

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITA' DI BOLOGNA
CAMPUS DI CESENA
SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE A CICLO UNICO IN
ARCHITETTURA

APPRENDERE 2.0

Riqualficazione sostenibile della scuola “Il Guercino” a Bologna,
quartiere Savena

Tesi in
Architettura sostenibile

Relatore
Prof. Ernesto Antonini

Correlatore
Prof. Kristian Fabbri

Presentata da
Giulia Belletti
Luca Ceccarelli

Sessione III
Anno Accademico 2013-2014

*A Giovanni, mio nonno,
che se fosse stato in suo potere, oggi non sarebbe mancato*

Giulia

*Ai miei genitori
che hanno sempre creduto in me*

Luca

SOMMARIO

CAPITOLO 1 - La condizione del patrimonio di edilizia scolastica in Italia ed in Emilia-Romagna	7
1.1. Cenni sulla condizione del patrimonio scolastico in Italia	8
1.2. L'edilizia scolastica in Emilia-Romagna: i risultati di un'indagine diretta	10
1.2.1. Campione analizzato	14
1.3. Il confronto con il dossier Legambiente	18
CAPITOLO 2 - La scuola secondaria di I grado "Il Guercino" a Bologna, origine ed evoluzione.....	20
2.1. La progettazione delle "nuove scuole" del Comune di Bologna: il ruolo della "Unità operativa edilizia scolastica"	22
2.2. Il P.R.G. di Bologna del 1970	23
2.3. Le esigenze educative e i rinnovati criteri di organizzazione degli spazi scolastici nella scuola dell'obbligo degli anni '70	29
2.5. Un modello educativo di avanguardia in un edificio obsoleto	40
CAPITOLO 3 - La scuola "Il Guercino": analisi dell'assetto architettonico ...	50
3.1. Discrepanze tra lo stato di fatto ed il progetto originario realizzato	51
3.2. Diagnosi dello stato di fatto: criticità.....	57
3.3. Diagnosi dello stato di fatto: opportunità	66
CAPITOLO 4 - Le strategie e le soluzioni progettuali.....	75
4.1. La realizzazione di ampliamenti in risposta alla mancanza di spazio	76
4.1.1. Concept	77
4.1.2. Le funzioni collocate all'interno dell'ampliamento ovest.....	81
4.1.3. Le funzioni collocate all'interno dell'ampliamento est.....	84
4.2. La riconfigurazione architettonica e funzionale della preesistenza	86
4.2.1. Aule tradizionali, laboratori ed atelier	86
4.2.2. La palestra	87
4.2.3. Servizi igienici ed accessibilità.....	88
4.2.4. Atrii e terrazzi	89

CAPITOLO 5 - Il retrofit energetico: criticità, strategie e soluzioni progettuali	92
5.1. Diagnosi energetica dello stato di fatto: obiettivi e strumenti di indagine	93
5.2. Criticità e opportunità riscontrate: strategie di risoluzione ipotizzate	94
5.2.1. La ventilazione	96
5.2.2. Le chiusure verticali esterne	96
5.2.3. I serramenti e le superfici trasparenti	96
5.2.4. La radiazione solare: indagine sull'illuminamento	97
5.2.6. Le chiusure orizzontali esterne: un'opportunità da preservare.....	103
5.3. La classe energetica di appartenenza	103
5.4. Gli esiti progettuali.....	104
5.4.1. L'introduzione di un sistema di ventilazione meccanizzata (UTA)	105
5.4.2. La sostituzione dell'involucro e l'introduzione di serramenti dotati di schermatura solare.....	106
5.4.3. La sostituzione dell'impianto di climatizzazione: impiego di energie rinnovabili	107
5.5. Retrofit energetico: conclusioni e classe energetica post intervento	111
ALLEGATI	112
6.1. L'indagine sugli edifici scolastici in Emilia-Romagna: esiti e dati di output.....	112
6.1.1. Modalità di affidamento e dati finanziari relativi agli interventi	112
6.1.2. Modalità di affidamento e dati finanziari relativi agli interventi	115
6.1.3. Qualità degli edifici scolastici	117
6.1.4. Tecnologia, impianti e certificazioni negli edifici scolastici.....	129
6.2. Gli esiti della modellazione energetica tramite il software Termolog.....	145
6.2.1. Attestato di prestazione energetica: stato di fatto	145
6.2.2. Strutture disperdenti: stato di fatto	154
6.2.3. Attestato di prestazione energetica: stato di progetto.....	212
6.2.4. Strutture disperdenti: stato di progetto.....	220
BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA	312
INDICE DELLE FIGURE	315
INDICE DEGLI ELABORATI GRAFICI	317
RINGRAZIAMENTI	318

ABSTRACT

Oggetto di questa tesi è la riqualificazione sostenibile dell'edificio ospitante la Scuola secondaria di I grado "Il Guercino", sita all'interno del quartiere Savena, nel Comune di Bologna, ai confini con quello di San Lazzaro di Savena.

L'edificio, esito di un modo di fare architettura legato ad un contesto storico e professionale precisamente definito (quello dell'amministrazione pubblica bolognese nel quindicennio 1970-'85), presenta principi compositivi e soluzioni tecnologiche non scontate e per certi versi pregevoli, se contestualizzate nel momento della sua realizzazione.

L'intervento di riqualificazione progettato affronta in primo luogo la riorganizzazione funzionale dell'edificio (anche attraverso un ampliamento) e del sistema delle accessibilità, oggi inadeguati rispetto alle esigenze degli utenti e alle prescrizioni normative.

Particolare attenzione è stata dedicata alla possibilità di rendere l'edificio il più possibile fruibile ai portatori di handicap, aspetto non più trascurabile, soprattutto all'interno di un istituto scolastico.

In secondo luogo il progetto si occupa del retrofit energetico realizzato tramite alcuni interventi mirati, quali la sostituzione del sistema di involucro verticale e di quello impiantistico: in tal modo si è passati da una classe di prestazione energetica F ad una classe di prestazione energetica A, rendendo sostenibile il consumo energetico e migliorando sensibilmente il livello di comfort degli occupanti.

La condizione del patrimonio di edilizia scolastica in Italia ed in
Emilia-Romagna

1.1. Cenni sulla condizione del patrimonio scolastico in Italia

Quello riguardante la condizione emergenziale in cui si trova il patrimonio di edilizia scolastica italiano è uno dei temi sul quale l'esecutivo in carica¹ ha posto particolare attenzione, come annunciato sin dal momento del proprio insediamento. Sintetizzato negli slogan #scuolebelle, #scuolesicure, #scuolenuove, il premier Renzi ha dato il via al piano per l'edilizia scolastica che tenta di risolvere una situazione di grave inadeguatezza, la cui consapevolezza è ormai consolidata da anni.

Il piano di investimento² prevede un finanziamento su base nazionale complessivamente pari ad 1.000.000.000 di euro, così ripartito:

- 450.000.000 di euro indirizzati al progetto #scuolebelle (piccola manutenzione, decoro, ripristino funzionale) per un totale di 17.961 edifici scolastici;
- 400.000.000 di euro indirizzati al progetto #scuolesicure (messa in sicurezza, rimozione amianto, abbattimento barriere architettoniche) per un totale di 2.865 edifici scolastici;
- 244.000.000 di euro finalizzati al progetto #scuolenuove (realizzazione ex novo di 404 edifici scolastici, una prima parte dei quali immediatamente cantierabili, una seconda parte invece realizzabili al momento dello sblocco del Patto di Stabilità).

Nella realtà dei fatti, l'intento di risolvere rapidamente la messa in sicurezza ed il miglioramento qualitativo di più di 41.000 edifici scolastici, caratterizzati da condizioni strutturali e processi di gestione della manutenzione nel tempo completamente differenti l'uno dall'altro, risulta oggettivamente complesso.

Tale complessità si aggrava ulteriormente di fronte all'assenza di un'anagrafe scolastica condivisa, dalla quale desumere le priorità e comprendere come impiegare fondi pubblici nel modo più oculato e produttivo possibile.

¹ Parliamo del governo Renzi, insediatosi il 24 Febbraio 2014.

² Tutti i dati, quantitativi e finanziari, relativi al piano di investimento sono estrapolati dalla seguente fonte: www.governo.it

A rendere ancora più complessa la situazione sono il ritardo e la frammentarietà con cui i cantieri sono partiti (nel caso in cui l'abbiano fatto) e la riduzione delle risorse investite da 1.000.000.000 di euro a 784.000.000 di euro.

Il patrimonio scolastico italiano³ (esclusi asili nido ed istituzioni universitarie) si compone di circa 41.000 edifici, ripartiti nel seguente modo:

- 14.100 scuole dell'infanzia
- 16.500 scuole primarie
- 7.250 scuole secondarie di I grado
- 5.200 scuole secondarie di II grado

Di questi, il 4% è stato costruito prima del 1900, mentre il 44% tra il 1961 e il 1980. Nella tabella seguente sono riassunti alcuni degli elementi⁴ che caratterizzano negativamente la situazione del patrimonio scolastico italiano:

Tipologia di requisiti di cui gli ed. scolastici <u>non</u> sono in possesso	% di edifici scolastici rispetto al totale
Certificato di agibilità statica	57%
Certificato di agibilità sanitaria	57,4%
Certificato di prevenzione incendi	73%
Impianti elettrici a norma	36,1%
Standard di sicurezza adeguati per quanto riguarda gli ingressi	90%
Ingresso facilitato per disabili	91%

Inoltre il 29,7% degli edifici presenta barriere architettoniche, mentre solo nel 36% dei casi è stata installata una chiusura anti panico in corrispondenza delle porte di

³ Tutti i dati quantitativi sono stati estrapolati dalla seguente fonte: Miur

⁴ Tutti i dati quantitativi sono stati estrapolati dalla seguente fonte: Miur

accesso e delle vie di fuga. Solo in 1 scuola su 5 queste ultime non sono adeguatamente segnalate, mentre in 1 scuola su 3 sono presenti le scale di sicurezza.

1.2. L'edilizia scolastica in Emilia-Romagna: i risultati di un'indagine diretta

Stante la situazione di generale inadeguatezza in cui versa il patrimonio edilizio scolastico su scala nazionale, all'interno del Laboratorio di Laurea in Architettura Sostenibile abbiamo provato ad indagare sulla condizione degli edifici scolastici di nuova costruzione (anche se all'interno di una porzione di territorio molto più limitata, quello delle province romagnole).

Il fine è stato quello di comprendere se anche in fatto di realizzazioni ex novo si perpetrì il ricorso ad un approccio amministrativo, costruttivo e tecnologico obsoleto o se qualche miglioramento sia effettivamente entrato in campo.

Nell'ambito del Laboratorio di Laurea, momento conclusivo del percorso di studi, abbiamo svolto una ricerca mirata a quantificare l'effettiva realizzazione di edilizia scolastica in Romagna nel lasso di tempo di circa un quindicennio (dall'anno 2000 all'anno 2014) e successivamente ad indagarne le caratteristiche architettoniche, dotazionali, funzionali, tecnologiche, impiantistiche.

Ci siamo anche occupati di indentificare la natura dei soggetti coinvolti nella promozione e realizzazione dei progetti e della loro cantierizzazione, piuttosto che delle procedure messe in atto per organizzare i processi.

Pur avendo affrontato con impegno la realizzazione di questa indagine, gli esiti a cui siamo pervenuti (di cui siamo comunque orgogliosi) sono solo parziali.

Il tempo relativamente breve, poco più di 3 mesi, che abbiamo potuto dedicare al lavoro e i non pochi ostacoli burocratici, se non una diffusa ritrosia manifestata dalle amministrazioni locali, non ci hanno consentito di ottenere risultati più completi.

E' per questo che la ricerca meriterebbe di essere ulteriormente approfondita e la documentazione reperita ulteriormente studiata.

Di seguito vengono riportati in dettaglio i principali elementi della ricerca effettuata:

What?

Il patrimonio di edilizia scolastica verso il quale abbiamo rivolto la nostra attenzione è stato circoscritto ai gradi di istruzione dell'infanzia, primaria, secondaria di I grado e secondaria di II grado (quest'ultimo meno approfondito in quanto competenza provinciale).

Sono stati dunque esclusi dalla ricerca gli asili nido e le istituzioni universitarie. Inoltre sono stati presi in considerazione solo quegli interventi di nuova edificazione o di ampliamento riguardanti edifici scolastici per la cui realizzazione sia stato investito un budget non inferiore ai 500.000 euro.

Where?

Il territorio vagliato è quello corrispondente alle tre province della Romagna: Forlì-Cesena, Ravenna e Rimini.

When?

La ricerca è stata svolta nei termini temporali imposti dalla durata del Laboratorio di Laurea in Architettura Sostenibile: si è dunque, come già sostenuto precedentemente, perpetrata complessivamente per poco più di 3 mesi, in particolare dal mese di Aprile al mese di Luglio 2014.

Who?

I soggetti coinvolti nell'iter di ricerca sono coincisi prima di tutto con parte di noi studenti frequentanti il Laboratorio di Laurea sopracitato, precisamente in numero pari a 6 (2 per ogni provincia).

Al fine di reperire informazioni più dettagliate ci siamo avvalsi di interviste dirette ai responsabili, o loro delegati, degli Uffici Lavori Pubblici comunali e provinciali, piuttosto che ai progettisti esterni, a seconda della natura, pubblica o privata, dei soggetti realizzatori del progetto.

Why?

Lo scopo della ricerca, come già detto, è risieduto nel tentativo di costituire un archivio dati, anche se di proporzioni limitate, che avesse per oggetto le realizzazioni ex novo e gli ampliamenti nell'ambito dell'edilizia scolastica, in un lasso di tempo compreso tra l'anno 2000 e l'anno 2014.

How?

Le modalità con cui ci siamo approcciati alla ricerca ed abbiamo reperito la documentazione da rielaborare analiticamente sono state di vario genere:

- consultazione dei Programmi Triennali⁵: innanzitutto abbiamo provveduto alla consultazione on-line dei Programmi Triennali di ciascun comune delle tre provincie per crearci un'idea preliminare di dove fossero principalmente collocati gli interventi realizzati. Non ci siamo comunque fermati alla consultazione dei Programmi Triennali né nel caso non avessimo trovato nessun intervento rientrante nei criteri della nostra ricerca, né in caso contrario.

Abbiamo infatti purtroppo constatato che l'inserimento all'interno dei Piani Triennali di un'opera non ne determina necessariamente la realizzazione effettiva; per converso l'obbligo di pubblicazione in rete dei Programmi Triennali risale al 2004, dunque per conoscere l'ingenza degli interventi realizzati nel periodo precedente (come già detto dovevamo risalire sino all'anno 2000) ci siamo dovuti recare fisicamente presso gli archivi delle varie amministrazioni;

- contatti telefonici e telematici: il passo successivo è stato quello di contattare telefonicamente e telematicamente (via fax ed e-mail principalmente) le varie amministrazioni (comuni e provincie), identificare il soggetto più indicato al confronto ed accertarci degli interventi

⁵ Lo strumento del Programma Triennale viene introdotto e definito all'interno dell'art. 128 "Programmazione dei lavori pubblici" del Codice degli Appalti, varato con D.lgs. 12.04.2006 n°163.

eventualmente realizzati, nonché della loro natura (realizzazione ex novo o ampliamento, grado di istruzione relativo, ecc.) e della precisa collocazione territoriale;

- intervista diretta: una volta quantificati e localizzati sul territorio i vari interventi, ci siamo occupati di prendere appuntamento con i soggetti con cui ci eravamo relazionati durante la fase precedente con il duplice fine di chiarire gli eventuali dubbi riscontrati e farci consegnare la documentazione relativa agli edifici scolastici (o ampliamenti degli stessi) effettivamente realizzati;
- rielaborazione analitica della documentazione reperita: dopo aver raccolto tutto il materiale necessario, o comunque quello disponibile, abbiamo deciso di schedare le informazioni ottenute riferendoci al modello di censimento degli edifici scolastici proposto dalla Regione Emilia-Romagna nell'ambito della costituzione di un'anagrafe scolastica nazionale, a cui si ambisce da anni e che purtroppo non è ancora stata completata.

Ovviamente abbiamo scelto di schematizzare ed approfondire nel dettaglio solo alcuni dei temi proposti dal modello sopracitato per motivi legati alle tempistiche e alla specificità delle informazioni reperite

Nella pagina seguente riportiamo una breve sintesi della tipologia di documentazione reperita, specificando per ognuna la percentuale, rispetto al totale degli edifici censiti, di reperimento della stessa (per esempio siamo entrati in possesso delle certificazioni energetiche o di altro genere solo del 22% degli edifici scolastici censiti rispetto alla totalità degli stessi).

Tipologia documento	% di reperimento
Progetto architettonico, definitivo, esecutivo (planimetrie, piante, prospetti, sezioni, abaco degli infissi e delle murature, particolari costruttivi)	91%

Tipologia documento	% di reperimento
Relazioni (generalì, tecniche, acustiche, urbanistiche, di calcolo strutturale),	72%
Documentazione fotografica (viste dall'esterno, degli spazi aperti e degli ambienti interni)	72%
Documenti gestione scelta contraente e dati finanziari (bando di gara, disciplinare di gara, capitolato speciale d'appalto, scheda di contratto)	53%
Certificazioni (attestato di prestazione energetica, collaudo statico, impiantistico e acustico, conformità impianti e barriere architettoniche, prevenzione incendi, relazione L.10/91)	22%

1.2.1. Campione analizzato

Come la tabella alla pagina seguente mostra nel dettaglio, il campione analizzato ha rivelato un andamento sicuramente interessante ed in controtendenza rispetto alla media nazionale dal punto di vista della realizzazione di nuovi edifici scolastici. Se infatti, in base al rapporto tra popolazione scolastica ed edifici eretti su scala nazionale ogni anno, ci saremmo aspettati che nel periodo 2001-2012⁶ in Emilia-

⁶ Il periodo al quale si riferiscono i dati (2001-2012) differisce leggermente da quello preso in considerazione dalla nostra ricerca (2000-2014) unicamente a causa della mancata reperibilità dei dati relativi agli anni mancanti.

Romagna si sarebbero costruiti circa 10 edifici l'anno⁷, al contrario le fonti confermano come ne siano stati realizzati più del doppio, precisamente 22.

	Italia	Fc-Ra-Rn attesi	Fc-Ra-Rn rilevati	Fc-Ra-Rn %
Popolazione scolastica (studenti/anno)	1.250.000	47.000	47.000	100
Nuovi edifici scolastici (n)	273	10	22	214
Produzione annuale edifici scolastici (n/anno)	22,75	0,86	1,83	214
Produzione annuale edifici scolastici ogni 1000 stud. (n/anno)/1000	0,02	0,02	0,04	214

Un secondo aspetto interessante, che possiamo facilmente intuire dalla lettura della mappa alla pagina seguente, risiede nel fatto che molti dei comuni non interessati da interventi (quelli colorati in grigio scuro) sono collocati lungo la dorsale appenninica, dove presumibilmente la popolazione in età scolastica risulterà limitata, conducendoci a pensare che in tali luoghi, vista la carenza della domanda, non sarà risultata così ingente la necessità di realizzare nuovi edifici scolastici.

Emerge inoltre a prima vista (anche se andremo a specificarne l'entità con dati più precisi in seguito) che la provincia di Forlì-Cesena si è rivelata quella meno collaborativa delle tre: se infatti circa la metà del suo territorio (quello colorato in grigio chiaro) risulta interessato da nuove edificazioni ed ampliamenti nell'ambito dell'edilizia scolastica, ci è stato consentito di accedere ai documenti relativi a due soli interventi.

⁷ Tale aspettativa è ricavata dal rapporto tra popolazione scolastica e nuovi edifici scolastici realizzati tra 2001 e 2012 su scala nazionale. Dal calcolo emerge che si è costruito 1 edificio scolastico ogni circa 4579 studenti. Dividendo a questo punto la popolazione scolastica in Emilia-Romagna per 4579, abbiamo potuto ipotizzare che, se nella regione in questione si fosse seguito il trend nazionale, avremmo dovuto reperire circa 10 interventi realizzati.

Ancora, risulta chiaro come la proporzione tra la realizzazione di nuove costruzioni (indicate nella mappa con dei cerchi) e quella di ampliamenti (indicati invece con dei triangoli) sia sostanzialmente paritaria, rispettivamente 17 contro 15; decisamente sbilanciato appare invece il confronto tra quantità di interventi realizzati in favore degli edifici che ospitano i livelli di istruzione dell'infanzia e primario, più numerosi, e quelli che ospitano le secondarie di I e di II grado: 5 su un totale di 32 interventi.

Infine possiamo notare come 17 dei 32 interventi totali rilevati riguardino istituti di piccola dimensione, 11 riguardino invece scuole di grande dimensione, e 4 siano da ricondurre ad edifici di media dimensione.

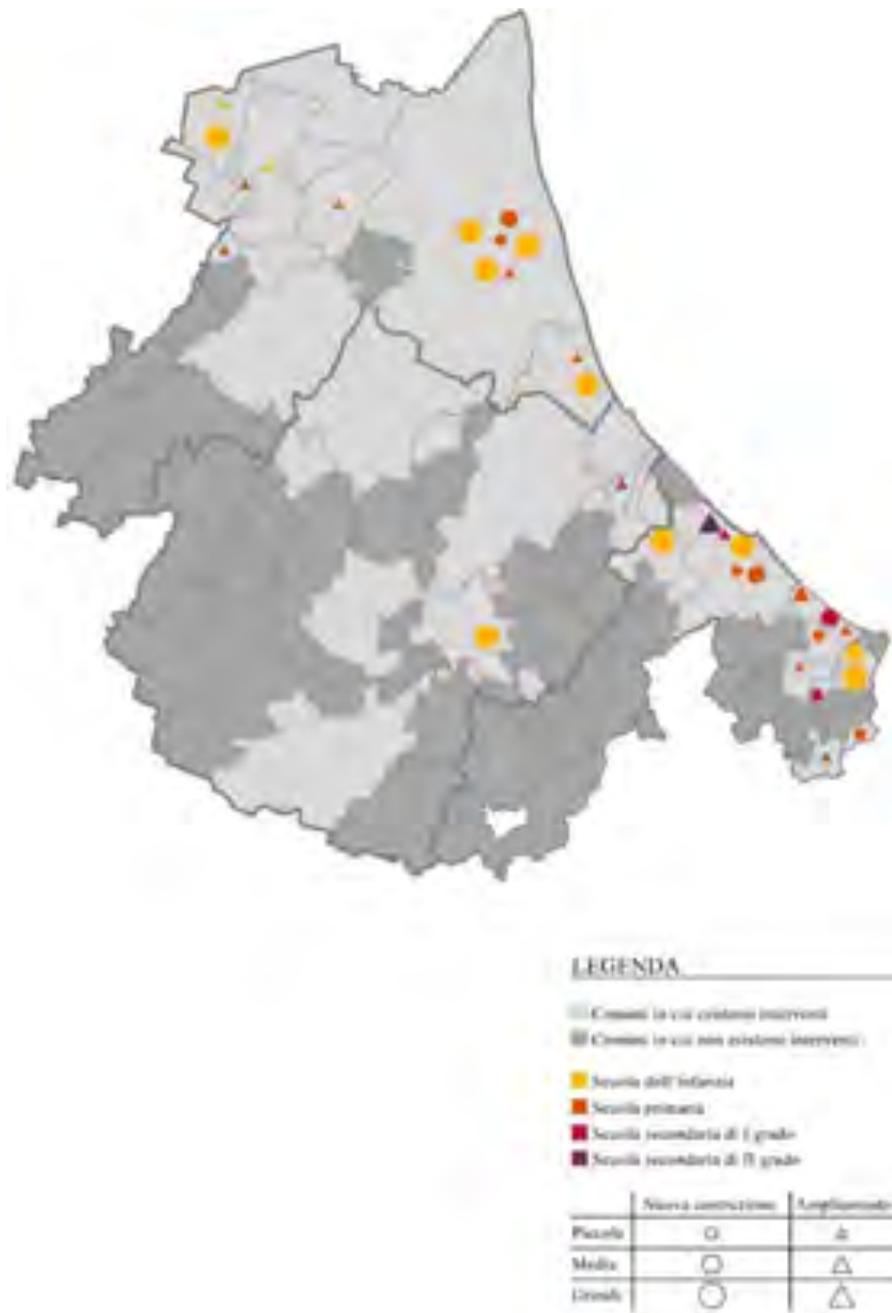


Fig. 1_Localizzazione interventi all'interno delle tre provincie romagnole

La sintesi dei dati puntuali raccolti durante la ricerca, completa di grafici e dati percentuali, viene riportato all'interno degli allegati, al termine dell'elaborato.

1.3. Il confronto con il dossier Legambiente

L'ultimo step della nostra ricerca, è consistito nel raffronto di qualcuno dei dati da noi raccolti e rielaborati con altri equivalenti, presentati all'interno del dossier "Ecosistema Scuola 2013" redatto da Legambiente.

Legambiente infatti con cadenza annuale redige una serie di reports sul tema scuola (ma non solo) di cui fa parte lo stesso "Ecosistema Scuola", che si occupa nello specifico del monitoraggio della qualità degli edifici scolastici italiani, insieme ad "Ecosistema Bambino", rivolto ai ragazzi ed incentrato sugli strumenti di partecipazione e cittadinanza, e a "Scuola Pubblica", mirato invece al censimento di cifre e commenti sugli investimenti dei governi in favore della scuola.

Lo scopo è stato quello di confrontare la situazione che ci si è prospettata durante l'iter di ricerca all'interno delle tre province della Romagna, dunque una realtà locale, con quanto invece è stato rilevato sull'intero territorio regionale e su quello nazionale proprio da Legambiente.

I dati che abbiamo deciso di porre a confronto sono stati scelti in virtù di due ragioni fondamentali, quali la significatività degli stessi, ciascuno rispetto al proprio macro tema di appartenenza e la confrontabilità.

Abbiamo cioè scelto per ognuna delle tematiche affrontate durante la ricerca (entità del campione analizzato, qualità degli edifici, tecnologia, impianti e certificazioni) alcuni dati che risultassero contemporaneamente significativi ed inclusi all'interno del dossier "Ecosistema Scuola 2013"; in caso contrario infatti non avremmo potuto procedere alla comparazione diretta degli stessi.

E' bene sottolineare che, in virtù della confrontabilità, abbiamo rinunciato a far emergere alcuni dati che isolatamente invece sono tali da meritare considerazione. Vediamo dunque sintetizzati nella tabella alla pagina seguente i dati che abbiamo preannunciato:

		LIVELLO NAZIONALE	EMILIA-ROMAGNA	FC-RA-RN
CAMPIONE ANALIZZATO	EDIFICI SCOLASTICI			
	Edifici realizzati tra il 2001 e il 2012	273	51	22
QUALITA' DEGLI EDIFICI	DOTAZIONI			
	Edifici con giardini o aree verdi fruibili	74,6%	96,1%	95,5%
	Edifici con palestre	52,2%	66,6%	36,4%
	Edifici con aree di sosta per auto	50,1%	67,2%	54,5%
TECNOLOGIA, IMPIANTI E CERTIFICAZIONI	CERTIFICAZIONI			
	Certificato di agibilità	61,2%	75,6	81,8%
	Collaudo statico e certificato di staticità	52,4%	52,5%	81,8%
	Certificato di prevenzione incendi	35,9%	42,1%	54,5%
	Certificato di conformità impianto elettrico	83,4%	86,8%	72,7%
	RISPARMIO ED EFFICIENZA ENERGETICA			
	Edifici in cui si utilizzano fonti energetiche rinnovabili	13,5%	23,6%	18,2%
	Edifici con impianti solari termici ⁸	24,9%	32,5%	25%

⁸ Dato calcolato rispetto agli edifici scolastici in cui si utilizzano fonti energetiche rinnovabili

La scuola secondaria di I grado “Il Guercino” a Bologna, origine ed
evoluzione

Oggetto specifico di questa tesi è la scuola secondaria di I grado “Il Guercino” sita all’interno del quartiere Savena, nel Comune di Bologna, ai confini con quello di San Lazzaro di Savena. Di seguito alcuni dei dati generali relativi alla stessa:

Localizzazione	Bologna, quartiere Savena
Via d’accesso e situazione urbanistica	Via Longo, 4 (ex Via Firenze) pedonabile e carrabile ⁹
Dimensionamento del lotto	68.800 m ²
Preesistenze ambientali al momento della costruzione	Terreno agricolo trattato prevalentemente a seminativo delimitato da scoline e dall’attuale via Longo
Anno di completamento dell’edificio	1983
Orientamento dell’edificio	L’asse maggiore dello stesso presenta orientamento nord-sud, in adiacenza all’andamento di Via Longo che ne costituisce la principale via d’accesso
Superficie coperta dell’edificio	3.266 m ²
Volume dell’edificio	23.234 m ³
Utenti	600 studenti circa, suddivisi in 24 classi
Istituto comprensivo di appartenenza	Istituto Comprensivo 9 (Bologna) ¹⁰

⁹ La scuola è situata all’interno di un’area adiacente ad un grande comparto di proprietà pubblica sistemato a verde, comprendente anche attrezzature sportive. Tale area nel Programma Pluriennale di Attuazione 1978-1980, precisamente alla tavola 15, è classificata come “Zona per attrezzature scolastiche fino al grado dell’obbligo” con simbologia “S”.

¹⁰ Articolato in scuola dell’infanzia “Raffaello Sanzio”, scuola primaria “Raffaello Sanzio” e scuola secondaria di I grado “Il Guercino”.

2.1. La progettazione delle "nuove scuole" del Comune di Bologna: il ruolo della "Unità operativa edilizia scolastica"

Il progetto per la scuola secondaria di I grado "Il Guercino", come quelli di quasi tutti gli edifici scolastici realizzati in quel periodo (anni '70-'85) a Bologna, nasce e viene portato a termine da un team di lavoro¹¹, presieduto dall'Arch. Riccardo Merlo, in forza al "Dipartimento Assetto Territoriale e Servizi Tecnici - Settore Progettazione ed attuazione - Unità operativa edilizia scolastica" del comune stesso. Tecnici e progettisti che si occupano dello sviluppo progettuale e di seguirne la sua cantierizzazione sono dunque dipendenti dell'amministrazione pubblica della città. L'esperienza proposta dal Comune di Bologna nel campo dell'edilizia scolastica è interessante sotto vari aspetti.

Innanzitutto perché dimostra che, ove ve ne siano le capacità, una giusta impostazione delle autonomie locali supererebbe in quantità e qualità la lenta burocrazia centrale¹².

In secondo luogo per l'attenta ricerca tipologica, la definizione di schemi metaprogettuali in rapporto ai bisogni espressi da nuove metodologie didattiche e la possibilità di creare una partecipazione collettiva del quartiere alla gestione del problema dell'educazione; infine per la qualità delle architetture realizzate e progettate.

Infatti, uno degli aspetti interessanti che l'esperienza bolognese mostra, e che a nostro avviso si esplica anche nella scuola oggetto di questa tesi, sta nella volontà di proporre un rinnovamento tipologico nel campo dell'edilizia scolastica, senza per questo decontestualizzare l'edificio rispetto al suo intorno.

Tale rinnovamento è prima di tutto realizzato ricorrendo all'utilizzo di componenti costruttivi e tecnologici normalmente utilizzati in ambito industriale, dunque prefabbricati, attraverso un uso che li riqualifichi anche dal punto di vista estetico.

¹¹ Composto dall'Arch. Fioretta Gualdi, dall'Arch. Maria Rosa Morello, dall'Arch. Giulio Cosentino per la parte progettuale e per la parte grafica da Carla Leonelli, Giancarla Palazzi, Gualtiero Praticcoli e lo stesso Giulio Cosentino presente anche nel gruppo progettuale.

¹² Delle 30 unità scolastiche progettate tra il 1970 e il 1985 circa a Bologna, solo 12 hanno ottenuto la copertura finanziaria dello Stato, secondo la legge 28.07.1967 n°641 (per approfondire vedi nota n°5).

Un secondo aspetto è quello della partecipazione della collettività, ossia l'utenza finale, alla definizione del progetto architettonico, che non significa da parte di quest'ultima delinearne le strutture formali, compito che al contrario spetta all'architetto, ma coadiuvare lo stesso nel definirne le prerogative, le priorità, i rapporti funzionali.

In quest'ottica ciò significa che il progetto di una scuola costituisce il momento conclusivo di una progettazione condivisa alla quale partecipano tecnici, amministratori, abitanti dei quartieri, personale didattico, sindacati, genitori cercando di rendere la scuola più permeabile alle problematiche esterne.

2.2. Il P.R.G. di Bologna del 1970

L'analisi della situazione dell'edilizia e dei servizi scolastici, nonché la progettazione di nuove scuole attirano particolare attenzione nel momento in cui emerge l'esigenza di un nuovo strumento di governo del territorio urbano.

Tali temi assumono dunque una posizione centrale nel dibattito interno all'amministrazione e non solo, in relazione alla predisposizione del quadro di studi da esplicitare in quello che sarebbe diventato il nuovo P.R.G. di Bologna, entrato in vigore nel 1970.

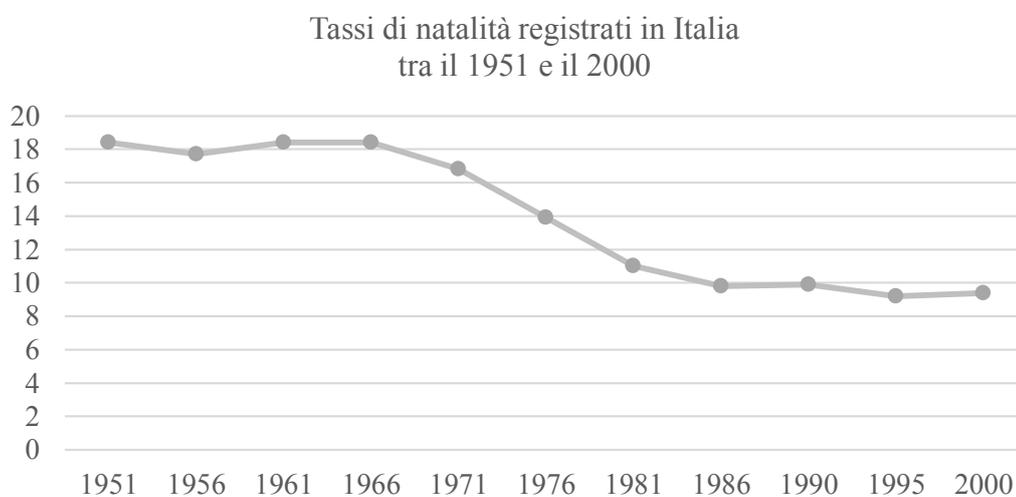


Fig. 2 *Indice di natalità (1951-2000)*

Se la prima ragione risiede nell'occasione rappresentata dalla redazione del P.R.G., una seconda ragione è ravvisabile nella crescita della natalità che ha coinvolto anche il nostro Paese, e dunque la città di Bologna, in concomitanza del boom economico del secondo dopoguerra e nel conseguente raggiungimento dell'età scolastica sul fare dei primi anni '70 da parte dei nati proprio negli anni immediatamente precedenti (vedi grafico alla pagina precedente).

Il Piano di edilizia scolastica del 1967

Il primo piano di edilizia scolastica viene dunque redatto nel 1967, a conclusione di un'indagine condotta tra il 1962 e il 1963, per la prima volta con metodi scientifici, dal Comune di Bologna su tutte le scuole del comprensorio intercomunale¹³.

Tale ricerca viene svolta dall'amministrazione comunale su incarico della Commissione nazionale di indagine in relazione all'approvazione della legge 28.07.1967 n°641¹⁴, la prima legge di finanziamento per l'edilizia scolastica.

Il piano pone l'accento su problemi qualitativi e di distribuzione sul territorio del patrimonio edilizio scolastico, non tralasciando l'aspetto relativo ad una situazione gravemente carente (carenze di strutture e di aule, locali in affitto e doppi turni) anche per quantità, dovuta alla lunga latitanza dello Stato rispetto a tale questione e alla continua crescita della popolazione infantile.

Ad incidere ulteriormente sulla situazione interviene il varo della legge 31.12.1963 n°1859¹⁵ (che ha stabilito l'obbligo di frequenza per la scuola media unificata) piuttosto che l'introduzione del tempo pieno; entrambi infatti hanno aggravato i problemi dell'amministrazione comunale.

¹³ Dati estrapolati dalla seguente fonte: relazione intitolata "Piano di edilizia scolastica per la qualificazione delle strutture per le scuole pubbliche, dall'asilo alle medie inferiori", 1983 – Bologna.

¹⁴ Si tratta della legge nota come "Nuove norme per l'edilizia scolastica e universitaria e piano finanziario dell'intervento per il quinquennio 1967-1971".

¹⁵ Si tratta della legge nota come "Istituzione e ordinamento della scuola media statale".

P.R.G. strumenti urbanistici e leggi per l'edilizia scolastica

A partire dal P.R.G. del 1970, che recepisce il piano di edilizia scolastica del 1967 e che, tra l'altro, sancisce lo standard di 40 m²/alunno di area da destinare a ciascuna scuola, tutti gli strumenti urbanistici del Comune di Bologna (P.U.M.P, varianti specifiche, P.P.D.A) riconfermano i principi adottati, con particolare riguardo alla distribuzione territoriale nell'individuazione delle nuove aree scolastiche.

La legge n°641 precedentemente citata e successivamente la n°412 del 5.08.1975¹⁶, che finanziano l'edilizia scolastica, costituiscono un importante fattore di svolta che sancisce l'obbligo da parte dello Stato di fornire i finanziamenti per l'edilizia scolastica (modificando la prassi che si può far risalire alla legge Casati del 1859)¹⁷ e soprattutto nuovi criteri in materia edilizia (norme tecniche 1970-1975) che consentano un reale sviluppo di contenuti educativi qualificati, quali sono stati elaborati e pretesi in anni di dibattiti cittadini (per esempio durante i Febbrai pedagogici bolognesi).

A partire dal 1970 il cambiamento in tema di edilizia scolastica risulterà così radicale che al momento del varo di un nuovo piano regolatore generale, che avverrà a distanza di 15 anni dal precedente (nel 1985), ci si troverà al cospetto di una situazione in materia decisamente capovolta, per quanto riguarda disponibilità di locali, esigenze, andamento demografico.

Dal 1970 al 1980: realizzazione del piano di edilizia scolastica

In definitiva si può affermare che a partire dagli anni '70 i nuovi edifici scolastici vengono progettati secondo criteri che tengano conto dei metodi e delle nuove tecniche di insegnamento. Risultano pertanto imprescindibili: maggior spazio, aule

¹⁶ Si tratta della legge nota come "Norme sull'edilizia scolastica e piano finanziario d'intervento".

¹⁷ Vale forse la pena rilevare come, nella scelta dei soggetti imputati a farsi carico del finanziamento dei vari settori dell'istruzione, la legge Casati rivelasse l'impostazione elitaria secondo cui la classe alla guida dell'Italia aveva inteso darle: infatti, mentre per il finanziamento dell'istruzione superiore e di parte della secondaria (ovvero del liceo classico) era previsto che si utilizzassero le casse dello Stato, per gli altri ordini di scuola, e soprattutto per le elementari, era stato stabilito di ricorrere ai bilanci, per la verità non molto floridi, delle autonomie locali. Stante tale situazione, non deve meravigliare che l'analfabetismo abbia continuato a costituire, per il paese, una delle piaghe più persistenti.

speciali per attività integrative, ambienti per il lavoro di gruppo, ecc. Inoltre lo standard di 40 m²/alunno ha permesso di dotare gli edifici di aree esterne di dimensioni adeguate.

Negli edifici la cui realizzazione risale ad epoche precedenti, invece, spesso le condizioni ambientali (disponibilità e funzionalità di spazi interni ed esterni) sono tali da pesare negativamente sulla possibilità di promuovere programmi educativi rinnovati ed attuare, ove richiesto, il tempo pieno in condizioni ottimali.

La disparità architettonica tra le scuole costruite prima e dopo il 1970 è tale da ripercuotersi anche sulla didattica, determinando un vero e proprio squilibrio qualitativo tra gli uni e gli altri.

La situazione infatti è talmente complessa da richiedere una concentrazione di investimenti sulla costruzione di nuovi edifici, ponendo in subordine la ristrutturazione di quelli di più vecchia data.

Entità degli interventi edilizi fino al 1980

Giunti al 1980 la situazione generale dell'edilizia scolastica, a partire da quella delle aule disponibili, è completamente diversa da quella del decennio precedente.

Si pensi infatti che nel 1969 funzionano complessivamente 266 scuole in 170 edifici, di cui 88 di proprietà pubblica (con 1515 aule e 44891 allievi) ed 82 in affitto (con 643 aule e 17350 allievi). Degli 88 edifici di proprietà pubblica, 63 erano stati appositamente costruiti per uso scolastico mentre i restanti 25, erano stati precedentemente adattati a scuola a partire dalle loro originarie destinazioni d'uso. Dei 63 edifici appositamente costruiti, 36 erano stati realizzati dopo la fine del secondo conflitto mondiale, con una superficie media di 9,7 m²/alunno; nel periodo 1923-1944 (ventennio fascista) ne furono costruite solo 7, con una superficie media di 5,7 m²/alunno, 16 dal 1901 al 1922, con una superficie media di 6,9 m²/alunno e 4 prima del 1900 con una superficie media di 7,7 m²/alunno.

Dal 1969 ai primi anni '80 sono state costruite molte nuove scuole (solo in minima parte finanziate dallo Stato) per cui già dal 1975 si sono eliminati i doppi turni in tutto il Comune di Bologna e si sono via via andati eliminando i locali in affitto più disagiati. Vediamo l'ingenza delle nuove costruzioni in dettaglio:

Asilo Nido

Posti esistenti nel 1969	98
Posti costruiti dal 1970 al 1980	1395 (pari al 93% del totale)
TOTALE	1493

Scuola dell'infanzia

Sezioni esistenti nel 1969	301
Sezioni costruite dal 1970 al 1980	180 (pari al 38% del totale)
TOTALE	489

Scuola primaria

Aule esistenti nel 1969	946
Aule costruite dal 1970 al 1980	357 (pari al 27% del totale)
TOTALE	1303

Scuola secondaria di I grado

Aule esistenti nel 1969	617
Aule costruite dal 1970 al 1980	306 (pari al 33% del totale)
TOTALE	926

Concentrandoci sulla scuola dell'obbligo (primaria e secondaria di I grado), in quanto corrispondente ai gradi ospitati originariamente¹⁸ all'interno dell'edificio scolastico oggetto di tesi, si può affermare come essa rappresenti durante gli anni '70 il problema numericamente più consistente in quanto deve ospitare il maggior numero di ragazzi (dai 6 ai 13 anni).

La scuola elementare, poiché in quel momento è scuola d'obbligo da lunga data, dispone di un patrimonio edilizio in gran parte obsoleto.

¹⁸ All'oggi l'edificio oggetto di tesi ospita esclusivamente una scuola secondaria di I grado.

All'epoca emerge dunque prioritario il problema di valutare in che misura i due terzi del patrimonio edilizio esistente, costituito da edifici tradizionali, possa essere adeguato alle correnti esigenze dell'insegnamento.

La scuola media unica invece viene istituita nel 1963 dallo Stato e ne viene contemporaneamente sancito l'obbligo di frequenza senza però aver predisposto il finanziamento per le relative sedi.

In una situazione in cui i pochissimi edifici esistenti (comprese le ex-scuole di avviamento) sono ubicati nel centro storico, l'amministrazione si trova a dover reperire quasi da un giorno all'altro un gran numero di locali in affitto, non possedendo il tempo materiale, nonché le risorse finanziarie sufficienti per poter acquisire o costruire a proprie spese edifici ad hoc.

Di fronte a tale carenza le pur numerose realizzazioni successive non soddisferanno tutte le esigenze nel limite di tempo corrispondente ad un decennio.

E' per queste ragioni che anche durante i primi anni '80, nonostante il decremento della natalità, si continua a realizzare nuovi edifici scolastici, tra i quali anche quello oggetto di questa tesi.

In ogni caso, oltre al problema dei limitati edifici disponibili entra in gioco anche l'estrema disomogeneità con cui essi risultano essere collocati sul territorio.

Già nel piano di edilizia scolastica del 1967 era stato messo in luce come lo sviluppo delle città, cresciute su valori di mercato e sui diritti della produzione, si traducesse nella distribuzione ineguale delle strutture in generale e della scuola in particolare, gravando sui centri preesistenti e sulle loro strutture già consolidate.

L'intervento programmato dall'amministrazione comunale, con il varo del P.R.G. del 1970, che capovolgeva tale tendenza privilegiando proprio le zone meno dotate e soprattutto quelle di nuovo insediamento (l'area in cui si colloca l'edificio scolastico oggetto di tesi è proprio una di queste) intervenendo sistematicamente e integrando i finanziamenti statali con i propri, ha certamente creato una situazione molto diversa.

Con il sopraggiungere dei primi anni '80 dunque i problemi maggiori si riscontrano nel centro storico e nei quartieri consolidati, cioè proprio là dove il patrimonio edilizio è più antico, in gran parte obsoleto sia nelle strutture che nelle tipologie,

dove le aree scoperte annesse alle scuole sono insufficienti per le attuali esigenze didattiche e dove le aree totalmente libere sono ormai da gran tempo esaurite.

Si pone quindi il problema di un riesame di tale patrimonio alla luce di criteri di idoneità validi per le nuove come per le vecchie situazioni, al fine di verificare dove sussistano possibilità di recupero di strutture ed ambienti, valutandone i possibili interventi, rapportandole alle necessità della sola popolazione residente nella zona.

2.3. Le esigenze educative e i rinnovati criteri di organizzazione degli spazi scolastici nella scuola dell'obbligo degli anni '70

Durante gli anni '70 e i primi anni '80, in molte scuole dell'obbligo bolognesi, soprattutto elementari, si assiste ad iniziative che tendono a rinnovarne i contenuti educativi.

Uno dei motivi scatenanti è sicuramente rappresentato dall'introduzione del tempo pieno, ossia un fattore inequivocabilmente determinante sia perché supera l'istituzione, per alcuni discriminatoria, del doposcuola, sia perché introduce problemi nuovi nell'articolazione dei vari momenti della giornata didattica.

Questa deve essere organica e variata in modo da permettere l'esplicazione libera delle doti individuali creative e l'applicazione di metodologie di lavoro di gruppo.

Si innesca di conseguenza un processo di complicazione dell'organismo scolastico legato all'introduzione di nuove attività e ai rapporti reciproci fra queste, che supera la tradizionale tipologia chiusa e rigidamente suddivisa ed impone la realizzazione di ambienti variamente articolabili in funzione delle circostanze, dell'attività e dei comportamenti dei singoli, come:

- lavoro di gruppo che si svolge nella classi tradizionali ma che necessariamente può interessare anche gli spazi esterni all'aula e che richiede arredi idonei (tavoli e mobili separatori);
- dilatazione della vita comunitaria dall'ambito della classe all'intera scuola, atta anche a favorire attività integrate fra classi diverse che lavorano sulla base di programmi comuni;

- arricchimento delle attività collettive speciali (espressive ed artistiche, piuttosto che tecnico-scientifiche) che richiedono l'uso di laboratori, non solo nella scuola media ma anche in quella elementare;
- uso di nuovi strumenti didattici audiovisivi;
- esigenza di attività motoria all'aperto e in palestra;
- mensa o comunque ambiente adatto alla refezione;
- sperimentazione di nuove forme di controllo;
- inserimento alla pari di portatori di handicap per consentire loro un uso confortevole degli edifici scolastici;
- richiesta da parte della popolazione di un arricchimento delle materie di insegnamento che si manifesta con l'organizzazione di corsi autogestiti e quindi con l'uso dell'edificio fuori dall'orario scolastico;
- uso di attrezzature da parte di associazioni di cittadini e del quartiere (per esempio le palestre).

L'efficienza, la qualità delle attrezzature e la stretta integrazione della scuola con gli altri servizi cittadini diventano fattori di importanza eccezionale in grado di qualificarla come centro di vita culturale e sociale del quartiere.

Questa realtà chiaramente rilevabile in ogni quartiere, testimonia un'evoluzione delle esigenze dei cittadini e una maggiore disponibilità da dimostrare nei confronti degli stessi da parte della scuola.

Essa si inserisce nel processo di apertura dell'attività educativa verso la società, che comporta una modifica degli strumenti didattici.

Ciò è possibile attraverso la costruzione di scuole ad hoc accompagnata dalle ipotesi di ristrutturazione degli edifici scolastici esistenti. In ciascuno dei due casi si prevede di intervenire in particolar modo su tre aspetti che vaglieremo in dettaglio:

- l'organizzazione degli spazi interni;
- l'organizzazione degli spazi esterni e delle pertinenze ad uso non esclusivo;
- l'intercambiabilità delle sedi tra i vari gradi di istruzione scolastica.

Organizzazione degli spazi interni

L'allestimento degli spazi interni degli edifici scolastici prevede il rispetto di uno schema didattico che conferma l'aula tradizionale come unità pedagogica fondamentale, integrata da una serie di locali accessori adibiti ad attività complementari e speciali.

Più dettagliatamente i locali necessari allo svolgimento delle attività didattiche correnti, analoghi per scuola elementare e scuola media, possono essere individuabili in:

- aula tradizionale (ottimale da 45 m² a 50 m²);
- spazi per il lavoro di gruppo: di solito corrispondenti ad un'aula comune a due classi contigue, in cui sia possibile svolgere lavoro integrato fra classi, piccole attività manuali e l'attività di refezione, quando vi sia il tempo pieno. Si attuano così i criteri di polivalenza degli spazi previsti dalla normativa;
- aule speciali o laboratori, anche nella scuola elementare, per svolgere le seguenti attività:
 - a) recite, proiezioni, insegnamento per grandi gruppi. Tali attività possono essere ospitate da spazi eventualmente suddivisibili al loro interno con pannelli mobili e devono possedere una capienza di circa 80 persone;
 - b) educazione musicale. Le aule adibite a tale attività devono essere caratterizzate da una capienza di circa 25 alunni e possono essere localizzate nell'ambiente precedentemente descritto o in un ambiente autonomo;
 - c) espressiva quale manipolazione, pittura ecc.;
 - d) scientifica. Il laboratorio in questione può prevedere anche la presenza di una camera oscura e deve essere attrezzato con acqua corrente, prese elettriche, rivestimento lavabile;
- aule destinate all'insegnamento specializzato ai diversamente abili;
- spazi per le attività collettive: secondo quanto suggeriscono le norme tecniche si propone di evitare grandi spazi di rappresentanza e di utilizzare le aule proiezioni o la palestra, se pavimentata in modo adeguato;

- mensa: quando è resa necessaria dal tempo pieno si propone di utilizzare in modo polivalente gli spazi per il lavoro di gruppo secondo quanto suggeriscono le norme tecniche e l'esperienza positiva di alcuni esempi sperimentali bolognesi. Si evita così il sovraffollamento delle mense collettive e si stimola la partecipazione degli alunni allo svolgimento di questa importante funzione. Prevedere zone mensa come spazi autonomi in aggiunta agli spazi necessari alla didattica viene considerato in quel periodo un gesto superfluo, significa costruire edifici troppo ampi rispetto alle previsioni normative ed eccezionalmente costosi;
- palestra: al contrario si ritiene indispensabile prevedere spazi autonomi per le attività sportive anche se di dimensioni non regolamentari. Nel caso sia possibile invece realizzare palestre in cui possano facilmente collocarsi campi da gioco regolamentare, esse potranno richiamare a sé anche lo svolgimento di partite agonistiche da parte degli abitanti del quartiere. E' a questo proposito necessario inoltre ricavare spogliatoi e accessi indipendenti alle palestre stesse;
- biblioteca: centro di documentazione e consultazione di pubblicazioni ed audiovisivi;
- spazi che ospitino una mostra permanente dei lavori svolti dagli studenti e il materiale scientifico. Non occorre che siano collocati in un ambiente specifico ma possono essere localizzati in più punti dell'edificio.

Organizzazione degli spazi esterni e delle pertinenze ad uso non esclusivo

Oltre ad una funzionale organizzazione degli spazi interni, durante gli anni '70, prende piede anche la buona pratica di cercare di collegare in modo omogeneo e sicuro gli edifici scolastici al quartiere circostante ed in particolare ad aree ed attrezzature da utilizzare in modo promiscuo (uso scolastico ed extra-scolastico), ad aree residenziali, ad altri servizi.

All'edificio scolastico si deve accedere in modo confortevole e sicuro attraverso percorsi pedonali e ciclabili, ma anche attraverso collegamenti veicolari e di

trasporto pubblico, tanto che la viabilità a servizio della scuola dovrà considerarsi come parte integrante del tessuto connettivo della città.

In particolare dovranno essere risolti con priorità assoluta alcuni problemi di attraversamento di ferrovia e strade di intenso traffico, di pedonalizzazione di alcune strade tangenti ad edifici scolastici e di allargamento o spostamento di alcuni tratti di strada per risolvere i problemi più urgenti ed acuti.

Non di meno risulta necessario dotare gli edifici scolastici di adeguate aree esterne di pertinenza, dunque giardini o parchi ad esclusiva fruizione degli stessi, almeno in concomitanza dell'orario scolastico.

Per determinare le dimensioni delle aree da anettere agli edifici scolastici si fa riferimento agli standard di legge:

- la legge regionale 7.12.1978 n°47 stabilisce per le scuole, dall'asilo nido alla media inferiore, una quantità di area complessiva pari a 6 m² per ogni abitante. Calcolando tale standard su un nucleo base di 1.000 abitanti, cui è stato applicato il tasso di natalità medio (5%), si ottiene il numero dei bambini per ogni anno di età; applicando per ogni ordine di scuola le percentuali di frequenza previste, si ottiene che la quantità di area necessaria per alunno è pari a 100 m², il che equivale mediamente a 2.000 m² per ogni classe o sezione;
- il D.M. 2.04.1968 "sugli standard" stabilisce per le scuole dall'asilo nido alla media inferiore una quantità minima di area complessiva pari a 4,5 m² per ogni abitante. Calcolando tale standard come sopra, risulta che la quantità minima di area necessaria per alunno è di 75 mq, il che equivale mediamente a 1.500 m² per ogni classe o sezione. Lo stesso decreto consente, nelle zone "A" nelle quali non sia possibile reperirla per intero, di ridurre l'area occorrente fino a ½ della quantità di cui sopra. Per questi casi si considera che lo standard minimo indispensabile è mediamente 800 m² per classe, corrispondente a 40 m²/alunno ed equivalente a 2,4 m² per abitante.

La dimensione delle aree esterne non è di per sé sufficiente a garantire un uso ottimale se esse stesse non risultano essere attrezzate in modo adeguato alle attività che vi si svolgono.

Ecco perché risulta imprescindibile, secondo la visione del tempo, suddividere l'area esterna complessiva in sottozone dotate di una particolare caratterizzazione, per esempio:

- zone “di rispetto” protette, di stretta pertinenza dell'edificio ed attrezzate anche per attività scolastiche all'aperto, delimitate ma non recintate, in cui è vietato l'accesso agli estranei in orario scolastico;
- zone trattate a prato per i giochi di movimento (con la palla, ecc.)
- zone attrezzate per lo svolgimento di attività sportive (campo polivalente pavimentato per pallacanestro, pallavolo, pattinaggio, ecc.), piste da corsa, da salto in lungo, ecc.;
- zona, di dimensioni congrue, sistemata a parco.

Come detto precedentemente va considerata inoltre l'utilizzazione di tali spazi anche oltre gli orari scolastici e per converso l'integrazione con altre aree di uso pubblico, preferibilmente quelle attrezzate a verde, confinanti o adiacenti, o quanto meno facilmente raggiungibili da parte degli utenti della scuola stessa.

In tal modo gli spazi a disposizione per le diverse attività, in orari scolastici e non, risultano amplificati e usufruibili nel tempo senza soluzione di continuità o quasi.

Intercambiabilità delle sedi tra i vari gradi di istruzione scolastica

Si raccomanda infine l'intercambiabilità delle sedi tra scuola materna ed elementare, piuttosto che elementare e media inferiore, nonché la possibilità di integrazione dei diversi gradi.

In modo particolare ci si preoccupa di una distribuzione sul territorio degli stessi tale da garantire il più possibile l'accessibilità della popolazione e da configurare plessi di dimensioni economicamente e pedagogicamente validi, con possibilità di dotazione e/o integrazione di strutture di servizi (palestre, biblioteche, ma anche verde e collegamenti vari, pedonali e non, reti di trasporto pubblico).

Il criterio di intercambiabilità permetterà sempre, quando ovviamente se ne verifichino tutte le condizioni, di costituire nuclei di scuole funzionali all'interno di un unico edificio: ad esempio scuola elementare e media (coordinate con una determinata scuola materna), anziché scuola elementare collocato in un edificio a sé stante allo stesso modo della scuola media.

L'edificio acquista così un grado di variabilità che gli consente di stare al passo con i mutamenti delle leggi (che prevedano per esempio l'eventuale abbassamento dell'età scolare), il superamento di determinati sistemi didattici o le variazioni della struttura demografica.

2.4. Le caratteristiche architettoniche del progetto attuale

Il progetto per l'istituto scolastico "Il Guercino" non possiede caratteri di unicità ed esclusività; esso infatti fa parte di una pianificazione a scala urbana, più ampia e generale, il cui scopo principale risiedeva nel dotare la città stessa di edifici scolastici idonei al soddisfacimento delle esigenze correnti, di cui in quel momento¹⁹ risultava effettivamente deficitaria.

Si doveva costruire dunque nel più breve tempo possibile per rispondere efficacemente alle esigenze manifestatesi nel periodo; per farlo la soluzione che l'amministrazione pubblica decide di adottare è basata sulla realizzazione di un progetto-modello, dai caratteri standardizzati ma comunque modulabili al fine di poter utilizzare lo stesso in qualsiasi luogo della città, modulandone e adattandone volta per volta, a seconda delle esigenze del luogo, le dimensioni, la composizione reciproca dei vari blocchi di cui si compone, l'orientamento.

Per garantire l'adattabilità del modello standard alle situazioni specifiche del contesto ambientale entro il quale esso si sarebbe collocato, sono stati adottati alcuni accorgimenti:

- impiego di una struttura puntuale, formata da componenti prefabbricati (travi e pilastri) in cemento armato disposti secondo una griglia modulare di 1,20 m x 1,20 m; essa consente la normalizzazione dei tamponamenti interni

¹⁹ Ci riferiamo a quel periodo che si colloca tra la fine degli anni '60 e l'inizio degli anni '70.

ed esterni, anch'essi rispondenti alla medesima griglia, dei serramenti, delle scale, dei blocchi di servizio, ecc. La scelta della prefabbricazione è motivata dal fatto che, in previsione di un intervento nel comprensorio bolognese concentrato entro un breve periodo di tempo, essa può garantire il rispetto dei tempi di esecuzione contemporaneamente al raggiungimento di un livello costruttivo di buona qualità. La prefabbricazione comporta inoltre una riduzione dei costi dal momento che risulta possibile la programmazione dell'acquisto di cospicue forniture di materiali da impiegare in diversi edifici, ammortizzando il costo di casseri e strutture di produzione.

- individuazione di 4 componenti spaziali principali con cui è possibile comporre scuole primarie o secondarie di I grado da un minimo di 9-10 classi ad un massimo di 25 classi:
 - blocco aule
 - palestra
 - elemento di collegamento della primaria
 - elemento di collegamento della scuola secondaria di I grado.

L'impiego di componenti da assemblare secondo schemi variabili consente di appoggiare le esigenze di flessibilità, di attuare in ogni singola soluzione edilizia gli orientamenti che a livello di gestione scolastica e urbanistica ciascun quartiere desidera assumere. La composizione dei quattro elementi base e la loro caratterizzazione interna è infatti sufficientemente elastica da permettere un ampio numero di soluzioni alternative, pur limitando il numero e le soluzioni tecnologiche dei componenti.

Gli obiettivi del progetto originario vengono dichiarati in modo esplicito all'interno della relazione²⁰ redatta dal "Dipartimento Assetto Territoriale e Servizi Tecnici -

²⁰ La relazione a cui si fa riferimento è intitolata "Piano di edilizia scolastica per la qualificazione delle strutture per le scuole pubbliche, dall'asilo alle medie inferiori", 1983 – Bologna.

Settore Progettazione ed attuazione - Unità operativa edilizia scolastica”, da noi personalmente reperita presso gli archivi del Comune di Bologna.

Essi coincidono in primis con la volontà di costituire spazi idonei all’esercizio del tempo pieno (ambienti adibiti alla refezione per esempio), spazi caratterizzati da una configurazione architettonica articolata e tale da trasmettere al fruitore una sensazione di continua scoperta, nonché spazi facilmente accessibili dall’esterno, sufficientemente ampi e flessibili da consentire l’utilizzo delle attrezzature scolastiche da parte di tutti i cittadini (come biblioteca, aule per riunioni e proiezioni, spazi per attività sportive, ecc.) in accordo con quanto l’amministrazione comunale bolognese perseguiva ormai da anni e con le indicazioni dell’art.1 della legge 5.08.1975 n°412²¹.

Gli standard adottati sono quelli enumerati all’interno del decreto ministeriale del 21.03.1970²²; l’ipotesi di organizzazione degli spazi è stata formulata sulla base dell’esperienza dei progetti e delle realizzazioni precedenti, verificati, insieme all’Assessore all’istruzione del tempo, con insegnanti e cittadini.

Questi edifici dispongono perciò della stessa superficie prevista dalla normativa vigente ma propongono un uso alternativo degli spazi, elaborato secondo diverse ipotesi di gestione della scuola che si prevede di attuare.

Si è tenuto conto cioè tanto di un uso tradizionale degli ambienti, quanto di una più libera organizzazione delle aree idonee all’attività di gruppo che comporta la disponibilità di spazi da strutturare con l’arredo in schemi variabili.

Le scelte architettoniche che caratterizzano il progetto sono:

- una spiccata simmetria compositiva, simmetria che viene rispettata sia lungo l’asse longitudinale dell’edificio, sia lungo l’asse trasversale:
- la struttura a piastra su due piani che rappresenta la soluzione più compatta e quindi al tempo stesso economica e idonea alle comunicazioni interne;

²¹ Si tratta della legge nota come “Norme sull’edilizia scolastica e piano finanziario d’intervento”.

²² Si tratta del D.M. noto come “Norme tecniche relative all’edilizia scolastica, ivi compresi gli indici minimi di funzionalità didattica, edilizia e urbanistica, da osservarsi nella esecuzione di edilizia scolastica”.

- la suddivisione in due nuclei di 12 classi ciascuno dotati di servizi, dunque autonomi, se si esclude la palestra e i locali annessi (spogliatoi studenti ed insegnanti, servizi igienici completi di docce, infermeria) che appunto viene condivisa da entrambe le ali e posta per questo in posizione baricentrica. L'autonomia totale o parzialmente tale di ciascuno di questi nuclei è imprescindibile affinché essi possano saldarsi, anche e soprattutto in tempi successivi, con un certo numero di altri elementi simili dando origine ad una vasta gamma di scuole di dimensione variabile. In questo modo, tipologie analoghe si adattano facilmente alle esigenze dell'area di impianto al progressivo accrescersi della popolazione, alla disponibilità di finanziamenti incompleti che spesso maturano in tempi molto dilatati;
- la più ampia accessibilità e percorribilità (se si esclude la fruizione da parte dei disabili effettivamente oggi negata da quanto abbiamo personalmente rilevato) degli spazi interni ed esterni al fine di favorire l'integrazione anche fisica con l'ambiente. E' per questo motivo che è previsto un accesso diretto all'ambiente esterno per ogni aula, esterno che al piano terra è rappresentato dal grande parco in cui l'edificio scolastico è immerso, mentre al piano primo dai terrazzi disposti lungo l'asse di simmetria longitudinale dell'edificio. Inoltre ogni aula possiede anche uno spazio di svago o comunque polifunzionale all'interno dell'edificio stesso, che coincide al piano primo con gli atelier, al piano terra con piccole aree ricavate all'interno degli ampi spazi comuni attraverso gli arredi (all'oggi occupati da materiale e attività incongrue rispetto a tale previsione);
- la comunicazione diretta e quindi anche visiva tra il ballatoio che funge da elemento distributivo del piano primo e zone comuni al piano terra;
- accesso esterno indipendente alla palestra e alle aule speciali.

Ricordiamo che sebbene oggi l'edificio ospiti esclusivamente una scuola secondaria di I grado, all'epoca della sua realizzazione viene prevista al contrario la contemporanea collocazione al suo interno di una scuola elementare ed una media, ciascuna collocata in una delle due ali in cui si articola l'edificio scolastico.

Nel progetto originale, oggi fortemente intaccato (lo vedremo in dettaglio nei prossimi capitoli), ogni ala costituisce un blocco che possiede un accesso indipendente e può godere di una certa autonomia di gestione (se si esclude l'attività motoria che si svolge all'interno della palestra condivisa da entrambi i blocchi) organizzando l'attività del tempo pieno per un numero di allievi non superiore a trecento.

Nell'ala adibita a scuola secondaria di I grado le aule speciali (laboratori) sarebbero situate al piano terra, le aule normali sarebbero disposte invece su due livelli lungo i lati maggiori dell'edificio.

L'atrio centrale si identificherebbe come un ambiente polivalente illuminato ed areato naturalmente, articolato in modo variabile come espansione diretta delle aule normali o speciali, al fine di consentire di effettuare attività ricreative o didattiche ai singoli o ai gruppi di lavoro.

La stessa funzione dell'atrio centrale al piano primo sarebbe svolta dagli atelier attigui alle aule tradizionali, da utilizzare anche come zona pranzo al momento della refezione, analogamente a quanto avviene per la scuola materna bolognese.

Questa zona avrebbe dovuto essere organizzata con arredo mobile (contenitori di vario genere, tavoli componibili, lavabi, mobiletto spogliatoio, ecc.) adatto a suddividere lo spazio in zone di varie dimensioni, anche piccole, in modo che lo spazio stesso avrebbe potuto organizzarsi a seconda delle necessità (zona di lavoro singolo, lavori di gruppo, grandi gruppi, zona riunioni).

L'ala adibita a scuola primaria sarebbe risultata del tutto simile alla media, se non che gli atri centrali sarebbero stati sostanzialmente adibiti all'espletamento delle attività manuali grafico-pittoriche e scientifiche, che seppure non previste dalle norme di edilizia scolastica, sarebbero state svolte nelle scuole in cui fosse contemplato il tempo pieno.

La grande palestra a doppia altezza, vero e proprio nodo dell'edificio, avrebbe potuto essere all'occorrenza suddivisa verticalmente con una parete mobile in più zone in cui effettuare l'attività motoria o allestire un campo da minibasket o uno da pallavolo, entrambi regolamentari. Al suo interno, sarebbe stata attraversata da un percorso elevato che avrebbe collegato le due ali dell'edificio scolastico anche alla quota del piano primo.

2.5. Un modello educativo di avanguardia in un edificio obsoleto

Il piano scuola digitale

Oggi alcuni degli obiettivi didattici elencati nel precedente paragrafo sono fortemente perseguiti dalla scuola secondaria di I grado "Il Guercino", la quale aderisce con particolare propositività al *Piano Scuola Digitale* promosso dalla D.G.S.S.S.I.²³, che insieme ad Indire²⁴, si qualifica come uno tra gli organi più importanti facenti capo al Ministero dell'Istruzione, dell'Università e delle Ricerche, atto a modificare gli ambienti di apprendimento attraverso l'integrazione delle tecnologie nella didattica.

Le motivazioni alla base del Piano Scuola Digitale si ravvisano nella volontà di superare la contraddittorietà di cui sono ricchi i molteplici stimoli culturali in cui sono spesso immersi la scuola e gli studenti.

Il Piano sottolinea come occorra infatti riorganizzare la didattica in modo da aiutare gli studenti a superare la frammentazione della conoscenza e ad integrare le discipline in nuovi quadri d'insieme.

²³ La D.G.S.S.S.I., Direzione Generale per gli Studi, la Statistica e i Sistemi informativi si occupa della gestione e dello sviluppo del sistema informativo del MIUR ed attua le linee strategiche per la riorganizzazione e la digitalizzazione dell'Amministrazione.

²⁴ L'Indire, Istituto Nazionale di Documentazione, Innovazione e Ricerca Educativa, è il più antico ente di ricerca del Ministero dell'Istruzione, nonché il punto di riferimento per la ricerca educativa: sviluppa nuovi modelli didattici, sperimenta l'utilizzo delle nuove tecnologie nei percorsi formativi, promuove la ridefinizione del rapporto fra spazi e tempi dell'apprendimento e dell'insegnamento. L'Indire vanta una consolidata esperienza nella formazione in servizio del personale docente, amministrativo, tecnico e ausiliario e dei dirigenti scolastici ed è stato protagonista di alcune delle più importanti esperienze di e-learning a livello europeo.

Per questo è necessario trasformare gli ambienti di apprendimento, i linguaggi della scuola, gli strumenti di lavoro ed i contenuti: l'innovazione digitale in particolare rappresenta per la scuola l'opportunità di superare il concetto tradizionale di classe, per creare uno spazio di apprendimento aperto sul mondo nel quale costruire il senso di cittadinanza e realizzare “*una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva*”, niente meno che le tre priorità di Europa 2020²⁵.

Se dunque i programmi del MIUR di prima generazione prevedono un primo avvicinamento del mondo della scuola all'uso delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione, gli stessi evolvono oggi in una dimensione nella quale la tecnologia si integra costantemente e diffusamente nella didattica di classe: non più la classe in laboratorio ma il laboratorio in classe, ossia la Cl@sse 2.0.

Cl@ssi 2.0

L'Azione Cl@ssi 2.0, che presenta a livello internazionale dei progetti gemelli²⁶, ha avuto inizio durante l'anno scolastico 2009 -'10 con 156 classi appartenenti al I grado di scuola secondaria. Gli alunni e i docenti che partecipano a questo progetto possono disporre durante la lezione di dispositivi tecnologici e devices multimediali, mentre le aule vengono dotate di Lavagne Interattive Multimediale e apparati idonei alla connessione internet.

Ai fini del reclutamento delle classi pilota l'ufficio V della D.G.S.S.S.I. ha predisposto la strategia operativa, trasmesso i fondi agli UU.SS.RR.²⁷ delegati alla scelta effettiva, predisposto il bando per acquisire la disponibilità degli istituti scolastici, organizzato una serie di incontri per mantenere il coordinamento e la collaborazione dei vari soggetti coinvolti.

Gli istituti partecipanti sono stati selezionati a seguito della candidatura inviata dagli stessi agli UU.SS.RR. dopo la pubblicazione del bando.

²⁵ Europa 2020 è la strategia decennale per la crescita e l'occupazione che l'Unione europea ha varato nel 2010. Non mira soltanto a superare la crisi ma vuole anche colmare le lacune del modello europeo di crescita e crearne condizioni più intelligenti, sostenibili e solidali.

²⁶ In Spagna il progetto *Escuelo 2.0* e in Inghilterra il progetto *Capital*

²⁷ Si tratta degli Uffici Scolastici Regionali

Sebbene le classi candidatesi all'iniziativa siano state 2.361 (sintomo di una risposta più che positiva), è stata scelta una precisa quantità di edifici per regione in base al numero di classi attive nell'anno scolastico precedente a quello di lancio del progetto (ossia il 2008 -'09) ed al numero medio di classi presenti in ciascuna regione.

Ai fini della scelta definitiva delle classi pilota sono stati valutati sia i progetti innovativi eventualmente sviluppati negli anni passati dagli istituti candidatisi, sia le capacità in ambito didattico e tecnologico dei docenti del consiglio di classe, piuttosto che la disponibilità offerta dagli enti locali nei confronti di un loro coinvolgimento e contributo.

Inoltre gli istituti scolastici che hanno presentato la propria candidatura hanno dovuto assicurare che l'intero Consiglio di classe fornisca la propria disponibilità ad attuare l'iniziativa.

Le Cl@ssi 2.0 inoltre costruiscono, con il supporto di A.N.S.A.S.²⁸, in collaborazione con i suoi Nuclei Regionali, e di una rete di Università associate, un progetto didattico per la sperimentazione di metodologie didattiche avanzate e per le conseguenti scelte delle dotazioni tecnologiche di cui dotarsi.

La Fondazione Agnelli e la Fondazione della Compagnia di San Paolo invece realizzano in corso d'opera e con continuità un'attività di monitoraggio, controllo e valutazione del livello di raggiungimento degli obiettivi per quanto riguarda i progetti attuati.

Per il raggiungimento degli obiettivi previsti dal Progetto Cl@ssi 2.0, è fondamentale ottenere la più ampia possibilità di usufruire delle tendenze diffuse negli ultimi anni nell'ambito dei servizi e degli strumenti a supporto dell'apprendimento.

Questi infatti si presentano come applicazioni di facile uso che non richiedono specifiche competenze, rendendo quindi indipendente l'utente.

²⁸ L'A.N.S.A.S., Agenzia Nazionale per lo Sviluppo dell'Autonomia Scolastica, viene istituita con la legge n°296 del 27.12.2006 per svolgere le funzioni e i compiti svolti dall'Istituto Nazionale di Documentazione per l'Innovazione e la Ricerca Educativa (INDIRE) e degli Istituti Regionali di Ricerca Educativa (IRRE) dei quali la stessa legge contestualmente dispone la soppressione.

Tra tali tecnologie rientrano soprattutto le Lavagne Interattive Multimediali (LIM) la cui rapida diffusione ha dimostrato l'alto potenziale dei dispositivi elettronici nel guidare il cambiamento degli ambienti di apprendimento.

Alcuni report d'indagine²⁹ infatti rivelano che:

- i modelli pedagogici, costruttivista e sociocostruttivista, includono i devices tecnologici come strumenti per potenziare la didattica tradizionale che privilegi un approccio attivo, compiti aperti che mirino alla riflessione sul processo ed alla personalizzazione dei percorsi di apprendimento;
- la presenza sempre più diffusa e naturalizzata nella scuola da qui a dieci anni delle tecnologie renderà necessario all'insegnante sviluppare e mettere in campo competenze oggi ancora timidamente espresse;
- gli spazi dell'apprendimento a livello strutturale probabilmente resteranno immutati, ma la differenziazione dei modelli di apprendimento sarà orientata prevalentemente alla collaborazione tra studenti e alla personalizzazione dei contenuti/percorsi sia per il modello classe tradizionale che per modelli diversi da questa;
- i vincoli strutturali saranno sempre di più superati dall'estensione dello spazio classe in ambienti di apprendimento virtuale (VLE) e sistemi di gestione dei contenuti, LMS (Learning Management System), a cui si sono associati strumenti del Web 2.0;
- sul fronte contenuti didattici digitali se ne rileva l'autoproduzione da parte dall'utente, pratica che potrebbe diffondersi sempre più se si trovassero standard descrittivi adeguati;
- la grande diffusione delle Lavagne Interattive Multimediali e di superfici interattive in generale avvierà l'ampliamento del numero di devices tecnologici (tablet, netbook, ebook, risponditori, ecc.) che orienteranno l'attività didattica sempre più verso la collaborazione;

²⁹ 2020 Vision - Report of the Teaching and Learning in 2020

- la valorizzazione dell'apprendimento informale sarà un ulteriore fattore chiave all'interno di una società in cui richiamare l'attenzione risulterà sempre più complicato. In questa direzione l'uso di giochi, ambienti immersivi e augmented reality, richiederà ulteriori approfondimenti di ricerca per far sì che questi vengano considerati come potenziali scenari di apprendimento;
- gli esiti di alcuni progetti in paesi europei ed extraeuropei dimostrano che la formazione degli insegnanti sia metodologica che tecnologica rivela l'estrema importanza della qualità della stessa e della necessità di identificarne nuovi modelli adeguati;
- la presenza diffusa delle nuove tecnologie sia in forma di strumenti (risponditori, ecc.) che in forma di applicazioni web 2.0 (wiki, blog, contenuti digitali, ecc.) consente di attivare processi di valutazione degli apprendimenti e di identificare le preferenze degli studenti. L'uso di questi strumenti probabilmente modificherà la valutazione formativa, mentre la valutazione sommativa manterrà un approccio basato sulla misurazione degli apprendimenti a partire da prove oggettive di valutazione;
- i genitori, che risultano sempre più coinvolti e partecipi nel processo di crescita e formazione dei figli, si mostrano favorevoli all'adozione di nuovi strumenti.

La logica del progetto *CI@ssi 2.0* tende a valorizzare l'attuazione di più modelli di innovazione che possano generare un contagio nel territorio, anche tra quelle scuole che non partecipano all'iniziativa. In quest'ottica si auspica che si realizzi una casistica eterogenea di modelli di miglioramento che il progetto intenda promuovere e che comprendono più aspetti: quello organizzativo, piuttosto che quello didattico. Il focus non ruota attorno alla tecnologia in senso stretto, ma alle dinamiche di innovazione che può innescare.

Lavagna Interattiva Multimediale (LIM)

Gli studi e le esperienze condotti in Italia e in Europa individuano nella Lavagna Interattiva Multimediale (LIM) uno strumento efficace per promuovere un percorso graduale di innovazione nella didattica.

La LIM, corredata da un videoproiettore e da un pc, permette infatti che la didattica in ambiente digitale sia una esperienza quotidiana e non un evento episodico.

Essa svolge un ruolo chiave per l'innovazione della didattica: è uno strumento "a misura di scuola" che consente di integrare le Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione nella didattica in classe e in modo trasversale alle diverse discipline.

L'innovazione delle pratiche educative è un processo di profonda trasformazione, per cui il docente necessita di essere sostenuto nella sua esperienza professionale: l'Agenzia Nazionale per lo Sviluppo dell'Autonomia Scolastica ha progettato pertanto un percorso di accompagnamento all'adozione della tecnologia LIM attraverso un piano di formazione mirato, volto a costruire una pratica riflessiva e a offrire ai docenti un supporto per la progettazione e la conduzione di attività didattiche con la lavagna multimediale stessa.

L'acquisizione delle LIM da parte degli istituti scolastici è in ogni caso prescindibile dalla loro partecipazione al Progetto Cl@ssi 2.0, indispensabile al contrario in caso di partecipazione a quest'ultimo. Per esempio infatti, può verificarsi (come avviene per il caso studio oggetto di tesi) che all'interno di uno stesso istituto scolastico tutte le classi o quasi, o comunque più di una, siano dotate di LIM, mentre solo una delle classi in essere partecipino al Progetto Cl@ssi 2.0. E' per questo che all'inizio dell'avventura rappresentata dal Piano Scuola Digitale si sono previsti due canali di possibile partecipazione da parte degli istituti scolastici: quello del Progetto Cl@ssi 2.0 di cui abbiamo ampiamente parlato e il progetto LIM.

Le risorse sono state distribuite a seguito della candidatura delle singole scuole che, oltre ad assicurare una serie di attività organizzative, promettessero di impegnare almeno tre docenti per ogni LIM nel piano di formazione e di integrare la LIM nella didattica quotidiana.

Durante l'anno scolastico 2009-'10, anno di avvio del Progetto scuola digitale, hanno risposto positivamente alla possibilità di dotarsi di LIM circa tre scuole su quattro, con richieste per un totale di 11.234 kit tecnologici e ben 41.850 docenti offertisi per seguire i corsi di formazione predisposti in collaborazione con i suoi Nuclei Regionali dall'A.N.S.A.S per poi utilizzare la LIM nella didattica quotidiana.

E' in questo senso che la D.G.S.S.S.I, in collaborazione con gli Uffici Scolastici Regionali, ha favorito l'aggregazione degli istituti scolastici richiedenti la LIM tramite accordi di rete.

Per ciascuna rete, si è individuata una scuola capofila che ha proceduto all'acquisto delle LIM sul Mercato Elettronico per la Pubblica Amministrazione (MePA), con il supporto di CONSIP³⁰ per garantire la massima trasparenza in tutte le fasi e permettere flessibilità e qualità degli acquisti effettuati.

La partecipazione dell'istituto scolastico "Il Guercino" al Progetto scuola digitale

L'istituto scolastico "Il Guercino" partecipa attivamente all'avventura rappresentata dal *Progetto scuola digitale* sin dal primo anno scolastico in cui esso è stato proposto (2009-'10) sia aderendo all'*Azione Cl@ssi 2.0* con l'allora classe 1A, sia dotandosi progressivamente di una LIM in ogni aula.

La media è stata infatti ammessa al finanziamento dell'*Azione Scuol@ 2.0*, ricevendo complessivamente una somma pari a 750.000 €, insieme, per quanto riguarda l'Emilia Romagna, a tre scuole, occupanti le prime posizioni in graduatoria, site nelle aree colpite dal terremoto del 2012 di cui al DL 74/2012: IPSIA "F.lli Taddia" a Cento (FE), IC a San Pietro in Casale (BO), Scuola secondaria di I grado "Montanari" a Mirandola (MO); tra le rimanenti scuole, l'Istituto "Il Guercino" si è classificato a pari punteggio con gli altri due della regione: ITIS "Aldini-Valeriani" a Bologna e Liceo Scientifico "Bertolucci" Parma.

³⁰ CONSIP è una società per azioni del Ministero dell'Economia e delle Finanze ed opera al servizio esclusivo della Pubblica Amministrazione. La Società svolge attività di consulenza, assistenza e supporto nell'ambito degli acquisti di beni e servizi delle amministrazioni pubbliche.

La somma stabilita in 750.000 € sarà finanziata ed erogata nel tempo dal MIUR per complessivi € 500.000 e dalla Regione Emilia Romagna per complessivi € 250.000. Con un importo inizialmente erogato di € 50.000 l'istituto scolastico ha inteso ed intende, come leggiamo all'interno del suo sito web, *“innovare ancora di più di quanto abbiamo già fatto gli ambienti di apprendimento, l'organizzazione della didattica, gli spazi e la qualità del tempo a scuola. L'idea è di utilizzare le nuove tecnologie multimediali, la rete e diverse organizzazioni di tempo-spazio per migliorare la qualità dell'apprendimento. Si tratta di superare il concetto di scuola come contenitore chiuso e dare attuazione al principio dell'apprendimento e dell'insegnamento come processo di facilitazione delle interazioni fra gli studenti e tra gli studenti ed i docenti. La scuola è molteplicità: è spinta a ricercare soluzioni che sappiano coniugare l'integrazione delle risorse, delle forme comunicative, degli strumenti di interazione a distanza, verso una logica che privilegia la sostenibilità. E' la tendenza a valorizzare il blended learning e ancor più il complex learning per coniugare le ragioni della presenza con quelle della distanza, quelle dell'aula con quelle dello spazio virtuale. Il progetto vuole realizzare percorsi di ricerca-azione didattica nell'ambito disciplinare dei linguaggi multimediali: stabilire rapporti di consulenza scientifico - laboratoriale con l'Università e con Istituti di alta cultura; sviluppare l'attitudine al monitoraggio, all'autovalutazione e alla documentazione; inoltre vuole promuovere iniziative di formazione interdisciplinare e verticale, sviluppare un apprendimento collaborativo tra studenti e tra studenti ed insegnanti, sviluppare una didattica centrata sullo studente e sui suoi bisogni, infine organizzare percorsi pluridisciplinari reinterpretando il sapere. Partendo dal mantenimento della funzionalità delle dotazioni tecnologiche già esistenti (Intranet, server, mediateca, pc in rete, LIM, cablaggio e wi-fi), si pensa di incrementare, potenziare e dotarsi di nuovi strumenti, anche se non omogenei, che avranno il compito di interagire, comunicare tra loro, scambiarsi e/o riutilizzare informazioni integrabili, dove l'accessibilità sia potenziata al massimo (multiplatforma) insieme alle dotazioni tecnologiche, come supporto alla didattica e ai servizi ad essi correlate. Nello specifico: il kit LIM, soluzioni di mobile learning che contemplino l'uso di tablet, notebook, altri dispositivi mobili in grado di interagire con ambienti cloud, webapplication e*

ambienti online per la didattica e per l'e-learning (vedi piattaforma Moodle di cui siamo già in possesso)”.

Ricordiamo inoltre che la scuola risulta relativamente all'avanguardia in merito all'aspetto dell'interazione digitale con “la comunità”, possedendo infatti un proprio blog, un canale YouTube, una piattaforma Moodle che abbiamo menzionato poco fa e ricorrendo al registro elettronico per la comunicazione in tempo reale ai genitori degli studenti di assenze e votazioni relative a questi ultimi.

Un ultimo aspetto di cui tratteremo più approfonditamente all'interno del capitolo riguardante le criticità che caratterizzano l'edificio scolastico oggetto di tesi, ma che vale la pena almeno sfiorare, è sicuramente rappresentato dalla difficoltà di tener fede alla partecipazione al Progetto scuola digitale da parte della scuola stessa a causa della situazione in cui essa verte sotto vari punti di vista.

Innanzitutto la mancanza di sufficiente spazio fisico, elemento imprescindibile sia per la collocazione dei kit LIM, sia per dare la possibilità alla classe di assumere una configurazione meno rigida, favorendo così modalità di apprendimento alternativo, per esempio attraverso il lavoro di gruppo.

