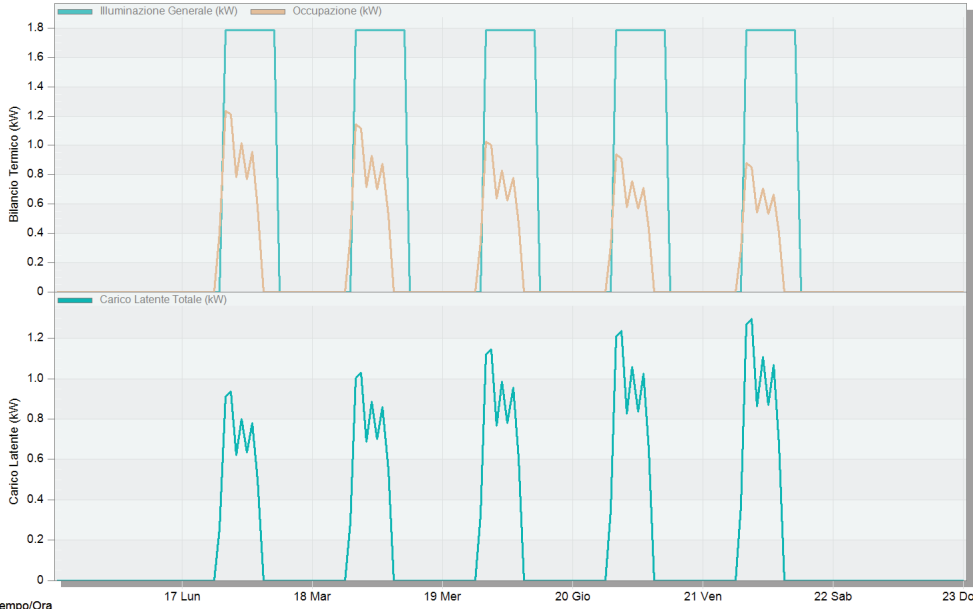


Tempo/Ora	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Do			
Temperatura Aria (°C)	13.57	15.00	16.74	20.00	17.31	20.00	20.00	18.78	20.32	18.77
Temperatura Radiante (°C)	13.56	13.99	16.69	17.67	17.30	18.87	18.87	18.77	19.54	18.77
Temperatura Operante (°C)	13.56	14.50	16.72	18.83	17.30	19.43	19.18	18.77	19.93	18.77
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	13.15	3.90	7.80	9.70	6.97	12.18	10.07	9.57	12.76	3.41
Umidità Relativa (%)	62.10	56.59	73.13	71.43	93.88	98.58	90.52	100.00	99.96	100.00
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
Indice Fanger PMV (I)	-1.74	-1.54	-1.00	-0.50	-0.78	-0.24	-0.33	-0.41	-0.11	-0.41

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1, Zona 8
16 Glu - 23 Glu, Orario

EnergyPlus

Studente

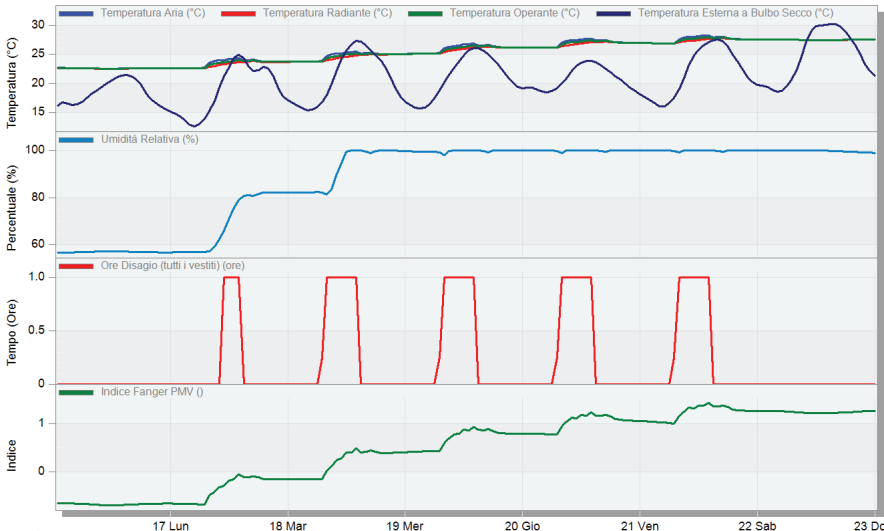


Tempo/Ora	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Do
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.00	1.79	0.00	0.00	1.79
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00	0.91
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00	1.24

Comfort - Blocco 1 1, Zona 8
16 Glu - 23 Glu, Orario

EnergyPlus

Studente



Tempo/Ora	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Do
Temperatura Aria (°C)	22.57	22.59	23.76	25.39	25.14	26.44	27.36
Temperatura Radiante (°C)	22.54	22.57	23.69	24.60	25.13	26.29	26.58
Temperatura Operante (°C)	22.56	22.58	23.72	25.00	25.14	26.36	26.97
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	21.40	12.98	21.20	25.61	15.64	24.24	20.89
Umidità Relativa (%)	57.10	57.04	82.23	99.40	99.49	99.91	100.00
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
Indice Fanger PMV ()	-0.69	-0.68	-0.16	0.40	0.42	0.85	1.03

riepilogo risultati simulazione

Unità Ambientale di Riferimento

UAR1_conf1_dati

END USE

	Electricity [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]
Heating	0.00	0.00	14097.72
Cooling	0.00	35323.11	0.00
Interior Lighting	72408.51	0.00	0.00
Interior Equipment	1972.72	0.00	0.00
Total End Uses	74381.23	35323.11	14097.72

PERFORMANCE - Demand End Use Components Summary

	Electricity [W]	District Cooling [W]	District Heating [W]
Time of Peak	01-JAN-09:15	06-AUG-12:00	30-DEC-07:15
Heating	0.00	0.00	104392.00
Cooling	0.00	62870.93	0.00
Interior Lighting	27742.72	0.00	0.00
Interior Equipment	476.27	0.00	0.00
Total End Uses	28218.99	62870.93	104392.00

UTILITY USE PER CONDITIONED FLOOR AREA

	Electricity Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]
Lighting	38.78	0.00	0.00
HVAC	0.00	18.92	10.50
Other	1.06	0.00	0.00
Total	39.83	18.92	10.50

SENSIBLE HEAT GAIN SUMMARY

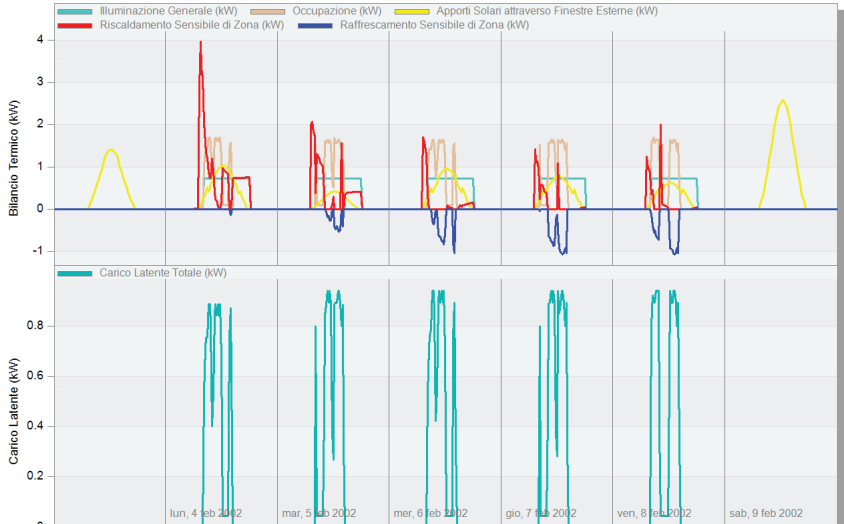
	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [kWh]	People Sensible Heat Addition [kWh]	Lights Sensible Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Addition [kWh]
BLOCCO11:ZONA4	40.975	-1983.49	1559.026	1886.397	0.000
BLOCCO11:ZONA5	43.669	-1996.86	1557.796	1886.397	0.000
BLOCCO11:ZONA1	109.122	-1731.06	1551.349	1824.435	0.000
BLOCCO11:ZONA3	113.431	-1559.12	1553.422	1824.435	0.000
BLOCCO11:ZONA8	846.188	0.000	1669.442	4661.463	0.000
BLOCCO11:ZONA9	630.644	-2280.65	2657.899	5116.424	0.000
BLOCCO11:ZONA7	648.246	-2348.78	2560.891	5116.424	0.000
BLOCCO11:ZONA6	0.000	0.000	937.973	953.182	0.000
BLOCCO11:ZONA2	0.000	0.000	926.011	953.180	0.000

OTTIMIZZAZIONE

<i>Dati di input variabili</i>		<i>Dati di input variabili</i>		<i>Dati di input variabili</i>	
Zona 1/3/4/5 - Aula tradizionale		Zona 8 - Distributivo		Zona 7/9 - Laboratorio	
Densità (persone/mq)	0.5	Densità (persone/mq)	0.11	Densità (persone/mq)	0.21
Setpoint di riscaldamento (°C)	23.5	Setpoint di riscaldamento (°C)	23.5	Setpoint di riscaldamento (°C)	23.5
Temp. attenuazione Riscal.(°C)	15	Temp. attenuazione Riscal.(°C)	15	Temp. attenuazione Riscal.(°C)	15
Setpoint di raffrescamento (°C)	24	Setpoint di raffrescamento (°C)	24	Setpoint di raffrescamento (°C)	24
Temp. attenuazione Raffr. (°C)	28	Temp. attenuazione Raffr. (°C)	28	Temp. attenuazione Raffr. (°C)	28
Dispositivi ufficio/computer	off	Dispositivi ufficio/computer	off	Dispositivi ufficio/computer	on
Ventilazione naturale	on	Ventilazione naturale	on	Ventilazione naturale	on

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1, Zona 4
3 Feb - 9 Feb, Sotto-orario

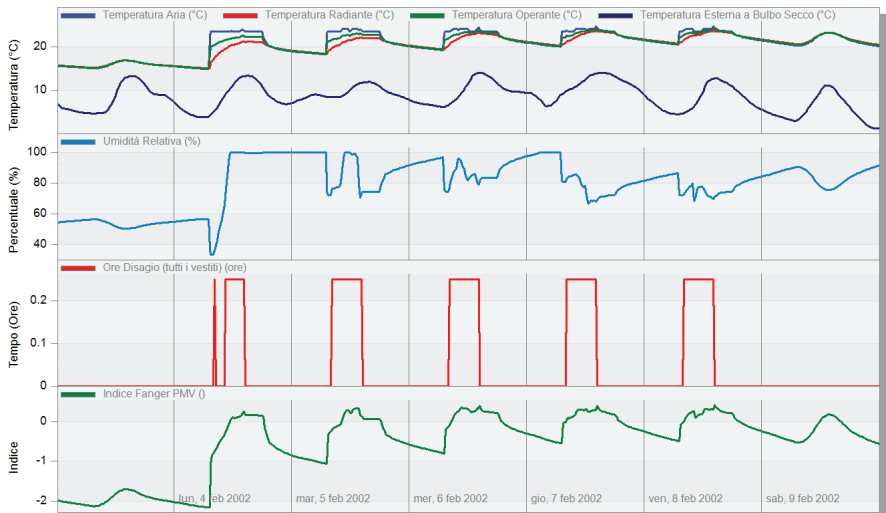
Studente



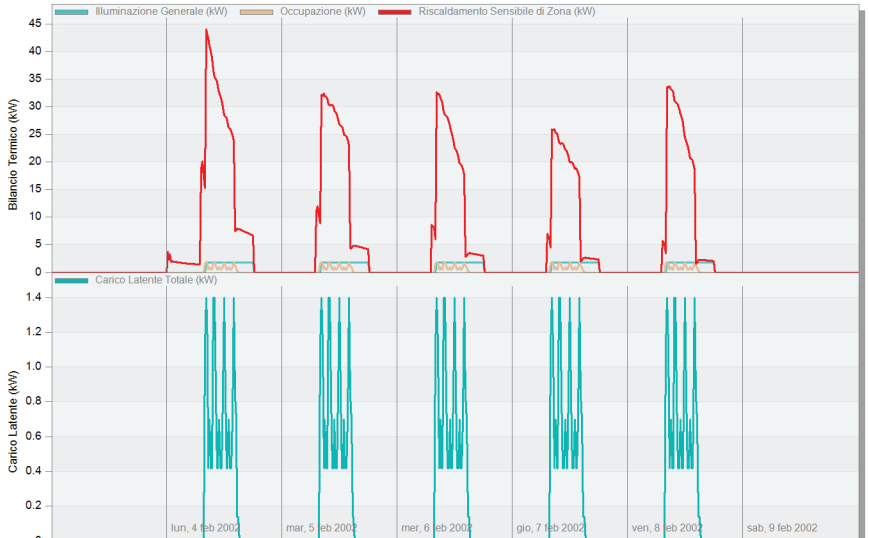
Tempo	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Do		
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.00	0.72	0.00	0.00	0.72	0.00	0.00
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	1.64	0.00	0.00	1.64	0.00	0.00
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	0.65	0.00	0.00	0.41	0.00	0.00	0.63	0.00	0.06
Riscaldamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
Raffrescamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	0.00	0.00	-0.50	0.00	0.00	-0.78	0.00	0.00
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	0.94	0.00	0.00	0.94	0.00	0.00

Comfort - Blocco 1 1, Zona 4
3 Feb - 9 Feb, Sotto-orario

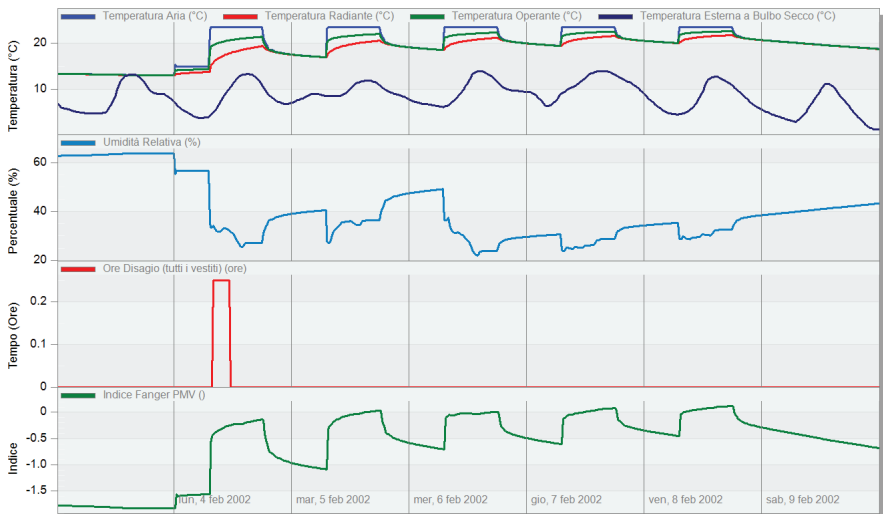
Studente



Tempo	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Do			
Temperatura Aria (°C)	16.77	15.00	19.37	24.00	19.53	21.88	24.00	21.15	23.50	20.39
Temperatura Radiante (°C)	16.75	15.10	19.50	21.85	19.72	21.97	22.56	21.37	23.23	20.68
Temperatura Operante (°C)	16.76	15.05	19.43	22.92	19.63	21.93	23.28	21.26	23.36	20.53
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	13.27	3.95	7.13	11.20	6.75	10.35	11.40	7.10	11.52	4.30
Umidità Relativa (%)	50.52	56.59	100.00	99.08	94.88	91.90	83.28	83.19	74.24	89.77
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00
Indice Fanger PMV ()	-1.73	-2.15	-0.73	0.33	-0.71	-0.06	0.31	-0.33	0.22	-0.50



Tempo	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Do
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	1.79	0.00	0.00	1.79	0.00
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.95	0.00	0.00	0.57	0.00
Riscaldamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	1.48	0.00	24.96	0.00	0.00	22.98
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00	0.42

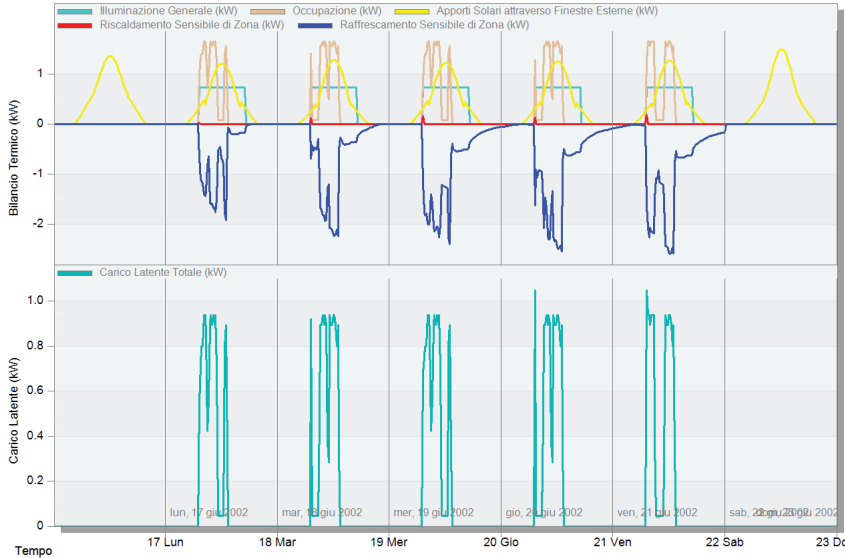


Tempo	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Do
Temperatura Aria (°C)	13.16	15.00	17.97	23.50	18.78	20.74	23.50
Temperatura Radiante (°C)	13.14	13.77	17.88	19.95	18.77	20.62	20.90
Temperatura Operante (°C)	13.15	14.39	17.93	21.72	18.78	20.68	22.20
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	13.27	3.95	7.13	11.20	6.75	10.35	11.40
Umidità Relativa (%)	63.75	56.59	38.12	34.86	48.57	28.27	25.09
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Indice Fanger PMV ()	-1.82	-1.56	-0.89	-0.04	-0.66	-0.33	-0.01

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1, Zona 4

16 Giu - 23 Giu, Sotto-orario

Studente

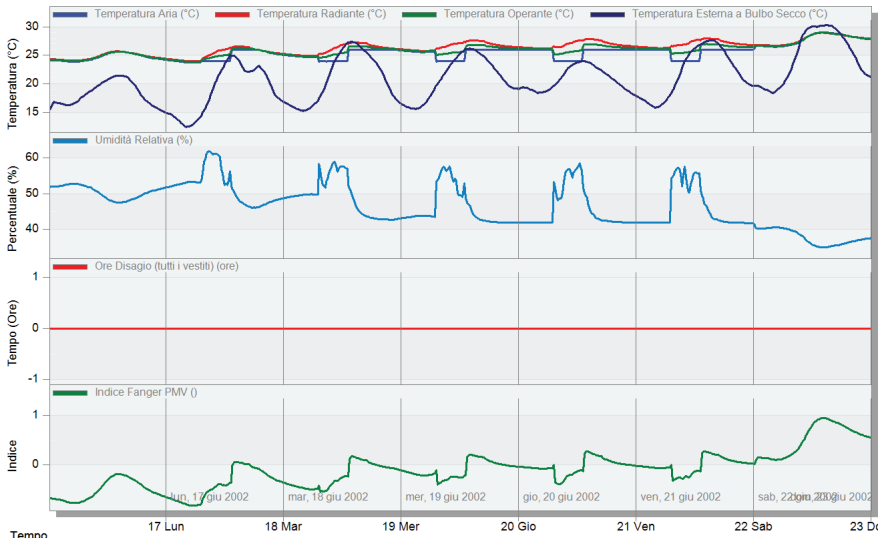


Tempo	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Do
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.00	0.72	0.00	0.00	0.72
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	1.56	0.00	0.00	0.66
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	0.73	0.23	0.00	1.21	0.00	0.03	1.08
Riscaldamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Raffrescamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	0.00	0.00	-2.24	0.00	-0.19	-1.66
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	0.89	0.00	0.00	0.38

Comfort - Blocco 1 1, Zona 4

16 Giu - 23 Giu, Sotto-orario

Studente



Tempo	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Do
Temperatura Aria (°C)	25.60	23.75	25.35	24.00	25.56	26.00	24.00
Temperatura Radiante (°C)	25.61	23.97	25.47	27.03	25.78	26.83	27.15
Temperatura Operante (°C)	25.60	23.86	25.41	25.51	25.67	26.42	25.58
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	21.35	13.70	18.95	27.20	16.00	22.30	23.13
Umidità Relativa (%)	47.62	53.19	47.91	57.12	43.84	42.00	55.77
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Indice Fanger PMV ()	-0.21	-0.83	-0.28	-0.23	-0.22	0.03	-0.21

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1, Zona 8

16 Giu - 23 Giu, Sotto-orario

Studente

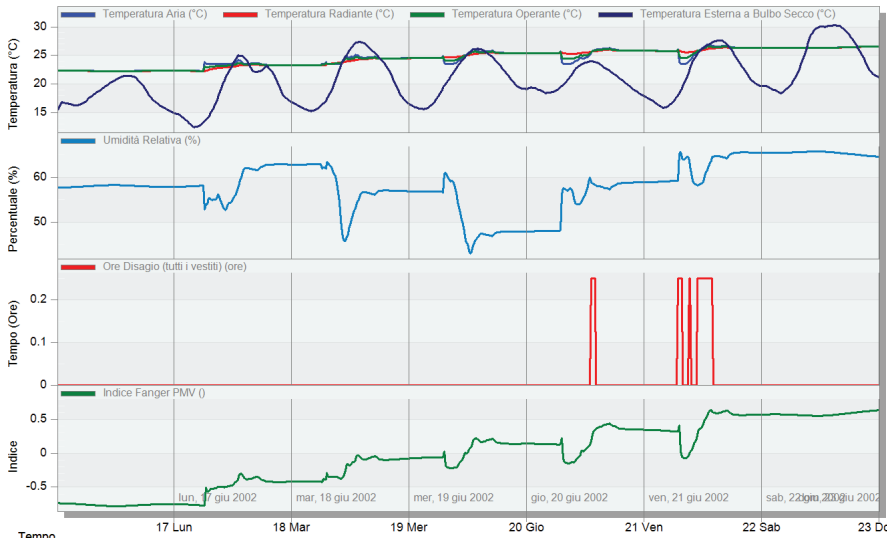


Tempo	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Do
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.00	1.79	0.00	0.00	1.79
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	1.74	0.00	0.00	1.10
Riscaldamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	1.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	1.56	0.00	0.00	0.88

Comfort - Blocco 1 1, Zona 8

16 Giu - 23 Giu, Sotto-orario

Studente



Tempo	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Do
Temperatura Aria (°C)	22.28	23.50	23.32	25.11	24.57	25.45	24.28
Temperatura Radiante (°C)	22.24	22.34	23.26	24.18	24.56	25.40	25.37
Temperatura Operante (°C)	22.26	22.92	23.29	24.64	24.57	25.43	24.83
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	21.35	13.70	18.95	27.20	16.00	22.30	23.13
Umidità Relativa (%)	58.13	53.98	62.88	52.94	56.76	47.88	54.04
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Indice Fanger PMV (I)	-0.77	-0.51	-0.42	-0.10	-0.06	0.14	-0.05

riepilogo simulazione ottimizzata

Unità Ambientale di Riferimento

UAR1_conf1_dati_OTT1

END USE

	Electricity [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]
Heating	0.00	0.00	126418.57
Cooling	0.00	32272.58	0.00
Interior Lighting	72408.51	0.00	0.00
Interior Equipment	1972.72	0.00	0.00
Total End Uses	74381.23	32272.58	126418.57

PERFORMANCE - Demand End Use Components Summary

	Electricity [W]	District Cooling [W]	District Heating [W]
Time of Peak	01-JAN-09:15	06-AUG-12:00	11-FEB-08:15
Heating	0.00	0.00	252171.67
Cooling	0.00	70013.79	0.00
Interior Lighting	27742.72	0.00	0.00
Interior Equipment	476.27	0.00	0.00
Total End Uses	28218.99	70013.79	252171.67

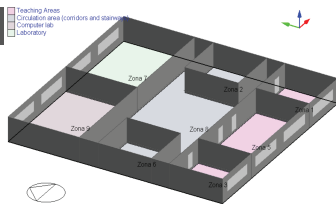
UTILITY USE PER CONDITIONED FLOOR AREA

	Electricity Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]
Lighting	38.78	0.00	0.00
HVAC	0.00	17.28	70.65
Other	1.06	0.00	0.00
Total	39.83	17.28	70.65

SENSIBLE HEAT GAIN SUMMARY

	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [kWh]	People Sensible Heat Addition [kWh]	Lights Sensible Heat Addition [kWh]
BLOCCO11:ZONA4	276.007	-2881.00	1723.644	1886.397
BLOCCO11:ZONA5	363.042	-2256.35	1720.311	1886.397
BLOCCO11:ZONA1	2634.100	-1625.46	1684.553	1824.435
BLOCCO11:ZONA3	534.089	-1839.85	1668.310	1824.435
BLOCCO11:ZONA8	21736.900	0.000	1739.451	4661.463
BLOCCO11:ZONA9	1949.681	-1490.77	2590.904	5116.424
BLOCCO11:ZONA7	8344.932	-2266.80	2649.729	5116.424
BLOCCO11:ZONA6	0.000	0.000	1156.570	953.182
BLOCCO11:ZONA2	0.000	0.000	1150.844	953.180

UAR1
_conf2



Dati di input variabili

Zona 1/3 Didattica per ambienti

Densità (persone/mq)	0.5
Setpoint di riscaldamento (°C)	20
Temp. attenuazione Riscal.(°C)	15
Setpoint di raffreddamento (°C)	26
Temp. attenuazione Raffr. (°C)	28
Dispositivi ufficio/computer	off

Dati di input variabili

Zona 8 - Distributivo

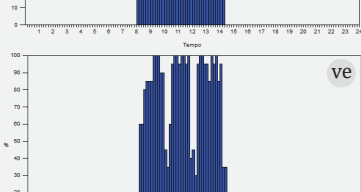
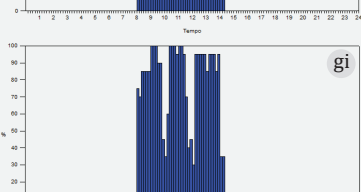
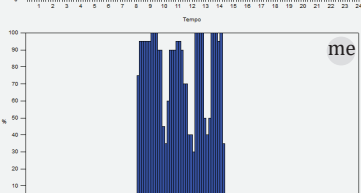
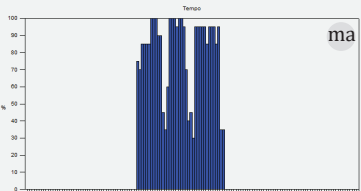
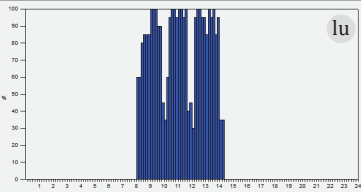
Densità (persone/mq)	0.11
Setpoint di riscaldamento (°C)	20
Temp. attenuazione Riscal.(°C)	15
Setpoint di raffreddamento (°C)	26
Temp. attenuazione Raffr. (°C)	28
Dispositivi ufficio/computer	off

Dati di input variabili

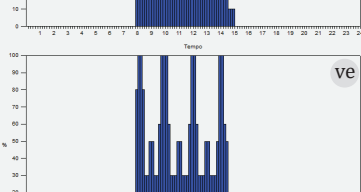
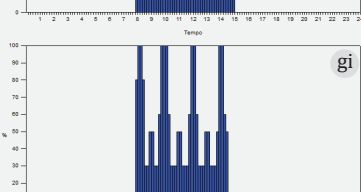
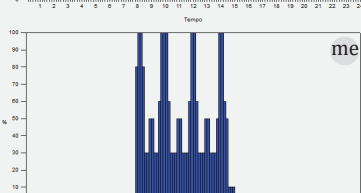
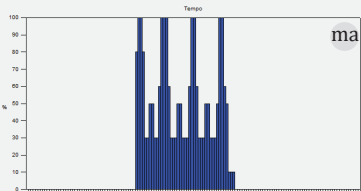
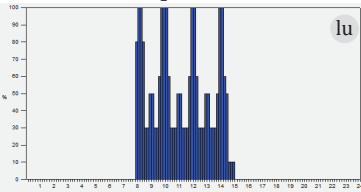
Zona 5 - Spazio+

Densità (persone/mq)	0.21
Setpoint di riscaldamento (°C)	20
Temp. attenuazione Riscal.(°C)	15
Setpoint di raffreddamento (°C)	26
Temp. attenuazione Raffr. (°C)	28
Dispositivi ufficio/computer	on

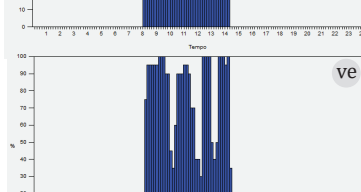
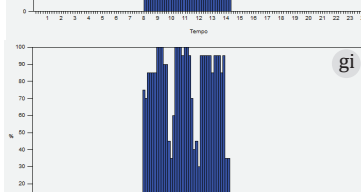
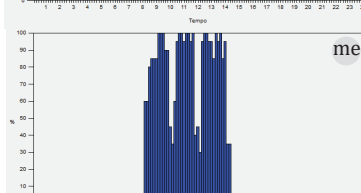
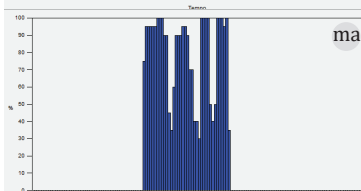
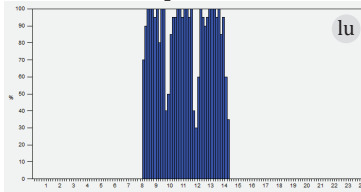
Profili di occupazione - Z1



Profili di occupazione - Z8



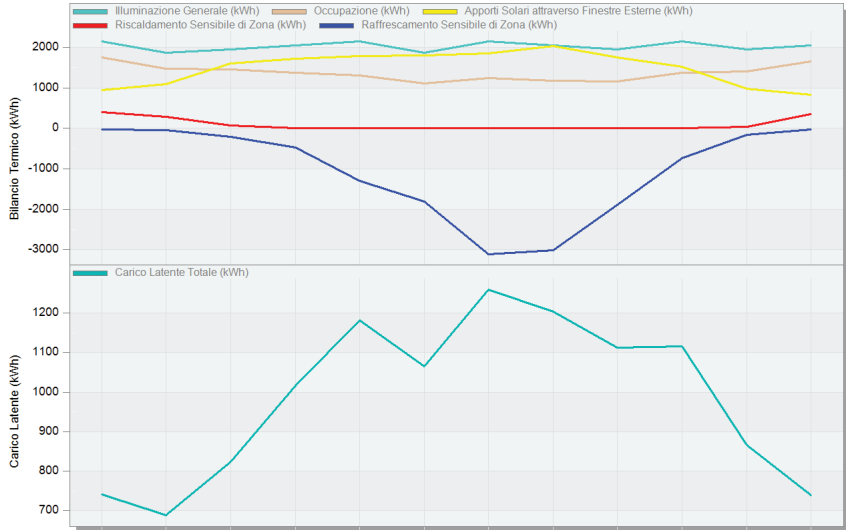
Profili di occupazione - Z5



Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1

1 Gen - 31 Dic. Mensile

Studente

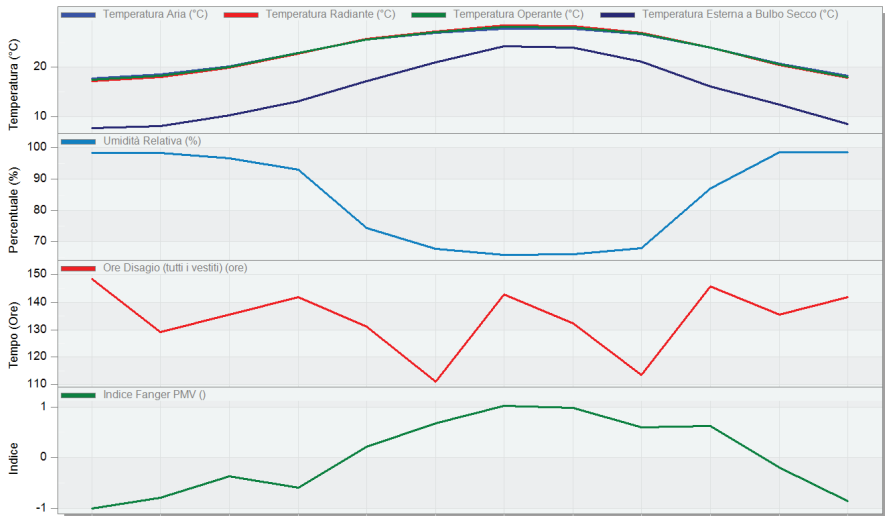


Mese	2002	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Illuminazione Generale (kWh)	2138.17	1859.28	1952.25	2045.21	2138.17	1859.28	2138.17	2045.21	1952.25	2138.17	1952.25	2045.21
Occupazione (kWh)	1751.13	1477.11	1450.57	1366.10	1310.22	1101.91	1232.47	1179.83	1161.47	1375.92	1408.96	1642.96
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kWh)	944.18	1091.32	1606.62	1715.52	1776.36	1800.44	1842.06	2029.22	1744.55	1516.52	981.73	831.91
Riscaldamento Sensibile di Zona (kWh)	400.35	287.93	63.49	1.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.12	347.97
Raffrescamento Sensibile di Zona (kWh)	-25.79	-52.22	-205.00	-467.37	-1301.32	-1807.06	-3101.70	-3007.98	-1886.22	-737.10	-160.81	-22.80
Carico Latente Totale (kWh)	740.02	689.11	823.96	1016.74	1180.93	1064.30	1258.68	1203.01	1113.06	1115.24	865.57	739.98

Comfort - Blocco 1 1

1 Gen - 31 Dic. Mensile

Studente



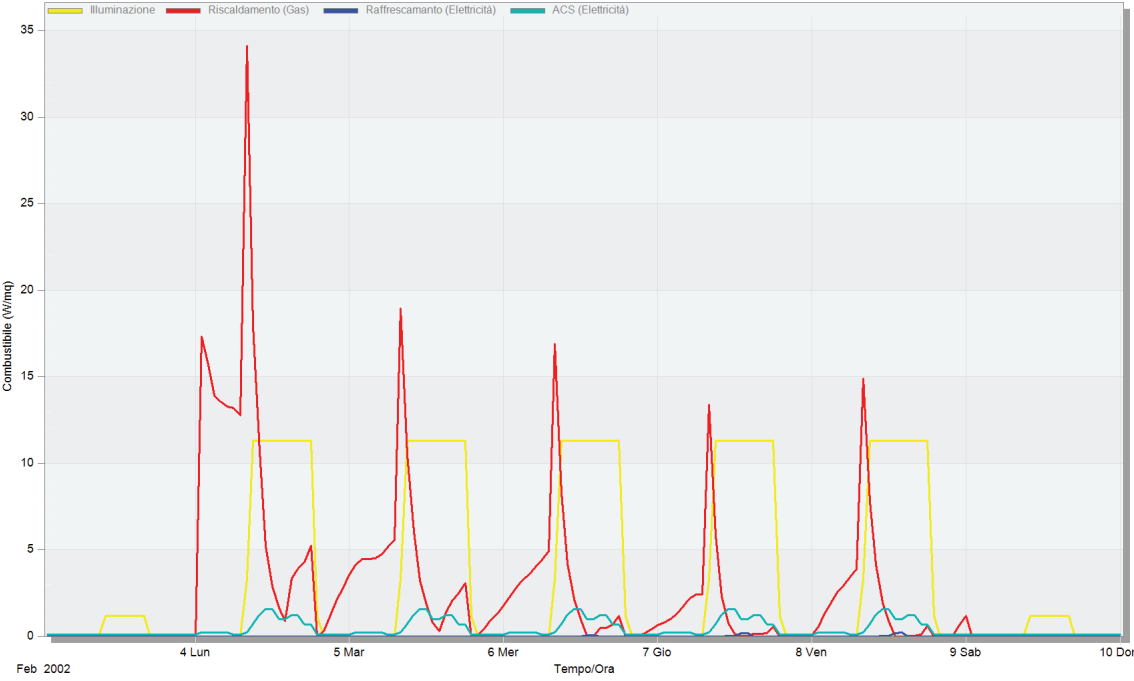
Mese	2002	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Temperatura Aria (°C)	17.67	18.47	20.10	22.93	25.59	26.97	27.86	27.77	26.74	24.04	20.70	18.23
Temperatura Radiante (°C)	17.18	18.04	19.83	22.76	25.70	27.28	28.46	28.34	27.04	23.94	20.41	17.79
Temperatura Operante (°C)	17.43	18.26	19.97	22.84	25.65	27.13	28.16	28.06	26.89	23.99	20.55	18.01
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	7.63	8.04	10.17	13.02	17.19	20.98	24.18	23.96	21.15	16.01	12.41	8.43
Umidità Relativa (%)	98.41	98.46	96.66	93.10	74.40	67.69	65.84	66.01	67.98	86.96	98.56	98.62
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	148.43	129.07	135.46	141.79	131.02	111.09	142.78	132.24	113.51	145.70	135.53	141.98
Indice Fanger PMV ()	-1.00	-0.78	-0.36	-0.59	0.21	0.68	1.02	0.98	0.59	0.62	-0.19	-0.85

UAR1_conf2_N_Edif_Ww_Consumi-mq

Consumi Separati - configurazione1, Edificio 1
3 Feb - 9 Feb, Orario

Studente

EnergyPlus

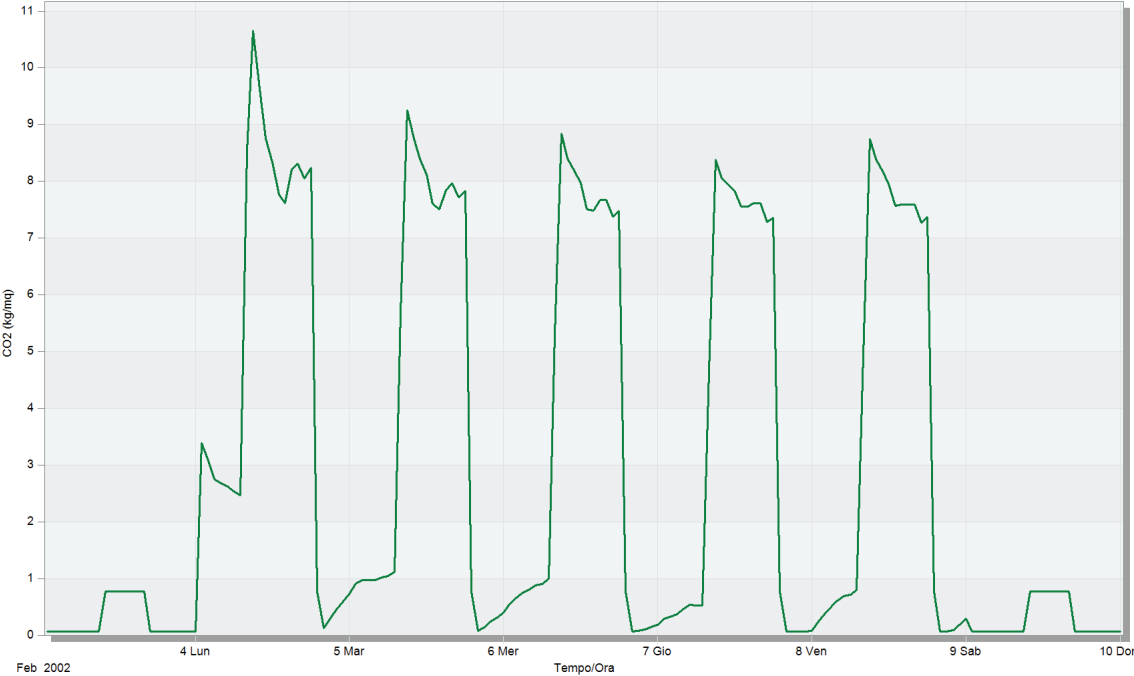


UAR1_conf2_N_Edif_Ww_CO2-mq

Produzione di CO2 - configurazione1, Edificio 1
3 Feb - 9 Feb, Orario

Studente

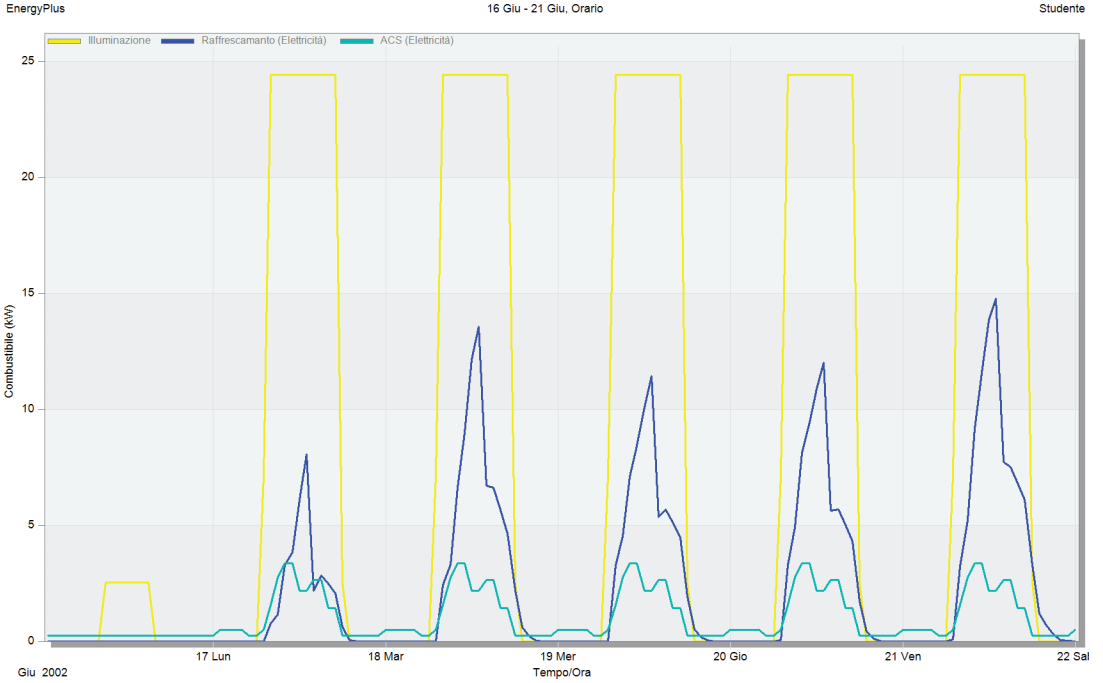
EnergyPlus



UAR1_conf2_N_Edif_Ws_Consumi-mq

Consumi Separati - configurazione1, Edificio 1
16 Giu - 21 Giu, Orario

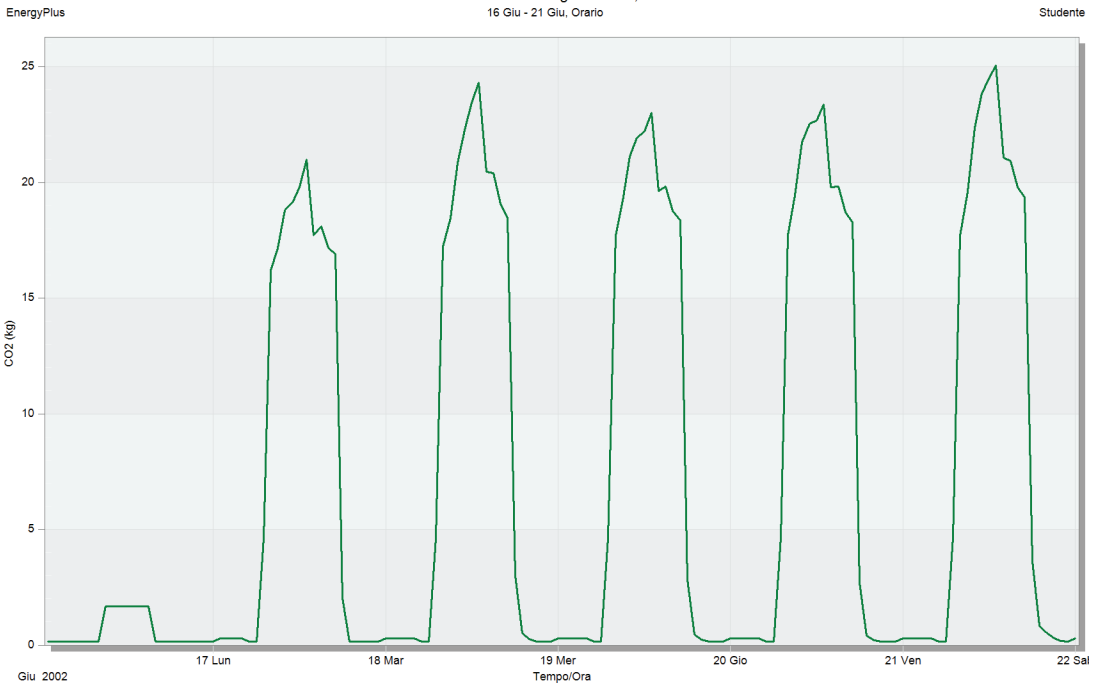
Studente



UAR1_conf2_N_Edif_Ws_CO2

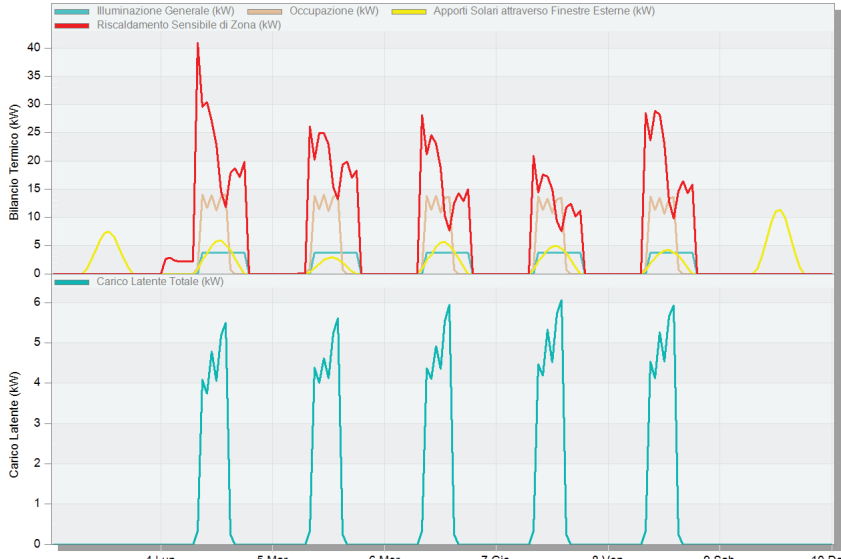
Produzione di CO2 - configurazione1, Edificio 1
16 Giu - 21 Giu, Orario

Studente



Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1
3 Feb - 9 Feb, Orario

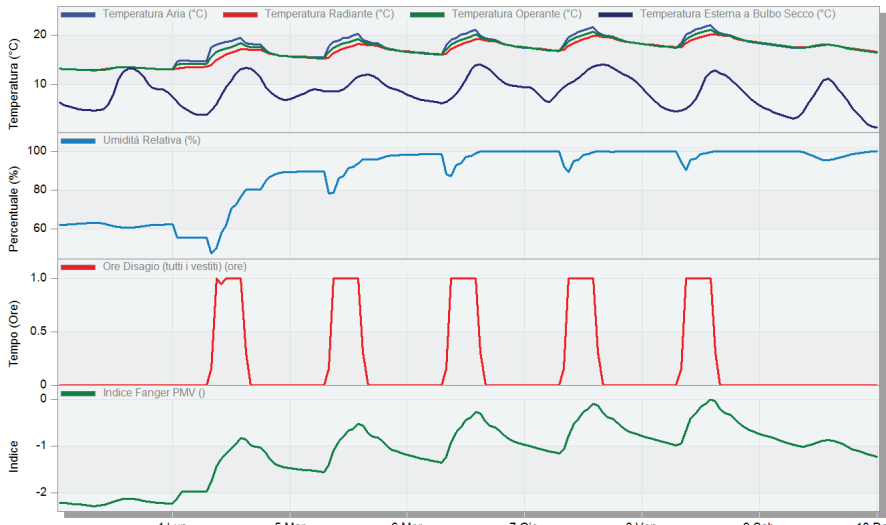
Studente



Tempo/Ora	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Dom			
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.00	3.79	0.00	3.79	3.79	0.00	3.79	0.00
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	11.07	0.00	0.00	13.71	0.00	0.75	0.00
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	4.61	0.00	0.00	2.80	0.00	0.00	2.25	0.00	3.29	0.00
Riscaldamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	2.19	0.00	22.95	0.00	15.01	14.38	0.00	14.64	0.00
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	4.12	0.00	0.00	4.48	0.00	0.24	0.00

Comfort - Blocco 1 1
3 Feb - 9 Feb, Orario

Studente



Tempo/Ora	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Dom				
Temperatura Aria (°C)	13.55	14.77	16.06	19.49	16.34	18.98	19.60	18.18	20.90	17.58	
Temperatura Radiante (°C)	13.54	13.57	16.01	17.60	16.40	18.73	17.79	18.25	20.17	17.70	
Temperatura Operante (°C)	13.55	14.17	16.03	18.55	16.37	18.85	18.69	18.22	20.54	17.64	
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	13.20	3.90	7.70	9.80	9.80	6.95	12.05	10.15	9.45	12.77	3.38
Umidità Relativa (%)	60.49	55.53	88.23	91.22	98.52	99.97	89.34	100.00	99.98	100.00	
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.30	0.00	
Indice Fanger PMV ()	-2.13	-1.97	-1.39	-0.68	-1.28	-0.60	-0.80	-0.79	-0.04	-0.95	

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1, Zona 5
3 Feb - 9 Feb. Orario

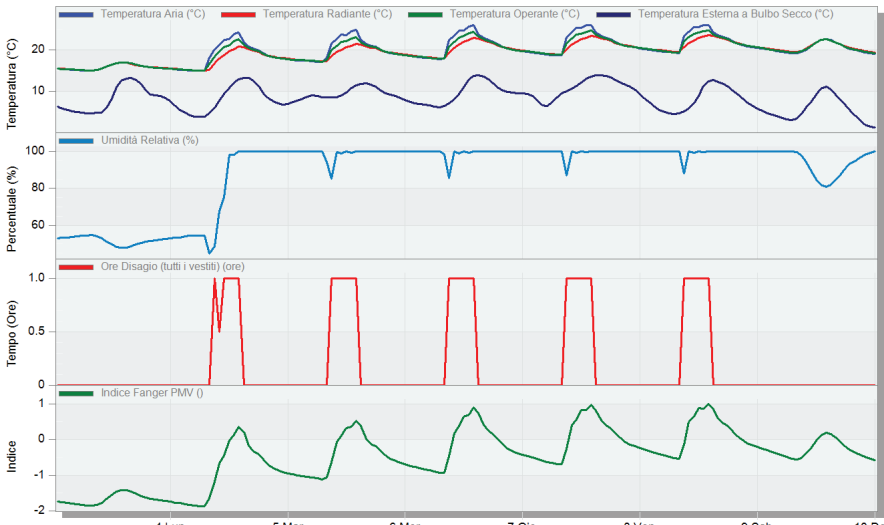
Studente



Tempo/Ora	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Dom
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.00	1.46	0.00	1.46	0.00
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	2.36	0.00	3.02	0.00
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	1.66	0.00	0.00	0.82	0.00	0.73	0.00
Riscaldamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Raffrescamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	1.53	0.00	1.57	0.00

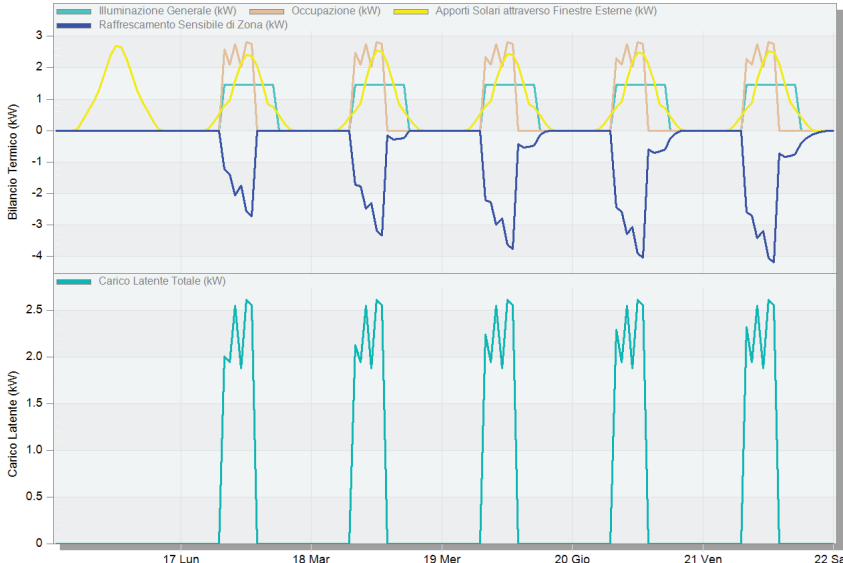
Comfort - Blocco 1 1, Zona 5
3 Feb - 9 Feb. Orario

Studente



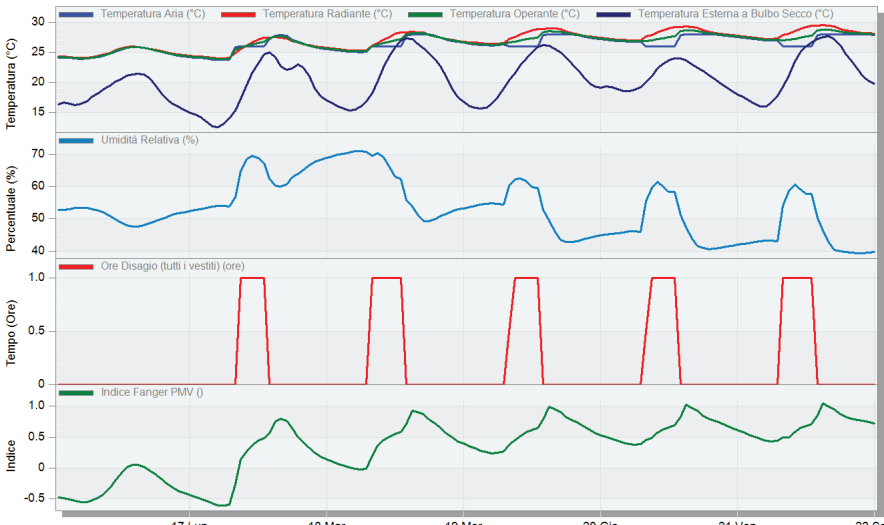
Tempo/Ora	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Dom
Temperatura Aria (°C)	16.98	15.00	18.32	23.57	18.30	22.01	23.12
Temperatura Radiante (°C)	16.94	15.08	18.40	20.70	18.48	21.69	20.29
Temperatura Operante (°C)	16.96	15.04	18.36	22.13	18.39	21.85	21.70
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	13.20	3.90	7.70	9.80	6.95	12.05	10.15
Umidità Relativa (%)	48.17	54.67	100.00	100.00	100.00	87.16	100.00
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
Indice Fanger PMV (I)	-1.41	-1.86	-0.80	0.33	-0.80	0.16	-0.26

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1, Zona 5
16 Giu - 21 Giu, Orario



Tempo/Ora	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sa
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	1.46	0.00	1.46	0.00
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	2.66	0.00	1.50	0.00	0.60	0.26
Raffrescamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.23	0.00
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Comfort - Blocco 1 1, Zona 5
16 Giu - 21 Giu, Orario



Tempo/Ora	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sa
Temperatura Aria (°C)	25.72	24.03	27.78	25.12	28.00	26.15
Temperatura Radiante (°C)	25.86	24.25	27.48	25.33	28.27	26.38
Temperatura Operante (°C)	25.79	24.14	27.63	25.23	28.13	26.27
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	21.08	14.15	24.23	15.27	25.67	17.50
Umidità Relativa (%)	47.92	53.01	60.31	70.58	49.32	54.63
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Indice Fanger PMV ()	0.00	-0.50	0.75	0.01	0.87	0.24

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1, Zona 8
3 Feb - 9 Feb, Orario

EnergyPlus

Studente

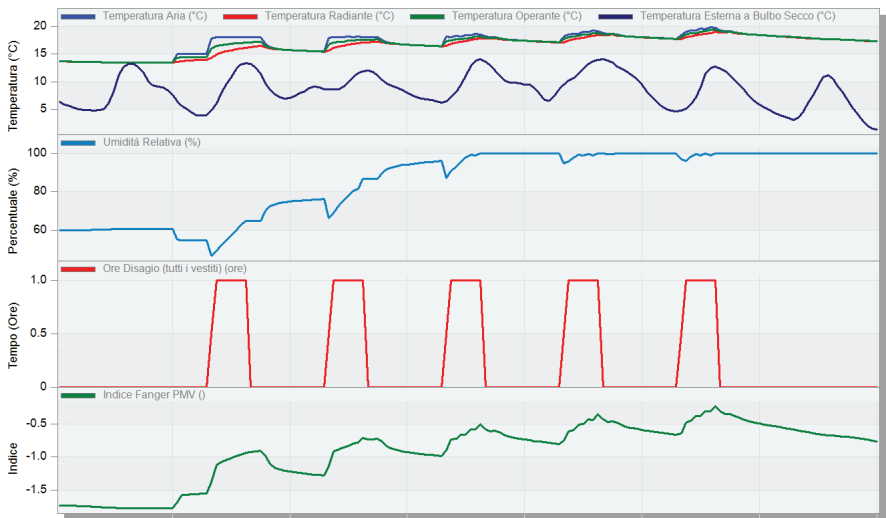


Tempo/Ora	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Dom			
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.00	1.79	0.00	1.79	1.79	0.00	1.79	0.00
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	1.63	0.00	0.00	1.59	0.00	0.68	0.00
Riscaldamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	1.28	0.00	0.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	0.52	0.00	0.00	0.55	0.00	0.31	0.00

Comfort - Blocco 1 1, Zona 8
3 Feb - 9 Feb, Orario

EnergyPlus

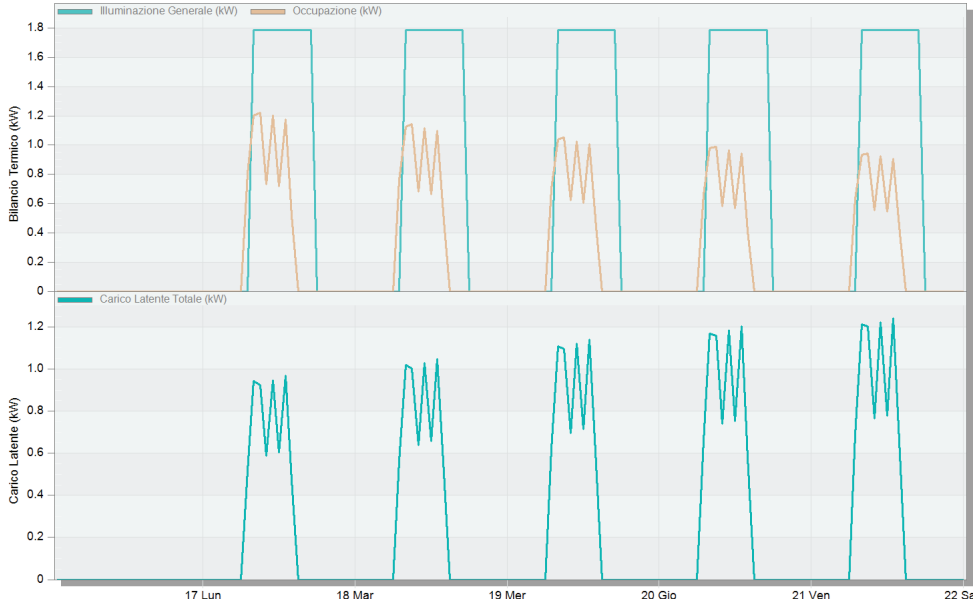
Studente



Tempo/Ora	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Dom			
Temperatura Aria (°C)	13.44	15.00	16.00	18.09	16.55	18.05	18.50	18.02	19.68	18.10
Temperatura Radiante (°C)	13.44	13.90	15.91	16.65	16.53	17.85	17.49	18.01	18.96	18.09
Temperatura Operante (°C)	13.44	14.45	15.96	17.37	16.54	17.95	17.99	18.02	19.32	18.09
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	13.20	3.90	7.70	9.80	6.95	12.05	10.15	9.45	12.77	3.38
Umidità Relativa (%)	60.47	54.67	73.44	77.73	95.12	99.92	95.70	100.00	99.94	100.00
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
Indice Fanger PMV (I)	-1.77	-1.56	-1.17	-0.83	-0.95	-0.60	-0.61	-0.59	-0.23	-0.57

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1, Zona 8
16 Glu - 21 Glu, Orario

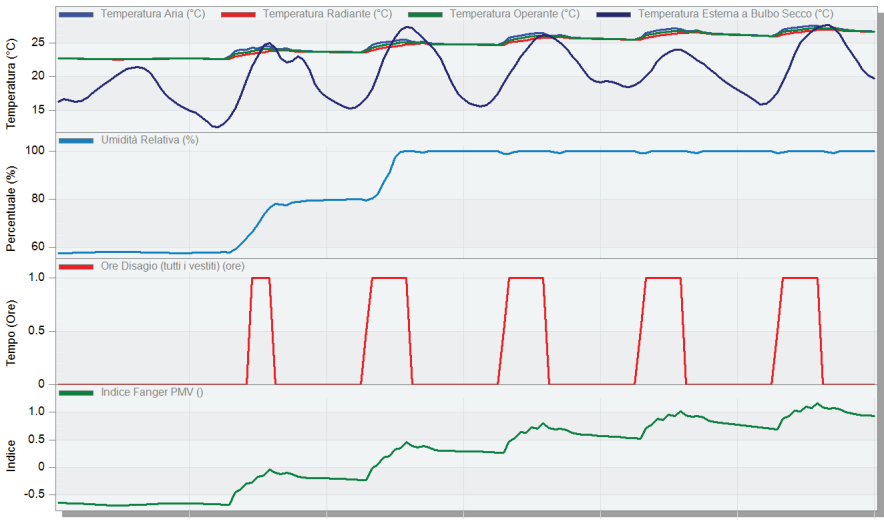
Studente



Tempo/Ora	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sa
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	1.79	0.00	1.79	0.00
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Comfort - Blocco 1 1, Zona 8
16 Glu - 21 Glu, Orario

Studente



Tempo/Ora	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sa				
Temperatura Aria (°C)	22.56	22.66	24.05	23.62	25.16	24.69	25.79	26.45	26.32	27.22
Temperatura Radiante (°C)	22.54	22.64	23.77	23.59	24.91	24.66	25.67	25.75	26.24	26.49
Temperatura Operante (°C)	22.55	22.65	23.91	23.61	25.03	24.68	25.73	26.10	26.28	26.86
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	21.08	14.15	24.23	15.27	25.67	17.50	23.08	20.00	19.88	23.40
Umidità Relativa (%)	57.93	57.57	77.98	79.87	99.35	100.00	100.00	99.33	100.00	100.00
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00
Indice Fanger PMV ()	-0.68	-0.65	-0.10	-0.21	0.38	0.27	0.63	0.72	0.81	1.03

riepilogo risultati simulazione

Unità Ambientale di Riferimento

UAR1_conf2_dati

END USE			
	Electricity [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]
Heating	0.00	0.00	13103.90
Cooling	0.00	48328.23	0.00
Interior Lighting	63703.65	0.00	0.00
Interior Equipment	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	63703.65	48328.23	13103.90

PERFORMANCE - Demand End Use Components Summary

	Electricity [W]	District Cooling [W]	District Heating [W]
Time of Peak	10-JAN-08:30	06-AUG-12:00	30-DEC-07:30
Heating	0.00	0.00	75977.85
Cooling	0.00	90668.37	0.00
Interior Lighting	24416.43	0.00	0.00
Interior Equipment	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	24416.43	90668.37	75977.85

UTILITY USE PER CONDITIONED FLOOR AREA

	Electricity Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]
Lighting	32.41	0.00	0.00
HVAC	0.00	24.59	9.60
Other	0.00	0.00	0.00
Total	32.41	24.59	9.60

SENSIBLE HEAT GAIN SUMMARY

	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [kWh]	People Sensible Heat Addition [kWh]	Lights Sensible Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Addition [kWh]
BLOCCO11:ZONA3	83.740	-1679.08	1968.223	1824.435	0.000
BLOCCO11:ZONA5	11.630	-4253.03	4007.206	3814.102	0.000
BLOCCO11:ZONA1	81.502	-1841.68	1973.168	1824.435	0.000
BLOCCO11:ZONA8	175.380	0.000	1962.595	4661.463	0.000
BLOCCO11:ZONA9	385.651	-2491.21	2723.019	5116.424	0.000
BLOCCO11:ZONA7	393.082	-2510.72	2620.282	5116.424	0.000
BLOCCO11:ZONA6	0.000	0.000	603.585	953.182	0.000
BLOCCO11:ZONA2	0.000	0.000	600.586	953.180	0.000

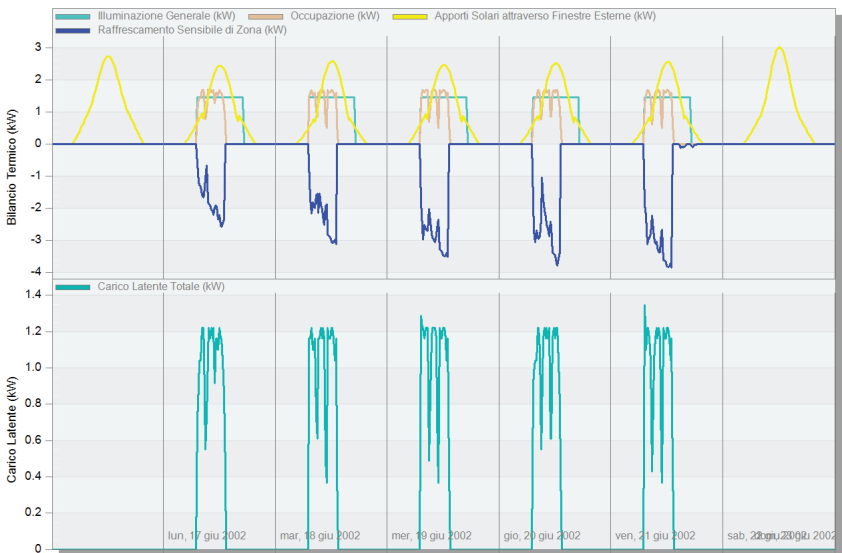
OTTIMIZZAZIONE

<i>Dati di input variabili</i>		<i>Dati di input variabili</i>		<i>Dati di input variabili</i>	
Zona 1/3- Didattica per ambienti		Zona 8 - Distributivo		Zona 5- Spazio +	
Densità (persone/mq)	0.5	Densità (persone/mq)	0.11	Densità (persone/mq)	0.21
Setpoint di riscaldamento (°C)	21.2	Setpoint di riscaldamento (°C)	22.2	Setpoint di riscaldamento (°C)	20.2
Temp. attenuazione Riscal.(°C)	15	Temp. attenuazione Riscal.(°C)	15	Temp. attenuazione Riscal.(°C)	15
Setpoint di raffrescamento (°C)	24	Setpoint di raffrescamento (°C)	24	Setpoint di raffrescamento (°C)	24
Temp. attenuazione Raffr. (°C)	28	Temp. attenuazione Raffr. (°C)	28	Temp. attenuazione Raffr. (°C)	28
Dispositivi ufficio/computer	off	Dispositivi ufficio/computer	off	Dispositivi ufficio/computer	on
Ventilazione naturale	on	Ventilazione naturale	on	Ventilazione naturale	on

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1, Zona 5

16 Giu - 23 Giu, Sotto-orario

Studente

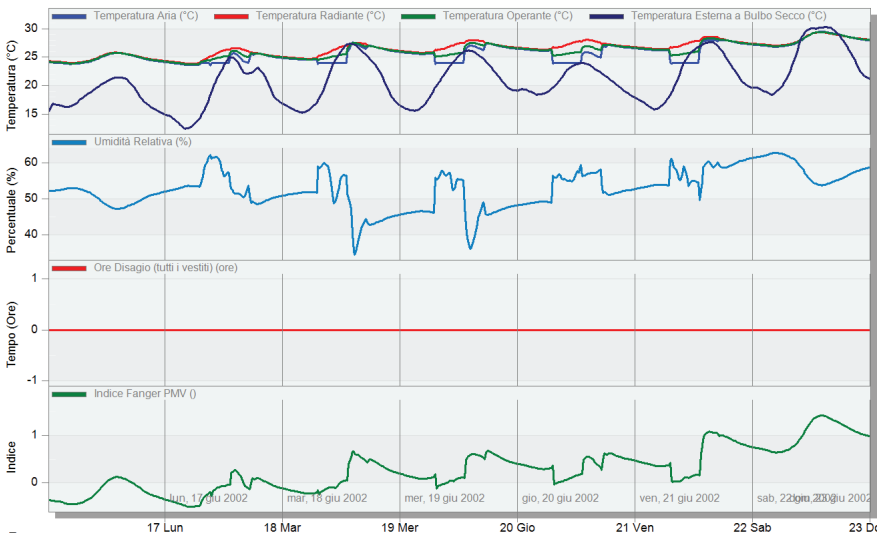


Tempo	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Do
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.00	1.46	0.00	0.00	1.46
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	1.61	0.00	0.00	1.69
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	1.48	0.46	0.00	2.45	0.00	0.05	2.18
Raffrescamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	0.00	0.00	-3.13	0.00	0.00	-2.87
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	1.16	0.00	0.00	1.22

Comfort - Blocco 1 1, Zona 5

16 Giu - 23 Giu, Sotto-orario

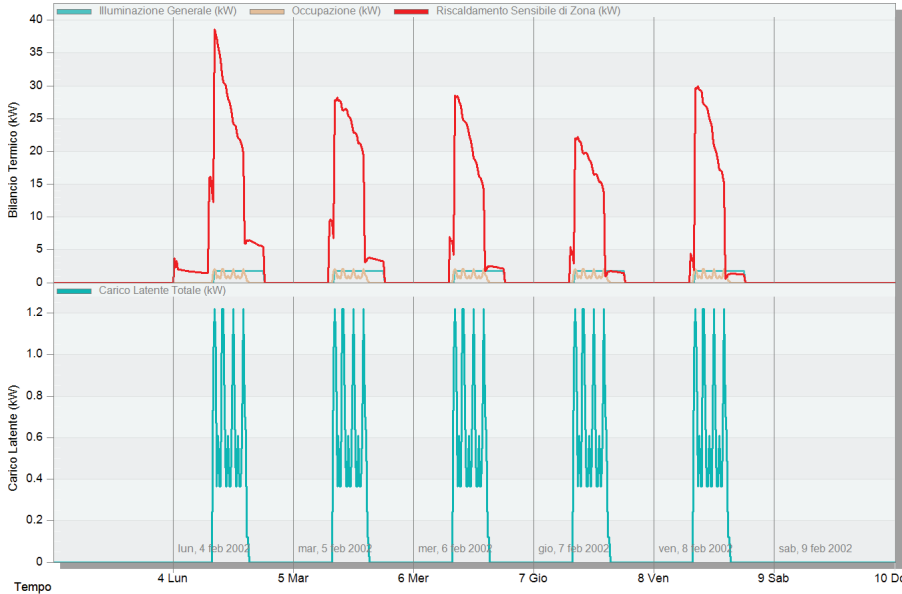
Studente



Tempo	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Do
Temperatura Aria (°C)	25.67	23.67	25.12	24.00	25.55	27.13	24.00
Temperatura Radiante (°C)	25.70	23.92	25.26	27.03	25.79	27.19	27.39
Temperatura Operante (°C)	25.69	23.79	25.19	25.52	25.67	27.16	25.69
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	21.35	13.70	18.95	27.20	16.00	22.30	23.13
Umidità Relativa (%)	47.40	53.45	50.06	56.35	46.55	46.36	55.13
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Indice Fanger PMV ()	0.11	-0.49	-0.04	0.06	0.09	0.59	0.10

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1, Zona 8
3 Feb - 9 Feb, Sotto-orario