Un ulteriore problema è rappresentato dall'illuminamento naturale di cui si avvale la scuola che risulta inappropriato ai fini di garantire contemporaneamente una confortevole lettura delle LIM e la possibilità di prendere appunti, leggere libri, ecc. Per poter infatti eseguire le due attività contemporaneamente si dovrebbe creare una situazione di penombra piuttosto che di buio totale compensato tuttavia da una fonte di luce artificiale non troppo intensa collocata su ogni banco.

Al contrario la realtà dei fatti corrente prevede o l'inutilizzabilità dei sistemi oscuranti, non funzionanti, rovinati dal tempo o vandalizzati, costringendo dunque gli utenti ad una situazione di luce piena, o l'oscuramento completo delle aule ove i sistemi oscuranti siano in funzione, non essendoci la possibilità di modularne l'effetto e non possedendo fonti di luce puntuale da collocare nella postazione di ciascun studente.

Ancora, la totalità delle risorse tecnologiche non può essere sfruttata complessivamente negli stessi momenti in quanto l'impianto elettrico, ormai obsoleto, non sorregge il carico imposto da più dispositivi in funzione.

In ultimo si sente la mancanza di un'aula multimediale che consenta lo sviluppo di attività collettive, in cui accorpare i devices tecnologici più avanzati e riunire più funzioni: biblioteca, mediateca, aula didattica, laboratorio creativo e scientifico, ecc.

La scuola “Il Guercino”: analisi dell’assetto architettonico

3.1. Discrepanze tra lo stato di fatto ed il progetto originario realizzato

Confrontando le tavole esecutive del progetto originario con le caratteristiche e le modalità di utilizzo effettivo, rilevate direttamente, degli ambienti all'interno della scuola "Il Guercino", uno degli aspetti che maggiormente colpisce è la discrepanza, sotto vari punti di vista, tra il sistema funzionale ipotizzato dai progettisti e quello attualmente in essere.

La principale causa di tale gap è la sostanziale mancanza di spazio rispetto alle necessità che la scuola all'oggi manifesta, anche in relazione alla tipologia di attività didattica cui essa fa riferimento: decisamente tecnologizzata ed aperta ad attività collettive e dinamiche.

Sebbene infatti la promozione della sperimentazione tecnologica (ovviamente relazionata ai dispositivi dei primi anni '80) e del lavoro di gruppo in ambito didattico sia una prerogativa delle soluzioni spaziali adottate dai progettisti, oggi gli ambienti preposti all'assolvimento di tali funzioni risultano essere occupati da arredi e dispositivi di vario genere del tutto incongrui con le attività prospettatesi originariamente.

La situazione degli ambienti collettivi non è l'unica a risultare critica all'interno dell'edificio: esso subisce in più punti una generale disorganizzazione e promiscuità di fruizione, tale da non garantire riservatezza ove questa sarebbe auspicabile (attività amministrative e direzionali, attività burocratiche degli insegnanti, ricevimento dei genitori, ecc.), né tantomeno possibilità di aggregazione (se escludiamo la palestra).

Gli atri

L'esempio sicuramente più calzante in questo senso è rappresentato dai grandi atri al piano terra, uno per ogni ala in cui si suddivide l'edificio scolastico.

Pensati originariamente come spazi polivalenti ed opportunamente suddivisibili al loro interno attraverso arredi mobili, oggi si presentano come ambienti completamente disorganizzati, privi di alcuna caratterizzazione, ed esposti a forte promiscuità di utilizzo.



Fig. 3_L'atrio incongruamente occupato

Gli atrii infatti avrebbero dovuto provvedere prima di tutto a sostenere una funzione ricreativa e di raduno, supportando l'incontro e la socializzazione, contemporaneamente costituendo una naturale espansione delle classi al piano terra, così come avviene al piano primo nel caso degli atelier. Tale appendice, ottenibile configurando variamente l'arredo mobile in corrispondenza degli accessi alle classi, avrebbe infatti dovuto dare la possibilità di effettuare attività didattiche di

gruppo (in opposizione al consueto svolgimento della lezione frontale all'interno della classe tradizionale) e di ricreazione controllata in quanto limitata ad uno spazio circoscritto³¹.

La stessa avrebbe inoltre dovuto provvedere al momento della refezione in caso di tempo prolungato.

E' infatti una pratica legata alla concezione delle scuole progettate nello stesso periodo in cui sorge la scuola "Il Guercino" quella di ridurre al minimo la previsione di grandi ambienti monofunzionali (un esempio tipico è appunto quello della mensa collettiva) e di sfruttare al contrario per più funzioni un medesimo ambiente.

Quello che tuttavia inizialmente e positivamente era inteso come flessibilità, oggi si è tramutato in disorganizzazione e commistione indiscriminata: tali spazi sono infatti diventati luogo di deposito e archiviazione per documenti, registri e compiti di verifica, di esposizione, in alcun modo valorizzata, di trofei e piccoli progetti artistici rispettivamente conquistati e realizzati dagli studenti, di ricevimento dei

³¹ Ci è stata infatti sottolineata da parte della dirigente scolastica la necessità di tenere sotto controllo i ragazzi nei momenti di svago a causa di tristi episodi di bullismo che si sono verificati spesso in passato.

genitori da parte degli insegnanti, di riunione da parte di questi ultimi (manca infatti sia un archivio che un'aula insegnanti), di stazionamento dei collaboratori scolastici, in quanto sprovvisti di un proprio spazio in cui collocarsi quando non impegnati nelle attività di pulizia e di sorveglianza.

Ancora, l'atrio collocato nell'ala sud della scuola ospita la funzione di mensa collettiva, certo adempiendo all'idea di polifunzionalità di cui parlavamo poche righe sopra, ma in un modo completamente diverso da quello originariamente ipotizzato.

Le condizioni infatti sono assolutamente differenti rispetto a trent'anni fa: il tempo prolungato è entrato effettivamente in disuso, facendo diminuire drasticamente la quantità di ragazzi che rimane a scuola anche durante il pomeriggio e che dunque necessitano di pranzarvi.

La scuola "Il Guercino" organizza dal canto suo attività pomeridiane di vario genere come corsi di musica, di inglese con un insegnante madrelingua, sportivi a vario titolo, di danza, di sostegno per gli studenti affetti da DSA (Disturbo Specifico dell'Apprendimento), di supporto nello svolgimento dei compiti per casa, ecc.

Sono circa 40/50 i ragazzi coinvolti in queste attività, dunque pochi rispetto ai 600 totali; da qui nasce l'esigenza di raccogliarli in uno stesso ambiente durante il momento del pranzo in modo che, anche a causa dei generali tagli all'istruzione e quindi al personale scolastico, siano al massimo 2 gli educatori o i collaboratori scolastici a vigilare sui ragazzi e seguirli durante la refezione.

Se il gruppo di 50, o quasi, si smembrasse in più sottogruppi è chiaro che 2 educatori non risulterebbero sufficienti.

La suddivisione in tanti gruppi, corrispondenti al numero di classi presenti all'interno dell'edificio scolastico, ognuno dei quali avrebbe provveduto alla propria refezione all'interno degli atelier (al primo piano) e delle appendici delle aule stesse collocate negli atrii (al piano terra), è una pratica che poteva realizzarsi anni addietro; cioè fino a quando il tempo pieno risultava essere in vigore, dunque finché l'affluenza al servizio mensa è risultata corposa e il personale di conseguenza presente in numero elevato.

In quel caso far confluire circa 600 soggetti nello stesso ambiente avrebbe infatti certamente creato non pochi problemi, se non altro di disordine generale.

Le aule



Fig. 4 _L'aula di musica all'interno dei locali originariamente pensati per la presidenza

Le aule, comunque non troppo spaziose seppur rispettanti le grandezze imposte dalla normativa, hanno invaso spazi originariamente pensati per ospitare laboratori ed attività amministrative, anche per il fatto che queste ultime necessitano di spazi più ampi rispetto a quelli previsti e di conseguenza occupano a loro volta gli ambienti destinati alle aule stesse.

Questo avviene nel caso dei laboratori di educazione artistica e di scienze naturali, eliminati a favore dell'inserimento di due aule di concezione tradizionale, con evidente perdita da parte dei ragazzi della possibilità di sperimentare e di realizzare attività pratiche, anch'esse utili nel percorso di formazione.

Qualcosa di simile si riscontra nel caso dell'aula di educazione musicale e delle aule di sostegno: esse sono state collocate al posto dell'area che si sarebbe dovuta destinare alla presidenza e ai collaboratori amministrativi.

Tale area si colloca in posizione centrale rispetto all'edificio, tuttavia in corrispondenza del piano primo e del passaggio sopraelevato che collega, alla quota del piano stesso, le due ali in cui l'edificio si articola.

Il passaggio in questione si affaccia senza soluzione di continuità (non è schermato da tramezzi, vetrate o filtri di alcun genere) sulla palestra, determinando come quantomeno inconsueta la collocazione dell'aula di musica e di sostegno, funzioni per le quali servirebbe bassa rumorosità al fine di conciliare la concentrazione.

Gli uffici



Fig. 5 Gli uffici ricavati all'interno di un'aula

Anche dal punto di vista metaforico, la posizione panoptica dell'area ipotizzata dai progettisti come finalizzata a contenere la dirigenza dell'edificio scolastico risulta senza dubbio evocativa.

Il fatto che essa sia stata traslata al piano terra per far spazio alle aule di musica e di sostegno, è legato al poco spazio disponibile rispetto al personale impiegato e alle necessità di archiviazione dei documenti.

Il trasferimento degli uffici dal piano primo al piano a terra al posto di ben

4 classi, non ha comunque risolto il problema di insufficienza spaziale, dal momento che l'archivio presenta ancora oggi una capienza eccessivamente limitata ed inadatta a contenere l'elevata quantità di documenti amministrativi e compiti in classe prodotti durante l'anno scolastico, occupando in tal modo le armadiature poste all'interno degli atri, come enunciato precedentemente.

Anche l'aspetto della promiscuità tra funzione amministrativa e funzione didattica a nostro avviso non è un aspetto di poco conto: è bene che i ragazzi siano liberi di

muoversi, sempre nel rispetto delle regole educative che la scuola deve conferire loro, all'interno degli spazi di ricreazione senza sentirsi limitati dalla presenza del dirigente scolastico e dei suoi collaboratori a poca distanza; per converso dirigenti e impiegati amministrativi dovrebbero avere il diritto di esigere uno spazio silenzioso, "intimo" e confortevole, dove trovare a portata di mano i dispositivi adeguati all'espletamento del proprio lavoro (fotocopiatrici, fax, pc, archivio ordinato ed organizzato, ecc.).

L'aula magna



Fig. 6_L'aula magna

L'aula magna, se così si può definire data l'ampiezza dello spazio che la caratterizza (119 m² circa), è stata ricavata tramite l'abbattimento di un tramezzo all'interno di due aule contigue. Non serve approfondire eccessivamente questo aspetto per comprenderne l'inadeguatezza rispetto alla funzione ospitata, sia dal punto di vista del comfort visivo ed acustico, che da quello della funzionalità (tra cui la necessità di smantellare le sedute ogni

qualvolta all'interno della stessa debbano organizzarsi attività motorie come i corsi di danza pomeridiani, a causa della mancanza di ambienti più idonei ad ospitare questa attività).

I servizi igienici per i portatori di handicap

L'aspetto servizi igienici all'interno dell'edificio è in quanto tale un tema critico, che approfondiremo nel prossimo paragrafo, anche in relazione all'utenza da parte dei normodotati.

Una menzione speciale, ovviamente in negativo, va invece ai servizi igienici destinati ai diversamente abili, soprattutto se pensiamo che la scuola "Il Guercino" risulta particolarmente sensibile dal punto di vista didattico rispetto a tale tema: nell'intero complesso scolastico né è presente solo uno al piano terra, allestito unicamente pochi anni fa e ricavato in posizione totalmente decentrata rispetto allo sviluppo complessivo dell'edificio.

In modo specifico esso è collocato all'estremità dell'atrio dell'ala sud andando, insieme alla mensa, ad occupare tale spazio in modo incongruo rispetto a quanto pianificato originariamente.

3.2. Diagnosi dello stato di fatto: criticità

Le criticità architettoniche che abbiamo riscontrato attraverso più di un sopralluogo all'interno ed all'esterno dell'edificio, nascono per la gran parte dalla volontà, comunque apprezzabile, dei progettisti di abolire ogni espressione accentratrice e autoritaria, facendo sì che i grandi ambienti di rappresentanza (aula magna, atrio d'ingresso monumentale, ecc.) e i servizi centralizzati (mensa e toilette) fossero eliminati a vantaggio di una soluzione che desse più spazio all'attività di gruppo e agli atelier.

I grandi spazi collettivi, nel progetto originale, *"non sono retorici saloni ma risultano dalla fusione di ambienti minori"*³².

Oggi siamo costretti a decretare il fallimento, almeno parziale, di questa concezione, proprio a fronte delle molte criticità che da essa dipendono (perlomeno limitatamente a questo edificio): se infatti articolazione spaziale, polifunzionalità e

³² Cit. dell'Arch. Riccardo Merlo, a capo del team progettuale, nell'articolo "Bologna scuole – Progettare in comune| Metaprogetto per la scuola media e due realizzazioni di scuole per l'infanzia" contenuto nella rivista Casabella n. 363, 1972, p. 40-47.

flessibilità sono obiettivi tutt'altro che deprecabili e centrati appieno in alcune sezioni dell'edificio, per altri versi risultano limitanti e non più in linea con le esigenze attuali degli utenti.

Tra le principali criticità, che analizzeremo in dettaglio, annoveriamo dunque:

- Spazi insufficienti
- Disorganizzazione spaziale e promiscuità nella fruizione
- Articolazione spaziale su più quote
- Accessibilità e fruibilità spaziale da parte dei portatori di handicap
- Servizi igienici
- Ingressi poco definiti

Spazi insufficienti



Fig. 7 _Lo spazio dei collaboratori scolastici collocato senza caratterizzazione nell'atrio

Gran parte della disorganizzazione che sconta l'edificio è dovuta alla mancanza di spazio che lo caratterizza e dunque di ambienti adibiti a specifiche funzioni.

In particolar modo si risente della mancanza di una vera e propria mensa, coincidente con una stanza chiaramente identificabile in cui poter raccogliere univocamente gli studenti al momento della refezione.

L'edificio risulta carente anche di un'aula magna/auditorium degna di tale nome, in cui organizzare proiezioni, spettacoli di recitazione tenuti dagli stessi alunni, conferenze rivolte a questi ultimi come agli abitanti del quartiere circostante, riunioni assembleari di quartiere o di qualsiasi altra natura, corsi di aggiornamento per il corpo docente, ecc.

Altri ambienti di cui l'edificio risulta carente coincidono con:

- un'aula insegnanti dove il corpo docente possa comodamente depositare i propri effetti personali durante l'orario di lezione, riunirsi, correggere compiti, preparare le lezioni, incontrare i genitori degli studenti durante l'orario di ricevimento settimanale;
- un ambiente specificamente predisposto per accogliere gli uffici della presidenza e del personale amministrativo, nonché un archivio spazioso per depositare la documentazione legata alla gestione dell'immobile e alle questioni ad esso relative;
- uno spogliatoio corredato di servizi igienici al passo con i tempi;
- un deposito adeguato per il materiale di pulizia nonché di un spazio di stazionamento dedicato ai collaboratori scolastici, dal quale poter agevolmente vigilare sull'ingresso e contemporaneamente sullo spazio destinato alla ricreazione dei ragazzi.

Sarebbe inoltre da colmare la lacuna relativa all'eliminazione dei laboratori d'arte e scienze ripristinandoli, allo spazio insufficiente della biblioteca e a quello frammentato in due stanze attigue, ma effettivamente separate, del laboratorio di informatica.

Si sente inoltre la mancanza di un'aula in cui far convergere tutti i dispositivi tecnologici più avanzati insieme a quelli tradizionali, al fine di approfondire al massimo il metodo didattico proposto dal Piano scuola digitale e dal modello della "Cl@sse 2.0".

Si tratterebbe di uno spazio in cui impostare le lezioni in modo dinamico, in cui poter sedere al banco piuttosto che a terra o allo stesso modo stare in piedi, seguire

una lezione frontale come la proiezione di un filmato o di un documentario, avvalersi di libro e quaderno piuttosto che di tablet, netbook e LIM.

Essa consisterebbe in quella che la dirigente ci ha indicato come “Classe 3.0”, rifacendosi allo slogan del progetto didattico a cui la scuola aderisce, citato precedentemente: l'intento, ambizioso ma interessante a nostro parere, è quello di costituire un modello di classe da poter esportare e diffondere anche in altri istituti.

Disorganizzazione spaziale e promiscuità nella fruizione



Anche se delle stesse abbiamo ampiamente parlato nel paragrafo precedente, è importante sottolineare come la promiscuità a cui ci riferiamo non sia solo relativa alla diversa natura degli utenti interni alla scuola (studenti, docenti, personale amministrativo, collaboratori scolastici, ecc.) ma anche di quelli esterni, ravvisabili nei genitori degli studenti e soprattutto nella cittadinanza. Come si auguravano i progettisti, infatti, la scuola si apre con continuità al quartiere circostante mettendo a

Fig. 8 *La mensa ricavata all'interno dell'atrio* disposizione dello stesso i propri spazi e le proprie dotazioni tecnologiche: per esempio si offre la palestra a squadre amatoriali al fine di organizzare singole partite piuttosto che tornei, l'aula di musica e l'utilizzo dei suoi strumenti alle giovani band del quartiere, si tengono corsi di batteria, di danza, di alfabetizzazione informatica in laboratorio, di aggiornamento per gli insegnanti, ecc.

Questo può comportare, allo stato attuale della conformazione spaziale, una frequentazione simultanea dell'edificio da parte degli studenti e di coloro che invece risultano normalmente estranei allo stesso.

Si tratta di un aspetto non trascurabile se pensiamo sia alla sicurezza dei minori presenti all'interno, sia ad una mera questione organizzativa.

Articolazione spaziale su più quote



Fig. 9 Il passaggio sopraelevato sulla palestra che collega ala Nord e ala Sud

L'edificio presenta un'articolazione spaziale in alzato molto più complessa rispetto a quanto avviene normalmente in immobili caratterizzati da un impianto compositivo tradizionale, per il quale il piano terra e i piani superiori coincidono o quasi l'uno con l'altro per forma e superficie occupata.

Anche nel caso della scuola "Il Guercino" ci troviamo al cospetto di un impianto in cui troviamo un piano primo che sormonta il piano terra, entrambi contenuti nei limiti spaziali dell'involucro esterno, lineare e geometricamente definito come una sorta di scatola; tuttavia ad essi si aggiungono ulteriori quote, ossia degli elementi che arricchiscono la percezione del volume.

Si tratta per esempio della quota del ballatoio, collocato in posizione intermedia tra quella del piano terra e quella del piano primo; esso consiste nell'elemento di distribuzione che sostituisce il tradizionale corridoio e consente l'accesso agli atelier e dunque alle classi che si trovano alla quota del piano primo, nonché ai servizi igienici che al contrario si trovano alla stessa quota del ballatoio.

Tra ballatoio e piano primo si interpone il primo livello di terrazzi esterni a cui si accede salendo pochi gradini a partire dalla quota del ballatoio; si tratta degli stessi terrazzi da cui si imboccano le rampe che costituiscono la principale via di fuga per chi si trova al piano superiore in caso di emergenza.

Per finire, troviamo la quota del secondo livello di terrazzi, ai quali si accede solo ed esclusivamente imboccando brevi rampe di scale, ognuna delle quali si sviluppa a partire da ogni aula collocata al piano primo.

Tutto ciò si ripete per ciascuna delle due ali in cui si suddivide l'edificio e in esse sia sul lato ovest che sul lato est (ad eccezione del primo livello di terrazze che si colloca in posizione centrale sull'asse longitudinale).

In ultimo, ad articolare ulteriormente lo spazio, troviamo il passaggio affacciato sulla palestra che unisce le due ali sopraccitate alla stessa quota del piano primo, al quale si accede ancora una volta da una scala che lo collega al ballatoio distributivo. Tale complessità compositiva, che non ci siamo sentiti di intaccare più del necessario, rappresenta da una parte una nota positiva: innanzitutto dal punto di vista architettonico in quanto viene rotto lo schema più che tradizionale della scuola-corridoio, in secondo luogo dal punto di vista esperienziale, dal momento in cui la scuola si trasforma in uno spazio esso stesso didattico, da scoprire e da sperimentare.

Non si può comunque non sottolineare come un impianto di questo tipo manifesti in sé una serie di criticità: prima fra tutte l'accessibilità negata al disabile che non sia in grado di deambulare autonomamente o più semplicemente a chi, per periodi più brevi a seguito per esempio di una frattura, non sia in grado di camminare.

In questa scuola infatti, allo stato attuale, l'accesso al piano superiore è completamente precluso a chi presenti deficit motori, a causa della presenza di un'ingente quantità di scale e dell'assenza di qualsivoglia dispositivo che ne coadiuvi la risalita.

Un altro aspetto negativo, sebbene molto diverso da quello precedente, legato alla conformazione dell'edificio, è rappresentato dalla difficoltà di trasporto da un piano all'altro dei carrelli che contengono il materiale per le pulizie, soprattutto se pensiamo che questi vengono custoditi normalmente al piano terra per mancanza di depositi e ripostigli al piano superiore o per lo meno alla quota intermedia del ballatoio.

Accessibilità e fruibilità spaziale da parte dei portatori di handicap



Fig. 10_ Una delle tante scale che caratterizzano la scuola

L'accessibilità ai piani superiori non è l'unico ostacolo con cui un portatore di handicap si trova a scontrarsi all'interno dell'edificio scolastico in questione: anche i servizi igienici sono carenti e inadeguati all'utenza specifica. Solo una delle toilette di cui è dotata la scuola è infatti rispondente ai requisiti imposti dalla normativa³³ per la realizzazione di servizi igienici destinati ai disabili e come se non bastasse essa è collocata all'estremità dell'ala sud dunque in posizione totalmente scomoda in quanto decentrata.

Servizi igienici

Il problema dei servizi igienici non è limitato alla loro accessibilità da parte del diversamente abile; si tratta di una criticità diffusa anche alle toilette destinate all'utenza tradizionale.

³³ Si tratta del DPR 24/07/1996 n°503



Fig. 11_I servizi igienici

Essa nasce da una precisa volontà progettuale, rappresentata dall'eliminazione di servizi centralizzati in virtù della distribuzione degli stessi in diversi punti dell'edificio, obiettivo apprezzabile ma a nostro avviso non del tutto riuscito nell'edificio specifico. Sono gli stessi studenti (è la dirigente che lo sostiene) ad usufruire il meno possibile dei wc stessi, prima di tutto per evidenti problemi legati all'impianto idraulico che non abbiamo approfondito nel dettaglio, ma soprattutto per la sensazione di discomfort che si percepisce al loro interno. Pensiamo infatti che hanno una superficie media di $2,8 \text{ m}^2$, misurando nel peggiore dei casi (che è comunque il più diffuso) $2,8 \text{ m} \times 0,9 \text{ m}$, sono totalmente ciechi al piano terra e illuminati attraverso infissi molto contenuti e comunque non apribili in quanto non si rivolgono all'esterno dell'edificio bensì al suo interno: l'illuminazione naturale in questo caso è doppiamente indiretta, in quanto dall'esterno sopraggiunge all'atrio e dall'atrio al servizio igienico.

E' facilmente immaginabile la sensazione claustrofobica che si può avvertire al loro interno.

Oltre che dal punto di vista della fruizione, essi costituiscono una criticità anche dal punto di vista compositivo: la loro collocazione all'interno degli atrii, in corrispondenza di ciascuna delle 8 scale (4 per ala) di risalita verso il ballatoio di distribuzione e soprattutto il loro sviluppo a torre su due piani contribuiscono a diminuire e a rendere ancor più saturo lo spazio degli atrii stessi.

Ingressi poco definiti e poco sicuri



Fig. 12_L'accesso nascosto nella cavità

La criticità manifestata dagli ingressi è di duplice natura: in primis compositiva, in secondo luogo, ma non di minore importanza, legata alla sicurezza. La difficile riconoscibilità degli ingressi è legata innanzitutto all'indifferenziazione del trattamento del prospetto: si tratta di un involucro prefabbricato, normalmente destinato all'impiego industriale, privo di qualsivoglia oggetto o rientranza, caratterizzato da un colore chiaro molto neutro e spezzato unicamente dall'inserimento dei serramenti, ovvero lunghe finestre a nastro

ripetute serialmente sulla base di una griglia modulare.

A contribuire alla non riconoscibilità degli ingressi si insinua il fatto che essi non siano collocati in corrispondenza del perimetro dell'edificio, ossia sul filo dell'involucro; al contrario essi sono "nascosti" all'interno di cavità, di profondità tale da non essere illuminate dalla luce naturale se non durante il tardo pomeriggio, trovandosi ad ovest.

Non troviamo inoltre né un'insegna né una targa a compensare la mancanza di riconoscibilità di cui sopra.

La seconda criticità è legata al fatto che gli ingressi siano due, uno per ala, anche in questo caso conseguenza della precisa volontà progettuale di abolire gli asettici spazi di rappresentanza, tra cui ovviamente l'atrio d'ingresso.

I due ingressi conducono direttamente agli atrii laterali che, come abbiamo già visto, possiedono tutt'altra funzione rispetto a quella tradizionale di rappresentanza e prima accoglienza.

Il fatto che gli ingressi siano due costituisce una duplice possibilità da parte di chiunque, malintenzionato o meno, voglia accedere all'edificio; questo comporta la messa in campo di una vigilanza duplicata e impone soprattutto ai collaboratori scolastici di prestare attenzione doppia.

3.3.Diagnosi dello stato di fatto: opportunità

Se da un lato è innegabile la situazione critica in cui versa l'edificio sotto gli aspetti appena elencati, d'altra parte sarebbe riduttivo non riconoscerne le opportunità intrinseche e le buone intuizioni progettuali che hanno resistito alla naturale obsolescenza cui tutti gli edifici sono soggetti. Tra le principali ricordiamo:

- il grande parco verde che caratterizza il sito in cui sorge l'edificio scolastico;
- i terrazzi con sviluppo parallelo a quello dell'asse di simmetria longitudinale dell'edificio;
- i due grandi atrii al piano terra, uno per ala, che si identificano con gli spazi più ampi della scuola, dopo la palestra;
- gli atelier al piano primo, appendici delle aule tradizionali;
- la palestra;
- l'articolazione spaziale su più quote;
- la struttura;
- le superfici trasparenti.

Il grande parco verde

Il DM 18.12.1975³⁴, al paragrafo 1.1.4, sostiene che gli edifici scolastici debbano collocarsi preferibilmente *“in località aperta, possibilmente alberata e ricca di verde, che consenta il massimo soleggiamento o che sia comunque, una delle migliori in rapporto al luogo”*.

³⁴ Si tratta del Decreto Ministeriale noto come “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”.

Soddisfacendo appieno tale disposizione, è in primis il lotto su cui sorge l'edificio scolastico oggetto di questa tesi a trovarsi all'interno di un ambiente, il quartiere Savena, caratterizzato dalla presenza molto forte dell'elemento naturale, soprattutto al confine con il Comune di San Lazzaro.

Il quartiere è delimitato ad est dal fiume Savena ed al suo interno possiamo trovare orti e parchi pubblici in grande quantità, a partire da quello del Lungo Savena che si sviluppa nelle adiacenze dell'omonimo corso d'acqua, dal Parco dei Cedri fino a giungere al Parco del Paleotto, a quello di Villa Mazzacorati, ecc.



Fig. 13_ Il parco che caratterizza il lotto

Anche il lotto su cui sorge l'edificio che ospita l'istituto scolastico "Il Guercino" è caratterizzato dalla presenza di un grande parco verde, ricco di vegetazione in quantità tale da nascondere quasi completamente l'edificio stesso in corrispondenza della facciata principale.

Nel caso in oggetto, dunque, la vegetazione, oltre ad incidere positivamente sul bilancio delle emissioni inquinanti assorbendo CO₂ e a mitigare l'incidenza della radiazione solare sull'edificio contribuendo all'ombreggiamento dello stesso in

periodo estivo, si delinea come una cortina, uno schermo naturale per i rumori provenienti dalla città ma anche per gli sguardi indiscreti.

Quello della sicurezza e della riservatezza da osservare nei confronti dei minori, ancor più se relazionato all'ambito scolastico, è infatti una tema in alcun modo trascurabile.

Il parco, in alcuni punti invaso totalmente dalla vegetazione, in altri caratterizzato da grandi aree ininterrotte trattate a prato, e ancora modellato artificialmente attraverso l'inserimento di collinette e leggere depressioni, arricchito infine dalla presenza di un campo da basket regolamentare, avrebbe dovuto possedere nell'intento dei progettisti un ruolo di rilievo nella fruizione dell'edificio.

Lo testimoniano anche l'inserimento in ogni aula collocata al piano terra di un accesso diretto al giardino, la volontà dunque di costituire un rapporto visivo di continuità tra interno ed esterno, la geometrica disposizione di percorsi così come di piccole aree esterne pavimentate per facilitare l'utilizzo del parco stesso.

Quella del parco, in buona sostanza, ci sembra un'ottima opportunità sia perché garantisce la collocazione dell'edificio all'interno di un ambiente sano e sicuro, sia perché può rappresentare un ottimo motivo per fruire della scuola a 360 gradi.



I terrazzi

I terrazzi si sviluppano lungo l'asse longitudinale che idealmente suddivide l'edificio in due parti simmetriche o quasi.

Essi si sviluppano su due livelli: il primo, più basso, è collocato in posizione intermedia tra la quota del ballatoio di distribuzione e quella del piano primo, il secondo, più elevato, è collocato superiormente rispetto al quota del piano primo ma

Fig. 14_ Uno dei terrazzi e le superfici trasparenti perimetrali

inferiormente rispetto a quella della copertura.

I terrazzi inferiori sono due, uno per ala, mentre quelli superiori sono 4, due per ogni ala, rispettivamente disposti sul lato est e sul lato ovest dell'edificio.

La funzione principale dei terrazzi inferiori è quella di garantire un'ideale uscita di sicurezza in caso di emergenza.

Le rampe, discendenti verso il parco a partire dalla quota di questi terrazzi, costituiscono infatti la principale e più rapida via di fuga per gli utenti che si trovino al piano primo.

I terrazzi superiori invece, a cui si accede direttamente da ciascuna aula collocata al piano primo, nell'intento del progettista avrebbero dovuto consistere nella naturale espansione verso l'esterno delle aule stesse, allo stesso modo di quanto sarebbe dovuto avvenire nel caso del parco per le aule situate al piano terra.

Oggi tale prospettiva si identifica in un'opportunità mancata più che in una realtà effettiva: a causa infatti dei parapetti non a norma (troppo bassi) e della pavimentazione dissestata, dunque del non rispetto degli standard di sicurezza, ne è precluso l'accesso agli studenti.

Si tratta di una vera e propria limitazione se pensiamo che a causa del loro posizionamento, nella parte centrale dell'edificio, dunque invisibili e irraggiungibili dall'esterno, rappresenterebbero un perfetto luogo di svago all'aperto per i fruitori delle aule collocate al piano superiore.

Ancor più importante risulta comunque il ripristino dell'accessibilità al fine di garantire un'ideale uscita di sicurezza.

Un ultimo importante aspetto, legato al fatto che le pareti dei terrazzi risultino vetrate, consiste nell'illuminazione naturale che i terrazzi stessi garantiscono agli atri del piano terra e al quale preservamento è necessario tendere anche in fase di riqualificazione.

Gli atri

Se da un lato, come già spiegato, le modalità di utilizzo degli atri rappresentano una forte criticità all'interno dell'edificio, al contrario gli spazi che li delineano

costituiscono un'importante opportunità sotto molteplici aspetti: didattici e ricreativi in primis.

Gli atrii infatti avrebbero dovuto coadiuvare, attraverso la loro conformazione, la realizzazione di attività didattiche di gruppo, costituendo una naturale espansione delle aule al piano terra, così come avrebbero dovuto sostenere l'incontro e la socializzazione durante i momenti ricreativi.

Il fatto che tali prerogative risultino all'oggi irrealizzabili è legato all'utilizzo incongruo che si fa di tali spazi e all'ingombro che ne deriva.

La spazialità in quanto tale è al contrario apprezzabile, ampia, controllabile visivamente da qualsiasi punto.

Sarà pertanto prerogativa del progetto di riqualificazione riportare alla luce le opportunità che tali ambienti possiedono intrinsecamente.

Gli atelier



Fig. 15_L'atelier

Anche per quanto riguarda gli atelier si riscontra il problema di un utilizzo incongruo.

Se nel caso degli atrii esso si traduce in un eccessivo sfruttamento dello spazio, nel caso degli atelier accade il contrario: essi sono sottoutilizzati rispetto alle opportunità che possono offrire, spogli, poco accattivanti.

Si tratta infatti di ambienti che, anteposti all'aula vera e propria, risultano raccolti ma sufficientemente ampi da ospitare una classe al completo, circoscritti ma contemporaneamente aperti alla quota immediatamente inferiore del ballatoio

distributivo e dei servizi igienici, in quanto collegati direttamente alla stessa attraverso pochi gradini, e non di meno ben illuminati.

Essi sono stati ipotizzati dai progettisti ancora una volta come appendici esterne alle aule del piano primo ma pur sempre collocate all'interno dell'edificio, similmente a quanto dovrebbe avvenire negli atrii al piano terra.

La priorità è dunque quella di valorizzare uno spazio dalle grandi opportunità, prime tra tutte polifunzionalità e adattabilità alle singole necessità.

La palestra



Fig. 16_La palestra vista dal passaggio sopraelevato che collega ala Nord e ala Sud

La palestra si configura indubbiamente come uno degli ambienti focali e di cui l'edificio scolastico può effettivamente foggarsi.

Situato in posizione centrale, fungendo così da nodo e da raccordo per le due ali in cui si suddivide l'edificio, con i suoi 656 m² circa, risulta compatibile con un luogo deputato all'attività sportiva che la normativa definisce come di tipo B1³⁵.

Non si tratta di un dato di poco conto se pensiamo che per rientrare in tale categoria sarebbe sufficiente che la palestra misurasse 600 m², ma soprattutto se pensiamo che per le scuole secondarie di I grado, ospitanti dalle 21 alle 24 classi (come nel caso oggetto di tesi), sarebbe sufficiente, secondo la stessa normativa citata in nota n°35, una palestra di 400 m² (composta cioè da 2 unità di tipo A2).

L'ampia superficie della palestra, insieme alla completezza dei servizi correlati (spogliatoi dotati di docce e di servizi igienici sia per gli studenti che per l'insegnante/arbitro, piuttosto che l'infermeria), sebbene da aggiornare, rappresentano una grande opportunità per la scuola, soprattutto come occasione per aprirsi alla comunità e trasmettere agli studenti in modo divertente l'importanza dell'attività motoria.

Il grande rilievo che è stato dunque conferito alla palestra durante l'atto progettuale è una caratteristica da preservare nel modo più assoluto.

L'articolazione spaziale su più quote

Se da una parte la complessa articolazione spaziale in alzato è stata da noi valutata come criticità, soprattutto dal punto di vista dell'inaccessibilità al disabile, è pur vero che, se valutata dal mero lato espressivo, si configura come una sorta di manifesto della didattica.

La peculiarità e dunque l'opportunità che scaturiscono da un impianto di questo tipo coincidono infatti con un profondo dinamismo in opposizione al rigore e alla staticità della scuola-corridoio per esempio, e con la quotidiana sensazione di scoperta legata alle multiple possibilità di scelta dei percorsi da seguire per giungere a destinazione all'interno dell'edificio.

35 Il D.lgs. 16.04.1994, n°297, noto come "Testo Unico delle disposizioni legislative in materia di istruzione", prevede che possano considerarsi di tipo B1 le palestre regolamentari da 600 m² a cui si aggiungono i relativi servizi. Esse possono essere aperte anche alla comunità extra-scolastica.

Il fatto che non si ravvisi una direttrice prestabilita relativa ai flussi, un cono visivo prospetticamente definito ma al contrario si faccia esperienza di uno spazio le cui altezze variano repentinamente e in cui alzando lo sguardo si scorgono passaggi sospesi, insieme alla sorpresa dell'imponente struttura così manifestamente a vista, scatena nell'utente (o quantomeno ha scatenato in noi in quanto visitatori occasionali) l'esigenza di indagare l'ambiente circostante al fine di comprenderlo appieno.

La struttura



Fig. 17 Un pilastro al quale sono stati aggiunti angolari per trattenere l'involucro esterno

La struttura su cui si fonda l'impianto della scuola "Il Guercino" è di tipo puntiforme e si basa sulla ripetizione seriale di imponenti travi e pilastri in cemento armato, a cui si aggiungono solai strutturali dalla particolare forma "ad omega".

La struttura di tipo puntiforme si configura come un'effettiva opportunità nel momento in cui garantisce un'ampia flessibilità in termini di ripartizione interna degli ambienti ma anche nell'ipotesi di ampliare, con relativa semplicità, le dimensioni in essere di un edificio.

Nel caso specifico, un ulteriore aspetto positivo sta nel fatto che, pur trattandosi di strutture risalenti a circa 30 anni fa, queste ultime sono state consolidate e ricondotte ad una condizione di sicurezza corrispondentemente alla triste occasione del terremoto in Emilia del 2012.

Il fatto che siano state ispezionate e ricalibrate in epoca recente ci consente di poterle considerare come il nuovo livello zero da cui partire per progettare l'intervento di riqualificazione.

Le superfici trasparenti

La presenza in grande quantità di superfici trasparenti è a nostro avviso indice di positività.

Esse costituiscono le pareti perimetrali dei terrazzi collocati lungo l'asse longitudinale dell'edificio, garantendo continuità visiva interno-esterno e consentendo una buona illuminazione agli ambienti interni, soprattutto agli atrii e a quelli che si affacciano su questi ultimi.

Il fatto che determinino considerevoli dispersioni in termini energetici è a nostro avviso unicamente retaggio delle tecnologie utilizzate all'epoca di costruzione, quali vetrocemento e finestre a nastro.

La possibilità di ridurre drasticamente le dispersioni sostituendo le tecnologie obsolete con un sistema di serramenti all'avanguardia, ci conduce a ritenere che tali superfici potranno considerarsi come dispositivi di qualità, predisposti all'illuminazione naturale e a captare gli apporti solari durante la stagione invernale.

Le strategie e le soluzioni progettuali

4.1. La realizzazione di ampliamenti in risposta alla mancanza di spazio

Come possiamo comprendere dalla tabella seguente³⁶, una delle criticità maggiormente rilevanti è sicuramente quella relativa alla generale mancanza di spazi adeguati alle attività da svolgere all'interno dell'edificio scolastico (vedi 3° colonna da sinistra).

	Indice Standard m²/alunno	Indice Guercino PRE intervento m²/alunno	Indice Guercino POST intervento m²/alunno	Incremento/ Decremento %
Attività didattiche				
attività normali*	1,80	1,93	1,86	-4
attività speciali**	0,60	0,35	0,62	77
attività musicali	0,10	0,09	0,17	93
Attività collettive				
attività integrative e parascolastiche***	0,60	0,20	0,62	211
biblioteca alunni	0,15	0,08	0,22	184
mensa e relativi servizi	0,50	0,54	0,51	-5
Attività complementari				
atrio	0,20	1,17	0,50	-57
uffici	0,28	0,31	0,58	86
connettivo e servizi igienici	2,03	0,97	2,67	174
Altre attività, se richieste				
Spazi per l'educazione fisica****	400 m ²	655,6 m ²	574,5 m ²	-12
Alloggio del custode	-	-	-	-

³⁶ Le attività presenti in tabella, così come gli indici standard enumerati, sono quelli esattamente descritti dal DM 18.12.1975.

Specifiche relative alla tabella della pagina precedente:

*attività normali = aule tradizionali;

**attività speciali = laboratori (scienze, chimica, fisica, educazione artistica, ecc.);

***attività integrative e parascolastiche = auditori, aule magne, sale per rappresentazioni;

****spazi per l'educazione fisica:

- 400 m² = compatibile con il tipo A2, sufficiente per le scuole secondarie di I grado in cui siano presenti dalle 21 alle 24 classi
- 655,6 m² = compatibile con il tipo B1, sufficiente per le scuole secondarie di II grado in cui siano presenti dalle 24 alle 50 classi; esse possono aprirsi anche alla comunità scolastica.

La risposta alla mancanza di spazi adeguati che abbiamo ritenuto più opportuna è rappresentata dall'inserimento di un ampliamento, motivata dal fatto che una semplice riorganizzazione funzionale della preesistenza non sarebbe risultata sufficiente a sopperire alle attuali lacune.

4.1.1. Concept

Il percorso che ci ha condotti a stabilire forma, dimensioni e collocazione dell'ampliamento ha presentato non poche complessità, legate alla contemporanea aspirazione alla riconoscibilità dei nuovi volumi rispetto al corpo di fabbrica d'origine e al collegamento diretto tra i due sistemi (nuovo e preesistente).

Al termine dell'iter di elaborazione, abbiamo puntato sulla configurazione a pianta cruciforme rappresentata nelle immagini seguenti.

Il primo passo è consistito nella valutazione delle caratteristiche relative:

- alla conformazione del lotto;
- all'orientamento più idoneo rispetto alle coordinate geografiche;
- agli assi che caratterizzano lo sviluppo della preesistenza con cui porci in continuità.

La conformazione del lotto risulta pressoché irregolare, difficile da definire con precisione; senza dubbio allo stato attuale esso risulta molto più spazioso sul lato est e sul lato ovest dell'edificio scolastico.

È dunque anche per questo che abbiamo preferito collocare le volumetrie più corpose in tali aree, e quelle meno ampie sui lati nord e sud, ove le dimensioni del lotto risultano più contenute.

Un altro aspetto di cui abbiamo tenuto conto è quello relativo all'orientamento rispetto alle coordinate geografiche, a supporto delle valutazioni precedentemente avanzate.

Se pensiamo che l'edificio scolastico viene utilizzato principalmente durante la stagione invernale e durante il mattino, risulterà necessario cercare di captare quanta più energia solare possibile sul lato est, in quanto è proprio lì che, seppur deboli, i raggi solari incidono direttamente sulle chiusure verticali esterne (insistono infatti orizzontalmente su queste).

Lo stesso accade nella medesima stagione a metà giornata su quello sud e il pomeriggio sul lato ovest.

La scelta di collocare gli ampliamenti più consistenti in aderenza alle facciate est ed ovest risulta dunque dalla mediazione tra aspetti spaziali e di esposizione solare. Il fatto che in ogni caso gli ampliamenti più contenuti si collochino sul lato nord e sul lato sud del lotto, dunque nelle due posizioni più sfavorevoli, rispettivamente d'inverno e d'estate, non ha destato in noi particolari preoccupazioni.

Infatti entrambi gli ampliamenti si rivolgono all'esterno sul lato sud e sul lato nord con un involucro completamente cieco ed opportunamente isolato, evitando in questo modo fenomeni di surriscaldamento e abbagliamento da un lato, piuttosto che di raffreddamento eccessivo e di scarsa illuminazione naturale dall'altro.

Inoltre la collocazione degli ampliamenti nelle posizioni sopracitate consente di porci in continuità con le direttrici di sviluppo longitudinale e trasversale della preesistenza, gli stessi che fungono da assi di simmetria per l'edificio stesso.

In ultimo, grazie a tale disposizione si garantisce il mantenimento della posizione centrale della palestra e del suo ruolo, anche simbolico oltre che effettivo, di nodo, di cerniera, in questo caso tra 4 corpi di fabbrica (le 2 ali della preesistenza e i due ampliamenti ad est e ad ovest).

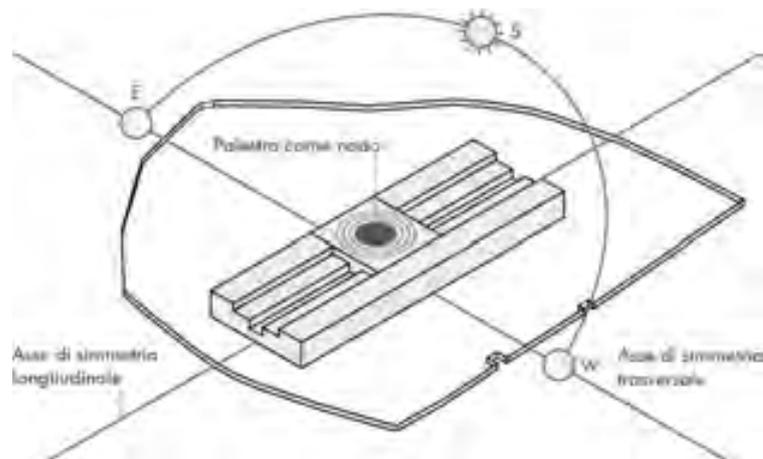


Fig. 18_Linee guida

Gli ampliamenti est ed ovest presentano entrambi forma parallelepipedica e una superficie rispettivamente pari, quello est, a 907 m^2 per piano (i piani totali sono due) e, quello ovest, a 1027 m^2 (un solo piano).

Le dimensioni degli ampliamenti, come gli allineamenti e le assialità interne ed esterne, seguono in ogni caso la griglia modulare $1,20 \text{ m} \times 1,20^{37} \text{ m}$ su cui si articola l'edificio preesistente.

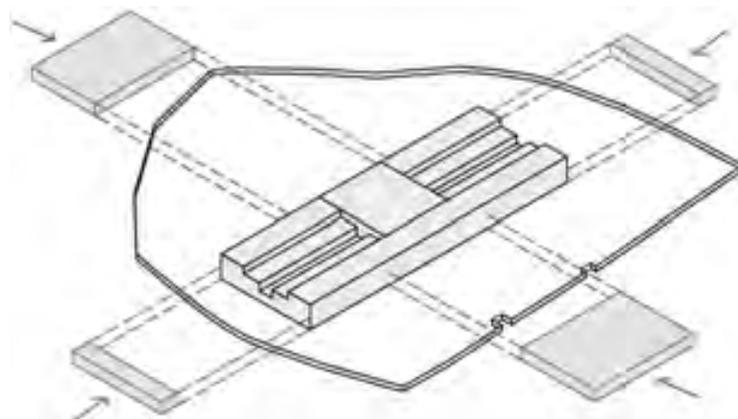


Fig. 19_Addizione volumetrica

³⁷ Il fatto che le dimensioni riportate non risultino essere multipli di $1,20 \text{ m}$ è da ricondurre al fatto che nel calcolo della superficie totale rientrano anche i muri perimetrali posti esternamente rispetto al modulo

L'ampliamento che costituisce il nuovo fronte principale e che si rivolge per primo al richiamo e all'accoglienza degli utenti si compone di un solo piano (in contrapposizione ai due della preesistenza) proprio al fine di favorire il passaggio graduale da esterno ad interno e di sottolineare la presenza degli accessi.

Allo stesso scopo assolvono anche le pensiline poste lungo i lati corti dell'ampliamento stesso; esse cercano di risolvere la criticità rappresentata dalla difficile riconoscibilità degli ingressi alla preesistenza, mantenuti nella medesima posizione anche nello stato di progetto per motivi che andremo a spiegare successivamente.

Inoltre fungono da spazio filtro tra l'esterno e l'interno garantendo un passaggio coperto che si sviluppa dal cancello di ingresso al lotto fino agli accessi veri e propri all'edificio e che può contribuire a riparare gli utenti durante le fasi di entrata e uscita a/dalla scuola da qualunque genere di evento atmosferico avverso.

L'ampliamento posto invece sul fronte posteriore si sviluppa su due piani alle stesse quote della preesistenza per il semplice fatto che al fine di ospitare tutte le funzioni necessarie un solo piano non sarebbe risultato sufficiente.

Tuttavia il secondo piano dello stesso ospita al suo interno una corte all'aperto che consente un'adeguata illuminazione naturale agli uffici amministrativi e dirigenziali collocati al medesimo piano e alla mensa collocata invece al piano sottostante.

Infatti la disposizione del piano superiore dell'ampliamento est è tale per cui, se non fosse stata inserita tale corte, non sarebbe consentita l'illuminazione naturale dello stesso; per quanto riguarda invece la mensa, essa si affaccia direttamente verso l'esterno attraverso una grande parete vetrata, tuttavia, prendendo luce da un solo lato ed essendo molto profonda (è lunga infatti quasi 20 m) è indispensabile che all'illuminazione che riceve attraverso l'involucro si aggiunga quella proveniente da lucernari collocati in copertura, la stessa che coincide con il solaio della corte suddetta.

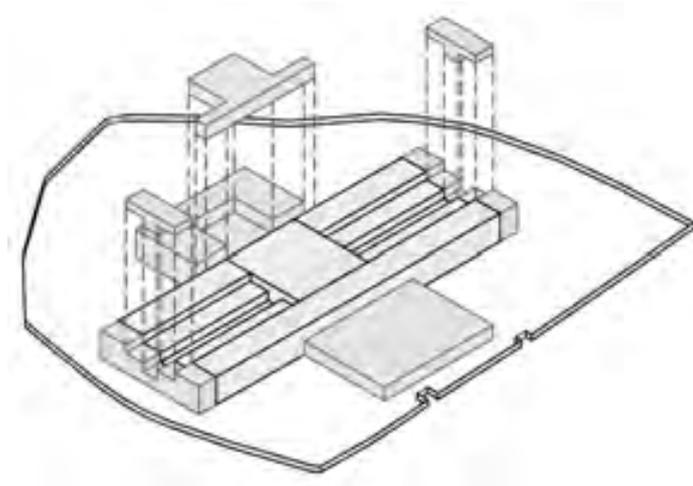


Fig. 20_Sottrazione volumetrica

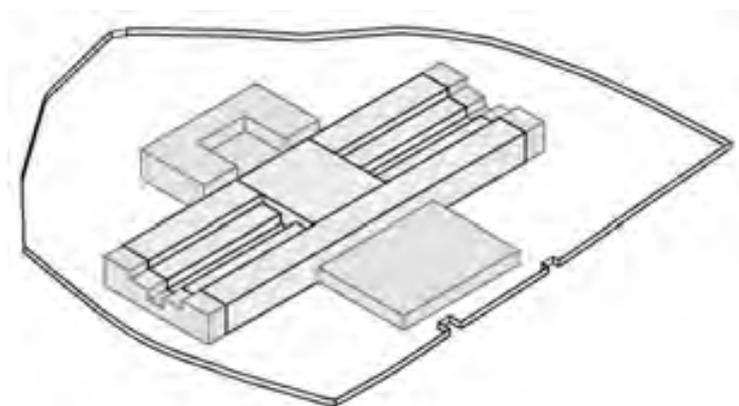


Fig. 21_Esito progettuale

4.1.2. Le funzioni collocate all'interno dell'ampliamento ovest

Gli ampliamenti ospitano tutte quelle funzioni per il cui corretto svolgimento si necessiti di spazi dalle grandi dimensioni e capienza, o che non siano strettamente legate all'attività didattica tradizionale e laboratoriale, quanto invece a quella gestionale, amministrativa e didattica speciale.

Nel dettaglio, l'ampliamento che si colloca sul fronte principale ospita un'aula magna/sala conferenze dotata di una capienza pari a 250 posti a sedere, completamente accessibile al disabile in quanto dotata di agevoli rampe e ampi spazi di manovra tra una gradinata e l'altra, nonché parzialmente interrata così da

consentire l'inclinazione del solaio della stessa e garantire un buon livello di comfort visivo.

La sala conferenze può facilmente essere utilizzata in orario extrascolastico dalla cittadinanza, per assemblee di quartiere, eventi culturali e riunioni di ogni genere, anche per il fatto che nelle sue immediate pertinenze siano presenti locali, tra cui servizi igienici, a supporto della funzione in questione.

Ciò non toglie che normalmente, in orario scolastico, tali locali siano adibiti a spogliatoio, servizi igienici e deposito dei materiali per le pulizie, il cui utilizzo si rivolga strettamente ai collaboratori scolastici.

All'interno del medesimo ampliamento troviamo infine una spaziosa aula insegnanti nella quale il corpo docente può svolgere una serie di funzioni precedentemente preclusegli dalla mancanza effettiva di uno spazio di questo tipo: dal semplice deposito degli effetti personali durante lo svolgimento delle lezioni alla correzione di compiti di verifica, dalla preparazione delle lezioni alla convocazione di consigli di classe e di momenti assembleari, fino al semplice stazionamento durante le ore non impegnate in altre attività.

Collegato all'aula insegnanti troviamo un ampio archivio in cui depositare e conservare i compiti in classe effettuati, piuttosto che tutti i documenti amministrativi legati alla gestione della scuola di rara consultazione.

La predisposizione di un archivio rientra in una serie di provvedimenti, tra cui l'inserimento dell'aula insegnanti, della mensa, dell'aula magna, dell'area uffici, ecc. mirati a restituire a ciascuno spazio la propria vocazione e a riportare all'interno dell'edificio scolastico un diffuso ordine.

L'ampliamento si affaccia sul nuovo atrio interno, ricavato dalla demolizione degli ex locali a servizio della palestra, questi ultimi traslati in altra posizione, che analizzeremo dettagliatamente in seguito.

L'atrio di ingresso nasce innanzitutto con il preciso intento di costituire un unico ambiente d'accesso, in cui convogliare gli studenti al momento dell'entrata a scuola, ovviando in questo modo alla presenza di due distinti varchi (ognuno dei quali all'oggi serve separatamente la propria ala di competenza) che abbiamo mantenuto anche nello stato di progetto come richiamo all'impostazione attuale.

Esso assolve alla funzione di filtro rispetto al luogo propriamente deputato alle attività didattiche e può fungere inoltre da luogo di aggregazione durante la ricreazione, piuttosto che da spazio espositivo per i trofei e le creazioni artistiche rispettivamente ottenuti e realizzati dagli studenti.

Un ultimo ruolo decisivo che abbiamo inteso attribuire all'atrio è quello di nodo sul quale si affacciano tutti quei locali che possano essere utilizzati in orario extrascolastico anche da chi normalmente non usufruisce dell'edificio e che non si ravvisi dunque in studenti, insegnanti, personale amministrativo e collaboratori scolastici.

Abbiamo infatti già sottolineato come la scuola risulti particolarmente sensibile all'apertura verso la comunità, in particolare offrendo la palestra a squadre di dilettanti per organizzare singole partite o tornei non agonistici, l'aula di musica a giovani band locali, nonché organizzando corsi gratuiti di alfabetizzazione informatica per gli abitanti del quartiere e di aggiornamento per gli insegnanti; a tali attività, essendo stata introdotta nello stato di progetto l'aula magna, si può ipotizzare di aggiungere quella di convocare assemblee, organizzare incontri culturali e di dibattito politico, ecc.

L'ipotesi di aggregare attorno all'atrio di ingresso tali funzioni, che potremmo definire pubbliche e che si svolgono prevalentemente la sera e nel tardo pomeriggio, dunque non in concomitanza delle lezioni, è mirato alla precisa volontà di circostanziarle a quest'area e dunque isolare i flussi degli utenti.

Sia infatti per una questione di sicurezza che per una questione legata alla comodità di gestione dell'apertura della scuola da parte dei collaboratori scolastici in orario extrascolastico, ci è sembrato opportuno raggruppare all'interno della stessa area i locali ospitanti le funzioni appena indicate.

Anche aula insegnanti e spogliatoio dei collaboratori scolastici sono collocati nelle adiacenze dell'atrio di ingresso per ovvi motivi funzionali: abbiamo ipotizzato che fosse conveniente, razionalizzando così i flussi, fare in modo che tali locali si trovassero all'ingresso dell'edificio per consentire agli utenti specifici di entrare agevolmente all'interno dello stesso, approntarsi chi indossando la divisa, chi riponendo i propri effetti personali e recuperando il materiale didattico, per poi solo

in un secondo momento distribuirsi ognuno in funzione delle attività che debba svolgere.

In ultimo intendiamo sottolineare come l'ampliamento ospiti, celandolo all'interno del proprio volume, il nuovo vano tecnico-impiantistico.

In tal modo abbiamo potuto eliminare la centrale termica che attualmente si trova proprio in corrispondenza di uno dei due ingressi principali, mortificandone l'immagine.

4.1.3. Le funzioni collocate all'interno dell'ampliamento est

L'ampliamento collocato sul retro dell'edificio si articola su due piani, dei quali il superiore è reso completamente fruibile al disabile grazie all'inserimento di un ascensore a norma.

Sia al piano terra che al piano primo gli spazi si distribuiscono lungo corridoi disposti su 3 lati, questi ultimi in gran parte vetrati al fine di favorire il contatto visivo con il parco durante il transito.

Al piano terra troviamo una grande mensa dotata di circa 170 posti, sprovvista in ogni caso di cucina autonoma, in quanto la ricezione del vitto dall'esterno, ed in particolare da aziende peculiarmente predisposte alla ristorazione scolastica, è pratica diffusa all'interno del territorio bolognese.

Il fatto che la mensa risulti sovradimensionata rispetto all'effettivo numero degli utenti, variabili tra i 40 e i 50 soggetti, rientra nella previsione di una possibile reintroduzione del tempo pieno e dunque dell'esigenza rinnovata di più spazio per ospitare una quantità di studenti sicuramente maggiore rispetto a quella odierna.

Questa scelta nasce dunque nell'ottica di prevedere una possibile soluzione ad una problematica che decreterebbe la troppo anticipata obsolescenza dell'edificio in questo senso.

In ogni caso, anche se il tempo pieno non venisse ripristinato, il locale potrebbe essere agevolmente suddiviso in più parti ed utilizzato a vario titolo in relazione alle esigenze che si ravviserebbero nel momento specifico.

Oltre alla mensa, alla sua destra troviamo una biblioteca, ampliata rispetto a quella attuale e dotata di un'area dedicata alla consultazione, di cui oggi è priva.

Alla sinistra del refettorio troviamo invece l'aula multimediale, dalla dirigente definita come "Classe 3.0", che all'occorrenza può facilmente tramutarsi in un'aula di sostegno.

In essa si instaura un metodo di apprendimento dinamico, basato sul movimento e la variabilità, lasciando all'aula tradizionale gli schematismi negli anni consolidati (legati per esempio alla staticità, alla lezione frontale, ecc.).

Essa raccoglie al suo interno gli elementi più disparati, tradizionali e all'avanguardia, di supporto all'attività didattica: libri e quaderni, piuttosto che pc, notebook, tablet, LIM, ecc.

Si è approfittato della parte più interna dell'aula stessa, quella più buia in quanto non raggiunta dalla luce naturale, per realizzare uno spazio dedicato quasi esclusivamente alle proiezioni.

L'aula multimediale in questione presenterà inoltre un arredo tale da consentire la massima flessibilità nell'adozione di diverse configurazioni spaziali, in quanto all'occorrenza deve poter trasformarsi anche in aula di sostegno individuale o di gruppo.

Il piano superiore è invece completamente adibito alle attività dirigenziali ed amministrative: al suo interno trovano spazio segreteria e sala d'aspetto, ufficio di presidenza e vicepresidenza, 2 uffici amministrativi che ospitano in totale 6 postazioni di lavoro ed una contenuta area relax-fotocopie.

Ogni ufficio presenta un accesso diretto alla corte centrale che funge principalmente da fonte di luce naturale per gli stessi e all'occorrenza, soprattutto durante la stagione estiva, essendo attrezzata con sedute ed essendo opportunamente pavimentata, può configurarsi come un'ottima opportunità di svago per i dipendenti durante i momenti di pausa, per esempio in corrispondenza del pranzo.

Il piano è inoltre dotato di servizi igienici indipendenti, uno dei quali adeguato alla fruizione da parte del disabile, e di piccoli depositi per il materiale preposto alla pulizia.

4.2. La riconfigurazione architettonica e funzionale della preesistenza

Anche l'edificio preesistente è stato riqualificato dal punto di vista funzionale e dell'accessibilità generale, avendo particolare cura di renderlo il più possibile fruibile al portatore di handicap che si trovi impossibilitato a deambulare autonomamente.

Quando parliamo di preesistenza, ci riferiamo anche agli ampliamenti realizzati sul lato nord e sud dell'edificio: se infatti quelli che abbiamo precedentemente descritto presentano una connotazione, anche materica, che si contrappone al corpo di fabbrica originario, essi si pongono in continuità con quest'ultimo venendo inglobati nello stesso con la realizzazione di un nuovo sistema di involucro.

Dell'edificio preesistente è stata infatti mantenuta la struttura puntiforme a travi e pilastri in cemento armato, consolidata e rinforzata da un paio d'anni, così come i solai strutturali con profilo ad omega.

Viene invece completamente sostituito l'involucro preesistente costituito da pannelli prefabbricati in ghiaia lavata, in quanto gravemente colpito dal sisma del 2012 che ha coinvolto l'Emilia e in ogni caso caratterizzato da pessime prestazioni dal punto di vista energetico (trasmittanza³⁸ $U = 3,018 \text{ W/m}^2\text{K}$).

L'inserimento degli ampliamenti lungo l'asse longitudinale e lungo quello trasversale ha consentito di collocarvi gran parte delle funzioni che in modo incongruo erano ospitate all'interno dell'edificio preesistente, così da liberare lo spazio dapprima occupato e procedere ad una rifunzionalizzazione a nostro avviso rigorosa e coerente.

4.2.1. Aule tradizionali, laboratori ed atelier

Sul lato est della preesistenza sono state infatti collocate la maggior parte delle aule tradizionali, 18 su un totale di 24 (12 al piano terra e 6 al piano primo): come detto

³⁸ La trasmittanza termica U è una grandezza fisica che misura la quantità di calore scambiato da un materiale o un corpo per unità di superficie e unità di differenza di temperatura e definisce la capacità di un elemento nello scambiare energia. Si configura dunque come l'inverso della capacità isolante di un corpo. Nel sistema SI si misura in $\text{W/m}^2\text{K}$.

precedentemente, l'affaccio ad est è quello preferibile nell'ottica del raggiungimento di un buon livello di climatizzazione e illuminazione (opportunamente schermata), se pensiamo che locali come questi sono utilizzati principalmente durante la stagione fredda e durante il mattino.

Ad ovest invece si rivolgono le aule tradizionali rimanenti (per la precisione 6), i laboratori di scienze naturali, informatica, educazione artistica, l'aula di musica e i servizi igienici per gli studenti.

La scelta di collocare tali funzioni ad ovest è legata al fatto che con il loro utilizzo più dilazionato all'interno dell'orario scolastico (ad eccezione delle 6 aule appena citate) si prestano a sostenere meglio, rispetto ad un'aula tradizionale occupata in modo costante, l'esposizione più critica rispetto al caso precedente.

I laboratori e le aule speciali sono situati unicamente al piano terra, facendo in modo che l'intero piano primo possa essere dedicato alle aule tradizionali e ai corrispondenti servizi igienici ed atelier, questi ultimi valorizzati dall'inserimento di arredi componibili: sedute, pouf colorati, ecc.

4.2.2. La palestra

La palestra è stata rimpicciolita di circa 80 m², passando dunque da 655,6 m² a 574,5 m², dunque mantenendo anche a seguito dell'intervento una dimensione considerevole.

La scelta di sacrificare una parte, comunque limitata, della palestra è legata all'esigenza di far spazio all'atrio di ingresso per i motivi precedentemente elencati. La collocazione dell'atrio, ricavato sottraendo spazio alla palestra e ai suoi servizi, implica la traslazione di questi ultimi in una nuova posizione.

Precisamente essi vengono collocati lungo il lato destro e sinistro della palestra, al posto di una serie di ambienti piccoli e frammentari che attualmente fungono da ripostigli e depositi.

All'interno dei blocchi servizi troviamo gli spogliatoi dotati di docce, uno femminile ed uno maschile, uno spogliatoio, con servizio igienico e doccia annessi,

per l'insegnante di educazione motoria/arbitro, un'infermeria, due depositi per gli attrezzi sportivi.

Ad essi si aggiunge la toilette riservata ai disabili che trova effettivo spazio all'interno dei blocchi servizi connessi alla palestra ma che possiede un accesso autonomo rivolto verso l'atrio, al contrario di quanto avviene per i restanti servizi ai quali si accede tramite la palestra.

4.2.3. Servizi igienici ed accessibilità

Risolto il problema della distribuzione funzionale, è stato affrontato quello legato ai servizi igienici e all'accessibilità.

Ricordiamo infatti che tra le principali criticità riscontrate all'interno dell'edificio scolastico, una delle più importanti è quella relativa alla situazione in cui versano i servizi igienici: oltre agli evidenti problemi idraulici che li coinvolgono, risultano assolutamente angusti e mal illuminati.

Tale situazione nasce, lo ricordiamo, dalla volontà progettuale rappresentata dall'eliminazione di servizi centralizzati in virtù della distribuzione degli stessi in diversi punti dell'edificio.

Contravvenendo a questo dato di fatto e decretando eccessivamente disagiata la scelta presa dai progettisti, abbiamo realizzato servizi igienici centralizzati coincidenti con sei ampi blocchi bagno (tre per ala), ovviamente suddivisi al loro interno per sesso e destinati all'utenza consueta.

Dei tre blocchi per ala, uno si colloca al piano terra e due al piano primo a servizio di ciascuna delle due porzioni in cui quest'ultimo si divide.

I servizi igienici, ove l'ampiezza l'abbia consentito, sono stati dotati anche di depositi per il materiale preposto alla pulizia, evitando così ai collaboratori scolastici il gravoso compito di trasportare da un piano all'altro dispositivi pesanti ed ingombranti.

Sono stati inseriti anche servizi igienici adatti all'utilizzo da parte del diversamente abile: 2 collocati al piano terra (uno per ogni ala) e 4 collocati alla quota del ballatoio (2 per ogni ala, ognuno a servire la porzione in cui il piano si divide).

Abbiamo inoltre cercato di apportare alcuni miglioramenti anche al sistema delle accessibilità, senza per questo snaturare la conformazione spaziale che identifica l'edificio scolastico.

Nell'ipotesi progettuale da noi avanzata il piano terra è completamente accessibile al disabile, in quanto privo di qualsivoglia barriera architettonica, mentre il piano primo risulterà accessibile parzialmente: in particolare il portatore di handicap potrà disporre della quota del ballatoio e dei corrispondenti servizi igienici piuttosto che di 4 delle 12 aule che si trovano al piano primo e dei rispettivi atelier.

Pur non essendo dunque giunti alla risoluzione completa del problema, abbiamo comunque apportato un miglioramento consistente, se pensiamo che allo stato attuale l'accesso all'intero piano primo è totalmente precluso al disabile.

Rendere il piano superiore completamente accessibile allo stesso avrebbe comportato un intervento sull'edificio ancor più impattivo di quello ipotizzato e soprattutto avrebbe intaccato eccessivamente l'impianto della scuola, che si basa appunto anche sulla dinamicità operata dalla variabilità delle quote alle quali si collocano le varie sezioni dell'edificio stesso.

L'intervento da noi ipotizzato ci sembra dunque un buon compromesso nell'ottica di voler preservare quanto più possibile la natura compositiva dell'edificio ma allo stesso tempo di renderlo accessibile a chiunque, a prescindere dalla propria condizione fisica.

L'accessibilità è garantita tramite l'inserimento di 2 ascensori (1 per ala) che collegano il piano terra al livello del ballatoio che distribuisce gli accessi agli atelier collocati sul piano primo.

Tra quest'ultimo e il ballatoio il collegamento è invece consentito da una piattaforma elevatrice.

4.2.4. Atrii e terrazzi

L'intervento di riqualificazione degli atrii consiste nella completa liberazione degli stessi dagli elementi incongrui in primis (scaffalature, sedute, archivio documenti, fotocopiatrici, ecc.) e in secondo luogo dai servizi igienici disposti a colonna a ridosso dei corpi scala.

La generale riorganizzazione di tali spazi è resa possibile dalla realizzazione degli ampliamenti che ospitano al loro interno locali deputati allo svolgimento di precise attività e che rendono dunque possibile il trasferimento all'interno degli stessi di tutti i dispositivi che allo stato attuale sono collocati negli atri.

Questi ultimi, resi più ariosi grazie alla loro riorganizzazione, nell'ipotesi progettuale da noi avanzata, vengono arricchiti dalla presenza di boxes in legno (dunque facilmente rimovibili nel caso si presentasse la necessità di ottenere più spazio), ognuno deputato all'assolvimento di una specifica funzione.

I boxes, 4 per ogni ala, presentano uno sviluppo in pianta irregolare che si contrappone al rigore e alla linearità che caratterizza l'ambiente circostante, al fine di scaturire negli utenti una sensazione di stupore, di dinamismo, di vivacità.

Essi sono ulteriormente movimentati dal fatto che presentino, ognuno, altezze diverse:

- quello meno elevato tra i 4 può essere meglio definito come seduta, una sorta di ampio pouf in cui i ragazzi possono riunirsi e conversare durante la ricreazione;
- quello immediatamente più alto, contenendo al suo interno distributori automatici di cibo e bevande, funziona invece come piccolo angolo di ristoro;
- il terzo funge invece da vano portineria: al suo interno si collocano i collaboratori scolastici nel momento in cui essi non siano impegnati in attività di pulizia o di gestione dell'edificio. Grazie al suo posizionamento, il personale può agevolmente vigilare sull'ingresso e il box stesso costituire una tappa obbligata per chiunque, normalmente estraneo alle attività scolastiche, acceda all'edificio;
- l'ultimo, il più elevato, ospita al suo interno il vano ascensore che collega il piano terra alla quota del ballatoio di distribuzione. Lo spazio di risulta potrà invece essere agevolmente utilizzato come deposito e ripostiglio.

I terrazzi alle quote superiori sono stati riqualificati attraverso il rifacimento della pavimentazione, in modo da eliminare le infiltrazioni d'acqua che attualmente coinvolgono gli spazi sottostanti, attraverso la sostituzione degli infissi che ne costituiscono le pareti laterali, così da ottenere prestazioni energetiche migliori, e attraverso l'introduzione di nuovi parapetti a norma.

Inoltre uno dei due passaggi sospesi (oggi culminante in una breve rampa di scale), che dal ballatoio di distribuzione conduce ai terrazzi posti ad una quota intermedia tra quella del ballatoio stesso e del piano primo, è stato sostituito con una rampa.

Lo spazio insufficiente non ci ha consentito di conferirle una pendenza tale da rispettare la normativa sulla rimozione delle barriere architettoniche, tuttavia pur non essendo catalogabile a norma di legge come via di fuga per il disabile, può esserlo a tutti gli effetti, soprattutto se pensiamo che in un'ipotetica situazione d'emergenza egli possa essere coadiuvato da qualsiasi altro soggetto presente all'interno dell'edificio nelle operazioni di allontanamento da quest'ultimo.

Grazie a tali interventi, dunque tornando ad essere agibili, i terrazzi possono riacquisire la propria funzionalità, e fungere dunque contemporaneamente da via di fuga principale per chiunque si trovi al piano primo e da luogo di svago e ricreazione a cielo aperto.

Al termine dell'intervento di riqualificazione la superficie e il volume dell'edificio risultano così incrementati:

	PRE intervento di riqualificazione	POST intervento di riqualificazione
Superficie³⁹	3.266 m ²	7.544 m ²
Volume	23.234 m ³	33.557 m ³

³⁹ Si intende la Superficie utile lorda (Sul)

Il retrofit energetico: criticità, strategie e soluzioni progettuali

5.1. Diagnosi energetica dello stato di fatto: obiettivi e strumenti di indagine

Tra i principali obiettivi che ci siamo proposti di raggiungere durante lo sviluppo del progetto di tesi non vi è solo quello coincidente con il riordino funzionale e la riorganizzazione architettonica dell'edificio scolastico in questione, ma anche quello relativo alla riqualificazione energetica dello stesso, al fine di renderne sostenibile l'approvvigionamento ed il consumo di energia, conducendolo ad una classe di prestazione energetica A.

L'importanza assunta da questi argomenti è giustificata, in primo luogo, dall'intento di ridurre il consumo di combustibili fossili e, in secondo luogo, dalla volontà espressa da governi ed istituzioni di abbattere le emissioni di CO₂ e di altri inquinanti nell'atmosfera.

La necessità di attingere dunque a fonti energetiche rinnovabili, di adeguare i manufatti edilizi alle odierne tendenze di risparmio energetico e di riduzione delle emissioni inquinanti si configura attualmente come prerogativa alla quale non è possibile sottrarsi.

Al fine di riuscire nell'intento, il primo passo è consistito nel cercare di realizzare un resoconto dettagliato della condizione in cui l'edificio versò allo stato attuale, dal punto di vista delle dispersioni e degli apporti energetici, della stratigrafia e morfologia degli elementi disperdenti, della tipologia e del rendimento impiantistico, dunque in sostanza del fabbisogno di energia primaria utile a generare energia termica.

Per farlo abbiamo dapprima proceduto al recupero delle informazioni relative a stratigrafie, infissi e impianti in funzione, gentilmente concesseci da Sinergia Sistemi S.p.A. che prima di noi, nel 2009, ha provveduto alla redazione del Certificato di Prestazione Energetica (C.P.E) dell'edificio, su incarico della pubblica amministrazione bolognese.

Una volta raccolte, abbiamo introdotto tali informazioni all'interno di un software di modellazione della prestazione energetica degli edifici, ossia Termolog, sviluppato da Logical soft, nelle sue versioni EpiX 5 ed EpiX 6; i software di questo tipo sono sostanzialmente proiettati al calcolo dell'indice di prestazione energetica

($EP_{\text{invernale}}$ ed EP_{estivo}), la cui conoscenza risulta imprescindibile nella certificazione dell'edificio e nella verifica, rispetto ai limiti di legge, dei parametri prestazionali dello stesso.

Termolog opera la modellazione delle prestazioni energetiche sulla base di norme e leggi (ossia secondo standard): in particolare esso fa riferimento alla normativa UNI/TS 11300; inoltre nella sua ultima versione è già stato prontamente adeguato ai decreti attuativi della legge 3/08/2013 n°90⁴⁰, che contiene il nuovo Attestato di Prestazione Energetica (A.P.E.) e la nuova relazione progettuale (ex legge 9/01/1991 n°10⁴¹).

5.2. Criticità e opportunità riscontrate: strategie di risoluzione ipotizzate

Introdotti i dati di ingresso e terminato il calcolo, il software ci ha fornito un quadro sia generale (Fig. 18) che particolare (Fig. 19) dei valori di dispersione, nonché del rendimento degli impianti.

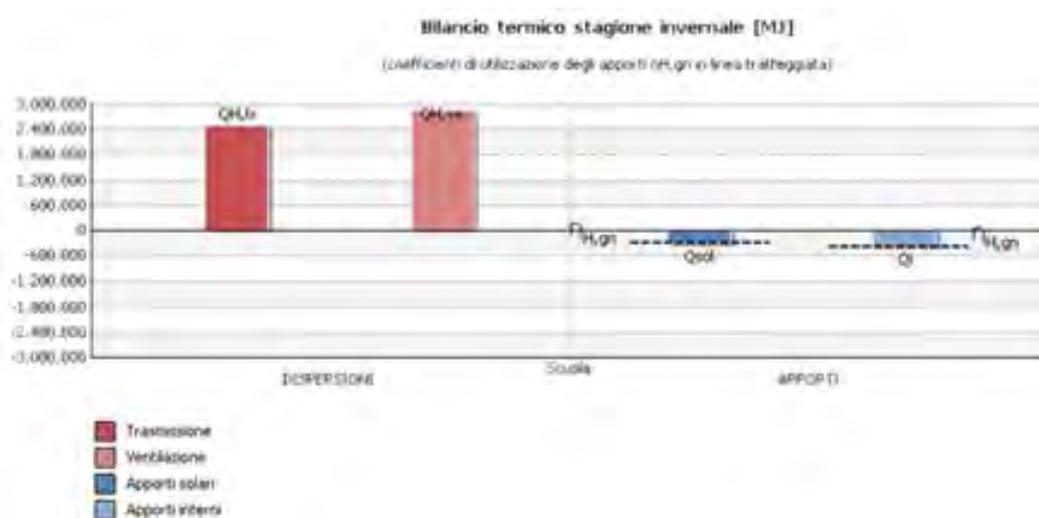


Fig. 22_Bilancio termico stagione invernale (pre riqualificazione)

⁴⁰Si tratta della conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 4/06/2013 n°63, recante 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 disposizioni in materia di coesione sociale.

⁴¹ Si tratta della legge nota come "Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia"

Il grafico precedente si riferisce al bilancio energetico dell'edificio, ossia alla relazione tra dispersioni ed apporti, considerati nel loro complesso, quindi come somme delle singole dispersioni e dei singoli apporti di ciascun elemento che caratterizzi l'involucro del manufatto architettonico in oggetto o che entri in gioco in altro modo (un esempio è rappresentato dagli apporti interni Q_i).

Dalla lettura dello stesso si può intuitivamente comprendere come le dispersioni superino abbondantemente gli apporti e come tra queste quelle più cospicue avvengano per ventilazione ($Q_{H_{ve}}=2.875.353,2$ MJ), senza comunque sottovalutare quelle che avvengono per trasmissione ($Q_{H_{tr}}=2.518.239,2$ MJ), in ogni caso ingenti.

Compresa dunque la generale necessità di limitare prima di tutto le dispersioni e, avendone la possibilità, di incrementare gli apporti, abbiamo rielaborato i singoli dati di dettaglio, per comprendere quale fosse l'incidenza di ciascun parametro nella determinazione della criticità complessiva e dunque partire da questa analisi per stabilire delle priorità di intervento.

POTENZA TERMICA DISPERSA [W]

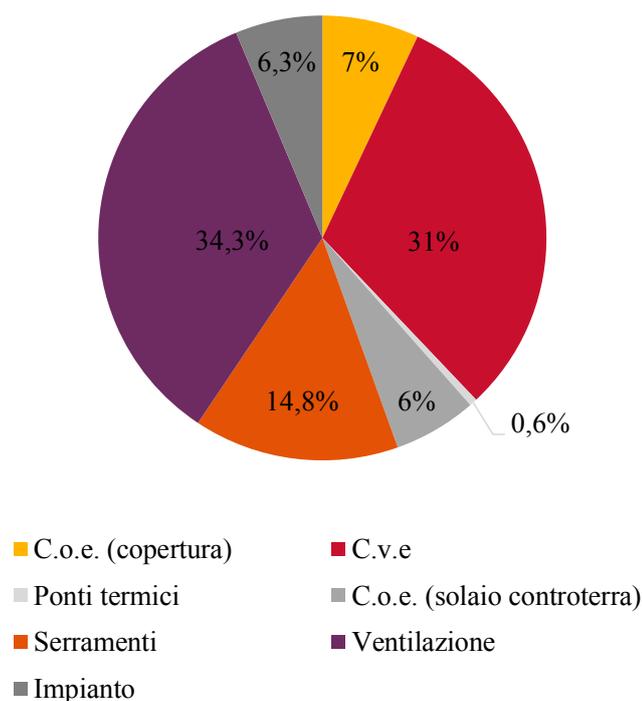


Fig. 23_Dispersioni

5.2.1. La ventilazione

Il grafico precedente conferma come maggiormente critico il dato relativo alle dispersioni che avvengono per ventilazione, pari al 34% circa: risulterà pertanto imprescindibile intervenire in fase di progetto su questo parametro in modo prioritario, prevedendo l'inserimento di un sistema di ventilazione meccanica: l'unico modo per limitare efficacemente la portata di energia dispersa per ventilazione si identifica infatti nell'agire artificialmente sul numero dei ricambi d'aria in termini di volumi/ora.

5.2.2. Le chiusure verticali esterne

A seguire, con un'ingenza non troppo inferiore rispetto alla precedente, pari al 31%, si colloca la criticità legata alle dispersioni che avvengono per trasmissione attraverso le chiusure verticali esterne (c.v.e.).

Si tratta di un dato che non ci ha in alcun modo stupito in quanto l'involucro in questione risulta anche all'apparenza decisamente carente dal punto di vista delle prestazioni energetiche: esso è costituito infatti da pannelli prefabbricati in cemento armato rivestiti in ghiaia lavata all'esterno e semplicemente intonacati all'interno, totalmente privi di qualsivoglia strato isolante.

La sostituzione degli stessi ci è sembrata la scelta più opportuna, soprattutto se pensiamo che, a seguito del sisma che ha coinvolto l'Emilia nel 2012, sono stati notevolmente compromessi, tanto da risultare attualmente puntellati e ancorati ai pilastri con angolari e piastre metalliche di sicurezza, ecc.

5.2.3. I serramenti e le superfici trasparenti

Vista la sostituzione delle chiusure esterne verticali, risulta imprescindibile e conseguenziale anche la sostituzione dei serramenti, a cui in ogni caso sono associate le dispersioni che coincidono con il terzo valore più ingente, pari al 15% del totale.

L'edificio presenta infatti serramenti metallici a nastro con doppio vetro caratterizzati da un'elevata trasmittanza termica e da una notevole permeabilità all'aria, anche a causa del loro progressivo invecchiamento.

Non è un caso dunque se questi aspetti favoriscono notevolmente la dispersione di calore prodotto dall'impianto termico dell'edificio in regime di funzionamento invernale; è per questo importante porvi rimedio.

5.2.4. La radiazione solare: indagine sull'illuminamento

L'abbondante presenza di superfici trasparenti, anche nei locali adibiti ad aule tradizionali, ci ha spinti ad indagare la presenza di eventuali criticità non unicamente dal punto di vista termico ma anche da quello della qualità luminosa all'interno delle stesse.

Per farlo è fondamentale conoscere la nozione di illuminamento, grandezza fotometrica definita come il rapporto tra il flusso luminoso che incide sulla superficie ricevente e l'area di quest'ultima.

L'illuminamento si misura in lux, è definito in un punto preciso della superficie illuminata ed il suo valore è determinato sia dal flusso luminoso direttamente inviato da una o più sorgenti di luce (illuminazione diretta), sia dal flusso ricevuto per riflessione o diffusione dalle superfici circostanti (illuminazione indiretta).

La norma di riferimento in questo senso, ossia la UNI EN 12464-1⁴² che sostituisce la precedente UNI 10380, ha come tema i requisiti illuminotecnici da soddisfare nei posti di lavoro in interni ed analizza i compiti visivi abituali, soffermandosi sulle esigenze di comfort visivo e dando indicazioni in merito ai livelli di illuminamento, uniformità e grado massimo di abbagliamento necessari alle diverse prestazioni visive.

⁴² Nota come "Illuminazione dei luoghi di lavoro".

Per i nostri scopi abbiamo considerato il valore di illuminamento medio (E_m) riportato dalla norma, ovvero il valore necessario a garantire il comfort visivo sulle superfici in cui si svolge ogni compito analizzato.

La tabella 1.6 di tale norma, dedicata agli edifici scolastici, stabilisce al punto 6.2.1 che il livello E_m per le aule tradizionali debba essere pari a 300 lux.

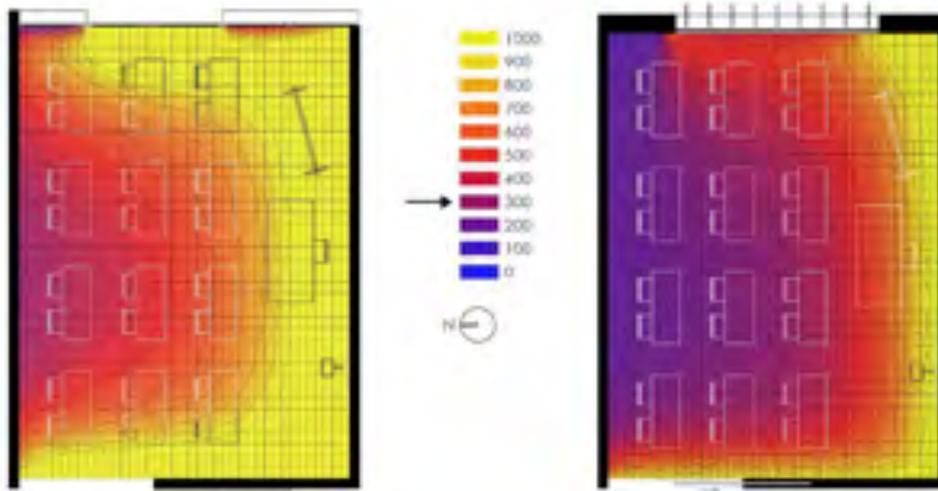
Per analizzare nel dettaglio l'aspetto legato all'illuminamento abbiamo utilizzato il software Ecotect Analysis 2011, sviluppato da Autodesk per la progettazione architettonica sostenibile; esso ci ha consentito di analizzare i livelli di illuminamento in qualunque punto delle aule, l'andamento delle ombre in relazione al percorso solare (in qualsiasi data ed orario) ed il fattore di luce diurna (o daylight factor), parametro finalizzato alla valutazione dell'illuminazione naturale all'interno di un ambiente confinato.

E' da sottolineare che il daylight factor non è dipendente dalla data o dall'orario, ma rappresenta le condizioni di progetto peggiori sulla base di un cielo mediamente nuvoloso o uniforme in pieno inverno.

Dall'analisi da noi effettuata è risultato che le superfici trasparenti, poste ai lati est/ovest dell'aula e non schermate esternamente ma solo internamente con tendaggi leggeri, causano un eccesso di illuminamento all'interno delle aule.