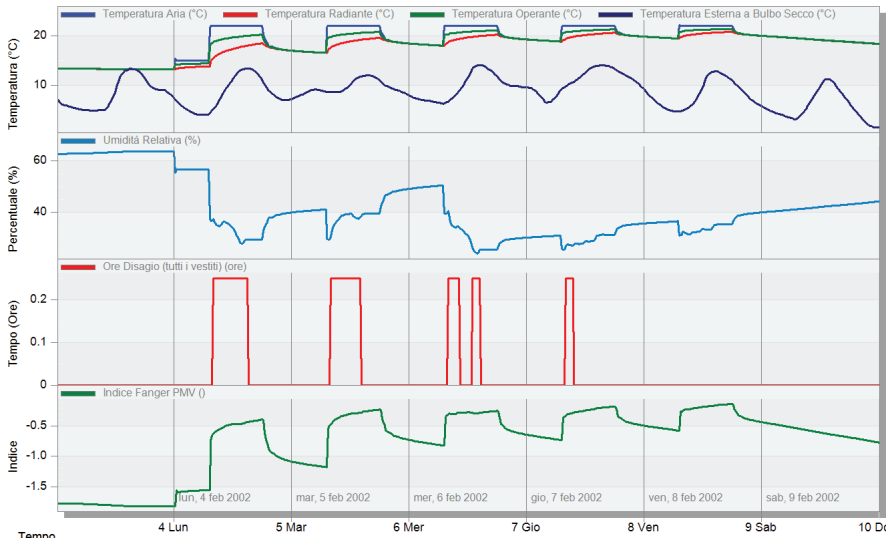
Studente



Tempo	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Do			
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.00	1.79	0.00	0.00	1.79	0.00	1.79	0.00
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	1.04	0.00	0.00	0.62	0.00	0.00	0.00
Riscaldamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	1.48	0.00	21.26	0.00	0.00	19.40	0.00	1.26	0.00
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	0.61	0.00	0.00	0.37	0.00	0.00	0.00

Comfort - Blocco 1 1, Zona 8
3 Feb - 9 Feb, Sotto-orario

Studente



Tempo	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Do			
Temperatura Aria (°C)	13.16	15.00	17.29	22.00	18.16	19.85	22.00	19.73	22.00	19.44
Temperatura Radiante (°C)	13.14	13.77	17.23	19.03	18.15	19.75	19.99	19.72	20.79	19.42
Temperatura Operante (°C)	13.15	14.38	17.26	20.52	18.15	19.80	21.00	19.72	21.39	19.43
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	13.27	3.95	7.13	11.20	6.75	10.35	11.40	7.10	11.52	4.30
Umidità Relativa (%)	63.76	56.59	39.08	37.85	49.99	28.88	27.39	35.75	35.25	41.28
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Indice Fanger PMV (I)	-1.82	-1.56	-1.03	-0.29	-0.79	-0.52	-0.26	-0.52	-0.14	-0.56

UAR1_conf2_dati_OTT1

END USE

	Electricity [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]
Heating	0.00	0.00	116116.41
Cooling	0.00	33160.47	0.00
Interior Lighting	72449.82	0.00	0.00
Interior Equipment	1972.72	0.00	0.00
Total End Uses	74422.54	33160.47	116116.41

PERFORMANCE - Demand End Use Components Summary

	Electricity [W]	District Cooling [W]	District Heating [W]
Time of Peak	01-JAN-09:15	22-JUL-07:30	11-FEB-08:15
Heating	0.00	0.00	240821.78
Cooling	0.00	74726.29	0.00
Interior Lighting	27758.55	0.00	0.00
Interior Equipment	476.27	0.00	0.00
Total End Uses	28234.82	74726.29	240821.78

UTILITY USE PER CONDITIONED FLOOR AREA

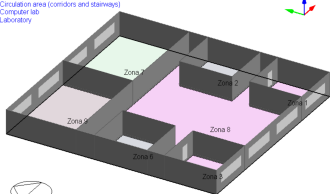
	Electricity Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]
Lighting	38.78	0.00	0.00
HVAC	0.00	17.75	65.10
Other	1.06	0.00	0.00
Total	39.83	17.75	65.10

SENSIBLE HEAT GAIN SUMMARY

	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [kWh]	People Sensible Heat Addition [kWh]	Lights Sensible Heat Addition [kWh]
BLOCCO11:ZONA3	127.621	-2123.89	2264.191	1824.435
BLOCCO11:ZONA5	67.254	-3556.82	2373.951	3814.102
BLOCCO11:ZONA1	1340.557	-1841.77	2372.836	1824.435
BLOCCO11:ZONA8	17108.088	0.000	1855.931	4661.463
BLOCCO11:ZONA9	819.063	-2754.68	2812.034	5116.424
BLOCCO11:ZONA7	5499.783	-2215.36	2822.406	5116.424
BLOCCO11:ZONA6	0.000	0.000	1160.694	953.182
BLOCCO11:ZONA2	0.000	0.000	1154.968	953.180

UAR1
_conf3

- Teaching Areas
- Calculation areas (corridors and stairs)
- Computer lab
- Laboratory



Dati di input variabili

Zona 1/3- Didattica per ambienti

Densità (persone/mq)	0.5
Setpoint di riscaldamento (°C)	20
Temp. attenuazione Riscal.(°C)	15
Setpoint di raffreddamento (°C)	26
Temp. attenuazione Raffr. (°C)	28
Dispositivi ufficio/computer	off

Dati di input variabili

Zona 8 - Cluster

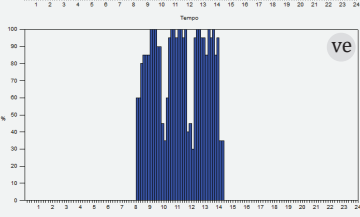
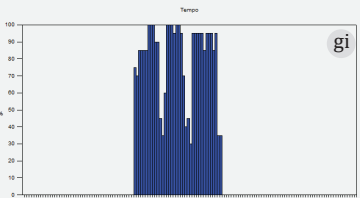
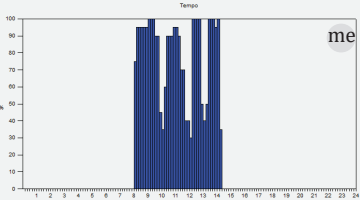
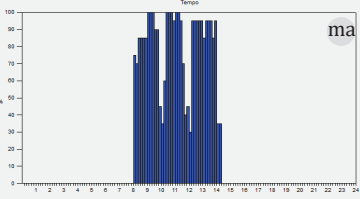
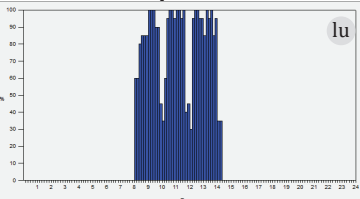
Densità (persone/mq)	0.25
Setpoint di riscaldamento (°C)	20
Temp. attenuazione Riscal.(°C)	15
Setpoint di raffreddamento (°C)	26
Temp. attenuazione Raffr. (°C)	28
Dispositivi ufficio/computer	off

Dati di input variabili

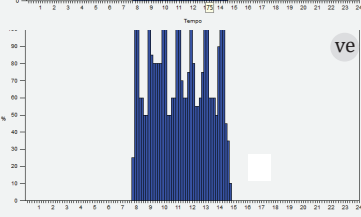
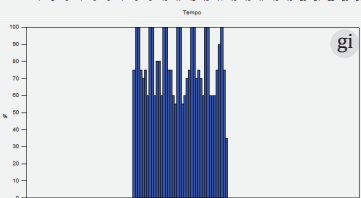
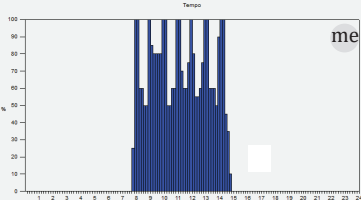
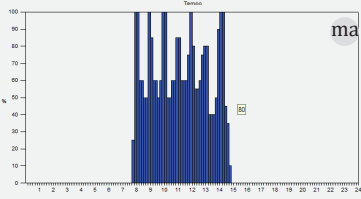
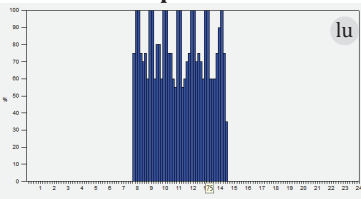
Zona 7/9 Laboratorio

Densità (persone/mq)	0.21
Setpoint di riscaldamento (°C)	20
Temp. attenuazione Riscal.(°C)	15
Setpoint di raffreddamento (°C)	26
Temp. attenuazione Raffr. (°C)	28
Dispositivi ufficio/computer	on

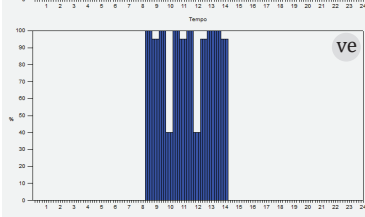
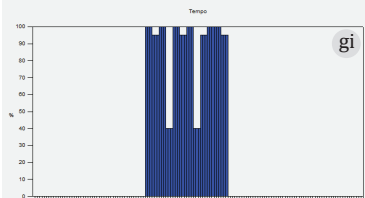
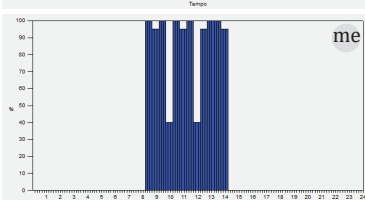
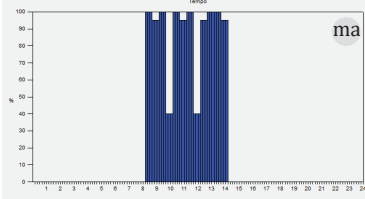
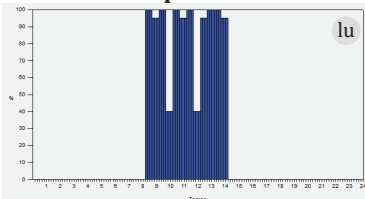
Profili di occupazione - Z1



Profili di occupazione - Z8

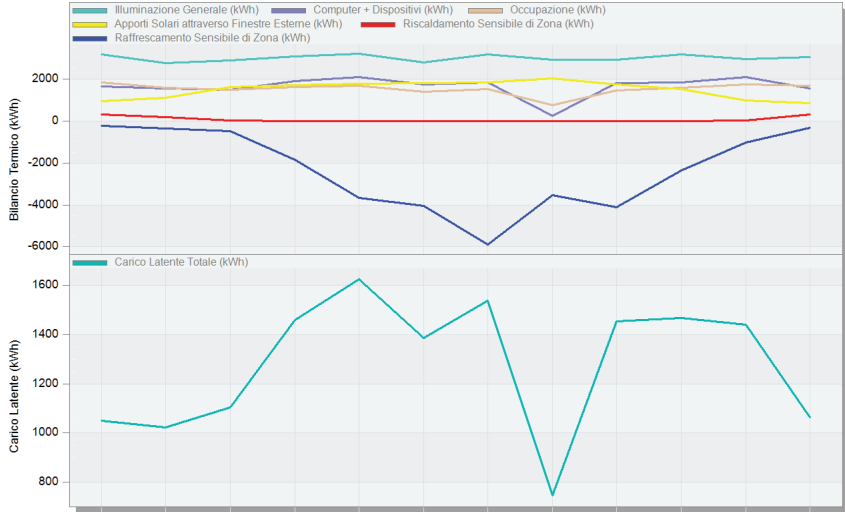


Profili di occupazione - Z7



Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1
1 Gen - 31 Dic. Mensile

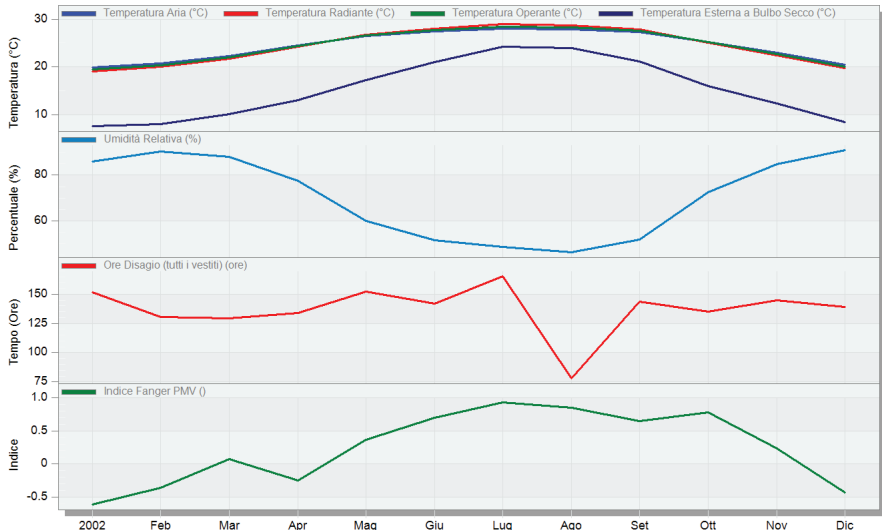
Studente



Mese	2002	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Illuminazione Generale (kWh)	3164.17	2759.81	2884.35	3055.02	3202.62	2775.19	3179.55	2908.92	2915.10	3179.55	2938.17	3024.26
Computer + Dispositivi (kWh)	1644.00	1532.56	1470.19	1896.54	2078.53	1722.73	1817.81	253.49	1809.64	1817.81	2070.36	1557.09
Occupazione (kWh)	1825.16	1572.12	1483.13	1595.68	1660.60	1379.41	1500.58	757.19	1453.13	1571.27	1721.22	1663.50
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kWh)	944.18	1091.32	1606.62	1715.52	1776.36	1800.44	1842.06	2029.22	1744.55	1516.52	981.73	831.91
Riscaldamento Sensibile di Zona (kWh)	290.19	181.53	16.17	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.87	307.26
Raffrescamento Sensibile di Zona (kWh)	-223.82	-377.08	-488.56	-1852.55	-3650.23	-4058.94	-5894.88	-3525.24	-4122.23	-2366.42	-1031.94	-324.98
Carico Latente Totale (kWh)	1050.50	1022.03	1103.35	1460.14	1626.06	1387.23	1539.48	744.94	1454.06	1468.79	1440.67	1063.53

Comfort - Blocco 1 1
1 Gen - 31 Dic. Mensile

Studente



Mese	2002	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Temperatura Aria (°C)	19.85	20.70	22.28	24.51	26.46	27.44	27.95	27.86	27.32	25.19	23.01	20.43
Temperatura Radiante (°C)	19.04	19.97	21.73	24.19	26.67	27.95	28.93	28.66	27.79	25.05	22.37	19.67
Temperatura Operante (°C)	19.45	20.34	22.01	24.35	26.57	27.69	28.44	28.26	27.55	25.12	22.69	20.05
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	7.63	8.04	10.17	13.02	17.19	20.98	24.18	23.96	21.15	16.01	12.41	8.43
Umidità Relativa (%)	85.88	90.23	87.94	77.40	59.95	51.57	48.48	46.30	51.81	72.49	84.83	90.90
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	151.61	130.60	129.51	133.79	152.27	142.08	165.29	78.09	143.55	134.89	145.05	138.97
Indice Fanger PMV ()	-0.61	-0.36	0.07	-0.24	0.37	0.70	0.93	0.85	0.65	0.78	0.23	-0.43

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1, Zona 8

16 Giu - 23 Giu, Orario

Studente

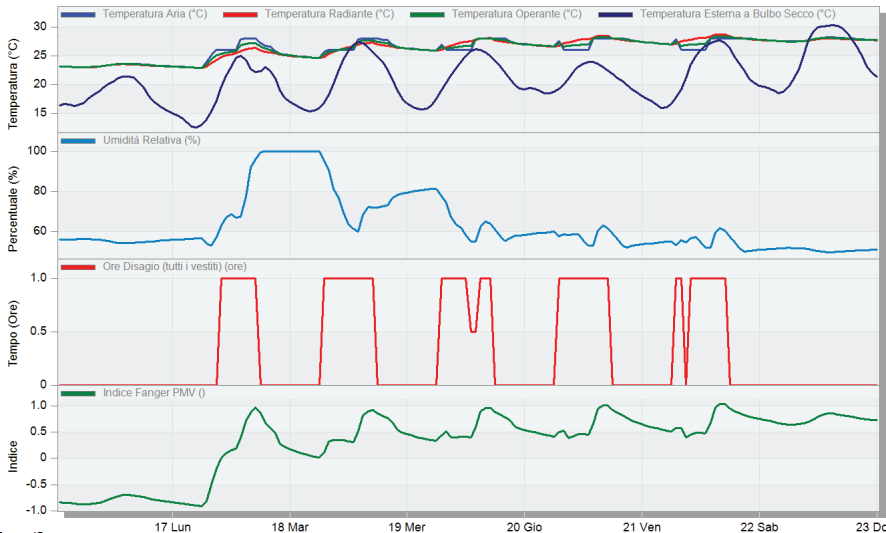


Tempo/Ora	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Dom
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.00	4.73	0.00	0.00	4.73
Computer + Dispositivi (kW)	0.08	0.08	0.08	1.59	0.08	1.59	0.08
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	4.94
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	1.76	0.27	0.00	2.54	0.00	0.48	0.90
Raffrescamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	0.00	0.00	-4.38	0.00	-1.00	-6.79
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	2.79	0.00	0.00	4.18

Comfort - Blocco 1 1, Zona 8

16 Giu - 23 Giu, Orario

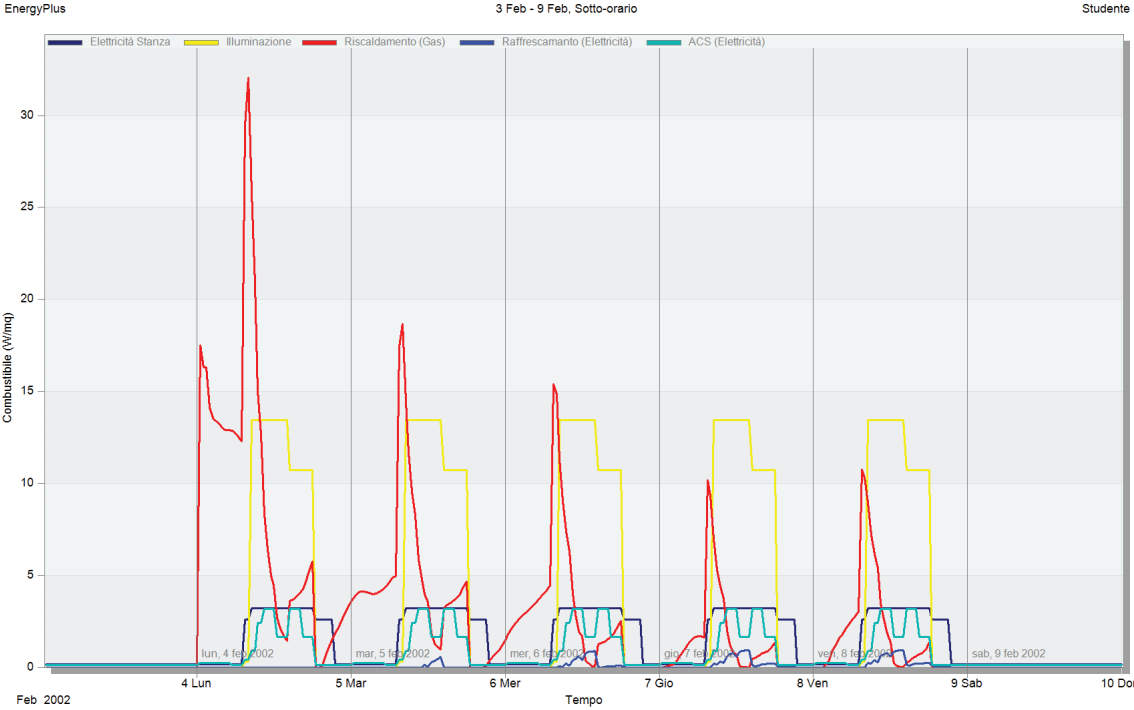
Studente



Tempo/Ora	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Dom
Temperatura Aria (°C)	23.59	22.88	25.71	26.00	26.02	28.00	26.00
Temperatura Radiante (°C)	23.50	22.90	25.38	26.45	26.01	27.62	27.31
Temperatura Operante (°C)	23.54	22.89	25.54	26.22	26.02	27.81	26.65
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	21.40	13.05	21.00	25.77	15.63	24.13	21.02
Umidità Relativa (%)	54.41	56.79	100.00	64.23	80.76	61.20	58.35
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
Indice Fanger PMV ()	-0.70	-0.91	0.48	0.33	0.38	0.88	0.39

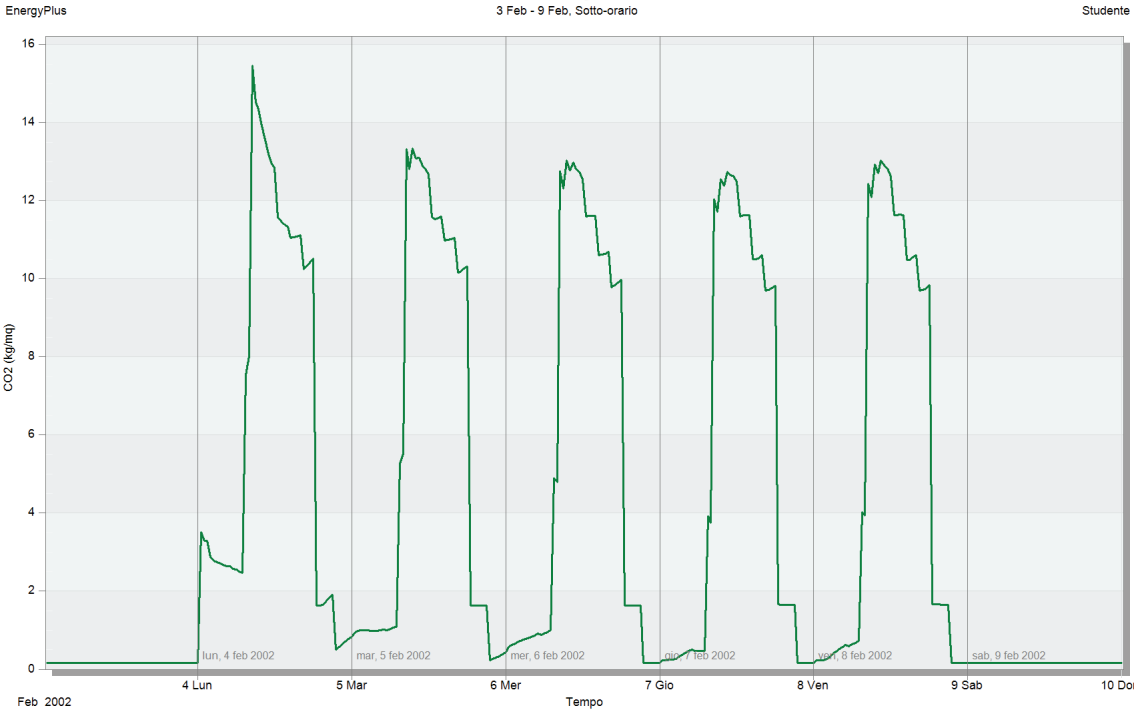
Consumi Separati - configurazione1, Edificio 1
3 Feb - 9 Feb. Sotto-orario

Studente



Produzione di CO2 - configurazione1, Edificio 1
3 Feb - 9 Feb. Sotto-orario

Studente



riepilogo risultati simulazione

Unità Ambientale di Riferimento

UAR1_conf3_dati

END USE

	Electricity [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]
Heating	0.00	0.00	12377.82
Cooling	0.00	60015.30	0.00
Interior Lighting	69353.60	0.00	0.00
Interior Equipment	19670.76	0.00	0.00
Total End Uses	89024.37	60015.30	12377.82

PERFORMANCE - Demand End Use Components Summary

	Electricity [W]	District Cooling [W]	District Heating [W]
Time of Peak	10-JAN-08:30	19-JUL-12:00	30-DEC-07:00
Heating	0.00	0.00	75701.08
Cooling	0.00	87272.29	0.00
Interior Lighting	29041.41	0.00	0.00
Interior Equipment	6938.53	0.00	0.00
Total End Uses	35979.95	87272.29	75701.08

UTILITY USE PER CONDITIONED FLOOR AREA

	Electricity Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]
Lighting	37.08	0.00	0.00
HVAC	0.00	32.09	11.80
Other	10.52	0.00	0.00
Total	47.60	32.09	11.80

SENSIBLE HEAT GAIN SUMMARY

	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [kWh]	People Sensible Heat Addition [kWh]	Lights Sensible Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Addition [kWh]
BLOCCO11:ZONA3	80.175	-1657.14	1958.532	1824.435	0.000
BLOCCO11:ZONA8	400.858	-8213.45	8138.459	12337.138	4747.306
BLOCCO11:ZONA1	96.107	-1701.46	1957.420	1476.324	0.000
BLOCCO11:ZONA9	123.872	-9031.67	2406.102	5116.424	11728.960
BLOCCO11:ZONA7	101.262	-7313.17	2338.560	13643.796	3194.510
BLOCCO11:ZONA6	0.000	0.000	698.473	635.455	0.000
BLOCCO11:ZONA2	0.000	0.000	685.461	953.180	0.000

OTTIMIZZAZIONE

Dati di input variabili

Zona 1/3- Didattica per ambienti

Densità (persone/mq)	0.5
Setpoint di riscaldamento (°C)	21.2
Temp. attenuazione Riscal.(°C)	15
Setpoint di raffrescamento (°C)	24
Temp. attenuazione Raffr. (°C)	28
Dispositivi ufficio/computer	off
Ventilazione naturale	on

Dati di input variabili

Zona 8 - Cluster

Densità (persone/mq)	0.25
Setpoint di riscaldamento (°C)	20.2
Temp. attenuazione Riscal.(°C)	15
Setpoint di raffrescamento (°C)	24
Temp. attenuazione Raffr. (°C)	28
Dispositivi ufficio/computer	off
Ventilazione naturale	on

Dati di input variabili

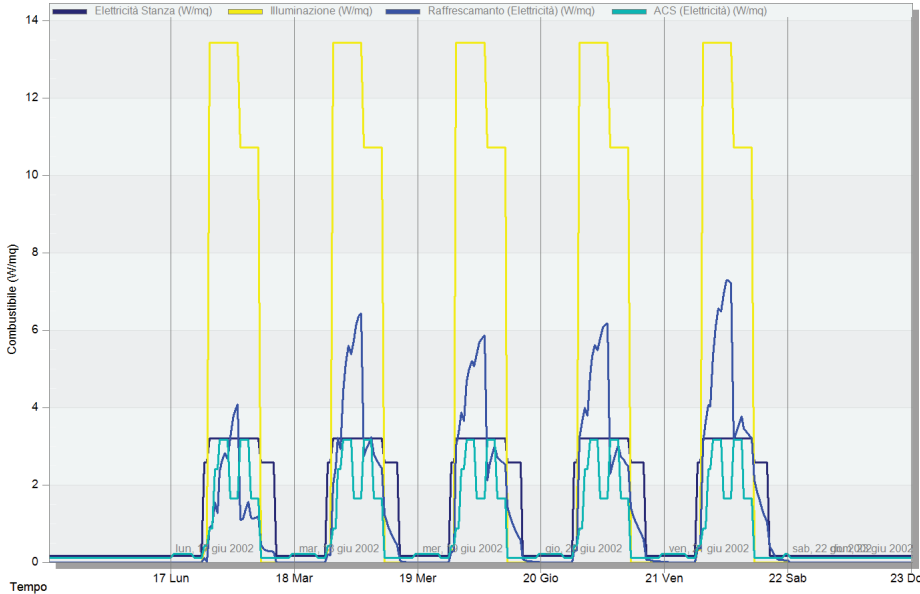
Zona 7/9 Laboratorio

Densità (persone/mq)	0.21
Setpoint di riscaldamento (°C)	21.2
Temp. attenuazione Riscal.(°C)	15
Setpoint di raffrescamento (°C)	24
Temp. attenuazione Raffr. (°C)	28
Dispositivi ufficio/computer	on
Ventilazione naturale	on

Consumi Separati - configurazione1, Edificio 1

16 Giu - 23 Giu, Sotto-orario

Studente



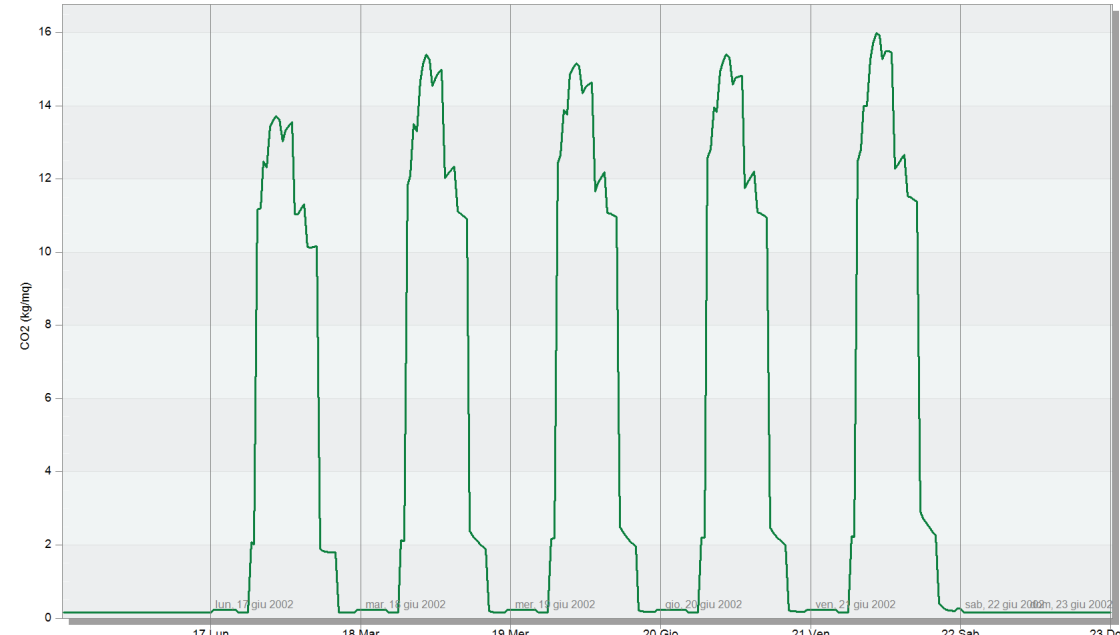
Tempo	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Do
Elettricità Stanza (W/mq)	0.16	2.58	0.16	3.21	0.16	0.16	3.21
Illuminazione (W/mq)	0.00	0.32	0.00	10.73	0.00	0.00	13.43
Raffrescamento (Elettricità) (W/mq)	0.00	0.00	0.00	2.94	0.00	0.04	6.14
ACS (Elettricità) (W/mq)	0.11	0.42	0.11	3.17	0.11	0.11	1.64

UAR1_conf3_N_Edif_Ws_CO2-mq

Produzione di CO2 - configurazione1, Edificio 1

16 Giu - 23 Giu, Sotto-orario

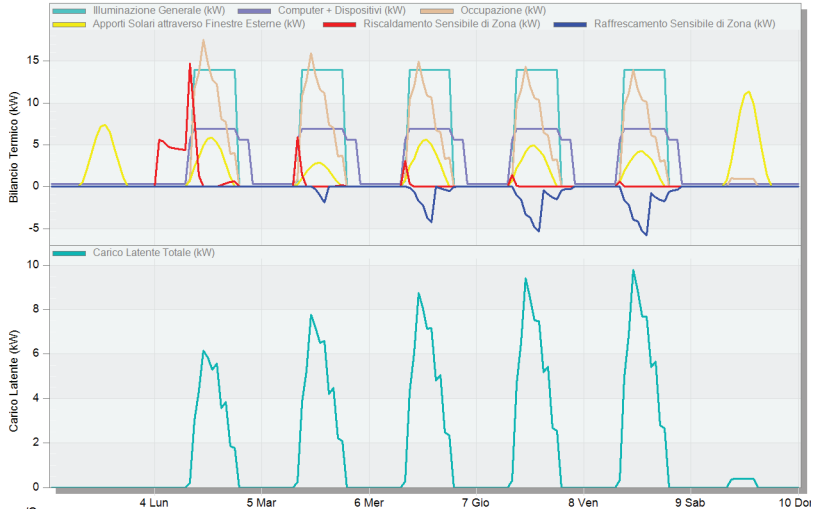
Studente



Tempo	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Do
CO2 (kg)	0.16	2.01	0.16	12.15	0.16	0.19	14.80

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1
3 Feb - 9 Feb, Orario

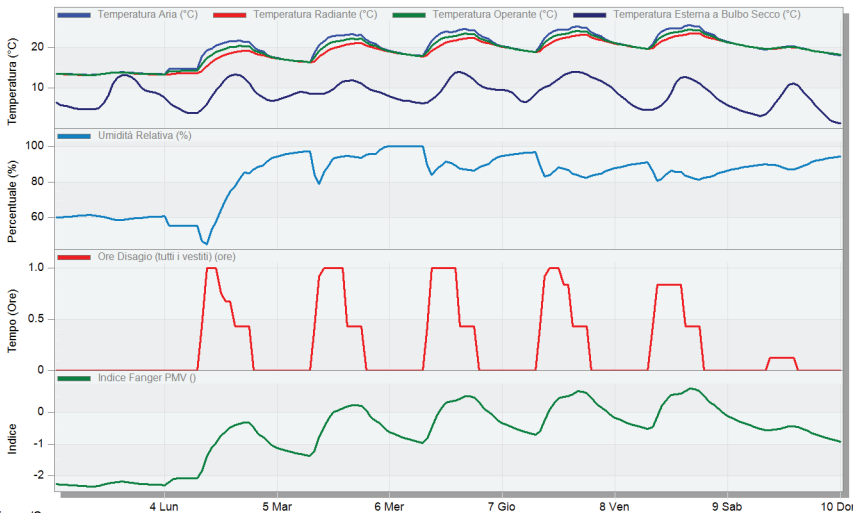
Studente



Tempo/Ora	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Doi
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.00	13.92	0.00	13.92	13.92
Computer + Dispositivi (kW)	0.34	0.34	5.57	6.94	0.34	6.94	6.94
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	13.31	0.00	3.42	9.99
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	4.61	0.00	0.00	2.80	0.00	0.00	2.25
Riscaldamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	4.46	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00
Raffrescamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	0.00	0.00	-0.26	0.00	-0.52	-1.06
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	7.20	0.00	2.36	4.66

Comfort - Blocco 1 1
3 Feb - 9 Feb, Orario

Studente

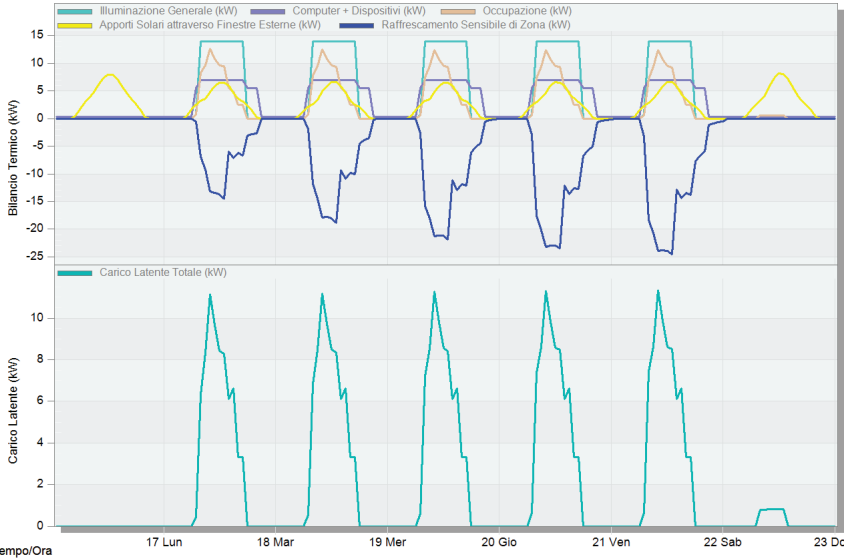


Tempo/Ora	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Doi
Temperatura Aria (°C)	13.91	14.80	19.09	22.88	18.48	24.25	22.38
Temperatura Radiante (°C)	13.83	13.66	18.04	19.85	18.43	22.31	20.12
Temperatura Operante (°C)	13.87	14.23	18.56	21.37	18.46	23.28	21.25
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	13.20	3.90	7.70	9.80	6.95	12.05	10.15
Umidità Relativa (%)	58.83	55.42	89.18	93.32	100.00	86.23	83.11
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.43	0.92
Indice Fanger PMV ()	-2.18	-2.08	-0.80	0.00	-0.80	0.45	-0.27