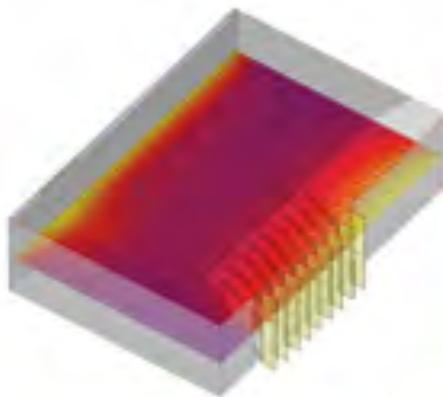
Ciò crea discomfort e rende sgradevole l'attività in corrispondenza dei banchi, che accentuano il problema in quanto realizzati con materiali molto chiari e semiriflettenti.

E' risultato dunque opportuno in fase progettuale provvedere alla realizzazione di un sistema di schermatura solare finalizzato alla diminuzione dell'illuminamento medio all'interno delle aule.



Aula piano terra_Presistenza

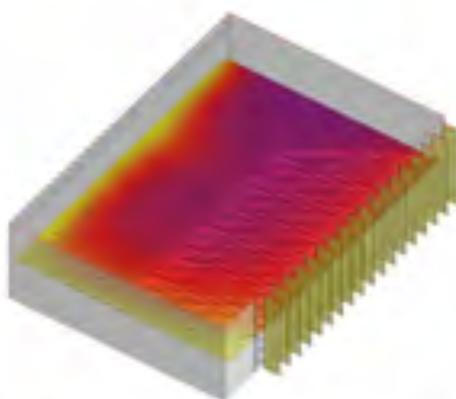
Aula piano terra_Progetto



Aula piano primo lato est_Progetto



Sezione_Progetto



Aula piano primo lato ovest_Progetto



Sezione_Progetto

Fig. 24_Gli studi sull'illuminamento

5.2.5. Gli impianti

Gli impianti ad oggi in funzione sono di tipo idronico, ciò significa che impiegano l'acqua come fluido termovettore.

Vediamo nel dettaglio le componenti principali di tali impianti:

Generatori per la climatizzazione invernale

Essi coincidono con:

- 1 caldaia a gas metano Unical TZ-AR 350 (potenza termica utile nominale $\phi_{cn}=407$ kW)
- 1 caldaia a gas metano Unical TZ-AR 200 (potenza termica utile nominale $\phi_{cn}=233$ kW)

Generatori per l'acqua calda sanitaria⁴³

Essi corrispondono a 2 bollitori elettrici ad accumulo o "boiler" (potenza utile nominale $\phi_n=6$ kW)

Terminali



Essi in particolare si suddividono in:

- Radiatori in ghisa nelle aule/laboratori
- Ventilconvettori nella palestra
- Bocchette in sistemi ad aria calda negli atri.

Fig. 25 Un radiatore montato in posizione inconsueta

⁴³ Ricordiamo che per normativa la scuola secondaria di I grado non necessita di ACS, quindi il software di modellazione della prestazione energetica non ne richiede tassativamente l'inserimento.



Fig. 26_Ventilconvettore



Fig. 27_Termoventilante: corpo principale



Fig. 28_Termoventilanti: rete di distribuzione

Sebbene le dispersioni legate agli impianti di climatizzazione invernale non risultino così determinanti o comunque tra le più critiche (sono infatti pari al 6% circa), abbiamo scelto di non conservare gli impianti preesistenti stessi per svariati motivi, che elenchiamo brevemente di seguito.

Innanzitutto perché, avendo realizzato un ampliamento, gli impianti attuali non sarebbero risultati sufficienti a coprire il fabbisogno dell'intero edificio; essi dunque sarebbero dovuti essere incrementati, a partire dai generatori.

Un incremento dei generatori non sarebbe in ogni caso stato possibile all'interno della centrale termica preesistente per mancanza di spazio; inoltre l'ipotesi di spostare la centrale termica ai fini di collocarla in un locale più grande, dunque di smontare i generatori in funzione e rimontarli in altra sede, modificando così lo sviluppo della rete di distribuzione, ci è sembrata coincidere con un intervento in alcun modo sostenibile, conducendoci a scartare questa ipotesi.

La seconda ragione per cui abbiamo scelto di sostituire gli impianti risiede nell'intento di collocare la centrale termica in altra posizione rispetto a quella attuale e di inserirla all'interno del volume in cui si articola l'edificio, per le ragioni di aspetto compositivo affrontate precedentemente (sottolineatura degli accessi, liberazione della facciata principale da elementi incongrui al fine di darle una connotazione rappresentativa, ecc.).

Anche in questo caso l'idea di mantenere post-intervento gli impianti attualmente in funzione, per poi incrementarli con altri di nuova generazione al fine di soddisfare il fabbisogno degli ampliamenti, avrebbe comportato una fase di smontaggio e rimontaggio dei primi e di prolungamento della rete di distribuzione, che avrebbe portato con sé non poche complicazioni.

La terza ragione, probabilmente quella più importante, è rappresentata dal fatto che l'impianto in essere, facendo uso di generatori alimentati a gas metano, risulta attualmente inadeguato alle generali indicazioni che prevedono di limitare l'approvvigionamento energetico da fonti esauribili, quali i combustibili fossili.

La scelta di abbandonare un sistema impiantistico che faccia riferimento ad un modello di questo tipo, preferendogliene uno che al contrario si avvalga, anche se parzialmente, di fonti di energia primaria rinnovabili, ci è sembrata la più appropriata, sia nell'ottica della sostenibilità presente che in quella futura.

In questo senso, abbiamo pensato soprattutto al fatto che un impianto attuale, installato all'interno di un edificio gestito dall'amministrazione pubblica (le cui risorse sono nella maggior parte dei casi limitate) non possa subire un'effettiva obsolescenza, anche di tipo concettuale, nel breve termine.

5.2.6. Le chiusure orizzontali esterne: un'opportunità da preservare

Se dunque per varie ragioni la condizione delle chiusure verticali esterne, dei serramenti e degli impianti risultano critiche, non possiamo dire lo stesso delle chiusure orizzontali esterne (sia copertura non calpestabile che solaio contro terra). Le dispersioni relative a copertura non calpestabile e solaio contro terra sono rispettivamente pari al 7% e al 6% del totale.

I valori di trasmittanza, parametro che incide sensibilmente sulle dispersioni, presentati dalle stratigrafie di copertura ($U=0,911 \text{ W/m}^2\text{K}$) e solaio contro terra ($U=0,855 \text{ W/m}^2\text{K}$), anche se superiori ai limiti previsti dalla legge⁴⁴, risultano sensibilmente inferiori rispetto al valore della trasmittanza stessa riferito alle c.v.e ($U=3,018 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Questo dipende, per quanto riguarda la copertura, in gran parte dal fatto che essa risulti isolata, anche se in modo lieve, mentre, per quanto riguarda il solaio contro terra, dallo spessore importante (35 cm), di cui la trasmittanza è funzione diretta.

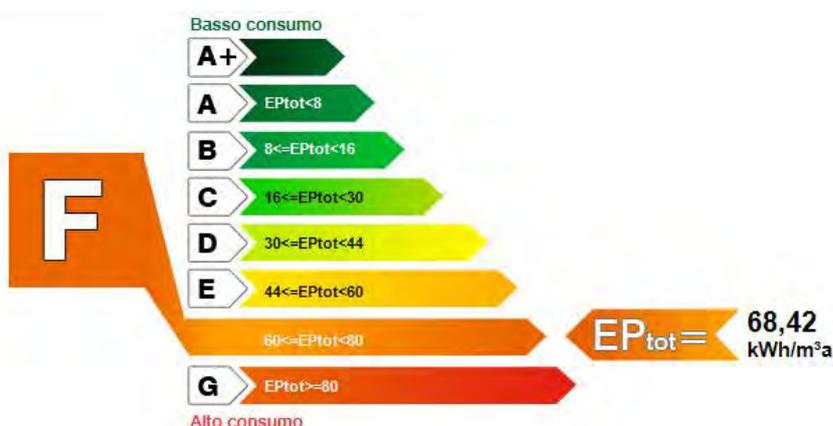
Considerati questi risultati e le risorse da investire in un cospicuo intervento su tali elementi architettonici, piuttosto che nella loro eventuale demolizione, abbiamo deciso di mantenerli nel loro stato attuale anche all'interno del progetto riqualificato.

5.3. La classe energetica di appartenenza

Il completamento della modellazione della prestazione energetica dell'edificio ci ha permesso di valutare l'attuale fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento

⁴⁴ Il D.M. 26/01/2010, in aggiornamento del D.M. 11/03/2008, stabilisce che i valori limite di trasmittanza U , in zona climatica E (quella in cui si trova l'edificio scolastico in oggetto di tesi), siano pari a $0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$ per le chiusure opache verticali, $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ per le coperture, $0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ per i solai contro terra ed $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ per le chiusure apribili e assimilabili.

in regime invernale dello stesso, ottenendo un EP_{tot} pari a 68,42 kWh/m³anno, certificandolo dunque in classe F.



5.4. Gli esiti progettuali

A riqualificazione energetica avvenuta, abbiamo dunque rimodellato l'edificio nel suo esito progettuale dal punto di vista della prestazione energetica, anche in questo caso utilizzando il medesimo software di calcolo di cui ci siamo avvalsi nel caso della preesistenza.

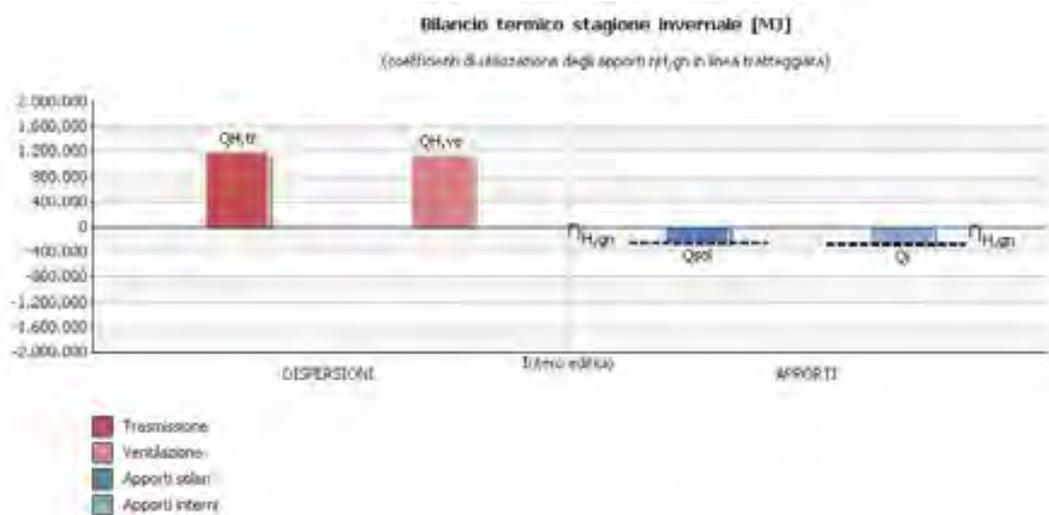


Fig. 29_Bilancio termico stagione invernale (post riqualificazione)

Il valore delle dispersioni è sensibilmente diminuito fino a risultare praticamente dimezzato ($Q_{H,tr}=1.178.655,42 \text{ MJ}$ e $Q_{H,ve}=1.134.845,6 \text{ MJ}$); anche gli apporti

solari sono purtroppo diminuiti entrambi del 40% circa ($Q_{sol}=257.786,75$ MJ e $Q_i=278.532,63$ MJ).

Vediamo dunque nei paragrafi seguenti quali sono stati gli interventi apportati in fase progettuale.

5.4.1. L'introduzione di un sistema di ventilazione meccanizzata (UTA)

Al fine di limitare le dispersioni causate dalla ventilazione naturale, controllare la qualità dell'aria e nel caso specifico di climatizzare alcuni dei locali, abbiamo deciso di installare un sistema meccanico di ventilazione (UTA).

Un' unità di trattamento dell'aria è un dispositivo costituito da un ventilatore ed uno scambiatore di calore e dotato di un circuito ad acqua connesso ad una pompa di calore a ciclo reversibile, tale da garantire aria pulita e correttamente umidificata all'interno degli edifici e di climatizzare gli ambienti sia in regime invernale che in regime estivo.

Ogni UTA prevista serve una delle 5 zone in cui è stato suddiviso l'edificio: per ogni zona è stata calcolata la necessaria **portata d'aria esterna Q_o [m^3/h]**, utilizzando la superficie della zona stessa [m^2], la portata d'aria Q_{op} [$10^{-3} m^3/s$] e l'indice di affollamento ns [persona/ m^2] (decurtato del 60%), questi ultimi reperiti all'interno della norma UNI/TS 10339⁴⁵, precisamente in corrispondenza dei prospetti 3 e 8.

Ai fini del dimensionamento dell'impianto di trattamento dell'aria tali dati sono stati inseriti all'interno della seguente formula:

$$Q_o = Q_{op} \cdot ns \cdot s \cdot 3,6 \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

La risoluzione di tale equazione per ognuna delle 5 zone in cui è stato suddiviso l'edificio ci ha condotto ai seguenti risultati:

- Amp. auditorium $Q_o=5330 m^3/h$
- Amp. mensa/uffici $Q_o=6318 m^3/h$
- Palestra $Q_o=3635 m^3/h$

⁴⁵Note come "Impianti aeraulici a fini di benessere".

- Ala sinistra $Q_o=7183 \text{ m}^3/\text{h}$
- Ala destra $Q_o=7183 \text{ m}^3/\text{h}$

A questo punto abbiamo individuato all'interno del catalogo Daikin (vedi scheda tecnica) le UTA ad alta efficienza con recupero di calore da installare, che serviranno anche per il servizio di riscaldamento:

- Amp. auditorium Daikin D-AHU Energy mod.9 ($Q_o=5410 \text{ m}^3/\text{h}$)
- Amp. mensa/uffici Daikin D-AHU Energy mod.10 ($Q_o=6540 \text{ m}^3/\text{h}$)
- Palestra Daikin D-AHU Energy mod.7 ($Q_o=4090 \text{ m}^3/\text{h}$)
- Ala sinistra Daikin D-AHU Energy mod.11 ($Q_o=7700 \text{ m}^3/\text{h}$)
- Ala destra Daikin D-AHU Energy mod.11 ($Q_o=7700 \text{ m}^3/\text{h}$)



Fig. 30_L'unita di trattamento d'aria Daikin

5.4.2. La sostituzione dell'involucro e l'introduzione di serramenti dotati di schermatura solare

L'involucro costituito da pannelli prefabbricati in cemento armato, rivestiti all'esterno in ghiaia lavata, è stato completamente sostituito con uno in legno, sia per quanto riguarda la struttura (in x-lam) che per quanto riguarda il rivestimento (in perline), isolato a dovere sul lato freddo con un pannello in fibra di legno da 14 cm e sul lato caldo con un pannello Celenit N da 5 cm.

In questo modo siamo passati da una trasmittanza U pari circa a $3 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ nel caso della preesistenza, ad una circa pari a $0,18 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ nel caso dell'edificio riqualificato.

Per quanto riguarda i serramenti, abbiamo cercato di risolvere il problema delle dispersioni per trasmissione sostituendo i vecchi infissi metallici dotati di doppio vetro e camera d'aria con infissi low emission in PVC con triplo vetro basso emissivo e doppia camera con argon.

In questo modo la trasmittanza U è variata dai circa $4 \text{ W/m}^2\text{K}$ dei vecchi serramenti ai circa $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ di quelli installati in fase progettuale.

Inoltre i serramenti, ove questo risultasse necessario, sono stati esternamente dotati di un sistema di frangisole verticali al fine di controllare sia la quantità di luce che di radiazione solare all'interno dell'aula, dando la possibilità direttamente all'utente di regolarne i livelli a seconda delle esigenze.

5.4.3. La sostituzione dell'impianto di climatizzazione: impiego di energie rinnovabili

I vecchi generatori a gas metano ed il sistema impiantistico idronico sono stati sostituiti con un impianto aeraulico (che impiega cioè l'aria come fluido termovettore) negli ampliamenti e con uno misto aria/acqua all'interno della preesistenza.

Vediamo nel dettaglio le componenti principali di tali impianti.

Generatori per la climatizzazione invernale

Nel caso specifico abbiamo scelto di adottare come generatori delle pompe di calore.

Ogni pompa di calore prevista serve una delle 5 zone in cui è stato suddiviso l'edificio: per ogni zona è stata calcolata la **potenza termica utile ϕ_u [kW]** utilizzando il coefficiente di scambio termico per trasmissione HT_{tot} [W/K] ed il coefficiente di scambio termico per ventilazione Hv [W/K].

Ai fini del dimensionamento delle pompe di calore, tali dati sono stati inseriti all'interno della seguente formula:

$$\phi_u = \frac{25 * (HT_{tot} + Hv)}{1000}$$

Effettuato dunque il calcolo abbiamo ottenuto i seguenti risultati:

- Amp. auditorium $\phi_u = 51,8 \text{ kW}$
- Amp. mensa/uffici $\phi_u = 44,3 \text{ kW}$
- Palestra $\phi_u = 33,2 \text{ kW}$
- Ala sinistra $\phi_u = 76,5 \text{ kW}$
- Ala destra $\phi_u = 76,5 \text{ kW}$

La potenza termica utile totale ϕ_u , dunque relativa all'edificio nel suo complesso, è risultata essere pari a 282 kW

A questo punto abbiamo individuato all'interno del catalogo Clivet le pompe di calore da installare:

- Amp. auditorium Clivetpack CSRN-XHE mod.122 ($\phi_u = 50,2 \text{ kW}$)
- Amp. mensa/uffici Clivetpack CSRN-XHE mod.122 ($\phi_u = 50,2 \text{ kW}$)
- Palestra Clivetpack CSRN-XHE mod.122 ($\phi_u = 50,2 \text{ kW}$)
- Ala sinistra Clivetpack CSRN-XHE mod.222 ($\phi_u = 80,5 \text{ kW}$)
- Ala destra Clivetpack CSRN-XHE mod.222 ($\phi_u = 80,5 \text{ kW}$)



Fig. 31_Pompa di calore Clivet

Terminali

Negli ampliamenti utilizziamo diffusori collegati alle condutture delle UTA, installati a soffitto.

Negli atri a montaggio sospeso, nelle aule e nei laboratori montate a controsoffitto, invece abbiamo scelto le travi convettive fredde Trox serie AKV di tipo attivo.

Esse sono impiegate in impianti di climatizzazione misti aria-acqua per purificare, riscaldare e raffreddare l'aria all'interno di locali chiusi.

In regime invernale il loro funzionamento è così sintetizzabile: l'UTA introduce aria primaria (purificata, preriscaldata ed umidificata/deumidificata a seconda delle condizioni) all'interno di una conduttura di mandata che passa all'interno della trave fredda, dove viene ulteriormente riscaldata da un circuito ad acqua per poi essere immessa nell'ambiente interno.

A questo punto l'aria secondaria già presente nell'ambiente interno, per effetto induttivo, viene richiamata dalla trave fredda, convogliata attraverso lo scambiatore di calore e qui riscaldata.

Nella zona di miscelazione l'aria secondaria viene mescolata all'aria primaria e immessa nell'ambiente attraverso le feritoie di evacuazione.

Il dimensionamento delle travi fredde è stato effettuato in base alla portata della zona termica da soddisfare.

In dettaglio il numero delle travi da collocare nelle specifica zona termica (nel nostro caso rappresentata da ciascuna delle due ali in cui si suddivide la preesistenza) è stato trovato nel seguente modo: abbiamo prima di tutto scelto la lunghezza delle travi fredde, pari a 210 cm, in base allo spazio effettivamente disponibile.

Ad una lunghezza di 210 cm corrisponde, nel caso delle travi fredde Trox, una portata pari a 216 m³/h.

A questo punto, data la portata delle singole travi, abbiamo calcolato la quantità necessaria di queste ultime a coprire la portata della zona termica in questione, attraverso la seguente formula:

$$n^{\circ} \text{ travi} = \frac{\text{portata zona termica}}{\text{portata singola trave}}$$

Nel nostro caso dunque:

$$n^{\circ} \text{ travi} = \frac{7183 \text{ m}^3/\text{h}}{216 \text{ m}^3/\text{h}} = 34$$

Come si può comprendere dal risultato del calcolo precedente, abbiamo dunque posizionato 34 travi per ala, che come detto servono atri, aule tradizionali e laboratori.



Fig. 32_ Trave convettiva fredda di tipo attivo Trox serie AKV

Generatori per acqua calda sanitaria

Essi coincidono con:

- 1 caldaia a gas metano a condensazione monostadio (potenza termica utile nominale $\phi_{cn}=18$ kW) per servire le toilette e gli spogliatoi della palestra

Impianto fotovoltaico

L'impianto fotovoltaico serve in questo caso per generare parte dell'energia necessaria (pari al 61%) ad alimentare l'edificio nel suo complesso, dunque anche le pompe di calore; il restante fabbisogno di energia elettrica è coperto dall'allacciamento alla tradizionale rete di distribuzione urbana.

Nello specifico abbiamo deciso di non installare un impianto fotovoltaico in forma di pannelli, ma di nastri laminati fotovoltaici flessibili, in silicio amorfo, in particolare gli Unisolar PVL 136 (potenza nominale $\phi_n = 136 \pm 5\%$ Wp).

Essi vengono stesi su appositi supporti direttamente sulla copertura, integrandosi completamente con l'edificio.

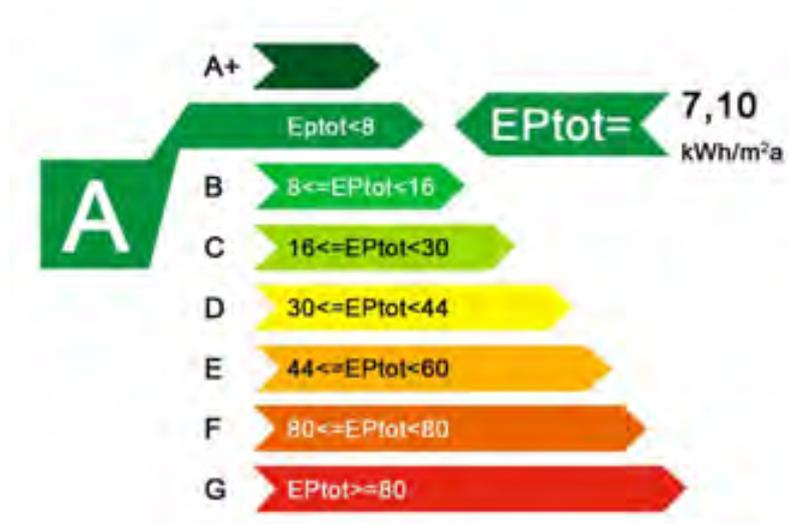
La superficie che i nastri fotovoltaici coprono è calcolata sulla base della percentuale di energia richiesta.



Fig. 33_Un esempio di nastro fotovoltaico Unisolar PVL 136

5.5. Retrofit energetico: conclusioni e classe energetica post intervento

Il completamento della modellazione della prestazione energetica dell'edificio nella sua configurazione post progettuale ci ha permesso di valutare il fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento in regime invernale dello stesso, ottenendo un EP_{tot} pari a $7,1 \text{ kWh/m}^3\text{anno}$, certificandolo dunque in classe A.



ALLEGATI

6.1. L'indagine sugli edifici scolastici in Emilia-Romagna: esiti e dati di output

6.1.1. Modalità di affidamento e dati finanziari relativi agli interventi

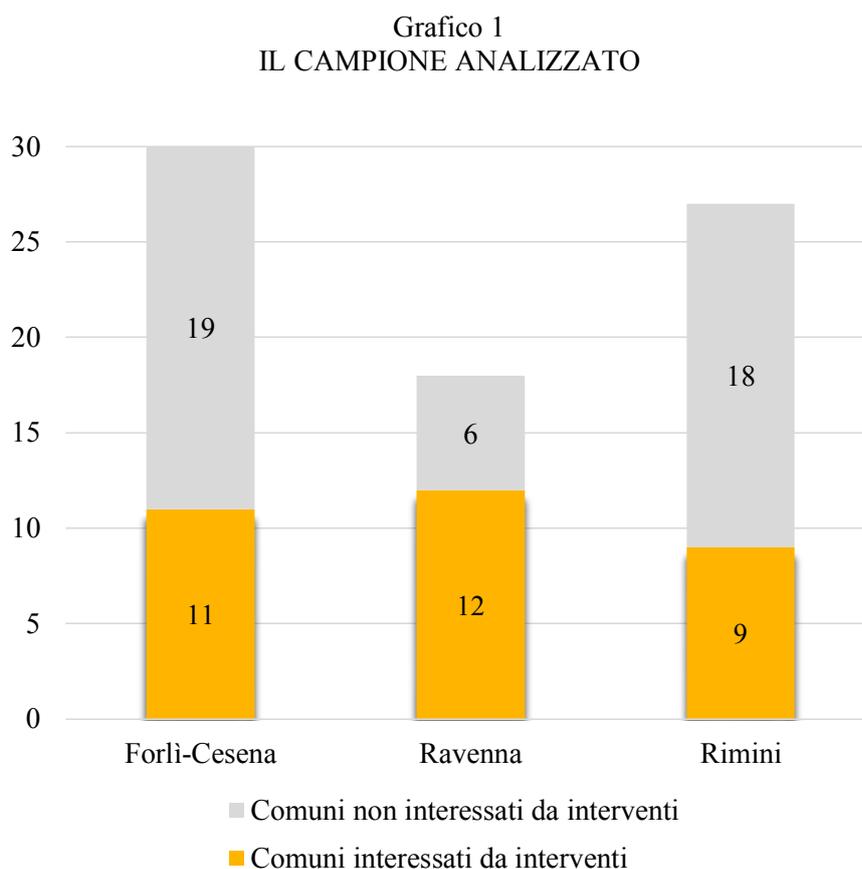


Fig. 34_Campione analizzato

Tra i comuni toccati da interventi, quelli che hanno dimostrato interesse, ma soprattutto disponibilità nei confronti della nostra ricerca e che dunque hanno collaborato con noi, sono circa il 56%. Precisamente 18 comuni hanno collaborato, mentre 14 non hanno dato la loro disponibilità né ad un incontro/intervista, né a fornirci materiale relativo agli interventi realizzati all'interno del territorio di loro competenza. I comuni collaboranti sono così ripartiti sulle tre province:

- FC: 2 comuni su 11

- RA: 7 comuni su 12
- RN: 9 comuni su 9

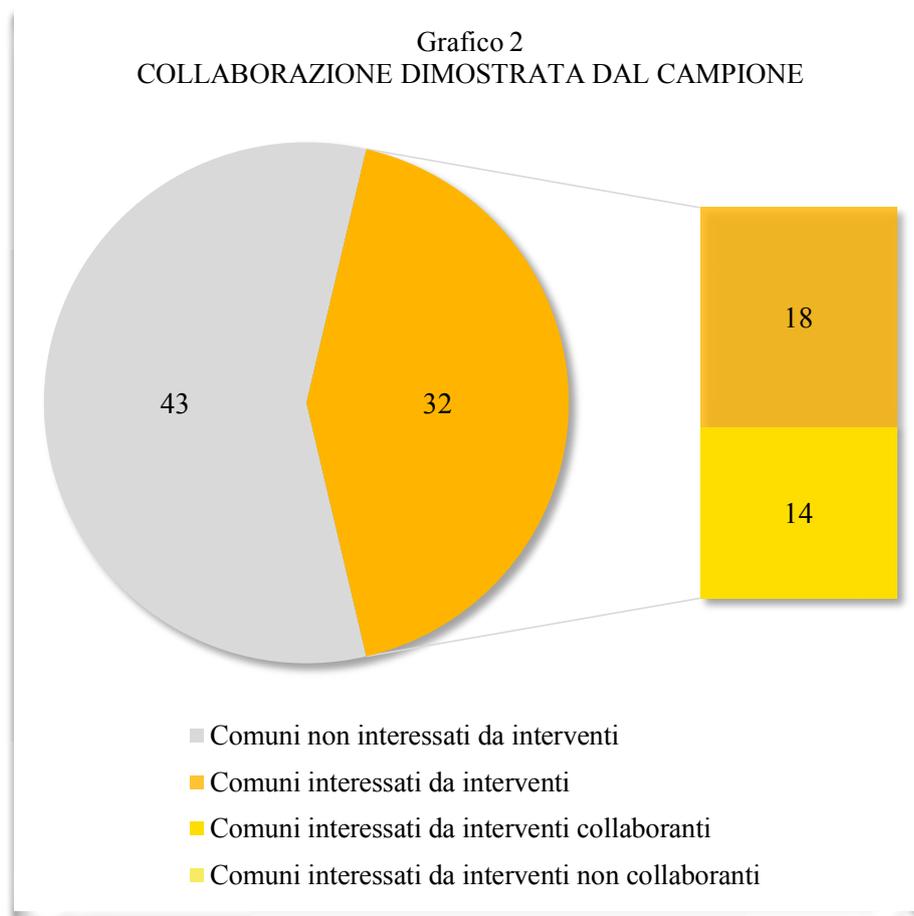


Fig. 35_ Collaborazione dimostrata dal campione

Sia che fossero riferibili a comuni collaboranti, piuttosto che il contrario, complessivamente abbiamo contato 32 interventi realizzati, ripartiti tra ampliamenti e nuove costruzioni rispondenti ai criteri della nostra ricerca.

Il campione degli interventi censiti si suddivide grosso modo a metà tra ampliamenti e nuove costruzioni: 15 sono ampliamenti, ossia circa il 47% e 17 sono nuove costruzioni, ossia circa il 53%.

Per quanto riguarda queste ultime, esse interessano unicamente i livelli di istruzione dell'infanzia (per la maggior parte), primario e secondario di I grado.

Grafico 3.1
NUOVE COSTRUZIONI

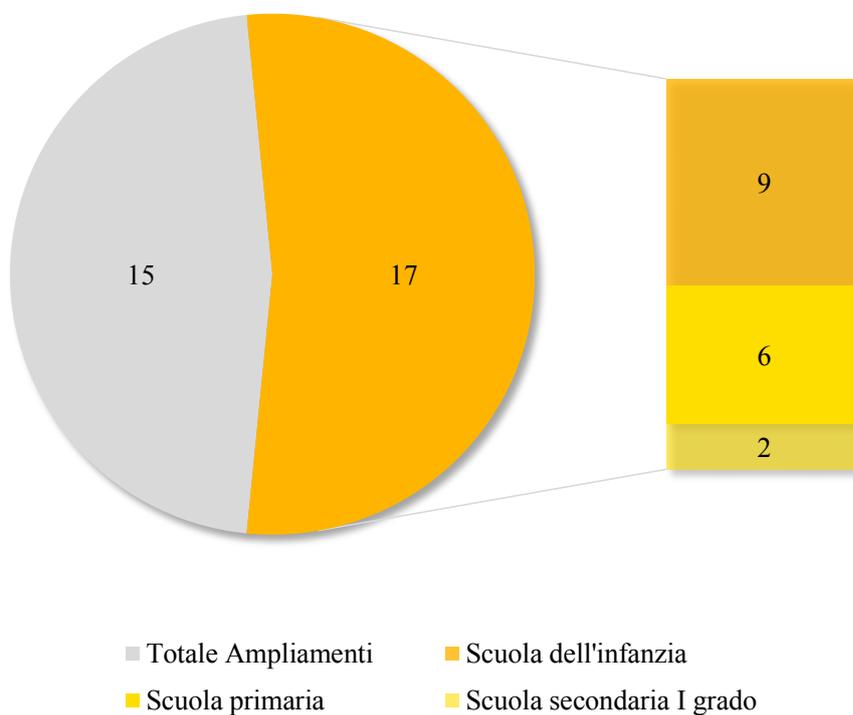


Fig. 36_Nuove costruzioni

Per quanto riguarda gli ampliamenti, essi si dispiegano su tutti i livelli di istruzione, interessando in particolar modo il livello primario, seguito da quello dell'infanzia e parimenti da quello secondario di I e II grado.

Notiamo come gli ampliamenti interessino anche i plessi, ossia edifici aggregati, collocati all'interno dello stesso lotto che ospitano più livelli di istruzione.

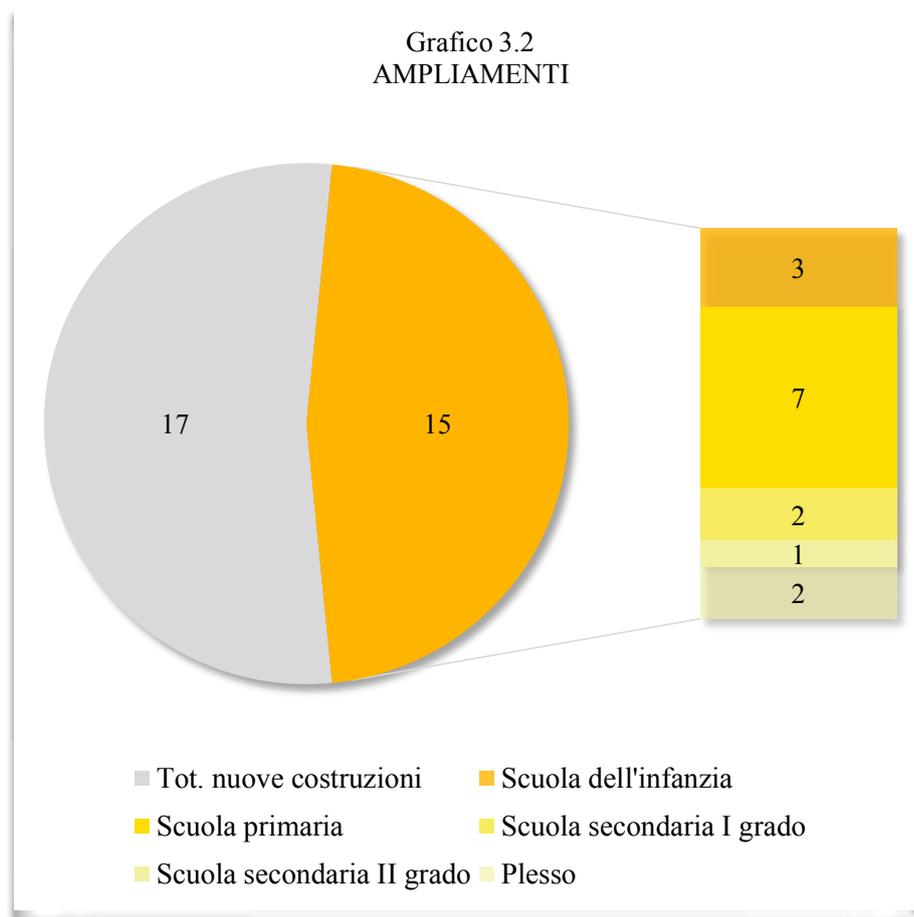


Fig. 37_Ampliamenti

6.1.2. Modalità di affidamento e dati finanziari relativi agli interventi

La progettazione degli interventi campionati è stata per la maggior parte delegata a progettisti esterni all'amministrazione. Sostanzialmente il rapporto è di circa 2 a 1: ogni 3 interventi realizzati, 2 sono stati progettati esternamente ed 1 internamente da tecnici appartenenti all'organico impiegato in amministrazione (vedi grafico 4 alla pagina seguente).

La modalità di scelta del contraente realizzatore dell'intervento è avvenuta nella maggioranza dei casi tramite una gara d'appalto tradizionale che si avvalsesse di una procedura aperta, dunque predisposta alla partecipazione di tutti coloro che, in possesso delle certificazioni richieste, volessero presentare la propria candidatura.

Notiamo come il 48% degli edifici censiti appaltati con questa formula si collochi in una fascia di spesa, quella maggiormente cospicua rispetto alla quantità di interventi contenuti al suo interno, che va dal 1.000.000 ai 2.000.000 di euro, e come invece circa il 30% superi i 2.000.000 di euro.

Il 22% degli edifici analizzati e realizzati attraverso una gara d'appalto tradizionale si colloca invece in una fascia di prezzo che varia tra i 500.000 euro ed il 1.000.000 di euro.

Nei rari casi in cui si sia ricorso a procedure quali l'appalto integrato o la finanza di progetto gli importi dei lavori non erano mai inferiori ai 3.000.000 di euro (vedi grafico 5 alla pagina seguente).

Grafico 4
AFFIDAMENTO DELLA PROGETTAZIONE

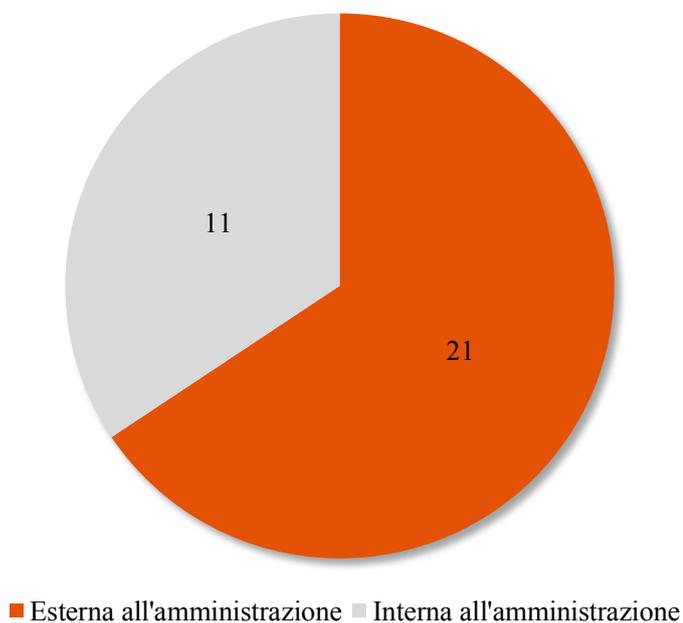


Fig. 38_Affidamento della progettazione

Grafico 5
 MODALITA' DI SCELTA DEL CONTRAENTE ED
 AMMONTARE DELLA COPERTURA FINANZIARIA

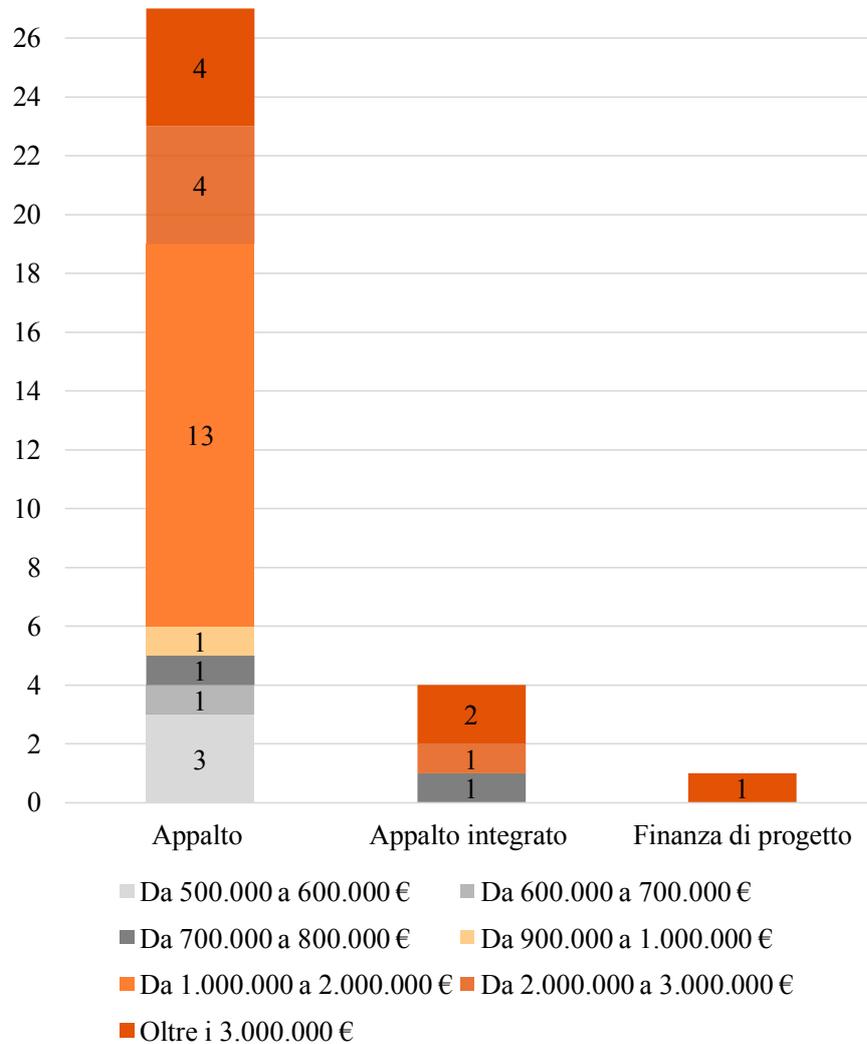


Fig. 39_Scelta del contraente ed ammontare della copertura finanziaria

6.1.3. Qualità degli edifici scolastici

La qualità degli edifici campionati è stata valutata sulla base di parametri oggettivi, essendoci voluti tutelare proprio rispetto all'ambiguità e all'aleatorietà che la parola stessa racchiude in sé.

Essi si identificano con:

- l'orientamento rispetto alle coordinate geografiche, che naturalmente incide sul bilancio energetico dell'edificio;
- la criticità della viabilità nell'area circostante e la presenza di parcheggi a servizio della scuola;
- la presenza o l'assenza di specifiche dotazioni funzionali in relazione al grado di istruzione che l'edificio scolastico ospita;
- le caratteristiche, nonché la presenza o l'assenza di specifiche dotazioni funzionali relative agli spazi aperti in relazione al grado di istruzione che l'edificio scolastico ospita.

Per quanto riguarda l'orientamento, il campione si divide in tre categorie: l'una, rappresentativa del 44% circa degli interventi censiti, include quelli orientati lungo l'asse Est-Ovest.

L'altra, pari al 53% circa degli interventi censiti, include quelli sviluppati in prevalenza lungo l'asse Nord-Sud. Unico caso escluso è rappresentato da un edificio a pianta centrale che pertanto non mostra un orientamento prevalente.

Grafico 6
ORIENTAMENTO RISPETTO ALLE
COORDINATE GEOGRAFICHE

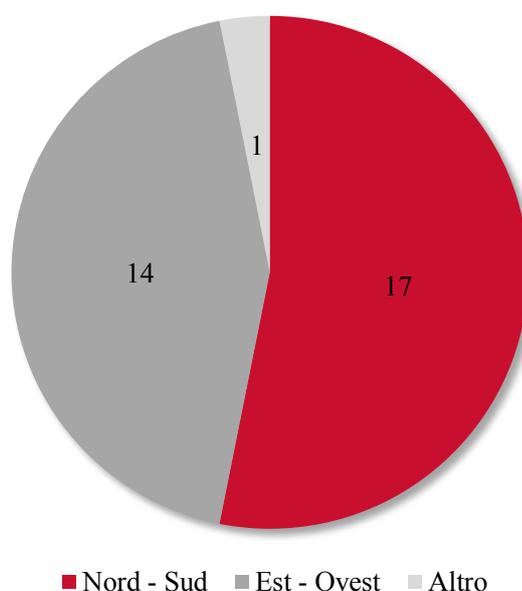


Fig. 40_Orientamento rispetto alle coordinate geografiche

Grafico 7
CRITICITA' NELLA VIABILITA'
CONTINGENTI ALL'ATTIVITA' SCOLASTICA

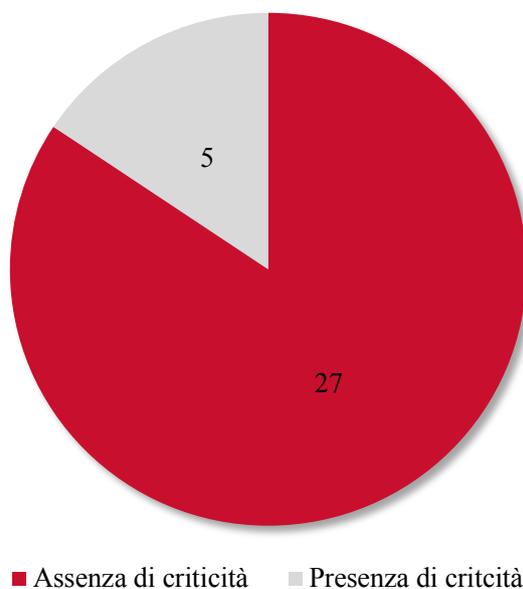


Fig. 41_Criticità nella viabilità contingenti all'attività scolastica

Contrariamente a quanto ci si aspettasse, dal punto di vista della congestione viabilistica durante gli orari di entrata e di uscita da scuola degli studenti non si verificano particolari problematiche. Si riscontrano criticità in circa il 16% dei casi, dunque in poco più di 1 caso ogni 6.

Grafico 8
PARCHEGGI

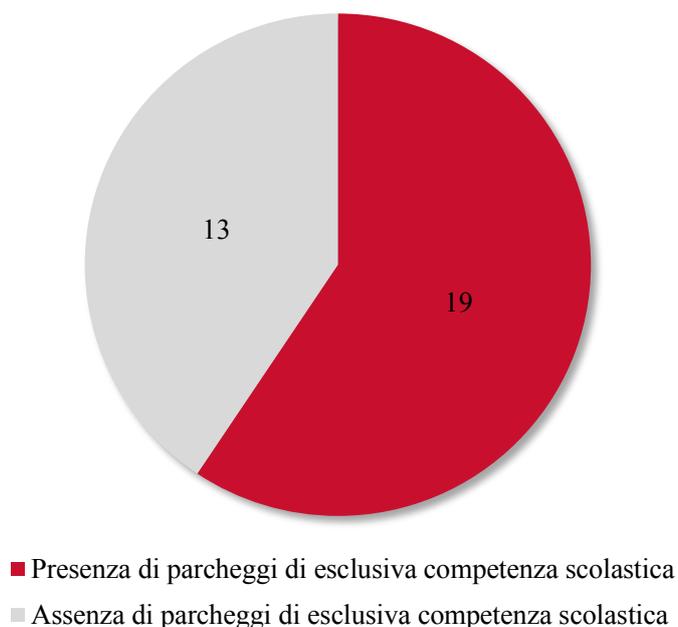


Fig. 42_Parcheggi

Anche in questo caso, contrariamente a quanto ci si aspettasse, si riscontra la presenza di parcheggi ad uso esclusivo dell'edificio scolastico in esame per poco meno del 60% dei casi. Per uso esclusivo intendiamo parcheggi collocati all'interno del medesimo lotto su cui

è situato l'istituto scolastico considerato. In tali casi i parcheggi vengono utilizzati

per la sosta prolungata durante l'orario scolastico da parte degli insegnanti e del personale impiegato a vario titolo all'interno dell'istituto in questione.

Al loro interno è consentita la sosta anche ai genitori che accompagnano gli alunni e a fornitori per il carico/scarico di materiali e pasti.

Grafico 9
PALESTRE

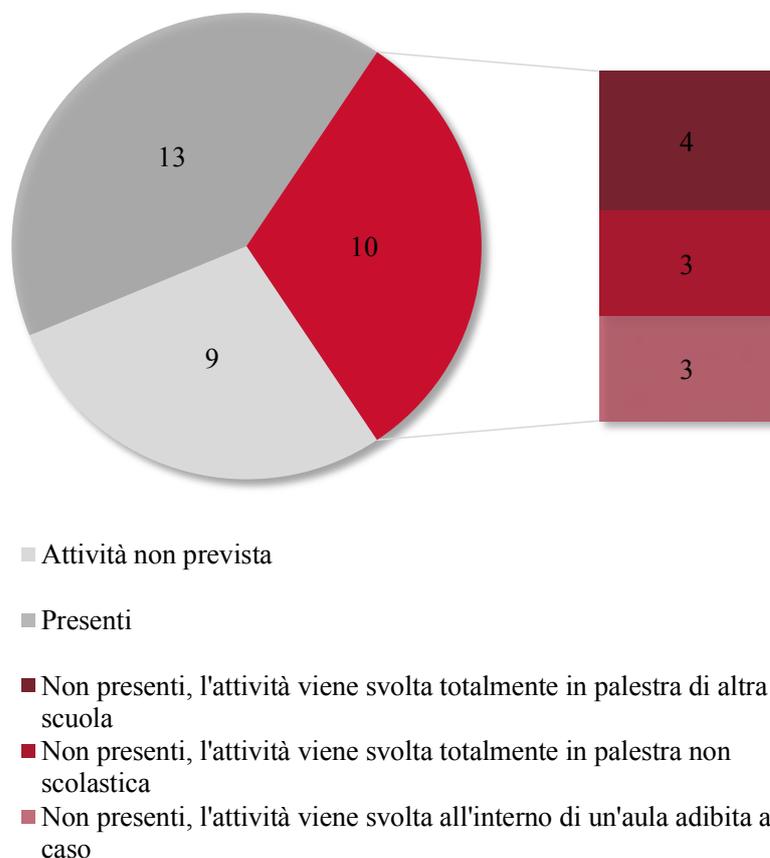


Fig. 43_Palestre

Per quanto riguarda le palestre, i casi in cui l'attività motoria non è prevista tra le attività didattiche sono precisamente pari al 28% del totale.

Quelli in cui invece l'attività motoria è prevista e le palestre sono presenti sono pari al 41% circa.

Infine nel 31% dei casi, pur essendo prevista l'attività motoria all'interno del piano didattico, non risulta essere presente all'interno dell'edificio scolastico in questione un locale nato e predisposto ad ospitare la funzione stessa.

In questi casi l'attività motoria viene svolta quasi parimenti in palestre di altre scuole, in palestre non scolastiche o in aule interne all'edificio scolastico in questione allestite ad hoc, come sistemazione provvisoria e di fortuna, per svolgere tale funzione.

Gli impianti sportivi all'aperto sono presenti solo in circa il 6% degli interventi schedati.

Ciò comporta che nella maggior parte dei casi, l'attività motoria venga svolta esclusivamente al coperto; solo in rarissimi casi è previsto che l'attività ginnica venga svolta anche all'esterno: in questa circostanza gli studenti vengono condotti presso impianti sportivi all'aperto non scolastici.

Grafico 10
IMPIANTI SPORTIVI ALL'APERTO

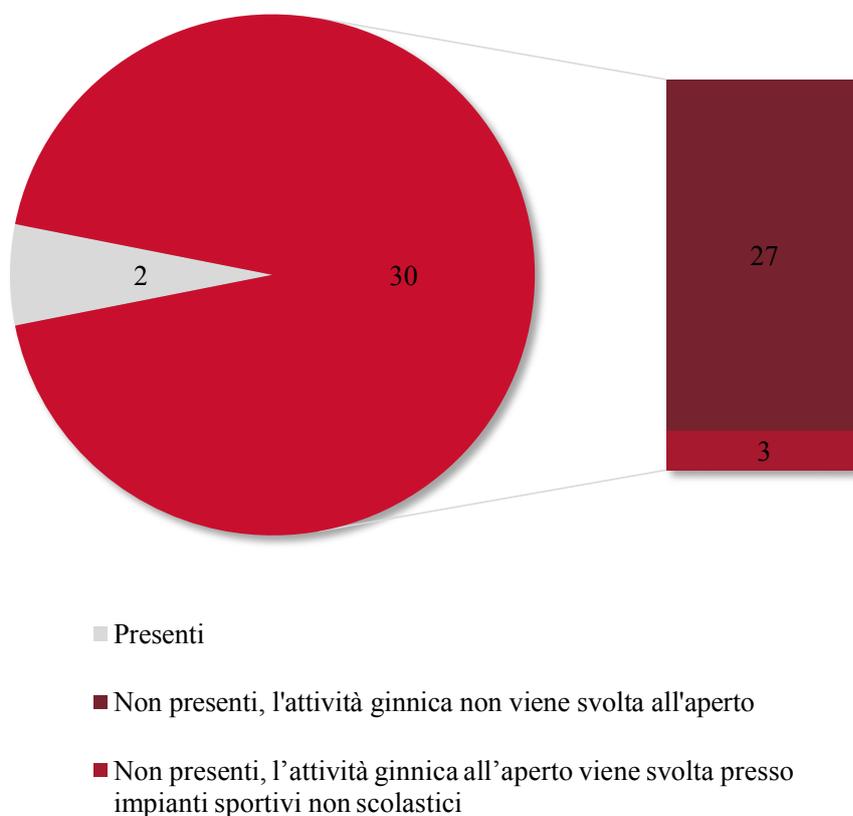


Fig. 44 _Impianti sportivi all'aperto

Sul tema della refezione, nella maggior parte dei casi gli istituti scolastici censiti hanno all'attivo un servizio mensa; precisamente si tratta del 66% rispetto agli interventi totali.

Tra gli stessi, il 43% circa si avvale di una cucina propria e funzionante, mentre il 52% circa riceve il vitto dall'esterno, avvalendosi dunque di un servizio di refezione consistente nella fornitura di un pasto completo, solitamente coincidente con il pranzo, a cui si aggiunge in alcuni casi anche la merenda mattutina.

Tale servizio è normalmente affidato dall'amministrazione comunale a società private di ristorazione: nelle tre province censite esse si ravvisano molto spesso in aziende come Camst, Gemos, ecc.

In un solo caso si assiste alla presenza di locale adibito a mensa che non viene utilizzato a seguito della cancellazione del tempo prolungato, e dunque dell'assenza di necessità di istituire un servizio di refezione in concomitanza della pausa pranzo.

Grafico 11
SERVIZIO MENSA



Fig. 45_Servizio mensa

Per quanto riguarda le dotazioni funzionali interne nelle scuole dell'infanzia rilevate, oltre alle aule tradizionali (spesso chiamate atelier) che per consuetudine ospitano le attività didattiche principali, notiamo la diffusione di aule didattiche ad uso specifico.

Queste ultime vengono utilizzate per attività ludiche, musicali od artistiche. Molto comune è la presenza della mensa, mentre sono presenti spazi amministrativi ad uso esclusivo del personale nel 42% dei casi.

Meno frequente è la presenza di laboratori, così come sono quasi assenti spazi adibiti ad auditorium/aula magna.

Palestra e biblioteca sono completamente mancanti in tutti i casi rilevati.

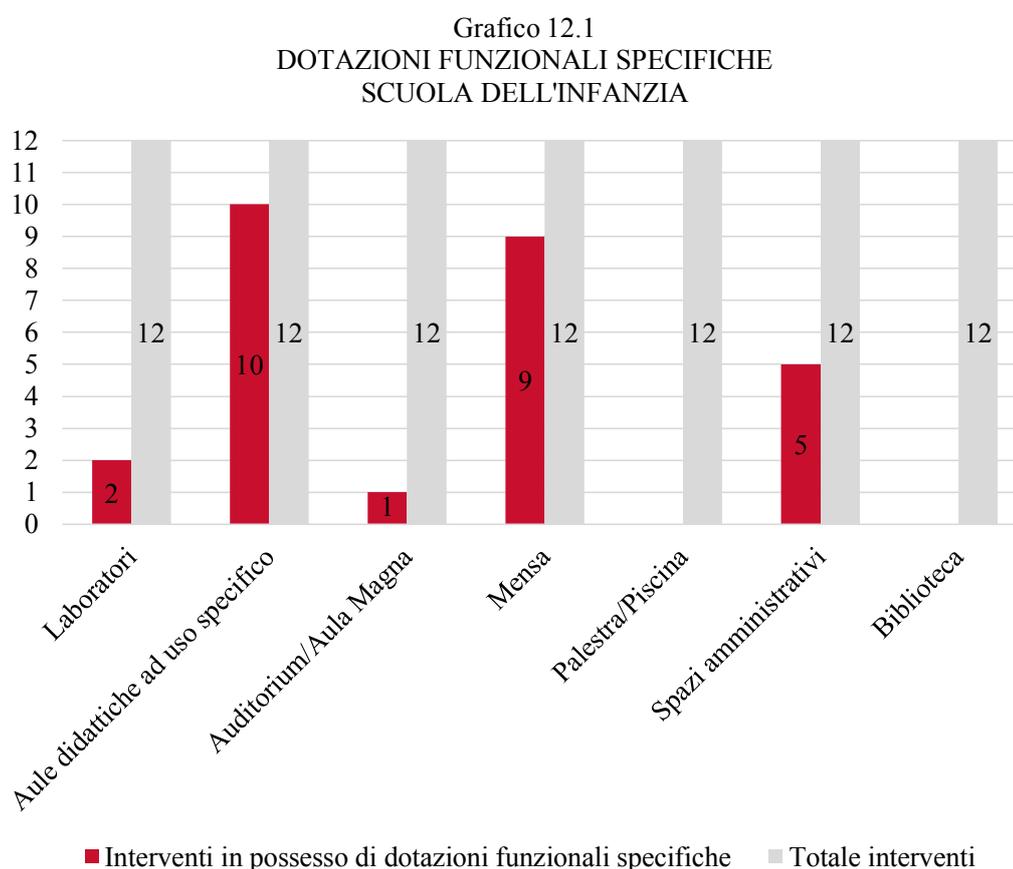


Fig. 46_Dotazioni funzionali specifiche Scuola dell'Infanzia

Nelle scuole primarie censite, oltre alle aule tradizionali, notiamo la diffusione di laboratori nel 77% dei casi.

La mensa e la palestra sono presenti in più della metà dei casi rilevati, mentre spazi amministrativi ad uso esclusivo del personale ed aule didattiche particolari, in cui i bambini hanno a disposizione spazi dedicati a materie musicali ed artistiche, sono meno comuni e presenti in meno della metà dei casi rilevati.

Ancor meno frequente è la presenza di spazi adibiti ad auditorium/aula magna e biblioteca.

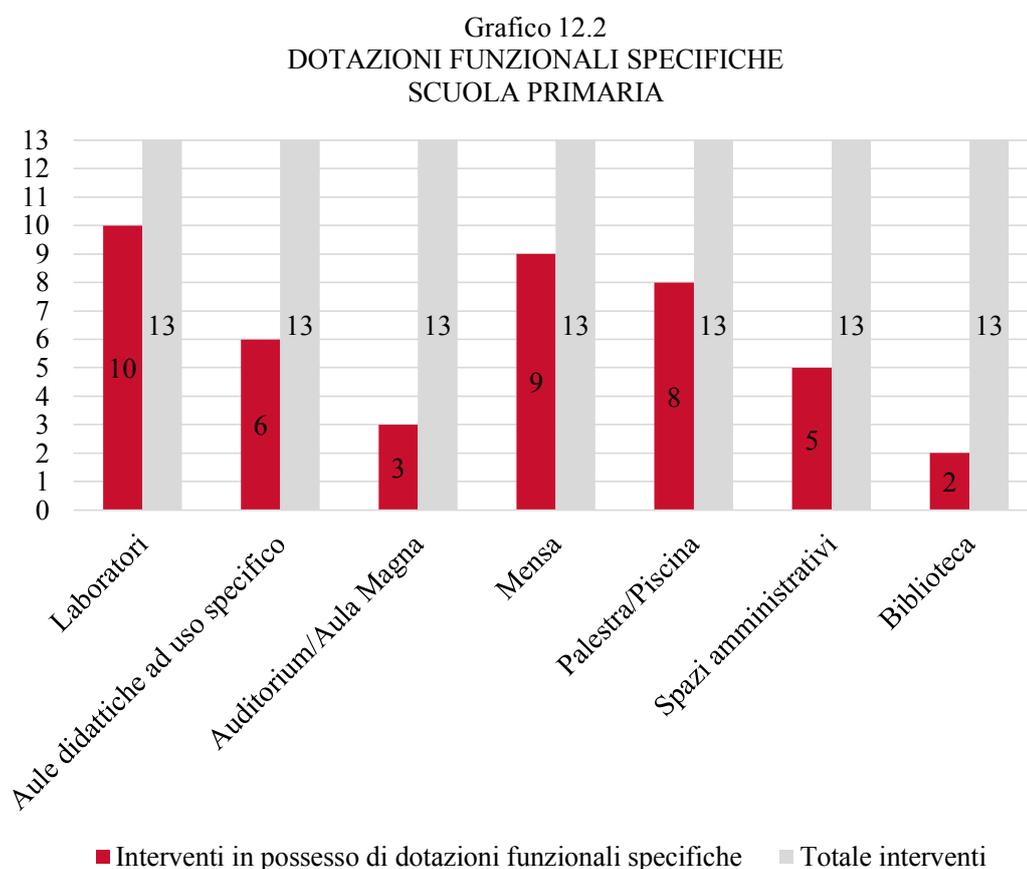


Fig. 47_Dotazioni funzionali specifiche Scuola Primaria

Nonostante il modesto campione reperito, riguardo le scuole secondarie di I grado notiamo la costante diffusione della palestra e di specifiche aule didattiche dedicate a materie musicali ed artistiche.

Nel 75% degli interventi rilevati sono presenti laboratori, soprattutto di informatica, e spazi amministrativi dedicati al personale scolastico; non abbiamo rilevato invece la presenza di auditorium/aula magna, biblioteca e mensa, nonostante quest'ultima fosse presente in un caso ma non utilizzata per la mancanza di corsi pomeridiani.

Grafico 12.3
 DOTAZIONI FUNZIONALI SPECIFICHE
 SCUOLA SECONDARIA I GRADO

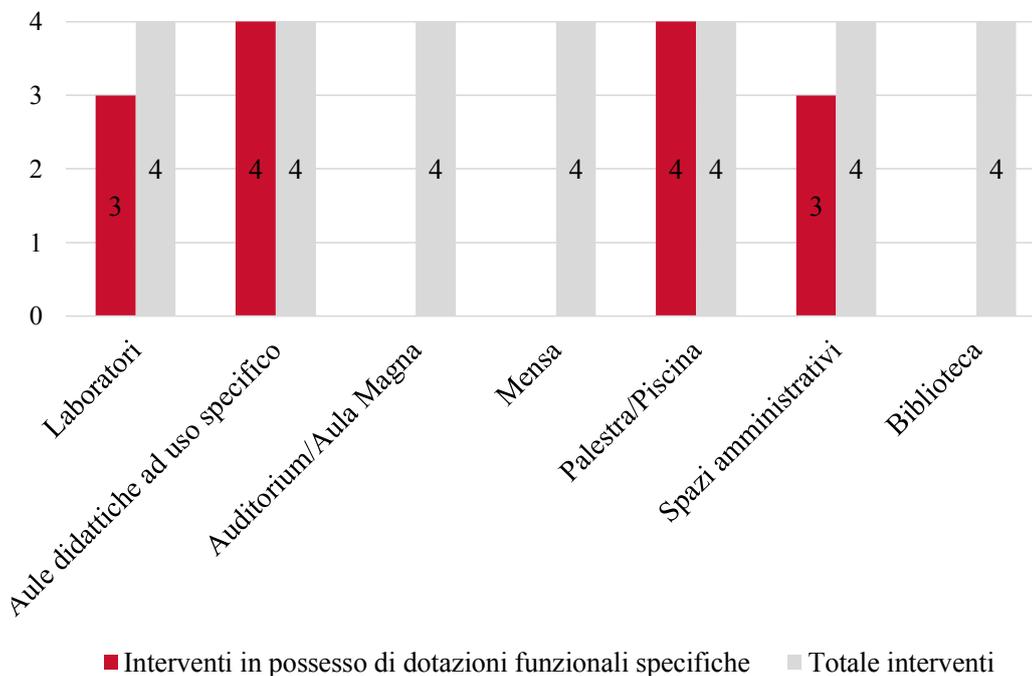


Fig. 48_Dotazioni funzionali specifiche Scuola Secondaria I Grado

Grafico 12.4
 DOTAZIONI FUNZIONALI SPECIFICHE
 SCUOLA SECONDARIA II GRADO

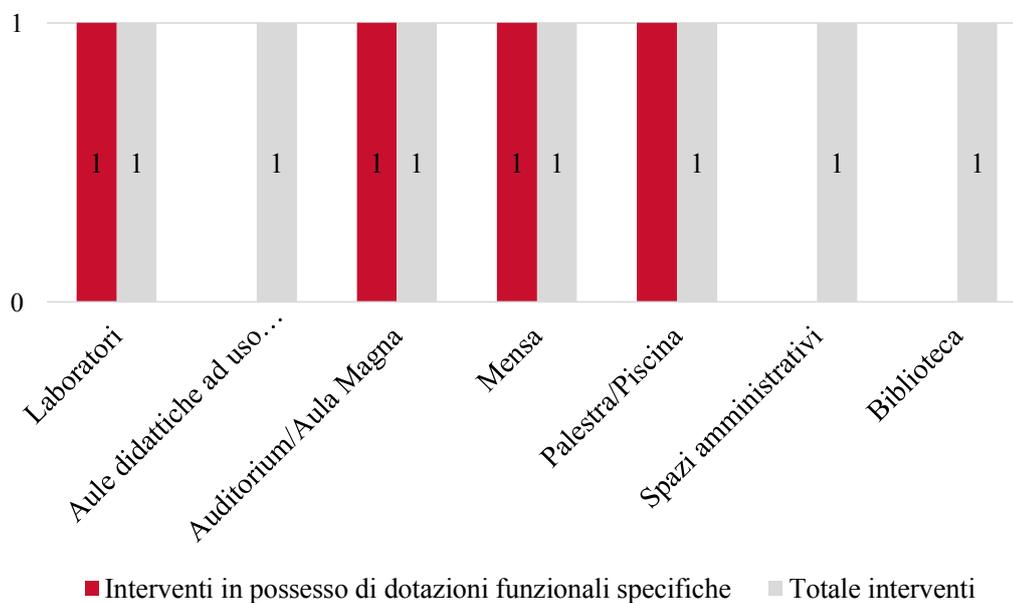


Fig. 49_Dotazioni funzionali specifiche Scuola Secondaria di II Grado

Nell'unico caso di scuola secondaria di II grado che abbiamo rilevato, oltre che delle aule tradizionali, notiamo la presenza di laboratori adatti all'indirizzo di studi, ovvero un liceo artistico. E' inoltre presente l'aula magna, utilizzata anche come auditorium, oltre alla mensa e alla palestra (vedi grafico 12.4 alla pagina precedente).

Venendo ora alle caratteristiche e alle dotazioni funzionali degli edifici scolastici in tema di spazi aperti, le scuole dell'infanzia rilevate, com'è normale aspettarsi, hanno a disposizione spazi all'aperto ricchi di giochi nella grande maggioranza dei casi, pari a circa l'83%.

Questi spazi risultano prevalentemente sistemati a verde o con pavimentazioni permeabili nel 75% dei casi, mentre nel restante 25% gli spazi aperti sono di qualità leggermente minore ed in egual misura permeabili e non.

E' inoltre molto diffuso l'uso di alberature per garantire zone d'ombra ed aumentare la qualità degli spazi verdi. Assenti gli orti didattici, probabilmente non compatibili con la giovanissima età degli utenti.

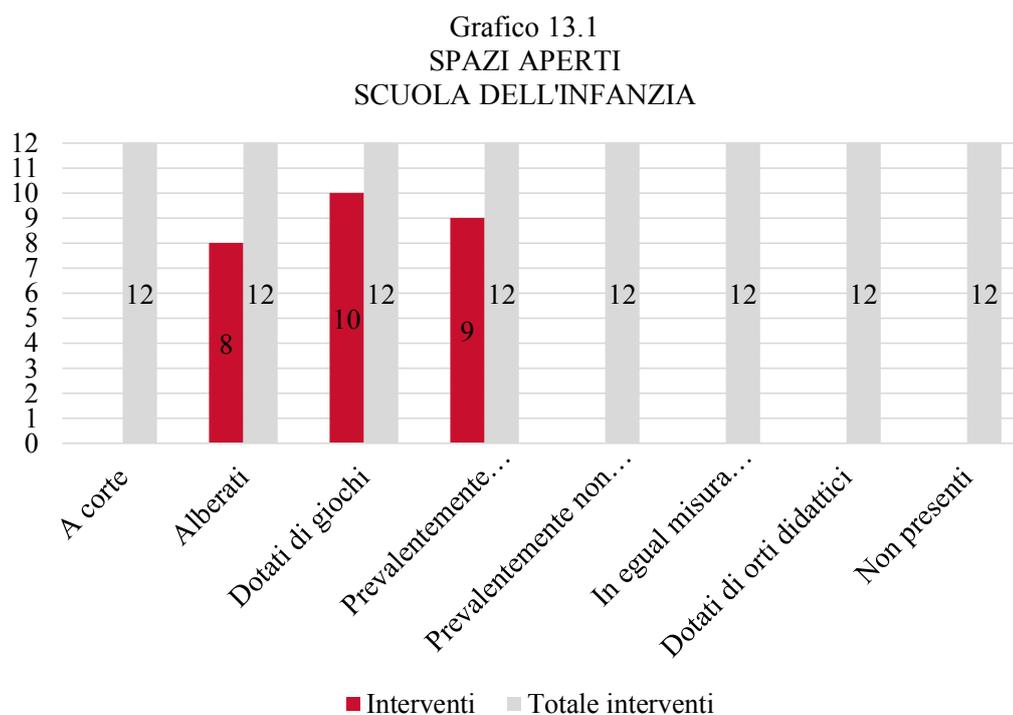


Fig. 50_Spazi aperti Scuola dell'Infanzia

Le scuole primarie rilevate presentano spazi all'aperto dotati di alberature per garantire zone d'ombra ed aumentare la qualità delle aree verdi nel 62% dei casi. Gli spazi esterni risultano prevalentemente trattati a verde o con pavimentazioni permeabili (ciò accade nel 46% degli interventi censiti), mentre nel 31% essi sono di minor qualità a causa di superfici prevalentemente pavimentate. In 2 casi abbiamo individuato la presenza di corti interne sistemate a verde come ulteriore elemento di pregio. In 1 caso, in ultimo, gli spazi all'aperto sono talmente esigui da poter essere considerati assenti.

Grafico 13.2
 SPAZI APERTI
 SCUOLA PRIMARIA

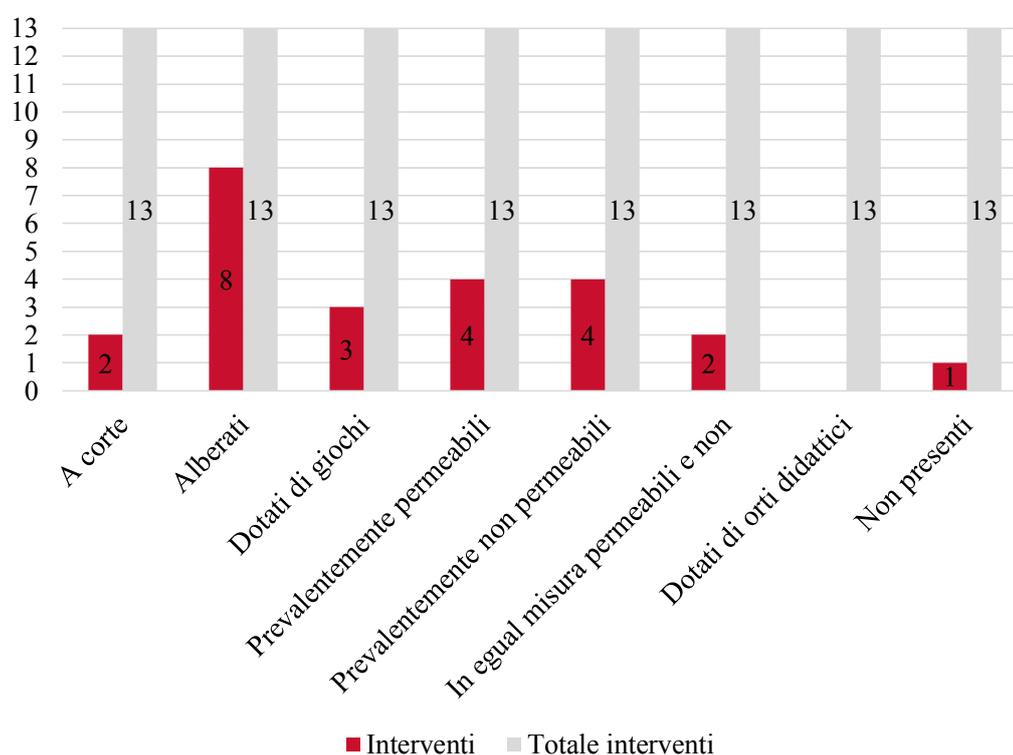


Fig. 51 _Spazi aperti Scuola Primaria

Nonostante il modesto campione riguardante le scuole secondarie di I grado, abbiamo rilevato che nel 50% degli interventi censiti sono presenti alberature per garantire zone d'ombra ed aumentare la qualità degli spazi verdi. Gli spazi esterni risultano prevalentemente sistemati a verde o con pavimentazioni permeabili nel 50% dei casi analizzati, mentre nel rimanente 50% gli spazi aperti sono di minor

qualità a causa di superfici prevalentemente pavimentate. Infine in 1 caso abbiamo rilevato la presenza di aree dedicate esclusivamente ad orti didattici, in cui gli alunni possono sperimentare sul campo la coltura degli ortaggi, a partire dalla semina sino alla raccolta, imparando così a toccare con mano la natura, oltre che ad osservarla.

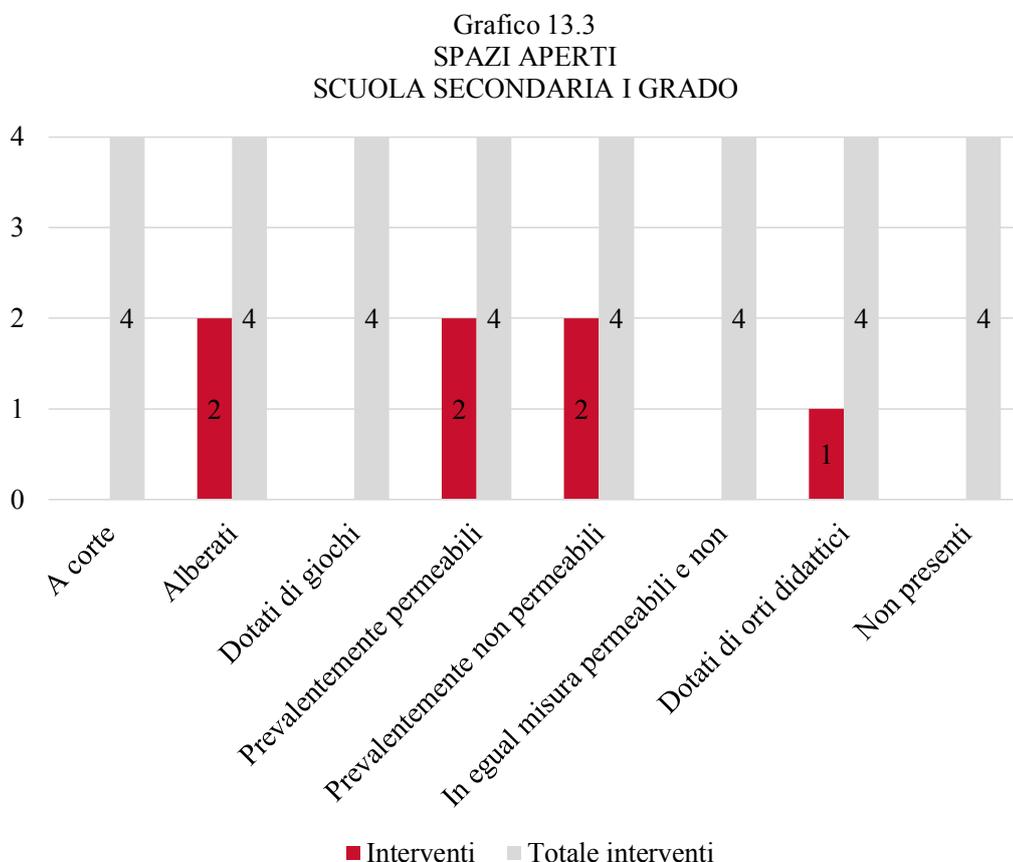


Fig. 52_Spazi aperti Scuola Secondaria I Grado

Nell'unico caso di scuola secondaria di II grado che abbiamo rilevato, abbiamo potuto notare la presenza di spazi aperti di bassa qualità a causa di superfici prevalentemente pavimentate, che non permettono agli studenti di usufruire delle aree esterne. Il dato non ci sorprende se pensiamo che il tempo della ricreazione, momento in cui tali spazi verrebbero utilizzati maggiormente, è nella scuola secondaria di II grado davvero limitato.

Grafico 13.4.
 SPAZI APERTI
 SCUOLA SECONDARIA II GRADO

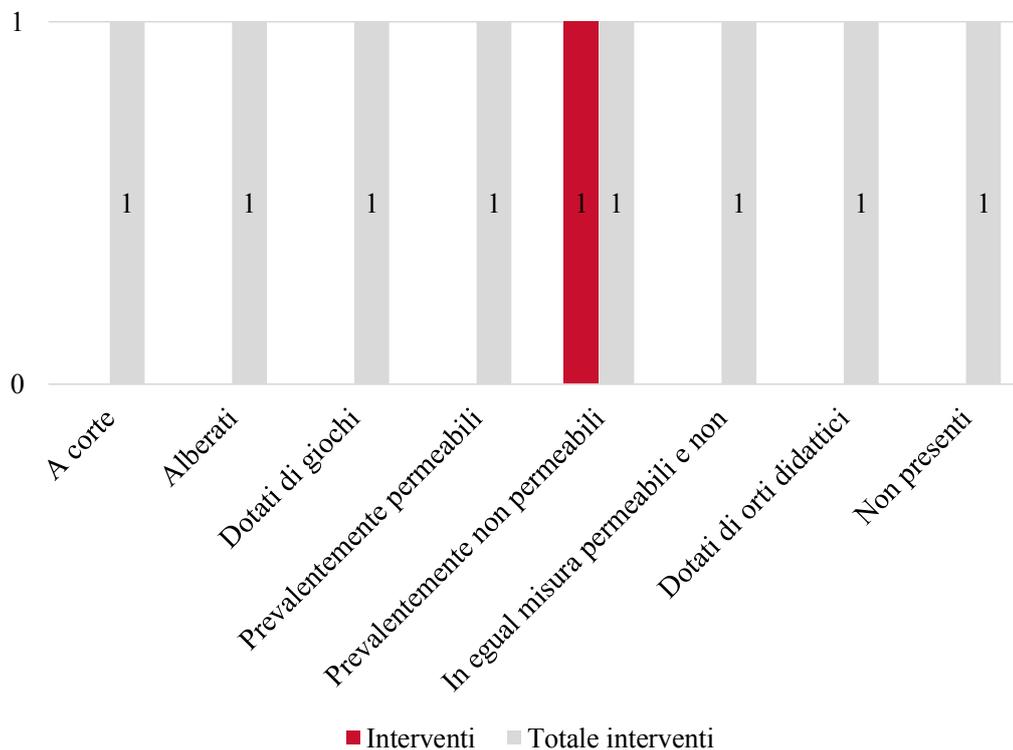


Fig. 53 _Spazi aperti Scuola Secondaria di II Grado

6.1.4. Tecnologia, impianti e certificazioni negli edifici scolastici

In ambito nazionale l'edilizia scolastica si trova in uno stato di generale e forte emergenza sul fronte degli interventi e della messa in sicurezza.

Infatti oltre il 60% degli edifici scolastici sono stati costruiti prima del 1974, data dell'entrata in vigore della normativa antisismica⁴⁶. Il 37% delle scuole necessita di interventi di manutenzione urgente, il 40% è privo del certificato di agibilità, il 38,4% si trova in aree a rischio sismico e il 60% non possiede il C.P.I.^{47 48}.

⁴⁶Si tratta della legge 2.02.1974 n°64 nota come "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".

⁴⁷ Si tratta del Certificato di Prevenzione Incendi: è un attestato che certifica il rispetto della normativa prevenzione incendi e quindi la sussistenza dei requisiti di sicurezza antincendio.

⁴⁸ Tutti i dati elencati sono stati estrapolati dalla quattordicesima edizione del rapporto annuale "Ecosistema scuola" stilato da Legambiente.

Certificazioni

Grafico 14
CERTIFICAZIONI

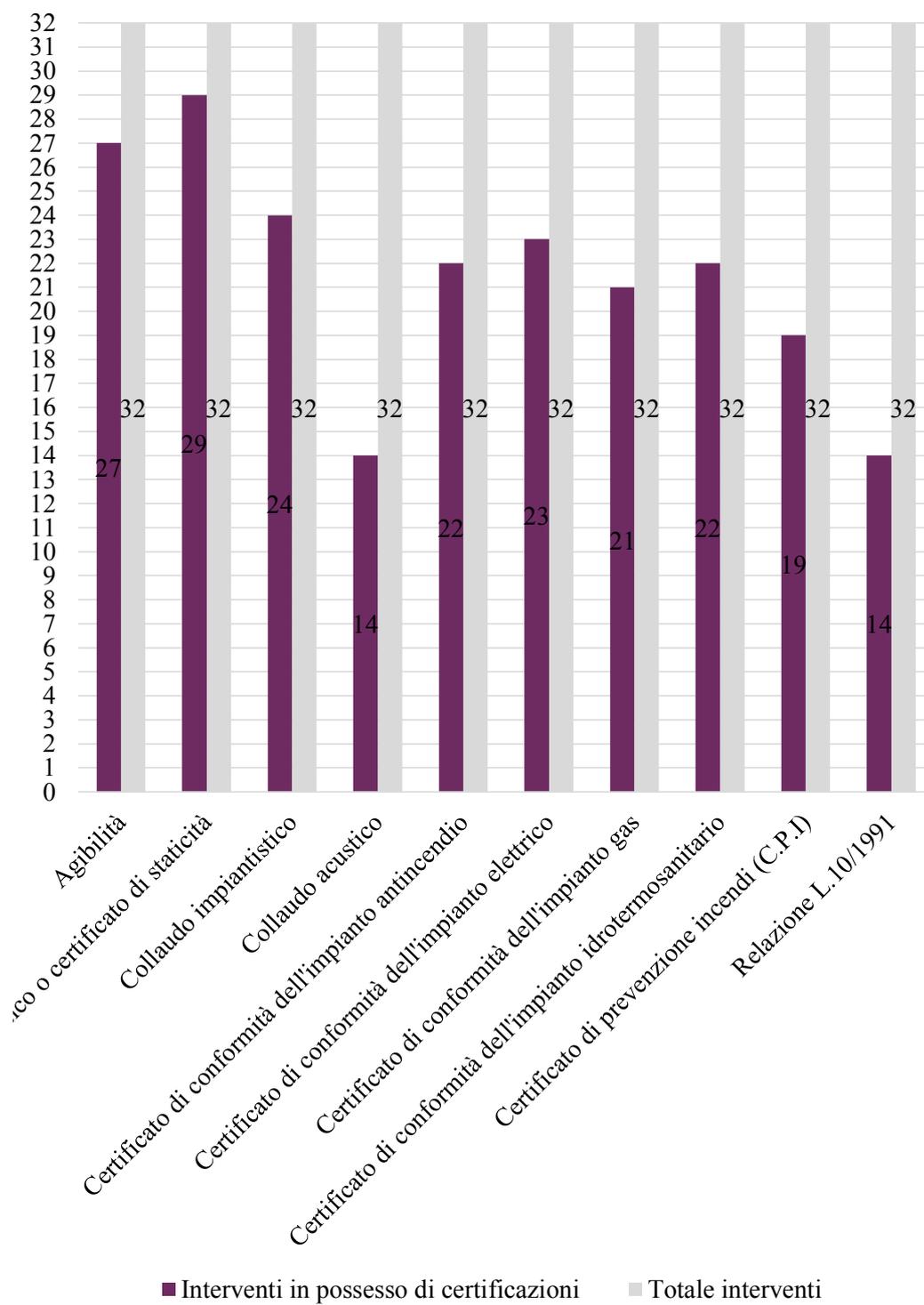


Fig. 54_Certificazioni

Sul fronte invece dell'indagine da noi portata a termine, pare che in Emilia-Romagna qualche passo in avanti si sia operato, sebbene la ricerca stessa prenda in considerazione solo alcune (quelle a nostro avviso più importanti) delle certificazioni che ogni edificio scolastico in funzione dovrebbe possedere.

Ci siamo pertanto focalizzati su quelle che sanciscono la conformità dell'apparato strutturale e impiantistico in tutte le sue declinazioni.

La certificazione posseduta dalla quasi totalità degli interventi censiti, precisamente dal 91% degli stessi, è senza dubbio riconducibile al documento coincidente con il Collaudo statico o Certificato di staticità, immediatamente seguito dal Certificato di agibilità, posseduto dall'84% dei casi rilevati.

Tale dato si colloca per esempio in sostanziale controtendenza rispetto all'indagine di Legambiente⁴⁹ che diffonde la notizia secondo cui circa la metà delle scuole italiane sia sprovvista di tale documento, pur espletando le attività didattiche a pieno regime.

Anche le restanti certificazioni sono in generale possedute da più di metà degli interventi esaminati, compreso il Certificato di Prevenzione Incendi; anche in questo caso il dato ricavato dall'analisi del campione censito nega il trend monitorato da Legambiente.

Il 59% circa degli interventi in analisi infatti si trova in possesso di tale certificazione, contro il 35% circa valutato appunto da Legambiente su scala nazionale.

Al contrario meno di metà degli interventi, il 44% circa, si trova in possesso del Certificato di collaudo acustico, così come solo circa metà, anche essi pari al 44%, sembra risultare conforme alla Relazione L.10/1991⁵⁰.