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1

16 Giu - 23 Giu, Orario

Studente

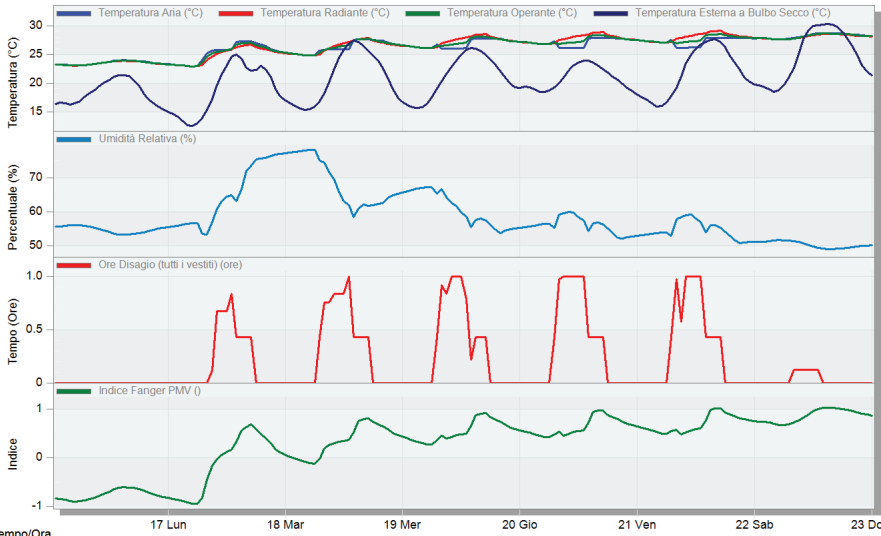


Tempo/Ora	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Dom
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.00	13.92	0.00	0.00	13.92
Computer + Dispositivi (kW)	0.34	0.34	0.34	6.94	0.34	5.57	6.94
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	9.58	0.00	0.00	9.40
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	5.90	1.60	0.00	6.62	0.00	2.42	3.67
Raffrescamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	0.00	0.00	-18.01	0.00	-6.22	-20.15
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	8.48	0.00	0.00	8.60

Comfort - Blocco 1 1

16 Giu - 23 Giu, Orario

Studente

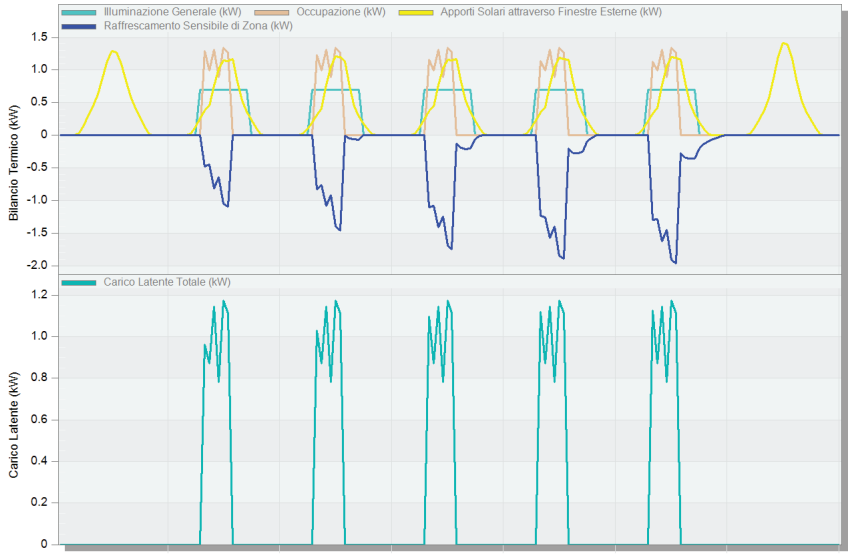


Tempo/Ora	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Dom
Temperatura Aria (°C)	23.97	22.93	25.91	25.90	26.26	27.72	26.10
Temperatura Radiante (°C)	23.86	22.94	25.66	26.94	26.24	28.05	27.66
Temperatura Operante (°C)	23.92	22.94	25.78	26.42	26.25	27.89	26.88
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	21.40	13.05	21.00	25.77	15.63	24.13	21.02
Umidità Relativa (%)	53.29	56.65	76.42	63.13	66.80	56.21	59.70
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	0.83	0.00	0.00	1.00
Indice Fanger PMV ()	-0.61	-0.94	0.31	0.34	0.33	0.83	0.45

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1, Zona 1
16 Giu - 23 Giu, Orario

EnergyPlus

Studente

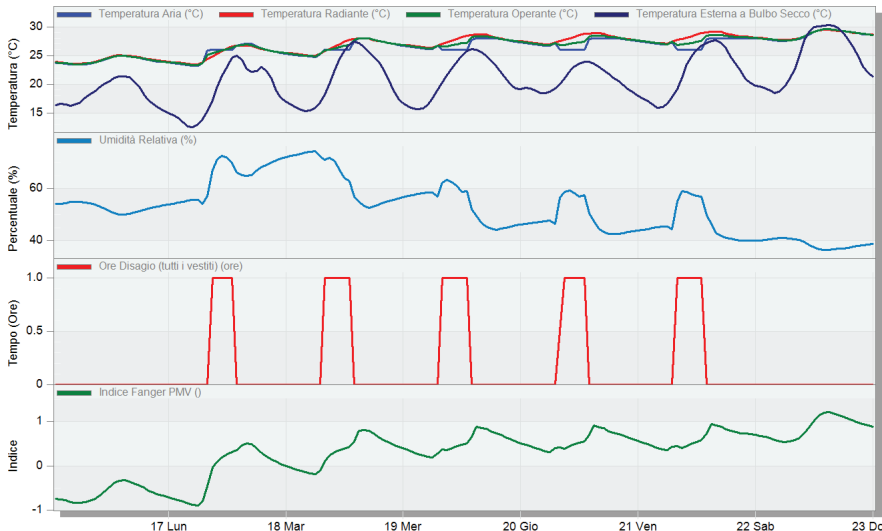


Tempo/Ora	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Do
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00	0.70
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	1.34	0.00	0.00	1.00
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	0.84	0.13	0.00	1.21	0.00	0.23	0.43
Raffrescamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	0.00	0.00	-1.39	0.00	-0.06	-1.26
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	1.17	0.00	0.00	0.87

Comfort - Blocco 1 1, Zona 1
16 Giu - 23 Giu, Orario

EnergyPlus

Studente



Tempo/Ora	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Do
Temperatura Aria (°C)	24.97	23.23	25.79	26.00	26.32	28.00	26.00
Temperatura Radiante (°C)	25.01	23.43	25.82	27.41	26.53	28.30	27.70
Temperatura Operante (°C)	24.99	23.33	25.81	26.71	26.43	28.15	26.85
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	21.40	13.05	21.00	25.77	15.63	24.13	21.02
Umidità Relativa (%)	50.09	55.62	70.03	64.07	58.01	44.57	58.88
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
Indice Fanger PMV ()	-0.32	-0.89	0.16	0.40	0.27	0.78	0.38

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1, Zona 8
3 Feb - 9 Feb, Orario

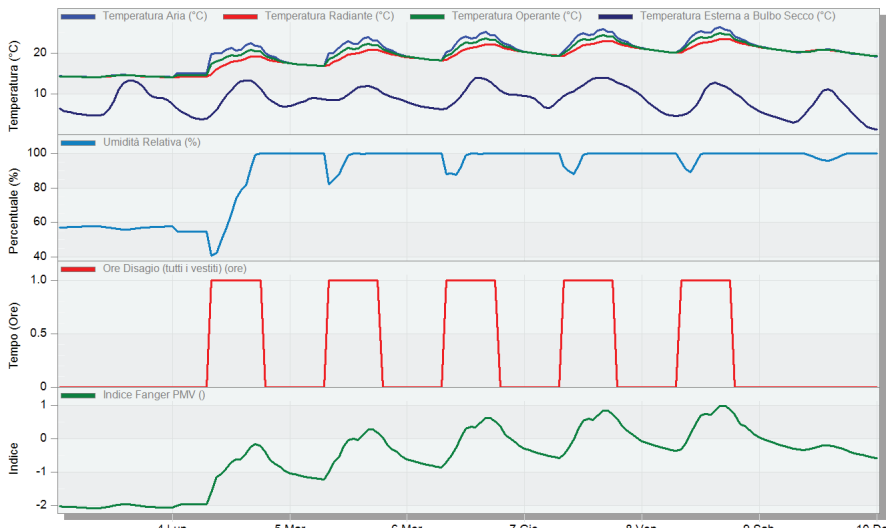
Studente



Tempo/Ora	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Dom
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.00	4.73	0.00	4.73	4.73
Computer + Dispositivi (kW)	0.08	0.08	1.59	1.59	0.08	1.59	1.59
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	7.56	0.00	3.42	2.05
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	1.66	0.00	0.00	0.82	0.00	0.00	0.73
Riscaldamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	1.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	4.02	0.00	2.36	0.85

Comfort - Blocco 1 1, Zona 8
3 Feb - 9 Feb, Orario

Studente



Tempo/Ora	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Dom
Temperatura Aria (°C)	14.64	15.00	18.95	22.84	18.64	24.36	21.54
Temperatura Radiante (°C)	14.57	14.23	18.03	19.55	18.62	22.04	19.99
Temperatura Operante (°C)	14.60	14.61	18.49	21.20	18.63	23.20	20.77
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	13.20	3.90	7.70	9.80	6.95	12.05	10.15
Umidità Relativa (%)	55.98	54.67	100.00	99.06	100.00	100.00	89.81
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00
Indice Fanger PMV (I)	-1.95	-1.94	-0.74	-0.04	-0.73	0.53	-0.28

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1, Zona 1

3 Feb - 9 Feb. Sotto-orario

Studente

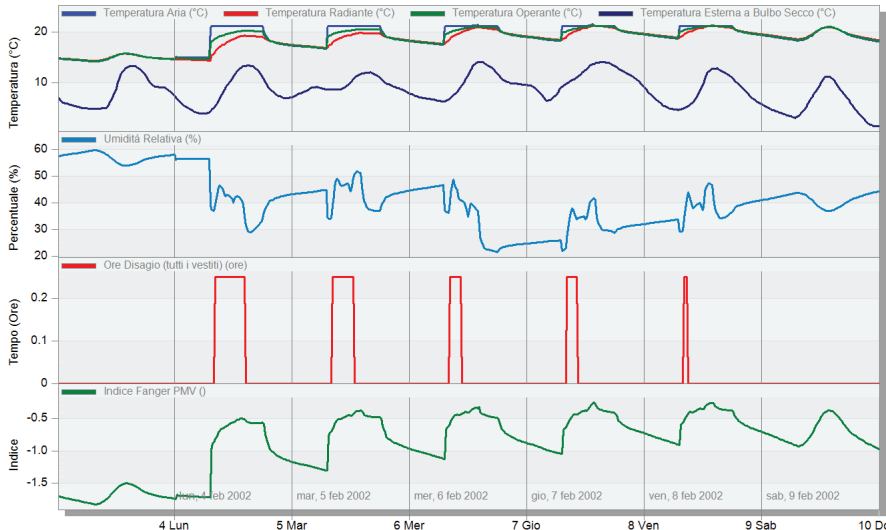


Tempo	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Do
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00	0.70
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	1.91	0.00	0.00	1.91
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	0.63	0.00	0.00	0.39	0.00	0.00	0.61
Riscaldamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	0.18	0.00	0.66	0.00	0.00	1.93
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	0.88	0.00	0.00	0.88

Comfort - Blocco 1 1, Zona 1

3 Feb - 9 Feb. Sotto-orario

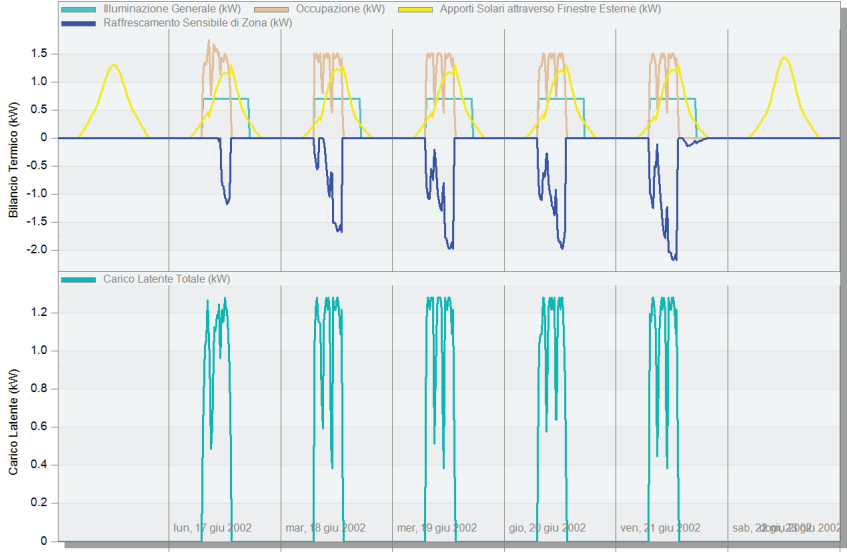
Studente



Tempo	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Do
Temperatura Aria (°C)	15.62	15.00	17.60	21.20	17.73	19.71	21.20
Temperatura Radiante (°C)	15.58	14.38	17.73	19.68	17.88	19.80	20.44
Temperatura Operante (°C)	15.60	14.69	17.67	20.44	17.80	19.76	20.82
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	13.27	3.95	7.13	11.20	6.75	10.35	11.40
Umidità Relativa (%)	54.38	56.59	42.47	51.48	45.93	23.72	34.65
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Indice Fanger PMV ()	-1.52	-1.72	-1.11	-0.39	-1.06	-0.72	-0.42

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1, Zona 1

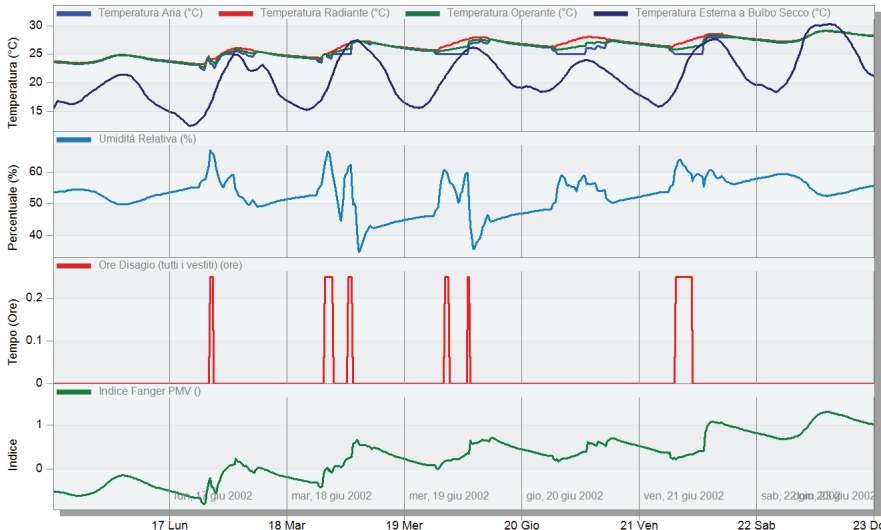
16 Giu - 23 Giu, Sotto-orario



Tempo	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Do
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00	0.70
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	1.43	0.00	0.00	1.51
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	0.71	0.22	0.00	1.17	0.00	0.03	1.04
Raffrescamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	0.00	0.00	-1.68	0.00	0.00	-1.37
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	1.22	0.00	0.00	1.28

Comfort - Blocco 1 1, Zona 1

16 Giu - 23 Giu, Sotto-orario



Tempo	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Do
Temperatura Aria (°C)	24.83	22.42	24.87	25.00	25.61	27.27	25.00
Temperatura Radiante (°C)	24.85	23.25	25.00	26.97	25.82	27.33	27.53
Temperatura Operante (°C)	24.84	22.84	24.93	25.98	25.72	27.30	26.26
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	21.35	13.70	18.95	27.20	16.00	22.30	23.13
Umidità Relativa (%)	49.84	57.12	50.70	62.26	45.97	45.28	55.40
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00
Indice Fanger PMV (I)	-0.16	-0.76	-0.12	0.27	0.10	0.63	0.31

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1, Zona 8

3 Feb - 9 Feb, Sotto-orario

Studente

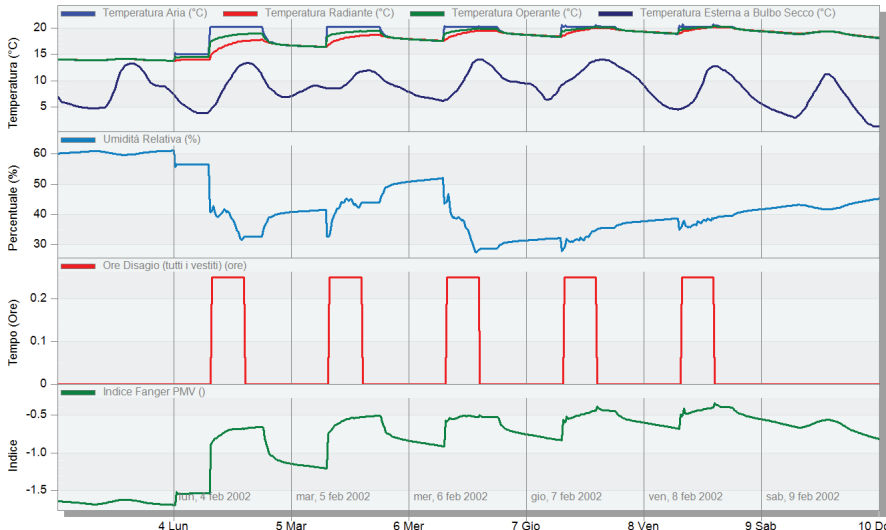


Tempo	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Do
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.00	2.53	0.00	0.00	2.53
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	6.98	0.00	0.00	2.21
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	0.88	0.00	0.00	0.82	0.00	0.00	1.28
Riscaldamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	1.40	0.00	18.58	0.00	0.00	19.56
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	3.12	0.00	0.00	0.99

Comfort - Blocco 1 1, Zona 8

3 Feb - 9 Feb, Sotto-orario

Studente



Tempo	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Do
Temperatura Aria (°C)	14.14	15.00	16.87	20.20	17.67	19.10	20.20
Temperatura Radiante (°C)	14.11	14.08	16.88	18.51	17.72	19.08	19.47
Temperatura Operante (°C)	14.13	14.54	16.88	19.35	17.70	19.09	19.83
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	13.27	3.95	7.13	11.20	6.75	10.35	11.40
Umidità Relativa (%)	59.83	56.59	40.37	43.52	51.54	30.71	31.45
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.25	0.00
Indice Fanger PMV ()	-1.63	-1.53	-1.11	-0.54	-0.89	-0.67	-0.51

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1, Zona 8

16 Giu - 23 Giu, Sotto-orario

Studente

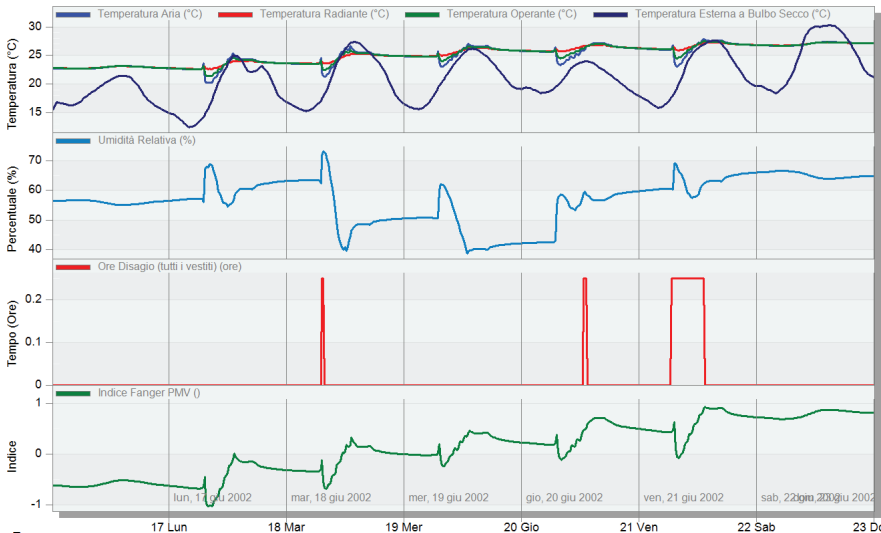


Tempo	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Do
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	2.53	0.00	0.00	2.53	0.00
Occupazione (kW)	0.00	0.00	5.09	0.00	0.00	1.70	0.00
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	1.48	0.46	0.00	2.45	0.00	0.05	2.18
Riscaldamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	5.54	0.00	0.00	1.49

Comfort - Blocco 1 1, Zona 8

16 Giu - 23 Giu, Sotto-orario

Studente



Tempo	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Do
Temperatura Aria (°C)	23.15	22.54	23.69	26.72	24.78	26.05	24.62
Temperatura Radiante (°C)	23.11	22.63	23.68	25.17	24.86	26.01	26.13
Temperatura Operante (°C)	23.13	22.59	23.68	25.94	24.82	26.03	25.37
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	21.35	13.70	18.95	27.20	16.00	22.30	23.13
Umidità Relativa (%)	55.14	57.22	62.83	44.52	50.83	41.57	53.60
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Indice Fanger PMV ()	-0.52	-0.68	-0.30	0.17	-0.03	0.29	0.14

riepilogo simulazione ottimizzata

Unità Ambientale di Riferimento

UAR1_conf3_dati_OTT1

END USE

	Electricity [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]
Heating	0.00	0.00	114951.55
Cooling	0.00	24668.47	0.00
Interior Lighting	70583.44	0.00	0.00
Interior Equipment	1972.72	0.00	0.00
Total End Uses	72556.16	24668.47	114951.55

PERFORMANCE - Demand End Use Components Summary

	Electricity [W]	District Cooling [W]	District Heating [W]
Time of Peak	01-JAN-09:15	22-JUL-11:00	11-FEB-08:15
Heating	0.00	0.00	251106.30
Cooling	0.00	61876.08	0.00
Interior Lighting	27043.46	0.00	0.00
Interior Equipment	476.27	0.00	0.00
Total End Uses	27519.73	61876.08	251106.30

UTILITY USE PER CONDITIONED FLOOR AREA

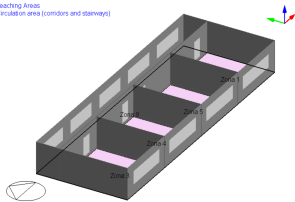
	Electricity Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]
Lighting	37.74	0.00	0.00
HVAC	0.00	13.19	64.40
Other	1.05	0.00	0.00
Total	38.79	13.19	64.40

SENSIBLE HEAT GAIN SUMMARY

	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [kWh]	People Sensible Heat Addition [kWh]	Lights Sensible Heat Addition [kWh]
BLOCCO11:ZONA3	155.748	-1125.45	2234.216	1824.435
BLOCCO11:ZONA8	14915.273	0.000	6093.658	6609.181
BLOCCO11:ZONA1	1400.210	-1545.01	2301.692	1824.435
BLOCCO11:ZONA9	836.905	-1885.13	2753.358	5116.424
BLOCCO11:ZONA7	5517.277	-1881.89	2760.222	5116.424
BLOCCO11:ZONA6	0.000	0.000	1155.163	953.182
BLOCCO11:ZONA2	0.000	0.000	1149.505	953.180

UAR2
_conf1

Teaching Area
Circular on area (corridor and stairway)



Dati di input variabili

Zona 1/3/4/5 - Aula tradizionale

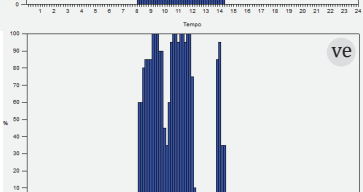
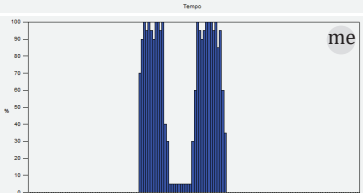
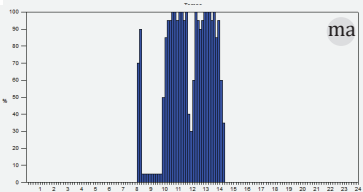
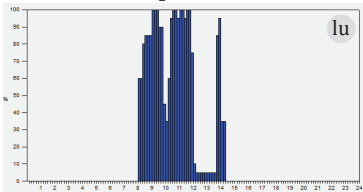
Densità (persone/mq)	0.5
Setpoint di riscaldamento (°C)	20
Temp. attenuazione Riscal.(°C)	15
Setpoint di raffreddamento (°C)	26
Temp. attenuazione Raffr. (°C)	28
Dispositivi ufficio/computer	off

Dati di input variabili

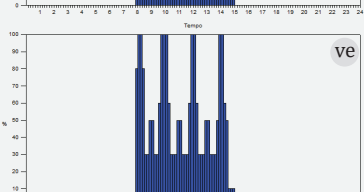
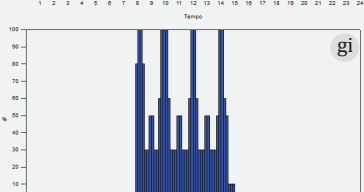
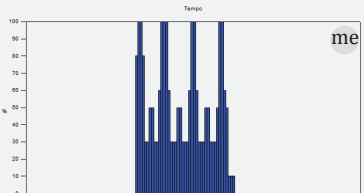
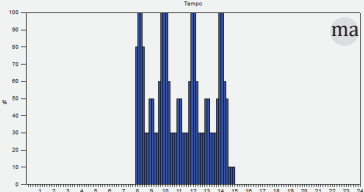
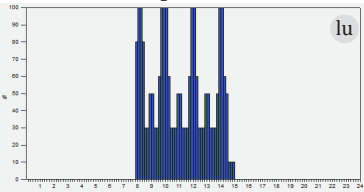
Zona 8 - Distributivo

Densità (persone/mq)	0.11
Setpoint di riscaldamento (°C)	20
Temp. attenuazione Riscal.(°C)	15
Setpoint di raffreddamento (°C)	26
Temp. attenuazione Raffr. (°C)	28
Dispositivi ufficio/computer	off

Profili di occupazione - Z4

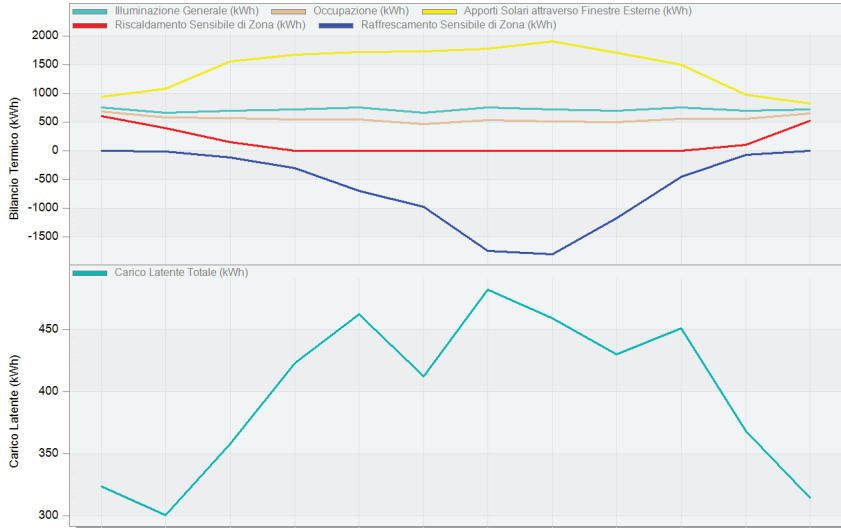


Profili di occupazione - Z8



Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1

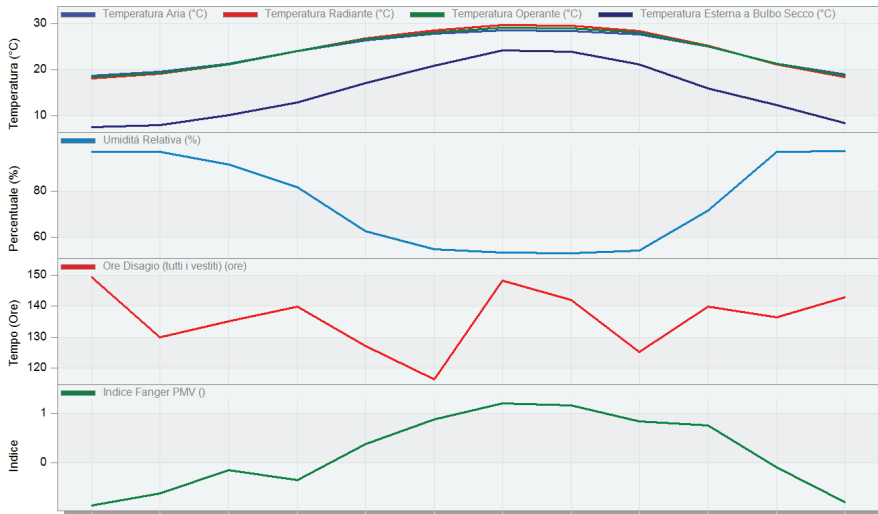
1 Gen - 31 Dic. Mensile



Mese	2002	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Illuminazione Generale (kWh)	758.93	659.94	692.93	725.93	758.93	659.94	758.93	725.93	692.93	758.93	692.93	725.93
Occupazione (kWh)	689.18	579.91	566.37	545.50	549.91	468.06	530.18	509.50	494.47	561.50	556.03	653.95
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kWh)	942.36	1083.18	1553.27	1670.61	1725.50	1726.66	1779.08	1902.02	1705.94	1500.31	977.60	826.37
Riscaldamento Sensibile di Zona (kWh)	609.09	400.06	153.14	5.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.26	103.14	525.28
Raffrescamento Sensibile di Zona (kWh)	-2.99	-15.29	-122.10	-301.66	-695.67	-972.94	-1744.95	-1797.60	-1172.45	-455.45	-66.36	-0.71
Carico Latente Totale (kWh)	323.36	300.50	358.06	422.89	462.63	412.35	482.17	459.08	429.91	451.04	368.40	314.44

Comfort - Blocco 1 1

1 Gen - 31 Dic. Mensile

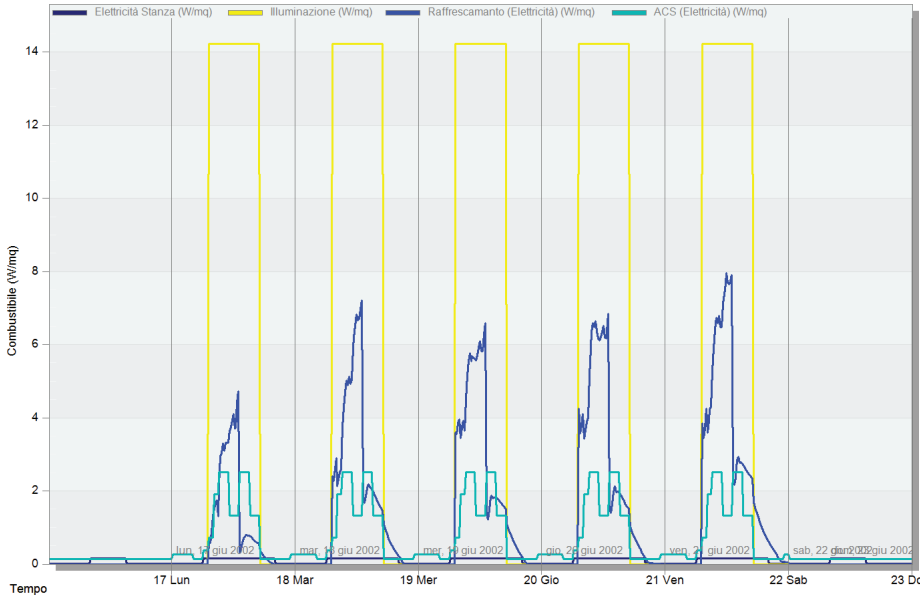


Mese	2002	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Temperatura Aria (°C)	18.77	19.60	21.37	24.06	26.44	27.89	28.62	28.49	27.75	25.09	21.42	18.99
Temperatura Radiante (°C)	18.14	19.11	21.17	24.11	26.82	28.53	29.72	29.62	28.49	25.23	21.16	18.42
Temperatura Operante (°C)	18.46	19.36	21.27	24.09	26.63	28.21	29.17	29.06	28.12	25.16	21.29	18.71
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	7.63	8.04	10.17	13.02	17.18	20.98	24.18	23.96	21.15	16.02	12.41	8.43
Umidità Relativa (%)	97.01	97.02	91.34	81.65	62.77	54.88	53.47	53.21	54.44	71.49	97.06	97.18
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	149.34	129.86	135.16	139.86	127.14	116.32	148.35	142.01	125.25	139.83	136.35	142.84
Indice Fanger PMV (I)	-0.85	-0.61	-0.14	-0.35	0.38	0.87	1.20	1.16	0.84	0.76	-0.09	-0.79

Consumi Separati - configurazione1, Edificio 1
16 Giu - 23 Giu, Sotto-orario

EnergyPlus

Studente

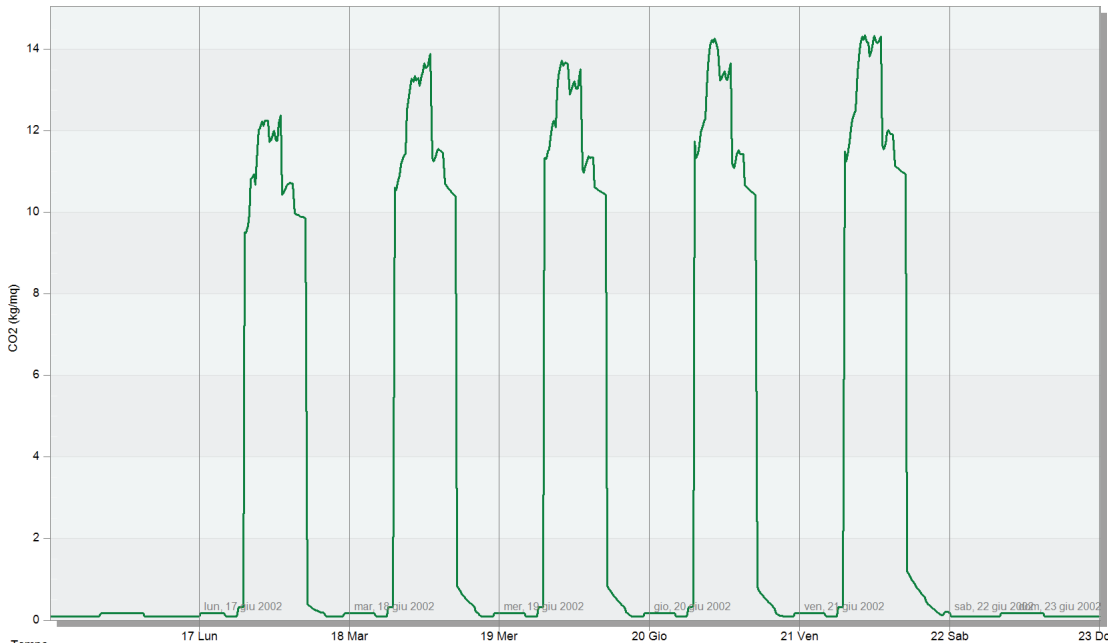


Tempo	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Do
Elettricità Stanza (W/mq)	0.01	0.16	0.01	0.16	0.01	0.16	0.16
Illuminazione (W/mq)	0.00	0.00	0.00	14.22	0.00	0.00	0.00
Raffrescamento (Elettricità) (W/mq)	0.00	0.00	0.00	7.20	0.00	0.35	6.37
ACS (Elettricità) (W/mq)	0.14	0.37	0.14	1.32	0.14	0.14	2.51