Inoltre, nella maggior parte dei casi, pari al 72% degli edifici censiti, non risulta l'avvenuta effettuazione di una certificazione energetica. Nei restanti casi, pari al

⁴⁹ Legambiente, redige ogni anno un rapporto sulla qualità delle strutture e dei servizi della scuola dell'infanzia, primaria e secondaria di I grado di 96 capoluoghi di provincia, all'interno del nostro Paese. Il dossier, noto come "Ecosistema Scuola", è giunto ormai alla sua 14ª edizione.

⁵⁰ Ci si riferisce alla legge 9.01.1991 n°10 nota come "Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia".

28% degli edifici in esame, più della metà degli interventi sono stati certificati in classe A, mentre poco meno della metà parimenti in classe B e C. E' significativo considerare che l'anno di ultimazione degli edifici certificati in 8 casi su 9 è da collocare temporalmente dopo il 2005, anno in cui viene varato il D.lgs. 19.08.2005 n°192⁵¹, recante le disposizioni di attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia. Solo 1 edificio scolastico, tra quelli facenti parte del campione raccolto, è stato certificato precedentemente al varo del D.lgs. n°192 e più precisamente nel 2004.

Grafico 15
CERTIFICAZIONE E CLASSIFICAZIONE
ENERGETICA

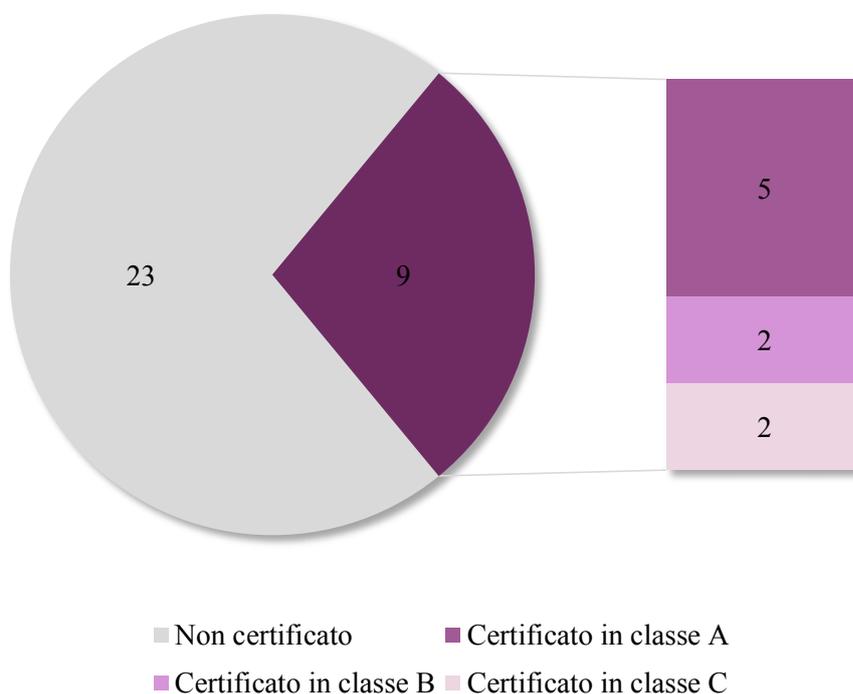


Fig. 55_Certificazione e classificazione energetica

Inoltre, nella maggior parte dei casi, precisamente pari all'88% del totale, risultano essere presenti infissi dotati di vetrocamera, dunque robusti e performanti.

⁵¹ Noto come "Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico in edilizia"

Ancora, nel 59% del totale, è presente un impianto fotovoltaico finalizzato alla produzione di energia elettrica.

Al contrario più raramente, precisamente solo nel 13% dei casi, ci si avvale di un'accensione zoonizzata dell'impianto di climatizzazione invernale, dunque volta all'utilizzo dell'impianto in questione solo all'interno di locali effettivamente utilizzati all'interno dell'edificio.

In un solo caso è presente in ultimo un impianto solare termico finalizzato al riscaldamento dell'acqua calda sanitaria.

Scelte tecnologiche

Passando agli aspetti più prettamente tecnici, abbiamo riscontrato come nella maggior parte dei casi, pari a circa l'81% del totale, la tipologia strutturale impiegata si basa su un sistema puntiforme, costituito dunque da travi e pilastri, che si presta notoriamente ad una spiccata modulabilità dello spazio.

Nei rimanenti casi si registra la presenza di strutture a setti portanti; solo in 1 caso vengono impiegate entrambe le tipologie strutturali contemporaneamente. Sebbene questo non si evinca dal grafico, nella maggior parte degli interventi censiti le strutture sono state realizzate in cemento armato mentre nella minor parte in acciaio.

Grafico 16
SISTEMA STRUTTURALE

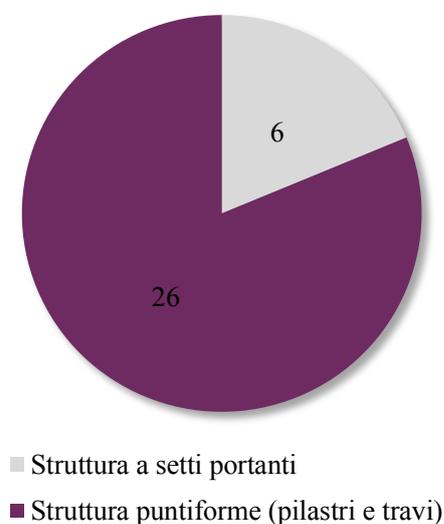


Fig. 56_Sistema strutturale

Grafico 17
STRUTTURA PARTIZIONI INTERNE
ORIZZONTALI

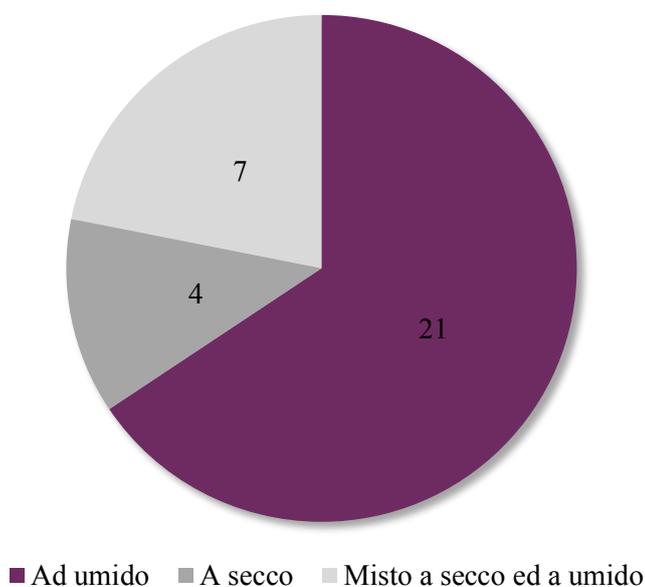


Fig. 57_Structura partizioni interne orizzontali

Nel 66% dei casi le partizioni interne orizzontali risultano realizzate con tecnologia ad umido (principalmente laterizi e cls). Le tecnologie a secco risultano impiegate nel 13% degli edifici, mentre nel 22% si registra l'utilizzo di soluzioni miste secco/umido.

Grafico 18
STRUTTURA PARTIZIONI INTERNE
VERTICALI

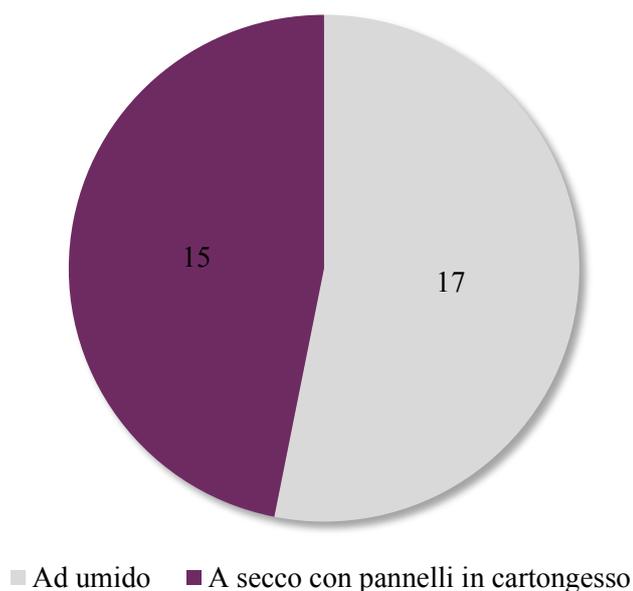


Fig. 58_Structura partizioni interne verticali

Per quanto riguarda la realizzazione delle partizioni interne verticali invece si nota come non ci sia una netta preponderanza nella scelta di una tecnologia piuttosto che di un'altra. Esse sono state realizzate impiegando, pressoché parimenti, una tecnologia ad umido piuttosto che una a secco, quest'ultima costituita in prevalenza da pareti in cartongesso.

Grafico 19
GEOMETRIA COPERTURA

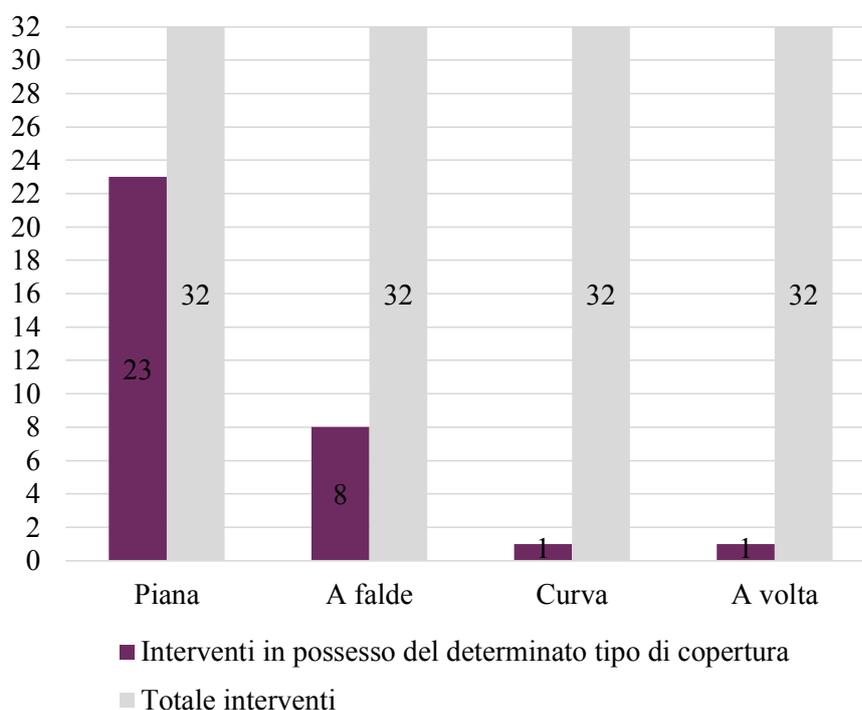


Fig. 59_Geometria copertura

In ultimo nella maggior parte dei casi, pari al 72% del totale, gli interventi censiti presentano una copertura piana, in 1 caso su 4, pari al 25% rispetto agli interventi complessivi, una tradizionale copertura a falde, mentre in solo 2 casi, pari al 6% del campione, si registra l'impiego di coperture dalla forma più complessa, curve piuttosto che a volta.

Sistema impiantistico

Nella maggior parte dei casi, pari al 69% circa degli edifici censiti, l'impianto di climatizzazione invernale si avvale di generatori coincidenti con centrali termiche prevalentemente alimentate a metano (solo in 1 caso a gasolio).

Nei casi rimanenti l'impianto di climatizzazione invernale funziona tramite pompe di calore (16%) o attraverso la connessione ad una rete di teleriscaldamento (13%);

solo in 1 caso (3%) viene sfruttato il solare termico ai fini della climatizzazione invernale oltre che della produzione di acqua calda sanitaria.

Grafico 20
IMPIANTO CLIMATIZZAZIONE INVERNALE
GENERATORI

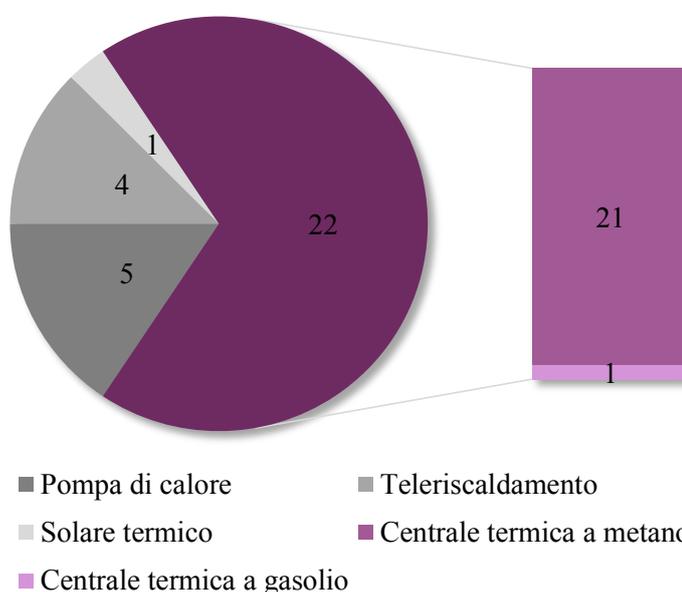


Fig. 60_Climatizzazione invernale: generatori

Grafico 21
IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE
INVERNALE
COLLOCAZIONE CENTRALE TERMICA

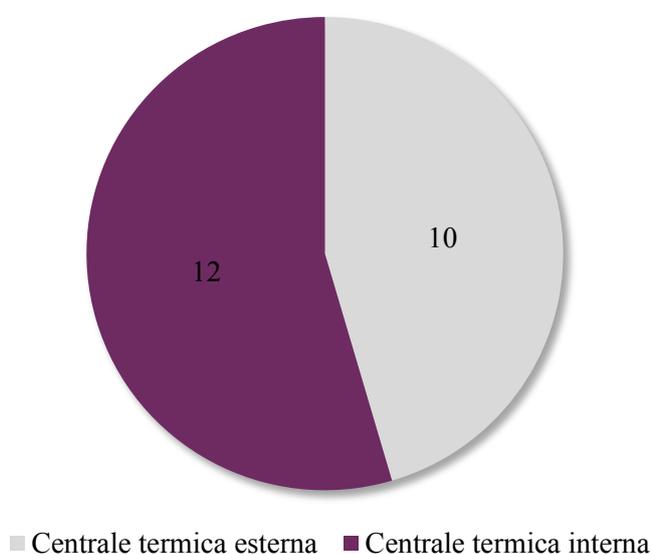


Fig. 61_Collocazione centrale termica

Nel caso in cui l'impianto di climatizzazione invernale si avvalga di un generatore coincidente con una centrale termica (circostanza che si verifica in 22 edifici scolastici censiti su 33) in 12 casi su 22, pari al 55 % rispetto al totale quest'ultima risulta collocata

all'interno del fabbricato, mentre in 10 casi su 22, pari al 45% del totale, la centrale è collocata all'esterno del fabbricato.

Grafico 22
IMPIANTO CLIMATIZZAZIONE
INVERNALE - TERMINALI

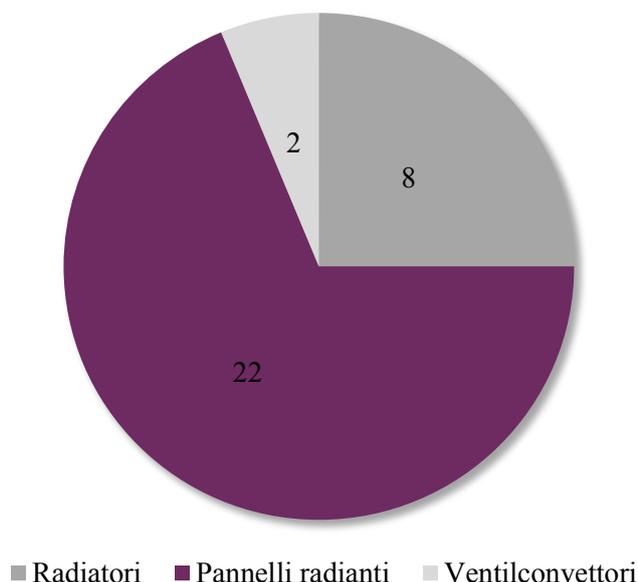


Fig. 62_Climatizzazione invernale: terminali

campione censito: radiatori nel 25% dei casi e ventilconvettori solo nel 6% circa.

Grafico 23
IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE ESTIVA
AULE

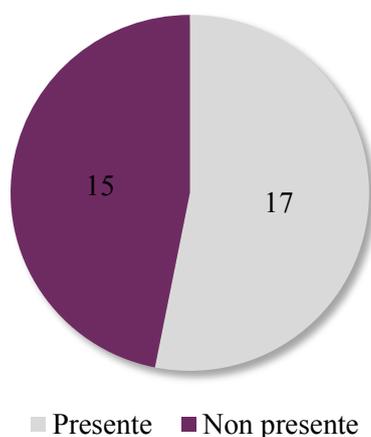


Fig. 63_Climatizzazione estiva

Nel 69% degli edifici censiti, l'impianto di climatizzazione invernale si avvale di pannelli radianti montati a pavimento. Dato interessante se si pensa che l'impiego di terminali tradizionalmente più diffusi e generalmente meno costosi è presente in minor proporzione all'interno del

Anche quello sulla presenza, nel 47% circa degli interventi censiti, di un impianto di climatizzazione estiva all'interno delle aule si configura come un dato significativo, soprattutto nell'ottica

di uno impiego efficace degli edifici scolastici anche nelle stagioni più calde.

Un altro aspetto interessante è quello della gestione degli impianti: nel 34% dei casi essi vengono gestiti direttamente dall'amministrazione.

Nel 63% degli interventi censiti invece la gestione degli impianti avviene indirettamente: in queste circostanze l'amministrazione sceglie di avvalersi nel 75% dei casi di un contratto calore, mentre nel 15% la gestione è affidata con un contratto servizi ad Enel.

Nel 10% restante l'amministrazione si avvale di un terzo responsabile. Solo in 1 caso non è stato possibile definire il tipo di gestione dell'impianto poiché il dato non è pervenuto.

Grafico 24
CONDUZIONE E GESTIONE IMPIANTI DI
CLIMATIZZAZIONE

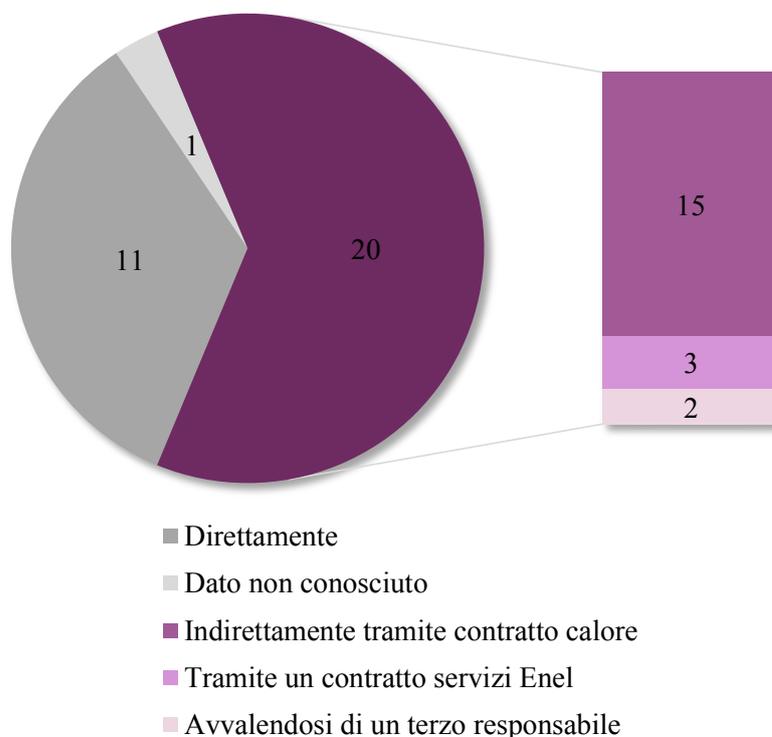


Fig. 64_Conduzione e gestione degli impianti

In taluni casi, accanto agli impianti di climatizzazione, soprattutto se si intende ottenere prestazioni energetiche di rilievo all'interno di edifici ampi, riscontriamo

Grafico 25
IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

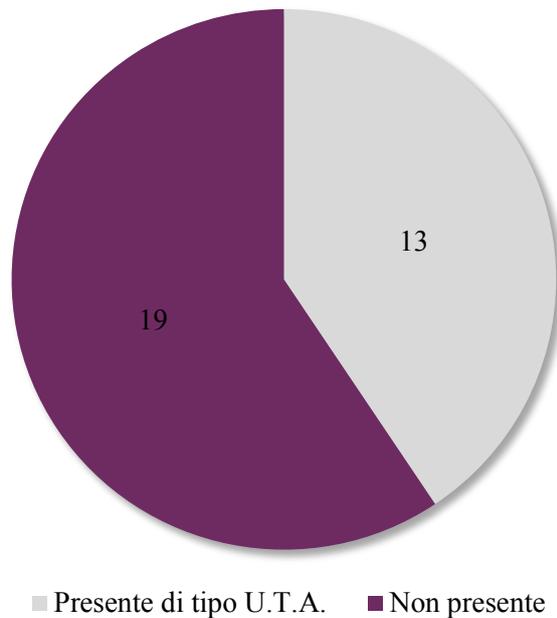


Fig. 65_Ventilazione meccanica

l'utilizzo di impianti di ventilazione meccanica. Nella maggior parte dei casi da noi censiti, tuttavia, l'U.T.A. non è presente. L'assenza di quest'ultima non risulta comunque schiacciante dal momento che circa il 41% degli interventi schedati ne possiede una. Si tratta di un dato interessante

soprattutto se raffrontato all'importanza della ventilazione forzata in ambienti così densamente e intensamente occupati, quali quelli rappresentati dalle aule scolastiche.

In esse infatti si ravvisa il bisogno di ricambi d'aria continui al fine di rendere più salubre e ricca di ossigeno l'aria respirata che si arricchisce di anidride carbonica, a causa della permanenza prolungata di soggetti al loro interno.

Sul fronte della sicurezza antincendio non si ravvisa una sostanziale preponderanza nell'adottare o meno un impianto idrico prepostole; al contrario si presenta un sostanziale bilanciamento rispetto a tale pratica (vedi grafico 26 alla pagina seguente).

In ultimo, sul fronte del rinnovamento dei mezzi di comunicazione ed apprendimento, risulta che l'88% degli edifici scolastici censiti si trova in possesso di una rete telefonica dotata di connessione internet.

Nella maggior parte dei casi la connessione si avvale di un sistema Lan (57%), ma una buona parte è comunque dotata di un sistema Wi-fi (43%).

Sottolineiamo che il dato si riferisce alla presenza di una rete internet legata a pc in uso agli studenti nell'ambito di laboratori informatici, non certo all'apparato amministrativo per il quale la mancanza della stessa risulterebbe incomprensibile.

Grafico 26
IMPIANTO IDRICO ANTINCENDIO

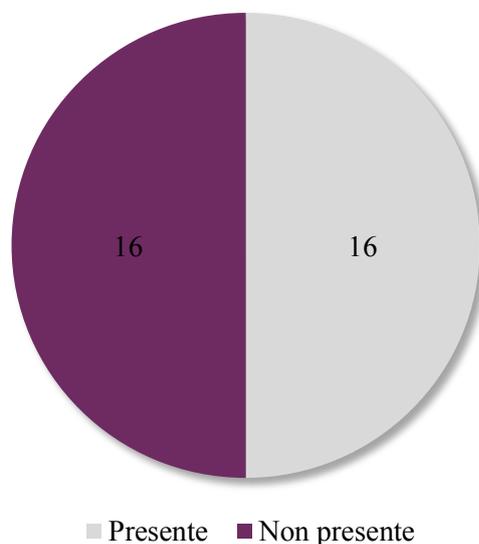


Fig. 66_ Impianto idrico antincendio

Grafico 27
RETE INFORMATICA E CONNESSIONE
INTERNET

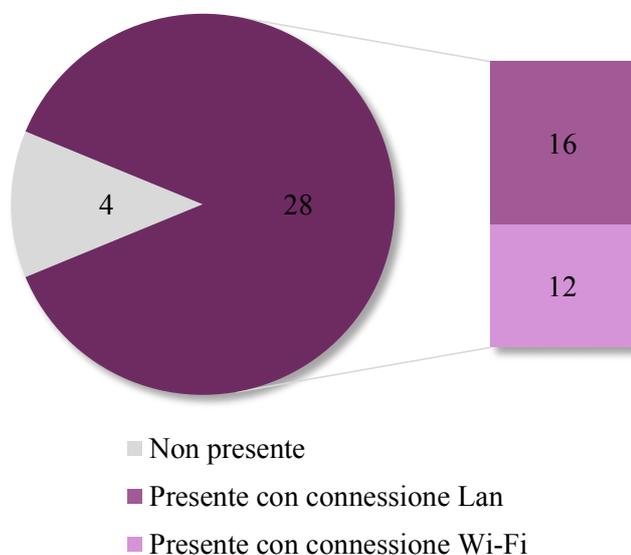


Fig. 67_ Rete informatica e connessione internet

Particolari accorgimenti

Quando parliamo di specifici accorgimenti adottati all'interno degli edifici scolastici oggetto di ricerca, ci riferiamo a particolari scelte tecnologiche, piuttosto che all'inserimento di peculiari dispositivi, entrambi atti a contribuire alla creazione di una condizione di benessere diffuso e di risparmio energetico.

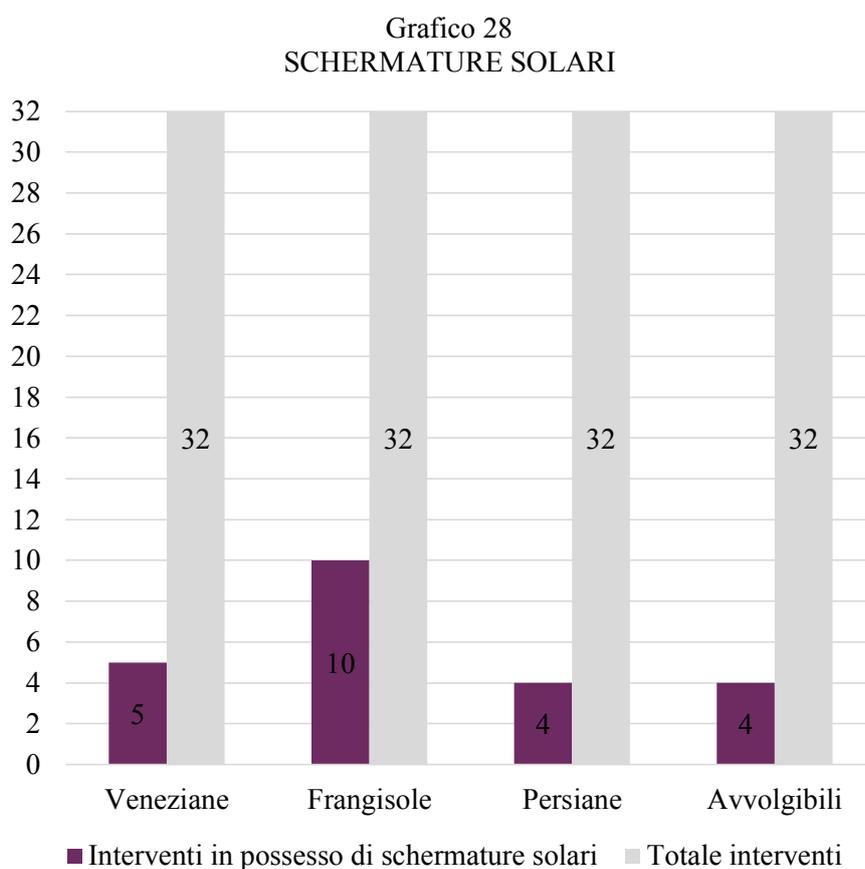


Fig. 68_Schermature solari

Ne è un chiaro esempio la schermatura solare: in base alla definizione dettata dal D. lgs. 311/06⁵², si tratta di un sistema che *"applicato all'esterno di una superficie vetrata trasparente, permette una modulazione variabile e controllata dei parametri energetici e ottico luminosi in risposta alle sollecitazioni solari"*.

⁵² Si tratta del D.lgs. noto come "Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19/8/05 n°192".

Essa agisce adeguando l'incidenza delle radiazioni solari sulle superfici vetrate dell'edificio, al fine di migliorarne il comfort e ridurre il consumo energetico.

La progettazione della protezione solare avviene sempre in modo specifico.

Il principio base del suo funzionamento consiste nell'evitare il surriscaldamento degli ambienti interni causato dalla radiazione solare diretta unicamente durante il periodo estivo, senza penalizzare l'ingresso della luce naturale durante il periodo invernale.

Nella maggior parte dei casi, ma comunque in meno della metà degli interventi censiti, la schermatura solare viene effettuata prevalentemente tramite frangisole, seguiti poi dall'impiego di veneziane, e parimenti di persiane ed avvolgibili (vedi grafico 28 alla pagina precedente).

Grafico 29
ACCORGIMENTI SPECIFICI PER LA PROTEZIONE
DAI RUMORI

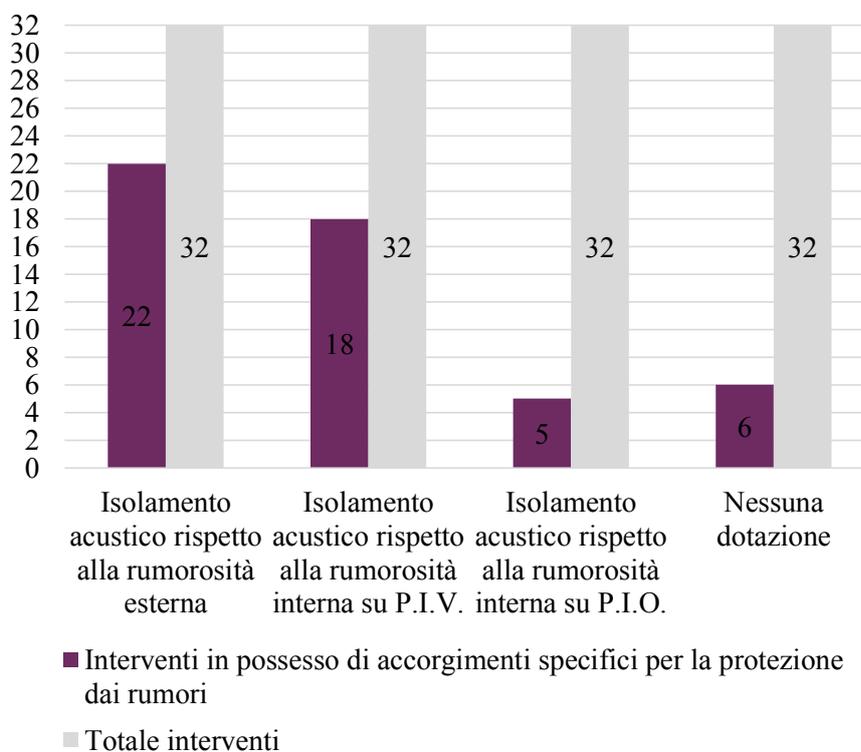


Fig. 69 _Controllo del rumore

Anche l'isolamento acustico degli edifici scolastici rispetto alle sorgenti sonore esterne, piuttosto che dei singoli ambienti interni, è funzionale a garantire il

raggiungimento di livelli sonori compatibili con il tranquillo svolgimento delle attività quotidiane ed il benessere fisiologico e psicologico degli utenti.

Nella maggior parte dei casi, pari a circa il 69% del totale degli edifici censiti, questi ultimi risultano essere isolati acusticamente rispetto alla rumorosità esterna, quindi rispettivamente sulle chiusure esterne orizzontali e sulle chiusure esterne verticali. Nel 56% circa dei casi anche le partizioni interne verticali sono dotate di dispositivi finalizzati all'attenuazione della rumorosità, mentre solo nel 16% circa ne vengono dotate le partizioni interne orizzontali. Infine circa il 19% degli edifici censiti non è dotato di nessun accorgimento specifico relativo all'attenuazione dei rumori (vedi grafico 29 alla pagina precedente).

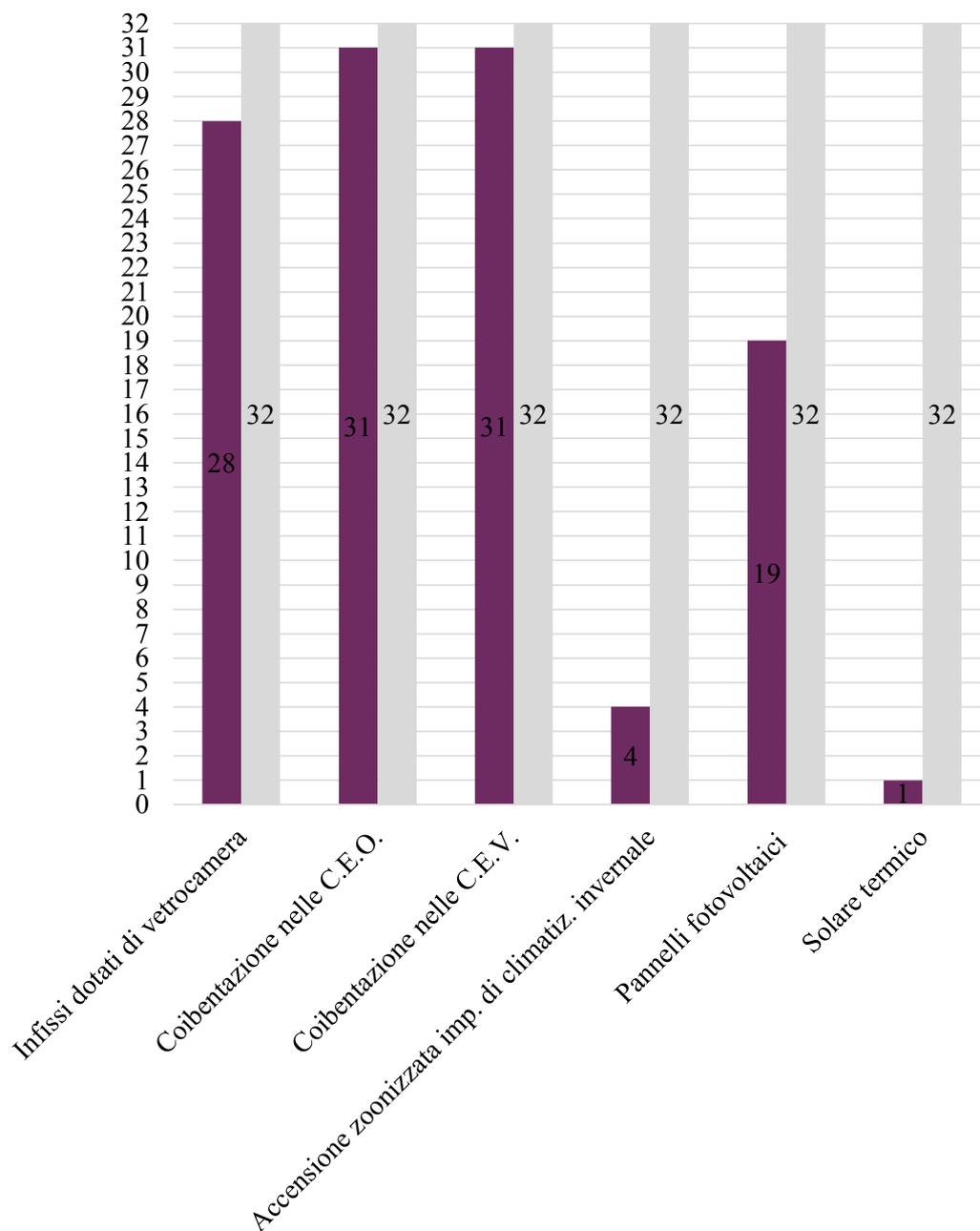
Nella quasi totalità dei casi (solo 1 caso ne è sprovvisto), gli edifici scolastici censiti risultano termicamente coibentati sia per quanto riguarda le chiusure esterne orizzontali, sia per quanto riguarda quelle verticali.

Nella maggior parte dei casi, precisamente pari all'88% del totale, risultano essere presenti infissi dotati di vetrocamera, dunque robusti e performanti. Ancora, in poco meno di 2/3 dei casi, pari al 59% del totale, è presente un impianto fotovoltaico finalizzato alla produzione di energia elettrica.

Al contrario più raramente, precisamente solo nel 13% dei casi, ci si avvale di un'accensione zonizzata dell'impianto di climatizzazione invernale, dunque volta all'utilizzo dell'impianto in questione solo all'interno di locali effettivamente utilizzati all'interno dell'edificio.

In un solo caso è presente in ultimo un impianto solare termico finalizzato al contemporaneo riscaldamento degli ambienti e dell'acqua calda sanitaria (vedi grafico 30 alla pagina seguente).

Grafico 30
 ACCORGIMENTI SPECIFICI PER LA RIDUZIONE DEI
 CONSUMI ENERGETICI



- Interventi in possesso di accorgimenti specifici per la riduzione del consumo energetico
- Totale interventi

Fig. 70_Accorgimenti specifici per la riduzione dei consumi energetici

6.2. Gli esiti della modellazione energetica tramite il software Termolog

6.2.1. Attestato di prestazione energetica: stato di fatto

ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Sostituisce l'attestato di certificazione energetica ai sensi della Legge 90/2013.

Attestato numero:

Rilasciato il: 07/07/2014

Valido fino a: 07/07/2024

DATI DELL'IMMOBILE

Comune: Bologna (BO)

Indirizzo: Via Longo 4

Piano – Interno: 1

Dati catastali

Foglio:

Particella:

Subalterno:

Proprietario:

Destinazione d'uso: E.7. - attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili

DATI GENERALI

Zona climatica: E

Gradi giorno: 2259

Volume lordo riscaldato: 24.035,2 m³

Superficie utile riscaldata: 5.909,9 m²

Superficie disperdente: 8.647,3 m²

Rapporto S/V: 0,36

CLASSE ENERGETICA



INDICI DI PRESTAZIONE ENERGETICA

INDICE	VALORE	kWh/m ² anno	LIMITE	kWh/m ² anno
Totale (EP _{inv} + EP _{est} + EP _{acs} + EP _{ill})	EP _{tot}	68,42	EP _{tot} -lim	11,97
Climatizzazione invernale	EP _{inv}	68,42	EP _{inv} -lim	11,97
Produzione acqua calda sanitaria	EP _{acs}	0,00	EP _{acs} -lim	0,00
Climatizzazione estiva (non calcolato)	EP _{est}	-	EP _{est} -lim	-
Illuminazione (non calcolato)	EP _{ill}	-	EP _{ill} -lim	-

EVENTUALI INTERVENTI MIGLIORATIVI DEL SISTEMA EDIFICIO/IMPIANTI

TIPO INTERVENTI	STIMA TEMPO DI RITORNO DELL'INVESTIMENTO	ENERGIA PRIMARIA RISPARIATA	EMISSIONI CO ₂ RISPARIATE

TECNICI PREPOSTI

Certificatore n. ,

Timbro e Firma⁽²⁾

SOGGETTO CERTIFICATORE

Certificatore n. ,

Timbro e Firma⁽¹⁾

(1) Anche ai sensi dell'art. 481 del C.P., la firma da parte del Soggetto Certificatore è apposta per:

- conformità del presente attestato alle disposizioni di cui agli Allegati 6,7,8 e 9 della D.A.L. 156/2008
- asseverazione dei dati di propria competenza riportati nel presente attestato
- dichiarazione della esistenza delle condizioni di indipendenza e imparzialità di giudizio ai sensi del punto 7.4 della D.A.L. 156/2008

(2) Anche ai sensi dell'art. 481 del C.P., la firma da parte dei soggetti preposti alla determinazione della prestazione energetica è apposta per:

- asseverazione dei dati di propria competenza riportati nel presente attestato
- dichiarazione della esistenza delle condizioni di indipendenza e imparzialità di giudizio ai sensi del punto 7.4 della D.A.L. 156/2008

GRAFICO DELLE PRESTAZIONI ENERGETICHE GLOBALE E PARZIALI



DATI DI BASE

Metodologia di calcolo utilizzata: Metodologia e metodo di calcolo di progetto o calcolo standard (all.8 punto 2.1 e 3.1)

Origine dati: -

Software di calcolo utilizzato: TERMOLOG EpiX 6 – Logical Soft - Via Garibaldi, 253 - 20832 Desio MB

Validazione software di calcolo

Il software in oggetto è conforme alle UNI TS 11300, ai sensi del D.P.R. n. 59 del 2/4/2009 e del D.Lgs. 115/2008 comma 1, allegato III, punto 4. La conformità del software alle UNI TS 11300 parti 1 e 2 2008 è attestata dal Certificato n. 009, rilasciato a Logical Soft s.r.l. dal Comitato Termotecnico Italiano in data 27 gennaio 2010. La conformità alla UNI TS 11300 parte 4 è attestata dal Certificato n. 028, rilasciato a Logical Soft s.r.l. dal Comitato Termotecnico Italiano in data 26 luglio 2012. Entrambi i certificati di conformità sono scaricabili dal sito www.logical.it.

CARATTERISTICHE SPECIFICHE DEL SISTEMA EDIFICIO/IMPIANTI

Tipologia edilizia: -

Impianti alimentati da FER: -

Caratteristiche involucro edilizio:

Trasmittanza media pareti opache: 3,11 W/m²K/ media: 3,18 W/m²K

Trasmittanza media copertura: 0,90 W/m²K/ media: 0,90 W/m²K

Trasmittanza media basamento: 0,26 W/m²K / media: 0,26 W/m²K

Trasmittanza media infissi: 4,11 W/m²K/ media: 4,10 W/m²K

Sistema di controllo e regolazione (BACS):

Caratteristiche del sistema di climatizzazione invernale: Caldaia tipo C *** (vettore energetico: Gas metano)

Caratteristiche del sistema di climatizzazione estiva:

Caratteristiche impianti ACS: Altro (vettore energetico: Energia elettrica)

Altri dispositivi e usi energetici:

Caratteristiche impianto illuminazione:

FABBISOGNI SPECIFICI DI ENERGIA

Fabbisogno energia termica utile dell'involucro edilizio (regime invernale): 1.310.628,9 kWh/anno

Fabbisogno energia termica utile dell'involucro edilizio (regime estivo): 82.421,8 kWh/anno

Classe di prestazione involucro edilizio nel periodo estivo 3,43 kWh/m²anno

Contributo energetico specifico da fonti rinnovabili: 0,00 kWh/anno

Fabbisogno energia termica utile per la produzione di ACS: 0,0 kWh/anno

Fabbisogno energia elettrica per l'illuminazione:

SOGGETTO CERTIFICATORE

Certificatore n. ,

Timbro e Firma(1)

(1) Anche ai sensi dell'art. 481 del C.P., la firma da parte del Soggetto Certificatore è apposta per:

- conformità del presente attestato alle disposizioni di cui agli Allegati 6,7,8 e 9 della D.A.L. 156/2008
- asseverazione dei dati di propria competenza riportati nel presente attestato
- dichiarazione della esistenza delle condizioni di indipendenza e imparzialità di giudizio ai sensi del punto 7.4 della D.A.L. 156/2008

ANNOTAZIONI

DESCRIZIONE DEL PROGETTO E CARATTERISTICHE

Tipo di intervento: Certificazione edificio esistente

Titolo abilitativo: n. del 07/07/2014

Progetto architettonico:

Progetto impianti meccanici:

Direttore dei lavori:

Costruttore:

SOGGETTO CERTIFICATORE

Certificatore n. ,

Timbro e Firma⁽¹⁾

(1) Anche ai sensi dell'art. 481 del C.P., la firma da parte del Soggetto Certificatore è apposta per:

- conformità del presente attestato alle disposizioni di cui agli Allegati 6,7,8 e 9 della D.A.L. 156/2008
- asseverazione dei dati di propria competenza riportati nel presente attestato
- dichiarazione della esistenza delle condizioni di indipendenza e imparzialità di giudizio ai sensi del punto 7.4 della D.A.L. 156/2008

DATI AGGIUNTIVI DI CALCOLO

Dati riguardanti le caratteristiche tipologiche dell'edificio

Durata in giorni del periodo di riscaldamento	183 giorni
Durata in giorni del periodo di raffrescamento	92 giorni
Posizione edificio	Edificio situato al di fuori del centro storico
Volume netto riscaldato	22.162,1 m ³

Dati riguardanti le caratteristiche termiche e costruttive dell'edificio

Capacità termica interna per unità di superficie di involucro	135,4 kJ / (m ² K)
Superficie di involucro richiesta per il calcolo della capacità termica interna totale	7.985,2 m ²

Chiusure opache

I dati relativi alle chiusure opache sono ricavabili dalle schede tecniche, consultabili nel menù Stampa, Dettagli strutture

Chiusure finestrate

I dati relativi alle chiusure opache sono ricavabili dalle schede tecniche, consultabili nel menù Stampa, Dettagli strutture

Dati climatici

Mese	Temperatura esterna [°C]	Irradiazione orizzontale diretta + diffusa [MJ/m ²]	Irradiazione verticale SUD [MJ/m ²]	Irradiazione verticale SO - SE [MJ/m ²]	Irradiazione verticale E - O [MJ/m ²]	Irradiazione verticale NE - NO [MJ/m ²]	Irradiazione verticale NORD [MJ/m ²]
gennaio	2,1	4,5	7,4	5,8	3,5	1,8	1,7
febbraio	4,6	7,9	10,7	9,0	6,1	3,2	2,6
marzo	9,4	12,1	11,6	11,0	8,8	5,4	3,8
aprile	14,2	17,3	11,2	12,6	11,9	8,5	5,5
maggio	18,2	21,0	10,2	12,7	13,8	11,1	7,9
giugno	22,9	23,6	10,0	13,1	15,2	12,8	9,7
luglio	25,4	25,6	11,1	14,7	16,8	13,6	9,5
agosto	24,9	21,0	12,0	14,3	14,3	10,5	6,6
settembre	21,2	15,4	12,9	13,1	11,1	7,0	4,3
ottobre	14,9	9,9	12,4	10,7	7,6	4,1	3,0
novembre	8,7	5,3	8,5	6,8	4,2	2,1	1,9
dicembre	4,0	4,1	7,2	5,7	3,3	1,6	1,5

Dotazione impiantistica

Fabbisogno globale di energia primaria per la produzione di ACS:	0 kWh/anno
Rendimento medio stagionale dell'impianto di riscaldamento:	0,797
Rendimento medio stagionale dell'impianto di produzione di ACS:	1,000
Rendimento globale medio stagionale (nel caso di impianto misto):	-

Dati relativi alle modalità di occupazione e di utilizzo dell'edificio: sub-sezione "impianto"

Generatore per riscaldamento

Descrizione impianto:

Sistema di generazione: Generatore standard monostadio

Fonte/Vettore energetico: Metano

Potenza degli ausiliari del generatore: 914,00 W

Potenza: 407,0 kW

Rendimento/COP di generazione:

Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
1,000	1,000	0,920	0,921	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,921	0,919	1,000

Generatore per riscaldamento

Descrizione impianto:

Sistema di generazione: Generatore standard monostadio

Fonte/Vettore energetico: Metano

Potenza degli ausiliari del generatore: 566,00 W

Potenza: 233,0 kW

Rendimento/COP di generazione:

Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
0,880	0,833	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,869

Generatore per produzione ACS

Descrizione impianto: «descrizioneGen_ER»
 Sistema di generazione: «tipologiaGen_ER»
 Fonte/Vettore energetico: «combustGen_ER»
 Potenza degli ausiliari del generatore: «potenzaAusiliariGen_ER» W
 Potenza: «pnGen_ER» kW

Rendimento/COP di generazione:

Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Dati relativi alle modalità di occupazione e di utilizzo dell'edificio: sub-sezione "edificio"

Descrizione zona termica: **Convettori 1**
 Destinazione d'uso: E.7. - attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
 Volume netto: 3.680,7 m³
 Superficie utile: 981,5 m²
 Temperatura interna di regolazione per il riscaldamento: 20,00 °C
 Temperatura interna di regolazione per il raffrescamento: 26,00 °C
 Tipo di ventilazione: Naturale
 Portata d'aria: 5.724,17 m³/h
 Numero di ricambi d'aria: 1,56
 Coefficiente globale di scambio termico per ventilazione: 1.908,06 W/k
 Apporti gratuiti interni: 3.926,04 W
 Fabbisogno di energia termica utile della zona per la climatizzazione invernale di calcolo: 0,00 kWh/anno
 Fabbisogno di energia termica primaria totale della zona per la climatizzazione invernale di calcolo: 310.102,16 kWh/anno
 Temperatura di erogazione dell'ACS: 40,0 °C

Salto termico tra la temperatura di erogazione e quella di ingresso dell'ACS (°C)

Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0

Fabbisogno di energia termica utile per la produzione di ACS: 0,00 kWh/anno

Sistema di emissione: «SistemaEmissione_ZonaRiscaldata»
 Rendimento di emissione: 0,880
 Sistema di regolazione: Solo zona con regolatore On off

Rendimento di regolazione

Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
0,930	0,930	0,930	0,930	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,930	0,930	0,930

Sistema di distribuzione:

L'impianto di distribuzione del riscaldamento è Autonomo, in base alle caratteristiche costruttive dell'impianto di distribuzione dell'edificio, allo stato di conservazione e manutenzione, si valuta che il grado di isolamento delle tubazioni sia Secondo Legge 10/91. Realizzazione dopo il 1993..

Rendimento di distribuzione

Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
0,988	0,988	0,988	0,988	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,988	0,988	0,988

Descrizione zona termica:

Aerotermi

Destinazione d'uso

E.6(2). - attività sportive: palestre e assimilabili

Volume netto

4.780,5 m³

Superficie utile

1.274,8 m²

Temperatura interna di regolazione per il riscaldamento

18,00 °C

Temperatura interna di regolazione per il raffrescamento

24,00 °C

Tipo di ventilazione

Naturale

Portata d'aria

17.898,33 m³/h

Numero di ricambi d'aria

3,74

Coefficiente globale di scambio termico per ventilazione

5.966,11 W/k

Apporti gratuiti interni

6.374,05 W

Fabbisogno di energia termica utile della zona per la climatizzazione invernale di calcolo

0,00 kWh/anno

Fabbisogno di energia termica primaria totale della zona per la climatizzazione invernale di calcolo

497.925,98 kWh/anno

Temperatura di erogazione dell'ACS

40,0 °C

Salto termico tra la temperatura di erogazione e quella di ingresso dell'ACS (°C)

Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0

Fabbisogno di energia termica utile per la produzione di ACS:

0,00 kWh/anno

Sistema di emissione:

«SistemaEmissione_ZonaRiscaldata»

Rendimento di emissione:

0,940

Sistema di regolazione:

Solo zona con regolatore On off

Rendimento di regolazione

Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
0,930	0,930	0,930	0,930	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,930	0,930	0,930

Sistema di distribuzione:

L'impianto di distribuzione del riscaldamento è Autonomo, in base alle caratteristiche costruttive dell'impianto di distribuzione dell'edificio, allo stato di conservazione e manutenzione, si valuta che il grado di isolamento delle tubazioni sia Secondo Legge 10/91. Realizzazione dopo il 1993..

Rendimento di distribuzione

Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
0,988	0,988	0,988	0,988	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,988	0,988	0,988

Descrizione zona termica:

Termoventilanti

Destinazione d'uso

E.7. - attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili

Volume netto

10.020,2 m³

Superficie utile

2.672,1 m²

Temperatura interna di regolazione per il riscaldamento

20,00 °C

Temperatura interna di regolazione per il raffrescamento	26,00 °C
Tipo di ventilazione	Naturale
Portata d'aria	15.583,45 m ³ /h
Numero di ricambi d'aria	1,56
Coefficiente globale di scambio termico per ventilazione	5.194,48 W/k
Apporti gratuiti interni	10.688,24 W
Fabbisogno di energia termica utile della zona per la climatizzazione invernale di calcolo	0,00 kWh/anno
Fabbisogno di energia termica primaria totale della zona per la climatizzazione invernale di calcolo	538.936,91 kWh/anno
Temperatura di erogazione dell'ACS	40,0 °C

Salto termico tra la temperatura di erogazione e quella di ingresso dell'ACS (°C)

Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0

Fabbisogno di energia termica utile per la produzione di ACS:	0,00 kWh/anno
Sistema di emissione:	«SistemaEmissione_ZonaRiscaldata»
Rendimento di emissione:	0,920
Sistema di regolazione:	Solo zona con regolatore On off
Rendimento di regolazione	

Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
0,930	0,930	0,930	0,930	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,930	0,930	0,930

Sistema di distribuzione:	L'impianto di distribuzione del riscaldamento è Autonomo, in base alle caratteristiche costruttive dell'impianto di distribuzione dell'edificio, allo stato di conservazione e manutenzione, si valuta che il grado di isolamento delle tubazioni sia Secondo Legge 10/91. Realizzazione dopo il 1993..
Rendimento di distribuzione	

Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
0,988	0,988	0,988	0,988	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,988	0,988	0,988

Descrizione zona termica:	Convettori 2
Destinazione d'uso	E.7. - attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
Volume netto	3.680,7 m ³
Superficie utile	981,5 m ²
Temperatura interna di regolazione per il riscaldamento	20,00 °C
Temperatura interna di regolazione per il raffrescamento	26,00 °C
Tipo di ventilazione	Naturale
Portata d'aria	5.724,17 m ³ /h
Numero di ricambi d'aria	1,56
Coefficiente globale di scambio termico per ventilazione	1.908,06 W/k
Apporti gratuiti interni	3.926,04 W
Fabbisogno di energia termica utile della zona per la climatizzazione invernale di calcolo	0,00 kWh/anno
Fabbisogno di energia termica primaria totale della zona per la climatizzazione invernale di calcolo	297.500,16 kWh/anno
Temperatura di erogazione dell'ACS	40,0 °C
Salto termico tra la temperatura di erogazione e quella di ingresso dell'ACS (°C)	

Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
---------	----------	-------	--------	--------	--------	--------	--------	-----------	---------	----------	----------

25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
<p>Fabbisogno di energia termica utile per la produzione di ACS: 0,00 kWh/anno</p> <p>Sistema di emissione: «SistemaEmissione_ZonaRiscaldata»</p> <p>Rendimento di emissione: 0,880</p> <p>Sistema di regolazione: Solo zona con regolatore On off</p> <p>Rendimento di regolazione</p>											
<i>Gennaio</i>	<i>Febbraio</i>	<i>Marzo</i>	<i>Aprile</i>	<i>Maggio</i>	<i>Giugno</i>	<i>Luglio</i>	<i>Agosto</i>	<i>Settembre</i>	<i>Ottobre</i>	<i>Novembre</i>	<i>Dicembre</i>
0,930	0,930	0,930	0,930	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,930	0,930	0,930
<p>Sistema di distribuzione: L'impianto di distribuzione del riscaldamento è Autonomo, in base alle caratteristiche costruttive dell'impianto di distribuzione dell'edificio, allo stato di conservazione e manutenzione, si valuta che il grado di isolamento delle tubazioni sia Secondo Legge 10/91. Realizzazione dopo il 1993..</p> <p>Rendimento di distribuzione</p>											
<i>Gennaio</i>	<i>Febbraio</i>	<i>Marzo</i>	<i>Aprile</i>	<i>Maggio</i>	<i>Giugno</i>	<i>Luglio</i>	<i>Agosto</i>	<i>Settembre</i>	<i>Ottobre</i>	<i>Novembre</i>	<i>Dicembre</i>
0,988	0,988	0,988	0,988	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,988	0,988	0,988

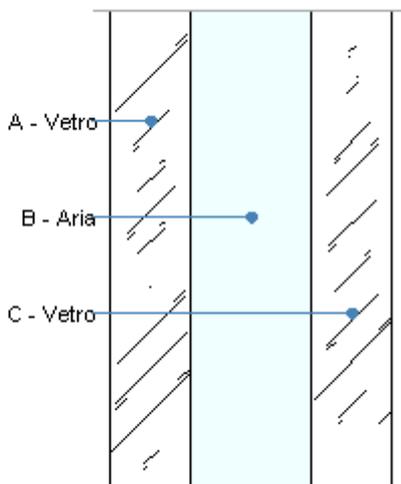
Dati relativi alle modalità di occupazione e di utilizzo dell'edificio: sub-sezione "sistema edificio-impianto"

Scuola

<i>Impianto</i>	<i>Servizio</i>	<i>Zona termica</i>
Unical TZ AR 350	Riscaldamento	Convettori 1
Unical TZ AR 200	Riscaldamento	Convettori 1
Boiler	ACS	Convettori 1
Unical TZ AR 350	Riscaldamento	Aerotermi
Unical TZ AR 200	Riscaldamento	Aerotermi
Boiler	ACS	Aerotermi
Unical TZ AR 350	Riscaldamento	Termoventilanti
Unical TZ AR 200	Riscaldamento	Termoventilanti
Boiler	ACS	Termoventilanti
Unical TZ AR 350	Riscaldamento	Convettori 2
Unical TZ AR 200	Riscaldamento	Convettori 2
Boiler	ACS	Convettori 2

6.2.2. Strutture disperdenti: stato di fatto

Vetro per infissi / 4-6-4 (Aria)



Le proprietà termiche dei vetri sono valutate in base alla UNI EN 673.

DATI DEL VETRO

Nome: Vetro 4-6-4 (Aria)

Note:

Numero lastre:	Spessore vetro:	14,0 mm
Trasmittanza U: 3,276 W/(m ² K)	Resistenza R:	0,305 (m ² K)/W

STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore s [mm]	Conduttività λ [W/(mK)]	Emissività normale interna ϵ_{ni} [-]	Emissività normale esterna ϵ_{ne} [-]	Densità ρ [Kg/m ³]	Viscosità dinamica μ [10 ⁻⁵ Kg/(ms)]	Capacità termica specifica c [J/(kgK)]
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	7,690	-	-	-	-	-
A	Vetro	4,0	1,000	0,89	0,89	2.500	0,0	0,84
B	Aria	6,0	0,025	0,00	0,00	1	1,8	1,01
C	Vetro	4,0	1,000	0,89	0,89	2.500	0,0	0,84
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	25,000	-	-	-	-	-
	TOTALE	14,0						

RESISTENZE

Costanti dipendenti dall'orientamento del vetro: A = 0,035, N = 0,38

	Strato	Emissività corretta interna ϵ_i [-]	Emissività corretta esterna ϵ_e [-]	Salto termico intercapedine ΔT [°C]	Conduttanza radiativa h_r [W/(m ² K)]	Conduttanza lastra h_g [W/(m ² K)]	Conduttanza intercapedine h_s [W/(m ² K)]	Resistenza termica R [(m ² K)/W]
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	-	-	-	-	-	0,130
A	Vetro	-	-	-	-	-	-	0,004
B	Aria	0,837	0,837	15,00	3,702	4,160	7,862	0,127
C	Vetro	-	-	-	-	-	-	0,004
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	-	-	-	-	0,040
	TOTALE							0,31

VERIFICA DI TRASMITTANZA

Verifica di trasmittanza (non considerando l'influenza di eventuali ponti termici non corretti):

Comune:	Bologna	Zona climatica:	E
Trasmittanza della struttura U:	3,276 W/(m ² K)	Trasmittanza limite U _{lim} :	1,530 W/(m ² K)

Riferimento normativo: Limiti relativi alla Regione Emilia Romagna DGLS 192/311

ESITO VERIFICA DI TRASMITTANZA: NO

VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Il comportamento termoigrometrico dell'elemento opaco è valutato secondo le procedure di calcolo contenute nella UNI EN ISO 13788.

CONDIZIONI AL CONTORNO E DATI CLIMATICI

Comune:	Bologna	Tipo di calcolo:	Classi di concentrazione
Verso:	Esterno	Coeff. di correzione btr,x:	
Classe di edificio:	Alloggi con basso indice di affollamento	Volume interno V:	- m ³
Prod. nota di vapore G:	- kg/h		

Mese	Temperatura interna T_i °C	Umidità relativa interna ϕ_i %	Temperatura esterna T_e °C	Umidità relativa esterna ϕ_e %	Ricambio d'aria n 1/h
gennaio	20,0	65,0	2,1	89,5	0,5
febbraio	20,0	65,0	4,6	86,8	0,5
marzo	20,0	65,0	9,4	71,9	0,5
aprile	20,0	65,0	14,2	67,0	0,5
maggio	20,0	65,0	18,2	67,9	0,5
giugno	20,0	65,0	22,9	64,7	0,5
luglio	20,0	65,0	25,4	56,6	0,5
agosto	20,0	65,0	24,9	60,5	0,5
settembre	20,0	65,0	21,2	64,0	0,5
ottobre	20,0	65,0	14,9	74,5	0,5
novembre	20,0	65,0	8,7	85,0	0,5
dicembre	20,0	65,0	4,0	86,1	0,5

CONDIZIONE	Temperatura interna θ_j °C	Pressione parziale interna p_i Pa	Temperatura esterna θ_e °C	Pressione parziale esterna p_e Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	2,10	636,00
ESTIVA	20,00	2.107,40	25,40	1.835,00

	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 0 Pa.
X	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di vapore condensato è pari a 19,861 kg/m ² (rievaporabile durante il periodo estivo).
X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 124,585 Pa.

VERIFICA FORMAZIONE CONDENSA SUPERFICIALE

Mese	Pressione esterna P_e Pa	Numero di ric. d'aria n 1/h	Variazione di pressione ΔP Pa	Pressione interna P_i Pa	Pressione int. di satur. P_{si} Pa	Temp. sup. interna T_{si} °C	Fattore di res. sup. f_{Rsi}
ottobre	1261	-	206,55	1488,21	1860,26	16,37	0,2875

Verifica di condensa superficiale:

Fattore di resistenza superficiale nel mese critico f_{Rsi} : 0,0000 (mese di)

Fattore di resistenza superficiale ammissibile f_{RsiAmm} : 0,1809

ESITO VERIFICA DI CONDENSA SUPERFICIALE: OK

PRESSIONE DI VAPORE E PRESSIONE DI SATURAZIONE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interno-Add	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0
	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0
Add-A	1.266,7	1.295,3	1.327,0	1.394,7	1.490,2	1.601,0	1.609,3	1.629,0	1.545,3	1.445,3	1.358,2	1.285,0
	1.625,5	1.711,7	1.888,6	2.081,3	2.254,8	2.474,8	2.599,2	2.573,9	2.393,1	2.110,8	1.861,9	1.690,7
A-B	888,3	959,7	1.039,0	1.208,3	1.446,9	1.724,0	1.744,7	1.794,0	1.584,7	1.334,7	1.116,9	934,0
	811,8	948,9	1.270,3	1.683,7	2.113,9	2.739,8	3.134,4	3.051,7	2.496,9	1.752,9	1.218,2	914,3
B-C	636,0	736,0	847,0	1.084,0	1.418,0	1.806,0	1.835,0	1.904,0	1.611,0	1.261,0	956,0	700,0
	802,1	939,3	1.261,7	1.677,7	2.111,6	2.744,4	3.144,1	3.060,3	2.498,6	1.747,4	1.209,4	904,6
C-Add	636,0	736,0	847,0	1.084,0	1.418,0	1.806,0	1.835,0	1.904,0	1.611,0	1.261,0	956,0	700,0
	710,4	847,8	1.178,8	1.618,6	2.088,9	2.790,9	3.242,1	3.147,1	2.516,3	1.693,5	1.124,4	812,8

TEMPERATURE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interno-Add	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Add-A	14,4	15,2	16,7	18,2	19,4	20,9	21,7	21,5	20,4	18,4	16,5	15,0
A-B	14,3	15,1	16,6	18,1	19,4	20,9	21,7	21,6	20,4	18,4	16,4	14,9
B-C	4,0	6,2	10,5	14,8	18,4	22,6	24,8	24,4	21,1	15,4	9,9	5,7
C-Add	3,8	6,1	10,4	14,8	18,4	22,6	24,9	24,4	21,1	15,4	9,8	5,5
Add-Esterno	2,1	4,6	9,4	14,2	18,2	22,9	25,4	24,9	21,2	14,9	8,7	4,0

VERIFICA FORMAZIONE CONDENSA INTERSTIZIALE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interf. B/C												
Gc [Kg/m ²]	14,3343	1,8290	-	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	3,6978
Ma [Kg/m ²]	18,0321	19,8612	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	3,6978
Interf. C/D												
Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

- Strato D. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: 18,0321 > 0,5000 kg/m²
 gennaio - Strato D. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: 19,8612 > 0,5000 kg/m²
 novembre - Strato D. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: 3,6978 > 0,5000 kg/m²
 Mese condensazione massima: febbraio

Verifica di condensa interstiziale:

Quantità massima di vapore accumulato mensilmente G_c: 14,3343 (mese di gennaio) kg/m² nell'interfaccia B-C

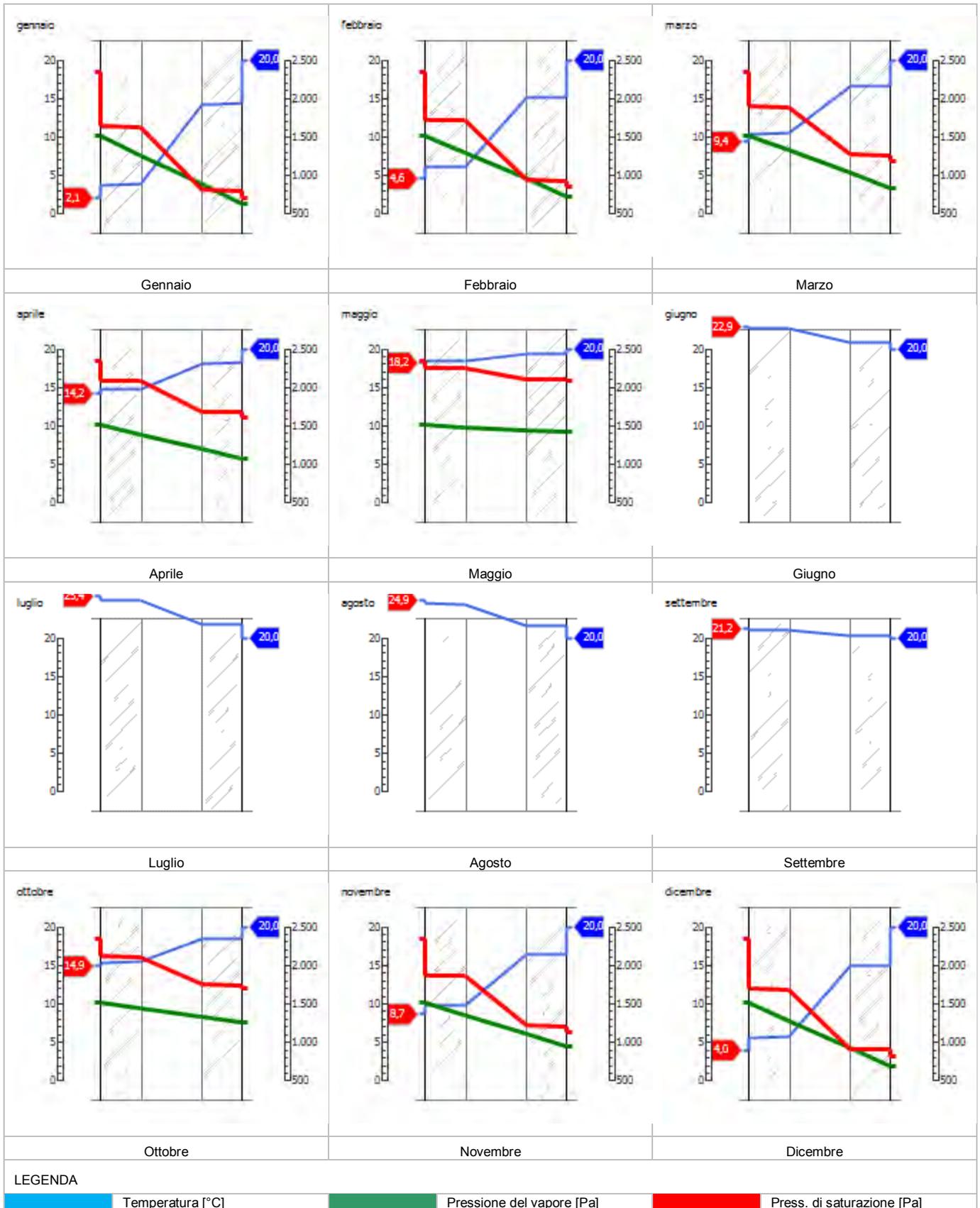
Quantità ammissibile di vapore accumulato mensilmente in un'interfaccia G_{c,max}: 0,5000 kg/m²

Quantità di vapore residuo Ma: 19,8612 (mese di febbraio) kg/m² nell'interfaccia B-C

ESITO VERIFICA DI CONDENSA INTERSTIZIALE: Interfaccia B-C

- Condensa eccessiva: 18,0321 > 0,5000 kg/m²

DIAGRAMMI DI PRESSIONE E TEMPERATURA



VERIFICA DI MASSA E INERZIA TERMICA

Il comportamento termico dinamico dell'elemento opaco è valutato secondo le procedure di calcolo contenute nella UNI EN ISO 13786.

Verifica di massa:

Massa della struttura per metro quadrato di superficie: 20 kg/m²

Valore minimo di massa superficiale: 230 kg/m²

ESITO VERIFICA DI MASSA: OK

Riferimento normativo: con riferimento ai limiti contenuti nell'allegato 3 all'Atto di indirizzo regione Emilia Romagna n°156 del 4 marzo 2008.

CONDIZIONI AL CONTORNO

Comune:	Bologna	Colorazione:	Chiaro
Orientamento:	S	Mese massima insolazione:	luglio
Temp. media mese massima insolaz.:	25,4 °C	Temperatura massima estiva:	33,0 °C
Escursione giorno più caldo dell'anno:	12,0 °C	Irradian. mensile massima piano orizz.:	296,30 W/m ²

SERRAMENTO: 107,5 x 120 MOBILE

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome: 107,5 x 120 MOBILE

Note:

Produttore:

Larghezza: 108 cm

Altezza : 120 cm

Disperde verso: Esterno

Spessore superiore del telaio: 15 cm

Spessore inferiore del telaio: 14 cm

Spessore sinistro del telaio: 12 cm

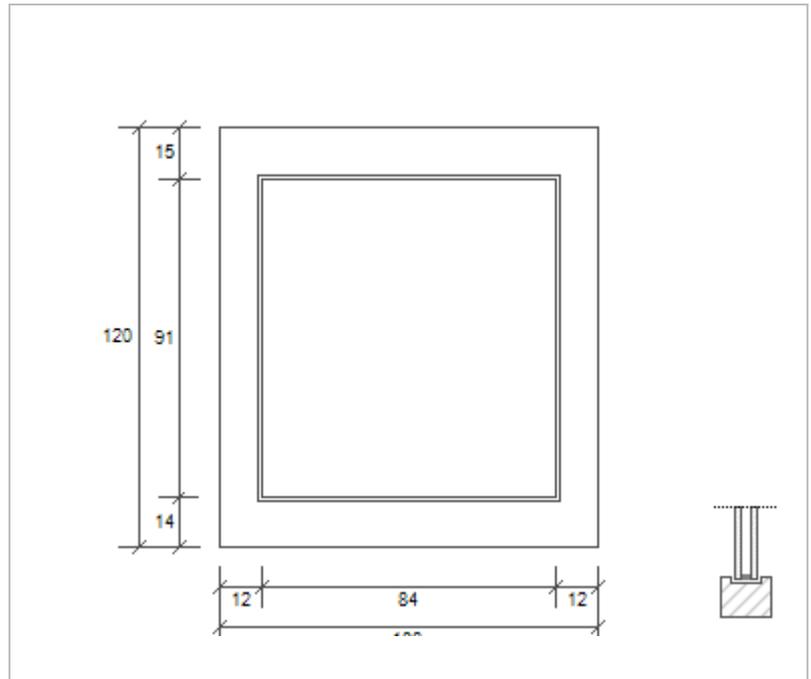
Spessore destro del telaio: 12 cm

Numero divisioni verticali: 0

Spessore divisioni verticali: 12 cm

Numero divisioni orizzontali: 0

Spessore divisioni orizzontali: 6 cm



Area del vetro A_g : 0,760 m²

Area totale del serramento A_w : 1,290 m²

Area del telaio A_f : 0,530 m²

Perimetro della superficie vetrata L_g : 3,490 m

PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro: Vetro 4-6-4 (Aria)

Coefficiente di trasmissione solare g : 0,750

Trasmittanza termica vetro U_g : 3,276 W/(m² K)

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Emissività ϵ : 0,837

Telaio

Materiale: Metallo

Spessore sf: 0 mm

Trasmittanza termica del telaio U_f : 5,900 W/(m² K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio ψ_{fg} : 0,020 W/(m K)

Tipologia telaio: Senza taglio termico

Distanziatore: Metallo

SCHEMATURE MOBILI

Tipo schermatura: Tenda

Colore: -

g,gl,sh,d: -

g,gl,sh/g,gl: 0,25

Posizione: Veneziane bianche - Interna

Trasparenza: -

g,gl,sh,b: -

PARAMETRI TERMICI DELLA CHIUSURA

Tipo chiusura: -

Resistenza termica aggiuntiva dovuta alla chiusura ΔR : 0,000 (m² K)/W

Frazione oraria di utilizzo della chiusura f_{shut} : 0,60

Permeabilità della chiusura: -

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento U_w : 4,408 W/(m² K)

Trasmittanza termica serramento comprendendo la tapparella U_w , CORR: 4,408 W/(m² K)

SERRAMENTO: 120 x 120 FISSA

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome: 120 x 120 FISSA

Note:

Produttore:

Larghezza: 120 cm

Altezza : 120 cm

Disperde verso: Esterno

Spessore superiore del telaio: 9 cm

Spessore inferiore del telaio: 8 cm

Spessore sinistro del telaio: 6 cm

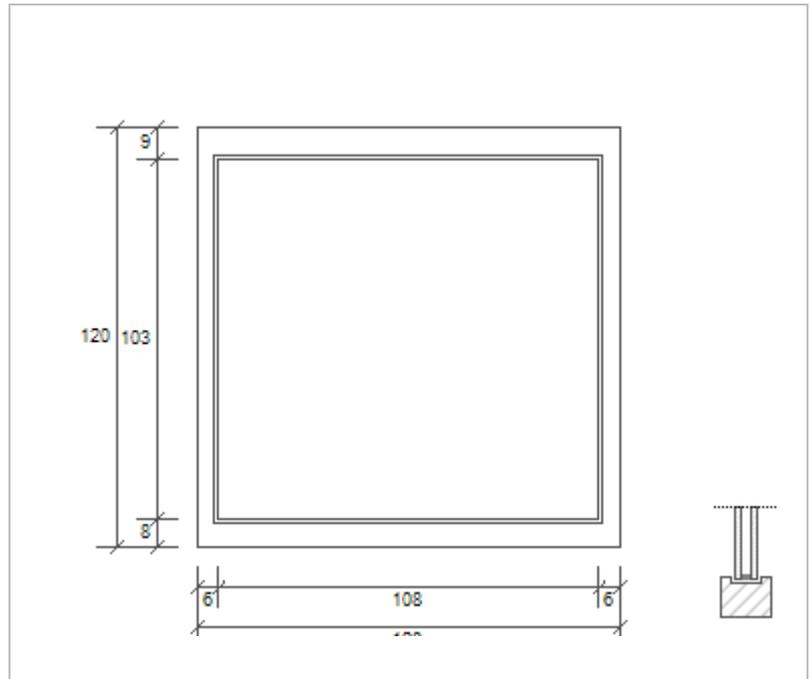
Spessore destro del telaio: 6 cm

Numero divisioni verticali: 0

Spessore divisioni verticali: 12 cm

Numero divisioni orizzontali: 0

Spessore divisioni orizzontali: 6 cm



Area del vetro A_g : 1,110 m²

Area totale del serramento A_w : 1,440 m²

Area del telaio A_f : 0,330 m²

Perimetro della superficie vetrata L_g : 4,220 m

PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro: Vetro 4-6-4 (Aria)

Coefficiente di trasmissione solare g : 0,750

Trasmittanza termica vetro U_g : 3,276 W/(m² K)

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Emissività ϵ : 0,837

Telaio

Materiale: Metallo

Spessore sf: 0 mm

Trasmittanza termica del telaio U_f : 5,900 W/(m² K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio ψ_{fg} : 0,020 W/(m K)

Tipologia telaio: Senza taglio termico

Distanziatore: Metallo

SCHEMATURE MOBILI

Tipo schermatura: Tenda

Colore: -

g,gl,sh,d: -

g,gl,sh/g,gl: 0,25

Posizione: Veneziane bianche - Interna

Trasparenza: -

g,gl,sh,b: -

PARAMETRI TERMICI DELLA CHIUSURA

Tipo chiusura: -

Resistenza termica aggiuntiva dovuta alla chiusura ΔR : 0,000 (m² K)/W

Frazione oraria di utilizzo della chiusura f_{shut} : 0,60

Permeabilità della chiusura: -

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento U_w : 3,932 W/(m² K)

Trasmittanza termica serramento comprendendo la tapparella $U_w, CORR$: 3,932 W/(m² K)

SERRAMENTO: 120 x 120 MOBILE

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome: 120 x 120 MOBILE

Note:

Produttore:

Larghezza: 120 cm

Altezza : 120 cm

Disperde verso: Esterno

Spessore superiore del telaio: 15 cm

Spessore inferiore del telaio: 14 cm

Spessore sinistro del telaio: 12 cm

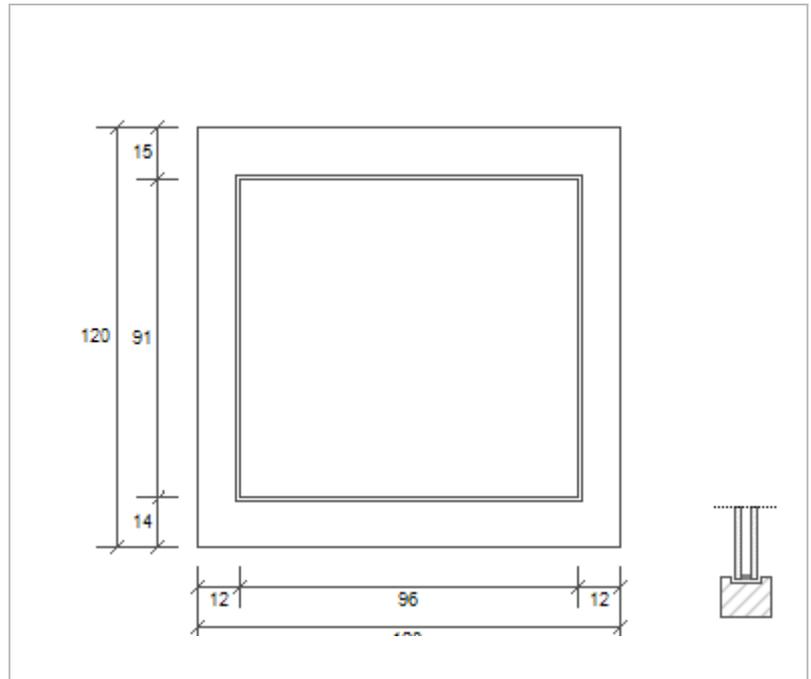
Spessore destro del telaio: 12 cm

Numero divisioni verticali: 0

Spessore divisioni verticali: 12 cm

Numero divisioni orizzontali: 0

Spessore divisioni orizzontali: 6 cm



Area del vetro A_g : 0,870 m²

Area totale del serramento A_w : 1,440 m²

Area del telaio A_f : 0,570 m²

Perimetro della superficie vetrata L_g : 3,740 m

PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro: Vetro 4-6-4 (Aria)

Coefficiente di trasmissione solare g : 0,750

Trasmittanza termica vetro U_g : 3,276 W/(m² K)

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Emissività ϵ : 0,837

Telaio

Materiale: Metallo

Spessore sf: 0 mm

Trasmittanza termica del telaio U_f : 5,900 W/(m² K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio ψ_{fg} : 0,020 W/(m K)

Tipologia telaio: Senza taglio termico

Distanziatore: Metallo

SCHEMATURE MOBILI

Tipo schermatura: Tenda

Colore: -

g,gl,sh,d: -

g,gl,sh/g,gl: 0,25

Posizione: Veneziane bianche - Interna

Trasparenza: -

g,gl,sh,b: -

PARAMETRI TERMICI DELLA CHIUSURA

Tipo chiusura: -

Resistenza termica aggiuntiva dovuta alla chiusura ΔR : 0,000 (m² K)/W

Frazione oraria di utilizzo della chiusura f_{shut} : 0,60

Permeabilità della chiusura: -

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento U_w : 4,360 W/(m² K)

Trasmittanza termica serramento comprendendo la tapparella $U_w, CORR$: 4,360 W/(m² K)

SERRAMENTO: 120 x 205 MOBILE

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome: 120 x 205 MOBILE

Note:

Produttore:

Larghezza: 120 cm

Altezza : 205 cm

Disperde verso: Esterno

Spessore superiore del telaio: 9 cm

Spessore inferiore del telaio: 8 cm

Spessore sinistro del telaio: 6 cm

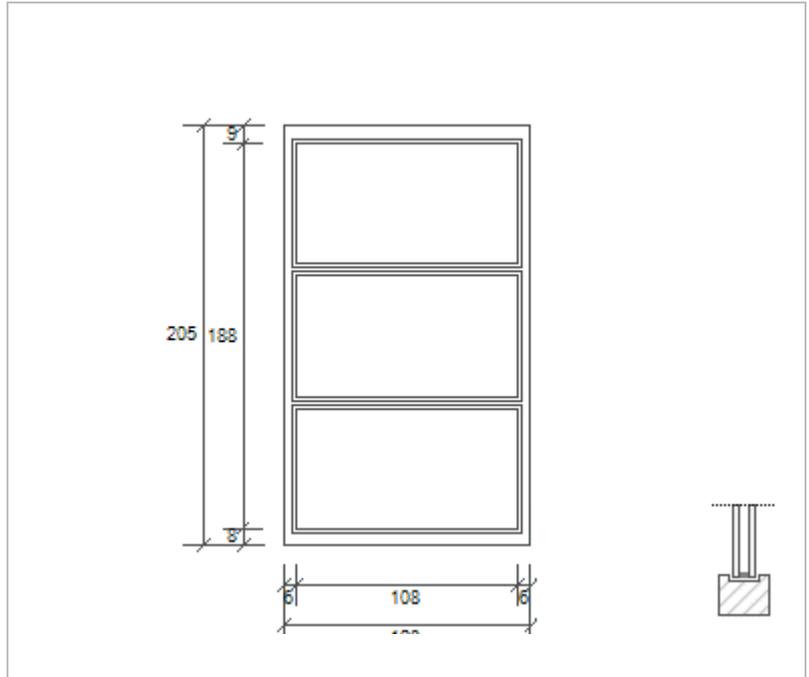
Spessore destro del telaio: 6 cm

Numero divisioni verticali: 0

Spessore divisioni verticali: 12 cm

Numero divisioni orizzontali: 2

Spessore divisioni orizzontali: 6 cm



Area del vetro A_g : 1,900 m²

Area totale del serramento A_w : 2,460 m²

Area del telaio A_f : 0,560 m²

Perimetro della superficie vetrata L_g : 10,000 m

PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro: Vetro 4-6-4 (Aria)

Coefficiente di trasmissione solare g : 0,750

Trasmittanza termica vetro U_g : 3,276 W/(m² K)

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Emissività ϵ : 0,837

Telaio

Materiale: Metallo

Spessore sf: 0 mm

Trasmittanza termica del telaio U_f : 5,900 W/(m² K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio ψ_{fg} : 0,020 W/(m K)

Tipologia telaio: Senza taglio termico

Distanziatore: Metallo

SCHEMATURE MOBILI

Tipo schermatura: Tenda

Colore: -

g,gl,sh,d: -

g,gl,sh/g,gl: 0,25

Posizione: Veneziane bianche - Interna

Trasparenza: -

g,gl,sh,b: -

PARAMETRI TERMICI DELLA CHIUSURA

Tipo chiusura: -

Resistenza termica aggiuntiva dovuta alla chiusura ΔR : 0,000 (m² K)/W

Frazione oraria di utilizzo della chiusura f_{shut} : 0,60

Permeabilità della chiusura: -

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento U_w : 3,954 W/(m² K)

Trasmittanza termica serramento comprendendo la tapparella $U_w, CORR$: 3,954 W/(m² K)

SERRAMENTO: 120 x 360 LATERALE INGRESSO

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome: 120 x 360 LATERALE INGRESSO

Note:

Produttore:

Larghezza: 120 cm

Altezza : 360 cm

Disperde verso: Esterno

Spessore superiore del telaio: 16 cm

Spessore inferiore del telaio: 12 cm

Spessore sinistro del telaio: 12 cm

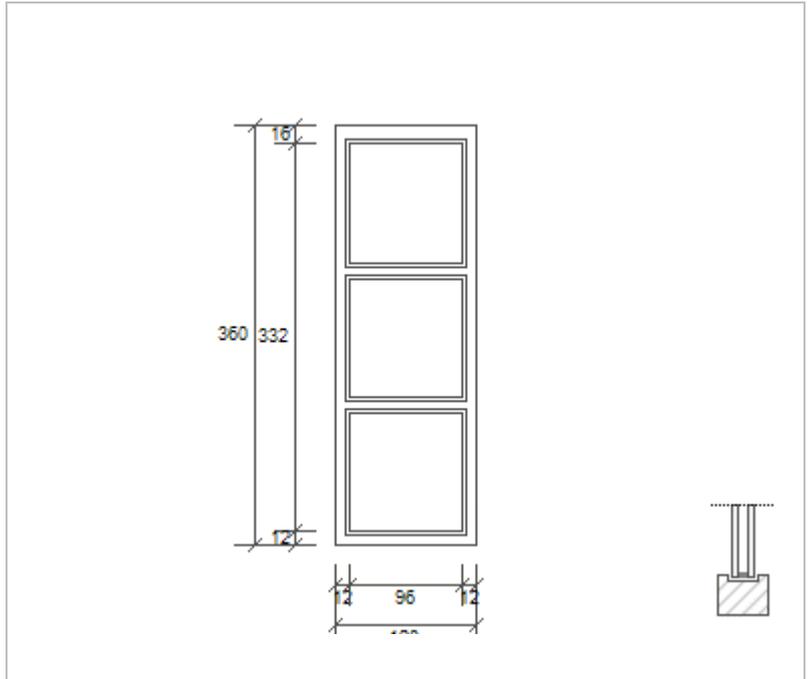
Spessore destro del telaio: 12 cm

Numero divisioni verticali: 0

Spessore divisioni verticali: 12 cm

Numero divisioni orizzontali: 2

Spessore divisioni orizzontali: 14 cm



Area del vetro A_g : 2,930 m²

Area totale del serramento A_w : 4,320 m²

Area del telaio A_f : 1,390 m²

Perimetro della superficie vetrata L_g : 11,860 m

PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro: Vetro 4-6-4 (Aria)

Coefficiente di trasmissione solare g : 0,750

Trasmittanza termica vetro U_g : 3,276 W/(m² K)

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Emissività ϵ : 0,837

Telaio

Materiale: Metallo

Spessore sf: 0 mm

Trasmittanza termica del telaio U_f : 5,900 W/(m² K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio ψ_{fg} : 0,020 W/(m K)

Tipologia telaio: Senza taglio termico

Distanziatore: Metallo

SCHEMATURE MOBILI

Tipo schermatura: Tenda

Colore: -

g,gl,sh,d: -

g,gl,sh/g,gl: 0,25

Posizione: Veneziane bianche - Interna

Trasparenza: -

g,gl,sh,b: -

PARAMETRI TERMICI DELLA CHIUSURA

Tipo chiusura: -

Resistenza termica aggiuntiva dovuta alla chiusura ΔR : 0,000 (m² K)/W

Frazione oraria di utilizzo della chiusura f_{shut} : 0,60

Permeabilità della chiusura: -

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento U_w : 4,176 W/(m² K)

Trasmittanza termica serramento comprendendo la tapparella $U_w, CORR$: 4,176 W/(m² K)

SERRAMENTO: 240 x 120

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome: 240 x 120

Note:

Produttore:

Larghezza: 240 cm

Altezza : 120 cm

Disperde verso: Esterno

Spessore superiore del telaio: 15 cm

Spessore inferiore del telaio: 14 cm

Spessore sinistro del telaio: 12 cm

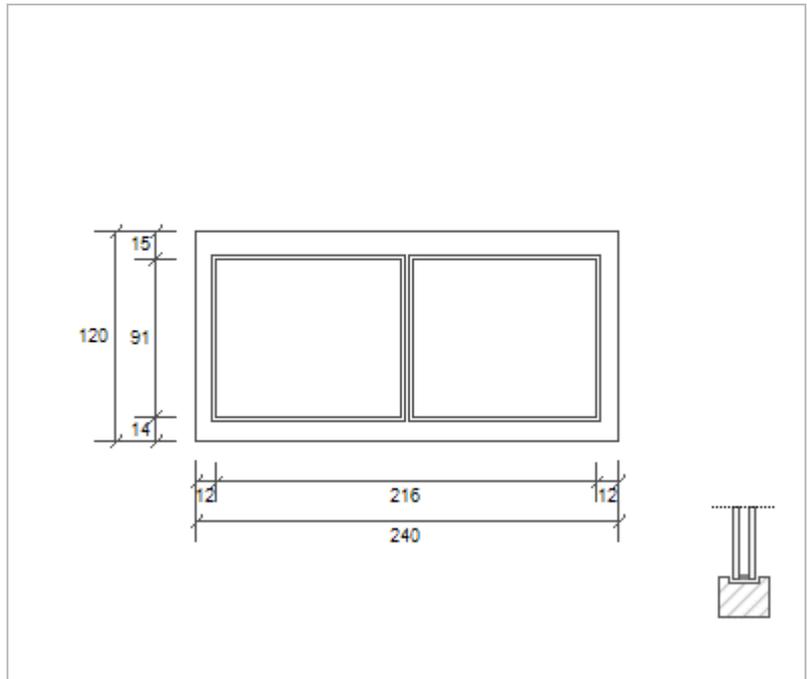
Spessore destro del telaio: 12 cm

Numero divisioni verticali: 1

Spessore divisioni verticali: 6 cm

Numero divisioni orizzontali: 0

Spessore divisioni orizzontali: 0 cm



Area del vetro A_g : 1,910 m²

Area totale del serramento A_w : 2,880 m²

Area del telaio A_f : 0,970 m²

Perimetro della superficie vetrata L_g : 7,840 m

PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro: Vetro 4-6-4 (Aria)

Coefficiente di trasmissione solare g : 0,750

Trasmittanza termica vetro U_g : 3,276 W/(m² K)

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Emissività ϵ : 0,837

Telaio

Materiale: Metallo

Spessore s_f : 0 mm

Trasmittanza termica del telaio U_f : 5,900 W/(m² K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio ψ_{fg} : 0,020 W/(m K)

Tipologia telaio: Senza taglio termico

Distanziatore: Metallo

SCHEMATURE MOBILI

Tipo schermatura: Tenda

Colore: -

g, g_l, sh, d : -

$g, g_l, sh/g, gl$: 0,25

Posizione: Veneziane bianche - Interna

Trasparenza: -

g, g_l, sh, b : -

PARAMETRI TERMICI DELLA CHIUSURA

Tipo chiusura: -

Resistenza termica aggiuntiva dovuta alla chiusura ΔR : 0,000 (m² K)/W

Frazione oraria di utilizzo della chiusura f_{shut} : 0,60

Permeabilità della chiusura: -

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento U_w : 4,213 W/(m² K)

Trasmittanza termica serramento comprendendo la tapparella $U_w, CORR$: 4,213 W/(m² K)

SERRAMENTO: 240 x 240 PORTAFINESTRA AULE

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome: 240 x 240 PORTAFINESTRA AULE

Note:

Produttore:

Larghezza: 240 cm

Altezza : 240 cm

Disperde verso: Esterno

Spessore superiore del telaio: 16 cm

Spessore inferiore del telaio: 12 cm

Spessore sinistro del telaio: 12 cm

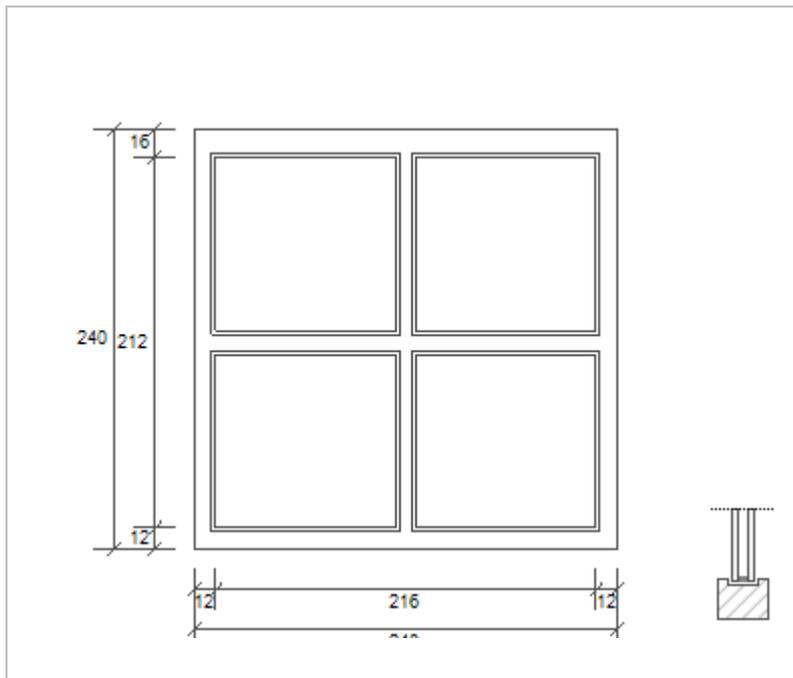
Spessore destro del telaio: 12 cm

Numero divisioni verticali: 1

Spessore divisioni verticali: 12 cm

Numero divisioni orizzontali: 1

Spessore divisioni orizzontali: 14 cm



Area del vetro A_g : 4,050 m²

Area totale del serramento A_w : 5,760 m²

Area del telaio A_f : 1,710 m²

Perimetro della superficie vetrata L_g : 16,100 m

PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro: Vetro 4-6-4 (Aria)

Coefficiente di trasmissione solare g : 0,750

Trasmittanza termica vetro U_g : 3,276 W/(m² K)

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Emissività ϵ : 0,837

Telaio

Materiale: Metallo

Spessore sf: 0 mm

Trasmittanza termica del telaio U_f : 5,900 W/(m² K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio ψ_{fg} : 0,020 W/(m K)

Tipologia telaio: Senza taglio termico

Distanziatore: Metallo

SCHEMATURE MOBILI

Tipo schermatura: Tenda

Colore: -

g,gl,sh,d: -

g,gl,sh/g,gl: 0,25

Posizione: Veneziane bianche - Interna

Trasparenza: -

g,gl,sh,b: -

PARAMETRI TERMICI DELLA CHIUSURA

Tipo chiusura: -

Resistenza termica aggiuntiva dovuta alla chiusura ΔR : 0,000 (m² K)/W

Frazione oraria di utilizzo della chiusura f_{shut} : 0,60

Permeabilità della chiusura: -

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento U_w : 4,111 W/(m² K)

Trasmittanza termica serramento comprendendo la tapparella U_w , CORR: 4,111 W/(m² K)

SERRAMENTO: 240 x 360 PORTAFINESTRA INGRESSO

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome: 240 x 360 PORTAFINESTRA INGRESSO

Note:

Produttore:

Larghezza: 240 cm

Altezza : 360 cm

Disperde verso: Esterno

Spessore superiore del telaio: 16 cm

Spessore inferiore del telaio: 12 cm

Spessore sinistro del telaio: 12 cm

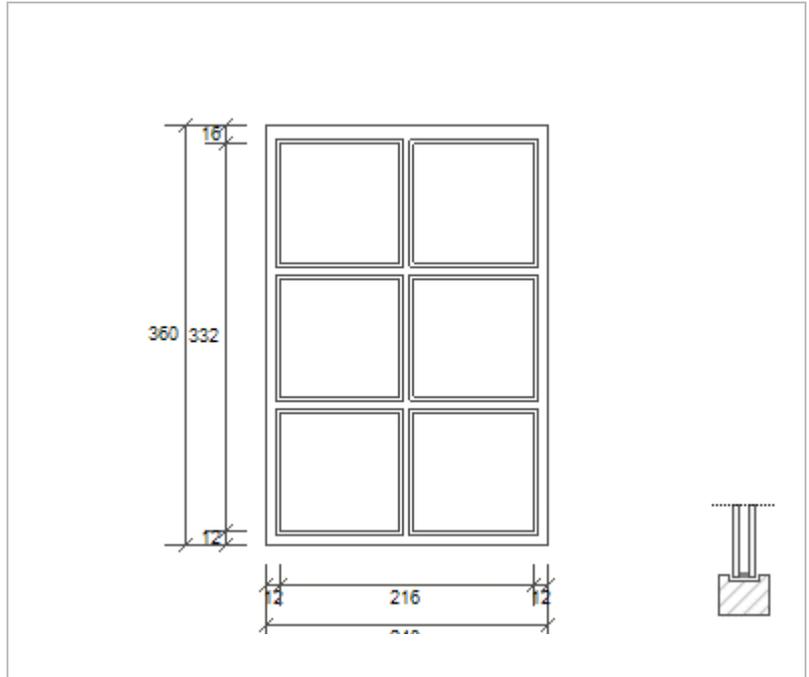
Spessore destro del telaio: 12 cm

Numero divisioni verticali: 1

Spessore divisioni verticali: 12 cm

Numero divisioni orizzontali: 2

Spessore divisioni orizzontali: 14 cm



Area del vetro A_g : 6,220 m²

Area totale del serramento A_w : 8,640 m²

Area del telaio A_f : 2,420 m²

Perimetro della superficie vetrata L_g : 24,440 m

PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro: Vetro 4-6-4 (Aria)

Coefficiente di trasmissione solare g : 0,750

Trasmittanza termica vetro U_g : 3,276 W/(m² K)

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Emissività ϵ : 0,837

Telaio

Materiale: Metallo

Spessore sf: 0 mm

Trasmittanza termica del telaio U_f : 5,900 W/(m² K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio ψ_{fg} : 0,020 W/(m K)

Tipologia telaio: Senza taglio termico

Distanziatore: Metallo

SCHEMATURE MOBILI

Tipo schermatura: Tenda

Colore: -

g,gl,sh,d: -

g,gl,sh/g,gl: 0,25

Posizione: Veneziane bianche - Interna

Trasparenza: -

g,gl,sh,b: -

PARAMETRI TERMICI DELLA CHIUSURA

Tipo chiusura: -

Resistenza termica aggiuntiva dovuta alla chiusura ΔR : 0,000 (m² K)/W

Frazione oraria di utilizzo della chiusura f_{shut} : 0,60

Permeabilità della chiusura: -

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento U_w : 4,067 W/(m² K)

Trasmittanza termica serramento comprendendo la tapparella $U_w, CORR$: 4,067 W/(m² K)

SERRAMENTO: 88 x 205 FISSA

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome: 88 x 205 FISSA

Note:

Produttore:

Larghezza: 88 cm

Altezza : 205 cm

Disperde verso: Esterno

Spessore superiore del telaio: 9 cm

Spessore inferiore del telaio: 8 cm

Spessore sinistro del telaio: 6 cm

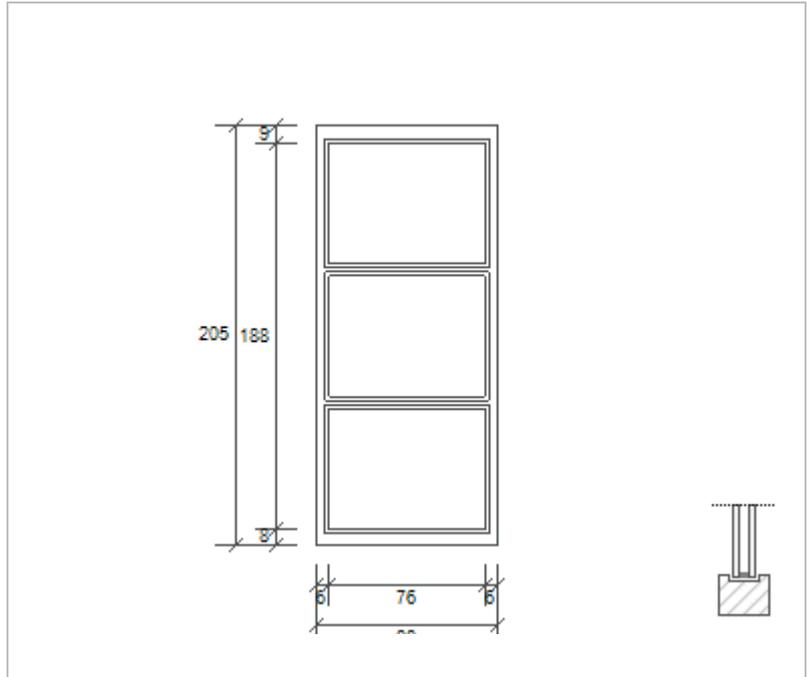
Spessore destro del telaio: 6 cm

Numero divisioni verticali: 0

Spessore divisioni verticali: 12 cm

Numero divisioni orizzontali: 2

Spessore divisioni orizzontali: 6 cm



Area del vetro A_g : 1,340 m²

Area totale del serramento A_w : 1,810 m²

Area del telaio A_f : 0,470 m²

Perimetro della superficie vetrata L_g : 8,080 m

PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro: Vetro 4-6-4 (Aria)

Coefficiente di trasmissione solare g : 0,750

Trasmittanza termica vetro U_g : 3,276 W/(m² K)

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Emissività ϵ : 0,837

Telaio

Materiale: Metallo

Spessore s_f : 0 mm

Trasmittanza termica del telaio U_f : 5,900 W/(m² K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio ψ_{fg} : 0,020 W/(m K)

Tipologia telaio: Senza taglio termico

Distanziatore: Metallo

SCHEMATURE MOBILI

Tipo schermatura: Tenda

Colore: -

g, g_l, sh, d : -

$g, g_l, sh/g, gl$: 0,25

Posizione: Veneziane bianche - Interna

Trasparenza: -

g, g_l, sh, b : -

PARAMETRI TERMICI DELLA CHIUSURA

Tipo chiusura: -

Resistenza termica aggiuntiva dovuta alla chiusura ΔR : 0,000 (m² K)/W

Frazione oraria di utilizzo della chiusura f_{shut} : 0,60

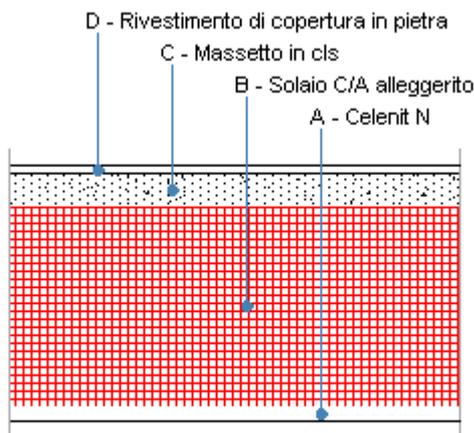
Permeabilità della chiusura: -

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento U_w : 4,044 W/(m² K)

Trasmittanza termica serramento comprendendo la tapparella $U_w, CORR$: 4,044 W/(m² K)

Copertura calpestabile



Le proprietà termiche dell'elemento opaco sono valutate in base alla UNI EN ISO 6946.

DATI DELLA STRUTTURA OPACA

Nome: Copertura calpestabile

Note:

Tipologia:	Copertura	Disposizione:	Orizzontale
Verso:	Esterno	Spessore:	320,0 mm
Trasmittanza U:	0,883 W/(m ² K)	Resistenza R:	1,133 (m ² K)/W
Massa superf.:	625 Kg/m ²	Colore:	Chiaro
Area:	- m ²		

STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore s [mm]	Conduttività λ [W/(mK)]	Resistenza R [(m ² K)/W]	Densità ρ [Kg/m ³]	Capacità term. C [kJ/(kgK)]	Fattore μ _a [-]	Fattore μ _u [-]
	Adduttanza interna (flusso verticale ascendente)	-	-	0,100	-	-	-	-
A	Celenit N	20,0	0,060	0,333	500	1,81	50,0	50,0
B	Solaio C/A alleggerito	250,0	0,410	0,610	2.000	1,00	0,0	0,0
C	Massetto in cls	40,0	0,930	0,043	2.400	1,00	0,0	0,0
D	Rivestimento di copertura in pietra	10,0	1,500	0,007	1.900	1,00	0,0	0,0
	Adduttanza esterna (flusso verticale ascendente)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	320,0		1,133				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 10,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,100 (m²K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m²K)/W

VERIFICA DI TRASMITTANZA

Verifica di trasmittanza (non considerando l'influenza di eventuali ponti termici non corretti):

Comune:	Bologna	Zona climatica:	E
Trasmittanza della struttura U:	0,883 W/(m ² K)	Trasmittanza limite U _{lim} :	0,270 W/(m ² K)

Riferimento normativo: Limiti relativi alla Regione Emilia Romagna DGLS 192/311

ESITO VERIFICA DI TRASMITTANZA: NO

VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Il comportamento termoigrometrico dell'elemento opaco è valutato secondo le procedure di calcolo contenute nella UNI EN ISO 13788.

CONDIZIONI AL CONTORNO E DATI CLIMATICI

Comune:	Bologna	Tipo di calcolo:	Classi di concentrazione
Verso:	Esterno	Coeff. di correzione btr,x:	
Classe di edificio:	Alloggi con basso indice di affollamento	Volume interno V:	- m ³
Prod. nota di vapore G:	- kg/h		

Mese	Temperatura interna T_i °C	Umidità relativa interna ϕ_i %	Temperatura esterna T_e °C	Umidità relativa esterna ϕ_e %	Ricambio d'aria n 1/h
gennaio	20,0	65,0	2,1	89,5	0,5
febbraio	20,0	65,0	4,6	86,8	0,5
marzo	20,0	65,0	9,4	71,9	0,5
aprile	20,0	65,0	14,2	67,0	0,5
maggio	20,0	65,0	18,2	67,9	0,5
giugno	20,0	65,0	22,9	64,7	0,5
luglio	20,0	65,0	25,4	56,6	0,5
agosto	20,0	65,0	24,9	60,5	0,5
settembre	20,0	65,0	21,2	64,0	0,5
ottobre	20,0	65,0	14,9	74,5	0,5
novembre	20,0	65,0	8,7	85,0	0,5
dicembre	20,0	65,0	4,0	86,1	0,5

CONDIZIONE	Temperatura interna θ_i °C	Pressione parziale interna p_i Pa	Temperatura esterna θ_e °C	Pressione parziale esterna p_e Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	2,10	636,00
ESTIVA	20,00	2.107,40	25,40	1.835,00

X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 598,891 Pa.
	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di vapore condensato è pari a 0,000 kg/m ² (rievaporabile durante il periodo estivo).
X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 598,891 Pa.

VERIFICA FORMAZIONE CONDENZA SUPERFICIALE

Mese	Pressione esterna P_e Pa	Numero di ric. d'aria n 1/h	Variazione di pressione ΔP Pa	Pressione interna P_i Pa	Pressione int. di satur. P_{si} Pa	Temp. sup. interna T_{si} °C	Fattore di res. sup. f_{Rsi}
ottobre	1261	-	206,55	1488,21	1860,26	16,37	0,2875
novembre	956	-	457,65	1459,42	1824,27	16,06	0,6513
dicembre	700	-	648	1412,8	1766	15,55	0,722
gennaio	636	-	724,95	1433,45	1791,81	15,78	0,7642
febbraio	736	-	623,7	1422,07	1777,59	15,65	0,7178
marzo	847	-	429,3	1319,23	1649,04	14,49	0,48
aprile	1084	-	234,9	1342,39	1677,99	14,76	0,0961

Verifica di condensa superficiale:

Fattore di resistenza superficiale nel mese critico f_{Rsi} : 0,7642 (mese di Gennaio)

Fattore di resistenza superficiale ammissibile f_{RsiAmm} : 0,8852

ESITO VERIFICA DI CONDENZA SUPERFICIALE: OK

PRESSIONE DI VAPORE E PRESSIONE DI SATURAZIONE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interno-Add	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0
	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0
Add-A	636,1	736,1	847,1	1.084,1	1.418,0	1.806,0	1.835,0	1.904,0	1.611,0	1.261,0	956,1	700,1
	1.512,0	1.609,0	1.810,9	2.034,6	2.239,2	2.502,3	2.653,0	2.622,3	2.404,2	2.069,2	1.780,2	1.585,3
A-B	636,0	736,0	847,0	1.084,0	1.418,0	1.806,0	1.835,0	1.904,0	1.611,0	1.261,0	956,0	700,0
	785,6	923,0	1.247,1	1.667,4	2.107,7	2.752,3	3.160,7	3.075,1	2.501,7	1.738,0	1.194,4	888,2
B-C	636,0	736,0	847,0	1.084,0	1.418,0	1.806,0	1.835,0	1.904,0	1.611,0	1.261,0	956,0	700,0
	748,7	886,2	1.213,9	1.643,8	2.098,7	2.770,8	3.199,6	3.109,4	2.508,7	1.716,5	1.160,3	851,3
C-D	636,0	736,0	847,0	1.084,0	1.418,0	1.806,0	1.835,0	1.904,0	1.611,0	1.261,0	956,0	700,0
	743,1	880,7	1.208,9	1.640,2	2.097,3	2.773,6	3.205,6	3.114,8	2.509,7	1.713,2	1.155,2	845,7
D-Add	636,0	736,0	847,0	1.084,0	1.418,0	1.806,0	1.835,0	1.904,0	1.611,0	1.261,0	956,0	700,0
	710,4	847,8	1.178,8	1.618,6	2.088,9	2.790,9	3.242,1	3.147,1	2.516,3	1.693,5	1.124,4	812,8

TEMPERATURE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interno-Add	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Add-A	18,4	18,6	19,1	19,5	19,8	20,3	20,5	20,4	20,1	19,5	19,0	18,6
A-B	13,2	14,1	15,9	17,8	19,3	21,1	22,1	21,9	20,5	18,0	15,7	13,9
B-C	3,5	5,8	10,2	14,7	18,3	22,7	25,0	24,5	21,1	15,3	9,6	5,3
C-D	2,8	5,2	9,8	14,4	18,3	22,8	25,2	24,7	21,2	15,1	9,2	4,7
D-Add	2,7	5,1	9,8	14,4	18,3	22,8	25,2	24,7	21,2	15,1	9,1	4,6
Add-Esterno	2,1	4,6	9,4	14,2	18,2	22,9	25,4	24,9	21,2	14,9	8,7	4,0

VERIFICA FORMAZIONE CONDENSA INTERSTIZIALE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interf. A/B												
Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Interf. B/C												
Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Interf. C/D												
Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Interf. D/E												
Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Verifica di condensa interstiziale:

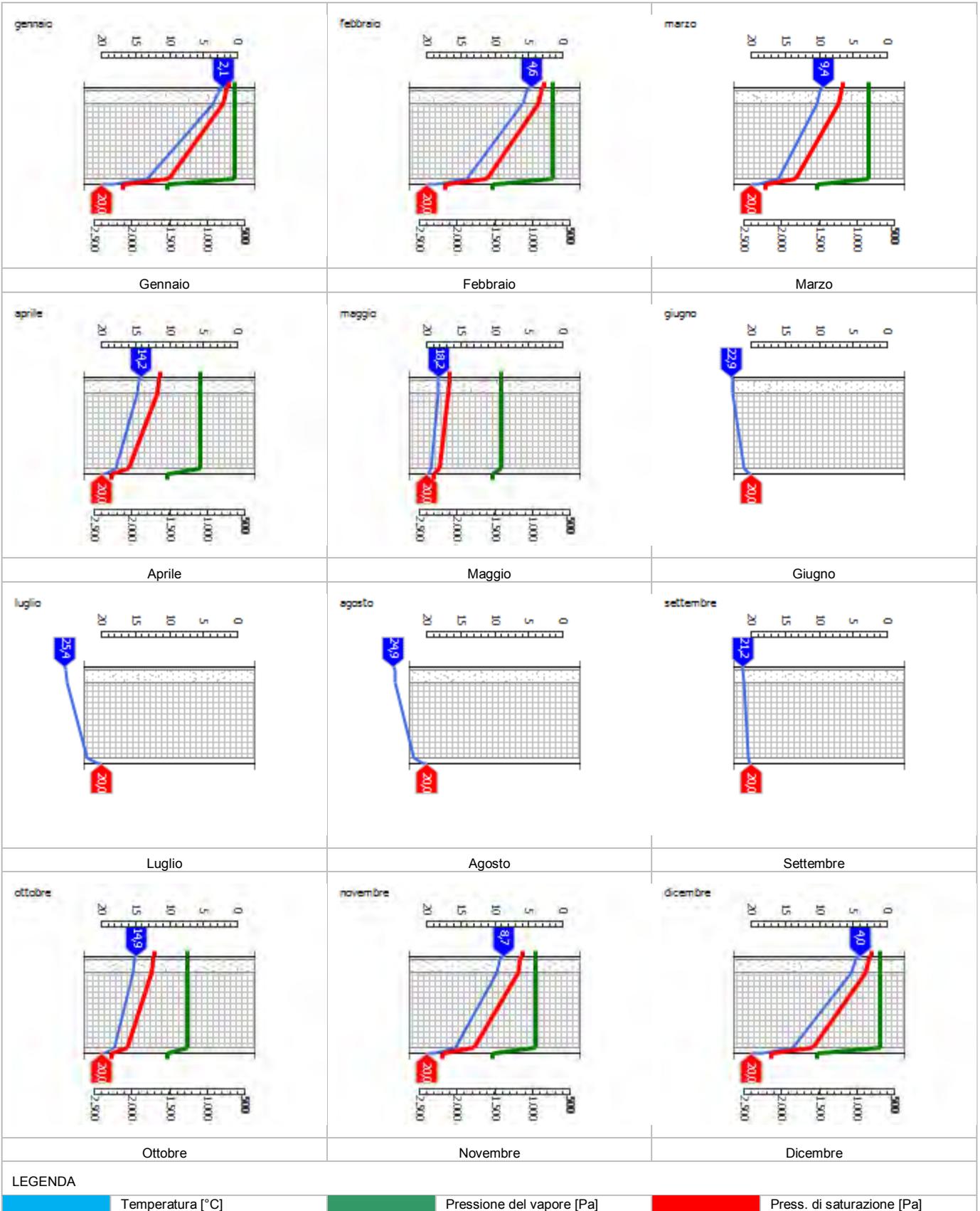
Quantità massima di vapore accumulato mensilmente G_c: 0,0000 (mese di -) kg/m² nell'interfaccia -

Quantità ammissibile di vapore accumulato mensilmente in un'interfaccia G_{c,max}: 0,5000 kg/m²

Quantità di vapore residuo M_a: 0,0000 (mese di -) kg/m² nell'interfaccia -

ESITO VERIFICA DI CONDENSA INTERSTIZIALE: Condensa assente

DIAGRAMMI DI PRESSIONE E TEMPERATURA



VERIFICA DI MASSA E INERZIA TERMICA

Il comportamento termico dinamico dell'elemento opaco è valutato secondo le procedure di calcolo contenute nella UNI EN ISO 13786.

Verifica di massa:

Massa della struttura per metro quadrato di superficie: 625 kg/m²

Valore minimo di massa superficiale: 230 kg/m²

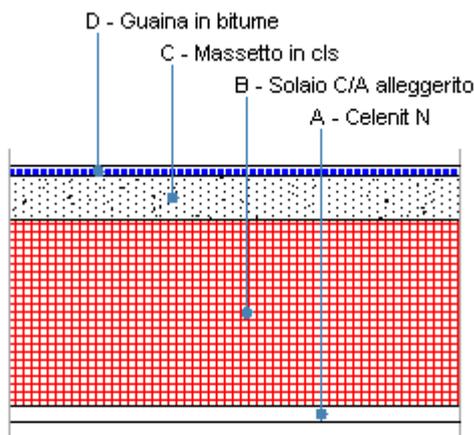
ESITO VERIFICA DI MASSA: OK

Riferimento normativo: con riferimento ai limiti contenuti nell'allegato 3 all'Atto di indirizzo regione Emilia Romagna n°156 del 4 marzo 2008.

CONDIZIONI AL CONTORNO

Comune:	Bologna	Colorazione:	Chiaro
Orientamento:	S	Mese massima insolazione:	luglio
Temp. media mese massima insolaz.:	25,4 °C	Temperatura massima estiva:	33,0 °C
Escursione giorno più caldo dell'anno:	12,0 °C	Irradian. mensile massima piano orizz.:	296,30 W/m ²

Copertura principale non calpestabile



Le proprietà termiche dell'elemento opaco sono valutate in base alla UNI EN ISO 6946.

DATI DELLA STRUTTURA OPACA

Nome: Copertura principale non calpestabile

Note:

Tipologia:	Copertura	Disposizione:	Orizzontale
Verso:	Esterno	Spessore:	290,0 mm
Trasmittanza U:	0,911 W/(m ² K)	Resistenza R:	1,098 (m ² K)/W
Massa superf.:	562 Kg/m ²	Colore:	Chiaro
Area:	- m ²		

STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore s [mm]	Conduttività λ [W/(mK)]	Resistenza R [(m ² K)/W]	Densità ρ [Kg/m ³]	Capacità term. C [kJ/(kgK)]	Fattore μ _a [-]	Fattore μ _u [-]
	Adduttanza interna (flusso verticale ascendente)	-	-	0,100	-	-	-	-
A	Celenit N	20,0	0,060	0,333	500	1,81	50,0	50,0
B	Solaio C/A alleggerito	210,0	0,410	0,512	2.000	1,00	0,0	0,0
C	Massetto in cls	50,0	0,930	0,054	2.400	1,00	0,0	0,0
D	Guaina in bitume	10,0	0,170	0,059	1.200	0,92	22.222,2	22.222,2
	Adduttanza esterna (flusso verticale ascendente)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	290,0		1,098				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 10,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,100 (m²K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m²K)/W

VERIFICA DI TRASMITTANZA

Verifica di trasmittanza (non considerando l'influenza di eventuali ponti termici non corretti):

Comune:	Bologna	Zona climatica:	E
Trasmittanza della struttura U:	0,911 W/(m ² K)	Trasmittanza limite U _{lim} :	0,270 W/(m ² K)

Riferimento normativo: Limiti relativi alla Regione Emilia Romagna DGLS 192/311

ESITO VERIFICA DI TRASMITTANZA: NO

VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Il comportamento termoigrometrico dell'elemento opaco è valutato secondo le procedure di calcolo contenute nella UNI EN ISO 13788.

CONDIZIONI AL CONTORNO E DATI CLIMATICI

Comune:	Bologna	Tipo di calcolo:	Classi di concentrazione
Verso:	Esterno	Coeff. di correzione btr,x:	
Classe di edificio:	Alloggi con basso indice di affollamento	Volume interno V:	- m ³
Prod. nota di vapore G:	- kg/h		

Mese	Temperatura interna T_i °C	Umidità relativa interna ϕ_i %	Temperatura esterna T_e °C	Umidità relativa esterna ϕ_e %	Ricambio d'aria n 1/h
gennaio	20,0	65,0	2,1	89,5	0,5
febbraio	20,0	65,0	4,6	86,8	0,5
marzo	20,0	65,0	9,4	71,9	0,5
aprile	20,0	65,0	14,2	67,0	0,5
maggio	20,0	65,0	18,2	67,9	0,5
giugno	20,0	65,0	22,9	64,7	0,5
luglio	20,0	65,0	25,4	56,6	0,5
agosto	20,0	65,0	24,9	60,5	0,5
settembre	20,0	65,0	21,2	64,0	0,5
ottobre	20,0	65,0	14,9	74,5	0,5
novembre	20,0	65,0	8,7	85,0	0,5
dicembre	20,0	65,0	4,0	86,1	0,5

CONDIZIONE	Temperatura interna θ_j °C	Pressione parziale interna p_i Pa	Temperatura esterna θ_e °C	Pressione parziale esterna p_e Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	2,10	636,00
ESTIVA	20,00	2.107,40	25,40	1.835,00

	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 0 Pa.
X	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di vapore condensato è pari a 1.205,747 kg/m ² (rievaporabile durante il periodo estivo).
X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 592,282 Pa.

VERIFICA FORMAZIONE CONDENSA SUPERFICIALE

Mese	Pressione esterna P_e Pa	Numero di ric. d'aria n 1/h	Variazione di pressione ΔP Pa	Pressione interna P_i Pa	Pressione int. di satur. P_{si} Pa	Temp. sup. interna T_{si} °C	Fattore di res. sup. fR_{si}
ottobre	1261	-	206,55	1488,21	1860,26	16,37	0,2875
novembre	956	-	457,65	1459,42	1824,27	16,06	0,6513
dicembre	700	-	648	1412,8	1766	15,55	0,722
gennaio	636	-	724,95	1433,45	1791,81	15,78	0,7642
febbraio	736	-	623,7	1422,07	1777,59	15,65	0,7178
marzo	847	-	429,3	1319,23	1649,04	14,49	0,48
aprile	1084	-	234,9	1342,39	1677,99	14,76	0,0961

Verifica di condensa superficiale:

Fattore di resistenza superficiale nel mese critico fR_{si} : 0,7642 (mese di Gennaio)

Fattore di resistenza superficiale ammissibile fR_{siAmm} : 0,8816

ESITO VERIFICA DI CONDENSA SUPERFICIALE: OK

PRESSIONE DI VAPORE E PRESSIONE DI SATURAZIONE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interno-Add	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0
	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0
Add-A	1.515,1	1.515,5	1.516,0	1.517,1	1.518,6	1.520,3	1.520,4	1.520,7	1.519,4	1.517,9	1.516,5	1.515,3
	1.490,7	1.589,8	1.796,2	2.025,7	2.236,2	2.507,7	2.663,6	2.631,7	2.406,3	2.061,2	1.764,7	1.565,5
A-B	1.515,1	1.515,5	1.516,0	1.517,1	1.518,6	1.520,3	1.520,4	1.520,7	1.519,4	1.517,9	1.516,5	1.515,3
	847,1	983,6	1.301,0	1.705,1	2.121,9	2.723,5	3.100,5	3.021,6	2.490,7	1.772,4	1.249,7	949,2
B-C	1.515,1	1.515,5	1.516,0	1.517,1	1.518,6	1.520,3	1.520,4	1.520,7	1.519,4	1.517,9	1.516,5	1.515,3
	796,5	933,7	1.256,7	1.674,1	2.110,2	2.747,1	3.149,7	3.065,3	2.499,7	1.744,2	1.204,2	899,0
C-D	636,0	736,0	847,0	1.084,0	1.418,0	1.806,0	1.835,0	1.904,0	1.611,0	1.261,0	956,0	700,0
	744,2	881,7	1.209,8	1.640,9	2.097,5	2.773,1	3.204,5	3.113,8	2.509,5	1.713,8	1.156,1	846,8
D-Add	636,0	736,0	847,0	1.084,0	1.418,0	1.806,0	1.835,0	1.904,0	1.611,0	1.261,0	956,0	700,0
	710,4	847,8	1.178,8	1.618,6	2.088,9	2.790,9	3.242,1	3.147,1	2.516,3	1.693,5	1.124,4	812,8

TEMPERATURE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interno-Add	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Add-A	18,4	18,6	19,0	19,5	19,8	20,3	20,5	20,4	20,1	19,5	19,0	18,5
A-B	12,9	13,9	15,8	17,7	19,3	21,1	22,1	21,9	20,5	18,0	15,5	13,7
B-C	4,6	6,7	10,9	15,0	18,5	22,5	24,6	24,2	21,0	15,6	10,3	6,2
C-D	3,7	6,0	10,4	14,7	18,4	22,6	24,9	24,5	21,1	15,4	9,7	5,4
D-Add	2,8	5,2	9,8	14,4	18,3	22,8	25,2	24,7	21,2	15,1	9,1	4,6
Add-Esterno	2,1	4,6	9,4	14,2	18,2	22,9	25,4	24,9	21,2	14,9	8,7	4,0

VERIFICA FORMAZIONE CONDENSA INTERSTIZIALE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interf. C/D												
Gc [Kg/m ²]	260,667 3	232,048 5	227,905 7	-0,0818	-0,3183	-0,6388	-0,8766	-0,8310	-0,5104	0,0000	226,709 9	258,415 9
Ma [Kg/m ²]	745,793 0	977,841 5	1.205,7 472	1.205,6 654	1.205,3 471	1.204,7 083	1.203,8 317	1.203,0 006	1.202,4 902	0,0000	226,709 9	485,125 7
Interf. D/E												
Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

- Strato E. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: 745,7930 > 0,5000 kg/m²
 gennaio - Strato E. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: 977,8415 > 0,5000 kg/m²
 febbraio - Strato E. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: 1.205,7470 > 0,5000 kg/m²
 marzo - Strato E. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: 1.205,6650 > 0,5000 kg/m²
 aprile - Strato E. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: 1.205,3470 > 0,5000 kg/m²
 maggio - Strato E. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: 1.204,7080 > 0,5000 kg/m²
 giugno - Strato E. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: 1.203,8320 > 0,5000 kg/m²
 luglio - Strato E. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: 1.203,0010 > 0,5000 kg/m²
 agosto - Strato E. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: 1.202,4900 > 0,5000 kg/m²
 ottobre - Strato E. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: 226,7099 > 0,5000 kg/m²
 novembre - Strato E. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: 485,1257 > 0,5000 kg/m²
 Mese condensazione massima: marzo

Verifica di condensa interstiziale:

Quantità massima di vapore accumulato mensilmente G_C: 260,6673 (mese di gennaio) kg/m² nell'interfaccia C-D

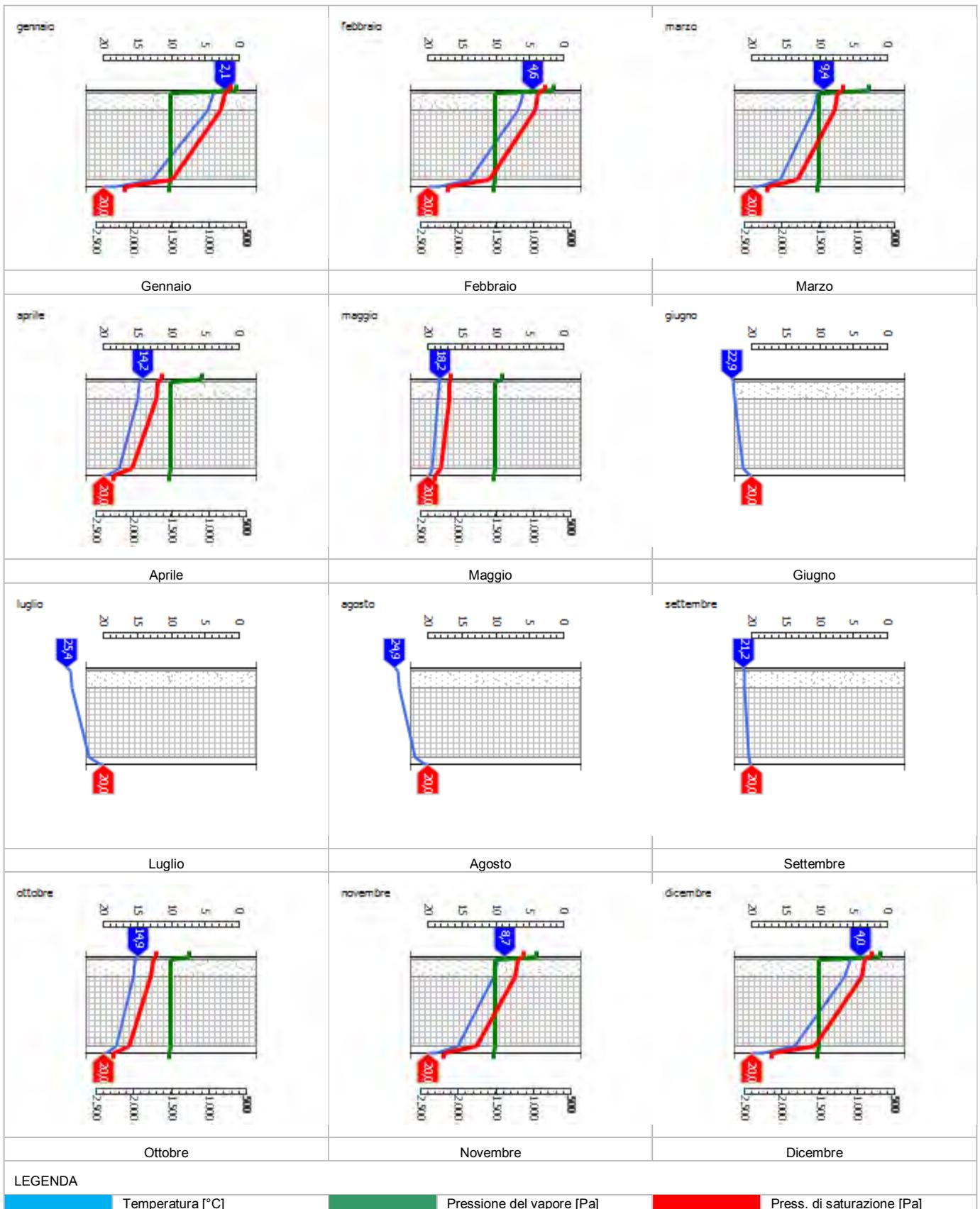
Quantità ammissibile di vapore accumulato mensilmente in un'interfaccia G_{C,max}: 0,5000 kg/m²

Quantità di vapore residuo Ma: 1205,7470 (mese di marzo) kg/m² nell'interfaccia C-D

ESITO VERIFICA DI CONDENSA INTERSTIZIALE: Interfaccia C-D

- Condensa eccessiva: 745,7930 > 0,5000 kg/m²

DIAGRAMMI DI PRESSIONE E TEMPERATURA



VERIFICA DI MASSA E INERZIA TERMICA

Il comportamento termico dinamico dell'elemento opaco è valutato secondo le procedure di calcolo contenute nella UNI EN ISO 13786.

Verifica di massa:

Massa della struttura per metro quadrato di superficie: 562 kg/m²

Valore minimo di massa superficiale: 230 kg/m²

ESITO VERIFICA DI MASSA: OK

Riferimento normativo: con riferimento ai limiti contenuti nell'allegato 3 all'Atto di indirizzo regione Emilia Romagna n°156 del 4 marzo 2008.

CONDIZIONI AL CONTORNO

Comune:	Bologna	Colorazione:	Chiaro
Orientamento:	S	Mese massima insolazione:	luglio
Temp. media mese massima insolaz.:	25,4 °C	Temperatura massima estiva:	33,0 °C
Escursione giorno più caldo dell'anno:	12,0 °C	Irradian. mensile massima piano orizz.:	296,30 W/m ²

STRUTTURA OPACA: Parete leggera porta ingresso 10 cm

DATI DELLA STRUTTURA

Nome:

Parete leggera porta ingresso 10 cm

Note:

Tipologia: Parete

Disposizione:

Disperde verso: Esterno

Spessore: 100 mm

Trasmittanza U: 3,59 W/(m²K)

Resistenza R: 0,28 (m²K)/W

Valore di trasmittanza ricavato da: Raccomandazioni CTI R15:2013

STRUTTURA OPACA: Parete leggera porta ingresso 5 cm

DATI DELLA STRUTTURA

Nome:

Parete leggera porta ingresso 5 cm

Note:

Tipologia: Parete

Disposizione:

Disperde verso: Esterno

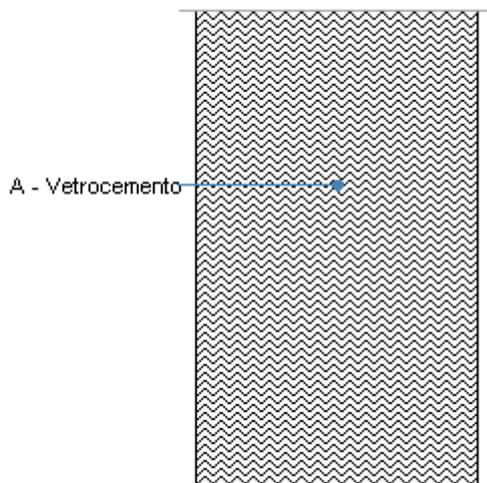
Spessore: 50 mm

Trasmittanza U: 3,59 W/(m²K)

Resistenza R: 0,28 (m²K)/W

Valore di trasmittanza ricavato da: Raccomandazioni CTI R15:2013

Vetrocemento verticale



Le proprietà termiche dell'elemento opaco sono valutate in base alla UNI EN ISO 6946.

DATI DELLA STRUTTURA OPACA

Nome: Pareti vetrocemento

Note:

Tipologia:	Parete	Disposizione:	Verticale
Verso:	Esterno	Spessore:	80,0 mm
Trasmittanza U:	4,251 W/(m ² K)	Resistenza R:	0,235 (m ² K)/W
Massa superf.:	128 Kg/m ²	Colore:	Chiaro
Area:	- m ²		

STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore s [mm]	Conduttività λ [W/(mK)]	Resistenza R [(m ² K)/W]	Densità ρ [Kg/m ³]	Capacità term. C [kJ/(kgK)]	Fattore μ _a [-]	Fattore μ _u [-]
	Adduttanza interna (flusso verticale ascendente)	-	-	0,100	-	-	-	-
A	Vetrocemento	80,0	0,840	0,095	1.600	0,88	21,1	21,1
	Adduttanza esterna (flusso verticale ascendente)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	80,0		0,235				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 10,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,100 (m²K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m²K)/W

VERIFICA DI TRASMITTANZA

Verifica di trasmittanza (non considerando l'influenza di eventuali ponti termici non corretti):

Comune:	Bologna	Zona climatica:	E
Trasmittanza della struttura U:	4,251 W/(m ² K)	Trasmittanza limite U _{lim} :	0,306 W/(m ² K)

Riferimento normativo: Limiti relativi alla Regione Emilia Romagna DGLS 192/311

ESITO VERIFICA DI TRASMITTANZA: NO

VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Il comportamento termoigrometrico dell'elemento opaco è valutato secondo le procedure di calcolo contenute nella UNI EN ISO 13788.

CONDIZIONI AL CONTORNO E DATI CLIMATICI

Comune:	Bologna	Tipo di calcolo:	Classi di concentrazione
Verso:	Esterno	Coeff. di correzione btr,x:	
Classe di edificio:	Alloggi con basso indice di affollamento	Volume interno V:	- m ³
Prod. nota di vapore G:	- kg/h		

Mese	Temperatura interna T_i °C	Umidità relativa interna ϕ_i %	Temperatura esterna T_e °C	Umidità relativa esterna ϕ_e %	Ricambio d'aria n 1/h
gennaio	20,0	65,0	2,1	89,5	0,5
febbraio	20,0	65,0	4,6	86,8	0,5
marzo	20,0	65,0	9,4	71,9	0,5
aprile	20,0	65,0	14,2	67,0	0,5
maggio	20,0	65,0	18,2	67,9	0,5
giugno	20,0	65,0	22,9	64,7	0,5
luglio	20,0	65,0	25,4	56,6	0,5
agosto	20,0	65,0	24,9	60,5	0,5
settembre	20,0	65,0	21,2	64,0	0,5
ottobre	20,0	65,0	14,9	74,5	0,5
novembre	20,0	65,0	8,7	85,0	0,5
dicembre	20,0	65,0	4,0	86,1	0,5

CONDIZIONE	Temperatura interna θ_j °C	Pressione parziale interna p_i Pa	Temperatura esterna θ_e °C	Pressione parziale esterna p_e Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	2,10	636,00
ESTIVA	20,00	2.107,40	25,40	1.835,00

X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a -80,689 Pa.
	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di vapore condensato è pari a 0,000 kg/m ² (rievaporabile durante il periodo estivo).
X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a -80,689 Pa.

VERIFICA FORMAZIONE CONDENSA SUPERFICIALE

Mese	Pressione esterna P_e Pa	Numero di ric. d'aria n 1/h	Variazione di pressione ΔP Pa	Pressione interna P_i Pa	Pressione int. di satur. P_{si} Pa	Temp. sup. interna T_{si} °C	Fattore di res. sup. f_{Rsi}
ottobre	1261	-	206,55	1488,21	1860,26	16,37	0,2875

Verifica di condensa superficiale:

Fattore di resistenza superficiale nel mese critico f_{Rsi} : 0,0000 (mese di)

Fattore di resistenza superficiale ammissibile f_{RsiAmm} : 0,4474

ESITO VERIFICA DI CONDENSA SUPERFICIALE: OK

PRESSIONE DI VAPORE E PRESSIONE DI SATURAZIONE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interno-Add	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0
	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0
Add-A	636,0	736,0	847,0	1.084,0	1.418,0	1.806,0	1.835,0	1.904,0	1.611,0	1.261,0	956,0	700,0
	880,6	1.016,5	1.329,8	1.724,9	2.129,4	2.708,7	3.069,5	2.994,2	2.485,0	1.790,4	1.279,4	982,3
A-Add	636,0	736,0	847,0	1.084,0	1.418,0	1.806,0	1.835,0	1.904,0	1.611,0	1.261,0	956,0	700,0
	710,4	847,8	1.178,8	1.618,6	2.088,9	2.790,9	3.242,1	3.147,1	2.516,3	1.693,5	1.124,4	812,8

TEMPERATURE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interno-Add	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Add-A	12,4	13,5	15,5	17,5	19,2	21,2	22,3	22,1	20,5	17,8	15,2	13,2
A-Add	5,1	7,2	11,2	15,2	18,5	22,4	24,5	24,1	21,0	15,8	10,6	6,7
Add-Esterno	2,1	4,6	9,4	14,2	18,2	22,9	25,4	24,9	21,2	14,9	8,7	4,0

VERIFICA FORMAZIONE CONDENSA INTERSTIZIALE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interf. A/B												
Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Verifica di condensa interstiziale:

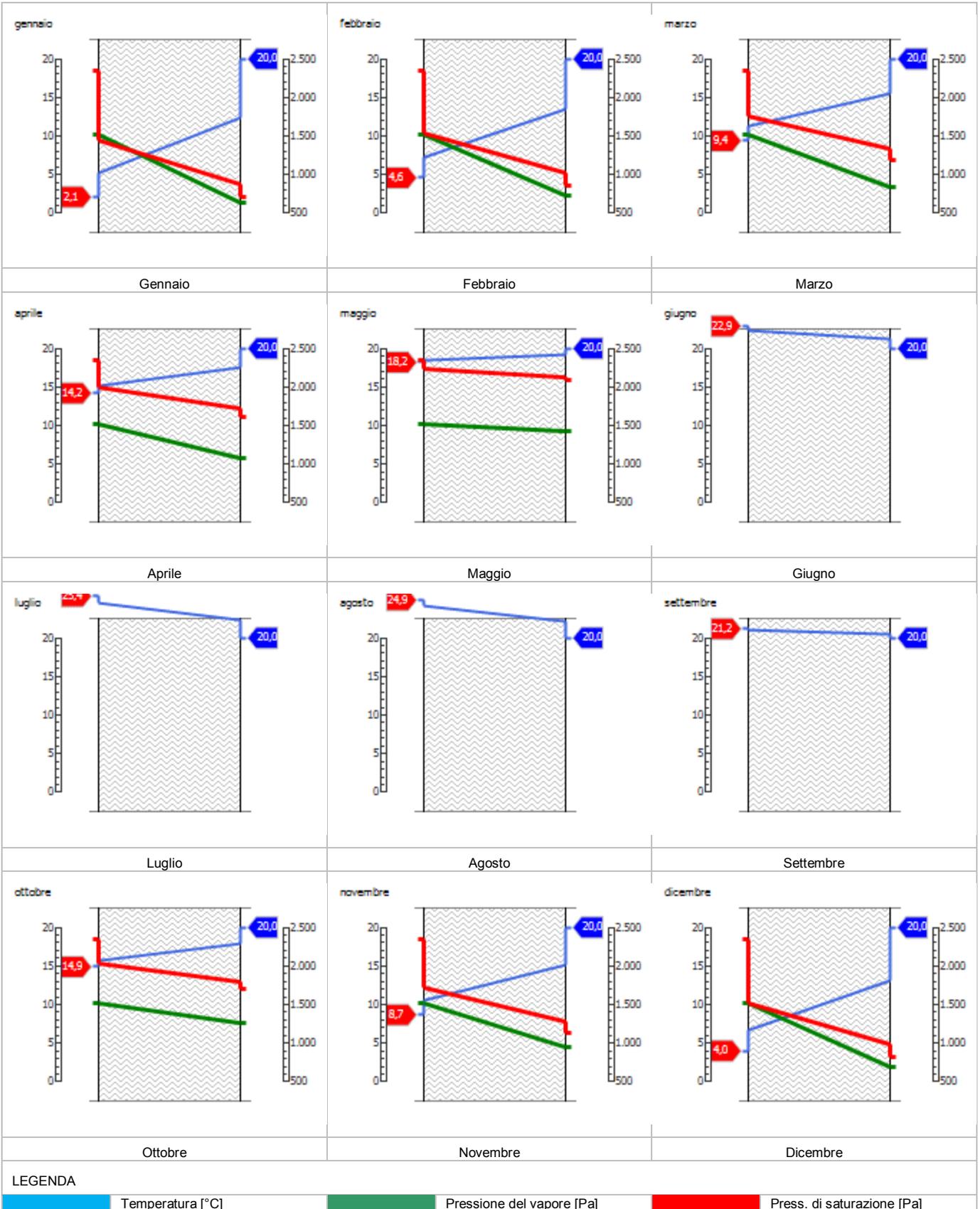
Quantità massima di vapore accumulato mensilmente G_c: 0,0000 (mese di -) kg/m² nell'interfaccia -

Quantità ammissibile di vapore accumulato mensilmente in un'interfaccia G_{c,max}: 0,5000 kg/m²

Quantità di vapore residuo Ma: 0,0000 (mese di -) kg/m² nell'interfaccia -

ESITO VERIFICA DI CONDENSA INTERSTIZIALE: Condensa assente

DIAGRAMMI DI PRESSIONE E TEMPERATURA



VERIFICA DI MASSA E INERZIA TERMICA

Il comportamento termico dinamico dell'elemento opaco è valutato secondo le procedure di calcolo contenute nella UNI EN ISO 13786.

Verifica di massa:

Massa della struttura per metro quadrato di superficie: 128 kg/m²

Valore minimo di massa superficiale: 230 kg/m²

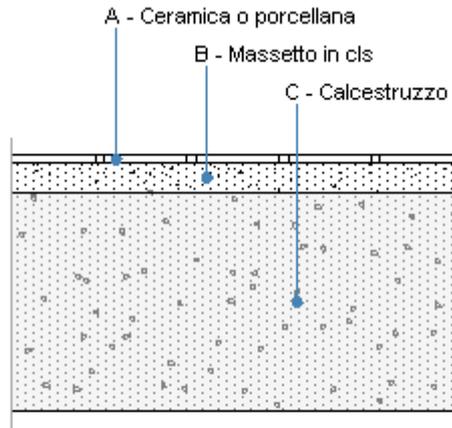
ESITO VERIFICA DI MASSA: OK

Riferimento normativo: con riferimento ai limiti contenuti nell'allegato 3 all'Atto di indirizzo regione Emilia Romagna n°156 del 4 marzo 2008.

CONDIZIONI AL CONTORNO

Comune:	Bologna	Colorazione:	Chiaro
Orientamento:	S	Mese massima insolazione:	luglio
Temp. media mese massima insolaz.:	25,4 °C	Temperatura massima estiva:	33,0 °C
Escursione giorno più caldo dell'anno:	12,0 °C	Irradian. mensile massima piano orizz.:	296,30 W/m ²

Solaio contro terra



Le proprietà termiche dell'elemento opaco sono valutate in base alla UNI EN ISO 6946.

DATI DELLA STRUTTURA OPACA

Nome: Solaio contro terra

Note:

Tipologia:	Pavimento	Disposizione:	Orizzontale
Verso:	Terreno	Spessore:	350,0 mm
Trasmittanza U:	0,855 W/(m ² K)	Resistenza R:	1,170 (m ² K)/W
Massa superf.:	479 Kg/m ²	Colore:	Chiaro
Area:	- m ²		

STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore s [mm]	Conduttività λ [W/(mK)]	Resistenza R [(m ² K)/W]	Densità ρ [Kg/m ³]	Capacità term. C [kJ/(kgK)]	Fattore μ _a [-]	Fattore μ _u [-]
	Adduttanza interna (flusso verticale discendente)	-	-	0,170	-	-	-	-
A	Ceramica o porcellana	10,0	1,300	0,008	2.300	0,84	0,0	300,00 0,0
B	Massetto in cls	40,0	0,930	0,043	2.400	1,00	0,0	0,0
C	Calcestruzzo	300,0	0,330	0,909	1.200	1,00	3,3	3,3
	Adduttanza esterna (flusso verticale discendente)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	350,0		1,170				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 5,880 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,170 (m²K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m²K)/W

VERIFICA DI TRASMITTANZA

Verifica di trasmittanza (non considerando l'influenza di eventuali ponti termici non corretti):

Comune:	Bologna	Zona climatica:	E
Trasmittanza della struttura U:	0,855 W/(m ² K)	Trasmittanza limite U _{lim} :	0,297 W/(m ² K)

Riferimento normativo: Limiti relativi alla Regione Emilia Romagna DGLS 192/311

ESITO VERIFICA DI TRASMITTANZA: NO

VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Il comportamento termoigrometrico dell'elemento opaco è valutato secondo le procedure di calcolo contenute nella UNI EN ISO 13788.

CONDIZIONI AL CONTORNO E DATI CLIMATICI

Comune:	Bologna	Tipo di calcolo:	Classi di concentrazione
Verso:	Terreno	Coeff. di correzione btr,x:	
Classe di edificio:	Alloggi con basso indice di affollamento	Volume interno V:	- m ³
Prod. nota di vapore G:	- kg/h		

Mese	Temperatura interna T_i °C	Umidità relativa interna ϕ_i %	Temperatura esterna T_e °C	Umidità relativa esterna ϕ_e %	Ricambio d'aria n 1/h
gennaio	20,0	65,0	14,2	100,0	0,5
febbraio	20,0	65,0	14,2	100,0	0,5
marzo	20,0	65,0	14,2	100,0	0,5
aprile	20,0	65,0	14,2	100,0	0,5
maggio	20,0	65,0	14,2	100,0	0,5
giugno	20,0	65,0	14,2	100,0	0,5
luglio	20,0	65,0	14,2	100,0	0,5
agosto	20,0	65,0	14,2	100,0	0,5
settembre	20,0	65,0	14,2	100,0	0,5
ottobre	20,0	65,0	14,2	100,0	0,5
novembre	20,0	65,0	14,2	100,0	0,5
dicembre	20,0	65,0	14,2	100,0	0,5

CONDIZIONE	Temperatura interna θ_j °C	Pressione parziale interna p_i Pa	Temperatura esterna θ_e °C	Pressione parziale esterna p_e Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	14,20	1.619,50
ESTIVA	20,00	1.052,60	14,20	1.619,50

X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 698,879 Pa.
	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di vapore condensato è pari a 0,000 kg/m ² (rievaporabile durante il periodo estivo).
X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 698,879 Pa.

VERIFICA FORMAZIONE CONDENSA SUPERFICIALE

Mese	Pressione esterna P_e Pa	Numero di ric. d'aria n 1/h	Variazione di pressione ΔP Pa	Pressione interna P_i Pa	Pressione int. di satur. P_{si} Pa	Temp. sup. interna T_{si} °C	Fattore di res. sup. f_{Rsi}
ottobre	1619,46	-	234,56	1877,48	2346,85	20,07	1,0118

Verifica di condensa superficiale:

Fattore di resistenza superficiale nel mese critico f_{Rsi} : 0,0000 (mese di)

Fattore di resistenza superficiale ammissibile f_{RsiAmm} : 0,8889

ESITO VERIFICA DI CONDENSA SUPERFICIALE: OK

PRESSIONE DI VAPORE E PRESSIONE DI SATURAZIONE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interno-Add	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0
	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0
Add-A	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0
	2.212,6	2.212,6	2.212,6	2.212,6	2.212,6	2.212,6	2.212,6	2.212,6	2.212,6	2.212,6	2.212,6	2.212,6
A-B	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0
	2.183,4	2.183,4	2.183,4	2.183,4	2.183,4	2.183,4	2.183,4	2.183,4	2.183,4	2.183,4	2.183,4	2.183,4
B-C	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5
	1.640,4	1.640,4	1.640,4	1.640,4	1.640,4	1.640,4	1.640,4	1.640,4	1.640,4	1.640,4	1.640,4	1.640,4
C-Add	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5
	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5

TEMPERATURE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interno-Add	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Add-A	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2
A-B	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1
B-C	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9
C-Add	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4
Add-Esterno	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2

VERIFICA FORMAZIONE CONDENSA INTERSTIZIALE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interf. A/B												
Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Interf. B/C												
Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Interf. C/D												
Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Verifica di condensa interstiziale:

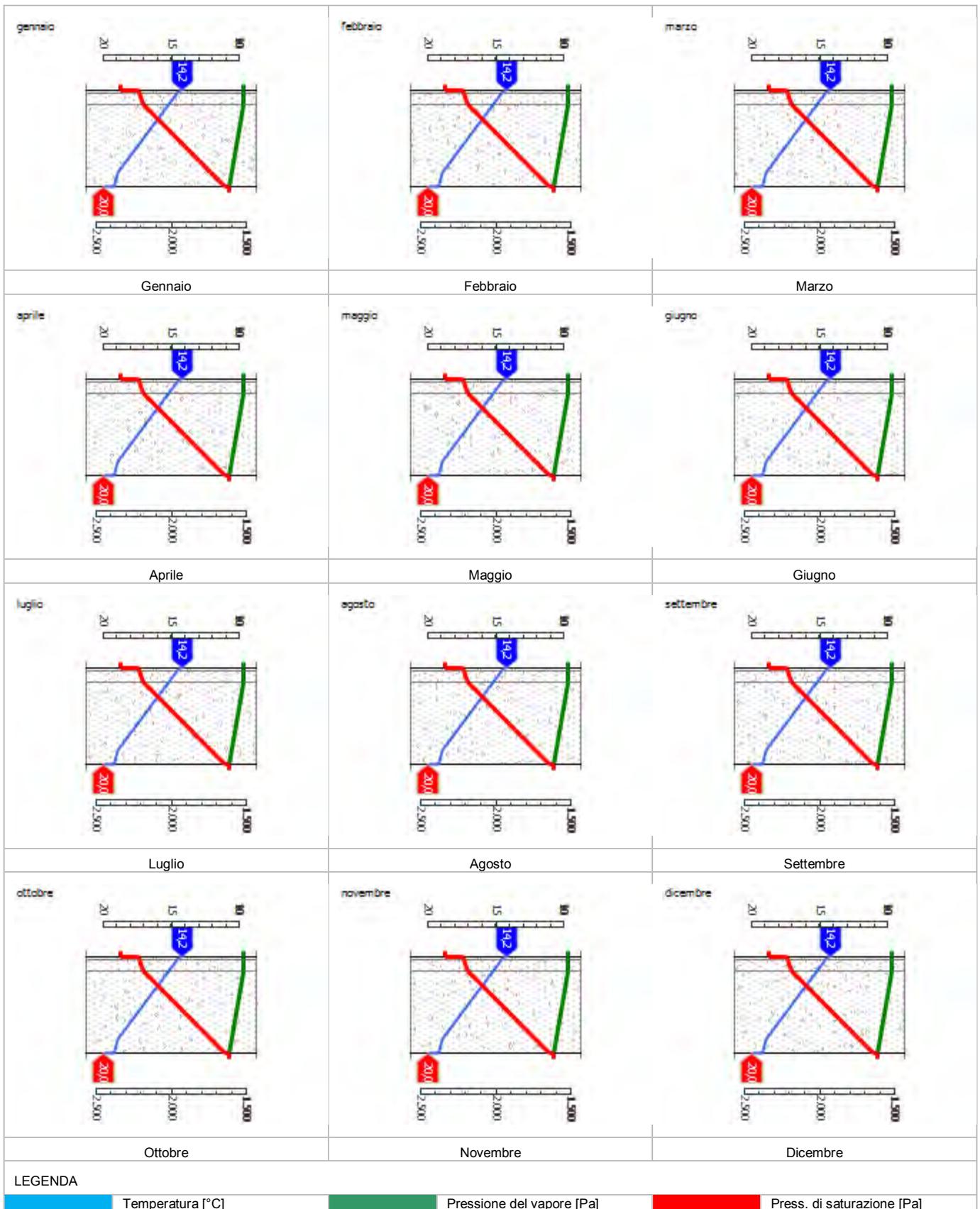
Quantità massima di vapore accumulato mensilmente Gc: 0,0000 (mese di -) kg/m² nell'interfaccia -

Quantità ammissibile di vapore accumulato mensilmente in un'interfaccia Gc,max: 0,5000 kg/m²

Quantità di vapore residuo Ma: 0,0000 (mese di -) kg/m² nell'interfaccia -

ESITO VERIFICA DI CONDENSA INTERSTIZIALE: Condensa assente

DIAGRAMMI DI PRESSIONE E TEMPERATURA



VERIFICA DI MASSA E INERZIA TERMICA

Il comportamento termico dinamico dell'elemento opaco è valutato secondo le procedure di calcolo contenute nella UNI EN ISO 13786.

Verifica di massa:

Massa della struttura per metro quadrato di superficie: 479 kg/m²

Valore minimo di massa superficiale: 230 kg/m²

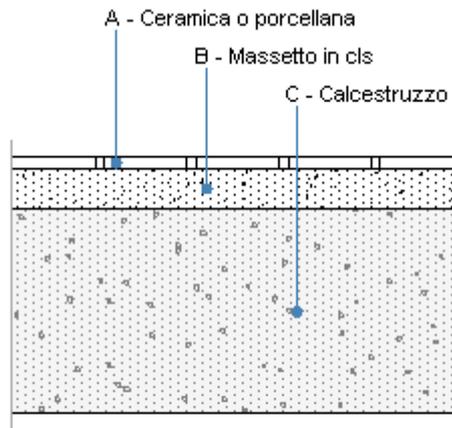
ESITO VERIFICA DI MASSA: OK

Riferimento normativo: con riferimento ai limiti contenuti nell'allegato 3 all'Atto di indirizzo regione Emilia Romagna n°156 del 4 marzo 2008.

CONDIZIONI AL CONTORNO

Comune:	Bologna	Colorazione:	Chiaro
Orientamento:	S	Mese massima insolazione:	luglio
Temp. media mese massima insolaz.:	25,4 °C	Temperatura massima estiva:	33,0 °C
Escursione giorno più caldo dell'anno:	12,0 °C	Irradian. mensile massima piano orizz.:	296,30 W/m ²

Solaio interpiano



Le proprietà termiche dell'elemento opaco sono valutate in base alla UNI EN ISO 6946.

DATI DELLA STRUTTURA OPACA

Nome: Solaio interpiano

Note:

Tipologia:	Pavimento	Disposizione:	Orizzontale
Verso:	Locale interno alla zona	Spessore:	250,0 mm
Trasmittanza U:	1,154 W/(m ² K)	Resistenza R:	0,867 (m ² K)/W
Massa superf.:	359 Kg/m ²	Colore:	Chiaro
Area:	- m ²		

STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore s [mm]	Conduttività λ [W/(mK)]	Resistenza R [(m ² K)/W]	Densità ρ [Kg/m ³]	Capacità term. C [kJ/(kgK)]	Fattore μ _a [-]	Fattore μ _u [-]
	Adduttanza interna (flusso verticale discendente)	-	-	0,170	-	-	-	-
A	Ceramica o porcellana	10,0	1,300	0,008	2.300	0,84	0,0	300,00 0,0
B	Massetto in cls	40,0	0,930	0,043	2.400	1,00	0,0	0,0
C	Calcestruzzo	200,0	0,330	0,606	1.200	1,00	3,3	3,3
	Adduttanza esterna (flusso verticale discendente)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	250,0		0,867				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 5,880 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,170 (m²K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m²K)/W

VERIFICA DI TRASMITTANZA

Verifica di trasmittanza (non considerando l'influenza di eventuali ponti termici non corretti):

Comune:	Bologna	Zona climatica:	E
Trasmittanza della struttura U:	1,154 W/(m ² K)	Trasmittanza limite U _{lim} :	- W/(m ² K)

Riferimento normativo: Limiti relativi alla Regione Emilia Romagna DGLS 192/311

ESITO VERIFICA DI TRASMITTANZA: -

VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Il comportamento termoigrometrico dell'elemento opaco è valutato secondo le procedure di calcolo contenute nella UNI EN ISO 13788.

CONDIZIONI AL CONTORNO E DATI CLIMATICI

Comune:	Bologna	Tipo di calcolo:	Classi di concentrazione
Verso:	Locale interno alla zona	Coeff. di correzione btr,x:	
Classe di edificio:	Alloggi con basso indice di affollamento	Volume interno V:	- m ³
Prod. nota di vapore G:	- kg/h		

Mese	Temperatura interna T_i °C	Umidità relativa interna ϕ_i %	Temperatura esterna T_e °C	Umidità relativa esterna ϕ_e %	Ricambio d'aria n 1/h
gennaio	20,0	65,0	2,1	89,5	0,5
febbraio	20,0	65,0	4,6	86,8	0,5
marzo	20,0	65,0	9,4	71,9	0,5
aprile	20,0	65,0	14,2	67,0	0,5
maggio	20,0	65,0	18,2	67,9	0,5
giugno	20,0	65,0	22,9	64,7	0,5
luglio	20,0	65,0	25,4	56,6	0,5
agosto	20,0	65,0	24,9	60,5	0,5
settembre	20,0	65,0	21,2	64,0	0,5
ottobre	20,0	65,0	14,9	74,5	0,5
novembre	20,0	65,0	8,7	85,0	0,5
dicembre	20,0	65,0	4,0	86,1	0,5

CONDIZIONE	Temperatura interna θ_j °C	Pressione parziale interna p_i Pa	Temperatura esterna θ_e °C	Pressione parziale esterna p_e Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	2,10	636,00
ESTIVA	20,00	2.107,40	25,40	1.835,00

X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 355,695 Pa.
	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di vapore condensato è pari a 0,000 kg/m ² (rievaporabile durante il periodo estivo).
X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 355,695 Pa.

VERIFICA FORMAZIONE CONDENSA SUPERFICIALE

Mese	Pressione esterna P_e Pa	Numero di ric. d'aria n 1/h	Variazione di pressione ΔP Pa	Pressione interna P_i Pa	Pressione int. di satur. P_{si} Pa	Temp. sup. interna T_{si} °C	Fattore di res. sup. f_{Rsi}
ottobre	1261	-	206,55	1488,21	1860,26	16,37	0,2875

Verifica di condensa superficiale:

Fattore di resistenza superficiale nel mese critico f_{Rsi} : 0,0000 (mese di)

Fattore di resistenza superficiale ammissibile f_{RsiAmm} : 0,8500

ESITO VERIFICA DI CONDENSA SUPERFICIALE: OK

PRESSIONE DI VAPORE E PRESSIONE DI SATURAZIONE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interno-Add	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0
	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0
Add-A	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0
	1.855,9	1.917,3	2.040,4	2.170,3	2.284,1	2.424,4	2.502,0	2.486,3	2.372,8	2.189,9	2.022,0	1.902,4
A-B	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0
	1.753,4	1.826,3	1.973,8	2.131,6	2.271,5	2.446,0	2.543,5	2.523,7	2.381,5	2.155,5	1.951,7	1.808,6
B-C	636,0	736,0	847,0	1.084,0	1.418,0	1.806,0	1.835,0	1.904,0	1.611,0	1.261,0	956,0	700,0
	753,4	891,0	1.218,2	1.646,9	2.099,8	2.768,3	3.194,5	3.104,9	2.507,7	1.719,3	1.164,7	856,1
C-Add	636,0	736,0	847,0	1.084,0	1.418,0	1.806,0	1.835,0	1.904,0	1.611,0	1.261,0	956,0	700,0
	710,4	847,8	1.178,8	1.618,6	2.088,9	2.790,9	3.242,1	3.147,1	2.516,3	1.693,5	1.124,4	812,8

TEMPERATURE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interno-Add	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Add-A	16,5	17,0	17,9	18,9	19,6	20,6	21,1	21,0	20,2	19,0	17,8	16,9
A-B	16,3	16,8	17,8	18,8	19,6	20,6	21,1	21,0	20,2	19,0	17,7	16,7
B-C	15,4	16,1	17,3	18,5	19,5	20,7	21,4	21,2	20,3	18,7	17,1	15,9
C-Add	2,9	5,3	9,9	14,5	18,3	22,8	25,2	24,7	21,1	15,1	9,2	4,7
Add-Esterno	2,1	4,6	9,4	14,2	18,2	22,9	25,4	24,9	21,2	14,9	8,7	4,0

VERIFICA FORMAZIONE CONDENSA INTERSTIZIALE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interf. A/B												
Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Interf. B/C												
Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Interf. C/D												
Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Verifica di condensa interstiziale:

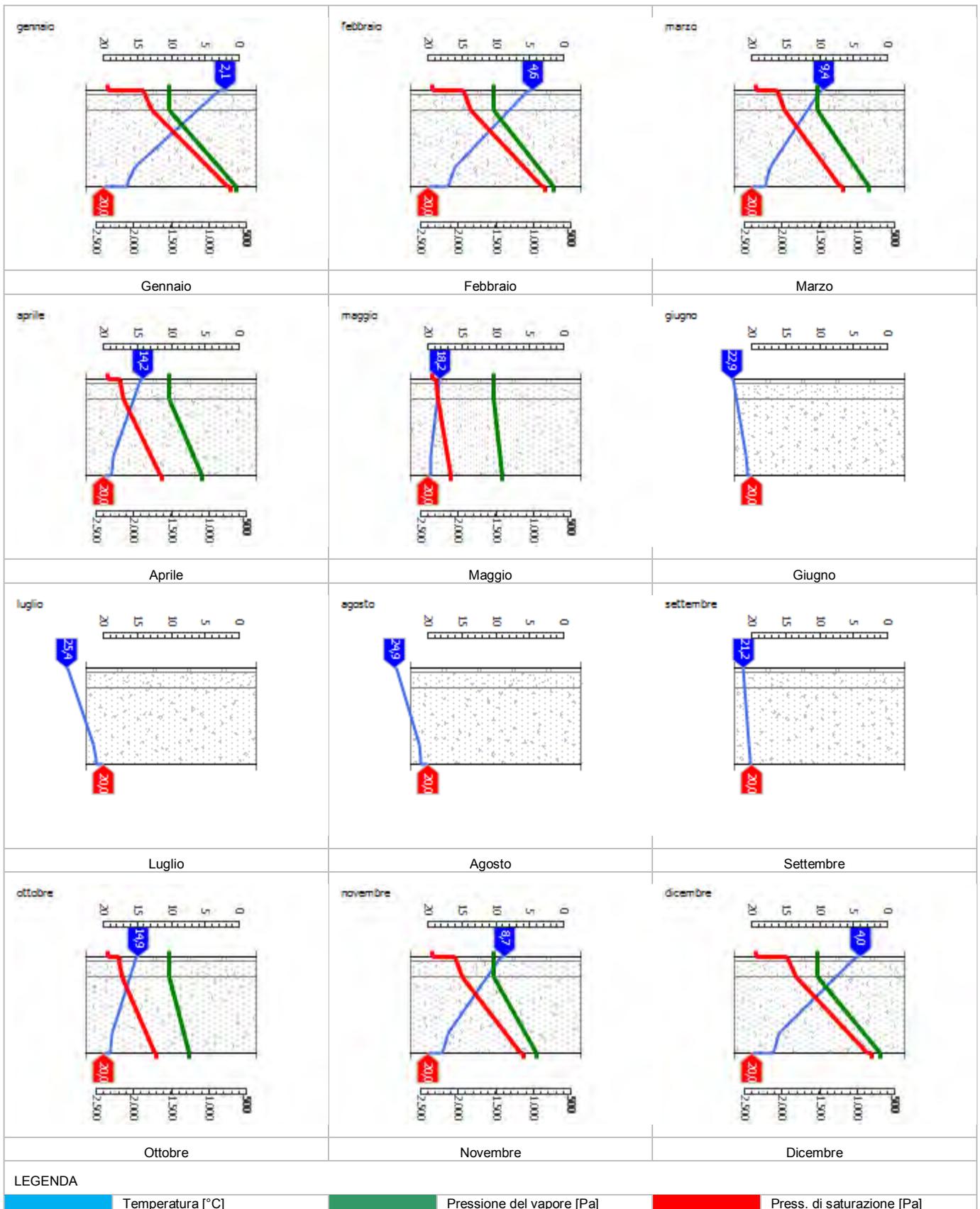
Quantità massima di vapore accumulato mensilmente Gc: 0,0000 (mese di -) kg/m² nell'interfaccia -

Quantità ammissibile di vapore accumulato mensilmente in un'interfaccia Gc,max: 0,5000 kg/m²

Quantità di vapore residuo Ma: 0,0000 (mese di -) kg/m² nell'interfaccia -

ESITO VERIFICA DI CONDENSA INTERSTIZIALE: Condensa assente

DIAGRAMMI DI PRESSIONE E TEMPERATURA



VERIFICA DI MASSA E INERZIA TERMICA

Il comportamento termico dinamico dell'elemento opaco è valutato secondo le procedure di calcolo contenute nella UNI EN ISO 13786.

Verifica di massa:

Massa della struttura per metro quadrato di superficie: 359 kg/m²

Valore minimo di massa superficiale: 230 kg/m²

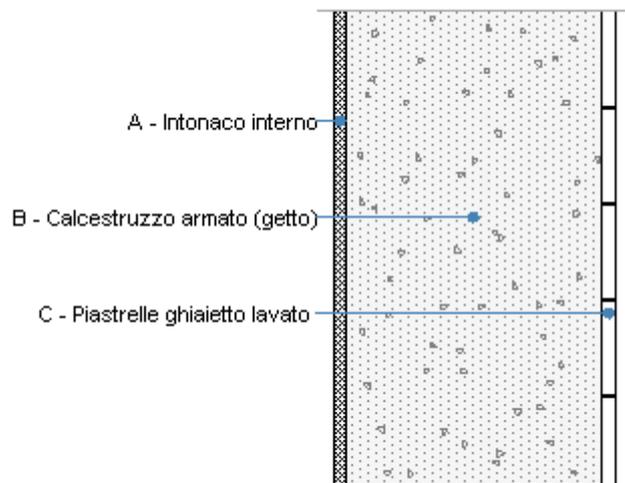
ESITO VERIFICA DI MASSA: OK

Riferimento normativo: con riferimento ai limiti contenuti nell'allegato 3 all'Atto di indirizzo regione Emilia Romagna n°156 del 4 marzo 2008.

CONDIZIONI AL CONTORNO

Comune:	Bologna	Colorazione:	Chiaro
Orientamento:	S	Mese massima insolazione:	luglio
Temp. media mese massima insolaz.:	25,4 °C	Temperatura massima estiva:	33,0 °C
Escursione giorno più caldo dell'anno:	12,0 °C	Irradian. mensile massima piano orizz.:	296,30 W/m ²

Chiusura verticale esterno



Le proprietà termiche dell'elemento opaco sono valutate in base alla UNI EN ISO 6946.

DATI DELLA STRUTTURA OPACA

Nome: Tamponamento esterno tipo

Note:

Tipologia:	Parete	Disposizione:	Verticale
Verso:	Esterno	Spessore:	275,0 mm
Trasmittanza U:	3,018 W/(m ² K)	Resistenza R:	0,331 (m ² K)/W
Massa superf.:	626 Kg/m ²	Colore:	Chiaro
Area:	- m ²		

STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore s [mm]	Conduttività λ [W/(mK)]	Resistenza R [(m ² K)/W]	Densità ρ [Kg/m ³]	Capacità term. C [kJ/(kgK)]	Fattore μ _a [-]	Fattore μ _u [-]
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	-	0,130	-	-	-	-
A	Intonaco interno	10,0	0,700	0,014	1.400	1,00	11,1	11,1
B	Calcestruzzo armato (getto)	250,0	1,910	0,131	2.400	1,00	0,0	999,99 9,0
C	Piastrelle ghiaietto lavato	15,0	0,930	0,016	1.700	1,00	0,0	0,0
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	275,0		0,331				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 7,690 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,130 (m²K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m²K)/W

VERIFICA DI TRASMITTANZA

Verifica di trasmittanza (non considerando l'influenza di eventuali ponti termici non corretti):

Comune:	Bologna	Zona climatica:	E
Trasmittanza della struttura U:	3,018 W/(m ² K)	Trasmittanza limite U _{lim} :	0,306 W/(m ² K)

Riferimento normativo: Limiti relativi alla Regione Emilia Romagna DGLS 192/311

ESITO VERIFICA DI TRASMITTANZA: NO

VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Il comportamento termoigrometrico dell'elemento opaco è valutato secondo le procedure di calcolo contenute nella UNI EN ISO 13788.

CONDIZIONI AL CONTORNO E DATI CLIMATICI

Comune:	Bologna	Tipo di calcolo:	Classi di concentrazione
Verso:	Esterno	Coeff. di correzione btr,x:	
Classe di edificio:	Alloggi con basso indice di affollamento	Volume interno V:	- m ³
Prod. nota di vapore G:	- kg/h		

Mese	Temperatura interna T_i °C	Umidità relativa interna ϕ_i %	Temperatura esterna T_e °C	Umidità relativa esterna ϕ_e %	Ricambio d'aria n 1/h
gennaio	20,0	65,0	2,1	89,5	0,5
febbraio	20,0	65,0	4,6	86,8	0,5
marzo	20,0	65,0	9,4	71,9	0,5
aprile	20,0	65,0	14,2	67,0	0,5
maggio	20,0	65,0	18,2	67,9	0,5
giugno	20,0	65,0	22,9	64,7	0,5
luglio	20,0	65,0	25,4	56,6	0,5
agosto	20,0	65,0	24,9	60,5	0,5
settembre	20,0	65,0	21,2	64,0	0,5
ottobre	20,0	65,0	14,9	74,5	0,5
novembre	20,0	65,0	8,7	85,0	0,5
dicembre	20,0	65,0	4,0	86,1	0,5

CONDIZIONE	Temperatura interna θ_j °C	Pressione parziale interna p_i Pa	Temperatura esterna θ_e °C	Pressione parziale esterna p_e Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	2,10	636,00
ESTIVA	20,00	2.107,40	25,40	1.835,00

X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a -24,509 Pa.
	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di vapore condensato è pari a 0,000 kg/m ² (rievaporabile durante il periodo estivo).
X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a -24,509 Pa.