Produzione di CO2 - configurazione1, Edificio 1
16 Giu - 23 Giu, Sotto-orario

EnergyPlus

Studente

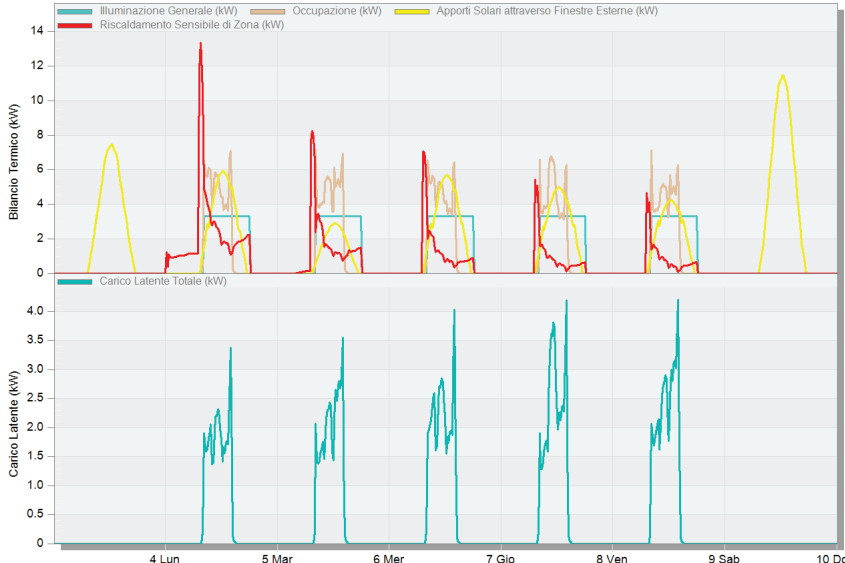


Tempo	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Do
CO2 (kg)	0.09	0.32	0.09	13.88	0.09	0.39	14.10

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1

3 Feb - 9 Feb, Sotto-orario

Studente

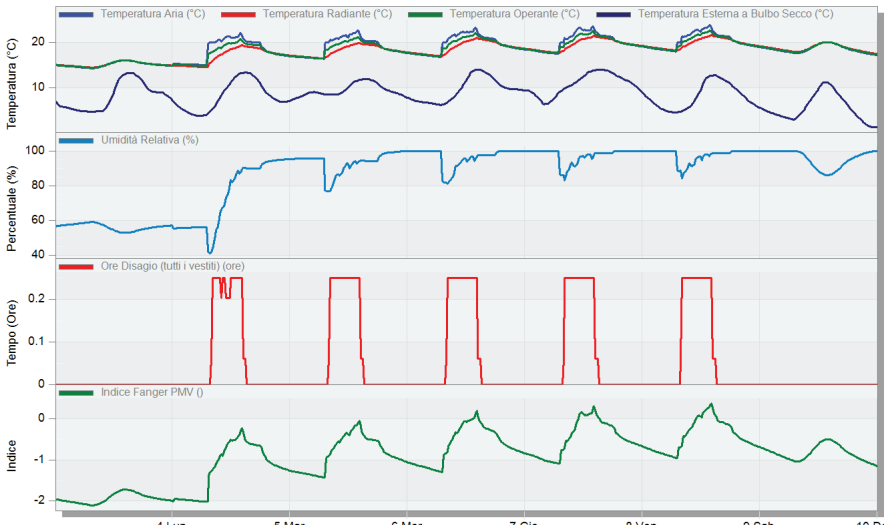


Tempo	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Do
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.00	3.30	0.00	0.00	3.30
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	5.49	0.00	0.00	6.79
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	3.70	0.00	0.00	2.79	0.00	0.00	4.16
Riscaldamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	1.15	0.00	1.16	0.00	0.00	0.95
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	2.71	0.00	0.00	3.62

Comfort - Blocco 1 1

3 Feb - 9 Feb, Sotto-orario

Studente

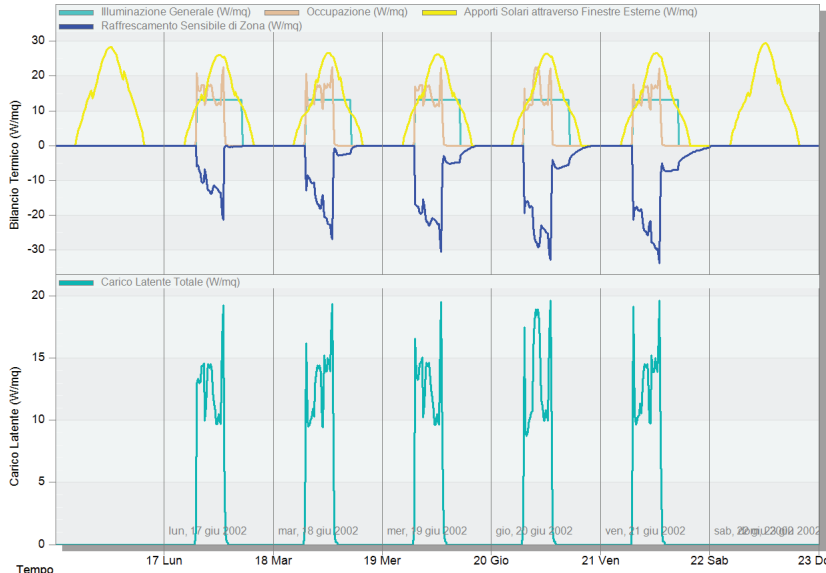


Tempo	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Do
Temperatura Aria (°C)	16.01	15.08	17.34	22.06	17.13	19.42	22.76
Temperatura Radiante (°C)	16.00	14.61	17.48	19.51	17.30	19.48	20.13
Temperatura Operante (°C)	16.00	14.84	17.41	20.78	17.22	19.45	21.44
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	13.27	3.95	7.13	11.20	6.75	10.35	11.40
Umidità Relativa (%)	53.17	56.31	94.96	93.78	100.00	100.00	92.32
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.25
Indice Fanger PMV ()	-1.73	-2.01	-1.16	-0.23	-1.20	-0.58	-0.06

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1
16 Giu - 23 Giu, Sotto-orario

EnergyPlus

Studente

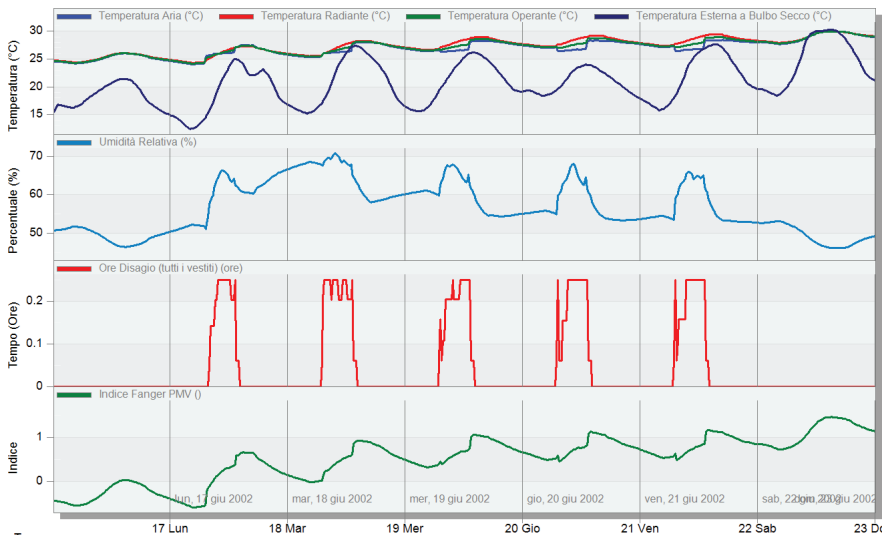


	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Do
Illuminazione Generale (W/mq)	0.00	0.00	0.00	13.18	0.00	0.00	13.18
Occupazione (W/mq)	0.00	0.00	0.00	22.50	0.00	0.00	16.19
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (W/mq)	21.37	9.16	0.00	25.56	0.00	1.63	23.70
Raffrescamento Sensibile di Zona (W/mq)	0.00	0.00	0.00	-26.88	0.00	-0.59	-25.34
Carico Latente Totale (W/mq)	0.00	0.00	0.00	19.38	0.00	0.00	14.01

Comfort - Blocco 1 1
16 Giu - 23 Giu, Sotto-orario

EnergyPlus

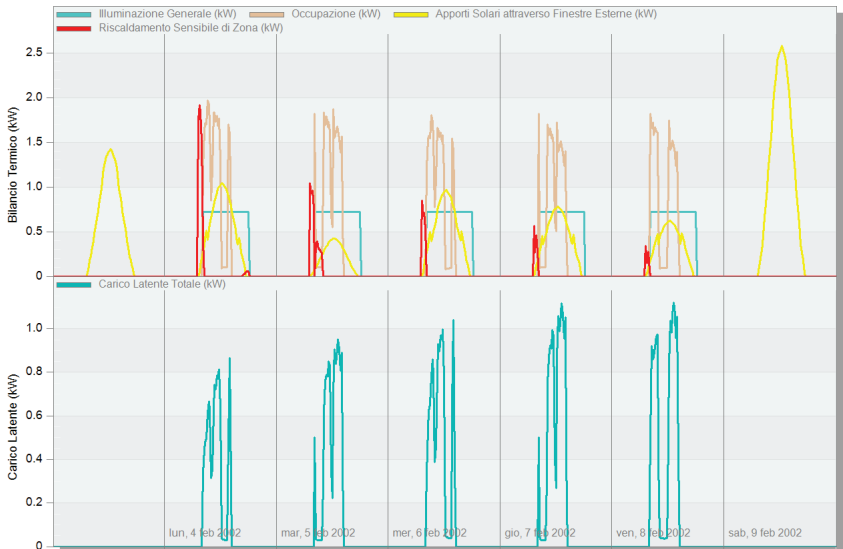
Studente



	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Do
Temperatura Aria (°C)	26.02	24.16	26.11	26.47	26.40	28.05	26.68
Temperatura Radiante (°C)	26.05	24.40	26.25	27.98	26.66	28.30	28.53
Temperatura Operante (°C)	26.03	24.28	26.18	27.23	26.53	28.18	27.61
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	21.35	13.70	18.95	27.20	16.00	22.30	23.13
Umidità Relativa (%)	46.46	51.88	65.30	67.84	61.04	54.38	67.37
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.25
Indice Fanger PMV ()	0.03	-0.56	0.25	0.59	0.33	0.87	0.73

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1, Zona 4
3 Feb - 9 Feb, Sotto-orario

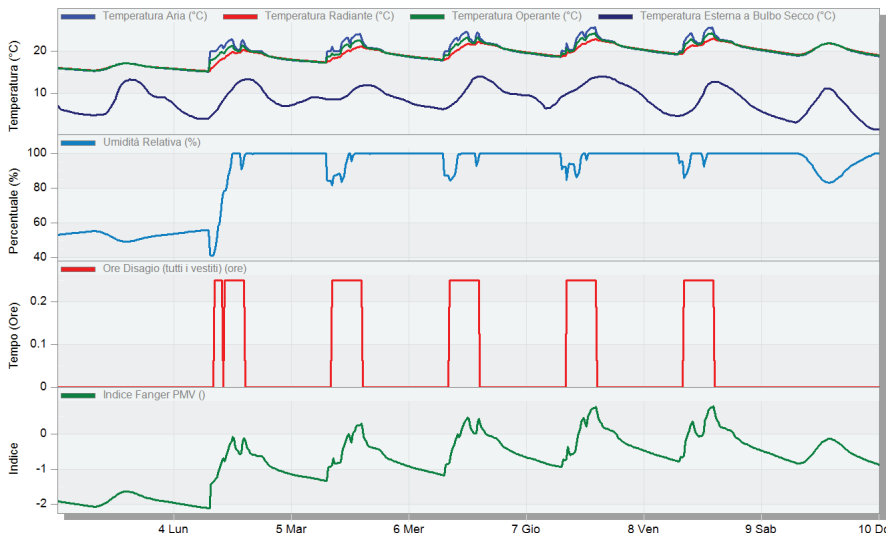
Studente



Tempo	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Do
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.72	0.00	0.00	0.72	0.00
Occupazione (kW)	0.00	0.00	1.67	0.00	0.00	1.66	0.00
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	0.65	0.00	0.41	0.00	0.00	0.63	0.06
Riscaldamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.91	0.00	0.00	0.92	0.00

Comfort - Blocco 1 1, Zona 4
3 Feb - 9 Feb, Sotto-orario

Studente

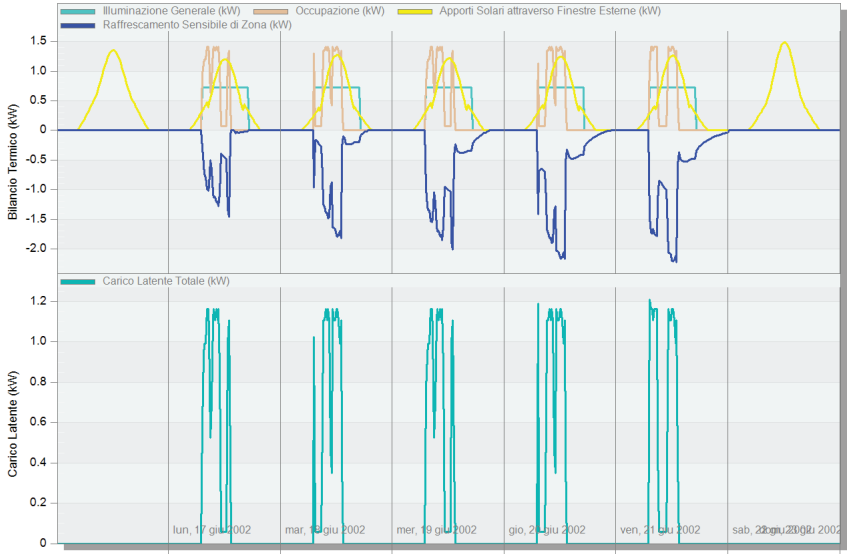


Tempo	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Do
Temperatura Aria (°C)	17.08	15.21	18.27	24.02	18.18	20.61	23.94
Temperatura Radiante (°C)	17.06	15.35	18.40	20.77	18.33	20.69	21.15
Temperatura Operante (°C)	17.07	15.28	18.34	22.39	18.25	20.65	22.55
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	13.27	3.95	7.13	11.20	6.75	10.35	11.40
Umidità Relativa (%)	49.56	55.84	100.00	100.00	100.00	100.00	89.12
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.25
Indice Fanger PMV ()	-1.65	-2.09	-1.04	0.13	-1.07	-0.38	0.08

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1, Zona 4

16 Giu - 23 Giu, Sotto-orario

Studente

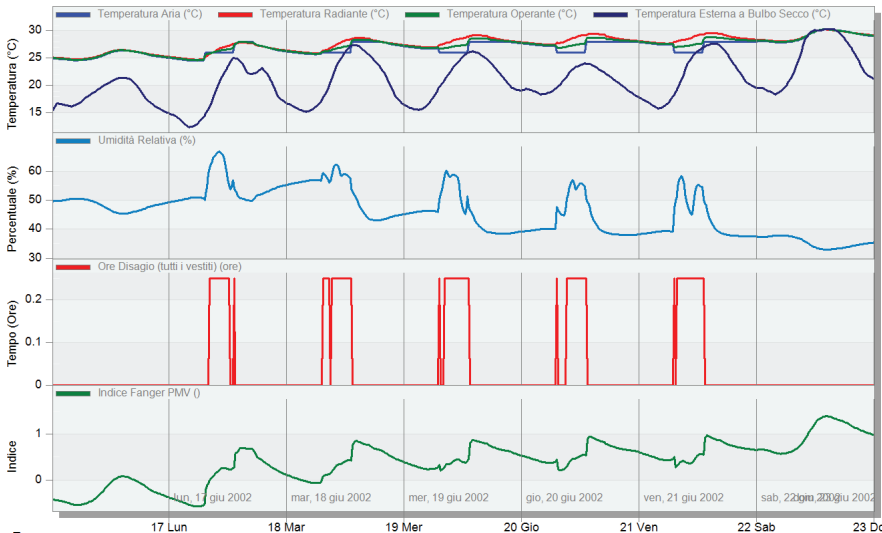


Tempo	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Do
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.72	0.00	0.00	0.72	0.00
Occupazione (kW)	0.00	0.00	1.34	0.00	0.00	0.57	0.00
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	0.73	0.23	1.21	0.00	0.03	1.08	0.27
Raffrescamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	0.00	-1.82	0.00	-0.06	-1.36	0.00
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	1.11	0.00	0.00	0.47	0.00

Comfort - Blocco 1 1, Zona 4

16 Giu - 23 Giu, Sotto-orario

Studente

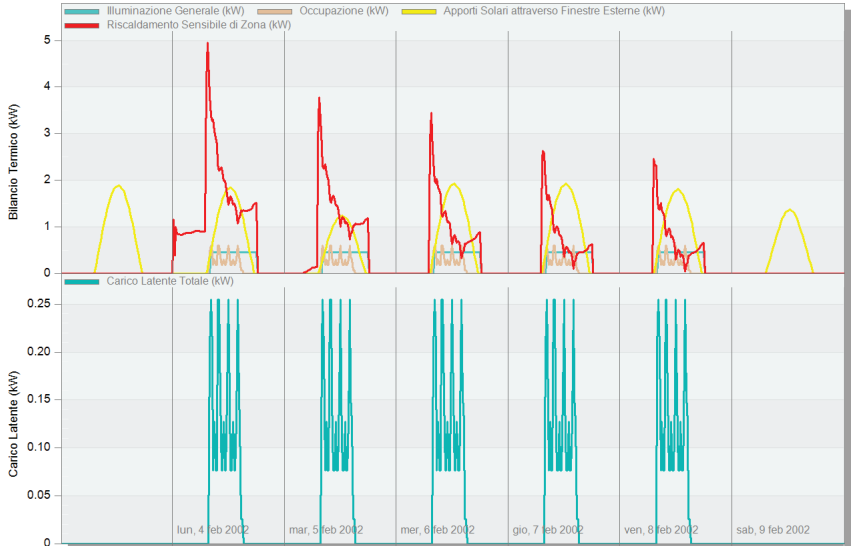


Tempo	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Do
Temperatura Aria (°C)	26.39	24.51	26.53	26.00	26.73	28.00	26.00
Temperatura Radiante (°C)	26.41	24.74	26.65	28.43	26.97	28.38	28.64
Temperatura Operante (°C)	26.40	24.62	26.59	27.21	26.85	28.19	27.32
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	21.35	13.70	18.95	27.20	16.00	22.30	23.13
Umidità Relativa (%)	45.44	50.82	54.18	57.69	46.30	38.45	55.70
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.25
Indice Fanger PMV ()	0.07	-0.56	0.23	0.44	0.24	0.67	0.47

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1, Zona 8

3 Feb - 9 Feb, Sotto-orario

Studente

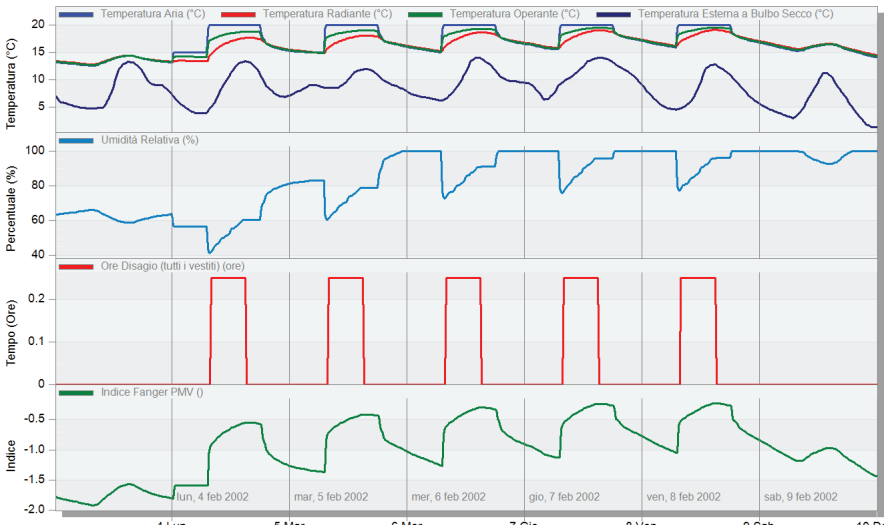


Tempo	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Do
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	0.46
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.18
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	1.16	0.00	0.00	1.20	0.00	0.00	1.67
Riscaldamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	0.90	0.00	1.07	0.00	0.00	0.95
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.08

Comfort - Blocco 1 1, Zona 8

3 Feb - 9 Feb, Sotto-orario

Studente



Tempo	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Do
Temperatura Aria (°C)	14.41	15.00	15.71	20.00	15.41	17.55	20.00
Temperatura Radiante (°C)	14.42	13.43	15.92	17.80	15.63	17.64	18.09
Temperatura Operante (°C)	14.42	14.21	15.82	18.90	15.52	17.60	19.05
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	13.27	3.95	7.13	11.20	6.75	10.35	11.40
Umidità Relativa (%)	58.80	56.59	79.25	75.27	100.00	100.00	85.61
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.25
Indice Fanger PMV ()	-1.57	-1.59	-1.18	-0.47	-1.17	-0.68	-0.38

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1, Zona 8
16 Giu - 23 Giu, Sotto-orario

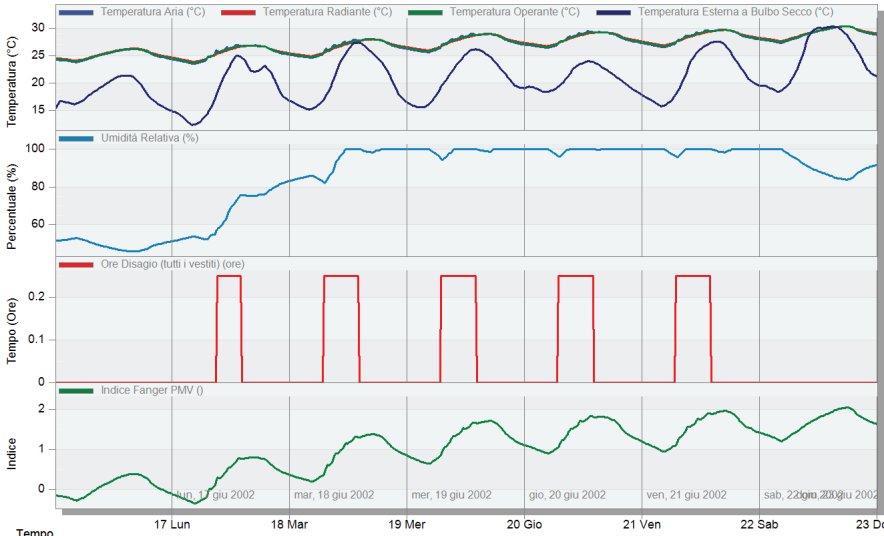
Studente



	16 Giu	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Dom
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	0.46	0.00
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.18	0.00
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	2.47	1.39	0.00	1.64	0.00	0.30	1.69	0.00
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.32	0.00

Comfort - Blocco 1 1, Zona 8
16 Giu - 23 Giu, Sotto-orario

Studente



	16 Giu	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Dom
Temperatura Aria (°C)	26.14	23.98	25.60	27.94	25.66	28.23	28.79	26.96
Temperatura Radiante (°C)	26.26	24.29	25.82	27.44	25.99	28.37	28.52	27.28
Temperatura Operante (°C)	26.20	24.14	25.71	27.69	25.82	28.30	28.66	27.12
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	21.35	13.70	18.95	27.20	16.00	22.30	23.13	16.90
Umidità Relativa (%)	48.10	52.43	81.13	100.00	100.00	100.00	100.00	98.67
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.25	0.00
Indice Fanger PMV ()	0.37	-0.24	0.48	1.24	0.64	1.51	1.59	1.09

riepilogo risultati simulazione

Unità Ambientale di Riferimento

UAR1_conf1_dati

END USE

	Electricity [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]
Heating	0.00	0.00	7156.49
Cooling	0.00	21363.31	0.00
Interior Lighting	27869.78	0.00	0.00
Interior Equipment	503.82	0.00	0.00
Total End Uses	28373.60	21363.31	7156.49

PERFORMANCE - Demand End Use Components Summary

	Electricity [W]	District Cooling [W]	District Heating [W]
Time of Peak	01-JAN-09:15	06-AUG-12:00	30-DEC-07:15
Heating	0.00	0.00	50955.09
Cooling	0.00	35715.44	0.00
Interior Lighting	10678.08	0.00	0.00
Interior Equipment	121.64	0.00	0.00
Total End Uses	10799.71	35715.44	50955.09

UTILITY USE PER CONDITIONED FLOOR AREA

	Electricity Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]
Lighting	37.10	0.00	0.00
HVAC	0.00	28.44	13.43
Other	0.67	0.00	0.00
Total	37.78	28.44	13.43

SENSIBLE HEAT GAIN SUMMARY

	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [kWh]	People Sensible Heat Addition [kWh]	Lights Sensible Heat Addition [kWh]
BLOCCO11:ZONA4	60.493	-1997.82	1570.076	1886.397
BLOCCO11:ZONA5	63.574	-2011.63	1568.922	1886.397
BLOCCO11:ZONA1	141.328	-1755.27	1561.190	1824.435
BLOCCO11:ZONA3	146.923	-1583.66	1563.385	1824.435
BLOCCO11:ZONA8	1385.005	0.000	440.989	1190.511

OTTIMIZZAZIONE

Dati di input variabili

Zona 1/3/4/5 - Aula tradizionale

Densità (persone/mq)	0.5
Setpoint di riscaldamento (°C)	23.5
Temp. attenuazione Riscal.(°C)	15
Setpoint di raffrescamento (°C)	24
Temp. attenuazione Raffr. (°C)	28
Dispositivi ufficio/computer	off
Ventilazione naturale	on

Dati di input variabili

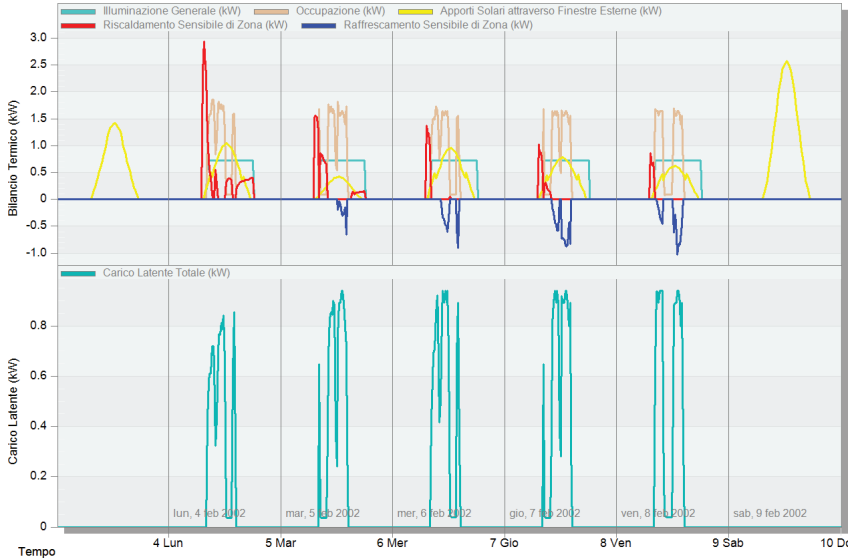
Zona 8 - Distributivo

Densità (persone/mq)	0.11
Setpoint di riscaldamento (°C)	22.8
Temp. attenuazione Riscal.(°C)	15
Setpoint di raffrescamento (°C)	24
Temp. attenuazione Raffr. (°C)	28
Dispositivi ufficio/computer	off
Ventilazione naturale	on

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1, Zona 4

3 Feb - 9 Feb. Sotto-orario

Studente

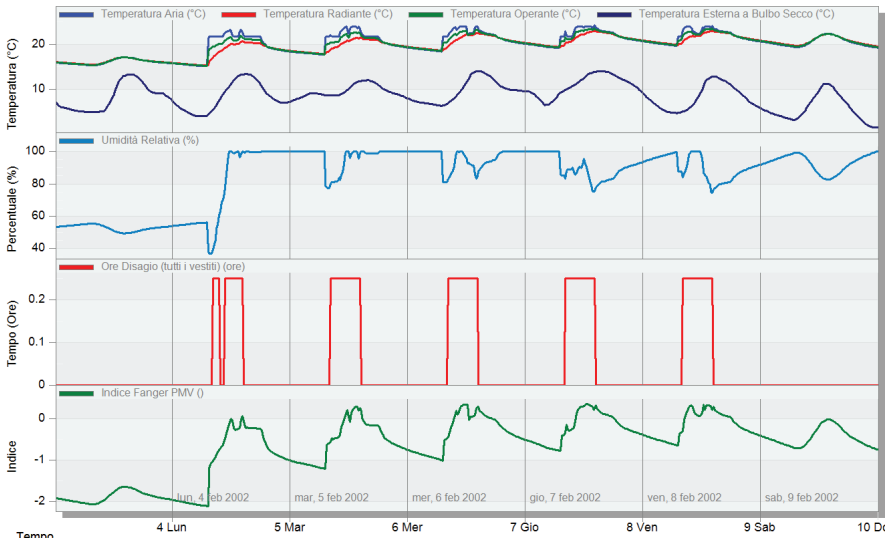


Tempo	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Do
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.00	0.72	0.00	0.00	0.72
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	1.64	0.00	0.00	1.64
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	0.65	0.00	0.00	0.41	0.00	0.00	0.63
Riscaldamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Raffrescamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	0.00	0.00	-0.26	0.00	0.00	-0.43
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	0.94	0.00	0.00	0.94

Comfort - Blocco 1 1, Zona 4

3 Feb - 9 Feb. Sotto-orario

Studente

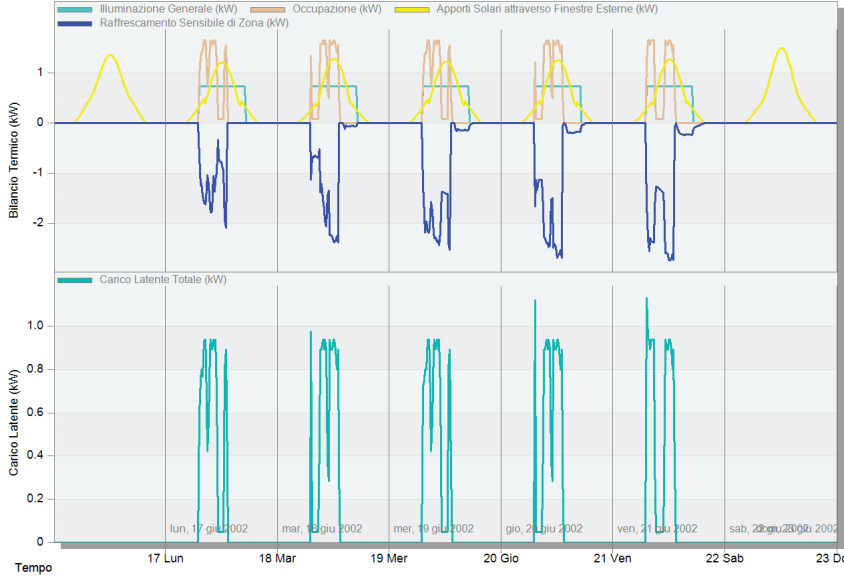


Tempo	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Do
Temperatura Aria (°C)	17.02	15.16	18.77	24.00	18.74	21.13	24.00
Temperatura Radiante (°C)	17.00	15.29	18.91	21.30	18.92	21.20	21.76
Temperatura Operante (°C)	17.01	15.23	18.84	22.65	18.83	21.16	22.88
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	13.27	3.95	7.13	11.20	6.75	10.35	11.40
Umidità Relativa (%)	49.73	56.02	100.00	100.00	100.00	88.86	95.50
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.25
Indice Fanger PMV (I)	-1.66	-2.11	-0.90	0.27	-0.91	-0.22	0.21

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1, Zona 4

16 Giu - 23 Giu, Sotto-orario

Studente

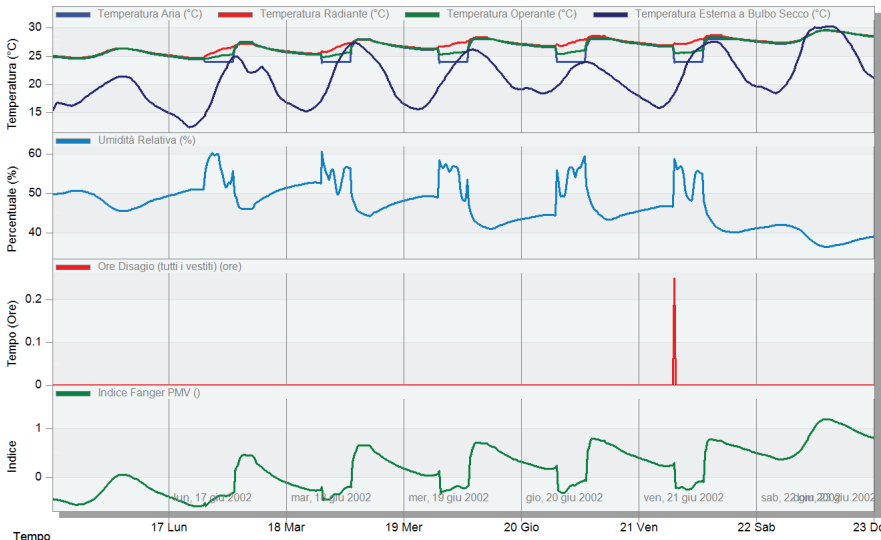


Tempo	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Do
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.72	0.00	0.00	0.72	0.00
Occupazione (kW)	0.00	0.00	1.56	0.00	0.00	0.66	0.00
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	0.73	0.23	1.21	0.00	0.03	1.08	0.27
Raffrescamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	0.00	-2.38	0.00	0.00	-1.54	-0.13
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.89	0.00	0.00	0.38	0.00

Comfort - Blocco 1 1, Zona 4

16 Giu - 23 Giu, Sotto-orario

Studente

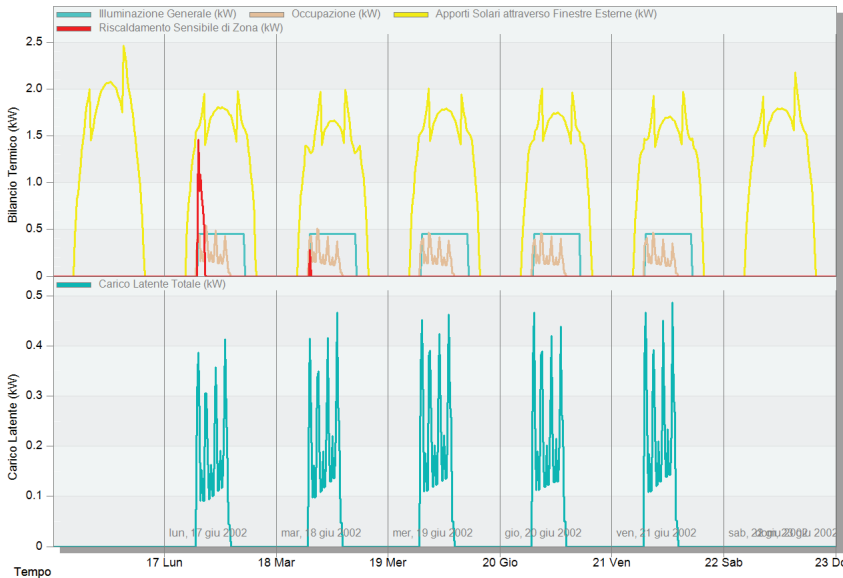


Tempo	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Do
Temperatura Aria (°C)	26.34	24.45	26.02	24.00	26.14	27.69	24.00
Temperatura Radiante (°C)	26.36	24.68	26.15	27.33	26.36	27.74	27.49
Temperatura Operante (°C)	26.35	24.56	26.08	25.67	26.25	27.71	25.74
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	21.35	13.70	18.95	27.20	16.00	22.30	23.13
Umidità Relativa (%)	45.58	50.99	50.46	56.42	49.31	41.82	55.01
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Indice Fanger PMV ()	0.05	-0.58	-0.00	-0.18	0.04	0.54	-0.16

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1, Zona 8

16 Giu - 23 Giu, Sotto-orario

Studente

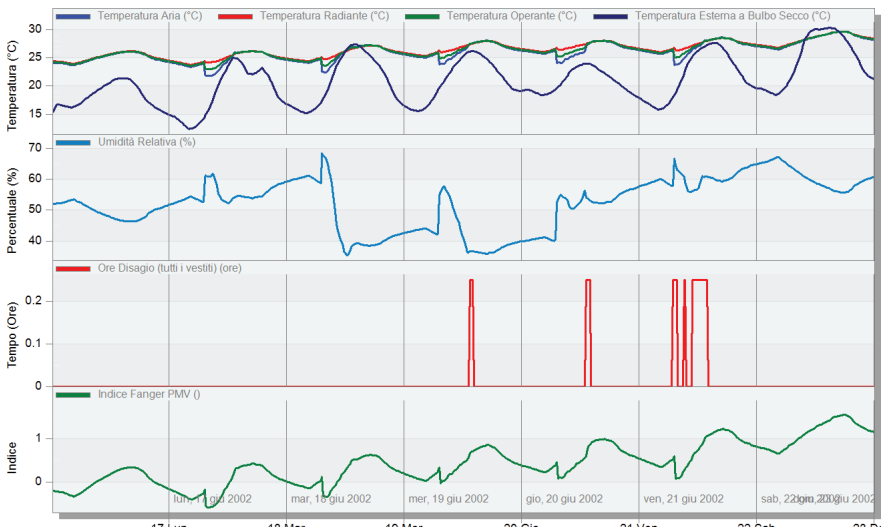


Tempo	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Do
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	0.46
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00	0.26
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	2.47	1.39	0.00	1.64	0.00	0.30	1.69
Riscaldamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	0.47	0.00	0.00	0.25

Comfort - Blocco 1 1, Zona 8

16 Giu - 23 Giu, Sotto-orario

Studente



Tempo	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Do
Temperatura Aria (°C)	26.02	23.85	25.03	26.99	25.04	27.38	25.42
Temperatura Radiante (°C)	26.13	24.15	25.23	26.50	25.36	27.49	26.94
Temperatura Operante (°C)	26.07	24.00	25.13	26.75	25.20	27.43	26.18
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	21.35	13.70	18.95	27.20	16.00	22.30	23.13
Umidità Relativa (%)	46.43	52.86	57.74	37.21	44.00	37.42	50.56
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Indice Fanger PMV ()	0.33	-0.28	0.13	0.43	0.04	0.70	0.34

UAR2_conf1_dati_OTT1

END USE

	Electricity [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]
Heating	0.00	0.00	46203.17
Cooling	0.00	20897.12	0.00
Interior Lighting	27869.78	0.00	0.00
Interior Equipment	503.82	0.00	0.00
Total End Uses	28373.60	20897.12	46203.17

PERFORMANCE - Demand End Use Components Summary

	Electricity [W]	District Cooling [W]	District Heating [W]
Time of Peak	01-JAN-09:15	22-JUL-07:30	11-FEB-09:15
Heating	0.00	0.00	108034.30
Cooling	0.00	46140.37	0.00
Interior Lighting	10678.08	0.00	0.00
Interior Equipment	121.64	0.00	0.00
Total End Uses	10799.71	46140.37	108034.30

UTILITY USE PER CONDITIONED FLOOR AREA

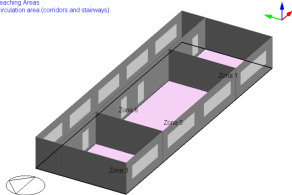
	Electricity Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]
Lighting	37.10	0.00	0.00
HVAC	0.00	27.82	65.42
Other	0.67	0.00	0.00
Total	37.78	27.82	65.42

SENSIBLE HEAT GAIN SUMMARY

	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [kWh]	People Sensible Heat Addition [kWh]	Lights Sensible Heat Addition [kWh]
BLOCCO11:ZONA4	122.156	-2334.86	1733.685	1886.397
BLOCCO11:ZONA5	235.435	-2274.11	1727.013	1886.397
BLOCCO11:ZONA1	2362.879	-1668.78	1715.422	1824.435
BLOCCO11:ZONA3	428.017	-1874.43	1679.916	1824.435
BLOCCO11:ZONA8	6564.738	0.000	449.732	1190.511

UAR2
_conf2

Teaching Area
Circulation area (combos and stairways)



Dati di input variabili

Zona 1/3 Didattica per ambienti

Densità (persone/mq)	0.5
Setpoint di riscaldamento (°C)	20
Temp. attenuazione Riscal.(°C)	15
Setpoint di raffreddamento (°C)	26
Temp. attenuazione Raffr. (°C)	28
Dispositivi ufficio/computer	off

Dati di input variabili

Zona 8 - Distributivo

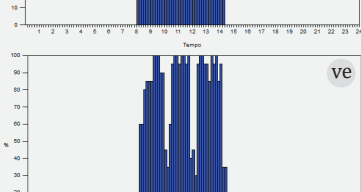
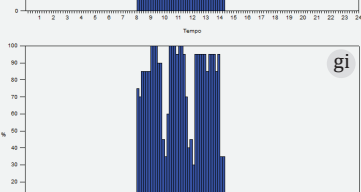
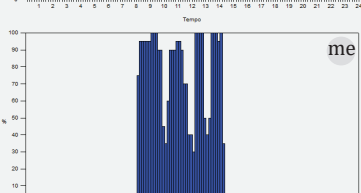
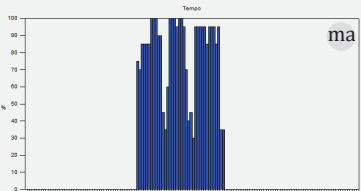
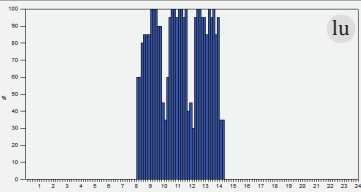
Densità (persone/mq)	0.11
Setpoint di riscaldamento (°C)	20
Temp. attenuazione Riscal.(°C)	15
Setpoint di raffreddamento (°C)	26
Temp. attenuazione Raffr. (°C)	28
Dispositivi ufficio/computer	off

Dati di input variabili

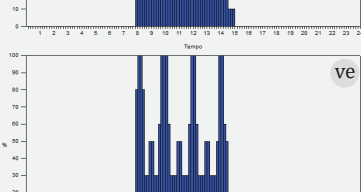
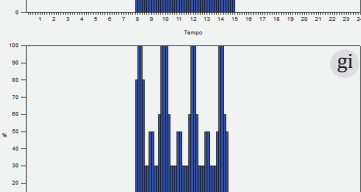
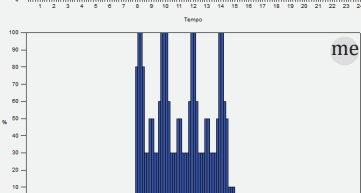
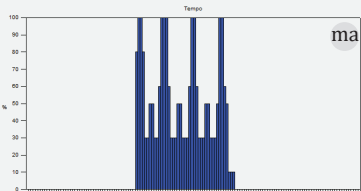
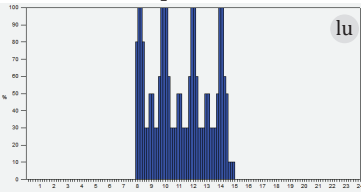
Zona 5 - Spazio+

Densità (persone/mq)	0.21
Setpoint di riscaldamento (°C)	20
Temp. attenuazione Riscal.(°C)	15
Setpoint di raffreddamento (°C)	26
Temp. attenuazione Raffr. (°C)	28
Dispositivi ufficio/computer	on

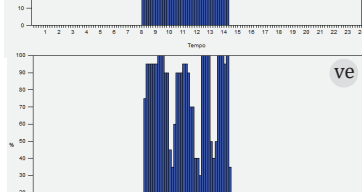
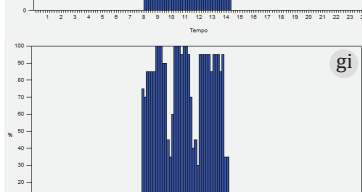
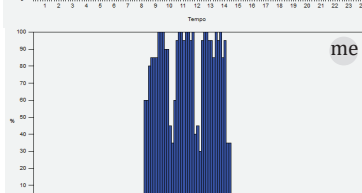
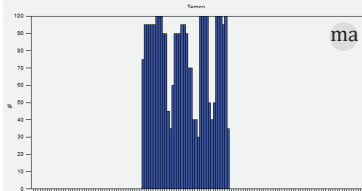
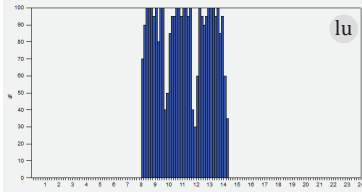
Profili di occupazione - Z1



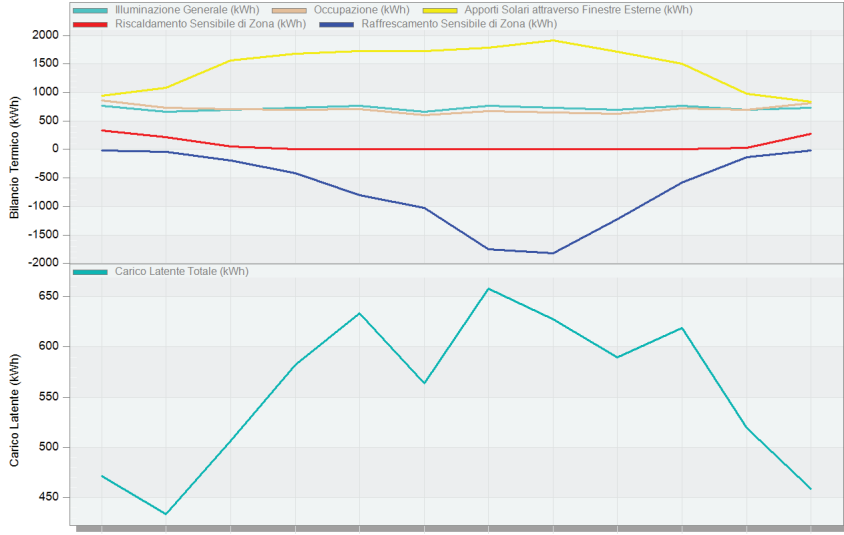
Profili di occupazione - Z8



Profili di occupazione - Z5

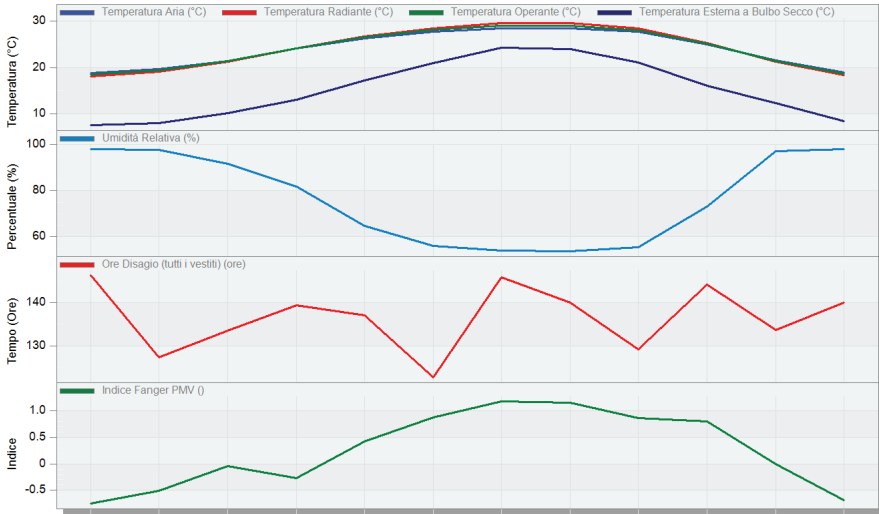


Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1
1 Gen - 31 Dic. Mensile



Mese	2002	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Illuminazione Generale (kWh)	762.57	663.10	696.26	729.41	762.57	663.10	762.57	729.41	696.26	762.57	696.26	729.41
Occupazione (kWh)	865.07	728.22	713.41	696.27	703.10	598.27	678.60	650.92	630.84	717.66	701.19	819.34
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kWh)	944.34	1087.48	1560.63	1674.55	1729.91	1731.10	1784.95	1909.30	1712.47	1504.99	981.90	832.05
Riscaldamento Sensibile di Zona (kWh)	336.60	218.89	49.14	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.21	274.50
Raffrescamento Sensibile di Zona (kWh)	-19.07	-44.97	-193.56	-416.75	-797.19	-1026.88	-1751.67	-1815.75	-1225.61	-575.48	-140.43	-15.19
Carico Latente Totale (kWh)	471.38	433.92	506.83	582.08	633.36	563.87	657.85	627.43	589.40	618.79	519.05	459.01

Comfort - Blocco 1 1
1 Gen - 31 Dic. Mensile

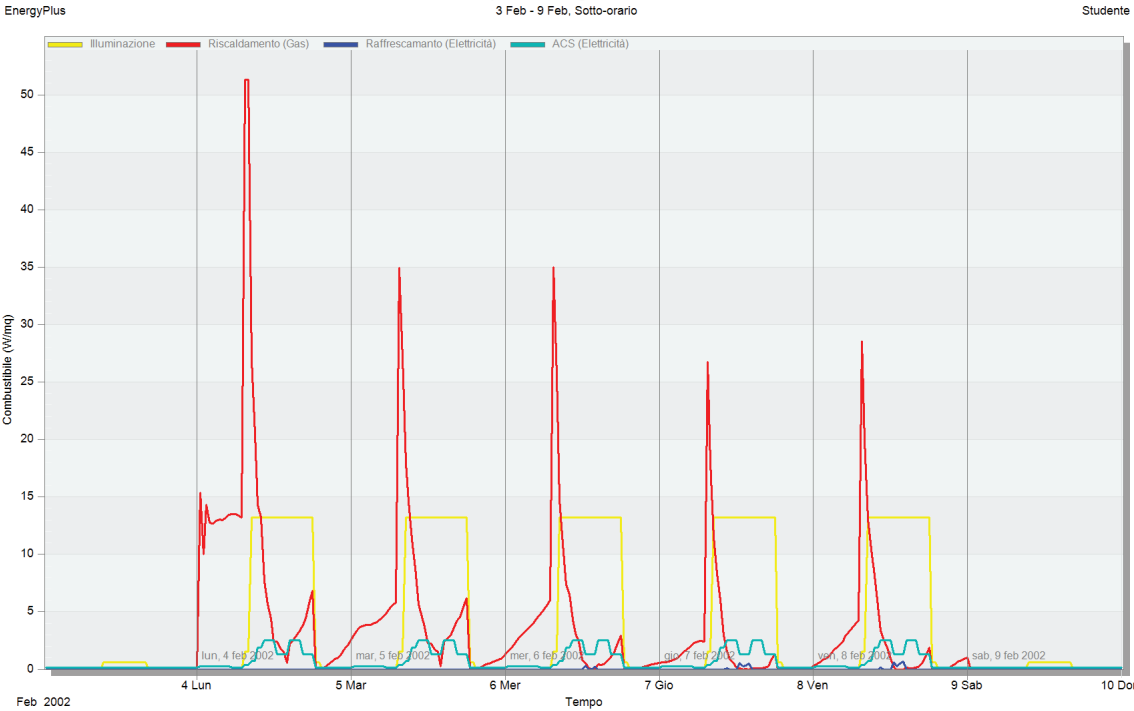


Mese	2002	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Temperatura Aria (°C)	18.73	19.61	21.39	24.03	26.30	27.72	28.41	28.33	27.62	25.00	21.47	18.97
Temperatura Radiante (°C)	18.13	19.13	21.21	24.08	26.70	28.36	29.51	29.46	28.37	25.17	21.20	18.41
Temperatura Operante (°C)	18.43	19.37	21.30	24.06	26.50	28.04	28.96	28.89	28.00	25.09	21.34	18.69
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	7.63	8.04	10.17	13.02	17.19	20.98	24.18	23.96	21.15	16.01	12.41	8.43
Umidità Relativa (%)	97.99	97.68	91.64	81.97	64.72	56.13	54.13	53.77	55.35	73.14	97.13	98.01
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	146.34	127.26	133.43	139.40	137.05	122.66	145.88	139.98	129.22	144.23	133.62	139.98
Indice Fanger PMV ()	-0.75	-0.51	-0.05	-0.26	0.42	0.88	1.18	1.15	0.86	0.80	0.00	-0.68

UAR2_conf2_N_Edif_Ww_Consumi-mq

Consumi Separati - configurazione1, Edificio 1
3 Feb - 9 Feb. Sotto-orario

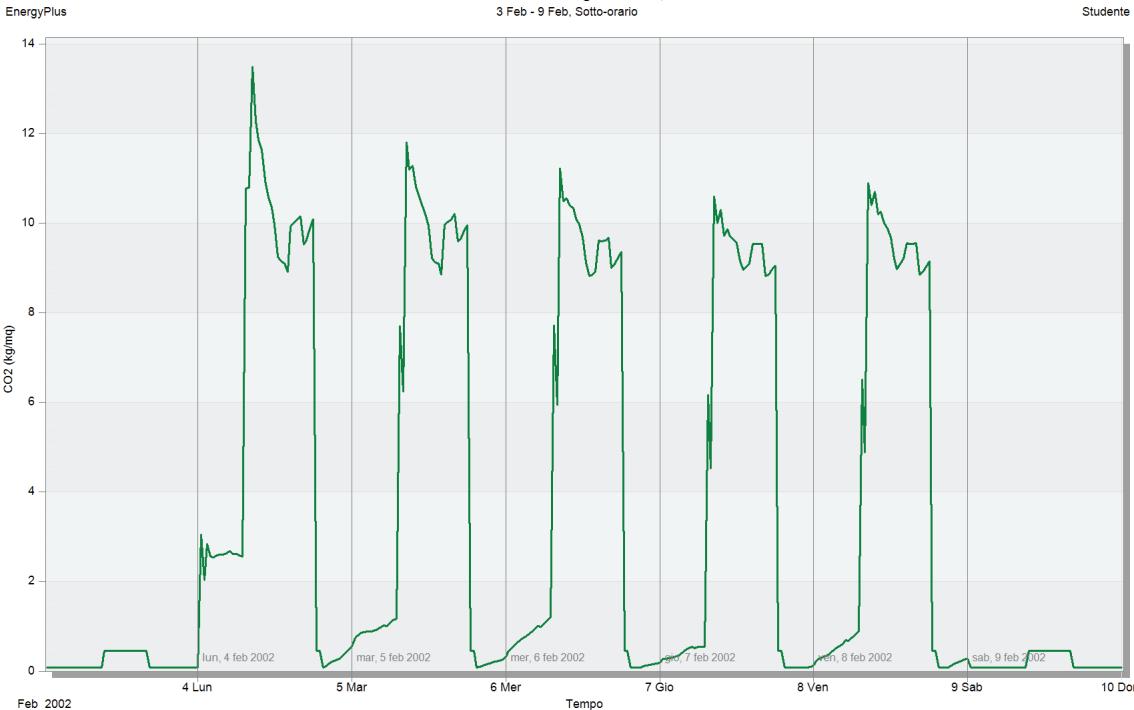
Studente



UAR2_conf2_N_Edif_Ww_CO2-mq

Produzione di CO2 - configurazione1, Edificio 1
3 Feb - 9 Feb. Sotto-orario

Studente



Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1

3 Feb - 9 Feb, Orario

Studente

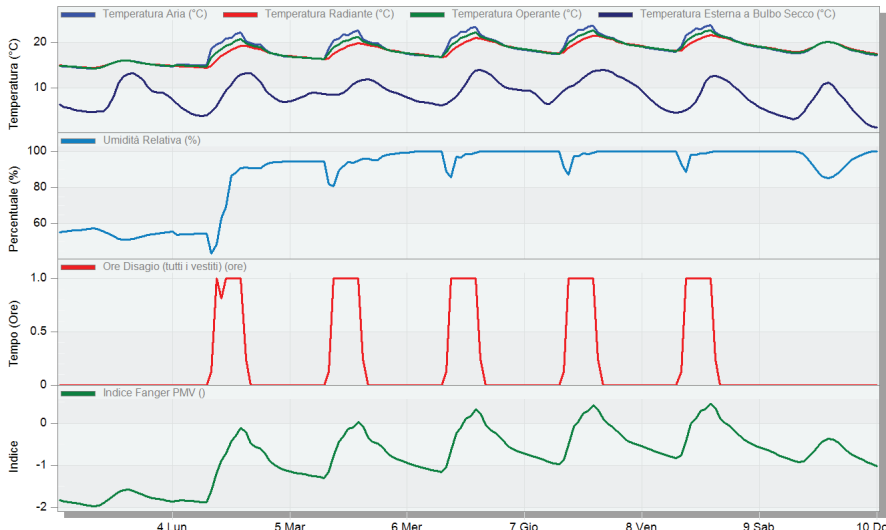


Tempo/Ora	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Dom
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.00	3.32	0.00	3.32	0.00
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	5.23	0.00	6.54	0.18
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	4.61	0.00	0.00	2.80	0.00	2.25	0.00
Riscaldamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	1.17	0.00	0.43	0.00	0.25	0.64
Raffrescamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	2.79	0.00	2.81	0.00

Comfort - Blocco 1 1

3 Feb - 9 Feb, Orario

Studente

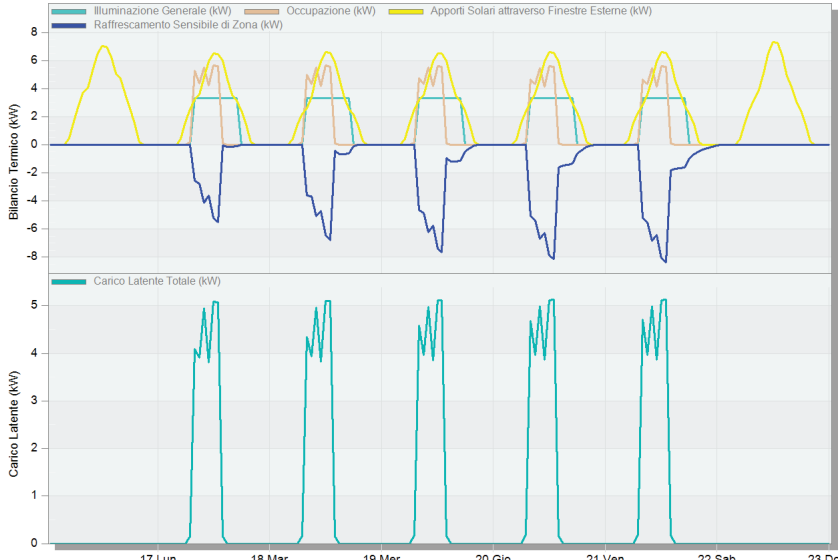


Tempo/Ora	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Dom
Temperatura Aria (°C)	16.10	15.05	17.45	21.68	17.21	20.54	21.36
Temperatura Radiante (°C)	16.08	14.58	17.53	19.26	17.38	20.17	18.82
Temperatura Operante (°C)	16.09	14.82	17.49	20.47	17.29	20.35	20.09
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	13.20	3.90	7.70	9.80	6.95	12.05	10.15
Umidità Relativa (%)	51.09	54.50	93.98	93.97	100.00	99.97	87.13
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
Indice Fanger PMV ()	-1.58	-1.87	-1.01	-0.14	-1.05	-0.23	-0.52

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1

16 Giu - 23 Giu, Orario

Studente

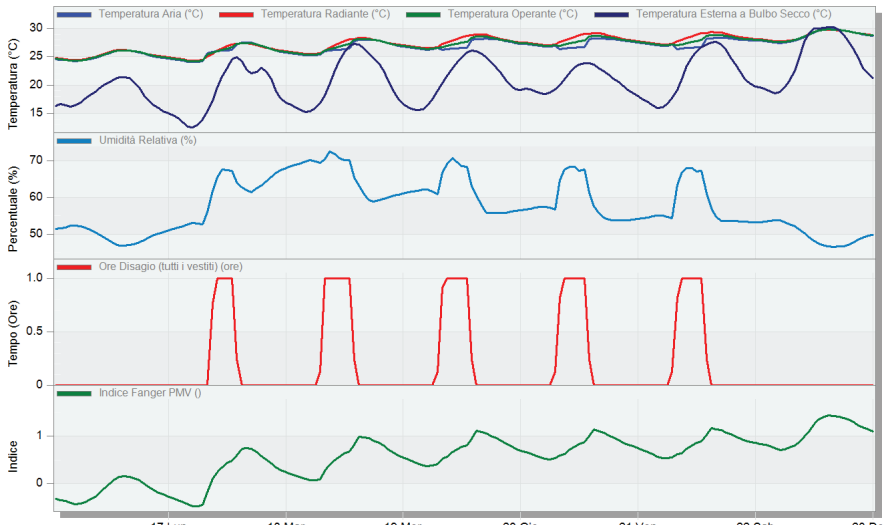


Tempo/Ora	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Do
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.00	3.32	0.00	0.00	3.32
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	5.63	0.00	0.00	4.31
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	5.07	1.60	0.00	6.62	0.00	2.43	3.68
Raffrescamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	0.00	0.00	-6.43	0.00	-0.50	-5.40
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	5.10	0.00	0.00	3.97

Comfort - Blocco 1 1

16 Giu - 23 Giu, Orario

Studente



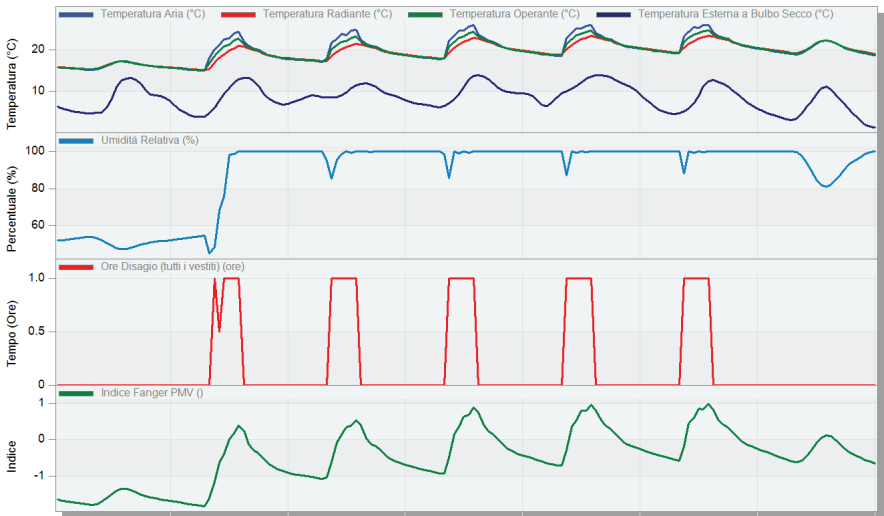
Tempo/Ora	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Do
Temperatura Aria (°C)	26.14	24.11	26.35	26.34	26.42	28.14	26.43
Temperatura Radiante (°C)	26.18	24.35	26.42	27.82	26.68	28.60	27.88
Temperatura Operante (°C)	26.16	24.23	26.38	27.08	26.55	28.37	27.16
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	21.40	13.05	21.00	25.77	15.63	24.13	21.02
Umidità Relativa (%)	46.75	52.76	65.62	70.18	61.81	55.78	67.52
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
Indice Fanger PMV (I)	0.15	-0.47	0.42	0.64	0.42	1.00	0.63

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1, Zona 5
3 Feb - 9 Feb, Orario



Tempo/Ora	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Dom
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.00	1.46	0.00	1.46	1.46
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	2.36	0.00	0.00	3.05
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	1.66	0.00	0.00	0.82	0.00	0.00	0.73
Riscaldamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Raffrescamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	1.54	0.00	0.00	1.54

Comfort - Blocco 1 1, Zona 5
3 Feb - 9 Feb, Orario

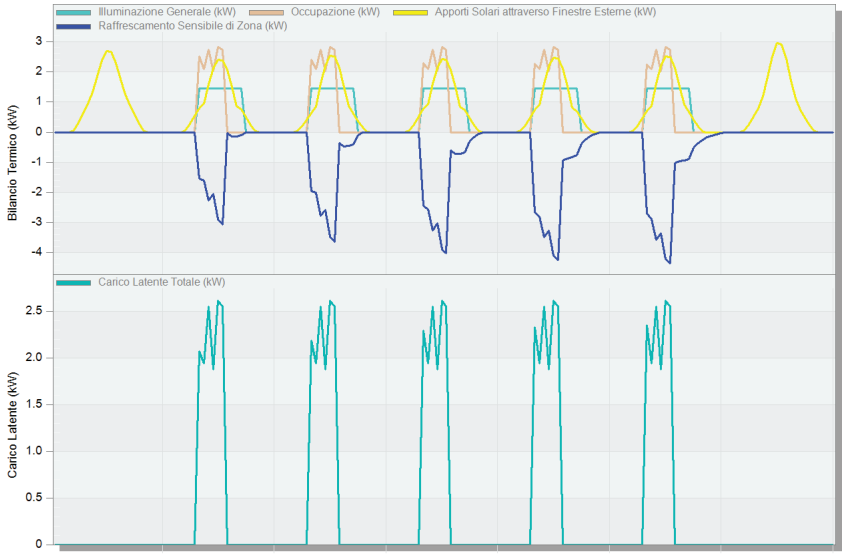


Tempo/Ora	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Dom
Temperatura Aria (°C)	17.25	15.13	18.49	23.63	18.31	22.03	22.99
Temperatura Radiante (°C)	17.21	15.28	18.56	20.77	18.48	21.69	20.16
Temperatura Operante (°C)	17.23	15.21	18.53	22.20	18.39	21.86	21.58
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	13.20	3.90	7.70	9.80	6.95	12.05	10.15
Umidità Relativa (%)	47.35	54.21	100.00	100.00	100.00	87.16	100.00
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
Indice Fanger PMV (I)	-1.35	-1.82	-0.75	0.34	-0.80	0.15	-0.30

EnergyPlus

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1, Zona 5
16 Giu - 23 Giu, Orario

Studente

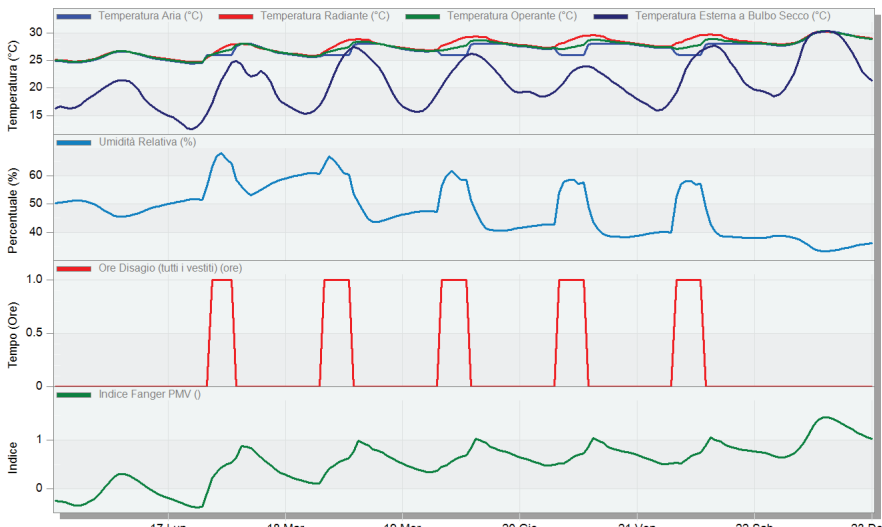


Tempo/Ora	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Dom
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.00	1.46	0.00	0.00	1.46
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	2.81	0.00	0.00	2.09
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	1.76	0.27	0.00	2.54	0.00	0.48	0.90
Raffrescamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	0.00	0.00	-3.47	0.00	-0.31	-2.81
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	2.61	0.00	0.00	1.94

EnergyPlus

Comfort - Blocco 1 1, Zona 5
16 Giu - 23 Giu, Orario

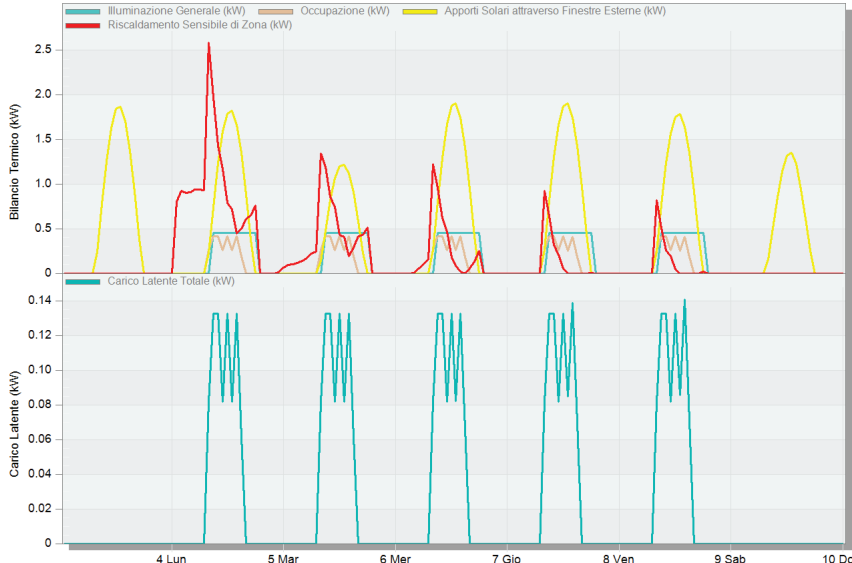
Studente



Tempo(Ore)	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Dom
Temperatura Aria (°C)	26.61	24.45	26.74	26.00	26.72	28.00	26.00
Temperatura Radiante (°C)	26.65	24.71	26.80	26.43	26.98	28.74	28.18
Temperatura Operante (°C)	26.63	24.58	26.77	27.22	26.85	28.37	27.09
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	21.40	13.05	21.00	25.77	15.63	24.13	21.02
Umidità Relativa (%)	45.46	51.69	56.97	60.92	47.20	40.89	57.73
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
Indice Fanger PMV (I)	0.30	-0.37	0.48	0.59	0.40	0.86	0.52

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1, Zona 8
3 Feb - 9 Feb, Orario

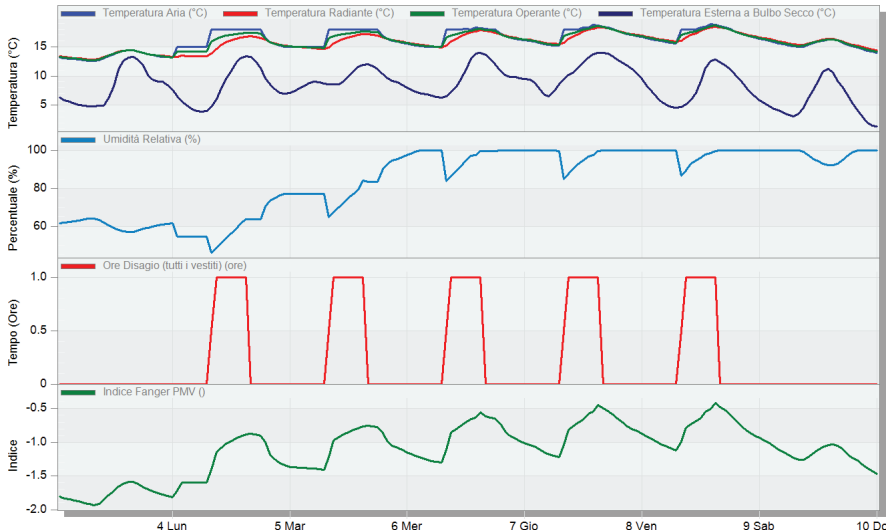
Studente



Tempo/Ora	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Do
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.46	0.46
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.42
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	1.37	0.00	0.00	1.20	0.00	0.00	0.81
Riscaldamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	0.94	0.00	0.43	0.00	0.25	0.64
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.13

Comfort - Blocco 1 1, Zona 8
3 Feb - 9 Feb, Orario

Studente

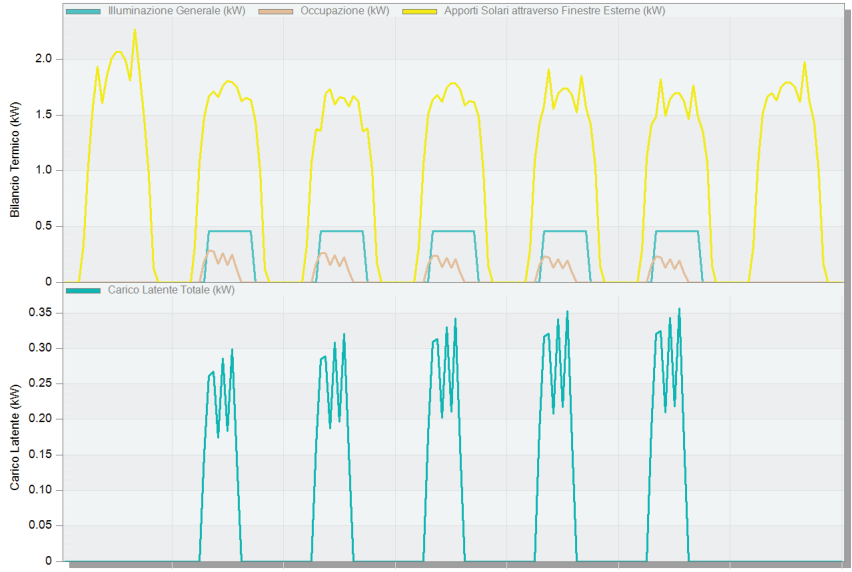


Tempo/Ora	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Do
Temperatura Aria (°C)	14.35	15.00	15.42	18.00	15.12	18.00	18.00
Temperatura Radiante (°C)	14.38	13.38	15.54	16.60	15.34	17.43	16.88
Temperatura Operante (°C)	14.37	14.19	15.48	17.30	15.23	17.72	17.17
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	13.20	3.90	7.70	9.80	6.95	12.05	10.15
Umidità Relativa (%)	57.00	54.67	75.13	75.09	100.00	99.86	87.70
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
Indice Fanger PMV (I)	-1.59	-1.60	-1.26	-0.85	-1.23	-0.65	-0.81