VERIFICA FORMAZIONE CONDENSA SUPERFICIALE

Mese	Pressione esterna P_e Pa	Numero di ric. d'aria n 1/h	Variazione di pressione ΔP Pa	Pressione interna P_i Pa	Pressione int. di satur. P_{si} Pa	Temp. sup. interna T_{si} °C	Fattore di res. sup. f_{Rsi}
ottobre	1261	-	206,55	1488,21	1860,26	16,37	0,2875

Verifica di condensa superficiale:

Fattore di resistenza superficiale nel mese critico f_{Rsi} : 0,0000 (mese di)

Fattore di resistenza superficiale ammissibile f_{RsiAmm} : 0,6077

ESITO VERIFICA DI CONDENSA SUPERFICIALE: OK

PRESSIONE DI VAPORE E PRESSIONE DI SATURAZIONE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interno-Add	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0
	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0
Add-A	636,0	736,0	847,0	1.084,0	1.418,0	1.806,0	1.835,0	1.904,0	1.611,0	1.261,0	956,0	700,0
	1.420,7	1.525,8	1.746,9	1.995,5	2.225,9	2.526,0	2.699,6	2.664,1	2.413,6	2.034,3	1.713,0	1.500,0
A-B	636,0	736,0	847,0	1.084,0	1.418,0	1.806,0	1.835,0	1.904,0	1.611,0	1.261,0	956,0	700,0
	879,9	1.015,8	1.329,2	1.724,5	2.129,2	2.709,0	3.070,1	2.994,7	2.485,1	1.790,1	1.278,7	981,6
B-C	636,0	736,0	847,0	1.084,0	1.418,0	1.806,0	1.835,0	1.904,0	1.611,0	1.261,0	956,0	700,0
	827,9	964,8	1.284,3	1.693,5	2.117,6	2.732,3	3.118,7	3.037,8	2.494,0	1.761,8	1.232,6	930,2
C-Add	636,0	736,0	847,0	1.084,0	1.418,0	1.806,0	1.835,0	1.904,0	1.611,0	1.261,0	956,0	700,0
	710,4	847,8	1.178,8	1.618,6	2.088,9	2.790,9	3.242,1	3.147,1	2.516,3	1.693,5	1.124,4	812,8

TEMPERATURE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interno-Add	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Add-A	13,0	14,0	15,8	17,7	19,3	21,1	22,1	21,9	20,5	18,0	15,6	13,7
A-B	12,2	13,3	15,4	17,5	19,2	21,3	22,4	22,1	20,5	17,8	15,1	13,0
B-C	5,1	7,2	11,2	15,2	18,5	22,4	24,5	24,1	21,0	15,8	10,6	6,7
C-Add	4,3	6,5	10,7	14,9	18,4	22,5	24,7	24,3	21,1	15,5	10,1	5,9
Add-Esterno	2,1	4,6	9,4	14,2	18,2	22,9	25,4	24,9	21,2	14,9	8,7	4,0

VERIFICA FORMAZIONE CONDENSA INTERSTIZIALE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interf. A/B												
Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Interf. B/C												
Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Interf. C/D												
Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Verifica di condensa interstiziale:

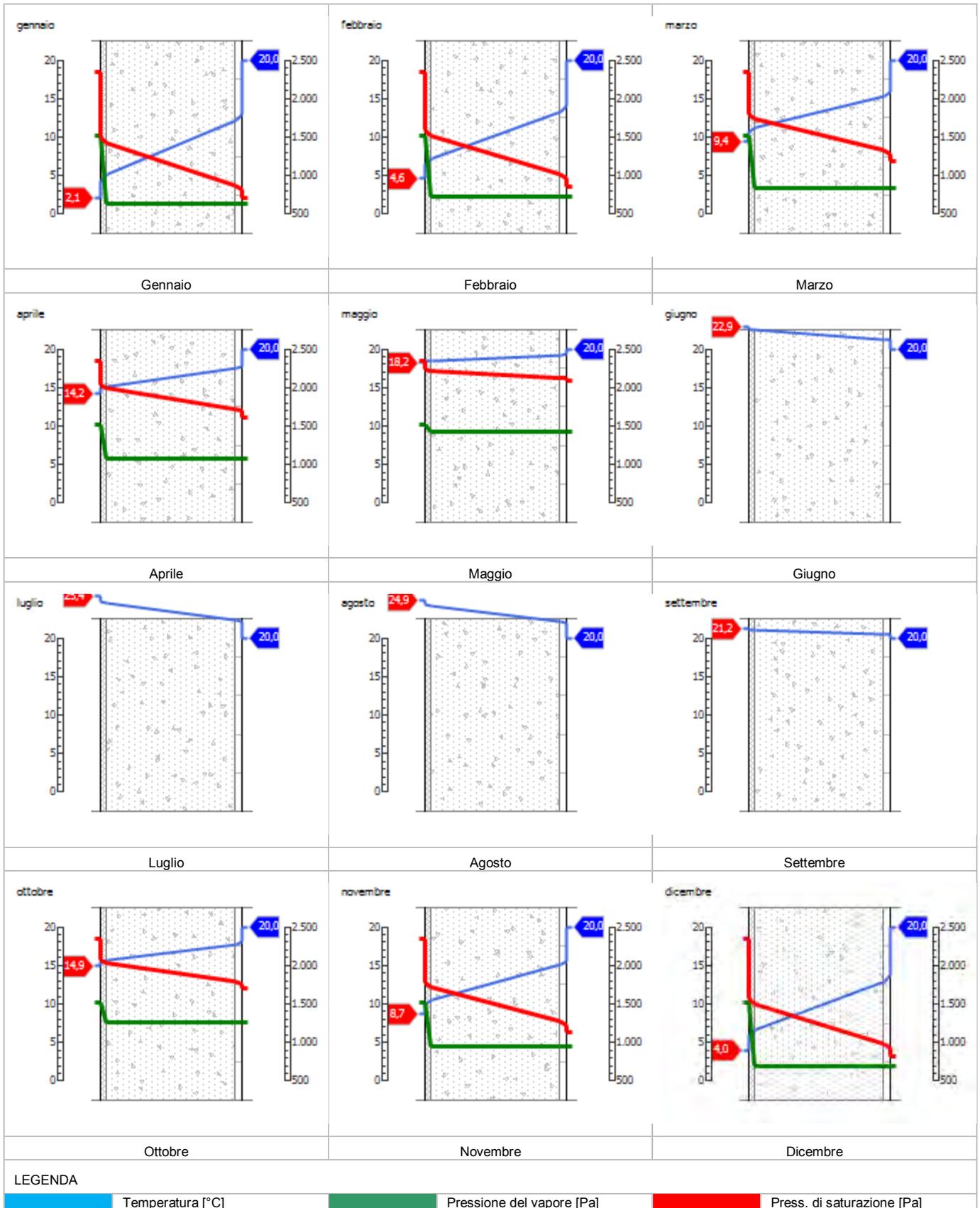
Quantità massima di vapore accumulato mensilmente Gc: 0,0000 (mese di -) kg/m² nell'interfaccia -

Quantità ammissibile di vapore accumulato mensilmente in un'interfaccia Gc,max: 0,5000 kg/m²

Quantità di vapore residuo Ma: 0,0000 (mese di -) kg/m² nell'interfaccia -

ESITO VERIFICA DI CONDENSA INTERSTIZIALE: Condensa assente

DIAGRAMMI DI PRESSIONE E TEMPERATURA



VERIFICA DI MASSA E INERZIA TERMICA

Il comportamento termico dinamico dell'elemento opaco è valutato secondo le procedure di calcolo contenute nella UNI EN ISO 13786.

Verifica di massa:

Massa della struttura per metro quadrato di superficie: 626 kg/m²

Valore minimo di massa superficiale: 230 kg/m²

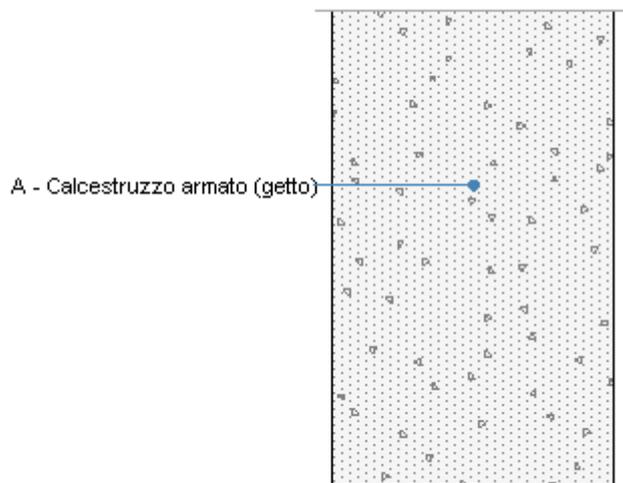
ESITO VERIFICA DI MASSA: OK

Riferimento normativo: con riferimento ai limiti contenuti nell'allegato 3 all'Atto di indirizzo regione Emilia Romagna n°156 del 4 marzo 2008.

CONDIZIONI AL CONTORNO

Comune:	Bologna	Colorazione:	Chiaro
Orientamento:	S	Mese massima insolazione:	luglio
Temp. media mese massima insolaz.:	25,4 °C	Temperatura massima estiva:	33,0 °C
Escursione giorno più caldo dell'anno:	12,0 °C	Irradian. mensile massima piano orizz.:	296,30 W/m ²

Chiusura verticale palestra



Le proprietà termiche dell'elemento opaco sono valutate in base alla UNI EN ISO 6946.

DATI DELLA STRUTTURA OPACA

Nome: Tamponamento palestra

Note:

Tipologia:	Parete	Disposizione:	Verticale
Verso:	Locale interno alla zona	Spessore:	250,0 mm
Trasmittanza U:	3,323 W/(m ² K)	Resistenza R:	0,301 (m ² K)/W
Massa superf.:	600 Kg/m ²	Colore:	Chiaro
Area:	- m ²		

STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore s [mm]	Conduttività λ [W/(mK)]	Resistenza R [(m ² K)/W]	Densità ρ [Kg/m ³]	Capacità term. C [kJ/(kgK)]	Fattore μ _a [-]	Fattore μ _u [-]
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	-	0,130	-	-	-	-
A	Calcestruzzo armato (getto)	250,0	1,910	0,131	2.400	1,00	0,0	999,99 9,0
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	250,0		0,301				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 7,690 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,130 (m²K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m²K)/W

VERIFICA DI TRASMITTANZA

Verifica di trasmittanza (non considerando l'influenza di eventuali ponti termici non corretti):

Comune:	Bologna	Zona climatica:	E
Trasmittanza della struttura U:	3,323 W/(m ² K)	Trasmittanza limite U _{lim} :	- W/(m ² K)

Riferimento normativo: Limiti relativi alla Regione Emilia Romagna DGLS 192/311

ESITO VERIFICA DI TRASMITTANZA: -

VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Il comportamento termoigrometrico dell'elemento opaco è valutato secondo le procedure di calcolo contenute nella UNI EN ISO 13788.

CONDIZIONI AL CONTORNO E DATI CLIMATICI

Comune:	Bologna	Tipo di calcolo:	Classi di concentrazione
Verso:	Locale interno alla zona	Coeff. di correzione btr,x:	
Classe di edificio:	Alloggi con basso indice di affollamento	Volume interno V:	- m ³
Prod. nota di vapore G:	- kg/h		

Mese	Temperatura interna T_i °C	Umidità relativa interna ϕ_i %	Temperatura esterna T_e °C	Umidità relativa esterna ϕ_e %	Ricambio d'aria n 1/h
gennaio	20,0	65,0	2,1	89,5	0,5
febbraio	20,0	65,0	4,6	86,8	0,5
marzo	20,0	65,0	9,4	71,9	0,5
aprile	20,0	65,0	14,2	67,0	0,5
maggio	20,0	65,0	18,2	67,9	0,5
giugno	20,0	65,0	22,9	64,7	0,5
luglio	20,0	65,0	25,4	56,6	0,5
agosto	20,0	65,0	24,9	60,5	0,5
settembre	20,0	65,0	21,2	64,0	0,5
ottobre	20,0	65,0	14,9	74,5	0,5
novembre	20,0	65,0	8,7	85,0	0,5
dicembre	20,0	65,0	4,0	86,1	0,5

CONDIZIONE	Temperatura interna θ_j °C	Pressione parziale interna p_i Pa	Temperatura esterna θ_e °C	Pressione parziale esterna p_e Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	2,10	636,00
ESTIVA	20,00	2.107,40	25,40	1.835,00

X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 1.426,486 Pa.
	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di vapore condensato è pari a 0,000 kg/m ² (rievaporabile durante il periodo estivo).
X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 1.426,486 Pa.

VERIFICA FORMAZIONE CONDENSA SUPERFICIALE

Mese	Pressione esterna P_e Pa	Numero di ric. d'aria n 1/h	Variazione di pressione ΔP Pa	Pressione interna P_i Pa	Pressione int. di satur. P_{si} Pa	Temp. sup. interna T_{si} °C	Fattore di res. sup. f_{Rsi}
ottobre	1261	-	206,55	1488,21	1860,26	16,37	0,2875

Verifica di condensa superficiale:

Fattore di resistenza superficiale nel mese critico f_{Rsi} : 0,0000 (mese di)

Fattore di resistenza superficiale ammissibile f_{RsiAmm} : 0,5680

ESITO VERIFICA DI CONDENSA SUPERFICIALE: OK

PRESSIONE DI VAPORE E PRESSIONE DI SATURAZIONE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interno-Add	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0
	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0
Add-A	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	840,7	977,3	1.295,4	1.701,2	2.120,5	2.726,4	3.106,5	3.027,0	2.491,8	1.768,9	1.244,0	942,9
A-Add	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	710,4	847,8	1.178,8	1.618,6	2.088,9	2.790,9	3.242,1	3.147,1	2.516,3	1.693,5	1.124,4	812,8

TEMPERATURE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interno-Add	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Add-A	12,3	13,3	15,4	17,5	19,2	21,3	22,3	22,1	20,5	17,8	15,1	13,1
A-Add	4,5	6,6	10,8	15,0	18,4	22,5	24,7	24,2	21,0	15,6	10,2	6,1
Add-Esterno	2,1	4,6	9,4	14,2	18,2	22,9	25,4	24,9	21,2	14,9	8,7	4,0

VERIFICA FORMAZIONE CONDENSA INTERSTIZIALE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interf. A/B												
Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Verifica di condensa interstiziale:

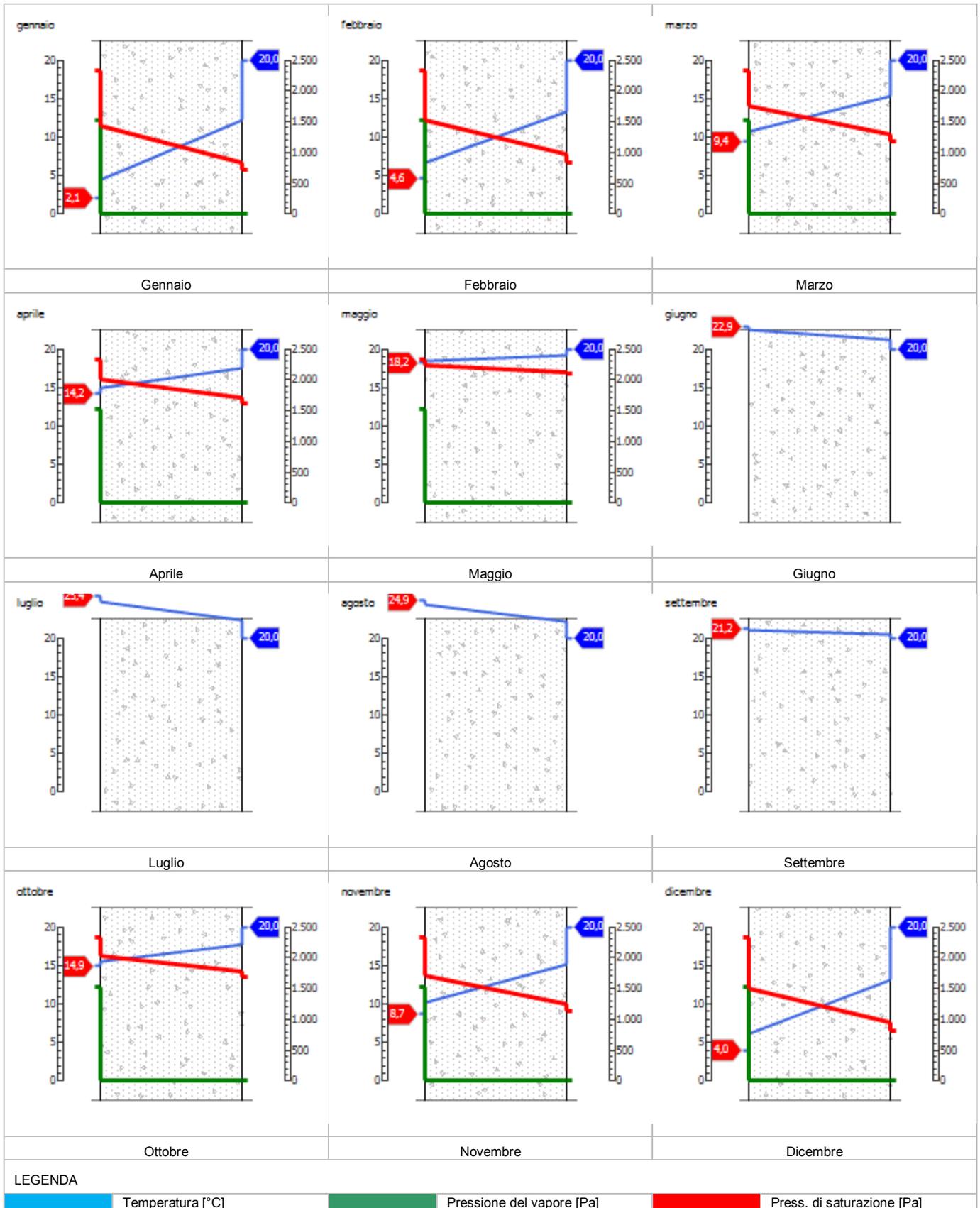
Quantità massima di vapore accumulato mensilmente G_c: 0,0000 (mese di -) kg/m² nell'interfaccia -

Quantità ammissibile di vapore accumulato mensilmente in un'interfaccia G_{c,max}: 0,5000 kg/m²

Quantità di vapore residuo Ma: 0,0000 (mese di -) kg/m² nell'interfaccia -

ESITO VERIFICA DI CONDENSA INTERSTIZIALE: Condensa assente

DIAGRAMMI DI PRESSIONE E TEMPERATURA



VERIFICA DI MASSA E INERZIA TERMICA

Il comportamento termico dinamico dell'elemento opaco è valutato secondo le procedure di calcolo contenute nella UNI EN ISO 13786.

Verifica di massa:

Massa della struttura per metro quadrato di superficie: 600 kg/m²

Valore minimo di massa superficiale: 230 kg/m²

ESITO VERIFICA DI MASSA: OK

Riferimento normativo: con riferimento ai limiti contenuti nell'allegato 3 all'Atto di indirizzo regione Emilia Romagna n°156 del 4 marzo 2008.

CONDIZIONI AL CONTORNO

Comune:	Bologna	Colorazione:	Chiaro
Orientamento:	S	Mese massima insolazione:	luglio
Temp. media mese massima insolaz.:	25,4 °C	Temperatura massima estiva:	33,0 °C
Escursione giorno più caldo dell'anno:	12,0 °C	Irradian. mensile massima piano orizz.:	296,30 W/m ²

STRUTTURA OPACA: **Tramezzi**

DATI DELLA STRUTTURA

Nome:

Tramezzi

Note:

Tipologia: Parete

Disposizione:

Disperde verso: Locale interno alla zona

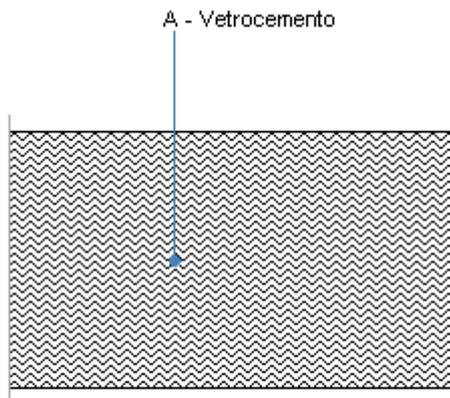
Spessore: 150 mm

Trasmittanza U: 1,65 W/(m²K)

Resistenza R: 0,61 (m²K)/W

Valore di trasmittanza ricavato da: Raccomandazioni CTI R15:2013

Vetrocemento orizzontale



Le proprietà termiche dell'elemento opaco sono valutate in base alla UNI EN ISO 6946.

DATI DELLA STRUTTURA OPACA

Nome: Vetrocemento

Note:

Tipologia:	Copertura	Disposizione:	Orizzontale
Verso:	Esterno	Spessore:	80,0 mm
Trasmittanza U:	4,251 W/(m ² K)	Resistenza R:	0,235 (m ² K)/W
Massa superf.:	128 Kg/m ²	Colore:	Chiaro
Area:	- m ²		

STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore <i>s</i> [mm]	Conduttività <i>λ</i> [W/(mK)]	Resistenza <i>R</i> [(m ² K)/W]	Densità <i>ρ</i> [Kg/m ³]	Capacità term. <i>C</i> [kJ/(kgK)]	Fattore <i>μ_a</i> [-]	Fattore <i>μ_u</i> [-]
	Adduttanza interna (flusso verticale ascendente)	-	-	0,100	-	-	-	-
A	Vetrocemento	80,0	0,840	0,095	1.600	0,88	21,1	21,1
	Adduttanza esterna (flusso verticale ascendente)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	80,0		0,235				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 10,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,100 (m²K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m²K)/W

VERIFICA DI TRASMITTANZA

Verifica di trasmittanza (non considerando l'influenza di eventuali ponti termici non corretti):

Comune:	Bologna	Zona climatica:	E
Trasmittanza della struttura U:	4,251 W/(m ² K)	Trasmittanza limite U _{lim} :	0,270 W/(m ² K)

Riferimento normativo: Limiti relativi alla Regione Emilia Romagna DGLS 192/311

ESITO VERIFICA DI TRASMITTANZA: NO

VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Il comportamento termoigrometrico dell'elemento opaco è valutato secondo le procedure di calcolo contenute nella UNI EN ISO 13788.

CONDIZIONI AL CONTORNO E DATI CLIMATICI

Comune:	Bologna	Tipo di calcolo:	Classi di concentrazione
Verso:	Esterno	Coeff. di correzione btr,x:	
Classe di edificio:	Alloggi con basso indice di affollamento	Volume interno V:	- m ³
Prod. nota di vapore G:	- kg/h		

Mese	Temperatura interna T_i °C	Umidità relativa interna ϕ_i %	Temperatura esterna T_e °C	Umidità relativa esterna ϕ_e %	Ricambio d'aria n 1/h
gennaio	20,0	65,0	2,1	89,5	0,5
febbraio	20,0	65,0	4,6	86,8	0,5
marzo	20,0	65,0	9,4	71,9	0,5
aprile	20,0	65,0	14,2	67,0	0,5
maggio	20,0	65,0	18,2	67,9	0,5
giugno	20,0	65,0	22,9	64,7	0,5
luglio	20,0	65,0	25,4	56,6	0,5
agosto	20,0	65,0	24,9	60,5	0,5
settembre	20,0	65,0	21,2	64,0	0,5
ottobre	20,0	65,0	14,9	74,5	0,5
novembre	20,0	65,0	8,7	85,0	0,5
dicembre	20,0	65,0	4,0	86,1	0,5

CONDIZIONE	Temperatura interna θ_j °C	Pressione parziale interna p_i Pa	Temperatura esterna θ_e °C	Pressione parziale esterna p_e Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	2,10	636,00
ESTIVA	20,00	2.107,40	25,40	1.835,00

X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a -80,689 Pa.
	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di vapore condensato è pari a 0,000 kg/m ² (rievaporabile durante il periodo estivo).
X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a -80,689 Pa.

VERIFICA FORMAZIONE CONDENSA SUPERFICIALE

Mese	Pressione esterna P_e Pa	Numero di ric. d'aria n 1/h	Variazione di pressione ΔP Pa	Pressione interna P_i Pa	Pressione int. di satur. P_{si} Pa	Temp. sup. interna T_{si} °C	Fattore di res. sup. f_{Rsi}
ottobre	1261	-	206,55	1488,21	1860,26	16,37	0,2875

Verifica di condensa superficiale:

Fattore di resistenza superficiale nel mese critico f_{Rsi} : 0,0000 (mese di)

Fattore di resistenza superficiale ammissibile f_{RsiAmm} : 0,4474

ESITO VERIFICA DI CONDENSA SUPERFICIALE: OK

PRESSIONE DI VAPORE E PRESSIONE DI SATURAZIONE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interno-Add	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0
	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0
Add-A	636,0	736,0	847,0	1.084,0	1.418,0	1.806,0	1.835,0	1.904,0	1.611,0	1.261,0	956,0	700,0
	880,6	1.016,5	1.329,8	1.724,9	2.129,4	2.708,7	3.069,5	2.994,2	2.485,0	1.790,4	1.279,4	982,3
A-Add	636,0	736,0	847,0	1.084,0	1.418,0	1.806,0	1.835,0	1.904,0	1.611,0	1.261,0	956,0	700,0
	710,4	847,8	1.178,8	1.618,6	2.088,9	2.790,9	3.242,1	3.147,1	2.516,3	1.693,5	1.124,4	812,8

TEMPERATURE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interno-Add	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Add-A	12,4	13,5	15,5	17,5	19,2	21,2	22,3	22,1	20,5	17,8	15,2	13,2
A-Add	5,1	7,2	11,2	15,2	18,5	22,4	24,5	24,1	21,0	15,8	10,6	6,7
Add-Esterno	2,1	4,6	9,4	14,2	18,2	22,9	25,4	24,9	21,2	14,9	8,7	4,0

VERIFICA FORMAZIONE CONDENSA INTERSTIZIALE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interf. A/B												
Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Verifica di condensa interstiziale:

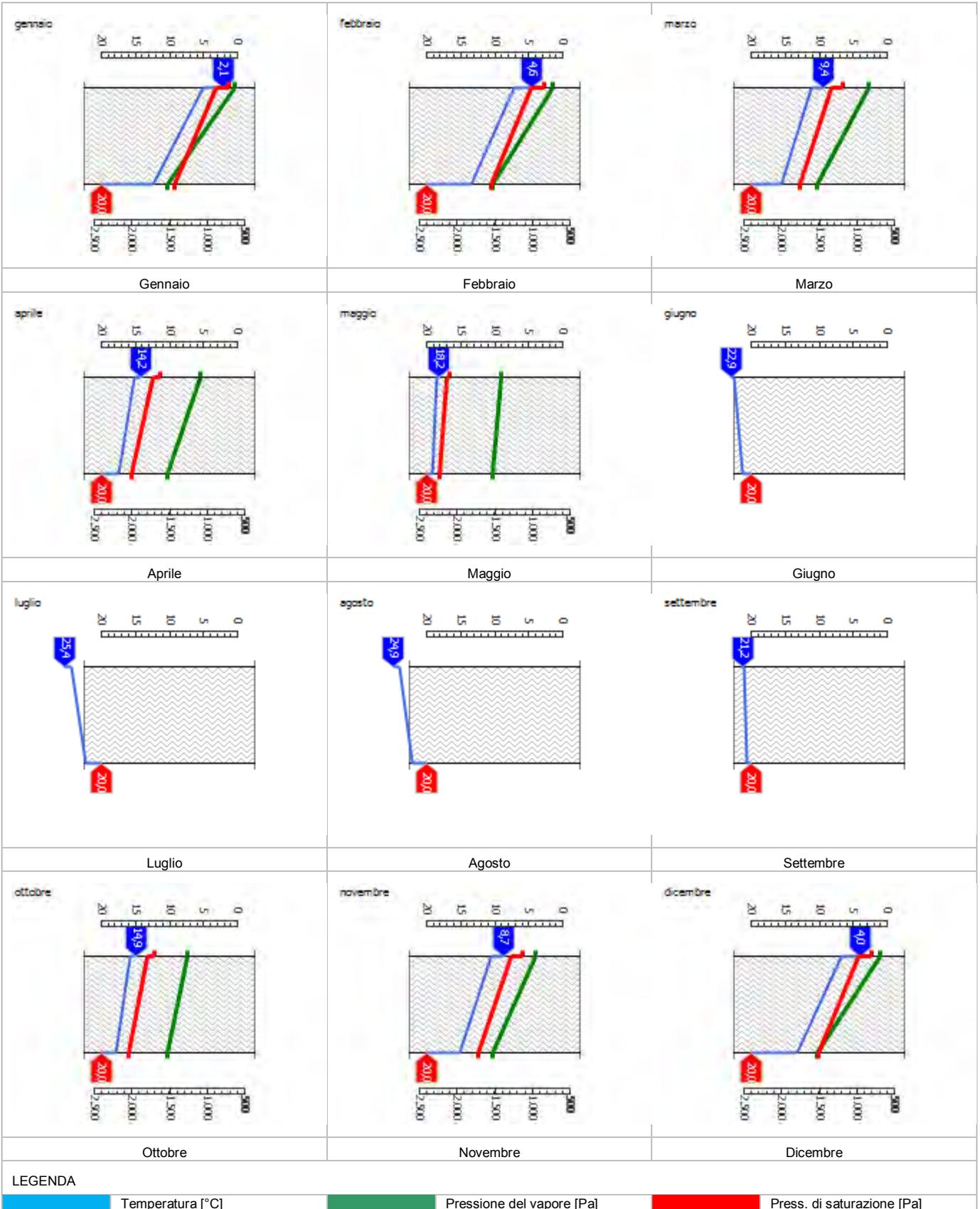
Quantità massima di vapore accumulato mensilmente G_c: 0,0000 (mese di -) kg/m² nell'interfaccia -

Quantità ammissibile di vapore accumulato mensilmente in un'interfaccia G_{c,max}: 0,5000 kg/m²

Quantità di vapore residuo Ma: 0,0000 (mese di -) kg/m² nell'interfaccia -

ESITO VERIFICA DI CONDENSA INTERSTIZIALE: Condensa assente

DIAGRAMMI DI PRESSIONE E TEMPERATURA



VERIFICA DI MASSA E INERZIA TERMICA

Il comportamento termico dinamico dell'elemento opaco è valutato secondo le procedure di calcolo contenute nella UNI EN ISO 13786.

Verifica di massa:

Massa della struttura per metro quadrato di superficie: 128 kg/m²

Valore minimo di massa superficiale: 230 kg/m²

ESITO VERIFICA DI MASSA: OK

Riferimento normativo: con riferimento ai limiti contenuti nell'allegato 3 all'Atto di indirizzo regione Emilia Romagna n°156 del 4 marzo 2008.

CONDIZIONI AL CONTORNO

Comune:	Bologna	Colorazione:	Chiaro
Orientamento:	S	Mese massima insolazione:	luglio
Temp. media mese massima insolaz.:	25,4 °C	Temperatura massima estiva:	33,0 °C
Escursione giorno più caldo dell'anno:	12,0 °C	Irradian. mensile massima piano orizz.:	296,30 W/m ²

6.2.3. Attestato di prestazione energetica: stato di progetto

ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Sostituisce l'attestato di certificazione energetica ai sensi della Legge 90/2013.

Attestato numero:

Rilasciato il: 07/07/2014

Valido fino a: 07/07/2024

DATI DELL'IMMOBILE

Comune: Bologna (BO)

Indirizzo: Via Longo 4

Piano – Interno: 1

Dati catastali

Foglio:

Particella:

Subalterno:

Proprietario:

Destinazione d'uso: E.7. - attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili

DATI GENERALI

Zona climatica: E

Gradi giorno: 2259

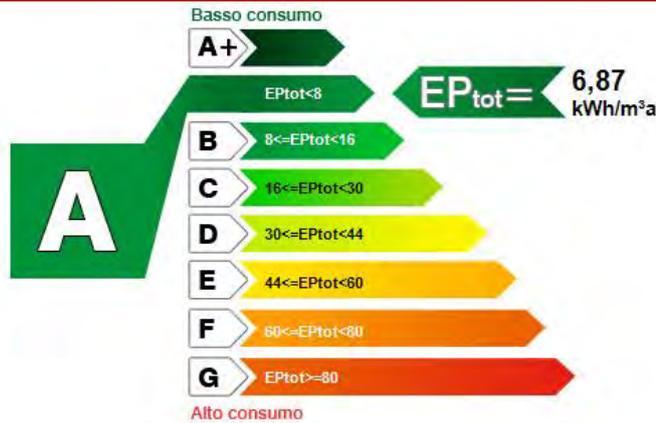
Volume lordo riscaldato: 33.559,8 m³

Superficie utile riscaldata: 4.404,0 m²

Superficie disperdente: 10.503,2 m²

Rapporto S/V: 0,31

CLASSE ENERGETICA



INDICI DI PRESTAZIONE ENERGETICA

INDICE	VALORE	kWh/m ³ anno	LIMITE	kWh/m ³ anno
Totale (EP _{inv} + EP _{est} + EP _{acs} + EP _{ill})	EP _{tot}	6,87	EP _{tot} -lim	11,14
Climatizzazione invernale	EP _{inv}	6,87	EP _{inv} -lim	11,14
Produzione acqua calda sanitaria	EP _{acs}	0,00	EP _{acs} -lim	0,00
Climatizzazione estiva (non calcolato)	EP _{est}	-	EP _{est} -lim	-
Illuminazione (non calcolato)	EP _{ill}	-	EP _{ill} -lim	-

EVENTUALI INTERVENTI MIGLIORATIVI DEL SISTEMA EDIFICIO/IMPIANTI

TIPO INTERVENTI	STIMA TEMPO DI RITORNO DELL'INVESTIMENTO	ENERGIA PRIMARIA RISPARIATA	EMISSIONI CO ₂ RISPARIATE

TECNICI PREPOSTI

Certificatore n. ,

Timbro e Firma⁽²⁾

SOGGETTO CERTIFICATORE

Certificatore n. ,

Timbro e Firma⁽¹⁾

(1) Anche ai sensi dell'art. 481 del C.P., la firma da parte del Soggetto Certificatore è apposta per:

- conformità del presente attestato alle disposizioni di cui agli Allegati 6,7,8 e 9 della D.A.L. 156/2008
- asseverazione dei dati di propria competenza riportati nel presente attestato
- dichiarazione della esistenza delle condizioni di indipendenza e imparzialità di giudizio ai sensi del punto 7.4 della D.A.L. 156/2008

(2) Anche ai sensi dell'art. 481 del C.P., la firma da parte dei soggetti preposti alla determinazione della prestazione energetica è apposta per:

- asseverazione dei dati di propria competenza riportati nel presente attestato
- dichiarazione della esistenza delle condizioni di indipendenza e imparzialità di giudizio ai sensi del punto 7.4 della D.A.L. 156/2008

GRAFICO DELLE PRESTAZIONI ENERGETICHE GLOBALE E PARZIALI



DATI DI BASE

Metodologia di calcolo utilizzata:	Metodologia e metodo di calcolo di progetto o calcolo standard (all.8 punto 2.1 e 3.1)
Origine dati:	-
Software di calcolo utilizzato:	TERMOLOG EpiX 6 – Logical Soft - Via Garibaldi, 253 - 20832 Desio MB
Validazione software di calcolo	
Il software in oggetto è conforme alla UNI TS 11300-1:2014, alla UNI TS 11300-2:2014, alla UNI TS-3:2010, alla UNI TS 11300-4:2012 e alla Raccomandazione CTI 14:2013. La conformità di TERMOLOG EpiX 6 alla procedura di calcolo è resa in forma di autodichiarazione di conformità del software num. prot. 51 del 03/10/2014 ai sensi del D.P.R. n. 59 del 02/04/2009 e del D.Lgs. 115/2008 comma 1, allegato III, punto 4.	

CARATTERISTICHE SPECIFICHE DEL SISTEMA EDIFICIO/IMPIANTI

Tipologia edilizia:	-		
Impianti alimentati da FER:	impianto solare fotovoltaico, pompa di calore		
Caratteristiche involucro edilizio:			
Trasmittanza media pareti opache:	0,32 W/m²K/ media: 0,26 W/m²K	Trasmittanza media copertura:	0,58 W/m²K/ media: 0,47 W/m²K
Trasmittanza media basamento:	0,56 W/m²K / media: 0,68 W/m²K	Trasmittanza media infissi:	0,82 W/m²K/ media: 0,74 W/m²K
Sistema di controllo e regolazione (BACS):			
Caratteristiche del sistema di climatizzazione invernale:	Pompa di calore (vettore energetico: Energia elettrica)		
Caratteristiche del sistema di climatizzazione estiva:			
Caratteristiche impianti ACS:	Caldaia a condensazione (vettore energetico: Gas metano)		
Altri dispositivi e usi energetici:			
Caratteristiche impianto illuminazione:			

FABBISOGNI SPECIFICI DI ENERGIA

Fabbisogno energia termica utile dell'involucro edilizio (regime invernale):	483.954,8 kWh/anno
Fabbisogno energia termica utile dell'involucro edilizio (regime estivo):	74.447,1 kWh/anno
Classe di prestazione involucro edilizio nel periodo estivo	2,22 kWh/m²anno
Contributo energetico specifico da fonti rinnovabili:	358.235,67 kWh/anno
Fabbisogno energia termica utile per la produzione di ACS:	0,0 kWh/anno
Fabbisogno energia elettrica per l'illuminazione:	

SOGGETTO CERTIFICATORE

Certificatore n. ,
Timbro e Firma(1)

(1) Anche ai sensi dell'art. 481 del C.P., la firma da parte del Soggetto Certificatore è apposta per:
- conformità del presente attestato alle disposizioni di cui agli Allegati 6,7,8 e 9 della D.A.L. 156/2008
- asseverazione dei dati di propria competenza riportati nel presente attestato
- dichiarazione della esistenza delle condizioni di indipendenza e imparzialità di giudizio ai sensi del punto 7.4 della D.A.L. 156/2008

ANNOTAZIONI

DESCRIZIONE DEL PROGETTO E CARATTERISTICHE

Tipo di intervento: Certificazione edificio esistente
Titolo abilitativo: n. del 07/07/2014
Progetto architettonico:
Progetto impianti meccanici:
Direttore dei lavori:
Costruttore:

SOGGETTO CERTIFICATORE

Certificatore n. ,
Timbro e Firma⁽¹⁾

(1) Anche ai sensi dell'art. 481 del C.P., la firma da parte del Soggetto Certificatore è apposta per:
- conformità del presente attestato alle disposizioni di cui agli Allegati 6,7,8 e 9 della D.A.L. 156/2008
- asseverazione dei dati di propria competenza riportati nel presente attestato
- dichiarazione della esistenza delle condizioni di indipendenza e imparzialità di giudizio ai sensi del punto 7.4 della D.A.L. 156/2008

DATI PER LA COMPILAZIONE ON-LINE

Certificato energetico

Rilascio del certificato a seguito di intervento edilizio?	Si, nuove costruzioni (art. 3.1 lett. a)
Rilasciato il:	07/07/2014
Valido fino a:	07/07/2024
Data ultima modifica:	10/03/2015

1 Dati identificativi dell'immobile o dell'unità immobiliare (riferimenti catastali) e del proprietario

Comune:	Bologna
Provincia:	BO
Indirizzo e numero civico:	Via Longo 4
Proprietario/Ragione sociale:	
Destinazione d'uso:	E.7. - attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
Piano:	1
Dati catastali, foglio:	
Dati catastali, particella o mappale:	
Dati catastali, subalterno:	
Anno di costruzione (presunto):	1978
Attestato di certificazione riferito a:	Intero edificio (con impianto termico centralizzato senza contabilizzazione)

2 Dotazione impiantistica

Impianto termico per la climatizzazione invernale:	Si
Impianto termico per la climatizzazione estiva:	No
Impianto termico per la produzione di ACS:	Si
Impianto di illuminazione artificiale (escluso E.1, E.6, E.8):	No

3 Dati generali

Zona climatica:	E
Gradi giorno:	2259
Volume lordo riscaldato:	33.559,8 m ³
Superficie utile energetica:	4.404,0 m ²
Superficie disperdente:	10.503,2 m ²
Rapporto S/V:	0,31 m ⁻¹
Tipologia impianto produzione di ACS:	Impianto termico per la SOLA produzione di ACS

4 Dati di base e determinazione della prestazione energetica

Metodologia di calcolo utilizzata:	Metodologia e metodo di calcolo di progetto o calcolo standard (all.8 punto 2.1 e 3.1)
Origine dei dati di base utilizzati per il calcolo dell'indice EP:	-
Software di calcolo utilizzato:	TERMOLOG EpiX 5
Data di validazione del software:	27/01/2010 e 26/7/2012
Numero di validazione CTI/rilasciata da:	Certificati n. 009 e n. 028 rilasciati da CTI e autodichiarazione del 03/10/2014

5 Indici specifici di prestazione energetica (Energia Primaria)

Climatizzazione invernale, EP _{inv} :	6,87 kWh/m ³ anno
Climatizzazione invernale, EP _{inv,lim} :	11,14 kWh/m ³ anno
Produzione acqua calda sanitaria, EP _{acs} :	0,00 kWh/m ³ anno
Produzione acqua calda sanitaria, EP _{acs,lim} :	0,00 kWh/m ³ anno
Climatizzazione estiva, EP _{est} :	0,00 kWh/m ³ anno
Climatizzazione estiva, EP _{est,lim} :	- kWh/m ³ anno
Illuminazione, EP _{ill} :	0,00 kWh/m ³ anno
Illuminazione, EP _{ill,lim} :	- kWh/m ³ anno
Prestazione globale, EP _{tot} :	6,87 kWh/m ³ anno
Prestazione globale, EP _{tot,lim} :	11,14 kWh/m ³ anno

7 Caratteristiche energetiche

Fabbisogno energia termica utile per la climatizzazione invernale (riscaldamento):	483.954,8 kWh/anno
Fabbisogno energia termica utile per la climatizzazione estiva (raffrescamento):	74.447,1 kWh/anno
Indice di prestazione energetica dell'involucro edilizio in regime estivo (E _{pe,inv}):	2,22 kWh/m ² anno
Quantità di energia prodotta da fonti energetiche rinnovabili:	358.235,67 kWh/anno
Fabbisogno di energia elettrica per l'illuminazione:	0,00 kWh/anno
Fabbisogno di energia termica utile per la produzione di ACS:	0,0 kWh/anno

8 Impianti alimentati da FER**Solare termico**

Descrizione impianto:	-	Area captante installata:	- m ²
Energia:	- kWh/anno		

Solare fotovoltaico

Descrizione impianto	0	Potenza di picco installata:	94,58 kW
Energia:	101.742,27 kWh/anno		

Biomasse

Descrizione impianto:	-	Potenza generatore:	- kW
Energia totale fornita:	- kWh/anno	Energia:	- kWh/anno

Pompa di calore

Tipo di sorgente:	Solo riscaldamento	Alimentazione:	Elettrica
Potenza installata:	0,00 kW	Indice efficienza COP:	0,00
Energia:	45.061,35 kWh/anno		

Cogenerazione

Alimentazione:	-	Tipologia di motore:	-
Potenza elettrica installata :	- kWhe	Potenza termica installata:	- kWh
Indice di risparmio (IRE):	-	Energia:	- kWh/anno

Teleriscaldamento

Alimentazione:	-	Descrizione:	-
Potenza sottostazione:	- kW	Rendimento rete (da Gestore):	-
Energia:	- kWh/anno		

9 Caratteristiche specifiche del sistema Edificio/impianti

Tipologia edilizia	-
--------------------	---

Caratteristiche involucro edilizio

Caratteristiche costruttive:	-			
Chiusure verticali opache:	-	Trasmittanza U:	0,32 W/m ² K	Valore medio: 0,26 W/m ² K
Chiusure di copertura opache:	-	Trasmittanza U:	0,58 W/m ² K	Valore medio: 0,47 W/m ² K
Chiusure di basamento:	-	Trasmittanza U:	0,56 W/m ² K	Valore medio: 0,68 W/m ² K
Chiusure di trasparenti:	-	Trasmittanza U:	0,82 W/m ² K	Valore medio: 0,74 W/m ² K

Caratteristiche sistema Edificio/impianti (Invernale)

Sistema di generazione:	Pompa di calore
Alimentato con fonte/vettore energetico:	Energia elettrica
Potenza:	50,20 kW
Rendimento o COP:	4,30
Sistema di distribuzione:	-
Sistema di regolazione:	Valvole termostatiche
Sistema di emissione:	Aereotermi o sistemi ad aria

Caratteristiche sistema Edificio/impianti (Estivo)

Sistema di generazione:	-
Fonte/vettore energetico:	-
Potenza :	-
EER:	-
Sistema di distribuzione:	-
Sistema di regolazione:	-
Sistema di emissione:	-

Caratteristiche impianto ACS

Sistema di generazione:	Caldaia a condensazione
Fonte/vettore energetico:	Gas metano
Potenza:	18,00 kW
Rendimento o COP:	1,00

Altri dispositivi e usi energetici:

Caratteristiche impianto di illuminazione	-
--	---

10 Dati intervento edilizio**Riferimento caratteristiche intervento edilizio**

Tipo di intervento: Attività libera

Dati identificativi dei progettisti

Progetto architettonico:

Progetto impianti meccanici:

Direttore dei lavori:

Costruttore/Impresa esecutrice:

11 Interventi migliorativi dell'efficienza energetica

Tipo di intervento migliorativo: -

Emissione CO2 risparmiata: - kg/anno

Stima ritorno investimento: - anni

Energia primaria risparmiata: - kWh/m²/anno

DATI AGGIUNTIVI DI CALCOLO

Dati riguardanti le caratteristiche tipologiche dell'edificio

Durata in giorni del periodo di riscaldamento	183 giorni
Durata in giorni del periodo di raffrescamento	140 giorni
Posizione edificio	Edificio situato al di fuori del centro storico
Volume netto riscaldato	18.596,2 m ³

Dati riguardanti le caratteristiche termiche e costruttive dell'edificio

Capacità termica interna per unità di superficie di involucro	475,3 kJ / (m ² K)
Superficie di involucro richiesta per il calcolo della capacità termica interna totale	9.394,3 m ²

Chiusure opache

I dati relativi alle chiusure opache sono ricavabili dalle schede tecniche, consultabili nel menù Stampa, Dettagli strutture

Chiusure finestrate

I dati relativi alle chiusure opache sono ricavabili dalle schede tecniche, consultabili nel menù Stampa, Dettagli strutture

Dati climatici

Mese	Temperatura esterna [°C]	Irradiazione orizzontale diretta + diffusa [MJ/m ²]	Irradiazione verticale SUD [MJ/m ²]	Irradiazione verticale SO - SE [MJ/m ²]	Irradiazione verticale E - O [MJ/m ²]	Irradiazione verticale NE - NO [MJ/m ²]	Irradiazione verticale NORD [MJ/m ²]
gennaio	2,1	4,5	7,4	5,8	3,5	1,8	1,7
febbraio	4,6	7,9	10,7	9,0	6,1	3,2	2,6
marzo	9,4	12,1	11,6	11,0	8,8	5,4	3,8
aprile	14,2	17,3	11,2	12,6	11,9	8,5	5,5
maggio	18,2	21,0	10,2	12,7	13,8	11,1	7,9
giugno	22,9	23,6	10,0	13,1	15,2	12,8	9,7
luglio	25,4	25,6	11,1	14,7	16,8	13,6	9,5
agosto	24,9	21,0	12,0	14,3	14,3	10,5	6,6
settembre	21,2	15,4	12,9	13,1	11,1	7,0	4,3
ottobre	14,9	9,9	12,4	10,7	7,6	4,1	3,0
novembre	8,7	5,3	8,5	6,8	4,2	2,1	1,9
dicembre	4,0	4,1	7,2	5,7	3,3	1,6	1,5

Dotazione impiantistica

Fabbisogno globale di energia primaria per la produzione di ACS:	0 kWh/anno
Rendimento medio stagionale dell'impianto di riscaldamento:	2,099
Rendimento medio stagionale dell'impianto di produzione di ACS:	1,000
Rendimento globale medio stagionale (nel caso di impianto misto):	2,099

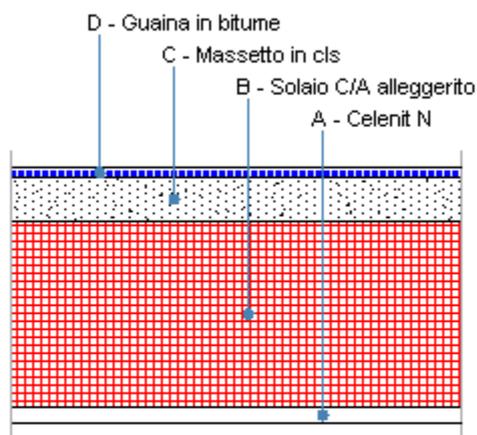
Dati relativi alle modalità di occupazione e di utilizzo dell'edificio: sub-sezione "impianto"

Dati relativi alle modalità di occupazione e di utilizzo dell'edificio: sub-sezione "edificio"

Dati relativi alle modalità di occupazione e di utilizzo dell'edificio: sub-sezione "sistema edificio-impianto"

6.2.4. Strutture disperdenti: stato di progetto

--- Copertura principale



Le proprietà termiche dell'elemento opaco sono valutate in base alla UNI EN ISO 6946.

DATI DELLA STRUTTURA OPACA

Nome: --- Copertura principale

Note:

Tipologia:	Copertura	Disposizione:	Orizzontale
Verso:	Esterno	Spessore:	290,0 mm
Trasmittanza U:	0,911 W/(m ² K)	Resistenza R:	1,098 (m ² K)/W
Massa superf.:	562 Kg/m ²	Colore:	Chiaro
Area:	- m ²		

STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore s [mm]	Conduttività λ [W/(mK)]	Resistenza R [(m ² K)/W]	Densità ρ [Kg/m ³]	Capacità term. C [kJ/(kgK)]	Fattore μ _a [-]	Fattore μ _u [-]
	Adduttanza interna (flusso verticale ascendente)	-	-	0,100	-	-	-	-
A	Celenit N	20,0	0,060	0,333	500	1,81	50,0	50,0
B	Solaio C/A alleggerito	210,0	0,410	0,512	2.000	1,00	0,0	0,0

C	Massetto in cls	50,0	0,930	0,054	2.400	1,00	0,0	0,0
D	Guaina in bitume	10,0	0,170	0,059	1.200	0,92	22.222,2	22.222,2
	Adduttanza esterna (flusso verticale ascendente)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	290,0		1,098				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 10,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,100 (m²K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m²K)/W

VERIFICA DI TRASMITTANZA

Verifica di trasmittanza (non considerando l'influenza di eventuali ponti termici non corretti):

Comune:	Bologna	Zona climatica:	E
Trasmittanza della struttura U:	0,911 W/(m ² K)	Trasmittanza limite Ulim:	- W/(m ² K)

Riferimento normativo: Limiti relativi alla Regione Emilia Romagna DGLS 192/311

ESITO VERIFICA DI TRASMITTANZA: -

VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Il comportamento termoigrometrico dell'elemento opaco è valutato secondo le procedure di calcolo contenute nella UNI EN ISO 13788.

CONDIZIONI AL CONTORNO E DATI CLIMATICI

Comune:	Bologna	Tipo di calcolo:	Classi di concentrazione
Verso:	Esterno	Coeff. di correzione btr,x:	
Classe di edificio:	Alloggi con basso indice di affollamento	Volume interno V:	- m ³
Prod. nota di vapore G:	- kg/h		

Mese	Temperatura interna T_i	Umidità relativa interna ϕ_i	Temperatura esterna T_e	Umidità relativa esterna ϕ_e	Ricambio d'aria n
	°C	%	°C	%	1/h
gennaio	20,0	65,0	2,1	89,5	0,5
febbraio	20,0	65,0	4,6	86,8	0,5
marzo	20,0	65,0	9,4	71,9	0,5
aprile	20,0	65,0	14,2	67,0	0,5
maggio	20,0	65,0	18,2	67,9	0,5
giugno	20,0	65,0	22,9	64,7	0,5
luglio	20,0	65,0	25,4	56,6	0,5
agosto	20,0	65,0	24,9	60,5	0,5
settembre	20,0	65,0	21,2	64,0	0,5
ottobre	20,0	65,0	14,9	74,5	0,5
novembre	20,0	65,0	8,7	85,0	0,5
dicembre	20,0	65,0	4,0	86,1	0,5

CONDIZIONE	Temperatura interna θ_i	Pressione parziale interna p_i	Temperatura esterna θ_e	Pressione parziale esterna p_e
	°C	Pa	°C	Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	2,10	636,00
ESTIVA	20,00	2.107,40	25,40	1.835,00

	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 0 Pa.
X	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di vapore condensato è pari a 1.205,747 kg/m ² (rievaporabile durante il periodo estivo).
X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 592,282 Pa.

VERIFICA FORMAZIONE CONDENSA SUPERFICIALE

Mese	Pressione esterna P_e Pa	Numero di ric. d'aria n 1/h	Variazione di pressione ΔP Pa	Pressione interna P_i Pa	Pressione int. di satur. P_{si} Pa	Temp. sup. interna T_{si} °C	Fattore di res. sup. fR_{si}
ottobre	1261	-	206,55	1488,21	1860,26	16,37	0,2875
novembre	956	-	457,65	1459,42	1824,27	16,06	0,6513
dicembre	700	-	648	1412,8	1766	15,55	0,722
gennaio	636	-	724,95	1433,45	1791,81	15,78	0,7642
febbraio	736	-	623,7	1422,07	1777,59	15,65	0,7178
marzo	847	-	429,3	1319,23	1649,04	14,49	0,48
aprile	1084	-	234,9	1342,39	1677,99	14,76	0,0961

Verifica di condensa superficiale:

Fattore di resistenza superficiale nel mese critico fR_{si} : 0,7642 (mese di Gennaio)

Fattore di resistenza superficiale ammissibile fR_{siAmm} : 0,8816

ESITO VERIFICA DI CONDENSA SUPERFICIALE: OK

PRESSIONE DI VAPORE E PRESSIONE DI SATURAZIONE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interno-Add	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0
	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0
Add-A	1.515,1	1.515,5	1.516,0	1.517,1	1.518,6	1.520,3	1.520,4	1.520,7	1.519,4	1.517,9	1.516,5	1.515,3
	1.490,7	1.589,8	1.796,2	2.025,7	2.236,2	2.507,7	2.663,6	2.631,7	2.406,3	2.061,2	1.764,7	1.565,5
A-B	1.515,1	1.515,5	1.516,0	1.517,1	1.518,6	1.520,3	1.520,4	1.520,7	1.519,4	1.517,9	1.516,5	1.515,3
	847,1	983,6	1.301,0	1.705,1	2.121,9	2.723,5	3.100,5	3.021,6	2.490,7	1.772,4	1.249,7	949,2
B-C	1.515,1	1.515,5	1.516,0	1.517,1	1.518,6	1.520,3	1.520,4	1.520,7	1.519,4	1.517,9	1.516,5	1.515,3
	796,5	933,7	1.256,7	1.674,1	2.110,2	2.747,1	3.149,7	3.065,3	2.499,7	1.744,2	1.204,2	899,0
C-D	636,0	736,0	847,0	1.084,0	1.418,0	1.806,0	1.835,0	1.904,0	1.611,0	1.261,0	956,0	700,0
	744,2	881,7	1.209,8	1.640,9	2.097,5	2.773,1	3.204,5	3.113,8	2.509,5	1.713,8	1.156,1	846,8
D-Add	636,0	736,0	847,0	1.084,0	1.418,0	1.806,0	1.835,0	1.904,0	1.611,0	1.261,0	956,0	700,0
	710,4	847,8	1.178,8	1.618,6	2.088,9	2.790,9	3.242,1	3.147,1	2.516,3	1.693,5	1.124,4	812,8

TEMPERATURE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interno-Add	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Add-A	18,4	18,6	19,0	19,5	19,8	20,3	20,5	20,4	20,1	19,5	19,0	18,5
A-B	12,9	13,9	15,8	17,7	19,3	21,1	22,1	21,9	20,5	18,0	15,5	13,7
B-C	4,6	6,7	10,9	15,0	18,5	22,5	24,6	24,2	21,0	15,6	10,3	6,2
C-D	3,7	6,0	10,4	14,7	18,4	22,6	24,9	24,5	21,1	15,4	9,7	5,4
D-Add	2,8	5,2	9,8	14,4	18,3	22,8	25,2	24,7	21,2	15,1	9,1	4,6
Add-Esterno	2,1	4,6	9,4	14,2	18,2	22,9	25,4	24,9	21,2	14,9	8,7	4,0

VERIFICA FORMAZIONE CONDENSA INTERSTIZIALE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interf. C/D												
Gc [Kg/m²]	260,667 3	232,048 5	227,905 7	-0,0818	-0,3183	-0,6388	-0,8766	-0,8310	-0,5104	0,0000	226,709 9	258,415 9
Ma [Kg/m²]	745,793 0	977,841 5	1.205,7 472	1.205,6 654	1.205,3 471	1.204,7 083	1.203,8 317	1.203,0 006	1.202,4 902	0,0000	226,709 9	485,125 7
Interf. D/E												
Gc [Kg/m²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

- Strato E. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: $745,7930 > 0,5000 \text{ kg/m}^2$

gennaio - Strato E. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: $977,8415 > 0,5000 \text{ kg/m}^2$

febbraio - Strato E. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: $1.205,7470 > 0,5000 \text{ kg/m}^2$

marzo - Strato E. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: $1.205,6650 > 0,5000 \text{ kg/m}^2$

aprile - Strato E. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: $1.205,3470 > 0,5000 \text{ kg/m}^2$

maggio - Strato E. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: $1.204,7080 > 0,5000 \text{ kg/m}^2$

giugno - Strato E. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: $1.203,8320 > 0,5000 \text{ kg/m}^2$

luglio - Strato E. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: $1.203,0010 > 0,5000 \text{ kg/m}^2$

agosto - Strato E. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: $1.202,4900 > 0,5000 \text{ kg/m}^2$

ottobre - Strato E. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: $226,7099 > 0,5000 \text{ kg/m}^2$

novembre - Strato E. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: $485,1257 > 0,5000 \text{ kg/m}^2$

Mese condensazione massima: marzo

Verifica di condensa interstiziale:

Quantità massima di vapore accumulato mensilmente G_c : $260,6673$ (mese di gennaio) kg/m^2 nell'interfaccia C-D

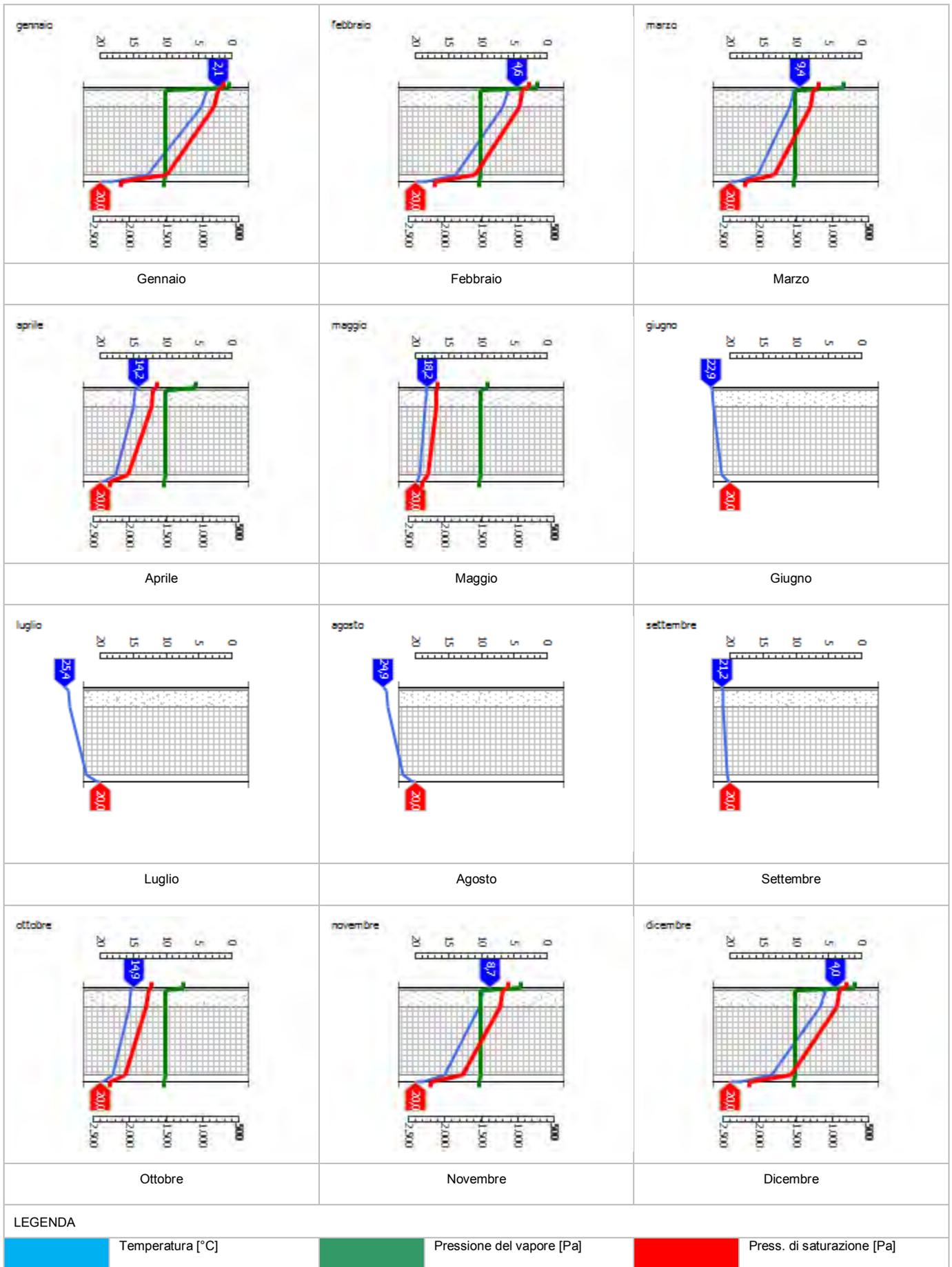
Quantità ammissibile di vapore accumulato mensilmente in un'interfaccia $G_{c,max}$: $0,5000 \text{ kg/m}^2$

Quantità di vapore residuo M_a : $1205,7470$ (mese di marzo) kg/m^2 nell'interfaccia C-D

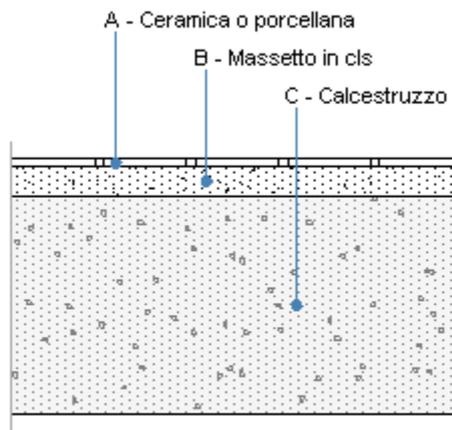
ESITO VERIFICA DI CONDENZA INTERSTIZIALE: Interfaccia C-D

- Condensa eccessiva: $745,7930 > 0,5000 \text{ kg/m}^2$

DIAGRAMMI DI PRESSIONE E TEMPERATURA



--- Solaio contro terra



Le proprietà termiche dell'elemento opaco sono valutate in base alla UNI EN ISO 6946.

DATI DELLA STRUTTURA OPACA

Nome: --- Solaio contro terra

Note:

Tipologia:	Pavimento	Disposizione:	Orizzontale
Verso:	Terreno	Spessore:	350,0 mm
Trasmittanza U:	0,855 W/(m ² K)	Resistenza R:	1,170 (m ² K)/W
Massa superf.:	479 Kg/m ²	Colore:	Chiaro
Area:	- m ²		

STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore s [mm]	Conduttività λ [W/(mK)]	Resistenza R [(m ² K)/W]	Densità ρ [Kg/m ³]	Capacità term. C [kJ/(kgK)]	Fattore μ _a [-]	Fattore μ _u [-]
	Adduttanza interna (flusso verticale discendente)	-	-	0,170	-	-	-	-
A	Ceramica o porcellana	10,0	1,300	0,008	2.300	0,84	0,0	300.00 0,0
B	Massetto in cls	40,0	0,930	0,043	2.400	1,00	0,0	0,0

C	Calcestruzzo	300,0	0,330	0,909	1.200	1,00	3,3	3,3
	Adduttanza esterna (flusso verticale discendente)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	350,0		1,170				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 5,880 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,170 (m²K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m²K)/W

VERIFICA DI TRASMITTANZA

Verifica di trasmittanza (non considerando l'influenza di eventuali ponti termici non corretti):

Comune:	Bologna	Zona climatica:	E
Trasmittanza della struttura U:	0,855 W/(m ² K)	Trasmittanza limite U _{lim} :	- W/(m ² K)

Riferimento normativo: Limiti relativi alla Regione Emilia Romagna DGLS 192/311

ESITO VERIFICA DI TRASMITTANZA: -

VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Il comportamento termoigrometrico dell'elemento opaco è valutato secondo le procedure di calcolo contenute nella UNI EN ISO 13788.

CONDIZIONI AL CONTORNO E DATI CLIMATICI

Comune:	Bologna	Tipo di calcolo:	Classi di concentrazione
Verso:	Terreno	Coeff. di correzione btr,x:	
Classe di edificio:	Alloggi con basso indice di affollamento	Volume interno V:	- m ³
Prod. nota di vapore G:	- kg/h		

Mese	Temperatura	Umidità relativa	Temperatura	Umidità relativa	Ricambio
	interna T _i	interna φ _i	esterna T _e	esterna φ _e	d'aria n
	°C	%	°C	%	1/h
gennaio	20,0	65,0	14,2	100,0	0,5
febbraio	20,0	65,0	14,2	100,0	0,5
marzo	20,0	65,0	14,2	100,0	0,5
aprile	20,0	65,0	14,2	100,0	0,5
maggio	20,0	65,0	14,2	100,0	0,5
giugno	20,0	65,0	14,2	100,0	0,5
luglio	20,0	65,0	14,2	100,0	0,5
agosto	20,0	65,0	14,2	100,0	0,5
settembre	20,0	65,0	14,2	100,0	0,5
ottobre	20,0	65,0	14,2	100,0	0,5
novembre	20,0	65,0	14,2	100,0	0,5
dicembre	20,0	65,0	14,2	100,0	0,5

CONDIZIONE	Temperatura interna θ _i	Pressione parziale interna p _i	Temperatura esterna θ _e	Pressione parziale esterna p _e
	°C	Pa	°C	Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	14,20	1.619,50
ESTIVA	20,00	1.052,60	14,20	1.619,50

X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 698,879 Pa.
	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di vapore condensato è pari a 0,000 kg/m ² (rievaporabile durante il periodo estivo).
X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 698,879 Pa.

VERIFICA FORMAZIONE CONDENSA SUPERFICIALE

Mese	Pressione esterna P_e Pa	Numero di ric. d'aria n 1/h	Variazione di pressione ΔP Pa	Pressione interna P_i Pa	Pressione int. di satur. P_{si} Pa	Temp. sup. interna T_{si} °C	Fattore di res. sup. f_{Rsi}
ottobre	1619,46	-	234,56	1877,48	2346,85	20,07	1,0118

Verifica di condensa superficiale:

Fattore di resistenza superficiale nel mese critico f_{Rsi} : 0,0000 (mese di)

Fattore di resistenza superficiale ammissibile f_{RsiAmm} : 0,8889

ESITO VERIFICA DI CONDENSA SUPERFICIALE: OK

PRESSIONE DI VAPORE E PRESSIONE DI SATURAZIONE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interno-Add	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0
	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0
Add-A	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0
	2.212,6	2.212,6	2.212,6	2.212,6	2.212,6	2.212,6	2.212,6	2.212,6	2.212,6	2.212,6	2.212,6	2.212,6
A-B	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0
	2.183,4	2.183,4	2.183,4	2.183,4	2.183,4	2.183,4	2.183,4	2.183,4	2.183,4	2.183,4	2.183,4	2.183,4
B-C	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5
	1.640,4	1.640,4	1.640,4	1.640,4	1.640,4	1.640,4	1.640,4	1.640,4	1.640,4	1.640,4	1.640,4	1.640,4
C-Add	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5
	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5

TEMPERATURE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interno-Add	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Add-A	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2
A-B	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1
B-C	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9
C-Add	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4
Add-Esterno	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2

VERIFICA FORMAZIONE CONDENSA INTERSTIZIALE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interf. A/B												
Gc [Kg/m²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Interf. B/C												
Gc [Kg/m²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Interf. C/D												
Gc [Kg/m²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Verifica di condensa interstiziale:

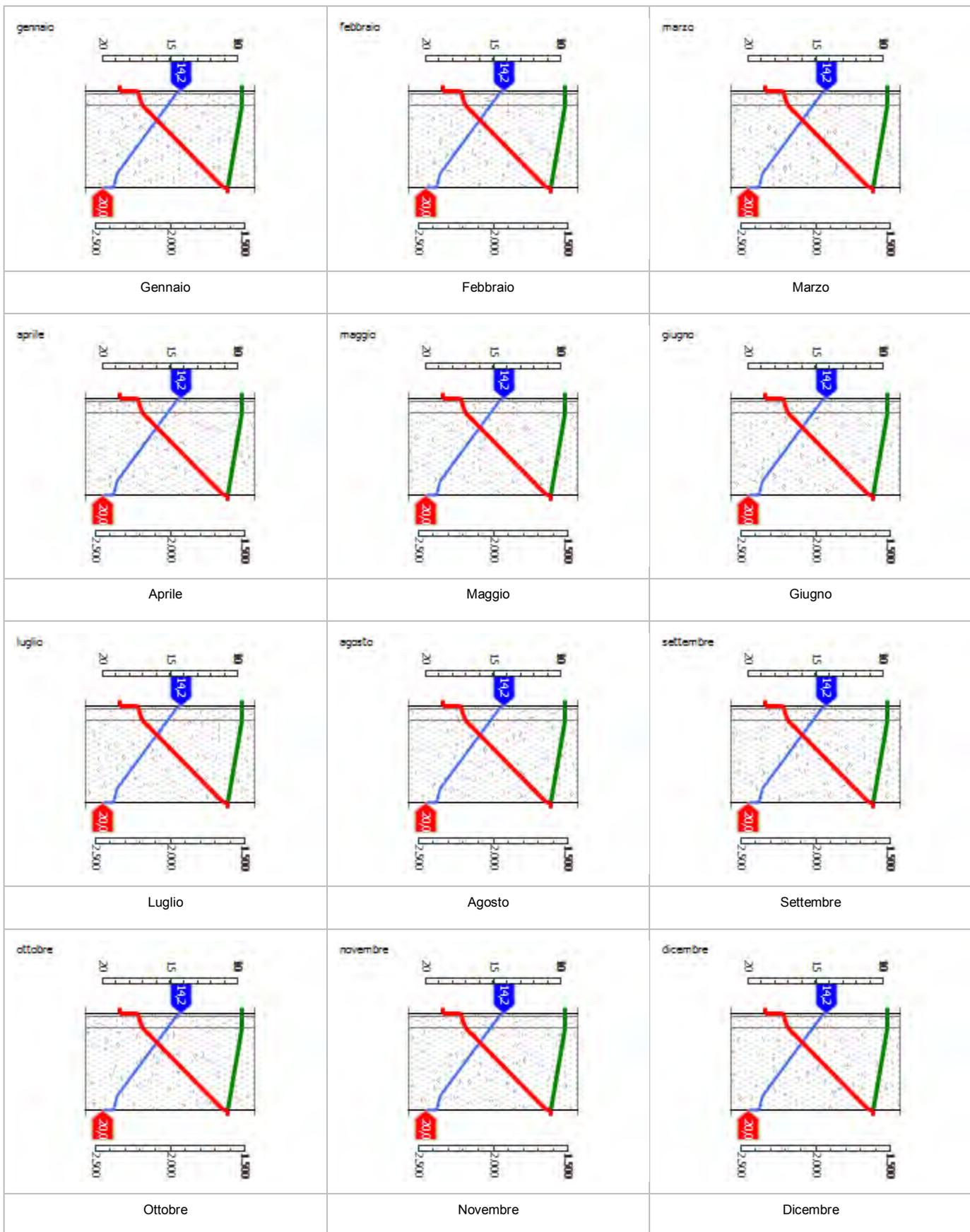
Quantità massima di vapore accumulato mensilmente G_c : 0,0000 (mese di -) kg/m^2 nell'interfaccia -

Quantità ammissibile di vapore accumulato mensilmente in un'interfaccia $G_{c,max}$: 0,5000 kg/m^2

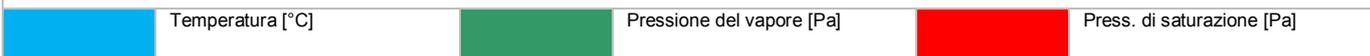
Quantità di vapore residuo M_a : 0,0000 (mese di -) kg/m^2 nell'interfaccia -

ESITO VERIFICA DI CONDENZA INTERSTIZIALE: Condensa assente

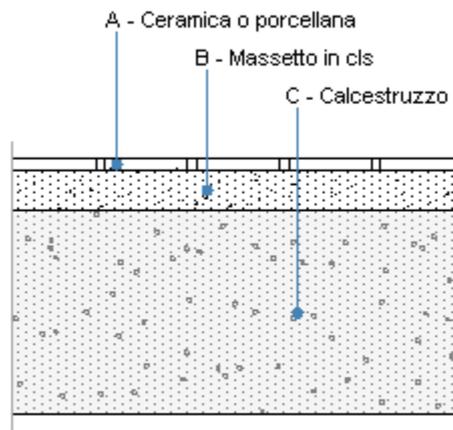
DIAGRAMMI DI PRESSIONE E TEMPERATURA



LEGENDA



--- Solaio interno



Le proprietà termiche dell'elemento opaco sono valutate in base alla UNI EN ISO 6946.

DATI DELLA STRUTTURA OPACA

Nome: --- Solaio interno

Note:

Tipologia:	Pavimento	Disposizione:	Orizzontale
Verso:	Locale interno alla zona	Spessore:	250,0 mm
Trasmittanza U:	1,154 W/(m ² K)	Resistenza R:	0,867 (m ² K)/W
Massa superf.:	359 Kg/m ²	Colore:	Chiaro
Area:	- m ²		

STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore s [mm]	Conduttività λ [W/(mK)]	Resistenza R [(m ² K)/W]	Densità ρ [Kg/m ³]	Capacità term. C [kJ/(kgK)]	Fattore μ _a [-]	Fattore μ _u [-]
	Adduttanza interna (flusso verticale discendente)	-	-	0,170	-	-	-	-
A	Ceramica o porcellana	10,0	1,300	0,008	2.300	0,84	0,0	300.00 0,0
B	Massetto in cls	40,0	0,930	0,043	2.400	1,00	0,0	0,0

C	Calcestruzzo	200,0	0,330	0,606	1.200	1,00	3,3	3,3
	Adduttanza esterna (flusso verticale discendente)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	250,0		0,867				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 5,880 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,170 (m²K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m²K)/W

VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Il comportamento termoigrometrico dell'elemento opaco è valutato secondo le procedure di calcolo contenute nella UNI EN ISO 13788.

CONDIZIONI AL CONTORNO E DATI CLIMATICI

Comune:	Bologna	Tipo di calcolo:	Classi di concentrazione
Verso:	Locale interno alla zona	Coeff. di correzione btr,x:	
Classe di edificio:	Alloggi con basso indice di affollamento	Volume interno V:	- m ³
Prod. nota di vapore G:	- kg/h		

Mese	Temperatura interna T _i	Umidità relativa interna φ _i	Temperatura esterna T _e	Umidità relativa esterna φ _e	Ricambio d'aria n
	°C	%	°C	%	1/h
gennaio	20,0	65,0	2,1	89,5	0,5
febbraio	20,0	65,0	4,6	86,8	0,5
marzo	20,0	65,0	9,4	71,9	0,5
aprile	20,0	65,0	14,2	67,0	0,5
maggio	20,0	65,0	18,2	67,9	0,5
giugno	20,0	65,0	22,9	64,7	0,5
luglio	20,0	65,0	25,4	56,6	0,5
agosto	20,0	65,0	24,9	60,5	0,5
settembre	20,0	65,0	21,2	64,0	0,5
ottobre	20,0	65,0	14,9	74,5	0,5
novembre	20,0	65,0	8,7	85,0	0,5
dicembre	20,0	65,0	4,0	86,1	0,5

CONDIZIONE	Temperatura interna θ _i	Pressione parziale interna p _i	Temperatura esterna θ _e	Pressione parziale esterna p _e
	°C	Pa	°C	Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	2,10	636,00
ESTIVA	20,00	2.107,40	25,40	1.835,00

X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 355,695 Pa.
	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di vapore condensato è pari a 0,000 kg/m ² (rievaporabile durante il periodo estivo).
X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 355,695 Pa.

VERIFICA FORMAZIONE CONDENSA SUPERFICIALE

Mese	Pressione esterna P_e Pa	Numero di ric. d'aria n 1/h	Variazione di pressione ΔP Pa	Pressione interna P_i Pa	Pressione int. di satur. P_{si} Pa	Temp. sup. interna T_{si} °C	Fattore di res. sup. fR_{si}
ottobre	1261	-	206,55	1488,21	1860,26	16,37	0,2875

Verifica di condensa superficiale:

Fattore di resistenza superficiale nel mese critico fR_{si} : 0,0000 (mese di)

Fattore di resistenza superficiale ammissibile fR_{siAmm} : 0,8500

ESITO VERIFICA DI CONDENSA SUPERFICIALE: OK

PRESSIONE DI VAPORE E PRESSIONE DI SATURAZIONE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interno-Add	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0
	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0
Add-A	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0
	1.855,9	1.917,3	2.040,4	2.170,3	2.284,1	2.424,4	2.502,0	2.486,3	2.372,8	2.189,9	2.022,0	1.902,4
A-B	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0
	1.753,4	1.826,3	1.973,8	2.131,6	2.271,5	2.446,0	2.543,5	2.523,7	2.381,5	2.155,5	1.951,7	1.808,6
B-C	636,0	736,0	847,0	1.084,0	1.418,0	1.806,0	1.835,0	1.904,0	1.611,0	1.261,0	956,0	700,0
	753,4	891,0	1.218,2	1.646,9	2.099,8	2.768,3	3.194,5	3.104,9	2.507,7	1.719,3	1.164,7	856,1
C-Add	636,0	736,0	847,0	1.084,0	1.418,0	1.806,0	1.835,0	1.904,0	1.611,0	1.261,0	956,0	700,0
	710,4	847,8	1.178,8	1.618,6	2.088,9	2.790,9	3.242,1	3.147,1	2.516,3	1.693,5	1.124,4	812,8

TEMPERATURE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interno-Add	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Add-A	16,5	17,0	17,9	18,9	19,6	20,6	21,1	21,0	20,2	19,0	17,8	16,9
A-B	16,3	16,8	17,8	18,8	19,6	20,6	21,1	21,0	20,2	19,0	17,7	16,7
B-C	15,4	16,1	17,3	18,5	19,5	20,7	21,4	21,2	20,3	18,7	17,1	15,9
C-Add	2,9	5,3	9,9	14,5	18,3	22,8	25,2	24,7	21,1	15,1	9,2	4,7
Add-Esterno	2,1	4,6	9,4	14,2	18,2	22,9	25,4	24,9	21,2	14,9	8,7	4,0

VERIFICA FORMAZIONE CONDENSA INTERSTIZIALE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interf. A/B												
Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Interf. B/C												
Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Interf. C/D												
Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Verifica di condensa interstiziale:

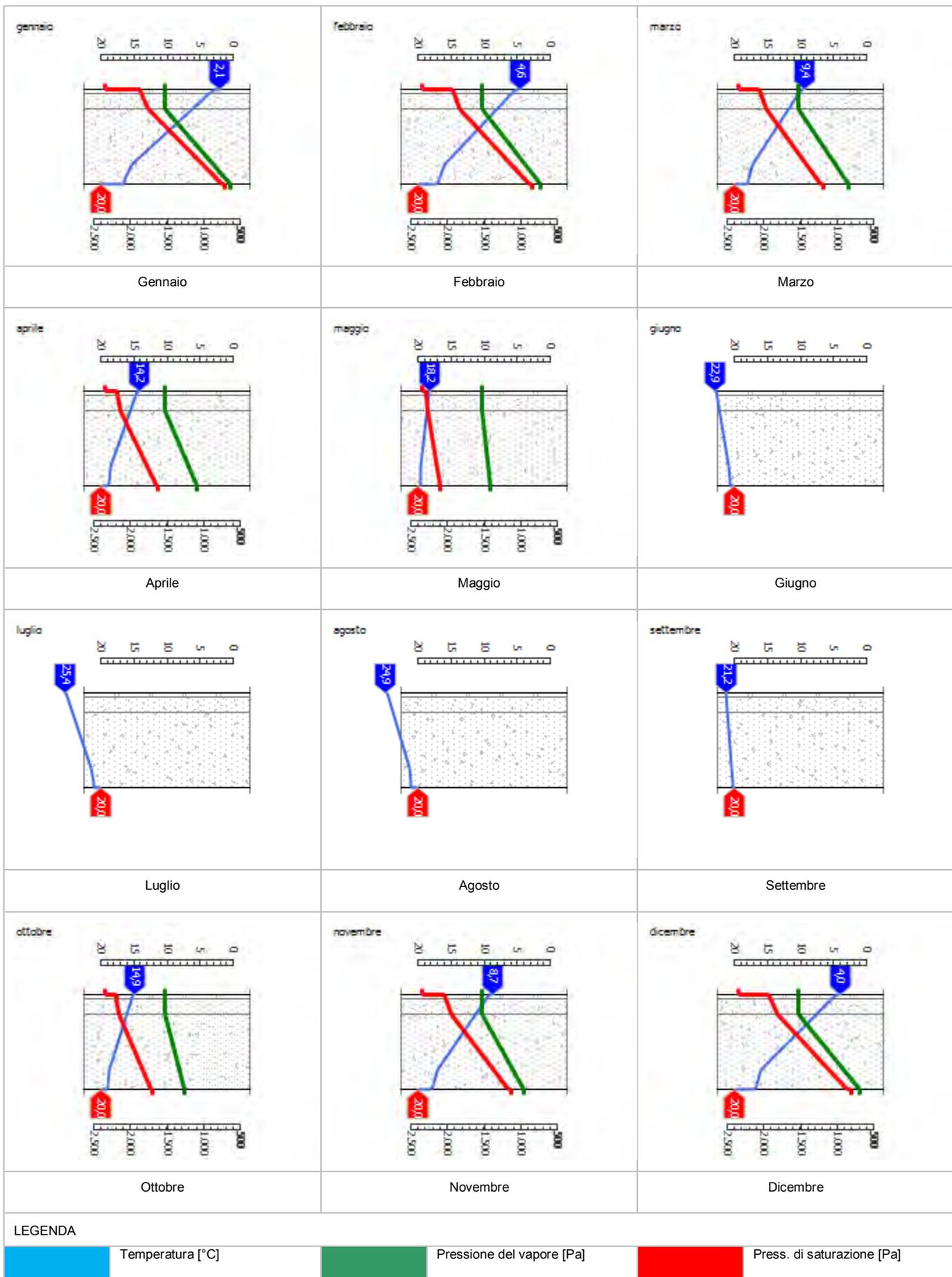
Quantità massima di vapore accumulato mensilmente G_c : 0,0000 (mese di -) kg/m^2 nell'interfaccia -

Quantità ammissibile di vapore accumulato mensilmente in un'interfaccia $G_{c,max}$: 0,5000 kg/m^2

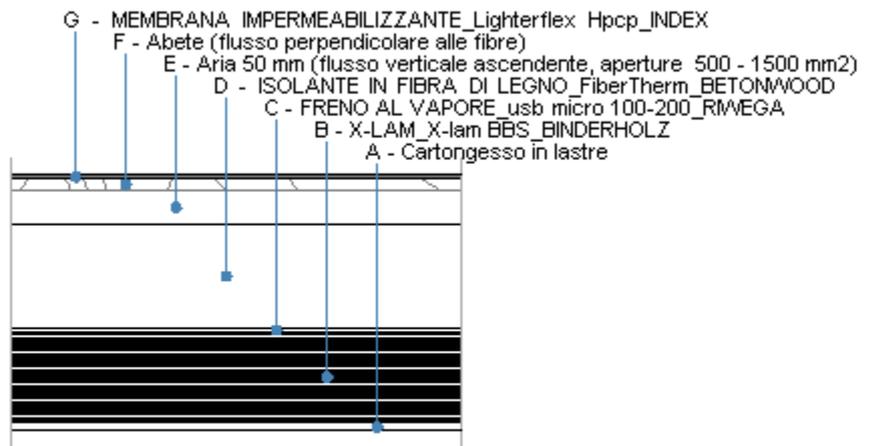
Quantità di vapore residuo M_a : 0,0000 (mese di -) kg/m^2 nell'interfaccia -

ESITO VERIFICA DI CONDENZA INTERSTIZIALE: Condensa assente

DIAGRAMMI DI PRESSIONE E TEMPERATURA



Copertura verde AMPLIAMENTO



Le proprietà termiche dell'elemento opaco sono valutate in base alla UNI EN ISO 6946.