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1, Zona 8

16 Giu - 23 Giu, Orario

Studente

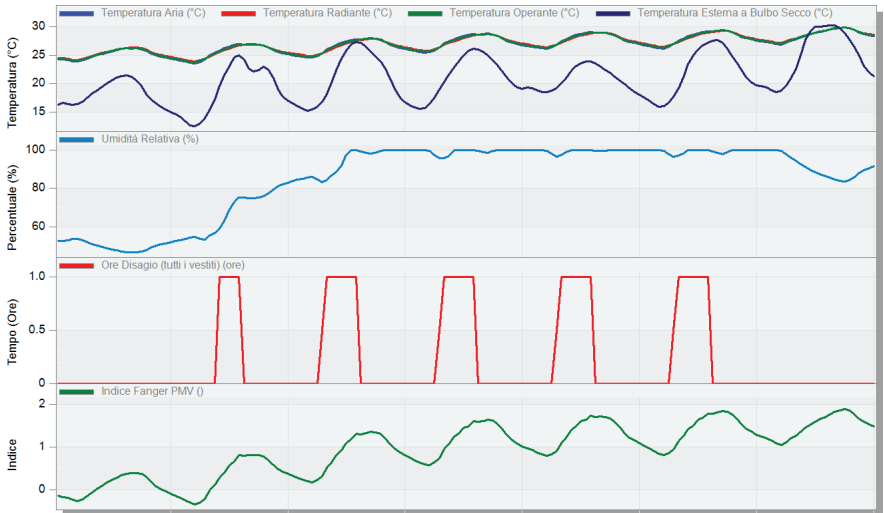


Tempo/Ora	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Dom
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	0.46
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.23	0.00
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	1.81	1.07	0.00	1.66	0.00	1.48	1.91
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.32

Comfort - Blocco 1 1, Zona 8

16 Giu - 23 Giu, Orario

Studente



Tempo/Ora	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Dom
Temperatura Aria (°C)	26.18	23.81	25.88	27.40	25.58	28.59	27.77
Temperatura Radiante (°C)	26.27	24.11	26.04	27.06	25.90	28.61	27.57
Temperatura Operante (°C)	26.22	23.96	25.96	27.23	25.74	28.60	27.67
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	21.40	13.05	21.00	25.77	15.63	24.13	21.02
Umidità Relativa (%)	46.63	53.70	79.57	97.66	100.00	99.69	98.84
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
Indice Fanger PMV ()	0.37	-0.30	0.57	1.09	0.63	1.61	1.20

riepilogo risultati simulazione

Unità Ambientale di Riferimento

UAR2_conf2_dati

END USE

	Electricity [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]
Heating	0.00	0.00	6792.13
Cooling	0.00	30067.77	0.00
Interior Lighting	25991.59	0.00	0.00
Total End Uses	25991.59	30067.77	6792.13

PERFORMANCE - Demand End Use Components Summary

	Electricity [W]	District Cooling [W]	District Heating [W]
Time of Peak	10-JAN-08:30	06-AUG-12:00	30-DEC-07:00
Heating	0.00	0.00	45928.06
Cooling	0.00	51703.26	0.00
Interior Lighting	9933.68	0.00	0.00
Total End Uses	9933.68	51703.26	46014.47

UTILITY USE PER CONDITIONED FLOOR AREA

	Electricity Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]
Lighting	34.56	0.00	0.00
HVAC	0.00	39.97	12.93
Other	0.00	0.00	0.00
Total	34.56	39.97	12.93

SENSIBLE HEAT GAIN SUMMARY

	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [kWh]	People Sensible Heat Addition [kWh]	Lights Sensible Heat Addition [kWh]
BLOCCO11:ZONA3	94.876	-1746.82	1979.515	1824.435
BLOCCO11:ZONA5	19.290	-4364.24	4029.716	3814.102
BLOCCO11:ZONA1	92.201	-1911.69	1984.531	1824.435
BLOCCO11:ZONA8	705.146	0.000	509.128	1190.511

OTTIMIZZAZIONE

Dati di input variabili

Dati di input variabili

Dati di input variabili

Zona 1/3- Didattica per ambienti

Zona 8 - Distributivo

Zona 5- Spazio +

Densità (persone/mq)	0.5	Densità (persone/mq)	0.11	Densità (persone/mq)	0.21
Setpoint di riscaldamento (°C)	20.2	Setpoint di riscaldamento (°C)	22.5	Setpoint di riscaldamento (°C)	19.2
Temp. attenuazione Riscal.(°C)	15	Temp. attenuazione Riscal.(°C)	15	Temp. attenuazione Riscal.(°C)	15
Setpoint di raffrescamento (°C)	24	Setpoint di raffrescamento (°C)	24	Setpoint di raffrescamento (°C)	24
Temp. attenuazione Raffr. (°C)	28	Temp. attenuazione Raffr. (°C)	28	Temp. attenuazione Raffr. (°C)	28
Dispositivi ufficio/computer	off	Dispositivi ufficio/computer	off	Dispositivi ufficio/computer	on
Ventilazione naturale	on	Ventilazione naturale	on	Ventilazione naturale	on

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1, Zona 5

3 Feb - 9 Feb, Sotto-orario

Studente

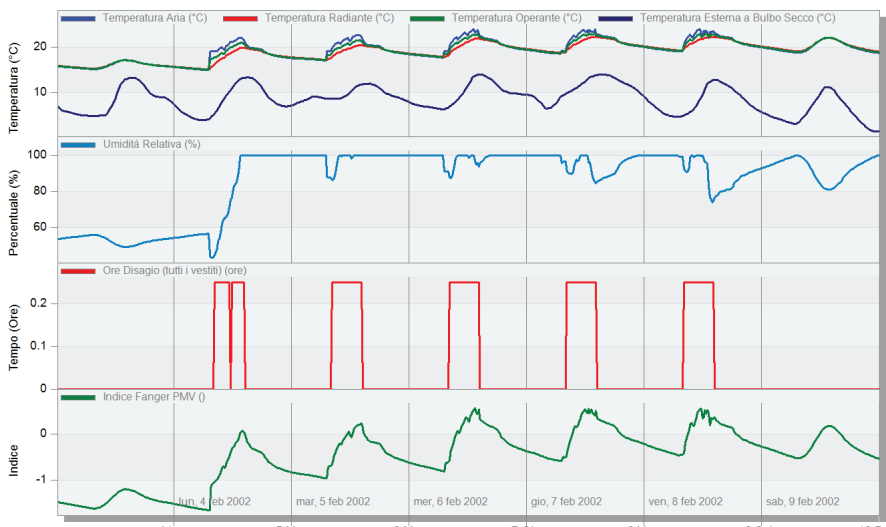


	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Do
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.00	1.46	0.00	0.00	1.46
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	1.86	0.00	0.00	1.78
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	1.31	0.00	0.00	0.82	0.00	0.00	1.28
Riscaldamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	1.05	0.00	0.00	1.13

Comfort - Blocco 1 1, Zona 5

3 Feb - 9 Feb, Sotto-orario

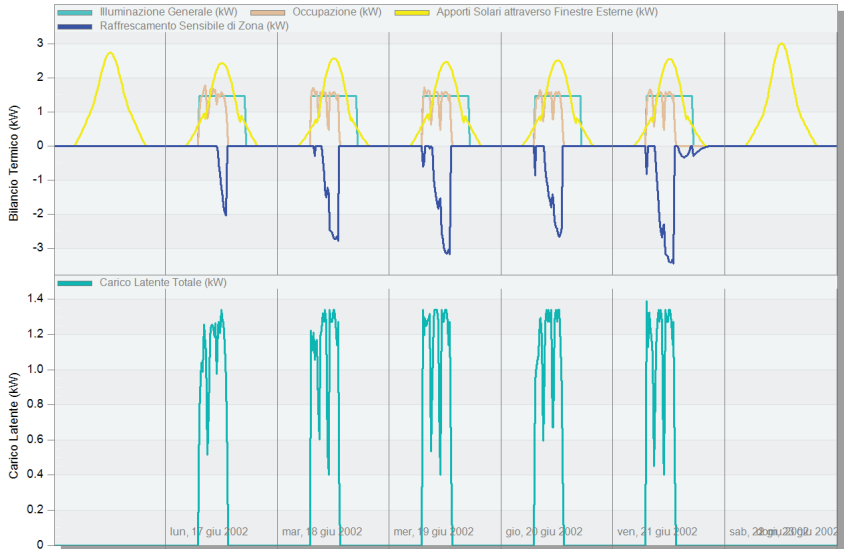
Studente



	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Do
Temperatura Aria (°C)	17.07	15.04	17.93	22.52	18.03	20.45	23.15
Temperatura Radiante (°C)	17.03	15.18	18.09	20.25	18.21	20.50	21.17
Temperatura Operante (°C)	17.05	15.11	18.01	21.38	18.12	20.47	22.16
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	13.27	3.95	7.13	11.20	6.75	10.35	11.40
Umidità Relativa (%)	49.57	56.45	100.00	100.00	100.00	100.00	97.78
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.25
Indice Fanger PMV ()	-1.21	-1.63	-0.75	0.14	-0.73	-0.11	0.28

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1, Zona 5
16 Giu - 23 Giu, Sotto-orario

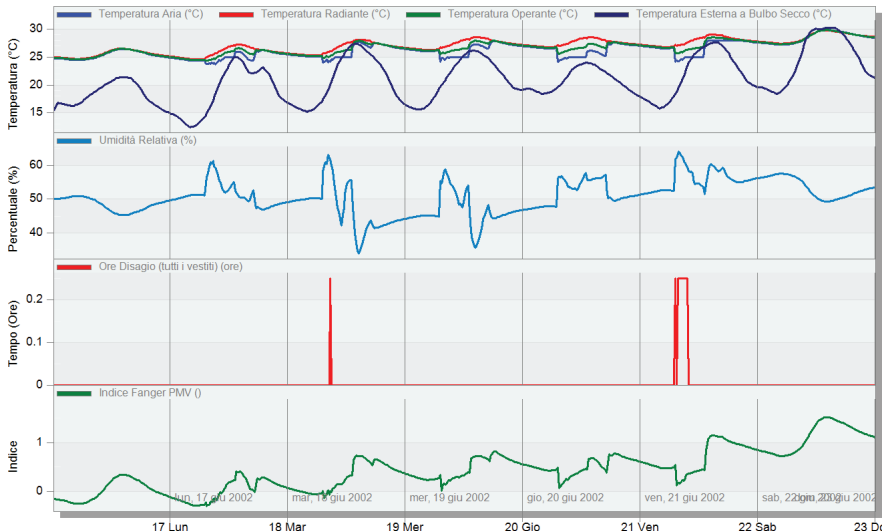
Studente



Tempo	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Do
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.00	1.46	0.00	0.00	1.46
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1.58
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	1.48	0.46	0.00	2.45	0.00	0.05	2.18
Raffrescamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	0.00	0.00	-2.79	0.00	0.00	-1.82
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	1.27	0.00	0.00	1.34

Comfort - Blocco 1 1, Zona 5
16 Giu - 23 Giu, Sotto-orario

Studente

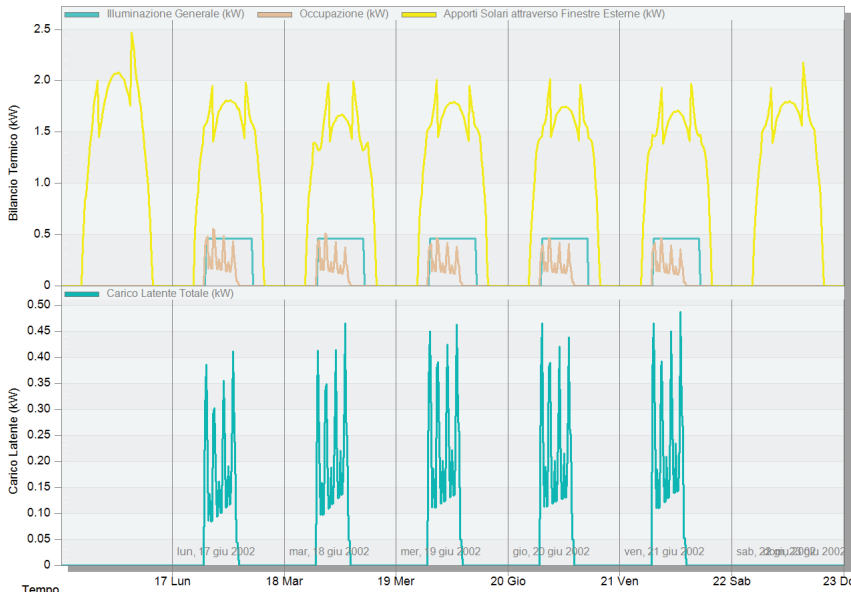


Tempo	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Do
Temperatura Aria (°C)	26.43	24.36	25.74	25.00	26.05	27.65	25.00
Temperatura Radiante (°C)	26.44	24.62	25.89	27.71	26.30	27.73	27.98
Temperatura Operante (°C)	26.43	24.49	25.82	26.36	26.18	27.69	26.49
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	21.35	13.70	18.95	27.20	16.00	22.30	23.13
Umidità Relativa (%)	45.34	51.25	48.33	55.58	45.18	44.94	53.19
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Indice Fanger PMV (I)	0.34	-0.27	0.16	0.34	0.24	0.75	0.36

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1, Zona 8

16 Giu - 23 Giu, Sotto-orario

Studente

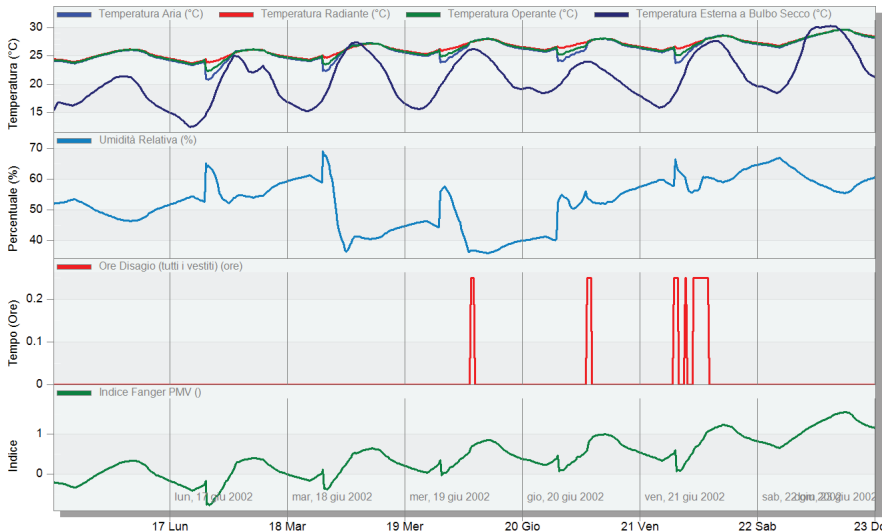


Tempo	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Do
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	0.46
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00	0.26
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	2.47	1.39	0.00	1.64	0.00	0.30	1.69
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	0.47	0.00	0.00	0.25

Comfort - Blocco 1 1, Zona 8

16 Giu - 23 Giu, Sotto-orario

Studente



Tempo	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Do
Temperatura Aria (°C)	26.00	23.81	24.97	26.97	25.02	27.39	25.43
Temperatura Radiante (°C)	26.11	24.12	25.18	26.48	25.33	27.50	26.95
Temperatura Operante (°C)	26.05	23.97	25.07	26.72	25.18	27.44	26.19
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	21.35	13.70	18.95	27.20	16.00	22.30	23.13
Umidità Relativa (%)	46.49	52.97	58.01	39.37	46.24	37.41	50.55
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Indice Fanger PMV ()	0.33	-0.29	0.11	0.44	0.05	0.70	0.34

UAR2_conf2_dati_OTT1

END USE

	Electricity [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]
Heating	0.00	0.00	46203.17
Cooling	0.00	20897.12	0.00
Interior Lighting	27869.78	0.00	0.00
Interior Equipment	503.82	0.00	0.00
Total End Uses	28373.60	20897.12	46203.17

PERFORMANCE - Demand End Use Components Summary

	Electricity [W]	District Cooling [W]	District Heating [W]
Time of Peak	01-JAN-09:15	22-JUL-07:30	11-FEB-09:15
Heating	0.00	0.00	108034.30
Cooling	0.00	46140.37	0.00
Interior Lighting	10678.08	0.00	0.00
Interior Equipment	121.64	0.00	0.00
Total End Uses	10799.71	46140.37	109258.87

UTILITY USE PER CONDITIONED FLOOR AREA

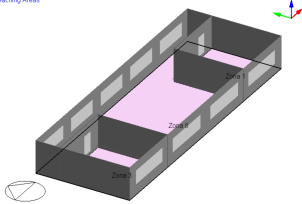
	Electricity Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]
Lighting	37.10	0.00	0.00
HVAC	0.00	27.82	65.42
Other	0.67	0.00	0.00
Total	37.78	27.82	65.42

SENSIBLE HEAT GAIN SUMMARY

	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [kWh]	People Sensible Heat Addition [kWh]	Lights Sensible Heat Addition [kWh]
BLOCCO11:ZONA4	122.156	-2334.86	1733.685	1886.397
BLOCCO11:ZONA5	235.435	-2274.11	1727.013	1886.397
BLOCCO11:ZONA1	2362.879	-1668.78	1715.422	1824.435
BLOCCO11:ZONA3	428.017	-1874.43	1679.916	1824.435
BLOCCO11:ZONA8	6564.738	0.000	449.732	1190.511

UAR1
_conf3

Teaching Areas



Dati di input variabili

Zona 1/3- Didattica per ambienti

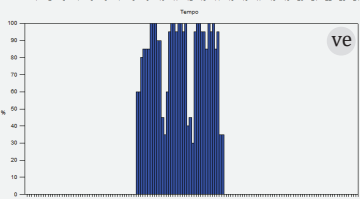
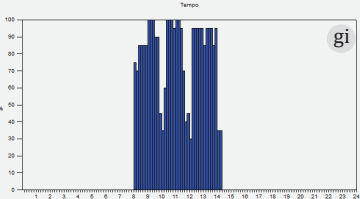
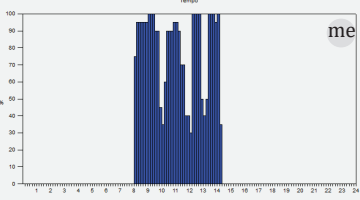
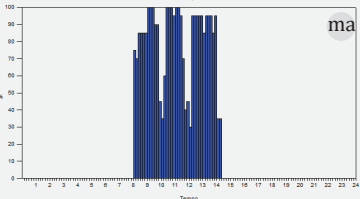
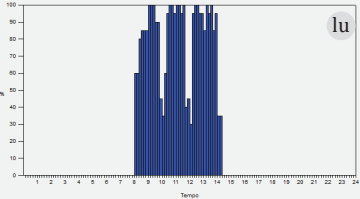
Densità (persone/mq)	0.5
Setpoint di riscaldamento (°C)	20
Temp. attenuazione Riscal.(°C)	15
Setpoint di raffreddamento (°C)	26
Temp. attenuazione Raffr. (°C)	28
Dispositivi ufficio/computer	off

Dati di input variabili

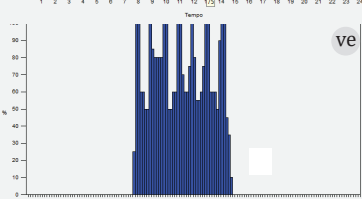
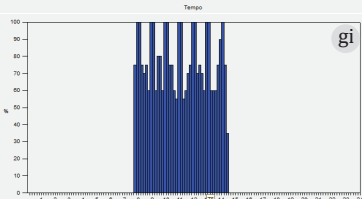
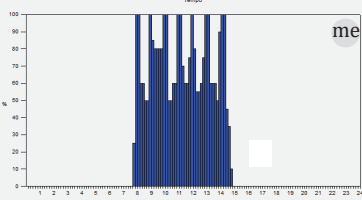
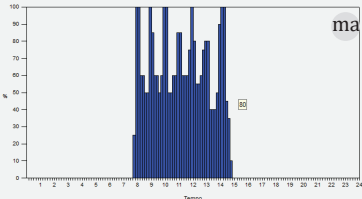
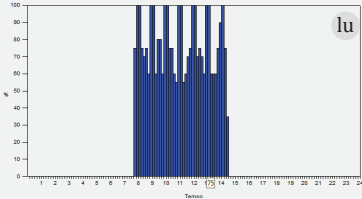
Zona 8 - Cluster

Densità (persone/mq)	0.25
Setpoint di riscaldamento (°C)	20
Temp. attenuazione Riscal.(°C)	15
Setpoint di raffreddamento (°C)	26
Temp. attenuazione Raffr. (°C)	28
Dispositivi ufficio/computer	off

Profili di occupazione - Z1



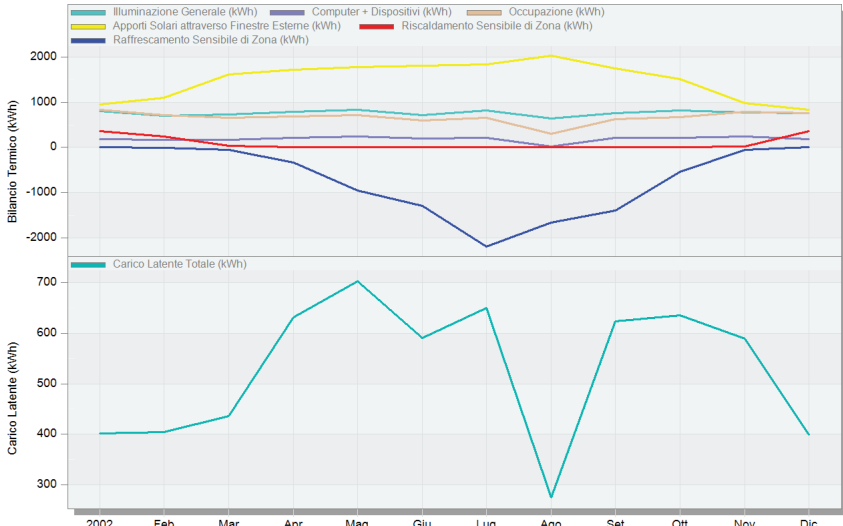
Profili di occupazione - Z8



Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1
1 Gen - 31 Dic. Mensile

EnergyPlus

Studente

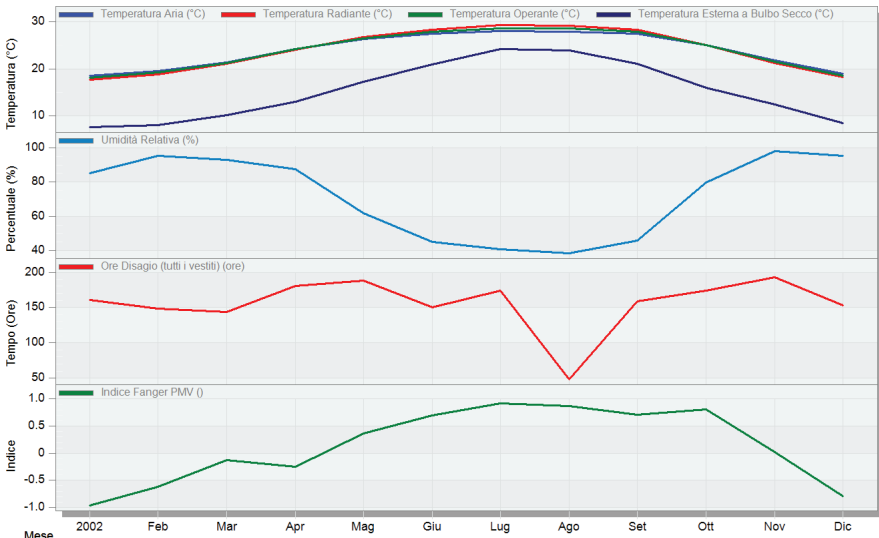


Mese	2002	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Illuminazione Generale (kWh)	800.02	704.03	725.78	793.66	838.47	719.41	815.40	647.56	756.53	815.40	779.60	762.90
Computer + Dispositivi (kWh)	188.37	175.64	168.33	217.53	238.48	197.49	208.42	28.03	207.51	208.42	237.58	178.35
Occupazione (kWh)	828.18	707.73	662.29	688.13	721.34	599.09	657.85	304.47	631.95	671.47	783.39	764.95
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kWh)	944.34	1091.51	1606.91	1715.86	1776.76	1800.89	1842.49	2029.62	1744.85	1516.77	981.90	832.05
Riscaldamento Sensibile di Zona (kWh)	367.13	237.14	31.31	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.53	357.45
Raffrescamento Sensibile di Zona (kWh)	-1.28	-10.71	-50.01	-339.11	-946.89	-1292.62	-2194.54	-1659.50	-1394.60	-541.82	-53.59	-0.11
Carico Latente Totale (kWh)	401.44	403.93	436.64	632.27	703.43	590.63	649.83	274.34	623.11	636.20	588.76	399.33

Comfort - Blocco 1 1
1 Gen - 31 Dic. Mensile

EnergyPlus

Studente



Mese	2002	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Temperatura Aria (°C)	18.51	19.55	21.38	24.24	26.36	27.51	27.97	27.93	27.52	25.03	21.84	18.95
Temperatura Radiante (°C)	17.72	18.88	21.02	24.06	26.71	28.25	29.29	29.15	28.29	25.03	21.30	18.20
Temperatura Operante (°C)	18.12	19.22	21.20	24.15	26.53	27.88	28.63	28.54	27.90	25.03	21.57	18.57
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	7.63	8.04	10.17	13.02	17.19	20.98	24.18	23.96	21.15	16.01	12.41	8.43
Umidità Relativa (%)	85.36	95.37	93.02	87.39	61.89	44.91	40.82	38.53	45.84	79.72	97.95	95.22
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	160.45	148.14	143.71	180.69	187.37	149.83	173.99	48.44	158.17	173.99	192.40	152.87
Indice Fanger PMV ()	-0.96	-0.62	-0.12	-0.25	0.37	0.70	0.92	0.87	0.72	0.81	0.02	-0.80

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1, Zona 8

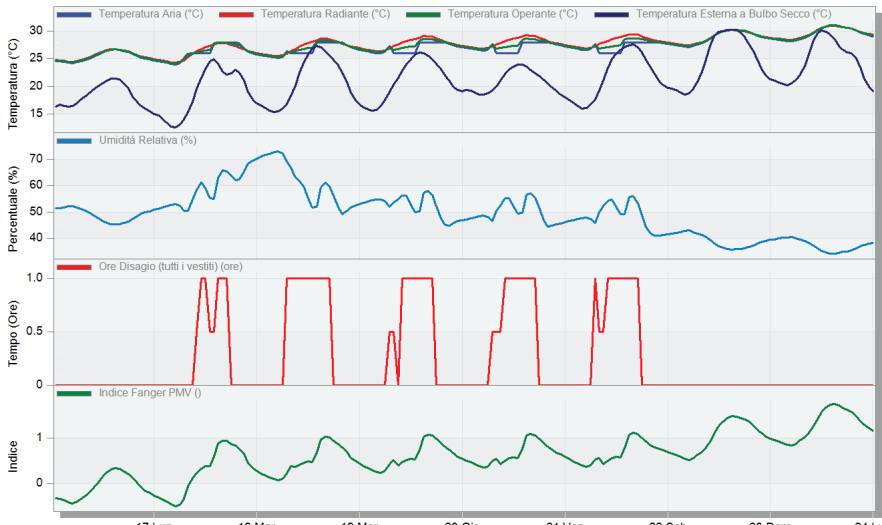
16 Giu - 23 Giu, Orario



Tempo/Ora	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Dom	24 Lu
Illuminazione Generale (kW)	0.00	2.24	0.00	0.00	2.24	0.00	0.00	2.24
Computer + Dispositivi (kW)	0.04	0.75	0.04	0.75	0.75	0.04	0.04	0.75
Occupazione (kW)	0.00	2.85	0.00	0.00	1.43	0.00	0.00	1.17
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	2.77	3.25	0.00	0.20	4.19	1.33	0.00	2.69
Raffrescamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	-3.00	0.00	-0.40	-4.40	0.00	0.00	-2.83
Carico Latente Totale (kW)	0.00	2.65	0.00	0.00	1.32	0.00	0.00	1.58

Comfort - Blocco 1 1, Zona 8

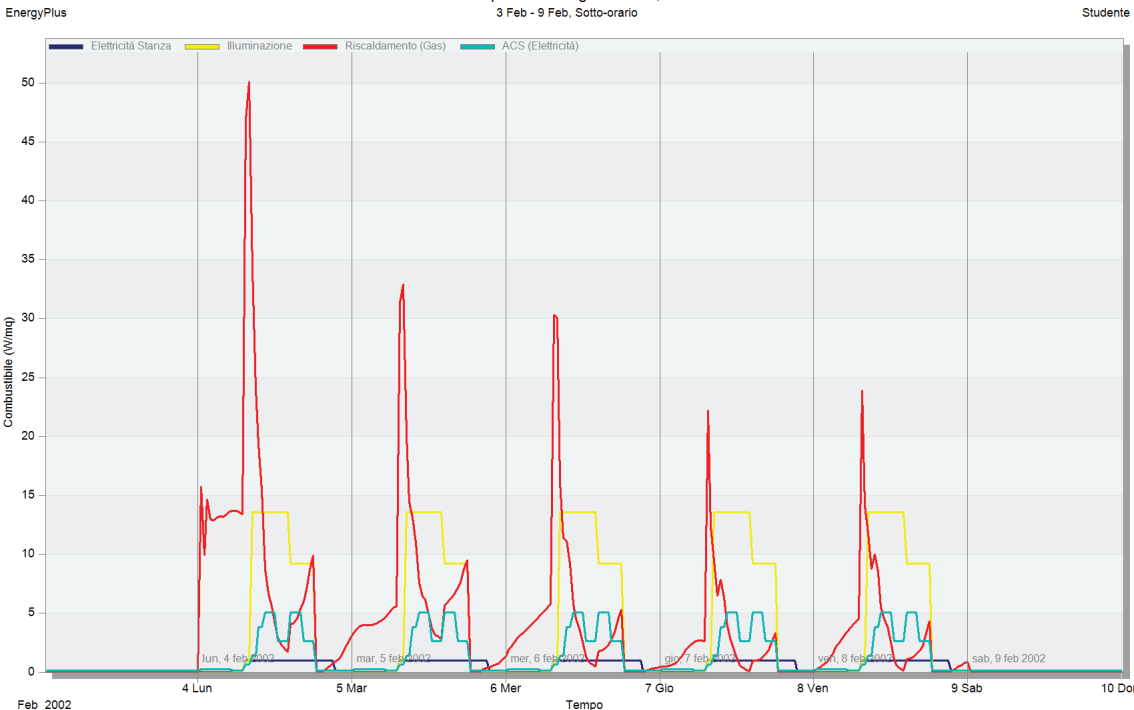
16 Giu - 23 Giu, Orario



Tempo/Ora	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Dom	24 Lu
Temperatura Aria (°C)	26.45	26.00	25.41	28.00	26.00	26.68	27.47	28.00
Temperatura Radiante (°C)	26.53	26.40	25.67	27.77	28.61	26.97	27.69	29.45
Temperatura Operante (°C)	26.49	26.20	25.54	27.89	27.30	26.82	27.58	28.72
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	20.60	19.58	15.60	22.55	25.80	18.73	18.55	27.60
Umidità Relativa (%)	45.89	58.43	72.19	49.20	50.02	48.22	45.57	56.02
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.50	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
Indice Fanger PMV (I)	0.27	0.24	0.14	0.79	0.54	0.37	0.64	1.12

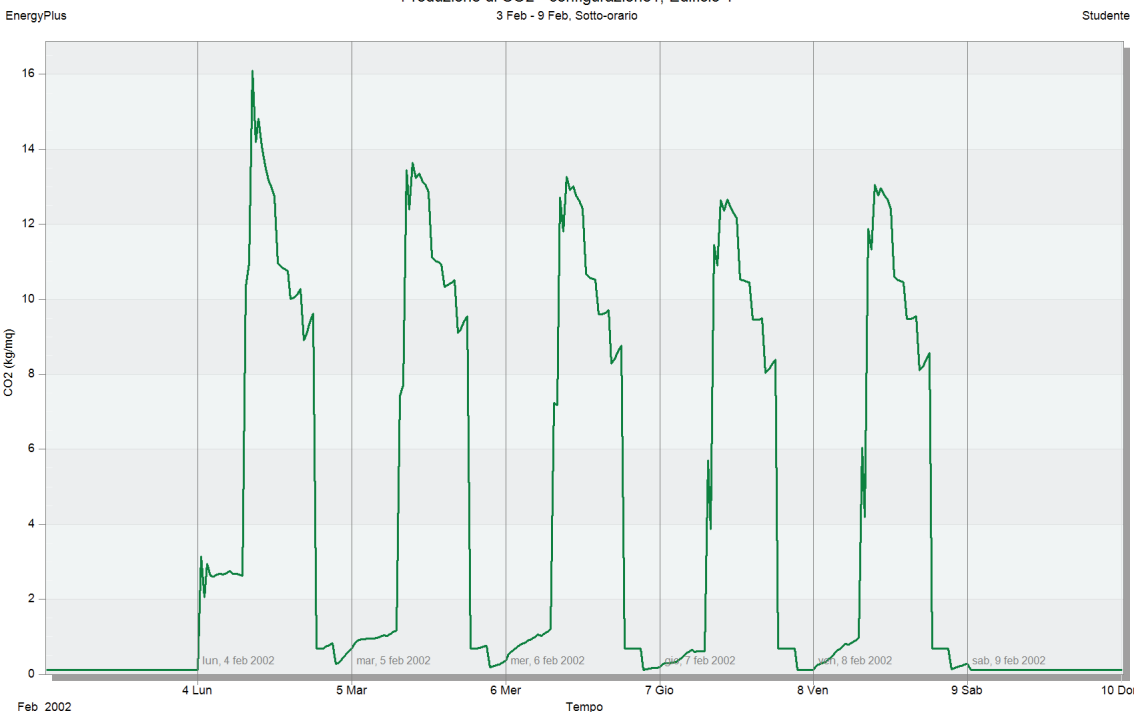
Consumi Separati - configurazione1, Edificio 1
3 Feb - 9 Feb, Sotto-orario

Studente



Produzione di CO2 - configurazione1, Edificio 1
3 Feb - 9 Feb, Sotto-orario

Studente



riepilogo risultati simulazione

Unità Ambientale di Riferimento

UAR2_conf3_dati

END USE

	Electricity [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]
Heating	0.00	0.00	8190.09
Cooling	0.00	24212.22	0.00
Interior Lighting	22967.70	0.00	0.00
Interior Equipment	2254.16	0.00	0.00
Total End Uses	25221.86	24212.22	8190.09

PERFORMANCE - Demand End Use Components Summary

	Electricity [W]	District Cooling [W]	District Heating [W]
Time of Peak	10-JAN-08:30	22-JUL-11:00	30-DEC-07:00
Heating	0.00	0.00	52017.10
Cooling	0.00	41878.86	0.00
Interior Lighting	10260.66	0.00	0.00
Interior Equipment	753.50	0.00	0.00
Total End Uses	11014.15	41878.86	52017.10

UTILITY USE PER CONDITIONED FLOOR AREA

	Electricity Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]
Lighting	30.45	0.00	0.00
HVAC	0.00	32.10	17.74
Other	2.99	0.00	0.00
Total	33.44	32.10	17.74