DATI DELLA STRUTTURA OPACA

Nome: Copertura verde AMPLIAMENTO

Note:

Tipologia:	Copertura	Disposizione:	Orizzontale
Verso:	Esterno	Spessore:	390,7 mm
Trasmittanza U:	0,177 W/(m ² K)	Resistenza R:	5,665 (m ² K)/W
Massa superf.:	116 Kg/m ²	Colore:	Chiaro
Area:	- m ²		

STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore s [mm]	Conduttività λ [W/(mK)]	Resistenza R [(m ² K)/W]	Densità ρ [Kg/m ³]	Capacità term. C [kJ/(kgK)]	Fattore μ _a [-]	Fattore μ _u [-]
	Adduttanza interna (flusso verticale ascendente)	-	-	0,100	-	-	-	-
A	Cartongesso in lastre	12,5	0,210	0,060	900	1,30	8,7	8,7
B	X-LAM_X-lam BBS_BINDERHOLZ	140,0	0,130	1,077	470	2,10	0,0	0,0

C	FRENO AL VAPORE_usb micro 100-200_RIWEGA	4,2	0,220	0,019	230	1,00	42.857,0	42.857,0
D	ISOLANTE IN FIBRA DI LEGNO_FiberTherm_BETONWOOD	160,0	0,039	4,103	160	2,10	0,0	0,0
E	Aria 50 mm (flusso verticale ascendente, aperture 500 - 1500 mm2)	50,0	0,620	0,081	1	1,00	1,0	1,0
F	Abete (flusso perpendicolare alle fibre)	20,0	0,120	0,167	450	1,38	44,4	33,3
G	MEMBRANA IMPERMEABILIZZANTE_Lighterflex Hpcp_INDEX	4,0	0,200	0,020	800	1,00	20.000,0	20.000,0
	Adduttanza esterna (flusso verticale ascendente)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	390,7		5,665				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 10,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,100 (m²K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m²K)/W

VERIFICA DI TRASMITTANZA

Verifica di trasmittanza (non considerando l'influenza di eventuali ponti termici non corretti):

Comune:	Bologna	Zona climatica:	E
Trasmittanza della struttura U:	0,177 W/(m ² K)	Trasmittanza limite Ulim:	- W/(m ² K)

Riferimento normativo: Limiti relativi alla Regione Emilia Romagna DGLS 192/311

ESITO VERIFICA DI TRASMITTANZA: -

VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Il comportamento termoigrometrico dell'elemento opaco è valutato secondo le procedure di calcolo contenute nella UNI EN ISO 13788.

CONDIZIONI AL CONTORNO E DATI CLIMATICI

Comune:	Bologna	Tipo di calcolo:	Classi di concentrazione
Verso:	Esterno	Coeff. di correzione btr,x:	
Classe di edificio:	Alloggi con basso indice di affollamento	Volume interno V:	- m ³
Prod. nota di vapore G:	- kg/h		

Mese	Temperatura interna T_i	Umidità relativa interna ϕ_i	Temperatura esterna T_e	Umidità relativa esterna ϕ_e	Ricambio d'aria n
	°C	%	°C	%	1/h
<i>gennaio</i>	20,0	65,0	2,1	89,5	0,5
<i>febbraio</i>	20,0	65,0	4,6	86,8	0,5
<i>marzo</i>	20,0	65,0	9,4	71,9	0,5
<i>aprile</i>	20,0	65,0	14,2	67,0	0,5
<i>maggio</i>	20,0	65,0	18,2	67,9	0,5
<i>giugno</i>	20,0	65,0	22,9	64,7	0,5
<i>luglio</i>	20,0	65,0	25,4	56,6	0,5
<i>agosto</i>	20,0	65,0	24,9	60,5	0,5
<i>settembre</i>	20,0	65,0	21,2	64,0	0,5
<i>ottobre</i>	20,0	65,0	14,9	74,5	0,5
<i>novembre</i>	20,0	65,0	8,7	85,0	0,5
<i>dicembre</i>	20,0	65,0	4,0	86,1	0,5

CONDIZIONE	Temperatura interna θ_i	Pressione parziale interna p_i	Temperatura esterna θ_e	Pressione parziale esterna p_e
	°C	Pa	°C	Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	2,10	636,00
ESTIVA	20,00	2.107,40	25,40	1.835,00

	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 0 Pa.
X	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di vapore condensato è pari a 0,375 kg/m ² (rievaporabile durante il periodo estivo).
X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 772,618 Pa.

VERIFICA FORMAZIONE CONDENSA SUPERFICIALE

Mese	Pressione esterna P_e Pa	Numero di ric. d'aria n 1/h	Variazione di pressione ΔP Pa	Pressione interna P_i Pa	Pressione int. di satur. P_{si} Pa	Temp. sup. interna T_{si} °C	Fattore di res. sup. fR_{si}
ottobre	1261	-	206,55	1488,21	1860,26	16,37	0,2875
novembre	956	-	457,65	1459,42	1824,27	16,06	0,6513
dicembre	700	-	648	1412,8	1766	15,55	0,722
gennaio	636	-	724,95	1433,45	1791,81	15,78	0,7642
febbraio	736	-	623,7	1422,07	1777,59	15,65	0,7178
marzo	847	-	429,3	1319,23	1649,04	14,49	0,48
aprile	1084	-	234,9	1342,39	1677,99	14,76	0,0961

Verifica di condensa superficiale:

Fattore di resistenza superficiale nel mese critico fR_{si} : 0,7642 (mese di Gennaio)

Fattore di resistenza superficiale ammissibile fR_{siAmm} : 0,9771

ESITO VERIFICA DI CONDENSA SUPERFICIALE: OK

PRESSIONE DI VAPORE E PRESSIONE DI SATURAZIONE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interno-Add	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0
	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0
Add-A	1.518,7	1.518,7	1.518,7	1.518,8	1.519,0	1.519,1	1.519,1	1.519,2	1.519,1	1.518,9	1.518,8	1.518,7
	2.265,0	2.275,0	2.294,1	2.313,4	2.329,6	2.348,8	2.359,0	2.357,0	2.341,8	2.316,3	2.291,3	2.272,6
A-B	1.518,7	1.518,7	1.518,7	1.518,8	1.519,0	1.519,1	1.519,1	1.519,2	1.519,1	1.518,9	1.518,8	1.518,7
	1.828,2	1.892,8	2.022,5	2.160,0	2.280,7	2.430,1	2.513,0	2.496,2	2.375,1	2.180,7	2.003,1	1.877,1
B-C	909,8	978,8	1.055,4	1.218,9	1.449,3	1.717,0	1.737,0	1.784,6	1.582,5	1.341,0	1.130,6	953,9
	1.821,1	1.886,6	2.018,0	2.157,4	2.279,9	2.431,6	2.515,8	2.498,7	2.375,7	2.178,4	1.998,3	1.870,7
C-D	909,8	978,8	1.055,4	1.218,9	1.449,3	1.717,0	1.737,0	1.784,6	1.582,5	1.341,0	1.130,6	953,9
	761,2	898,7	1.225,3	1.651,9	2.101,8	2.764,4	3.186,2	3.097,6	2.506,3	1.723,9	1.171,9	863,9
D-E	909,6	978,6	1.055,2	1.218,8	1.449,3	1.717,1	1.737,1	1.784,7	1.582,5	1.341,0	1.130,5	953,8
	747,6	885,1	1.212,9	1.643,1	2.098,4	2.771,3	3.200,8	3.110,5	2.508,9	1.715,9	1.159,3	850,2
E-F	906,6	976,0	1.052,9	1.217,3	1.449,0	1.718,1	1.738,2	1.786,0	1.582,8	1.340,1	1.128,5	951,0
	720,0	857,6	1.187,8	1.625,0	2.091,4	2.785,7	3.231,1	3.137,4	2.514,3	1.699,4	1.133,6	822,6
F-G	636,0	736,0	847,0	1.084,0	1.418,0	1.806,0	1.835,0	1.904,0	1.611,0	1.261,0	956,0	700,0
	716,8	854,3	1.184,8	1.622,9	2.090,6	2.787,4	3.234,8	3.140,6	2.515,0	1.697,4	1.130,5	819,3
G-Add	636,0	736,0	847,0	1.084,0	1.418,0	1.806,0	1.835,0	1.904,0	1.611,0	1.261,0	956,0	700,0
	710,4	847,8	1.178,8	1.618,6	2.088,9	2.790,9	3.242,1	3.147,1	2.516,3	1.693,5	1.124,4	812,8

TEMPERATURE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interno-Add	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Add-A	19,7	19,7	19,8	19,9	20,0	20,1	20,1	20,1	20,0	19,9	19,8	19,7
A-B	19,5	19,6	19,7	19,8	19,9	20,1	20,2	20,1	20,0	19,9	19,7	19,5
B-C	16,1	16,6	17,7	18,7	19,6	20,6	21,2	21,1	20,3	18,9	17,5	16,5
C-D	16,0	16,6	17,7	18,7	19,6	20,6	21,2	21,1	20,3	18,9	17,5	16,5
D-E	3,1	5,4	10,0	14,5	18,3	22,7	25,1	24,6	21,1	15,2	9,3	4,9
E-F	2,8	5,2	9,8	14,4	18,3	22,8	25,2	24,7	21,2	15,1	9,2	4,6
F-G	2,3	4,8	9,5	14,3	18,2	22,9	25,3	24,8	21,2	15,0	8,8	4,2
G-Add	2,2	4,7	9,5	14,2	18,2	22,9	25,4	24,9	21,2	14,9	8,8	4,1
Add-Esterno	2,1	4,6	9,4	14,2	18,2	22,9	25,4	24,9	21,2	14,9	8,7	4,0

VERIFICA FORMAZIONE CONDENSA INTERSTIZIALE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interf. E/F												
Gc [Kg/m ²]	0,1294	0,1165	-0,0015	-0,0039	-0,0062	-0,0098	-0,0140	-0,0127	-0,0086	0,0000	0,0000	0,1294
Ma [Kg/m ²]	0,2589	0,3754	0,3739	0,3700	0,3637	0,3539	0,3399	0,3272	0,3186	0,0000	0,0000	0,1294
Interf. F/G												
Gc [Kg/m ²]	0,0151	0,0135	-0,0013	-0,0038	-0,0062	-0,0100	-0,0144	-0,0130	0,0000	0,0000	0,0000	0,0149
Ma [Kg/m ²]	0,0301	0,0435	0,0422	0,0384	0,0322	0,0223	0,0078	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0149
Interf. G/H												
Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

gennaio - Strato G. Formazione di condensa: 0,2589 kg/m²

0,2589 - Strato H. Formazione di condensa: 0,0301 kg/m²

gennaio - Strato G. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: 0,3754 > 0,2700 kg/m²

0,3754 - Strato H. Formazione di condensa: 0,0435 kg/m²

febbraio - Strato G. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: 0,3739 > 0,2700 kg/m²

0,3739 - Strato H. Formazione di condensa: 0,0422 kg/m²

marzo - Strato G. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: 0,3700 > 0,2700 kg/m²

0,3700 - Strato H. Formazione di condensa: 0,0384 kg/m²

aprile - Strato G. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: 0,3637 > 0,2700 kg/m²

0,3637 - Strato H. Formazione di condensa: 0,0322 kg/m²

maggio - Strato G. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: 0,3539 > 0,2700 kg/m²

0,3539 - Strato H. Formazione di condensa: 0,0223 kg/m²

giugno - Strato G. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: 0,3399 > 0,2700 kg/m²

0,3399 - Strato H. Formazione di condensa: 0,0078 kg/m²

luglio - Strato G. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: 0,3272 > 0,2700 kg/m²

agosto - Strato G. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: 0,3186 > 0,2700 kg/m²

dicembre - Strato G. Formazione di condensa: 0,1294 kg/m²

0,1294 - Strato H. Formazione di condensa: 0,0149 kg/m²

Mese condensazione massima: febbraio

Verifica di condensa interstiziale:

Quantità massima di vapore accumulato mensilmente Gc: 0,1294 (mese di gennaio) kg/m² nell'interfaccia E-F

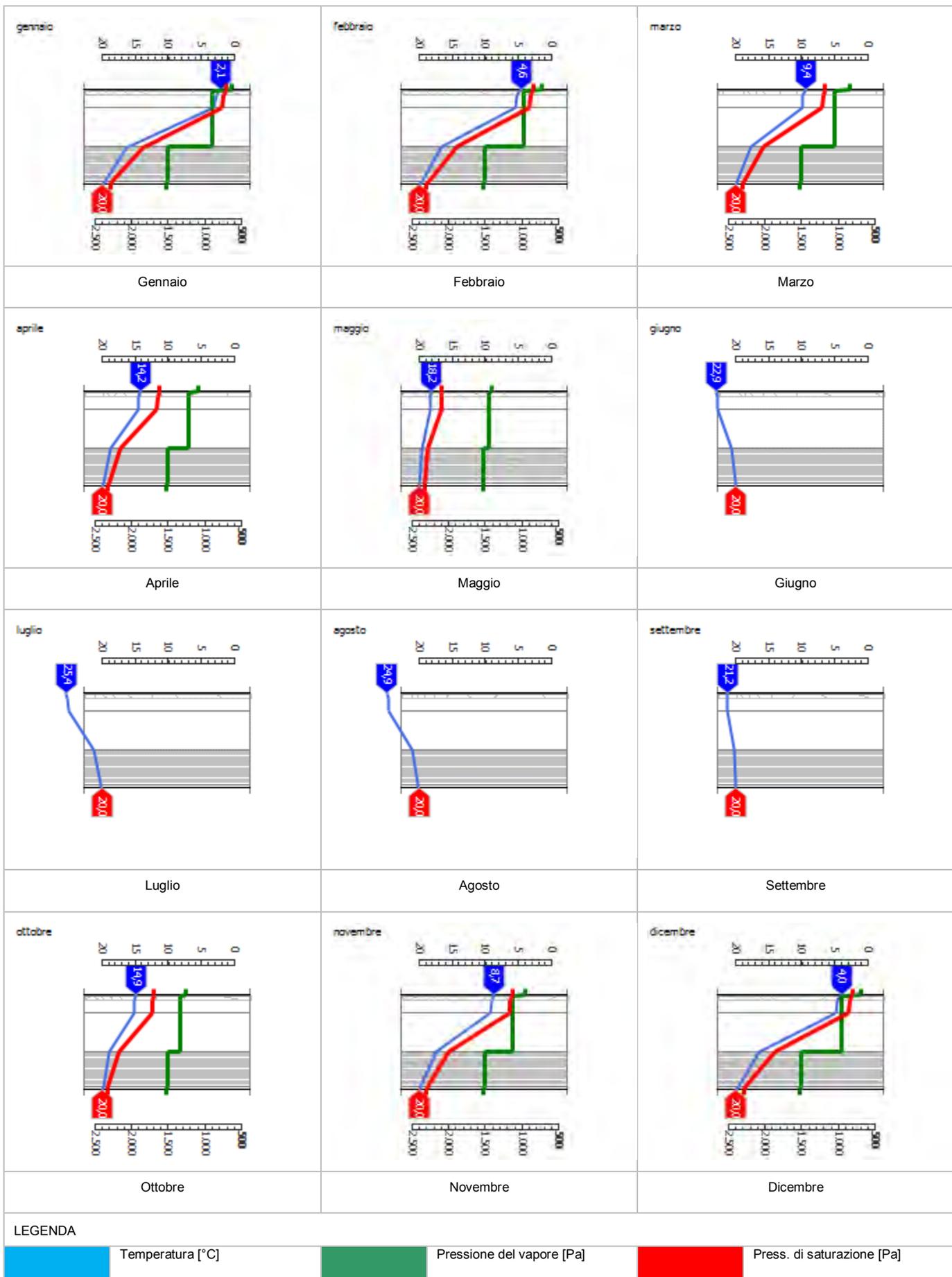
Quantità ammissibile di vapore accumulato mensilmente in un'interfaccia Gc,max: 0,2700 kg/m²

Quantità di vapore residuo Ma: 0,3754 (mese di febbraio) kg/m² nell'interfaccia E-F

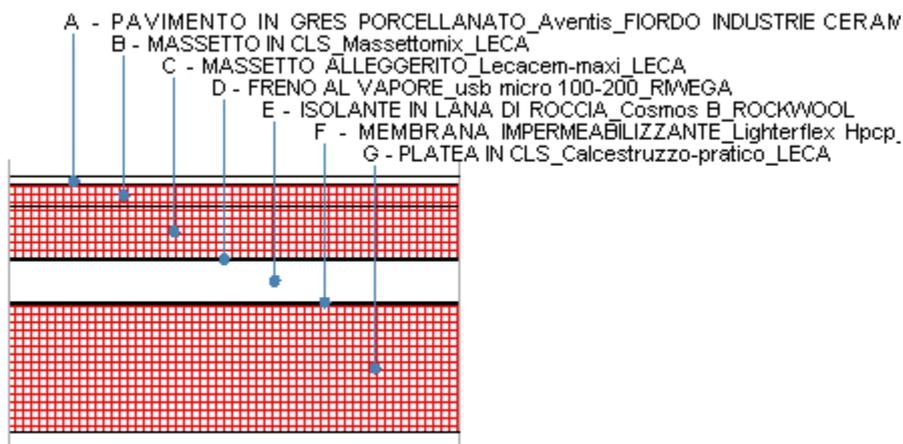
ESITO VERIFICA DI CONDENZA INTERSTIZIALE: Interfaccia E-F

- Condensa eccessiva: $0,3754 > 0,2700 \text{ kg/m}^2$

DIAGRAMMI DI PRESSIONE E TEMPERATURA



Solaio contro terra AMPLIAMENTO



Le proprietà termiche dell'elemento opaco sono valutate in base alla UNI EN ISO 6946.

DATI DELLA STRUTTURA OPACA

Nome: Solaio contro terra AMPLIAMENTO

Note:

Tipologia:	Pavimento	Disposizione:	Orizzontale
Verso:	Terreno	Spessore:	493,2 mm
Trasmittanza U:	0,264 W/(m ² K)	Resistenza R:	3,795 (m ² K)/W
Massa superf.:	570 Kg/m ²	Colore:	Chiaro
Area:	- m ²		

STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore s [mm]	Conduttività λ [W/(mK)]	Resistenza R [(m ² K)/W]	Densità ρ [Kg/m ³]	Capacità term. C [kJ/(kgK)]	Fattore μ _a [-]	Fattore μ _u [-]
	Adduttanza interna (flusso verticale discendente)	-	-	0,170	-	-	-	-
A	PAVIMENTO IN GRES PORCELLANATO_Aventis_FIORDO INDUSTRIE CERAMICHE	15,0	1,300	0,012	2.200	1,00	0,0	0,0

B	MASSETTO IN CLS_Massettomix_LECA	40,0	1,300	0,031	2.000	1,00	0,0	0,0
C	MASSETTO ALLEGGERITO_Lecacem-maxi_LECA	100,0	0,126	0,794	450	1,00	0,0	0,0
D	FRENO AL VAPORE_usb micro 100-200_RIWEGA	4,2	0,220	0,019	230	1,00	42.857,0	42.857,0
E	ISOLANTE IN LANA DI ROCCIA_Cosmos B_ROCKWOOL	80,0	0,035	2,286	100	1,00	0,0	0,0
F	MEMBRANA IMPERMEABILIZZANTE_Lighterflex Hpcp_INDEX	4,0	0,200	0,020	800	1,00	20.000,0	20.000,0
G	PLATEA IN CLS_Calcestruzzo-pratico_LECA	250,0	0,590	0,424	1.600	1,00	0,0	0,0
	Adduttanza esterna (flusso verticale discendente)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	493,2		3,795				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 5,880 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,170 (m²K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m²K)/W

VERIFICA DI TRASMITTANZA

Verifica di trasmittanza (non considerando l'influenza di eventuali ponti termici non corretti):

Comune:	Bologna	Zona climatica:	E
Trasmittanza della struttura U:	0,264 W/(m ² K)	Trasmittanza limite Ulim:	- W/(m ² K)

Riferimento normativo: Limiti relativi alla Regione Emilia Romagna DGLS 192/311

ESITO VERIFICA DI TRASMITTANZA: -

VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Il comportamento termoigrometrico dell'elemento opaco è valutato secondo le procedure di calcolo contenute nella UNI EN ISO 13788.

CONDIZIONI AL CONTORNO E DATI CLIMATICI

Comune:	Bologna	Tipo di calcolo:	Classi di concentrazione
Verso:	Terreno	Coeff. di correzione btr,x:	
Classe di edificio:	Alloggi con basso indice di affollamento	Volume interno V:	- m ³
Prod. nota di vapore G:	- kg/h		

Mese	Temperatura	Umidità relativa	Temperatura	Umidità relativa	Ricambio
	interna T _i	interna φ _i	esterna T _e	esterna φ _e	d'aria n
	°C	%	°C	%	1/h
gennaio	20,0	65,0	14,2	100,0	0,5
febbraio	20,0	65,0	14,2	100,0	0,5
marzo	20,0	65,0	14,2	100,0	0,5
aprile	20,0	65,0	14,2	100,0	0,5
maggio	20,0	65,0	14,2	100,0	0,5
giugno	20,0	65,0	14,2	100,0	0,5
luglio	20,0	65,0	14,2	100,0	0,5
agosto	20,0	65,0	14,2	100,0	0,5
settembre	20,0	65,0	14,2	100,0	0,5
ottobre	20,0	65,0	14,2	100,0	0,5
novembre	20,0	65,0	14,2	100,0	0,5
dicembre	20,0	65,0	14,2	100,0	0,5

CONDIZIONE	Temperatura interna θ _i	Pressione parziale interna p _i	Temperatura esterna θ _e	Pressione parziale esterna p _e
	°C	Pa	°C	Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	14,20	1.619,50
ESTIVA	20,00	1.052,60	14,20	1.619,50

X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 780,647 Pa.
	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di vapore condensato è pari a 0,000 kg/m ² (rievaporabile durante il periodo estivo).
X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 780,647 Pa.

VERIFICA FORMAZIONE CONDENSA SUPERFICIALE

Mese	Pressione esterna P_e Pa	Numero di ric. d'aria n 1/h	Variazione di pressione ΔP Pa	Pressione interna P_i Pa	Pressione int. di satur. P_{si} Pa	Temp. sup. interna T_{si} °C	Fattore di res. sup. f_{Rsi}
ottobre	1619,46	-	234,56	1877,48	2346,85	20,07	1,0118

Verifica di condensa superficiale:

Fattore di resistenza superficiale nel mese critico f_{Rsi} : 0,0000 (mese di)

Fattore di resistenza superficiale ammissibile f_{RsiAmm} : 0,9657

ESITO VERIFICA DI CONDENSA SUPERFICIALE: OK

PRESSIONE DI VAPORE E PRESSIONE DI SATURAZIONE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interno-Add	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0
	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0
Add-A	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0
	2.297,2	2.297,2	2.297,2	2.297,2	2.297,2	2.297,2	2.297,2	2.297,2	2.297,2	2.297,2	2.297,2	2.297,2
A-B	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0
	2.290,5	2.290,5	2.290,5	2.290,5	2.290,5	2.290,5	2.290,5	2.290,5	2.290,5	2.290,5	2.290,5	2.290,5
B-C	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0
	2.123,8	2.123,8	2.123,8	2.123,8	2.123,8	2.123,8	2.123,8	2.123,8	2.123,8	2.123,8	2.123,8	2.123,8
C-D	1.588,6	1.588,6	1.588,6	1.588,6	1.588,6	1.588,6	1.588,6	1.588,6	1.588,6	1.588,6	1.588,6	1.588,6
	2.120,0	2.120,0	2.120,0	2.120,0	2.120,0	2.120,0	2.120,0	2.120,0	2.120,0	2.120,0	2.120,0	2.120,0
D-E	1.588,6	1.588,6	1.588,6	1.588,6	1.588,6	1.588,6	1.588,6	1.588,6	1.588,6	1.588,6	1.588,6	1.588,6
	1.698,6	1.698,6	1.698,6	1.698,6	1.698,6	1.698,6	1.698,6	1.698,6	1.698,6	1.698,6	1.698,6	1.698,6
E-F	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5
	1.695,2	1.695,2	1.695,2	1.695,2	1.695,2	1.695,2	1.695,2	1.695,2	1.695,2	1.695,2	1.695,2	1.695,2
F-G	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5
	1.625,9	1.625,9	1.625,9	1.625,9	1.625,9	1.625,9	1.625,9	1.625,9	1.625,9	1.625,9	1.625,9	1.625,9
G-Add	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5
	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5	1.619,5

TEMPERATURE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interno-Add	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Add-A	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7
A-B	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7
B-C	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7
C-D	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5
D-E	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4
E-F	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9
F-G	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9
G-Add	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3
Add-Esterno	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2

VERIFICA FORMAZIONE CONDENSA INTERSTIZIALE

	<i>Gen</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Apr</i>	<i>Mag</i>	<i>Giu</i>	<i>Lug</i>	<i>Ago</i>	<i>Set</i>	<i>Ott</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>
Interf. A/B												
Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Interf. B/C												
Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Interf. C/D												
Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Interf. D/E												
Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Interf. E/F												
Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]												

Verifica di condensa interstiziale:

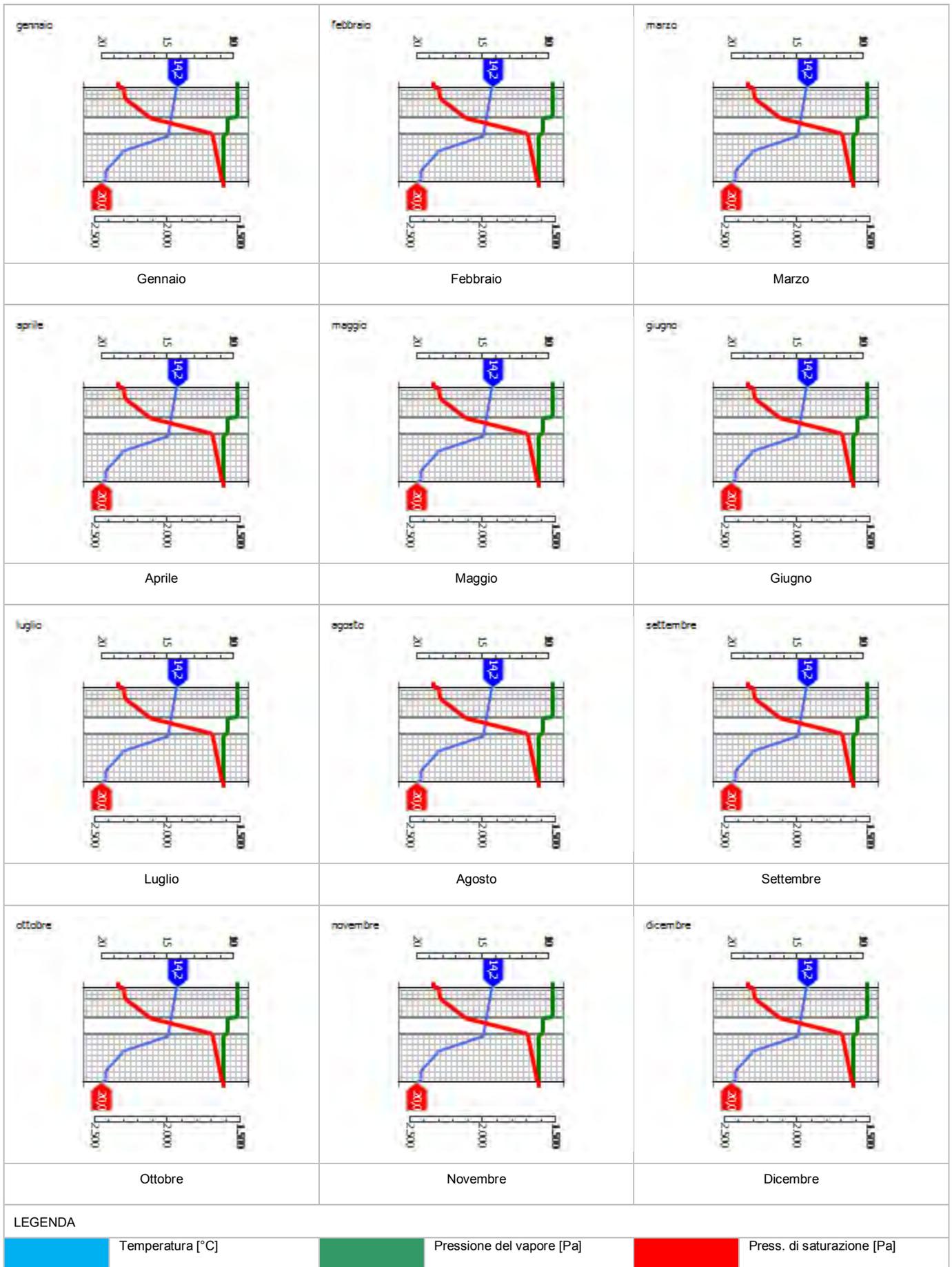
Quantità massima di vapore accumulato mensilmente G_c: 0,0000 (mese di -) kg/m² nell'interfaccia -

Quantità ammissibile di vapore accumulato mensilmente in un'interfaccia G_{c,max}: 0,5000 kg/m²

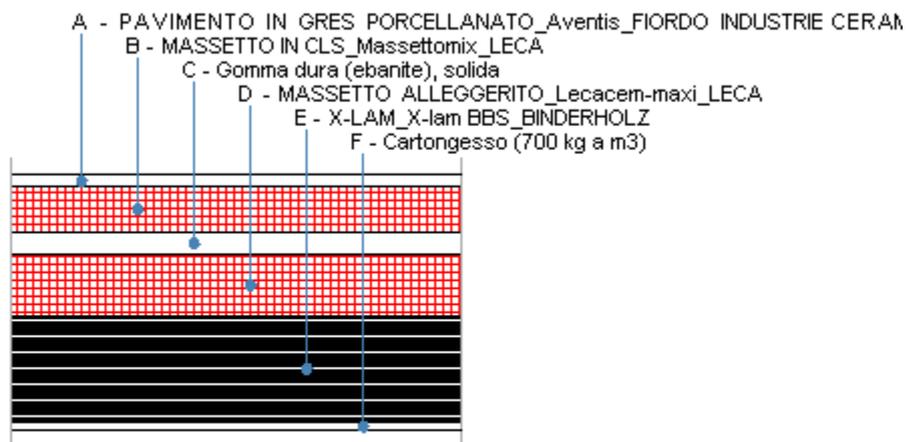
Quantità di vapore residuo Ma: 0,0000 (mese di -) kg/m² nell'interfaccia -

ESITO VERIFICA DI CONDENSA INTERSTIZIALE: Condensa assente

DIAGRAMMI DI PRESSIONE E TEMPERATURA



Solaio interno AMPLIAMENTO



Le proprietà termiche dell'elemento opaco sono valutate in base alla UNI EN ISO 6946.

DATI DELLA STRUTTURA OPACA

Nome: Solaio interno AMPLIAMENTO

Note:

Tipologia:	Pavimento	Disposizione:	Orizzontale
Verso:	Locale interno alla zona	Spessore:	337,5 mm
Trasmittanza U:	0,451 W/(m ² K)	Resistenza R:	2,216 (m ² K)/W
Massa superf.:	300 Kg/m ²	Colore:	Chiaro
Area:	- m ²		

STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore s [mm]	Conduttività λ [W/(mK)]	Resistenza R [(m ² K)/W]	Densità ρ [Kg/m ³]	Capacità term. C [kJ/(kgK)]	Fattore μ _a [-]	Fattore μ _u [-]
	Adduttanza interna (flusso verticale discendente)	-	-	0,170	-	-	-	-
A	PAVIMENTO IN GRES PORCELLANATO_Aventis_FIORDO INDUSTRIE CERAMICHE	15,0	1,300	0,012	2.200	1,00	0,0	0,0

B	MASSETTO IN CLS_Massettomix_LECA	60,0	1,300	0,046	2.000	1,00	0,0	0,0
C	Gomma dura (ebanite), solida	30,0	0,170	0,176	1.200	1,40	300.00 0,0	300.00 0,0
D	MASSETTO ALLEGGERITO_Lecacem-maxi_LECA	80,0	0,126	0,635	450	1,00	0,0	0,0
E	X-LAM_X-lam BBS_BINDERHOLZ	140,0	0,130	1,077	470	2,10	0,0	0,0
F	Cartongesso (700 kg a m3)	12,5	0,210	0,060	700	1,00	10,0	4,0
	Adduttanza esterna (flusso verticale discendente)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	337,5		2,216				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 5,880 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,170 (m²K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m²K)/W

VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Il comportamento termoigrometrico dell'elemento opaco è valutato secondo le procedure di calcolo contenute nella UNI EN ISO 13788.

CONDIZIONI AL CONTORNO E DATI CLIMATICI

Comune:	Bologna	Tipo di calcolo:	Classi di concentrazione
Verso:	Locale interno alla zona	Coeff. di correzione btr,x:	
Classe di edificio:	Alloggi con basso indice di affollamento	Volume interno V:	- m ³
Prod. nota di vapore G:	- kg/h		

Mese	Temperatura	Umidità relativa	Temperatura	Umidità relativa	Ricambio
	interna T _i	interna φ _i	esterna T _e	esterna φ _e	d'aria n
	°C	%	°C	%	1/h
gennaio	20,0	65,0	2,1	89,5	0,5
febbraio	20,0	65,0	4,6	86,8	0,5
marzo	20,0	65,0	9,4	71,9	0,5
aprile	20,0	65,0	14,2	67,0	0,5
maggio	20,0	65,0	18,2	67,9	0,5
giugno	20,0	65,0	22,9	64,7	0,5
luglio	20,0	65,0	25,4	56,6	0,5
agosto	20,0	65,0	24,9	60,5	0,5
settembre	20,0	65,0	21,2	64,0	0,5
ottobre	20,0	65,0	14,9	74,5	0,5
novembre	20,0	65,0	8,7	85,0	0,5
dicembre	20,0	65,0	4,0	86,1	0,5

CONDIZIONE	Temperatura interna θ _i	Pressione parziale interna p _i	Temperatura esterna θ _e	Pressione parziale esterna p _e
	°C	Pa	°C	Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	2,10	636,00
ESTIVA	20,00	2.107,40	25,40	1.835,00

X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 626,415 Pa.
	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di vapore condensato è pari a 0,000 kg/m ² (rievaporabile durante il periodo estivo).
X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 626,415 Pa.

VERIFICA FORMAZIONE CONDENSA SUPERFICIALE

Mese	Pressione esterna P_e Pa	Numero di ric. d'aria n 1/h	Variazione di pressione ΔP Pa	Pressione interna P_i Pa	Pressione int. di satur. P_{si} Pa	Temp. sup. interna T_{si} °C	Fattore di res. sup. fR_{si}
ottobre	1261	-	206,55	1488,21	1860,26	16,37	0,2875

Verifica di condensa superficiale:

Fattore di resistenza superficiale nel mese critico fR_{si} : 0,0000 (mese di)

Fattore di resistenza superficiale ammissibile fR_{siAmm} : 0,9413

ESITO VERIFICA DI CONDENSA SUPERFICIALE: OK

PRESSIONE DI VAPORE E PRESSIONE DI SATURAZIONE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interno-Add	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0
	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0
Add-A	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0
	2.133,0	2.160,5	2.214,2	2.269,1	2.315,7	2.371,6	2.401,8	2.395,7	2.351,2	2.277,2	2.206,3	2.153,8
A-B	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0
	2.083,7	2.117,5	2.183,9	2.252,1	2.310,3	2.380,4	2.418,5	2.410,8	2.354,9	2.262,2	2.174,1	2.109,4
B-C	636,0	736,0	847,0	1.084,0	1.418,0	1.806,0	1.835,0	1.904,0	1.611,0	1.261,0	956,0	700,0
	1.904,3	1.960,1	2.071,4	2.188,2	2.289,9	2.414,6	2.483,3	2.469,4	2.368,8	2.205,7	2.054,8	1.946,6
C-D	636,0	736,0	847,0	1.084,0	1.418,0	1.806,0	1.835,0	1.904,0	1.611,0	1.261,0	956,0	700,0
	1.365,7	1.475,3	1.707,5	1.971,2	2.217,6	2.541,1	2.729,4	2.690,8	2.419,6	2.012,5	1.671,8	1.448,3
D-E	636,0	736,0	847,0	1.084,0	1.418,0	1.806,0	1.835,0	1.904,0	1.611,0	1.261,0	956,0	700,0
	752,2	889,8	1.217,2	1.646,1	2.099,5	2.768,9	3.195,7	3.106,1	2.508,0	1.718,6	1.163,6	854,9
E-F	636,0	736,0	847,0	1.084,0	1.418,0	1.806,0	1.835,0	1.904,0	1.611,0	1.261,0	956,0	700,0
	726,9	864,5	1.194,1	1.629,6	2.093,2	2.782,0	3.223,4	3.130,6	2.512,9	1.703,5	1.140,0	829,5
F-Add	636,0	736,0	847,0	1.084,0	1.418,0	1.806,0	1.835,0	1.904,0	1.611,0	1.261,0	956,0	700,0
	710,4	847,8	1.178,8	1.618,6	2.088,9	2.790,9	3.242,1	3.147,1	2.516,3	1.693,5	1.124,4	812,8

TEMPERATURE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interno-Add	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Add-A	18,6	18,8	19,2	19,6	19,9	20,2	20,4	20,4	20,1	19,6	19,1	18,8
A-B	18,5	18,7	19,1	19,5	19,9	20,2	20,4	20,4	20,1	19,6	19,1	18,7
B-C	18,2	18,4	18,9	19,4	19,8	20,3	20,6	20,5	20,1	19,5	18,8	18,4
C-D	16,7	17,2	18,1	18,9	19,7	20,5	21,0	20,9	20,2	19,1	17,9	17,1
D-E	11,6	12,8	15,0	17,3	19,2	21,4	22,5	22,3	20,6	17,6	14,7	12,5
E-F	2,9	5,3	9,9	14,5	18,3	22,8	25,2	24,7	21,1	15,1	9,2	4,7
F-Add	2,4	4,9	9,6	14,3	18,2	22,8	25,3	24,8	21,2	15,0	8,9	4,3
Add-Esterno	2,1	4,6	9,4	14,2	18,2	22,9	25,4	24,9	21,2	14,9	8,7	4,0

VERIFICA FORMAZIONE CONDENSA INTERSTIZIALE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interf. A/B												

Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Interf. B/C												
Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Interf. C/D												
Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Interf. D/E												
Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Interf. E/F												
Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]												

Verifica di condensa interstiziale:

Quantità massima di vapore accumulato mensilmente G_c: 0,0000 (mese di -) kg/m² nell'interfaccia -

Quantità ammissibile di vapore accumulato mensilmente in un'interfaccia G_{c,max}: 0,5000 kg/m²

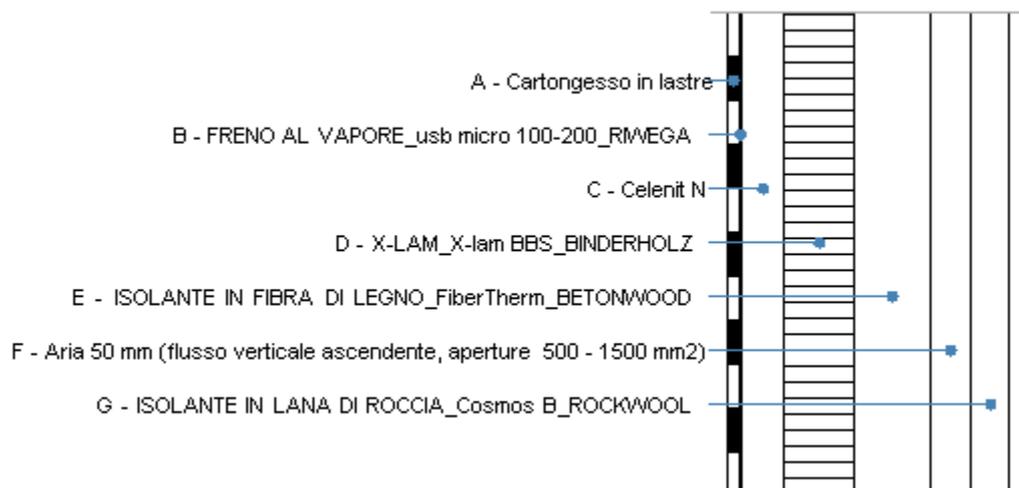
Quantità di vapore residuo Ma: 0,0000 (mese di -) kg/m² nell'interfaccia -

ESITO VERIFICA DI CONDENZA INTERSTIZIALE: Condensa assente

DIAGRAMMI DI PRESSIONE E TEMPERATURA

<p>gennaio</p>	<p>febbraio</p>	<p>marzo</p>			
<p>Gennaio</p>	<p>Febbraio</p>	<p>Marzo</p>			
<p>aprile</p>	<p>maggio</p>	<p>giugno</p>			
<p>Aprile</p>	<p>Maggio</p>	<p>Giugno</p>			
<p>luglio</p>	<p>agosto</p>	<p>settembre</p>			
<p>Luglio</p>	<p>Agosto</p>	<p>Settembre</p>			
<p>ottobre</p>	<p>novembre</p>	<p>dicembre</p>			
<p>Ottobre</p>	<p>Novembre</p>	<p>Dicembre</p>			
<p>LEGENDA</p>					
	<p>Temperatura [°C]</p>		<p>Pressione del vapore [Pa]</p>		<p>Press. di saturazione [Pa]</p>

Tamponamento esterno CORTEN



Le proprietà termiche dell'elemento opaco sono valutate in base alla UNI EN ISO 6946.

DATI DELLA STRUTTURA OPACA

Nome: Tamponamento esterno CORTEN

Note:

Tipologia:	Parete	Disposizione:	Verticale
Verso:	Esterno	Spessore:	337,7 mm
Trasmittanza U:	0,184 W/(m ² K)	Resistenza R:	5,438 (m ² K)/W
Massa superf.:	96 Kg/m ²	Colore:	Chiaro
Area:	- m ²		

STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore s [mm]	Conduttività λ [W/(mK)]	Resistenza R [(m ² K)/W]	Densità ρ [Kg/m ³]	Capacità term. C [kJ/(kgK)]	Fattore μa [-]	Fattore μu [-]
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	-	0,130	-	-	-	-
A	Cartongesso in lastre	12,5	0,210	0,060	900	1,30	8,7	8,7
B	FRENO AL VAPORE_usb micro 100-200_RIWEGA	4,2	0,220	0,019	230	1,00	42.857 ,0	42.857 ,0

C	Celenit N	50,0	0,060	0,833	500	1,81	50,0	50,0
D	X-LAM_X-lam BBS_BINDERHOLZ	85,0	0,130	0,654	470	2,10	0,0	0,0
E	ISOLANTE IN FIBRA DI LEGNO_FiberTherm_BETONWOOD	90,0	0,039	2,308	160	2,10	0,0	0,0
F	Aria 50 mm (flusso verticale ascendente, aperture 500 - 1500 mm2)	50,0	0,620	0,081	1	1,00	1,0	1,0
G	ISOLANTE IN LANA DI ROCCIA_Cosmos B_ROCKWOOL	46,0	0,035	1,314	100	1,00	0,0	0,0
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	337,7		5,438				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 7,690 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,130 (m²K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m²K)/W

VERIFICA DI TRASMITTANZA

Verifica di trasmittanza (non considerando l'influenza di eventuali ponti termici non corretti):

Comune:	Bologna	Zona climatica:	E
Trasmittanza della struttura U:	0,184 W/(m ² K)	Trasmittanza limite U _{lim} :	- W/(m ² K)

Riferimento normativo: Limiti relativi alla Regione Emilia Romagna DGLS 192/311

ESITO VERIFICA DI TRASMITTANZA: -

VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Il comportamento termoigrometrico dell'elemento opaco è valutato secondo le procedure di calcolo contenute nella UNI EN ISO 13788.

CONDIZIONI AL CONTORNO E DATI CLIMATICI

Comune:	Bologna	Tipo di calcolo:	Classi di concentrazione
Verso:	Esterno	Coeff. di correzione btr,x:	
Classe di edificio:	Alloggi con basso indice di affollamento	Volume interno V:	- m ³
Prod. nota di vapore G:	- kg/h		

Mese	Temperatura interna T_i	Umidità relativa interna ϕ_i	Temperatura esterna T_e	Umidità relativa esterna ϕ_e	Ricambio d'aria n
	°C	%	°C	%	1/h
<i>gennaio</i>	20,0	65,0	2,1	89,5	0,5
<i>febbraio</i>	20,0	65,0	4,6	86,8	0,5
<i>marzo</i>	20,0	65,0	9,4	71,9	0,5
<i>aprile</i>	20,0	65,0	14,2	67,0	0,5
<i>maggio</i>	20,0	65,0	18,2	67,9	0,5
<i>giugno</i>	20,0	65,0	22,9	64,7	0,5
<i>luglio</i>	20,0	65,0	25,4	56,6	0,5
<i>agosto</i>	20,0	65,0	24,9	60,5	0,5
<i>settembre</i>	20,0	65,0	21,2	64,0	0,5
<i>ottobre</i>	20,0	65,0	14,9	74,5	0,5
<i>novembre</i>	20,0	65,0	8,7	85,0	0,5
<i>dicembre</i>	20,0	65,0	4,0	86,1	0,5

CONDIZIONE	Temperatura interna θ_i	Pressione parziale interna p_i	Temperatura esterna θ_e	Pressione parziale esterna p_e
	°C	Pa	°C	Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	2,10	636,00
ESTIVA	20,00	2.107,40	25,40	1.835,00

X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 756,732 Pa.
	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di vapore condensato è pari a 0,000 kg/m ² (rievaporabile durante il periodo estivo).
X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 756,732 Pa.

VERIFICA FORMAZIONE CONDENSA SUPERFICIALE

Mese	Pressione esterna P_e Pa	Numero di ric. d'aria n 1/h	Variazione di pressione ΔP Pa	Pressione interna P_i Pa	Pressione int. di satur. P_{si} Pa	Temp. sup. interna T_{si} °C	Fattore di res. sup. fR_{si}
ottobre	1261	-	206,55	1488,21	1860,26	16,37	0,2875

Verifica di condensa superficiale:

Fattore di resistenza superficiale nel mese critico fR_{si} : 0,0000 (mese di)

Fattore di resistenza superficiale ammissibile fR_{siAmm} : 0,9761

ESITO VERIFICA DI CONDENSA SUPERFICIALE: OK

PRESSIONE DI VAPORE E PRESSIONE DI SATURAZIONE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interno-Add	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0
	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0
Add-A	1.518,5	1.518,6	1.518,6	1.518,8	1.519,0	1.519,2	1.519,2	1.519,2	1.519,1	1.518,9	1.518,7	1.518,5
	2.248,2	2.260,4	2.284,0	2.307,9	2.327,9	2.351,6	2.364,3	2.361,8	2.343,0	2.311,4	2.280,6	2.257,5
A-B	648,3	746,9	856,4	1.090,1	1.419,4	1.802,0	1.830,6	1.898,6	1.609,7	1.264,6	963,9	711,4
	2.239,4	2.252,8	2.278,8	2.305,0	2.327,0	2.353,1	2.367,1	2.364,3	2.343,6	2.308,8	2.275,0	2.249,6
B-C	636,2	736,2	847,2	1.084,1	1.418,0	1.805,9	1.834,9	1.903,9	1.611,0	1.261,1	956,2	700,2
	1.884,6	1.942,7	2.058,8	2.181,0	2.287,5	2.418,5	2.490,9	2.476,3	2.370,4	2.199,3	2.041,5	1.928,6
C-D	636,2	736,2	847,2	1.084,1	1.418,0	1.805,9	1.834,9	1.903,9	1.611,0	1.261,1	956,2	700,2
	1.641,6	1.726,2	1.899,5	2.087,8	2.257,0	2.471,0	2.591,9	2.567,3	2.391,6	2.116,6	1.873,3	1.705,6
D-E	636,2	736,2	847,2	1.084,1	1.418,0	1.805,9	1.834,9	1.903,9	1.611,0	1.261,1	956,2	700,2
	989,2	1.121,6	1.420,1	1.786,2	2.152,0	2.664,2	2.977,7	2.912,6	2.467,8	1.846,0	1.372,6	1.088,5
E-F	636,0	736,0	847,0	1.084,0	1.418,0	1.806,0	1.835,0	1.904,0	1.611,0	1.261,0	956,0	700,0
	971,3	1.104,4	1.405,5	1.776,4	2.148,4	2.671,2	2.992,1	2.925,3	2.470,5	1.837,1	1.357,5	1.071,1
F-G	636,0	736,0	847,0	1.084,0	1.418,0	1.806,0	1.835,0	1.904,0	1.611,0	1.261,0	956,0	700,0
	717,1	854,6	1.185,0	1.623,1	2.090,6	2.787,3	3.234,5	3.140,4	2.514,9	1.697,6	1.130,8	819,6
G-Add	636,0	736,0	847,0	1.084,0	1.418,0	1.806,0	1.835,0	1.904,0	1.611,0	1.261,0	956,0	700,0
	710,4	847,8	1.178,8	1.618,6	2.088,9	2.790,9	3.242,1	3.147,1	2.516,3	1.693,5	1.124,4	812,8

TEMPERATURE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interno-Add	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Add-A	19,6	19,6	19,7	19,9	20,0	20,1	20,1	20,1	20,0	19,9	19,7	19,6
A-B	19,4	19,5	19,6	19,8	19,9	20,1	20,2	20,2	20,0	19,8	19,6	19,4
B-C	19,3	19,4	19,6	19,8	19,9	20,1	20,2	20,2	20,0	19,8	19,6	19,4
C-D	16,6	17,0	18,0	18,9	19,7	20,6	21,0	20,9	20,2	19,0	17,8	16,9
D-E	14,4	15,2	16,7	18,2	19,4	20,9	21,7	21,5	20,4	18,4	16,5	15,0
E-F	6,8	8,7	12,2	15,7	18,7	22,1	24,0	23,6	20,9	16,2	11,7	8,2
F-G	6,6	8,4	12,0	15,6	18,6	22,2	24,1	23,7	20,9	16,2	11,5	8,0
G-Add	2,2	4,7	9,5	14,2	18,2	22,9	25,4	24,9	21,2	14,9	8,8	4,1
Add-Esterno	2,1	4,6	9,4	14,2	18,2	22,9	25,4	24,9	21,2	14,9	8,7	4,0

VERIFICA FORMAZIONE CONDENSA INTERSTIZIALE

	<i>Gen</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Apr</i>	<i>Mag</i>	<i>Giu</i>	<i>Lug</i>	<i>Ago</i>	<i>Set</i>	<i>Ott</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>
Interf. A/B												
Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Interf. B/C												
Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Interf. C/D												
Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Interf. D/E												
Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Interf. E/F												
Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]												

Verifica di condensa interstiziale:

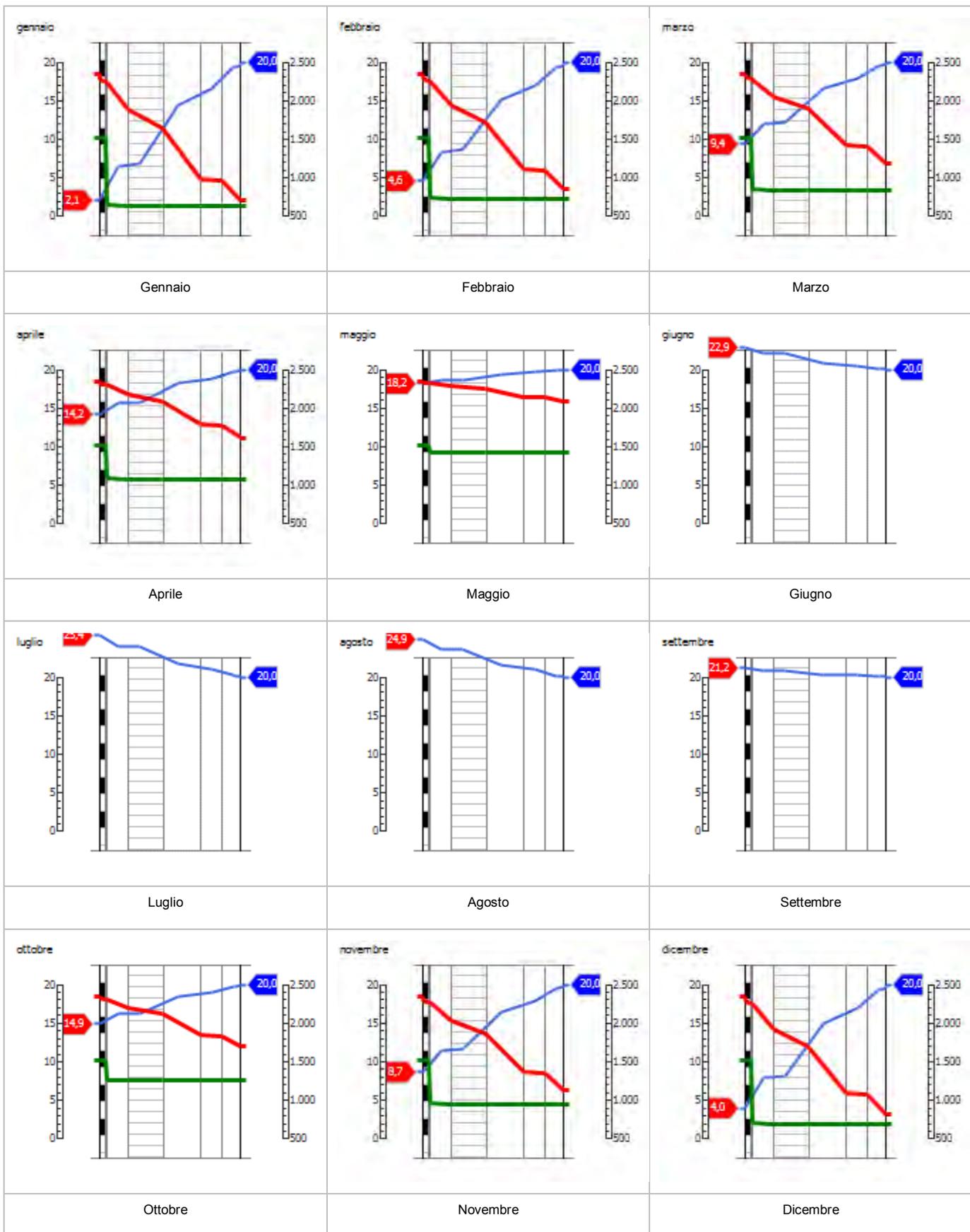
Quantità massima di vapore accumulato mensilmente G_c: 0,0000 (mese di -) kg/m² nell'interfaccia -

Quantità ammissibile di vapore accumulato mensilmente in un'interfaccia G_{c,max}: 0,5000 kg/m²

Quantità di vapore residuo Ma: 0,0000 (mese di -) kg/m² nell'interfaccia -

ESITO VERIFICA DI CONDENSA INTERSTIZIALE: Condensa assente

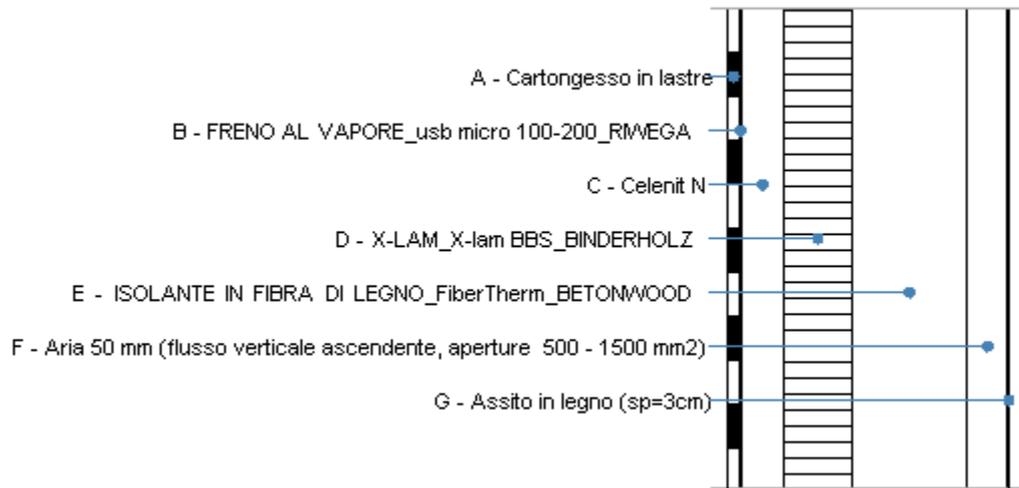
DIAGRAMMI DI PRESSIONE E TEMPERATURA



LEGENDA

	Temperatura [°C]		Pressione del vapore [Pa]		Press. di saturazione [Pa]
--	------------------	--	---------------------------	--	----------------------------

Tamponamento esterno LEGNO



Le proprietà termiche dell'elemento opaco sono valutate in base alla UNI EN ISO 6946.

DATI DELLA STRUTTURA OPACA

Nome: Tamponamento esterno LEGNO

Note:

Tipologia:	Parete	Disposizione:	Verticale
Verso:	Esterno	Spessore:	344,2 mm
Trasmittanza U:	0,184 W/(m ² K)	Resistenza R:	5,420 (m ² K)/W
Massa superf.:	101 Kg/m ²	Colore:	Chiaro
Area:	- m ²		

STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore s [mm]	Conduttività λ [W/(mK)]	Resistenza R [(m ² K)/W]	Densità ρ [Kg/m ³]	Capacità term. C [kJ/(kgK)]	Fattore μ _a [-]	Fattore μ _u [-]
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	-	0,130	-	-	-	-
A	Cartongesso in lastre	12,5	0,210	0,060	900	1,30	8,7	8,7
B	FRENO AL VAPORE_usb micro 100-200_RIWEGA	4,2	0,220	0,019	230	1,00	42.857 0	42.857 0

C	Celenit N	50,0	0,060	0,833	500	1,81	50,0	50,0
D	X-LAM_X-lam BBS_BINDERHOLZ	85,0	0,130	0,654	470	2,10	0,0	0,0
E	ISOLANTE IN FIBRA DI LEGNO_FiberTherm_BETONWOOD	140,0	0,039	3,590	160	2,10	0,0	0,0
F	Aria 50 mm (flusso verticale ascendente, aperture 500 - 1500 mm2)	50,0	0,620	0,081	1	1,00	1,0	1,0
G	Assito in legno (sp=3cm)	2,5	0,180	0,014	710	2,40	44,4	44,4
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	344,2		5,420				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 7,690 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,130 (m²K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m²K)/W

VERIFICA DI TRASMITTANZA

Verifica di trasmittanza (non considerando l'influenza di eventuali ponti termici non corretti):

Comune:	Bologna	Zona climatica:	E
Trasmittanza della struttura U:	0,184 W/(m ² K)	Trasmittanza limite Ulim:	- W/(m ² K)

Riferimento normativo: Limiti relativi alla Regione Emilia Romagna DGLS 192/311

ESITO VERIFICA DI TRASMITTANZA: -

VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Il comportamento termoigrometrico dell'elemento opaco è valutato secondo le procedure di calcolo contenute nella UNI EN ISO 13788.

CONDIZIONI AL CONTORNO E DATI CLIMATICI

Comune:	Bologna	Tipo di calcolo:	Classi di concentrazione
Verso:	Esterno	Coeff. di correzione btr,x:	
Classe di edificio:	Alloggi con basso indice di affollamento	Volume interno V:	- m ³
Prod. nota di vapore G:	- kg/h		

Mese	Temperatura	Umidità relativa	Temperatura	Umidità relativa	Ricambio
	interna T _i	interna φ _i	esterna T _e	esterna φ _e	d'aria n
	°C	%	°C	%	1/h
gennaio	20,0	65,0	2,1	89,5	0,5
febbraio	20,0	65,0	4,6	86,8	0,5
marzo	20,0	65,0	9,4	71,9	0,5
aprile	20,0	65,0	14,2	67,0	0,5
maggio	20,0	65,0	18,2	67,9	0,5
giugno	20,0	65,0	22,9	64,7	0,5
luglio	20,0	65,0	25,4	56,6	0,5
agosto	20,0	65,0	24,9	60,5	0,5
settembre	20,0	65,0	21,2	64,0	0,5
ottobre	20,0	65,0	14,9	74,5	0,5
novembre	20,0	65,0	8,7	85,0	0,5
dicembre	20,0	65,0	4,0	86,1	0,5

CONDIZIONE	Temperatura interna θ _i	Pressione parziale interna p _i	Temperatura esterna θ _e	Pressione parziale esterna p _e
	°C	Pa	°C	Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	2,10	636,00
ESTIVA	20,00	2.107,40	25,40	1.835,00

X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 756,527 Pa.
	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di vapore condensato è pari a 0,000 kg/m ² (rievaporabile durante il periodo estivo).
X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 756,527 Pa.

VERIFICA FORMAZIONE CONDENSA SUPERFICIALE

Mese	Pressione esterna P_e Pa	Numero di ric. d'aria n 1/h	Variazione di pressione ΔP Pa	Pressione interna P_i Pa	Pressione int. di satur. P_{si} Pa	Temp. sup. interna T_{si} °C	Fattore di res. sup. fR_{si}
ottobre	1261	-	206,55	1488,21	1860,26	16,37	0,2875

Verifica di condensa superficiale:

Fattore di resistenza superficiale nel mese critico fR_{si} : 0,0000 (mese di)

Fattore di resistenza superficiale ammissibile fR_{siAmm} : 0,9760

ESITO VERIFICA DI CONDENSA SUPERFICIALE: OK

PRESSIONE DI VAPORE E PRESSIONE DI SATURAZIONE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interno-Add	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0
	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0
Add-A	1.518,5	1.518,6	1.518,6	1.518,8	1.519,0	1.519,2	1.519,2	1.519,2	1.519,1	1.518,9	1.518,7	1.518,5
	2.247,9	2.260,2	2.283,9	2.307,8	2.327,9	2.351,7	2.364,4	2.361,9	2.343,0	2.311,3	2.280,4	2.257,2
A-B	648,9	747,4	856,8	1.090,3	1.419,5	1.801,8	1.830,4	1.898,4	1.609,7	1.264,8	964,2	711,9
	2.239,1	2.252,6	2.278,6	2.304,8	2.326,9	2.353,1	2.367,2	2.364,4	2.343,6	2.308,7	2.274,8	2.249,3
B-C	636,8	736,7	847,6	1.084,4	1.418,1	1.805,7	1.834,7	1.903,7	1.610,9	1.261,2	956,5	700,7
	1.883,2	1.941,5	2.057,9	2.180,4	2.287,4	2.418,8	2.491,4	2.476,7	2.370,5	2.198,8	2.040,6	1.927,4
C-D	636,8	736,7	847,6	1.084,4	1.418,1	1.805,7	1.834,7	1.903,7	1.610,9	1.261,2	956,5	700,7
	1.639,6	1.724,4	1.898,1	2.087,0	2.256,7	2.471,5	2.592,8	2.568,1	2.391,8	2.115,9	1.871,9	1.703,7
D-E	636,8	736,7	847,6	1.084,4	1.418,1	1.805,7	1.834,7	1.903,7	1.610,9	1.261,2	956,5	700,7
	733,2	870,8	1.199,9	1.633,7	2.094,8	2.778,7	3.216,4	3.124,4	2.511,7	1.707,3	1.145,9	835,9
E-F	636,5	736,5	847,4	1.084,3	1.418,1	1.805,8	1.834,8	1.903,8	1.610,9	1.261,2	956,3	700,5
	719,4	857,0	1.187,2	1.624,6	2.091,3	2.786,0	3.231,8	3.138,0	2.514,4	1.699,0	1.133,0	822,0
F-G	636,0	736,0	847,0	1.084,0	1.418,0	1.806,0	1.835,0	1.904,0	1.611,0	1.261,0	956,0	700,0
	717,1	854,6	1.185,1	1.623,1	2.090,7	2.787,3	3.234,5	3.140,3	2.514,9	1.697,6	1.130,8	819,6
G-Add	636,0	736,0	847,0	1.084,0	1.418,0	1.806,0	1.835,0	1.904,0	1.611,0	1.261,0	956,0	700,0
	710,4	847,8	1.178,8	1.618,6	2.088,9	2.790,9	3.242,1	3.147,1	2.516,3	1.693,5	1.124,4	812,8

TEMPERATURE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interno-Add	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Add-A	19,6	19,6	19,7	19,9	20,0	20,1	20,1	20,1	20,0	19,9	19,7	19,6
A-B	19,4	19,5	19,6	19,8	19,9	20,1	20,2	20,2	20,0	19,8	19,6	19,4
B-C	19,3	19,4	19,6	19,8	19,9	20,1	20,2	20,2	20,0	19,8	19,6	19,4
C-D	16,6	17,0	18,0	18,9	19,7	20,6	21,0	20,9	20,2	19,0	17,8	16,9
D-E	14,4	15,2	16,7	18,2	19,4	20,9	21,7	21,5	20,4	18,4	16,5	15,0
E-F	2,5	5,0	9,7	14,3	18,2	22,8	25,3	24,8	21,2	15,0	9,0	4,4
F-G	2,3	4,8	9,5	14,3	18,2	22,9	25,3	24,9	21,2	15,0	8,8	4,2
G-Add	2,2	4,7	9,5	14,2	18,2	22,9	25,4	24,9	21,2	14,9	8,8	4,1
Add-Esterno	2,1	4,6	9,4	14,2	18,2	22,9	25,4	24,9	21,2	14,9	8,7	4,0

VERIFICA FORMAZIONE CONDENSA INTERSTIZIALE

	<i>Gen</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Apr</i>	<i>Mag</i>	<i>Giu</i>	<i>Lug</i>	<i>Ago</i>	<i>Set</i>	<i>Ott</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>
Interf. A/B												
Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Interf. B/C												
Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Interf. C/D												
Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Interf. D/E												
Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Interf. E/F												
Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]												

Verifica di condensa interstiziale:

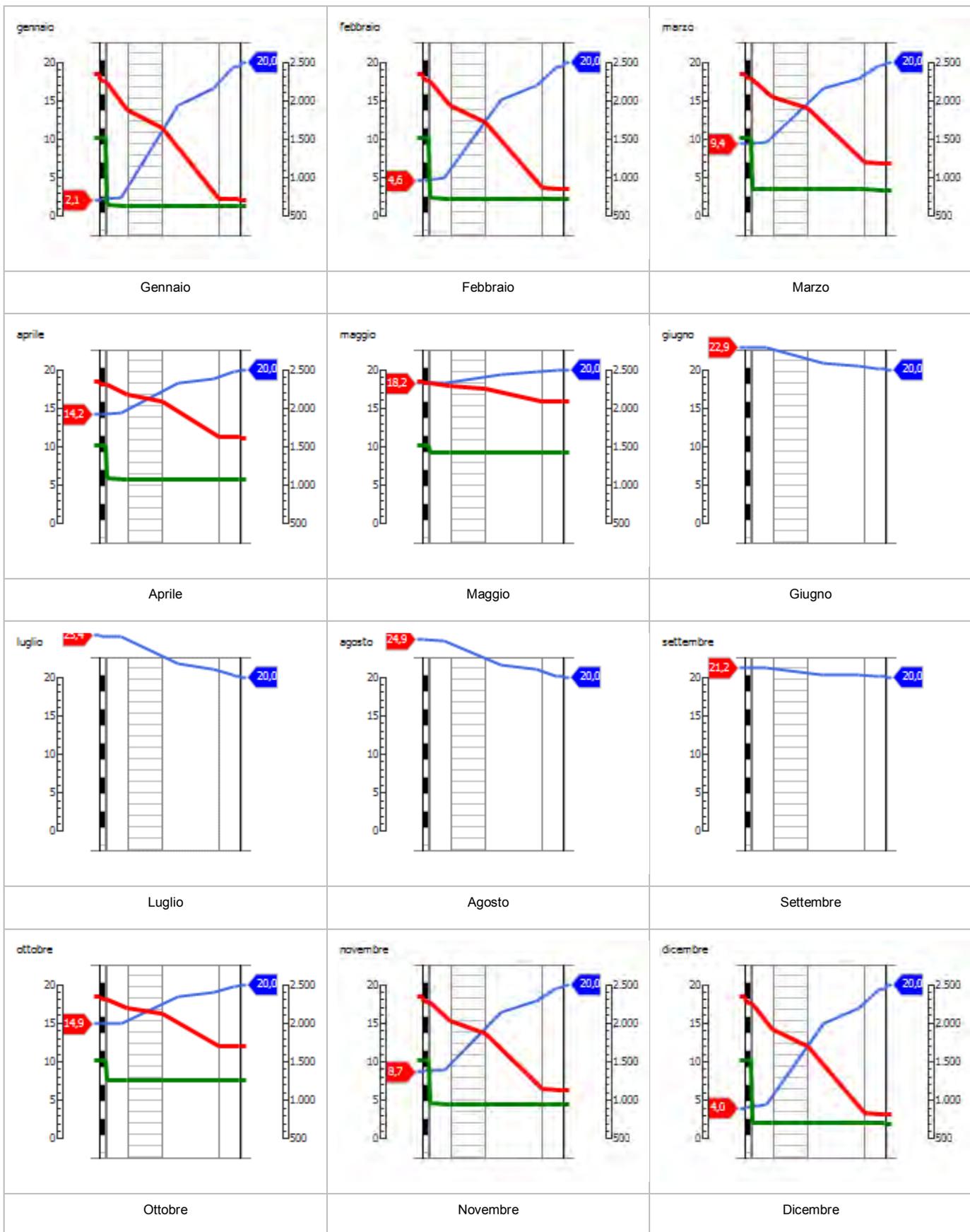
Quantità massima di vapore accumulato mensilmente G_c: 0,0000 (mese di -) kg/m² nell'interfaccia -

Quantità ammissibile di vapore accumulato mensilmente in un'interfaccia G_{c,max}: 0,5000 kg/m²

Quantità di vapore residuo Ma: 0,0000 (mese di -) kg/m² nell'interfaccia -

ESITO VERIFICA DI CONDENZA INTERSTIZIALE: Condensa assente

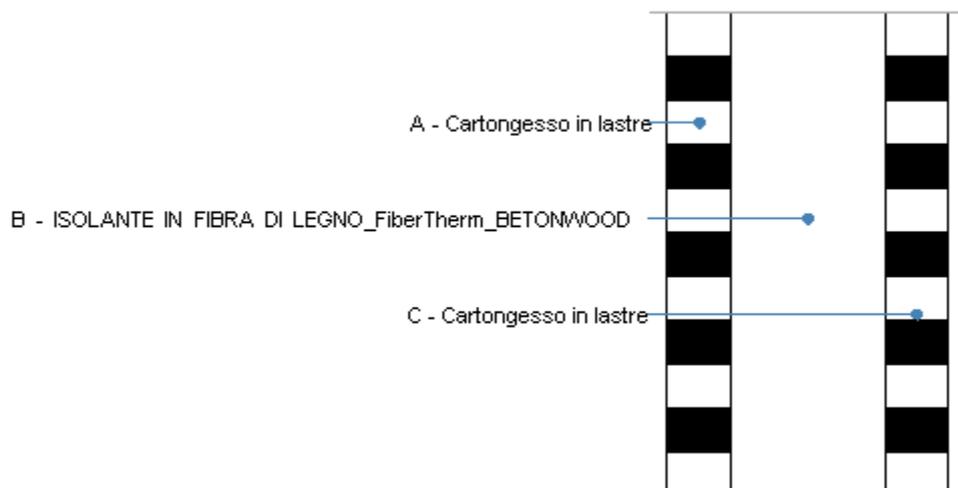
DIAGRAMMI DI PRESSIONE E TEMPERATURA



LEGENDA

	Temperatura [°C]		Pressione del vapore [Pa]		Press. di saturazione [Pa]
--	------------------	--	---------------------------	--	----------------------------

Tramezzo



Le proprietà termiche dell'elemento opaco sono valutate in base alla UNI EN ISO 6946.

DATI DELLA STRUTTURA OPACA

Nome: Tramezzo

Note:

Tipologia:	Parete	Disposizione:	Verticale
Verso:	Locale interno alla zona	Spessore:	110,0 mm
Trasmittanza U:	0,514 W/(m ² K)	Resistenza R:	1,947 (m ² K)/W
Massa superf.:	55 Kg/m ²	Colore:	Chiaro
Area:	- m ²		

STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore s [mm]	Conduttività λ [W/(mK)]	Resistenza R [(m ² K)/W]	Densità ρ [Kg/m ³]	Capacità term. C [kJ/(kgK)]	Fattore μ _a [-]	Fattore μ _u [-]
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	-	0,130	-	-	-	-
A	Cartongesso in lastre	25,0	0,210	0,119	900	1,30	8,7	8,7
B	ISOLANTE IN FIBRA DI LEGNO_FiberTherm_BETONWOOD	60,0	0,039	1,538	160	2,10	0,0	0,0

C	Cartongesso in lastre	25,0	0,210	0,119	900	1,30	8,7	8,7
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	110,0		1,947				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 7,690 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,130 (m²K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m²K)/W

VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Il comportamento termoigrometrico dell'elemento opaco è valutato secondo le procedure di calcolo contenute nella UNI EN ISO 13788.

CONDIZIONI AL CONTORNO E DATI CLIMATICI

Comune:	Bologna	Tipo di calcolo:	Classi di concentrazione
Verso:	Locale interno alla zona	Coeff. di correzione btr,x:	
Classe di edificio:	Alloggi con basso indice di affollamento	Volume interno V:	- m ³
Prod. nota di vapore G:	- kg/h		

Mese	Temperatura	Umidità relativa	Temperatura	Umidità relativa	Ricambio
	interna T _i	interna φ _i	esterna T _e	esterna φ _e	d'aria n
	°C	%	°C	%	1/h
gennaio	20,0	65,0	2,1	89,5	0,5
febbraio	20,0	65,0	4,6	86,8	0,5
marzo	20,0	65,0	9,4	71,9	0,5
aprile	20,0	65,0	14,2	67,0	0,5
maggio	20,0	65,0	18,2	67,9	0,5
giugno	20,0	65,0	22,9	64,7	0,5
luglio	20,0	65,0	25,4	56,6	0,5
agosto	20,0	65,0	24,9	60,5	0,5
settembre	20,0	65,0	21,2	64,0	0,5
ottobre	20,0	65,0	14,9	74,5	0,5
novembre	20,0	65,0	8,7	85,0	0,5
dicembre	20,0	65,0	4,0	86,1	0,5

CONDIZIONE	Temperatura interna θ _i	Pressione parziale interna p _i	Temperatura esterna θ _e	Pressione parziale esterna p _e
	°C	Pa	°C	Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	2,10	636,00
ESTIVA	20,00	2.107,40	25,40	1.835,00

	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 0 Pa.
X	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di vapore condensato è pari a 3,596 kg/m ² (rievaporabile durante il periodo estivo).
X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 650,454 Pa.

VERIFICA FORMAZIONE CONDENSA SUPERFICIALE

Mese	Pressione esterna P_e Pa	Numero di ric. d'aria n 1/h	Variazione di pressione ΔP Pa	Pressione interna P_i Pa	Pressione int. di satur. P_{si} Pa	Temp. sup. interna T_{si} °C	Fattore di res. sup. f_{Rsi}
ottobre	1261	-	206,55	1488,21	1860,26	16,37	0,2875

Verifica di condensa superficiale:

Fattore di resistenza superficiale nel mese critico f_{Rsi} : 0,0000 (mese di)

Fattore di resistenza superficiale ammissibile f_{RsiAmm} : 0,9332

ESITO VERIFICA DI CONDENSA SUPERFICIALE: OK

PRESSIONE DI VAPORE E PRESSIONE DI SATURAZIONE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interno-Add	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0
	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0
Add-A	1.077,5	1.127,5	1.183,0	1.301,5	1.468,5	1.662,5	1.677,0	1.711,5	1.565,0	1.390,0	1.237,5	1.109,5
	2.025,5	2.066,6	2.147,8	2.231,7	2.303,8	2.391,2	2.438,8	2.429,2	2.359,3	2.244,2	2.135,8	2.056,7
A-B	1.077,5	1.127,5	1.183,0	1.301,5	1.468,5	1.662,5	1.677,0	1.711,5	1.565,0	1.390,0	1.237,5	1.109,5
	788,2	925,5	1.249,4	1.669,0	2.108,3	2.751,1	3.158,2	3.072,8	2.501,2	1.739,5	1.196,7	890,7
B-C	636,0	736,0	847,0	1.084,0	1.418,0	1.806,0	1.835,0	1.904,0	1.611,0	1.261,0	956,0	700,0
	729,3	866,8	1.196,2	1.631,1	2.093,8	2.780,8	3.220,8	3.128,3	2.512,5	1.704,9	1.142,2	831,9
C-Add	636,0	736,0	847,0	1.084,0	1.418,0	1.806,0	1.835,0	1.904,0	1.611,0	1.261,0	956,0	700,0
	710,4	847,8	1.178,8	1.618,6	2.088,9	2.790,9	3.242,1	3.147,1	2.516,3	1.693,5	1.124,4	812,8

TEMPERATURE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interno-Add	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Add-A	18,8	19,0	19,3	19,6	19,9	20,2	20,4	20,3	20,1	19,7	19,2	18,9
A-B	17,7	18,0	18,6	19,3	19,8	20,4	20,7	20,6	20,2	19,3	18,6	18,0
B-C	3,6	5,9	10,3	14,7	18,3	22,7	25,0	24,5	21,1	15,3	9,6	5,3
C-Add	2,5	4,9	9,6	14,3	18,2	22,8	25,3	24,8	21,2	15,0	8,9	4,3
Add-Esterno	2,1	4,6	9,4	14,2	18,2	22,9	25,4	24,9	21,2	14,9	8,7	4,0

VERIFICA FORMAZIONE CONDENSA INTERSTIZIALE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interf. B/C												
Gc [Kg/m ²]	1,4251	0,8986	-0,3269	-1,7515	-3,1512	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1946	1,0774
Ma [Kg/m ²]	2,6971	3,5957	3,2688	1,5173	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1946	1,2720
Interf. C/D												
Gc [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m ²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

- Strato D. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: 2,6971 > 0,1125 kg/m²

gennaio - Strato D. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: 3,5957 > 0,1125 kg/m²

febbraio - Strato D. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: 3,2688 > 0,1125 kg/m²

marzo - Strato D. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: 1,5173 > 0,1125 kg/m²

ottobre - Strato D. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: $0,1946 > 0,1125 \text{ kg/m}^2$

novembre - Strato D. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: $1,2720 > 0,1125 \text{ kg/m}^2$

Mese condensazione massima: febbraio

Verifica di condensa interstiziale:

Quantità massima di vapore accumulato mensilmente G_c : 1,4251 (mese di gennaio) kg/m^2 nell'interfaccia B-C

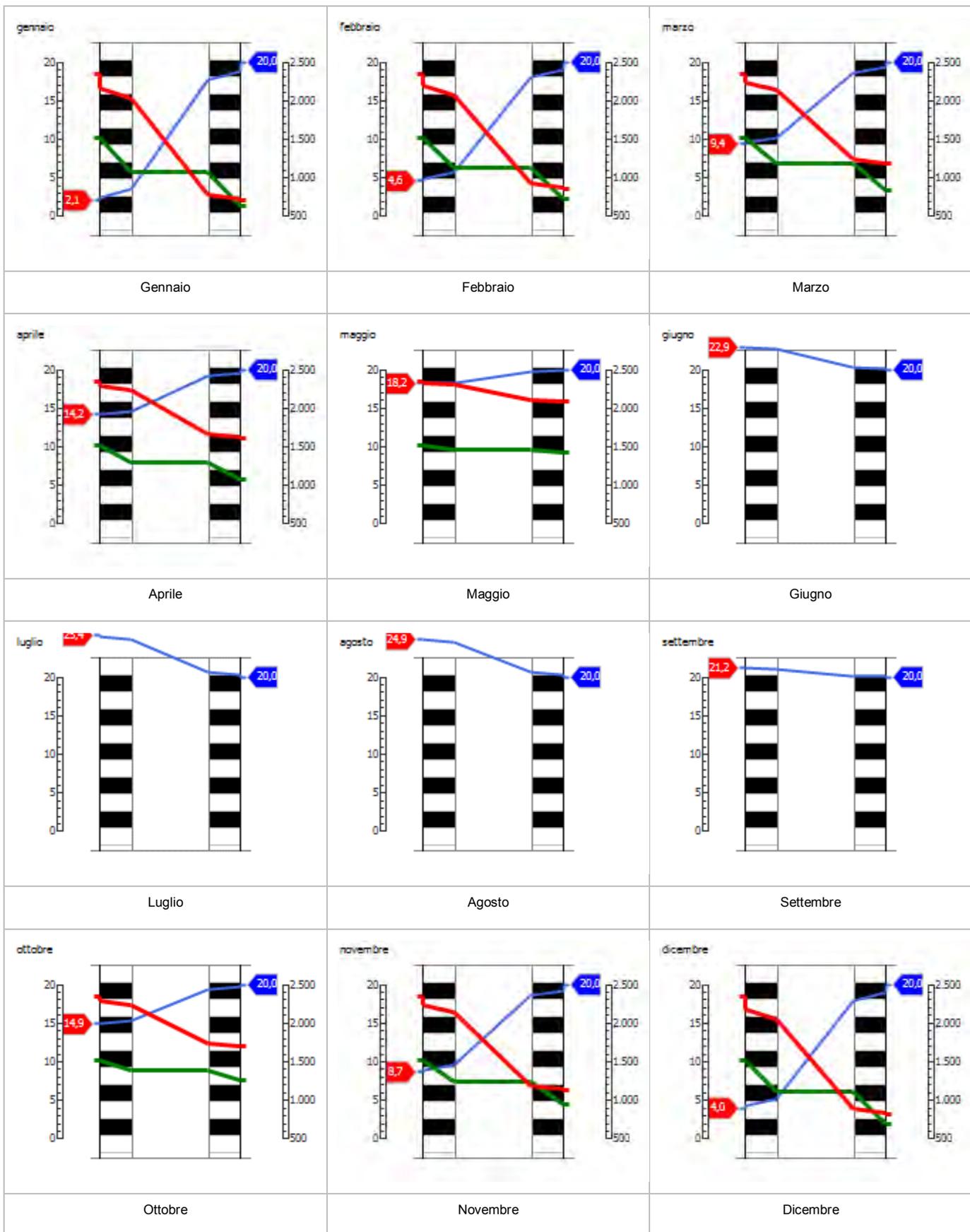
Quantità ammissibile di vapore accumulato mensilmente in un'interfaccia $G_{c,max}$: $0,1125 \text{ kg/m}^2$

Quantità di vapore residuo M_a : 3,5957 (mese di febbraio) kg/m^2 nell'interfaccia B-C

ESITO VERIFICA DI CONDENSA INTERSTIZIALE: Interfaccia B-C

- Condensa eccessiva: $2,6971 > 0,1125 \text{ kg/m}^2$

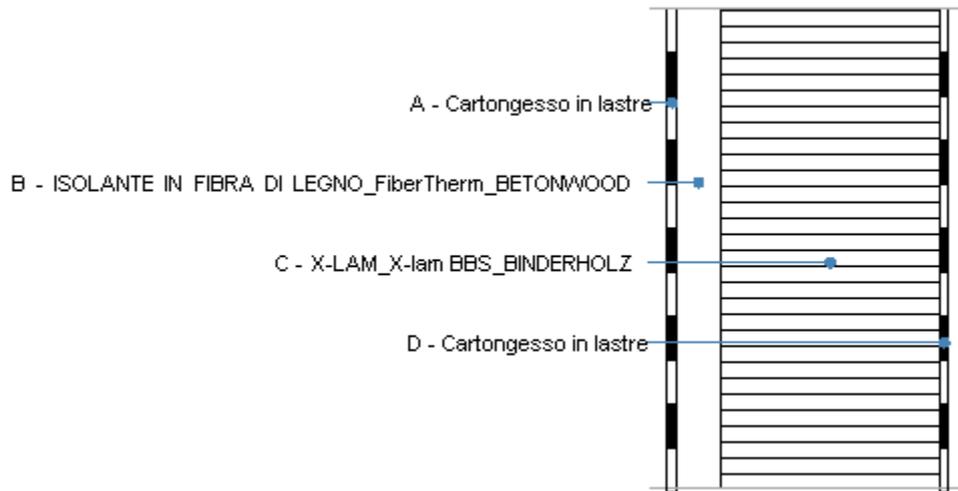
DIAGRAMMI DI PRESSIONE E TEMPERATURA



LEGENDA

	Temperatura [°C]		Pressione del vapore [Pa]		Press. di saturazione [Pa]
--	------------------	--	---------------------------	--	----------------------------

Tramezzo STRUTTURALE



Le proprietà termiche dell'elemento opaco sono valutate in base alla UNI EN ISO 6946.