SENSIBLE HEAT GAIN SUMMARY

	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [kWh]	People Sensible Heat Addition [kWh]	Lights Sensible Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Addition [kWh]
BLOCCO11:ZONA3	109.903	-1712.62	1977.550	1824.435	0.000
BLOCCO11:ZONA8	772.620	-5015.64	4067.055	5858.028	2254.158
BLOCCO11:ZONA1	129.355	-1756.40	1976.224	1476.324	0.000

OTTIMIZZAZIONE

Dati di input variabili

Dati di input variabili

Zona 1/3- Didattica per ambienti

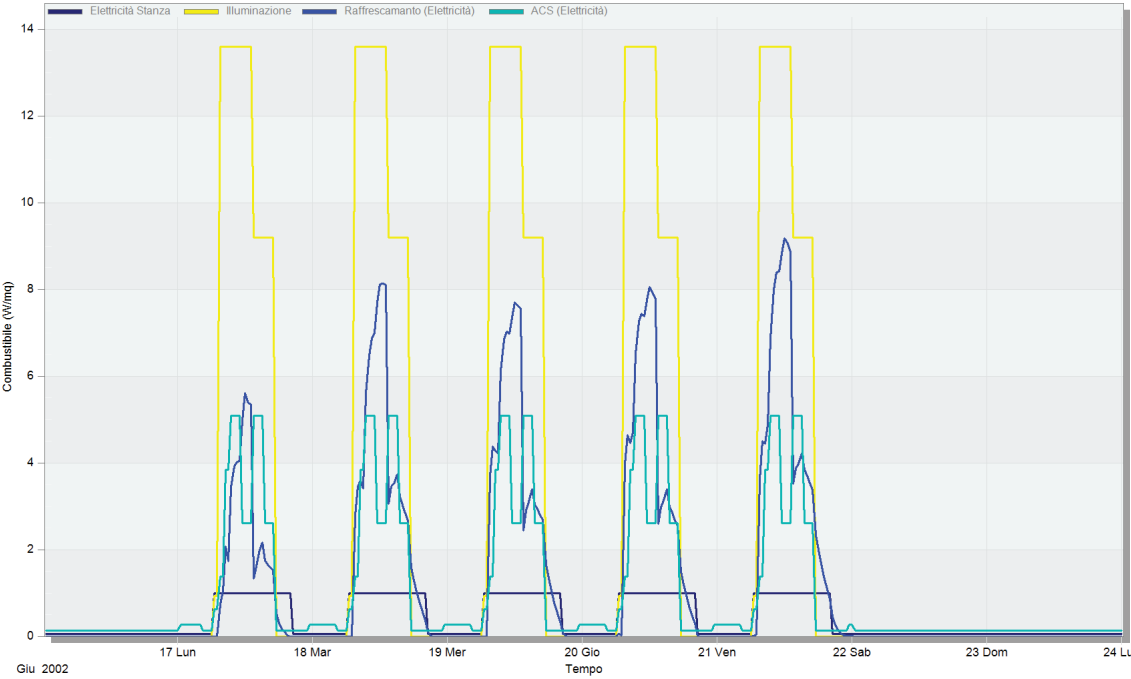
Zona 8 - Cluster

Densità (persone/mq)	0.5	Densità (persone/mq)	0.25
Setpoint di riscaldamento (°C)	21.8	Setpoint di riscaldamento (°C)	22.2
Temp. attenuazione Riscal.(°C)	15	Temp. attenuazione Riscal.(°C)	15
Setpoint di raffrescamento (°C)	24	Setpoint di raffrescamento (°C)	24
Temp. attenuazione Raffr. (°C)	28	Temp. attenuazione Raffr. (°C)	28
Dispositivi ufficio/computer	off	Dispositivi ufficio/computer	off
Ventilazione naturale	on	Ventilazione naturale	on

Consumi Separati - configurazione1, Edificio 1
16 Giu - 23 Giu, Sotto-orario

Studente

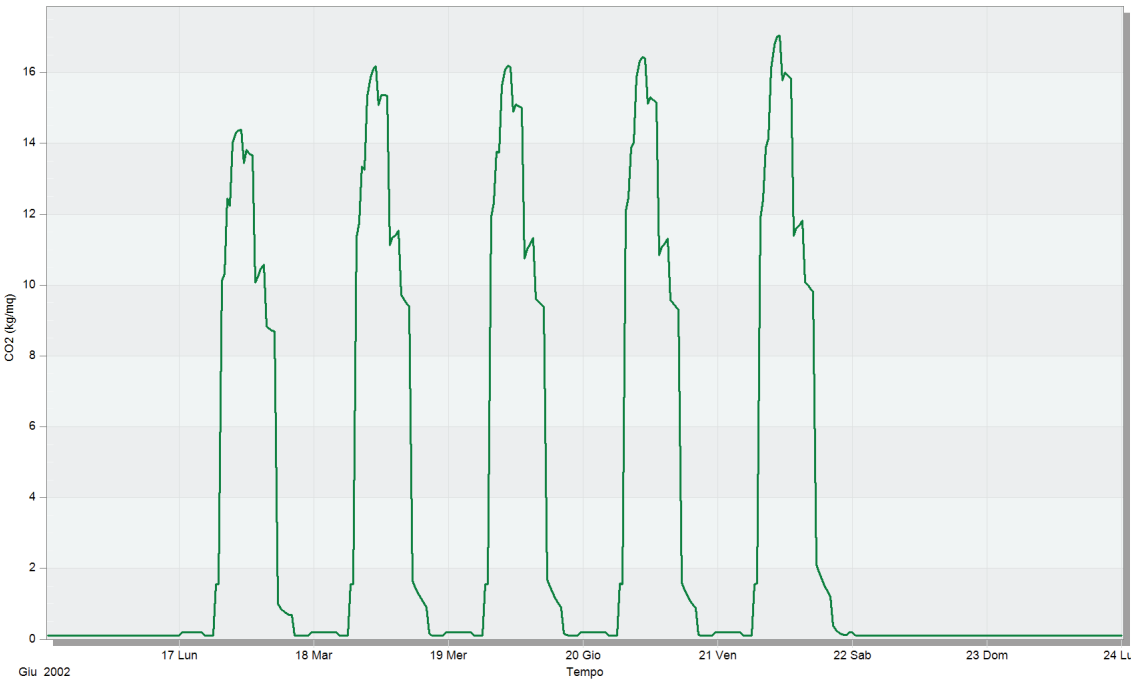
EnergyPlus



Produzione di CO2 - configurazione1, Edificio 1
16 Giu - 23 Giu, Sotto-orario

Studente

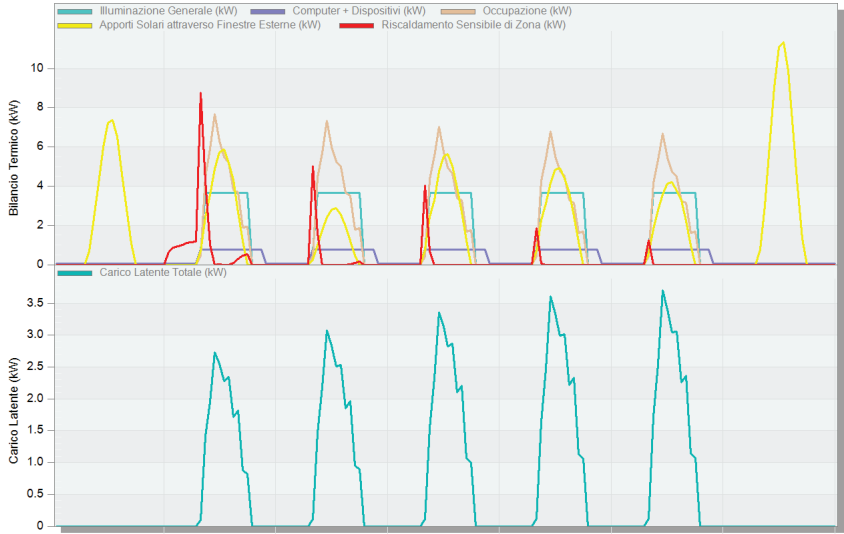
EnergyPlus



Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1

3 Feb - 9 Feb, Orario

Studente



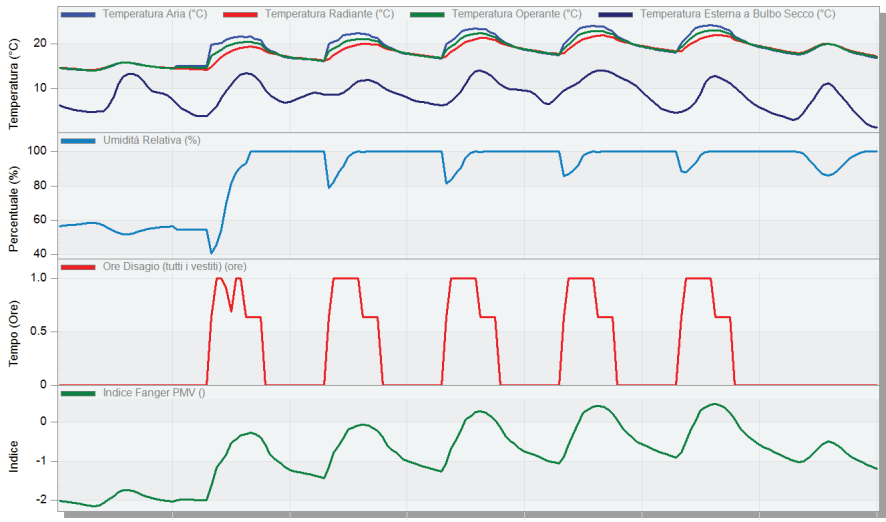
Tempo/Ora 4 Lun 5 Mar 6 Mer 7 Gio 8 Ven 9 Sab 10 Dom

Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.00	3.64	0.00	3.64	3.64	0.00	3.64	0.00
Computer + Dispositivi (kW)	0.04	0.04	0.75	0.75	0.04	0.75	0.75	0.04	0.75	0.04
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	6.01	0.00	1.75	4.25	0.00	3.24	0.00
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	4.61	0.00	0.00	2.80	0.00	0.00	2.25	0.00	3.29	0.00
Riscaldamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	1.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	2.84	0.00	1.00	1.64	0.00	2.26	0.00

Comfort - Blocco 1 1

3 Feb - 9 Feb, Orario

Studente

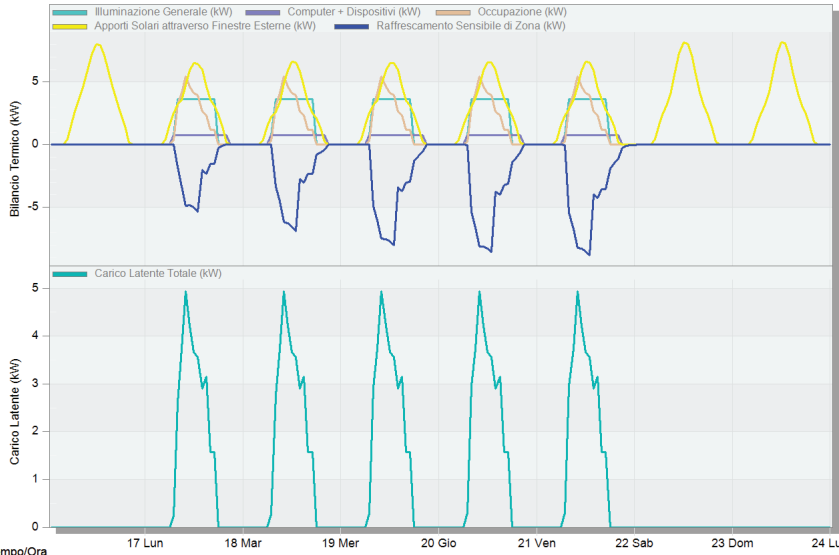


Tempo/Ora 4 Lun 5 Mar 6 Mer 7 Gio 8 Ven 9 Sab 10 Dom

Temperatura Aria (°C)	15.80	15.00	18.07	22.09	17.25	22.17	20.84	19.34	23.95	17.88
Temperatura Radiante (°C)	15.76	14.26	17.66	19.28	17.42	20.77	18.78	19.50	21.94	18.19
Temperatura Operante (°C)	15.78	14.63	17.86	20.68	17.33	21.47	19.81	19.42	22.94	18.03
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	13.20	3.90	7.70	9.80	6.95	12.05	10.15	9.45	12.77	3.38
Umidità Relativa (%)	51.94	54.67	100.00	96.88	100.00	100.00	86.80	100.00	99.87	100.00
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.63	1.00	0.00	0.63	0.00
Indice Fanger PMV ()	-1.74	-2.00	-0.95	-0.19	-1.12	0.05	-0.57	-0.56	0.46	-0.93

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1
16 Giu - 23 Giu, Orario

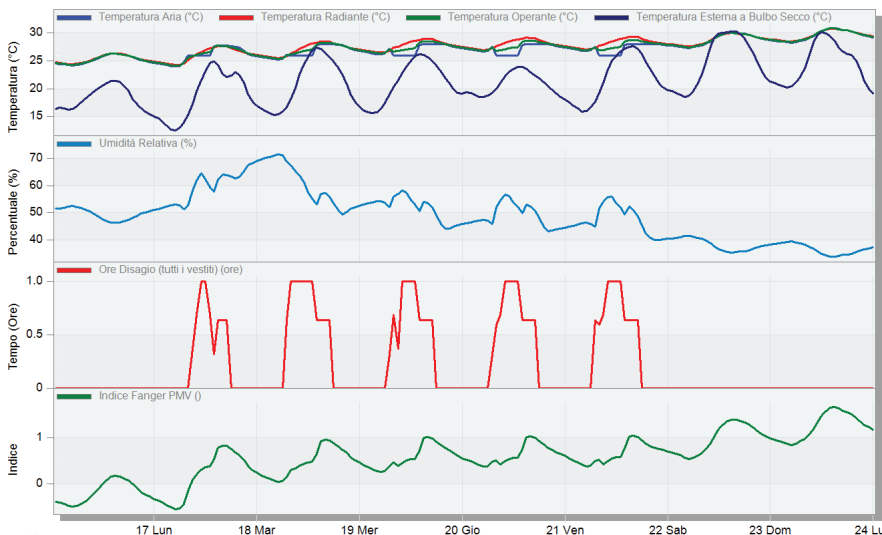
Studente



Tempo/Ora	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Dom	24 Lu
Illuminazione Generale (kW)	0.00	3.64	0.00	0.00	3.64	0.00	0.00	3.64
Computer + Dispositivi (kW)	0.04	0.75	0.04	0.75	0.75	0.04	0.04	0.75
Occupazione (kW)	0.00	5.46	0.00	0.00	3.97	0.00	1.17	0.00
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	3.62	4.77	0.00	0.22	6.48	1.55	0.00	3.65
Raffrescamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	-4.87	0.00	-0.40	-8.03	0.00	0.00	-3.56
Carico Latente Totale (kW)	0.00	4.94	0.00	0.00	3.55	0.00	1.58	0.00

Comfort - Blocco 1 1
16 Giu - 23 Giu, Orario

Studente

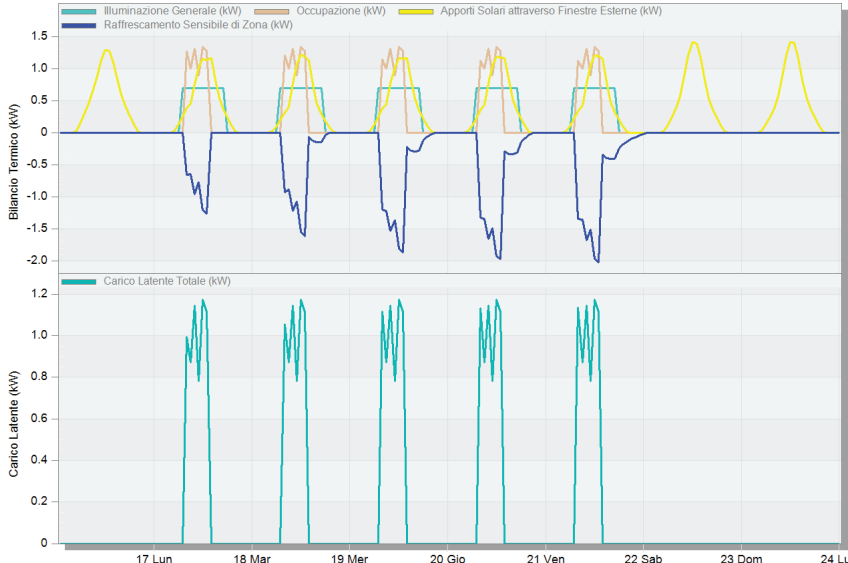


Tempo/Ora	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Dom	24 Lu
Temperatura Aria (°C)	26.10	26.00	25.47	27.86	26.00	26.77	27.58	28.00
Temperatura Radiante (°C)	26.15	26.20	25.70	27.72	28.59	27.03	27.78	29.34
Temperatura Operante (°C)	26.12	26.10	25.58	27.79	27.30	26.90	27.68	28.67
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	20.60	19.58	15.60	22.55	25.80	18.73	18.55	27.60
Umidità Relativa (%)	46.88	61.83	70.59	49.45	53.06	47.20	44.13	51.17
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.68	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.63
Indice Fanger PMV (I)	0.12	0.21	0.11	0.74	0.53	0.37	0.65	1.04

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1, Zona 1

16 Giu - 23 Giu, Orario

Studente

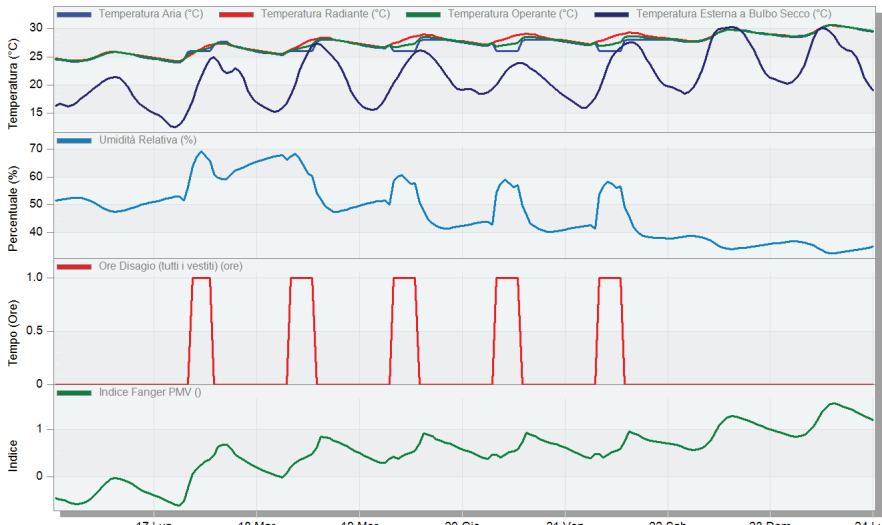


Tempo/Ora	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Dom	24 Lu
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.70	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00	0.70
Occupazione (kW)	0.00	1.31	0.00	0.00	1.27	0.00	0.00	0.00
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	0.42	0.76	0.00	0.01	1.15	0.11	0.00	0.48
Raffrescamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	-0.96	0.00	0.00	-1.86	0.00	0.00	-0.41
Carico Latente Totale (kW)	0.00	1.14	0.00	0.00	1.11	0.00	0.00	0.00

Comfort - Blocco 1 1, Zona 1

16 Giu - 23 Giu, Orario

Studente



Tempo/Ora	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Dom	24 Lu
Temperatura Aria (°C)	25.70	26.00	25.62	27.80	26.00	26.98	27.82	28.00
Temperatura Radiante (°C)	25.71	25.99	25.81	27.80	26.68	27.19	27.99	29.27
Temperatura Operante (°C)	25.70	25.99	25.72	27.80	27.34	27.08	27.91	28.63
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	20.60	19.58	15.60	22.55	25.80	18.73	18.55	27.60
Umidità Relativa (%)	47.98	67.13	66.83	47.80	57.85	43.89	40.69	42.11
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
Indice Fanger PMV ()	-0.07	0.17	0.08	0.70	0.55	0.38	0.66	0.92

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1, Zona 8

3 Feb - 9 Feb, Orario

Studente

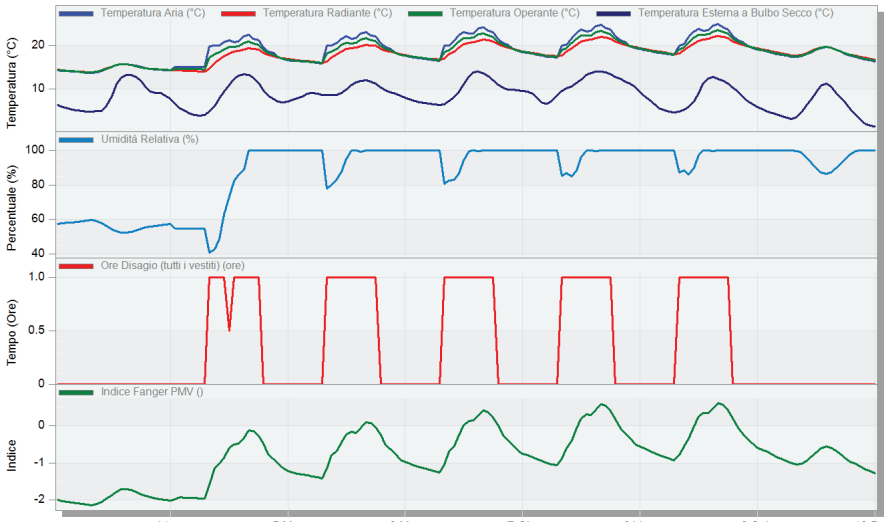


Tempo/Ora	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Dom
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.00	2.24	0.00	2.24	2.24
Computer + Dispositivi (kW)	0.04	0.04	0.75	0.75	0.04	0.75	0.75
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	3.73	0.00	1.75	1.03
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	3.03	0.00	0.00	2.02	0.00	0.00	1.55
Riscaldamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	0.89	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	1.76	0.00	1.00	0.35

Comfort - Blocco 1 1, Zona 8

3 Feb - 9 Feb, Orario

Studente



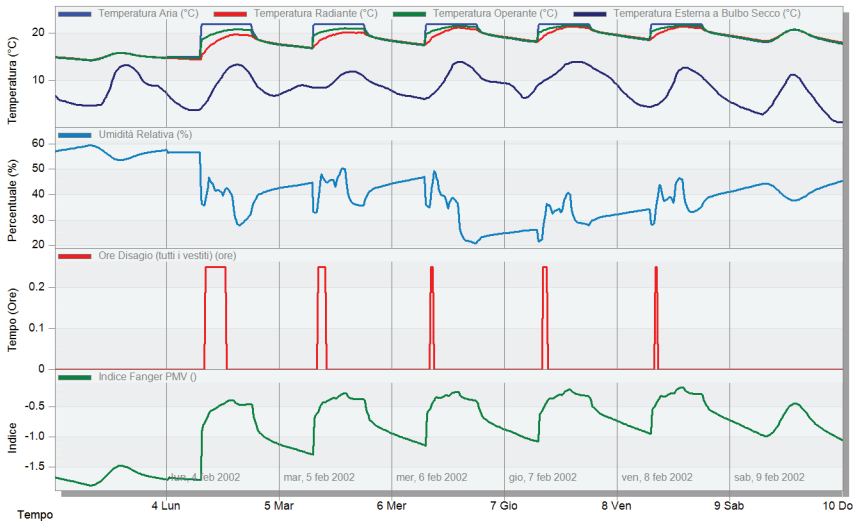
Tempo/Ora	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Dom
Temperatura Aria (°C)	15.70	15.00	18.24	22.14	17.08	22.99	20.08
Temperatura Radiante (°C)	15.65	14.07	17.56	19.15	17.28	20.93	18.54
Temperatura Operante (°C)	15.68	14.53	17.90	20.65	17.18	21.96	19.31
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	13.20	3.90	7.70	9.80	6.95	12.05	10.15
Umidità Relativa (%)	52.28	54.67	100.00	95.06	100.00	100.00	86.93
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00
Indice Fanger PMV (I)	-1.71	-1.96	-0.89	-0.23	-1.11	0.23	-0.62

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1, Zona 1
3 Feb - 9 Feb, Sotto-orario



	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Do
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00	0.70	0.00
Occupazione (kW)	0.00	0.00	1.85	0.00	0.00	1.85	0.00
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	0.63	0.00	0.39	0.00	0.00	0.61	0.06
Riscaldamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	0.16	0.92	0.00	0.00	2.34	1.79
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.94	0.00	0.00	0.94	0.00

Comfort - Blocco 1 1, Zona 1
3 Feb - 9 Feb, Sotto-orario

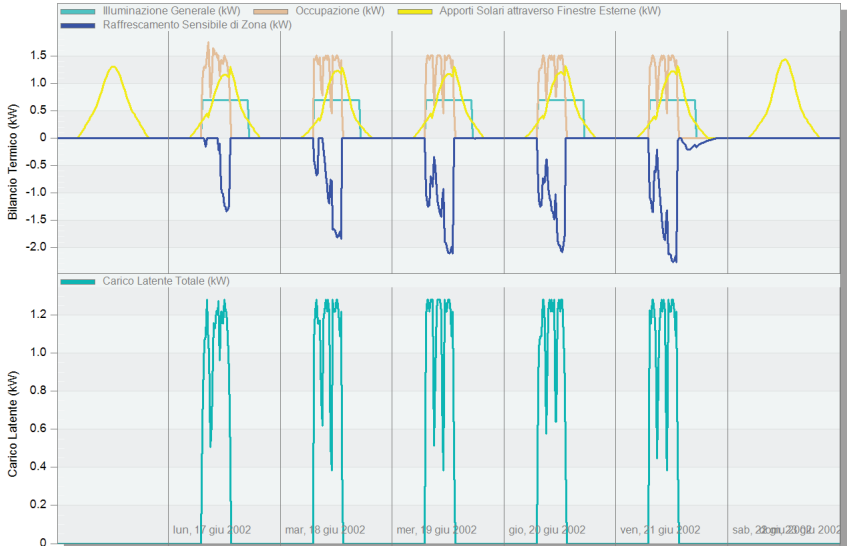


	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Do
Temperatura Aria (°C)	15.76	15.00	17.92	21.80	17.73	19.91	21.80
Temperatura Radiante (°C)	15.74	14.46	18.03	19.95	17.88	19.98	20.50
Temperatura Operante (°C)	15.75	14.73	17.97	20.88	17.80	19.94	21.15
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	13.27	3.95	7.13	11.20	6.75	10.35	11.40
Umidità Relativa (%)	53.89	56.59	41.54	49.01	45.92	23.42	33.61
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Indice Fanger PMV ()	-1.49	-1.71	-1.04	-0.30	-1.06	-0.68	-0.34

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1, Zona 1

16 Giu - 23 Giu, Sotto-orario

Studente

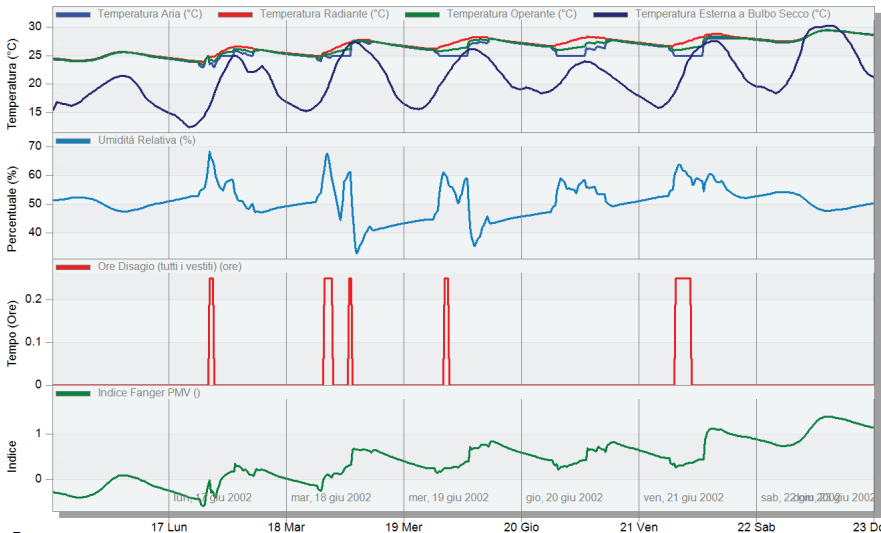


Tempo	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Do
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.70	0.00	0.70	0.00	0.00
Occupazione (kW)	0.00	0.00	1.43	0.00	1.51	0.00	0.00
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	0.71	0.22	1.17	0.00	1.04	0.00	0.26
Raffrescamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	0.00	-1.84	0.00	-1.49	0.00	-0.17
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	1.22	0.00	1.28	0.00	0.00

Comfort - Blocco 1 1, Zona 1

16 Giu - 23 Giu, Sotto-orario

Studente



Tempo	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Do
Temperatura Aria (°C)	25.62	23.11	25.56	25.00	26.11	27.72	25.00
Temperatura Radiante (°C)	25.64	23.99	25.67	27.35	26.32	27.78	27.78
Temperatura Operante (°C)	25.63	23.55	25.61	26.18	26.22	27.75	26.39
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	21.35	13.70	18.95	27.20	16.00	22.30	23.13
Umidità Relativa (%)	47.54	54.77	48.52	60.97	44.62	44.09	55.17
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00
Indice Fanger PMV ()	0.09	-0.54	0.09	0.32	0.25	0.77	0.34

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1, Zona 8

3 Feb - 9 Feb, Sotto-orario

Studente

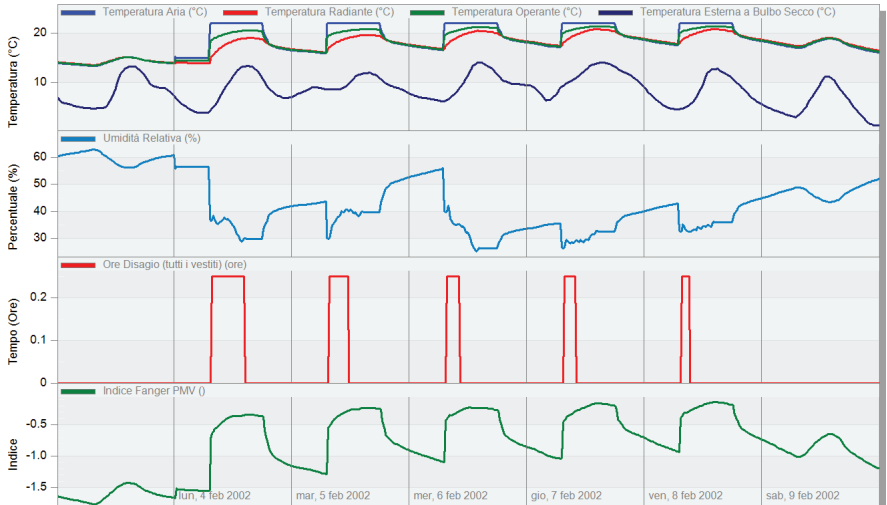


Tempo	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Do
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.00	1.20	0.00	0.00	1.20
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	3.03	0.00	0.00	0.96
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	2.03	0.00	0.00	2.02	0.00	0.00	2.95
Riscaldamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	1.09	0.00	12.40	0.00	0.00	12.94
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	1.77	0.00	0.00	0.56

Comfort - Blocco 1 1, Zona 8

3 Feb - 9 Feb, Sotto-orario

Studente



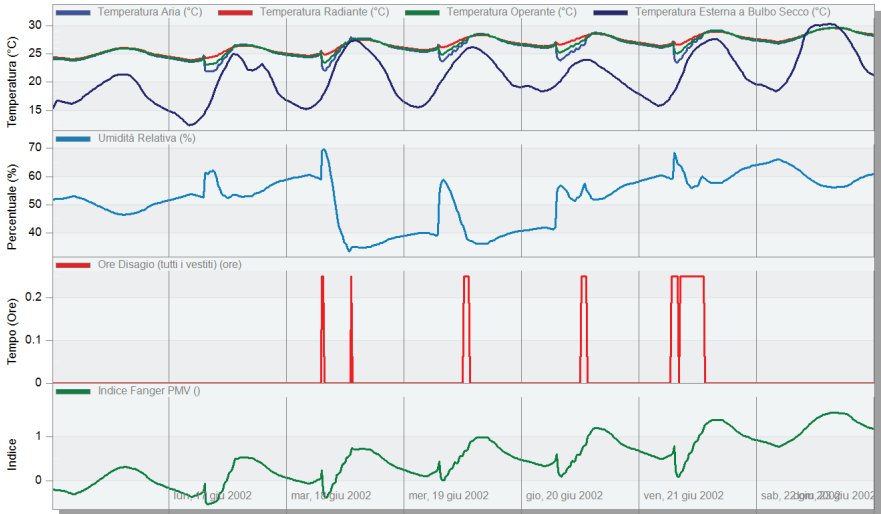
Tempo	4 Lun	5 Mar	6 Mer	7 Gio	8 Ven	9 Sab	10 Do
Temperatura Aria (°C)	15.09	15.00	16.90	22.00	16.90	19.12	22.00
Temperatura Radiante (°C)	15.08	13.88	17.12	19.38	17.13	19.23	19.92
Temperatura Operante (°C)	15.09	14.44	17.01	20.69	17.01	19.17	20.96
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	13.27	3.95	7.13	11.20	6.75	10.35	11.40
Umidità Relativa (%)	56.27	56.59	40.96	39.58	54.63	31.49	28.55
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Indice Fanger PMV ()	-1.43	-1.55	-1.08	-0.25	-1.02	-0.64	-0.26

Apporti Interni + Solari - Blocco 1 1, Zona 8
16 Giu - 23 Giu, Sotto-orario



Tempo	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Do
Illuminazione Generale (kW)	0.00	0.00	0.00	1.20	0.00	0.00	1.20
Occupazione (kW)	0.00	0.00	0.00	2.14	0.00	0.00	0.77
Apporti Solari attraverso Finestre Esterne (kW)	3.95	1.86	0.00	4.09	0.00	0.36	3.87
Riscaldamento Sensibile di Zona (kW)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Carico Latente Totale (kW)	0.00	0.00	0.00	2.91	0.00	0.00	0.75

Comfort - Blocco 1 1, Zona 8
16 Giu - 23 Giu, Sotto-orario



Tempo	17 Lun	18 Mar	19 Mer	20 Gio	21 Ven	22 Sab	23 Do
Temperatura Aria (°C)	25.96	23.83	25.18	27.84	25.35	27.50	25.36
Temperatura Radiante (°C)	26.02	24.16	25.37	27.21	25.67	27.61	27.42
Temperatura Operante (°C)	25.99	24.00	25.27	27.53	25.51	27.55	26.39
Temperatura Esterna a Bulbo Secco (°C)	21.35	13.70	18.95	27.20	16.00	22.30	23.13
Umidità Relativa (%)	46.60	52.90	57.75	33.91	40.19	38.55	51.37
Ore Disagio (tutti i vestiti) (ore)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Indice Fanger PMV (I)	0.31	-0.28	0.17	0.59	0.11	0.75	0.43

UAR2_conf3_dati_OTT1

END USE

	Electricity [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]
Heating	0.00	0.00	44820.67
Cooling	0.00	13971.71	0.00
Interior Lighting	26044.70	0.00	0.00
Interior Equipment	503.82	0.00	0.00
Total End Uses	26548.52	13971.71	44820.67

PERFORMANCE - Demand End Use Components Summary

	Electricity [W]	District Cooling [W]	District Heating [W]
Time of Peak	01-JAN-09:15	22-JUL-07:30	11-FEB-08:15
Heating	0.00	0.00	117090.57
Cooling	0.00	36353.14	0.00
Interior Lighting	9978.81	0.00	0.00
Interior Equipment	121.64	0.00	0.00
Total End Uses	10100.45	36353.14	117090.57

UTILITY USE PER CONDITIONED FLOOR AREA

	Electricity Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]
Lighting	34.53	0.00	0.00
HVAC	0.00	18.52	63.31
Other	0.67	0.00	0.00
Total	35.20	18.52	63.31

SENSIBLE HEAT GAIN SUMMARY

	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [kWh]	People Sensible Heat Addition [kWh]	Lights Sensible Heat Addition [kWh]
BLOCCO11:ZONA3	256.060	-1217.42	2231.764	1824.435
BLOCCO11:ZONA8	11437.962	0.000	2702.970	3138.229
BLOCCO11:ZONA1	1739.120	-1635.35	2279.982	1824.435