DATI DELLA STRUTTURA OPACA

Nome: Tramezzo STRUTTURALE

Note:

Tipologia:	Parete	Disposizione:	Verticale
Verso:	Locale interno alla zona	Spessore:	385,0 mm
Trasmittanza U:	0,242 W/(m ² K)	Resistenza R:	4,135 (m ² K)/W
Massa superf.:	173 Kg/m ²	Colore:	Chiaro
Area:	- m ²		

STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore s [mm]	Conduttività λ [W/(mK)]	Resistenza R [(m ² K)/W]	Densità ρ [Kg/m ³]	Capacità term. C [kJ/(kgK)]	Fattore μa [-]	Fattore μu [-]
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	-	0,130	-	-	-	-
A	Cartongesso in lastre	12,5	0,210	0,060	900	1,30	8,7	8,7
B	ISOLANTE IN FIBRA DI LEGNO_FiberTherm_BETONWOOD	60,0	0,039	1,538	160	2,10	0,0	0,0

C	X-LAM_X-lam BBS_BINDERHOLZ	140,0	0,130	2,308	470	2,10	0,0	0,0
D	Cartongesso in lastre	12,5	0,210	0,060	900	1,30	8,7	8,7
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	385,0		4,135				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 7,690 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,130 (m²K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m²K)/W

VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Il comportamento termoigrometrico dell'elemento opaco è valutato secondo le procedure di calcolo contenute nella UNI EN ISO 13788.

CONDIZIONI AL CONTORNO E DATI CLIMATICI

Comune:	Bologna	Tipo di calcolo:	Classi di concentrazione
Verso:	Locale interno alla zona	Coeff. di correzione btr,x:	
Classe di edificio:	Alloggi con basso indice di affollamento	Volume interno V:	- m ³
Prod. nota di vapore G:	- kg/h		

Mese	Temperatura	Umidità relativa	Temperatura	Umidità relativa	Ricambio
	interna T _i	interna φ _i	esterna T _e	esterna φ _e	d'aria n
	°C	%	°C	%	1/h
gennaio	20,0	65,0	2,1	89,5	0,5
febbraio	20,0	65,0	4,6	86,8	0,5
marzo	20,0	65,0	9,4	71,9	0,5
aprile	20,0	65,0	14,2	67,0	0,5
maggio	20,0	65,0	18,2	67,9	0,5
giugno	20,0	65,0	22,9	64,7	0,5
luglio	20,0	65,0	25,4	56,6	0,5
agosto	20,0	65,0	24,9	60,5	0,5
settembre	20,0	65,0	21,2	64,0	0,5
ottobre	20,0	65,0	14,9	74,5	0,5
novembre	20,0	65,0	8,7	85,0	0,5
dicembre	20,0	65,0	4,0	86,1	0,5

CONDIZIONE	Temperatura interna θ _i	Pressione parziale interna p _i	Temperatura esterna θ _e	Pressione parziale esterna p _e
	°C	Pa	°C	Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	2,10	636,00
ESTIVA	20,00	2.107,40	25,40	1.835,00

	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 0 Pa.
X	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di vapore condensato è pari a 9,256 kg/m ² (rievaporabile durante il periodo estivo).
X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 737,737 Pa.

VERIFICA FORMAZIONE CONDENSA SUPERFICIALE

Mese	Pressione esterna P_e Pa	Numero di ric. d'aria n 1/h	Variazione di pressione ΔP Pa	Pressione interna P_i Pa	Pressione int. di satur. P_{si} Pa	Temp. sup. interna T_{si} °C	Fattore di res. sup. f_{Rsi}
ottobre	1261	-	206,55	1488,21	1860,26	16,37	0,2875

Verifica di condensa superficiale:

Fattore di resistenza superficiale nel mese critico f_{Rsi} : 0,0000 (mese di)

Fattore di resistenza superficiale ammissibile f_{RsiAmm} : 0,9686

ESITO VERIFICA DI CONDENSA SUPERFICIALE: OK

PRESSIONE DI VAPORE E PRESSIONE DI SATURAZIONE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interno-Add	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0	1.519,0
	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0
Add-A	1.077,8	1.127,8	1.183,2	1.301,7	1.468,5	1.662,4	1.676,9	1.711,4	1.565,0	1.390,1	1.237,7	1.109,8
	2.220,9	2.236,8	2.267,6	2.298,8	2.325,0	2.356,3	2.373,0	2.369,6	2.344,9	2.303,3	2.263,1	2.232,9
A-B	1.077,7	1.127,7	1.183,2	1.301,6	1.468,5	1.662,4	1.676,9	1.711,4	1.565,0	1.390,1	1.237,6	1.109,7
	1.450,6	1.553,2	1.768,0	2.008,5	2.230,3	2.518,1	2.684,0	2.650,1	2.410,5	2.045,9	1.735,1	1.528,0
B-C	1.077,2	1.127,3	1.182,8	1.301,4	1.468,5	1.662,6	1.677,1	1.711,6	1.565,0	1.389,9	1.237,3	1.109,2
	732,5	870,1	1.199,2	1.633,3	2.094,6	2.779,1	3.217,2	3.125,1	2.511,8	1.706,9	1.145,3	835,1
C-D	636,0	736,0	847,0	1.084,0	1.418,0	1.806,0	1.835,0	1.904,0	1.611,0	1.261,0	956,0	700,0
	719,2	856,7	1.187,0	1.624,5	2.091,2	2.786,1	3.232,1	3.138,2	2.514,5	1.698,9	1.132,8	821,7
D-Add	636,0	736,0	847,0	1.084,0	1.418,0	1.806,0	1.835,0	1.904,0	1.611,0	1.261,0	956,0	700,0
	710,4	847,8	1.178,8	1.618,6	2.088,9	2.790,9	3.242,1	3.147,1	2.516,3	1.693,5	1.124,4	812,8

TEMPERATURE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interno-Add	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Add-A	19,4	19,5	19,7	19,8	19,9	20,1	20,2	20,2	20,0	19,8	19,6	19,5
A-B	19,2	19,3	19,5	19,7	19,9	20,1	20,2	20,2	20,1	19,8	19,5	19,3
B-C	12,5	13,6	15,6	17,6	19,2	21,2	22,3	22,0	20,5	17,9	15,3	13,3
C-D	2,5	5,0	9,7	14,3	18,2	22,8	25,3	24,8	21,2	15,0	9,0	4,4
D-Add	2,3	4,7	9,5	14,3	18,2	22,9	25,3	24,9	21,2	14,9	8,8	4,2
Add-Esterno	2,1	4,6	9,4	14,2	18,2	22,9	25,4	24,9	21,2	14,9	8,7	4,0

VERIFICA FORMAZIONE CONDENSA INTERSTIZIALE

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interf. C/D												
Gc [Kg/m²]	3,3934	2,2868	-0,1619	-3,1623	-6,1642	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,8769	2,6985
Ma [Kg/m²]	6,9688	9,2557	9,0938	5,9314	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,8769	3,5754
Interf. D/E												
Gc [Kg/m²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

- Strato E. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: 6,9688 > 0,0585 kg/m²

gennaio - Strato E. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: $9,2557 > 0,0585 \text{ kg/m}^2$

febbraio - Strato E. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: $9,0938 > 0,0585 \text{ kg/m}^2$

marzo - Strato E. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: $5,9314 > 0,0585 \text{ kg/m}^2$

ottobre - Strato E. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: $0,8769 > 0,0585 \text{ kg/m}^2$

novembre - Strato E. La quantità di condensa è superiore al valore massimo consentito: $3,5754 > 0,0585 \text{ kg/m}^2$

Mese condensazione massima: febbraio

Verifica di condensa interstiziale:

Quantità massima di vapore accumulato mensilmente G_c : 3,3934 (mese di gennaio) kg/m^2 nell'interfaccia C-D

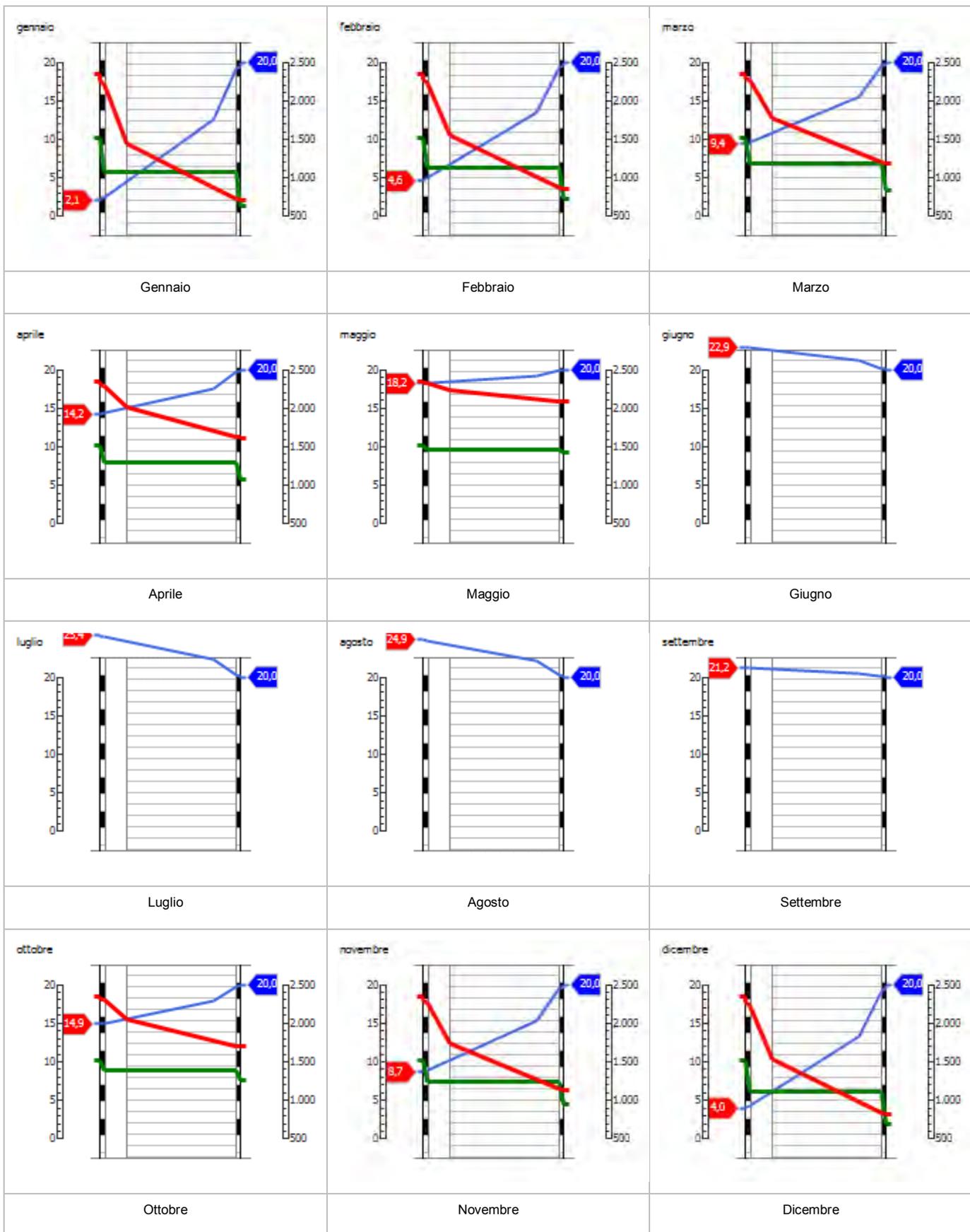
Quantità ammissibile di vapore accumulato mensilmente in un'interfaccia $G_{c,max}$: 0,0562 kg/m^2

Quantità di vapore residuo M_a : 9,2557 (mese di febbraio) kg/m^2 nell'interfaccia C-D

ESITO VERIFICA DI CONDENZA INTERSTIZIALE: Interfaccia C-D

- Condensa eccessiva: $6,9688 > 0,0562 \text{ kg/m}^2$

DIAGRAMMI DI PRESSIONE E TEMPERATURA



LEGENDA

	Temperatura [°C]		Pressione del vapore [Pa]		Press. di saturazione [Pa]
--	------------------	--	---------------------------	--	----------------------------

SERRAMENTO: 1080 piano terra

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome: 1080 piano terra

Note:

Produttore:

Larghezza: 1.080 cm

Altezza : 300 cm

Disperde verso: Esterno

Spessore superiore del telaio: 8 cm

Spessore inferiore del telaio: 8 cm

Spessore sinistro del telaio: 8 cm

Spessore destro del telaio: 8 cm

Numero divisioni verticali: 5

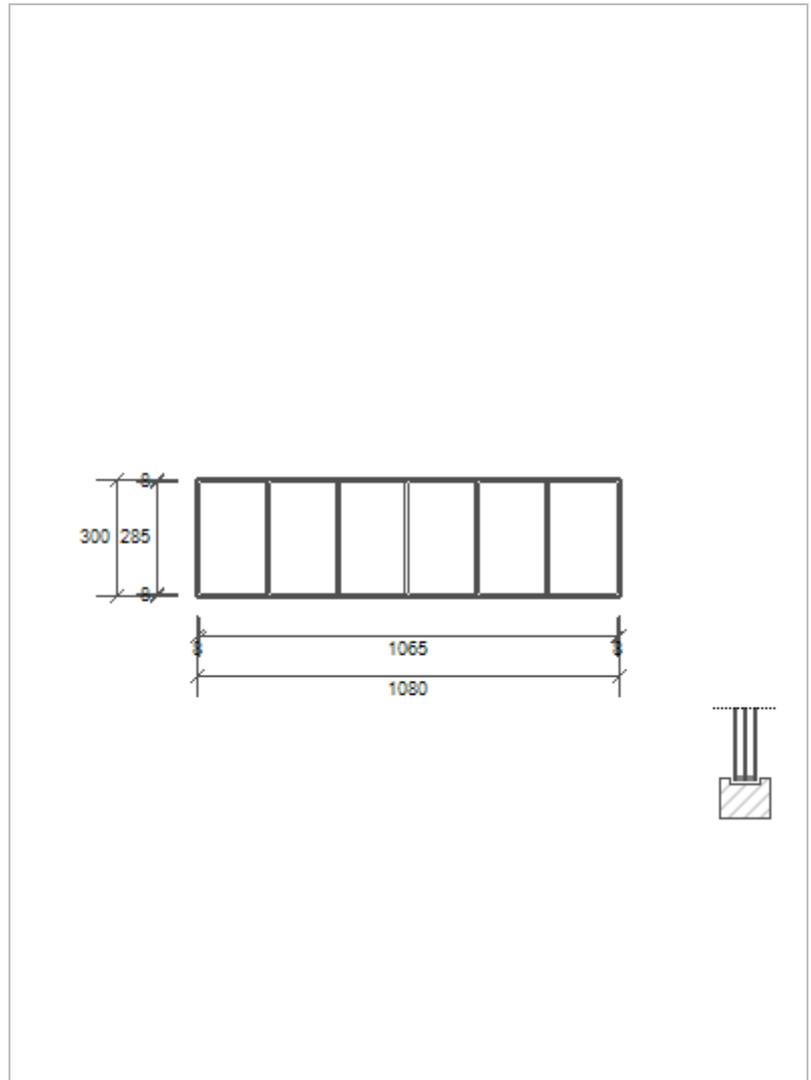
Spessore divisioni verticali: 5 cm

Numero divisioni orizzontali: 0

Spessore divisioni orizzontali: 0 cm

Area del vetro A_g : 29,614 m²

Area totale del serramento A_w : 32,400 m²



Area del telaio A_f : 2,786 m²

Perimetro della superficie vetrata L_g : 54,972 m

PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro: Vetro 4-14-4-14-4 (Argon)

Coefficiente di trasmissione solare g : 0,500

Trasmittanza termica vetro U_g : 0,600 W/(m² K)

Tipologia vetro: Triplo vetro con doppio rivestimento basso-emissivo

Emissività ϵ : 0,150

Telaio

Materiale: PVC profilo vuoto

Tipologia telaio: Con tre camere

Spessore sf: 0 mm

Distanziatore: Plastica

Trasmittanza termica del telaio U_f : 1,000 W/(m² K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio ψ_{fg} : 0,040 W/(m K)

SCHEMATURE MOBILI

Tipo schermatura: Frangisole a lamelle orizzontali o verticali

Posizione: Schermatura esterna

Colore: Bianco

Trasparenza: Opaca

g,gl,sh,d: 0,21

g,gl,sh,b: 0,07

g,gl,sh/g,gl: -

PARAMETRI TERMICI DELLA CHIUSURA

Tipo chiusura: -

Permeabilità della chiusura: -

Resistenza termica aggiuntiva dovuta alla chiusura ΔR : 0,000 (m² K)/W

Frazione oraria di utilizzo della chiusura f_{shut} : 0,60

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento U_w : 0,701 W/(m² K)

Trasmittanza termica serramento comprendendo la tapparella $U_w, CORR$: 0,701 W/(m² K)

STRUTTURE ASSOCIATE AL SERRAMENTO

SERRAMENTO: 120 piano primo

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome: 120 piano primo

Note:

Produttore:

Larghezza: 120 cm

Altezza : 300 cm

Disperde verso: Esterno

Spessore superiore del telaio: 8 cm

Spessore inferiore del telaio: 8 cm

Spessore sinistro del telaio: 8 cm

Spessore destro del telaio: 8 cm

Numero divisioni verticali: 0

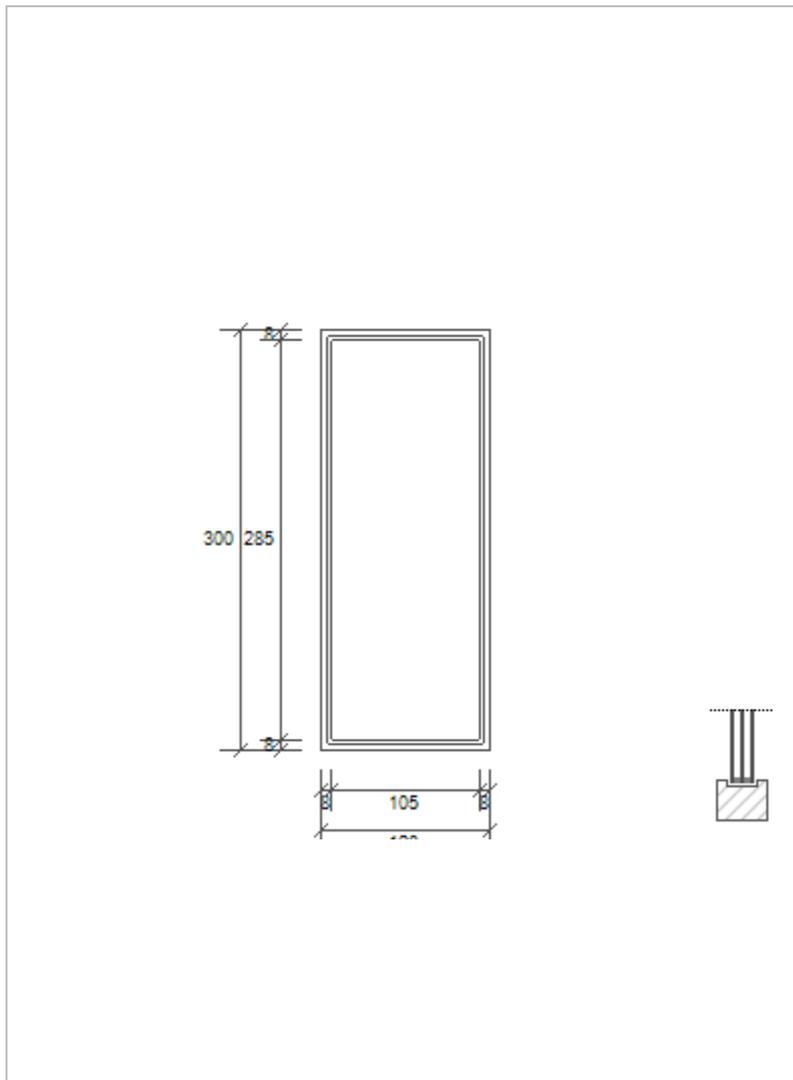
Spessore divisioni verticali: 5 cm

Numero divisioni orizzontali: 0

Spessore divisioni orizzontali: 0 cm

Area del vetro A_g : 2,985 m²

Area totale del serramento A_w : 3,600 m²



Area del telaio A_f : 0,615 m²

Perimetro della superficie vetrata L_g : 7,792 m

PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro: Vetro 4-14-4-14-4 (Argon)

Coefficiente di trasmissione solare g : 0,500

Trasmittanza termica vetro U_g : 0,600 W/(m² K)

Tipologia vetro: Triplo vetro con doppio rivestimento basso-emissivo

Emissività ϵ : 0,150

Telaio

Materiale: PVC profilo vuoto

Tipologia telaio: Con tre camere

Spessore sf: 0 mm

Distanziatore: Plastica

Trasmittanza termica del telaio U_f : 1,000 W/(m² K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio ψ_{fg} : 0,040 W/(m K)

SCHEMATURE MOBILI

Tipo schermatura: Frangisole a lamelle orizzontali o verticali

Posizione: Schermatura esterna

Colore: Bianco

Trasparenza: Opaca

g,gl,sh,d: 0,21

g,gl,sh,b: 0,07

g,gl,sh/g,gl: -

PARAMETRI TERMICI DELLA CHIUSURA

Tipo chiusura: -

Permeabilità della chiusura: -

Resistenza termica aggiuntiva dovuta alla chiusura ΔR : 0,000 (m² K)/W

Frazione oraria di utilizzo della chiusura f_{shut} : 0,60

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento U_w : 0,755 W/(m² K)

Trasmittanza termica serramento comprendendo la tapparella $U_w, CORR$: 0,755 W/(m² K)

STRUTTURE ASSOCIATE AL SERRAMENTO

SERRAMENTO: 240 terrazzo piano primo

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome: 240 terrazzo piano primo

Note:

Produttore:

Larghezza: 240 cm

Altezza : 210 cm

Disperde verso: Esterno

Spessore superiore del telaio: 8 cm

Spessore inferiore del telaio: 8 cm

Spessore sinistro del telaio: 8 cm

Spessore destro del telaio: 8 cm

Numero divisioni verticali: 1

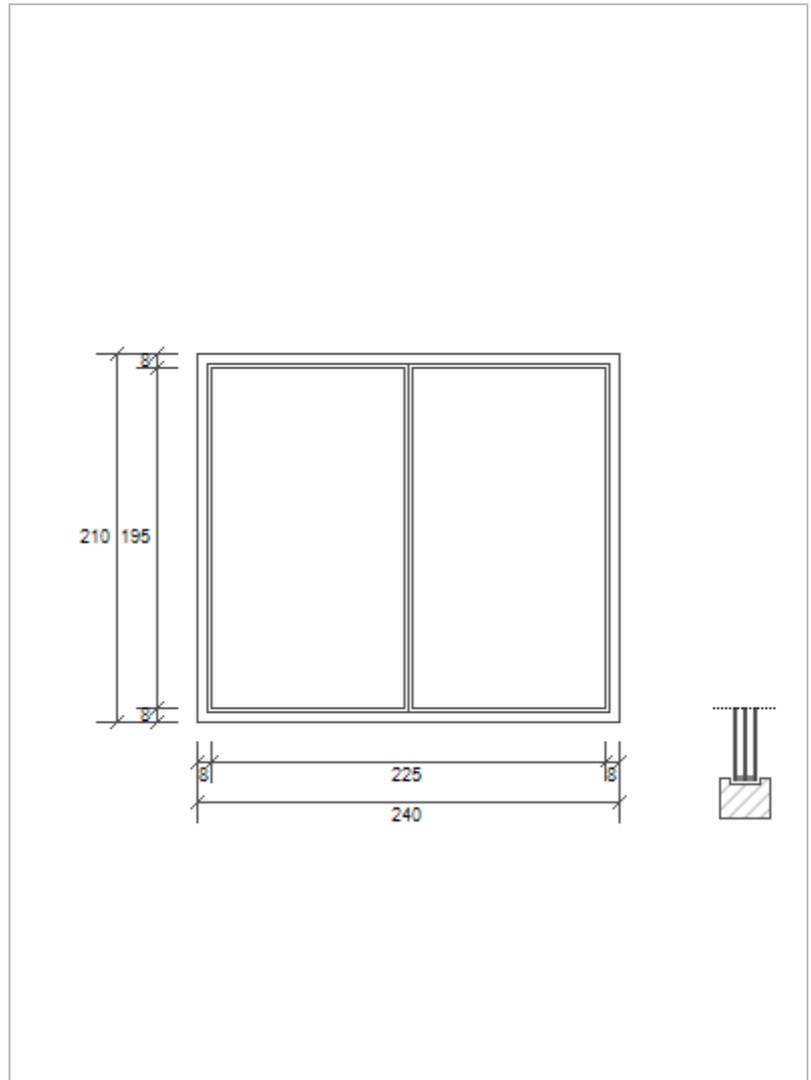
Spessore divisioni verticali: 5 cm

Numero divisioni orizzontali: 0

Spessore divisioni orizzontali: 0 cm

Area del vetro A_g : 4,282 m²

Area totale del serramento A_w : 5,040 m²



Area del telaio A_f : 0,758 m²

Perimetro della superficie vetrata L_g : 12,188 m

PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro: Vetro 4-14-4-14-4 (Argon)

Coefficiente di trasmissione solare g : 0,500

Trasmittanza termica vetro U_g : 0,600 W/(m² K)

Tipologia vetro: Triplo vetro con doppio rivestimento basso-emissivo

Emissività ϵ : 0,150

Telaio

Materiale: PVC profilo vuoto

Tipologia telaio: Con tre camere

Spessore sf: 0 mm

Distanziatore: Plastica

Trasmittanza termica del telaio U_f : 1,000 W/(m² K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio ψ_{fg} : 0,040 W/(m K)

SCHEMATURE MOBILI

Tipo schermatura: Tenda avvolgibile

Posizione: Schermatura interna

Colore: Bianco

Trasparenza: Opaca

g,gl,sh,d: 0,32

g,gl,sh,b: 0,32

g,gl,sh/g,gl: -

PARAMETRI TERMICI DELLA CHIUSURA

Tipo chiusura: -

Permeabilità della chiusura: -

Resistenza termica aggiuntiva dovuta alla chiusura ΔR : 0,000 (m² K)/W

Frazione oraria di utilizzo della chiusura f_{shut} : 0,60

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento U_w : 0,757 W/(m² K)

Trasmittanza termica serramento comprendendo la tapparella $U_w, CORR$: 0,757 W/(m² K)

STRUTTURE ASSOCIATE AL SERRAMENTO

SERRAMENTO: 360 piano terra

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome: 360 piano terra

Note:

Produttore:

Larghezza: 360 cm

Altezza : 300 cm

Disperde verso: Esterno

Spessore superiore del telaio: 8 cm

Spessore inferiore del telaio: 8 cm

Spessore sinistro del telaio: 8 cm

Spessore destro del telaio: 8 cm

Numero divisioni verticali: 1

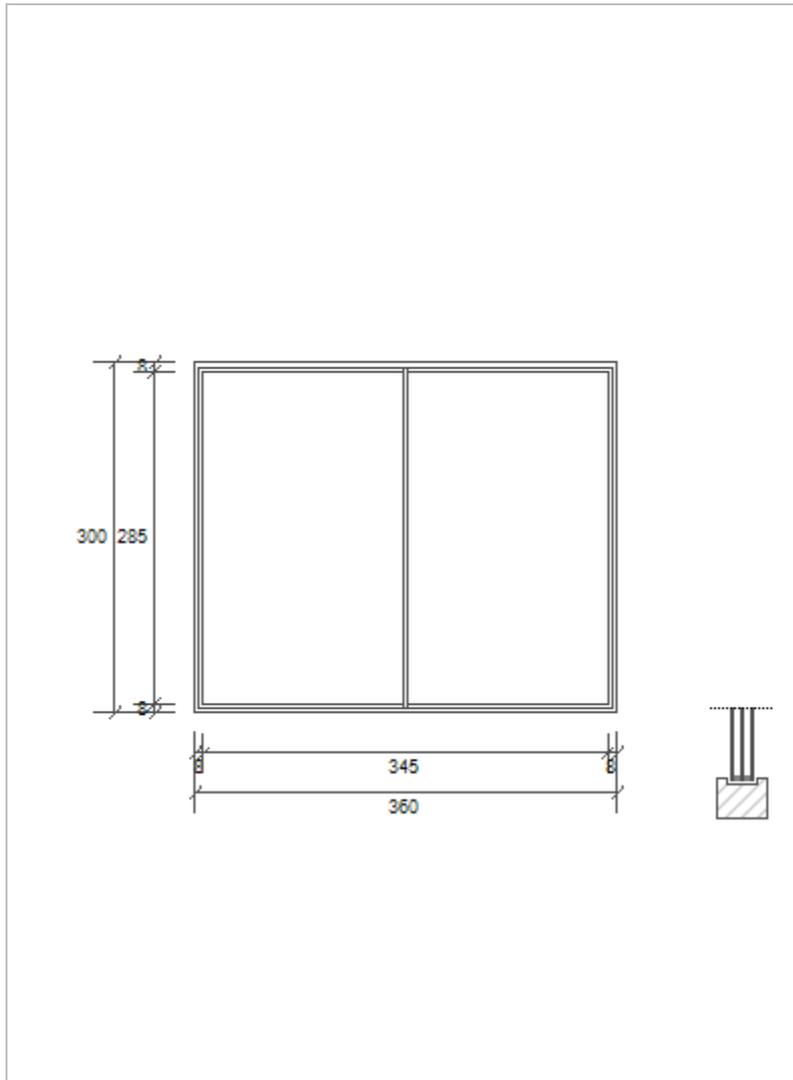
Spessore divisioni verticali: 5 cm

Numero divisioni orizzontali: 0

Spessore divisioni orizzontali: 0 cm

Area del vetro A_g : 9,678 m²

Area totale del serramento A_w : 10,800 m²



Area del telaio A_f : 1,122 m²

Perimetro della superficie vetrata L_g : 18,188 m

PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro: Vetro 4-14-4-14-4 (Argon)

Coefficiente di trasmissione solare g : 0,500

Trasmittanza termica vetro U_g : 0,600 W/(m² K)

Tipologia vetro: Triplo vetro con doppio rivestimento basso-emissivo

Emissività ϵ : 0,150

Telaio

Materiale: PVC profilo vuoto

Tipologia telaio: Con tre camere

Spessore sf: 0 mm

Distanziatore: Plastica

Trasmittanza termica del telaio U_f : 1,000 W/(m² K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio ψ_{fg} : 0,040 W/(m K)

SCHEMATURE MOBILI

Tipo schermatura: Frangisole a lamelle orizzontali o verticali

Posizione: Schermatura esterna

Colore: Bianco

Trasparenza: Opaca

g,gl,sh,d: 0,21

g,gl,sh,b: 0,07

g,gl,sh/g,gl: -

PARAMETRI TERMICI DELLA CHIUSURA

Tipo chiusura: -

Permeabilità della chiusura: -

Resistenza termica aggiuntiva dovuta alla chiusura ΔR : 0,000 (m² K)/W

Frazione oraria di utilizzo della chiusura f_{shut} : 0,60

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento U_w : 0,709 W/(m² K)

Trasmittanza termica serramento comprendendo la tapparella $U_w, CORR$: 0,709 W/(m² K)

STRUTTURE ASSOCIATE AL SERRAMENTO

SERRAMENTO: 40 piano terra corten

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome: 40 piano terra corten

Note:

Produttore:

Larghezza: 40 cm

Altezza : 300 cm

Disperde verso: Esterno

Spessore superiore del telaio: 4 cm

Spessore inferiore del telaio: 4 cm

Spessore sinistro del telaio: 4 cm

Spessore destro del telaio: 4 cm

Numero divisioni verticali: 0

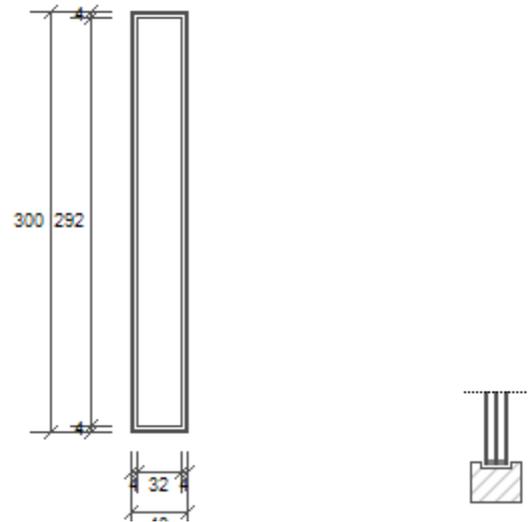
Spessore divisioni verticali: 5 cm

Numero divisioni orizzontali: 0

Spessore divisioni orizzontali: 0 cm

Area del vetro A_g : 0,934 m²

Area totale del serramento A_w : 1,200 m²



Area del telaio A_f : 0,266 m²

Perimetro della superficie vetrata L_g : 6,480 m

PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro: Vetro 4-14-4-14-4 (Argon)

Coefficiente di trasmissione solare g : 0,500

Trasmittanza termica vetro U_g : 0,600 W/(m² K)

Tipologia vetro: Triplo vetro con doppio rivestimento basso-emissivo

Emissività ϵ : 0,150

Telaio

Materiale: PVC profilo vuoto

Tipologia telaio: Con tre camere

Spessore sf: 0 mm

Distanziatore: Plastica

Trasmittanza termica del telaio U_f : 1,000 W/(m² K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio ψ_{fg} : 0,040 W/(m K)

SCHEMATURE MOBILI

Tipo schermatura: -

Posizione: -

Colore: -

Trasparenza: -

g,gl,sh,d: -

g,gl,sh,b: -

g,gl,sh/g,gl: -

PARAMETRI TERMICI DELLA CHIUSURA

Tipo chiusura: -

Permeabilità della chiusura: -

Resistenza termica aggiuntiva dovuta alla chiusura ΔR : 0,000 (m² K)/W

Frazione oraria di utilizzo della chiusura f_{shut} : 0,60

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento U_w : 0,905 W/(m² K)

Trasmittanza termica serramento comprendendo la tapparella $U_w, CORR$: 0,905 W/(m² K)

STRUTTURE ASSOCIATE AL SERRAMENTO

SERRAMENTO: 660 piano terra

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome: 660 piano terra

Note:

Produttore:

Larghezza: 660 cm

Altezza : 300 cm

Disperde verso: Esterno

Spessore superiore del telaio: 8 cm

Spessore inferiore del telaio: 8 cm

Spessore sinistro del telaio: 8 cm

Spessore destro del telaio: 8 cm

Numero divisioni verticali: 3

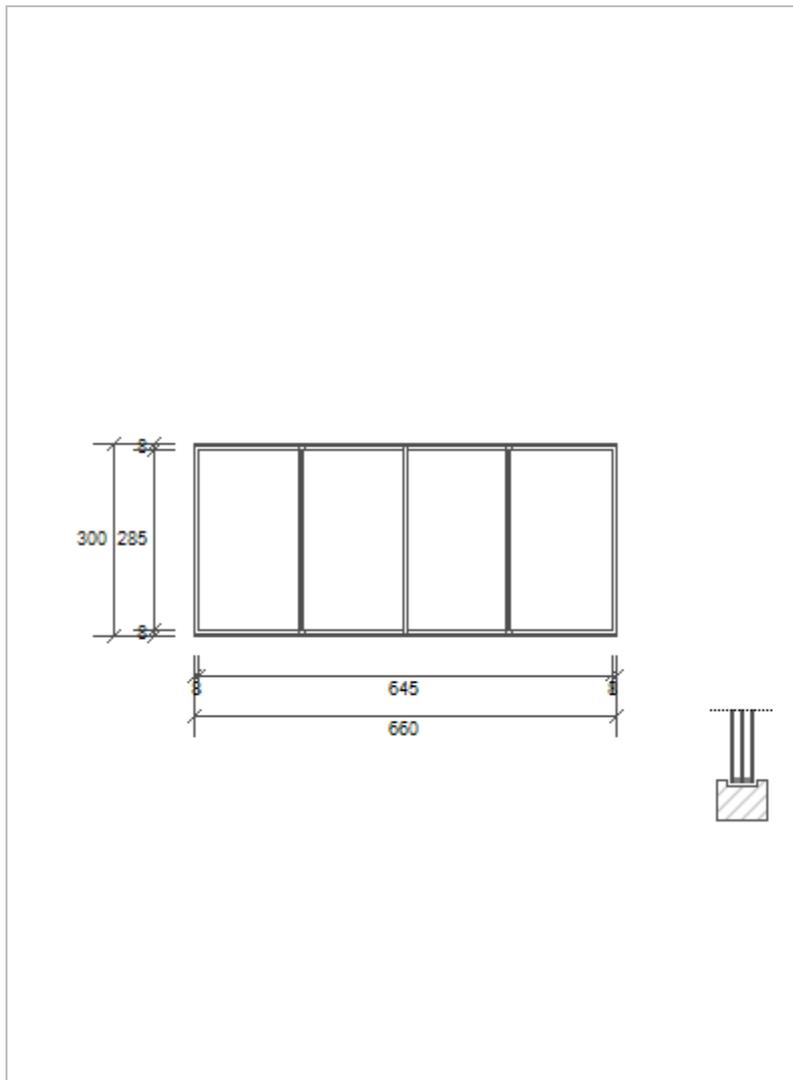
Spessore divisioni verticali: 5 cm

Numero divisioni orizzontali: 0

Spessore divisioni orizzontali: 5 cm

Area del vetro A_g : 17,937 m²

Area totale del serramento A_w : 19,800 m²



Area del telaio A_f : 1,863 m²

Perimetro della superficie vetrata L_g : 35,380 m

PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro: Vetro 4-14-4-14-4 (Argon)

Coefficiente di trasmissione solare g : 0,500

Trasmittanza termica vetro U_g : 0,600 W/(m² K)

Tipologia vetro: Triplo vetro con doppio rivestimento basso-emissivo

Emissività ϵ : 0,150

Telaio

Materiale: PVC profilo vuoto

Tipologia telaio: Con tre camere

Spessore sf: 0 mm

Distanziatore: Plastica

Trasmittanza termica del telaio U_f : 1,000 W/(m² K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio ψ_{fg} : 0,040 W/(m K)

SCHEMATURE MOBILI

Tipo schermatura: -

Posizione: -

Colore: -

Trasparenza: -

g,gl,sh,d: -

g,gl,sh,b: -

g,gl,sh/g,gl: -

PARAMETRI TERMICI DELLA CHIUSURA

Tipo chiusura: -

Permeabilità della chiusura: -

Resistenza termica aggiuntiva dovuta alla chiusura ΔR : 0,000 (m² K)/W

Frazione oraria di utilizzo della chiusura f_{shut} : 0,60

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento U_w : 0,709 W/(m² K)

Trasmittanza termica serramento comprendendo la tapparella $U_w, CORR$: 0,709 W/(m² K)

STRUTTURE ASSOCIATE AL SERRAMENTO

SERRAMENTO: 720 piano primo

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome: 720 piano primo

Note:

Produttore:

Larghezza: 720 cm

Altezza : 300 cm

Disperde verso: Esterno

Spessore superiore del telaio: 8 cm

Spessore inferiore del telaio: 8 cm

Spessore sinistro del telaio: 8 cm

Spessore destro del telaio: 8 cm

Numero divisioni verticali: 3

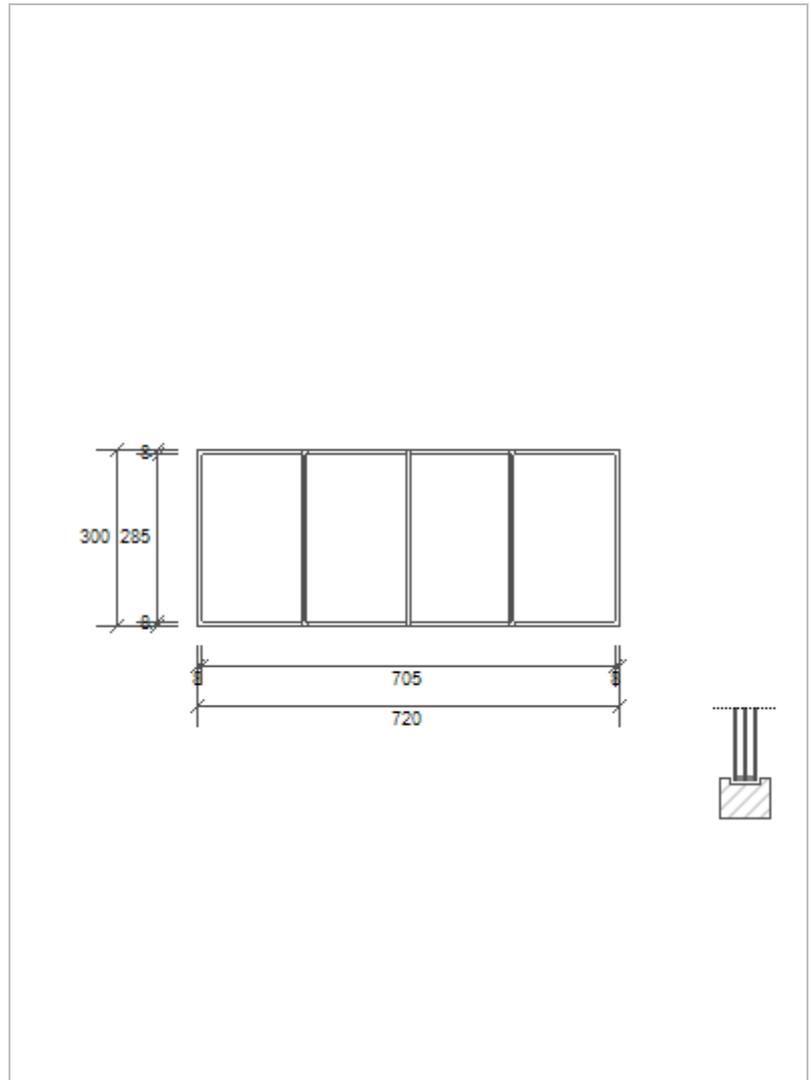
Spessore divisioni verticali: 5 cm

Numero divisioni orizzontali: 0

Spessore divisioni orizzontali: 0 cm

Area del vetro A_g : 19,646 m²

Area totale del serramento A_w : 21,600 m²



Area del telaio A_f : 1,954 m²

Perimetro della superficie vetrata L_g : 36,580 m

PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro: Vetro 4-14-4-14-4 (Argon)

Coefficiente di trasmissione solare g : 0,500

Trasmittanza termica vetro U_g : 0,600 W/(m² K)

Tipologia vetro: Triplo vetro con doppio rivestimento basso-emissivo

Emissività ϵ : 0,150

Telaio

Materiale: PVC profilo vuoto

Tipologia telaio: Con tre camere

Spessore sf: 0 mm

Distanziatore: Plastica

Trasmittanza termica del telaio U_f : 1,000 W/(m² K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio ψ_{fg} : 0,040 W/(m K)

SCHEMATURE MOBILI

Tipo schermatura: Frangisole a lamelle orizzontali o verticali

Posizione: Schermatura esterna

Colore: Bianco

Trasparenza: Opaca

g,gl,sh,d: 0,21

g,gl,sh,b: 0,07

g,gl,sh/g,gl: -

PARAMETRI TERMICI DELLA CHIUSURA

Tipo chiusura: -

Permeabilità della chiusura: -

Resistenza termica aggiuntiva dovuta alla chiusura ΔR : 0,000 (m² K)/W

Frazione oraria di utilizzo della chiusura f_{shut} : 0,60

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento U_w : 0,704 W/(m² K)

Trasmittanza termica serramento comprendendo la tapparella $U_w, CORR$: 0,704 W/(m² K)

STRUTTURE ASSOCIATE AL SERRAMENTO

SERRAMENTO: 765 piano terra

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome: 765 piano terra

Note:

Produttore:

Larghezza: 765 cm

Altezza : 300 cm

Disperde verso: Esterno

Spessore superiore del telaio: 8 cm

Spessore inferiore del telaio: 8 cm

Spessore sinistro del telaio: 8 cm

Spessore destro del telaio: 8 cm

Numero divisioni verticali: 3

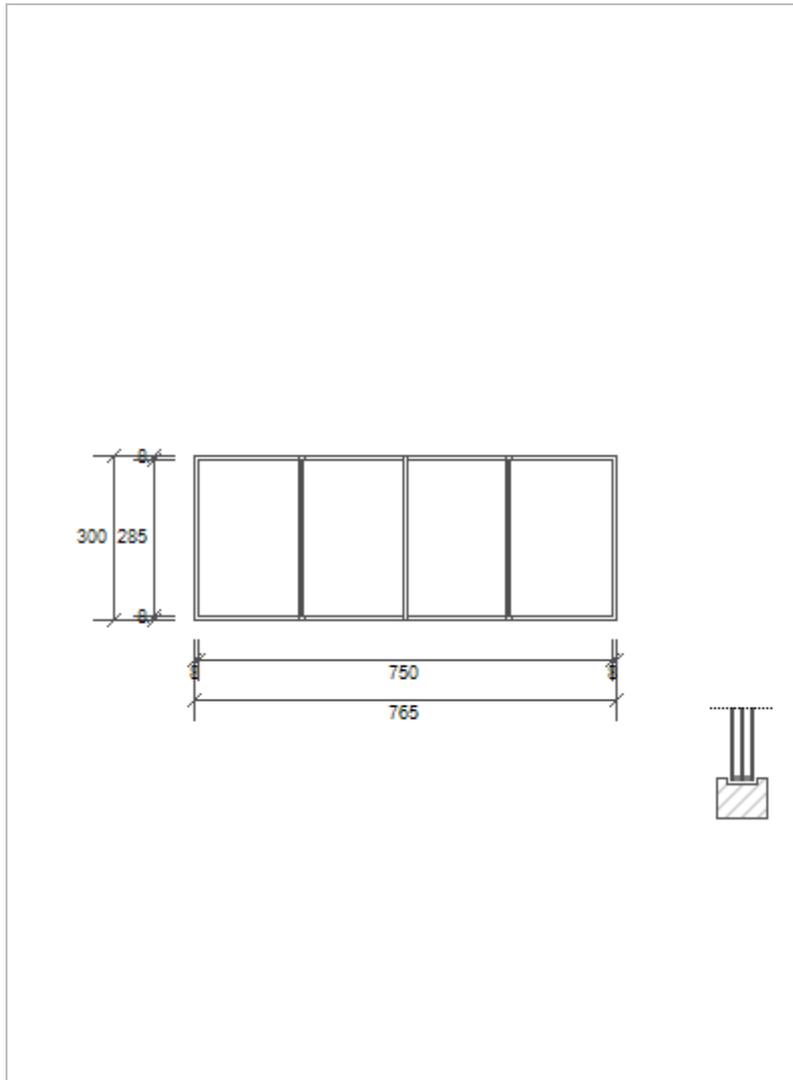
Spessore divisioni verticali: 5 cm

Numero divisioni orizzontali: 0

Spessore divisioni orizzontali: 5 cm

Area del vetro A_g : 20,927 m²

Area totale del serramento A_w : 22,950 m²



Area del telaio A_f : 2,023 m²

Perimetro della superficie vetrata L_g : 37,480 m

PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro: Vetro 4-14-4-14-4 (Argon)

Coefficiente di trasmissione solare g : 0,500

Trasmittanza termica vetro U_g : 0,600 W/(m² K)

Tipologia vetro: Triplo vetro con doppio rivestimento basso-emissivo

Emissività ϵ : 0,150

Telaio

Materiale: PVC profilo vuoto

Tipologia telaio: Con tre camere

Spessore sf: 0 mm

Distanziatore: Plastica

Trasmittanza termica del telaio U_f : 1,000 W/(m² K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio ψ_{fg} : 0,040 W/(m K)

SCHEMATURE MOBILI

Tipo schermatura: Frangisole a lamelle orizzontali o verticali

Posizione: Schermatura esterna

Colore: Bianco

Trasparenza: Opaca

g,gl,sh,d: 0,21

g,gl,sh,b: 0,07

g,gl,sh/g,gl: -

PARAMETRI TERMICI DELLA CHIUSURA

Tipo chiusura: -

Permeabilità della chiusura: -

Resistenza termica aggiuntiva dovuta alla chiusura ΔR : 0,000 (m² K)/W

Frazione oraria di utilizzo della chiusura f_{shut} : 0,60

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento U_w : 0,701 W/(m² K)

Trasmittanza termica serramento comprendendo la tapparella $U_w, CORR$: 0,701 W/(m² K)

STRUTTURE ASSOCIATE AL SERRAMENTO

SERRAMENTO: 80 piano terra corten

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome: 80 piano terra corten

Note:

Produttore:

Larghezza: 80 cm

Altezza : 300 cm

Disperde verso: Esterno

Spessore superiore del telaio: 4 cm

Spessore inferiore del telaio: 4 cm

Spessore sinistro del telaio: 4 cm

Spessore destro del telaio: 4 cm

Numero divisioni verticali: 0

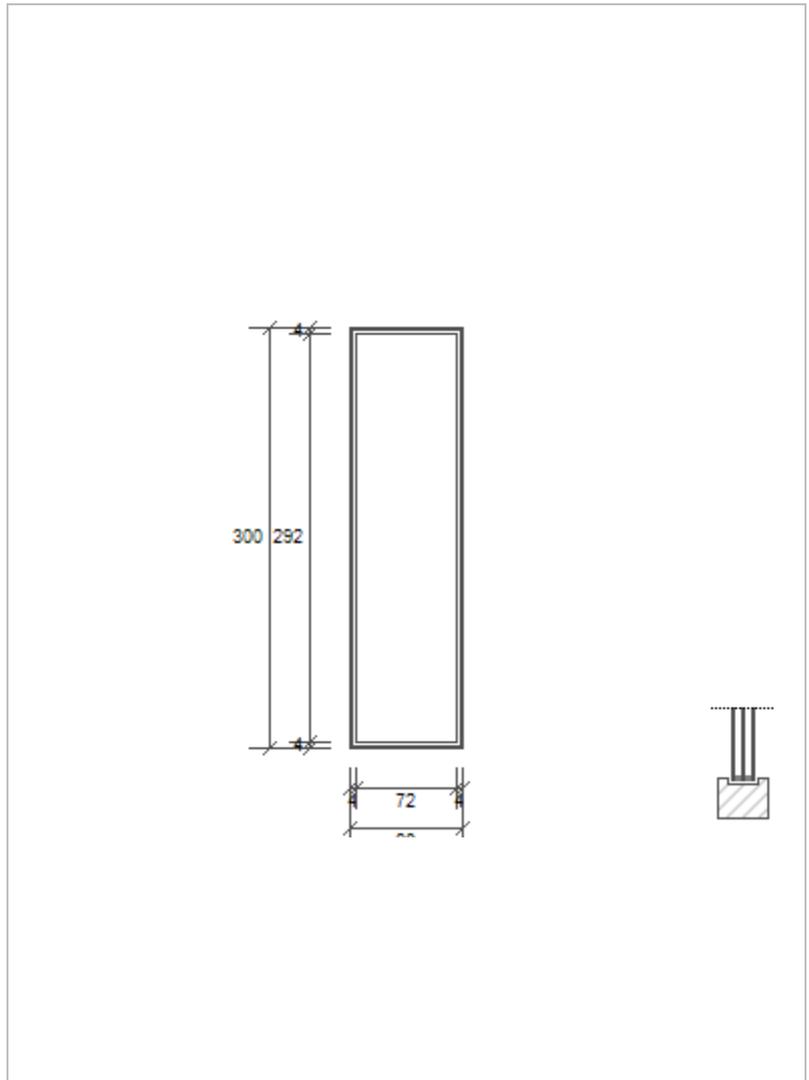
Spessore divisioni verticali: 5 cm

Numero divisioni orizzontali: 0

Spessore divisioni orizzontali: 0 cm

Area del vetro A_g : 2,102 m²

Area totale del serramento A_w : 2,400 m²



Area del telaio A_f : 0,298 m²

Perimetro della superficie vetrata L_g : 7,280 m

PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro: Vetro 4-14-4-14-4 (Argon)

Coefficiente di trasmissione solare g : 0,500

Trasmittanza termica vetro U_g : 0,600 W/(m² K)

Tipologia vetro: Triplo vetro con doppio rivestimento basso-emissivo

Emissività ϵ : 0,150

Telaio

Materiale: PVC profilo vuoto

Tipologia telaio: Con tre camere

Spessore sf: 0 mm

Distanziatore: Plastica

Trasmittanza termica del telaio U_f : 1,000 W/(m² K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio ψ_{fg} : 0,040 W/(m K)

SCHEMATURE MOBILI

Tipo schermatura: -

Posizione: -

Colore: -

Trasparenza: -

g,gl,sh,d: -

g,gl,sh,b: -

g,gl,sh/g,gl: -

PARAMETRI TERMICI DELLA CHIUSURA

Tipo chiusura: -

Permeabilità della chiusura: -

Resistenza termica aggiuntiva dovuta alla chiusura ΔR : 0,000 (m² K)/W

Frazione oraria di utilizzo della chiusura f_{shut} : 0,60

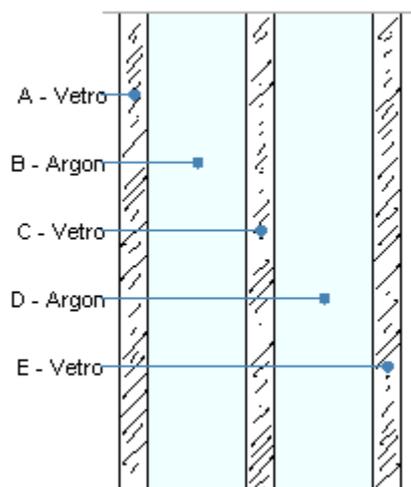
PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento U_w : 0,771 W/(m² K)

Trasmittanza termica serramento comprendendo la tapparella $U_w, CORR$: 0,771 W/(m² K)

STRUTTURE ASSOCIATE AL SERRAMENTO

Vetro 4-14-4-14-4 (Argon)



Le proprietà termiche dei vetri sono valutate in base alla UNI EN 673.

DATI DEL VETRO

Nome: Vetro 4-14-4-14-4 (Argon)

Note:

Numero lastre:	Spessore vetro: 40,0 mm
Trasmittanza U: 0,766 W/(m ² K)	Resistenza R: 1,306 (m ² K)/W

STRATIGRAFIA

Strato	Spessore s [mm]	Conduttività λ [W/(mK)]	Emissività normale interna ϵ_{ni} [-]	Emissività normale esterna ϵ_{ne} [-]	Densità ρ [Kg/m ³]	Viscosità dinamica μ [10 ⁻⁵ Kg/(ms)]	Capacità termica specifica c [J/(kgK)]
Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	7,690	-	-	-	-	-
A Vetro	4,0	1,000	0,10	0,15	2.500	0,0	0,84
B Argon	14,0	0,017	0,00	0,00	2	2,2	0,52
C Vetro	4,0	1,000	0,89	0,15	2.500	0,0	0,84
D Argon	14,0	0,017	0,00	0,00	2	2,2	0,52
E Vetro	4,0	1,000	0,10	0,15	2.500	0,0	0,84
Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	25,000	-	-	-	-	-

TOTALE	40,0						
--------	------	--	--	--	--	--	--

RESISTENZE

Costanti dipendenti dall'orientamento del vetro: A = 0,035, N = 0,38

	<i>Strato</i>	<i>Emissività corretta interna ϵ_i</i>	<i>Emissività corretta esterna ϵ_e</i>	<i>Salto termico intercapedine ΔT</i>	<i>Conduttanza radiativa h_r</i>	<i>Conduttanza lastra h_g</i>	<i>Conduttanza intercapedine h_s</i>	<i>Resistenza termica R</i>
		[-]	[-]	[°C]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]	[(m ² K)/W]
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	-	-	-	-	-	0,130
A	Vetro	-	-	-	-	-	-	0,004
B	Argon	0,168	0,837	6,54	0,837	1,203	2,040	0,490
C	Vetro	-	-	-	-	-	-	0,004
D	Argon	0,168	0,114	8,46	0,375	1,203	1,578	0,634
E	Vetro	-	-	-	-	-	-	0,004
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	-	-	-	-	0,040
	TOTALE							1,31

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

Libri

A. Boeri, E. Antonini, *Progettare scuole sostenibili-Criteri, esempi e soluzioni per l'efficienza energetica e la qualità ambientale*, Edicom Edizioni, Monfalcone (Gorizia), 2011

L.A. Pezzetti, *Architetture per la scuola: impianto, forma, idea*, Clean, Napoli, 2012

R.T. Hille, *Modern schools: a century of design for education*, Hoboken, J. Wiley, 2011

A. Boeri, D. Longo, S. Piraccini, *Il progetto dell'involucro in legno – Qualità costruttiva ed efficienza energetica*, Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2012

Riviste

Casabella, 1972 Mar., v. 36, n. 363, p. 40-47, *Bologna scuole, progettare in comune: metaprogetto per la scuola media e due realizzazioni di scuole per l'infanzia*

Casabella, 1976 Jan., v. 40, n. 409, intera pubblicazione, *Quale scuola? = What school?*

Relazioni e dossier

Comune di Bologna - Dipartimento Assetto Territoriale e Servizi Tecnici - Settore Progettazione ed attuazione - Unità operativa edilizia scolastica, *Piano di edilizia scolastica per la qualificazione delle strutture per le scuole pubbliche dall'asilo alle medie inferiori*, Bologna, 1983

Comune di Bologna - Dipartimento Assetto Territoriale e Servizi Tecnici - Settore Progettazione ed attuazione - Unità operativa edilizia scolastica, *Relazione progetto tipo della Scuola media di Via Firenze*, Bologna, 1979

Legambiente, *Ecosistema scuola – XIV rapporto di Legambiente sulla qualità dell'edilizia scolastica, delle strutture e dei servizi*, Roma, 2013

Legambiente, *Ecosistema scuola – XV rapporto di Legambiente sulla qualità dell'edilizia scolastica, delle strutture e dei servizi*, Roma, 2014

Norme

Circolare Ministero dei Lavori Pubblici 19/06/1968 n°4809, nota come *“Norme per assicurare la utilizzazione degli edifici sociali da parte dei minorati fisici e per migliorarne la godibilità generale”*

DM 18.12.1975, noto come *“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”*

DPR 24/07/1996 n°503, noto come *“Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici”*

UNI/TS 11300: 2008-2010-2011, nota come *“Norme tecniche di riferimento per la stima delle prestazioni energetiche degli edifici”*

UNI EN 12464-1: 2004, nota come *“Illuminazione dei luoghi di lavoro”*

Legge 3/08/2013 n°90, conversione con modificazioni del decreto-legge 4.06.2013 n°63, nota come *“Disposizioni urgenti per il recepimento della Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19.05.2010, sulla prestazione energetica nell'edilizia per la definizione delle procedure d'infrazione avviate dalla Commissione europea, nonché altre disposizioni in materia di coesione sociale”*

Siti internet

<http://scuola.regione.emilia-romagna.it/monitoraggio-sistema-scolastico/edilizia-scolastica>

<http://www.provincia.ra.it/Argomenti/Edilizia-Scolastica-e-Patrimonio/Edilizia-Scolastica>

<http://www.mtaa.it/projects/010/>

http://www.architettura.unina2.it/docenti/areaprivata/43/documenti/MANUALE_RILEVAZIONE_last.pdf

<http://urp.comune.bologna.it/PortaleSIT/portalesit.nsf>

<http://www.ic9bo.it/joomla/>

<http://www.indire.it/>

<http://www.scuola-digitale.it/elenco-dei-progetti/>

http://hubmiur.pubblica.istruzione.it/web/istruzione/piano_scuola_digitale/classi_2_0

<http://www.scuola-digitale.it/lim/ilprogetto/finalita/>

<http://rivista.scuolaiad.it/n04-2011/dalla-lavagna-nera-alla-lavagna-digitale-come-le-tecnologie-possono-cambiare-la-scuola>

http://www.governo.it/governoinforma/dossier/edilizia_scolastica/

http://www.padovanet.it/allegati/C_1_Allegati_18298_Allegato.pdf

<http://www.legambiente.it/contenuti/comunicati/rapporto-ecosistema-scuola-il-325-degli-edifici-necessita-di-interventi-di-manu>

INDICE DELLE FIGURE

Fig. 1_ Localizzazione interventi all'interno delle tre provincie romagnole	17
Fig. 2_ Indice di natalità (1951-2000).....	23
Fig. 3_ L'atrio incongruamente occupato	52
Fig. 4_ L'aula di musica all'interno dei locali originariamente pensati per la presidenza.....	54
Fig. 5_ Gli uffici ricavati all'interno di un'aula	55
Fig. 6_ L'aula magna	56
Fig. 7_ Lo spazio dei collaboratori scolastici collocato senza caratterizzazione nell'atrio	58
Fig. 8_ La mensa ricavata all'interno dell'atrio	60
Fig. 9_ Il passaggio sopraelevato sulla palestra che collega ala Nord e ala Sud	61
Fig. 10_ Una delle tante scale che caratterizzano la scuola	63
Fig. 11_ I servizi igienici	64
Fig. 12_ L'accesso nascosto nella cavità	65
Fig. 13_ Il parco che caratterizza il lotto.....	67
Fig. 14_ Uno dei terrazzi e le superfici trasparenti perimetrali.....	68
Fig. 15_ L'atelier	70
Fig. 16_ La palestra vista dal passaggio sopraelevato che collega ala Nord e ala Sud.....	71
Fig. 17_ Un pilastro al quale sono stati aggiunti angolari per trattenere l'involucro esterno	73
Fig. 18_ Linee guida	79
Fig. 19_ Addizione volumetrica.....	79
Fig. 20_ Sottrazione volumetrica	81
Fig. 21_ Esito progettuale	81
Fig. 22_ Bilancio termico stagione invernale (pre riqualificazione).....	94
Fig. 23_ Dispersioni	95
Fig. 24_ Gli studi sull'illuminamento.....	99
Fig. 25_ Un radiatore montato in posizione inconsueta.....	100
Fig. 26_ Ventilconvettore.....	101
Fig. 27_ Termoventilante: corpo principale.....	101
Fig. 28_ Termoventilanti: rete di distribuzione.....	101
Fig. 29_ Bilancio termico stagione invernale (post riqualificazione).....	104
Fig. 30_ L'unità di trattamento d'aria Daikin	106
Fig. 31_ Pompa di calore Clivet.....	108
Fig. 32_ Trave convettiva fredda di tipo attivo Trox serie AKV	110
Fig. 33_ Un esempio di nastro fotovoltaico Unisolar PVL 136.....	111
Fig. 34_ Campione analizzato	112
Fig. 35_ Collaborazione dimostrata dal campione.....	113
Fig. 36_ Nuove costruzioni	114
Fig. 37_ Ampliamenti	115
Fig. 38_ Affidamento della progettazione	116
Fig. 39_ Scelta del contraente ed ammontare della copertura finanziaria	117
Fig. 40_ Orientamento rispetto alle coordinate geografiche.....	118

Fig. 41_Criticità nella viabilità contingenti all'attività scolastica	119
Fig. 42_Parcheggi	119
Fig. 43_Palestre.....	120
Fig. 44_Impianti sportivi all'aperto	121
Fig. 45_Servizio mensa	122
Fig. 46_Dotazioni funzionali specifiche Scuola dell'Infanzia.....	123
Fig. 47_Dotazioni funzionali specifiche Scuola Primaria.....	124
Fig. 48_Dotazioni funzionali specifiche Scuola Secondaria I Grado	125
Fig. 49_Dotazioni funzionali specifiche Scuola Secondaria di II Grado	125
Fig. 50_Spazi aperti Scuola dell'Infanzia.....	126
Fig. 51_Spazi aperti Scuola Primaria.....	127
Fig. 52_Spazi aperti Scuola Secondaria I Grado	128
Fig. 53_Spazi aperti Scuola Secondaria di II Grado	129
Fig. 54_Certificazioni	130
Fig. 55_Certificazione e classificazione energetica	132
Fig. 56_Sistema strutturale.....	133
Fig. 57_Struttura partizioni interne orizzontali.....	134
Fig. 58_Struttura partizioni interne verticali.....	134
Fig. 59_Geometria copertura	135
Fig. 60_Climatizzazione invernale: generatori	136
Fig. 61_Collocazione centrale termica.....	136
Fig. 62_Climatizzazione invernale: terminali	137
Fig. 63_Climatizzazione estiva	137
Fig. 64_Conduzione e gestione degli impianti.....	138
Fig. 65_Ventilazione meccanica	139
Fig. 66_Impianto idrico antincendio	140
Fig. 67_Rete informatica e connessione internet.....	140
Fig. 68_Schermature solari	141
Fig. 69_Controllo del rumore.....	142
Fig. 70_Accorgimenti specifici per la riduzione dei consumi energetici.....	144

INDICE DEGLI ELABORATI GRAFICI

Tav.01_Localizzazione

Tav.02_Focus sul sito

Tav.03_L'edificio scolastico: stato di fatto

Tav.04_L'edificio scolastico: stato di fatto

Tav.05_Analisi SWOT

Tav.06_Retrofit energetico

Tav.07_L'edificio scolastico: concept ed esiti formali

Tav.08_L'edificio scolastico: nuova configurazione

Tav.09_L'edificio scolastico: nuova configurazione

Tav.10_La nuova identità della scuola

Tav.11_Gli spazi di aggregazione

Tav.12_L'involucro e le scelte tecnologiche

RINGRAZIAMENTI

A cura di Giulia Belletti

Al termine di questo iter il primo grazie voglio rivolgerlo egoisticamente a me stessa, al mio coraggio, all'impegno che ho messo nell'affrontare gli esami, considerandoli tutti alla stessa stregua, a prescindere dal numero di crediti e dalla materia: importanti e sostanziali. E' forse proprio perché il mio percorso è stato incidentato, irto, pieno di buche e di dossi che il raggiungimento della laurea è così dolce e mi riempie di orgoglio personale. Vorrei dire a chi, anche inconsciamente, mi ha ostacolato, con la sua indifferenza più o meno volontaria, con la sua tendenza a sminuire il contenuto di una mia sensazione od esternazione, che non esiste soddisfazione più incontenibile della consapevolezza di aver affrontato le prove a cui si è stati sottoposti invece di aggirarle, e ancora di averle affrontate con onestà intellettuale e sincerità. Tuttavia, se da una parte devo ringraziare me stessa, è imprescindibile ricordare chi mi ha accompagnato, chi mi ha offerto la propria mano, il proprio sostegno, di qualsiasi natura esso sia stato.

Ringrazio Luca, che non so davvero come definire, è in primis l'uomo che indubbiamente ho amato ed amo di più nella mia vita, il mio collega di tesi, la mia valvola di sfogo, il mio supporto quotidiano, la mia gioia, il mio divertimento, il mio sorriso. Sarei comunque giunta a questo giorno ma sono sicura con ulteriore ritardo se nei momenti più neri non ci fossi stato tu a metterti in macchina, raggiungermi e consolarmi con quella dolcezza mescolata ad autorevolezza che solo da te riesco ad accettare. Sei uno dei pochissimi che mi ha capita, mi ha accettata e mi accetta giorno dopo giorno nonostante le mie innumerevoli spigolosità, insicurezze, i nervosismi, i conflitti interiori. Sei tu che mi hai fatto capire quanto a volte sia necessario concedersi qualcosa di bello, di frivolo, fare qualcosa per sé stessi con leggerezza e senza competizione ed aspettative; sei tu che mi hai insegnato a prendermi meno sul serio, che mi hai spinto all'autocritica ed all'autoironia: anche se non ci riesco spesso, sicuramente ci riesco più di prima. Luca sei indubbiamente il regalo più grande, l'incontro più sorprendente che l'esperienza universitaria mi abbia concesso.

Grazie amore, semplicemente per esserci, ti amo, non mi aspetto nulla se non di passare con te il resto del mio tempo.

Un enorme grazie va ai mie nonni, Mirna e Giovanni, un porto sicuro, una ventata di serenità, quella parvenza di normalità e stabilità familiare che purtroppo talvolta mi è mancata. Grazie Gigi per avermi regalato 11 anni di gioco, di sorrisi, di serenità, per avermi fatto entrare in contatto con la natura e per avermi mostrato ciò che di positivo il mondo può offrirci, grazie per avermi fatto sentire la persona a cui forse volevi più bene, la nipote preferita nonostante fossi l'unica e non avessi poi tanta scelta. Ti penso ancora spesso e spero che sotto qualche forma oggi tu possa esserci ed essere felice di quello che sto diventando. Grazie Dedè per avermi accolta e tenuta con te, gesto che non ritengo per nulla scontato nonostante ti abbia messo probabilmente spalle al muro, per esserci sempre, per avermi garantito la possibilità di studiare con pochissime preoccupazioni ed anzi una complessiva spensieratezza, per tutti quei piccoli impegni di cui mi sgravi quotidianamente: il letto da rifare, i piatti da lavare, le commissioni fuori casa. Ti voglio bene, voglio dirtelo cosicché tu lo scolpisca nel tuo cuore. So bene di non avertelo mai detto ma credo che in fondo tu mi capisca perché sei un po' come me: reticente nell'esprimere i tuoi sentimenti. Vorrei averti qui per sempre.

Un altro incontenibile grazie va a mia mamma, Federica, sei la persona che temo di perdere maggiormente e credo che questo sia indice di quanto amore provi per te. Sei atipica è vero, e spesso te lo rinfaccio, ma oggi credo che sia giunto il momento di considerare la tua unicità come un valore aggiunto più che come un difetto. Sei il sole della mia vita, la forza che spesso mi manca, la presenza perpetua di ogni mia giorno. Grazie per tutte le ore che nella nostra vita abbiamo speso a parlare e a confrontarci, grazie per il sostegno che mi hai dato; nei momenti più neri se non ci fossi stata tu sinceramente non so dove avrei trovato la forza per reagire. Grazie per non esserti mai arresa ed avere avuto la forza di diventare quella che sei, perché è vero, la soddisfazione e la serenità personale sono contagiose solo se le si è fatte proprie. Grazie per avermi accompagnato nelle difficoltà, non mi hai mai esentato dalle stesse ma mi hai sempre tenuto la mano come un fedele scudiero, sempre un passo avanti per difendermi nel caso

ci fosse stato bisogno. Sei sempre dalla mia parte, come se per te fosse un fatto naturalmente scontato, sei sempre positiva a compensare la mia cosmica negatività, sei sempre presente, non hai perso nessun appuntamento veramente fondamentale del mio percorso di crescita, segno che anche nei momenti di spaesamento il legame che si crea tra madre e figlia supera qualsiasi dolore. Grazie per essere migliorata anche per me, sei una mamma come pochi possono vantare di avere. Ti amo.

Grazie a mio babbo, Andrea, per avermi trasmesso quelli che io considero i miei migliori pregi: sensibilità e perfezionismo. Grazie per aver dimostrato tanto coraggio, quello che sinceramente non pensavo possedessi, nel riemergere dall'abisso in cui ti sei trovato. Hai attraversato così tanti momenti duri nel corso della vita che già vederti sereno per me è importante. La forza che hai dimostrato, anche se a momenti alterni, è per me un esempio, e lo stimolo che mi porta a pensare, quando mi trovo in difficoltà, che se ce l'hai fatta tu, posso farcela anche io. Spero che in futuro recupereremo tutto ciò che abbiamo perso, un po' per orgoglio, un po' per incapacità. Voglio bene anche a te e ti ringrazio per i piccoli sfizi che mi hai dato modo di soddisfare in questi anni universitari di relativa restrizione.

Grazie ai miei zii, Rita e Giuseppe, a Luca, il mio unico cuginetto ormai cresciuto, siete un bellissimo modello di generosità e di famiglia, allegro, spontaneo e sempre reale, niente a che vedere con i legami di plastica che molti sfoggiano solo in apparenza. Vi voglio davvero bene, mi avete fatto e mi fate passare ogni volta dei momenti felici e piacevoli, vi devo tanto, sono in grande debito affettivo con voi.

Ringrazio poi le mie amiche semplicemente per essere presenti al momento del bisogno. Ho passato gli ultimi anni universitari, sia per necessità che per effettiva indole nella più totale asocialità. Il fatto che nonostante questo oggi siate al mio fianco mi rende davvero grata e spero che questo traguardo mi aiuti ad invertire la rotta che la mia vita ha imboccato, iniziando a dividerla con voi molto più frequentemente. Grazie dunque a te Ilaria, che sei presente da ormai undici anni, vorrei prometterti che ci sarò più spesso, come effettivamente ti meriti e come hai fatto nei miei riguardi dal momento in cui, non ricordo per quale assurdo

motivo, ci siamo sedute allo stesso banco. E' grazie al tuo sostegno se quella sera, nella stanza di tuo fratello, ho avuto il coraggio necessario a scorrere la lista degli ammessi alla Facoltà di Architettura, e ho dunque potuto gioire trovandomi tra questi. Questo percorso l'ho iniziato con te e desidero completarlo allo stesso modo. Ti voglio bene, grazie. Grazie a voi, Licia e Giulia, due piacevoli scoperte e riscoperte degli ultimi anni, con voi posso affrontare qualsiasi argomento con facilità, senza sentirmi in alcun modo giudicata o emarginata. Grazie anche a te Laura, per quanto ci siamo divertite insieme durante i primi anni del nostro percorso universitario, fedeli sempre o quasi al duo che ci ha unito. Dividerci mi ha fatto senza dubbio crescere ma contemporaneamente mi ha sottratto l'aura di allegria che ha aleggiato spesso durante le notti insonni passate insieme davanti al pc o a costruire improbabili modelli a fine semestre. Grazie poi a te Susanna, amica e cugina, sebbene non ci frequentiamo spesso, posso affermare quanto tu sia per me un esempio di coraggio. Non avrei saputo affrontare il dolore che ti ha travolto nello stesso modo in cui lo stai facendo tu. Vi voglio bene amiche, spero che potremmo rinsaldare il nostro rapporto, effettivamente in amicizia raggiungerò a stento la sufficienza.

Infine un grazie va al Professor Ernesto Antonini e al Professor Kristian Fabbri, rispettivamente relatore e correlatore di questa tesi, nonché al Professor Andrea Boeri, che hanno guidato Luca e me nella redazione del nostro progetto. Vi ringrazio innanzitutto per la vostra costante presenza nel corso di un iter durato complessivamente un anno, contribuendo a far progredire il lavoro con continuità. Ciò per cui tuttavia vi ringrazio maggiormente è il fatto che siete stati in grado di accompagnarci con serenità, senza pressione alcuna, neanche durante le ultime settimane, sempre con positività, buoni consigli, senza mai rinunciare a competenza e serietà. Grazie per averci insegnato libertà di azione ed autonomia, mostrandoci tutte le possibilità e mai imponendoci una strada. Siete, senza nessuna retorica, degli ottimi insegnanti per uno studente che, chiudendo un capitolo della propria vita, si affaccia al futuro.

Grazie a tutti coloro che non ho menzionato, ma che oggi sono qui accanto a me a festeggiare e a gioire del mio tanto sofferto e raggiunto successo. Vi sono infinitamente grata.

A cura di Luca Ceccarelli

Ringrazio mio babbo e mia mamma, colonne portanti della mia vita, genitori modello che mi hanno sostenuto con grande forza anche durante il percorso universitario. Spesso la mia principale motivazione è stata la voglia di raggiungere questo traguardo per rendere orgogliosi voi, piuttosto che me stesso. Ringrazio Giulia, compagna di ogni giorno, presenza fondamentale per il grande aiuto e la pazienza dimostrata durante gli anni passati alle prese con varie prove ed esami. Senza di lei al mio fianco sarebbe stato tutto tremendamente più difficile.

Ringrazio i miei amici, che nel tempo libero mi hanno regalato momenti di spensieratezza ed allegria, soprattutto Lorenzo che con me e come me ha lottato per raggiungere un obiettivo importante.

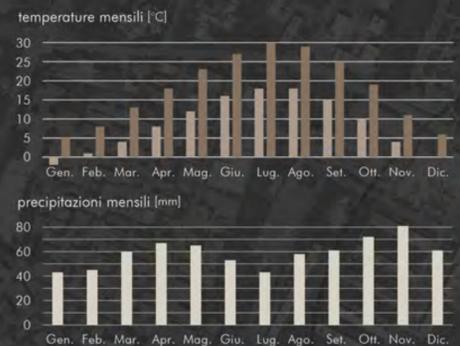
Ringrazio, con profonda stima, i Professori Antonini, Fabbri e Boeri, per la infinita disponibilità e per le competenze trasmesse senza aver mai fatto pesare il loro ruolo.

Infine ringrazio tutti coloro che mi hanno spronato, nel bene e nel male, a dimostrare le mie capacità in questo lungo percorso.

BOLOGNA



Superficie	140,86 km ²
Abitanti	386.171 al 02/02/2015
Densità	2.741,52 ab./km ²
Coordinate	Lat. 44°29'38 N Lon. 11°20'34 E
Classificazione sismica	Zona 3 (sismicità bassa)
Altitudine	54 metri s.l.m.
Gradi giorno	2.259
Zona climatica	E
Vento	Regione di riferimento A Direzione prevalente SO Velocità media 1,60 m/s



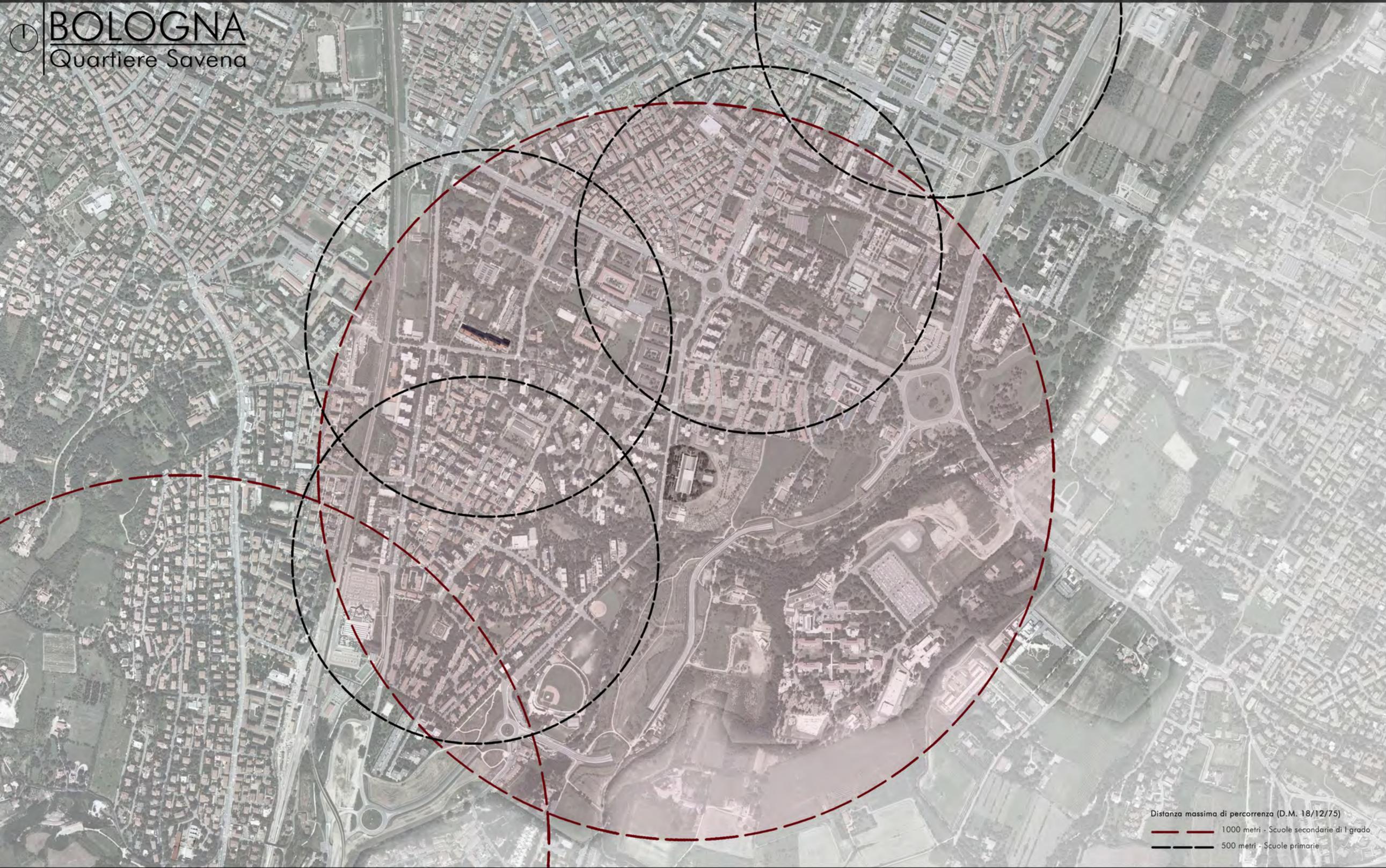
QUARTIERE SAVENA



Superficie	11,47 km ²
Abitanti	59.056 al 31/12/2010
Densità	5,1 ab./km ²
Famiglie	30.212
Dimensione media delle famiglie	1,94 persone
Stranieri residenti	7.556 (12,8% del totale)
Scuole secondarie di 1° grado	2



eliofania		venti dominanti	
Gennaio	3 ore	↙	9 km/h
Febbraio	3 ore	↙	9 km/h
Marzo	5 ore	↙	9 km/h
Aprile	6 ore	↙	9 km/h
Maggio	7 ore	↙	9 km/h
Giugno	9 ore	↙	9 km/h
Luglio	9 ore	↙	9 km/h
Agosto	8 ore	↙	9 km/h
Settembre	7 ore	↙	4 km/h
Ottobre	5 ore	↙	4 km/h
Novembre	3 ore	↙	4 km/h
Dicembre	2 ore	↙	9 km/h



verde pubblico

Il quartiere Savena si sviluppa lungo l'omonimo fiume. Tra i parchi più importanti vi sono il Lungo Savena, che si estende affianco al corso d'acqua, il Parco dei Cedri, il Parco del Paleotto e il Parco Villa Mazzacorati

infrastrutture

Il quartiere Savena è raggiungibile dall'Autostrada A14 grazie allo svincolo 12 della tangenziale bolognese. La Via Emilia lo collega con il centro storico, mentre la SP65 "della Futa" collega Bologna a Firenze

mezzi pubblici

Sono presenti due stazioni ferroviarie, Mazzini a nord e S.Ruffillo a sud. Le più importanti linee tranviarie sono la 55 verso nord, la 19 verso ovest e la numero 27 che ferma nei pressi della Scuola "Il Guercino"

Distanza massima di percorrenza (D.M. 18/12/75)

----- 1000 metri - Scuole secondarie di 1° grado

----- 500 metri - Scuole primarie





QUARTIERE SAVENA

Scuola "Il Guercino"



Chiesa di San Giacomo fuori le mura



Stadio "G. Fauchi"



Area artiva "Firenze - Osoppo"



Centro sociale per anziani "Casa del gufo"

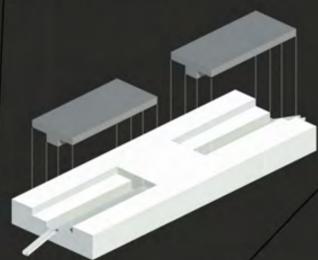


Parco Lungo Savena

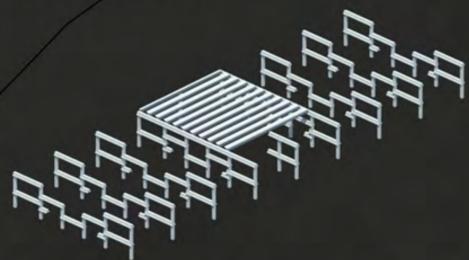


Ospedale Bellaria

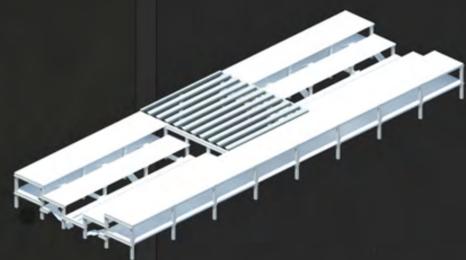




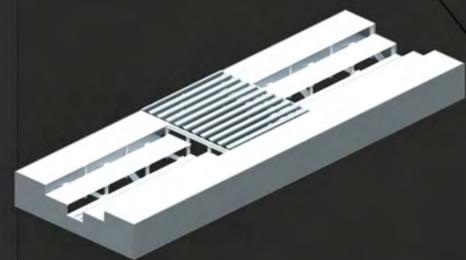
SOTTRAZIONE DI VOLUMI
Il parallelepipedo è scavato per inserire i terrazzi



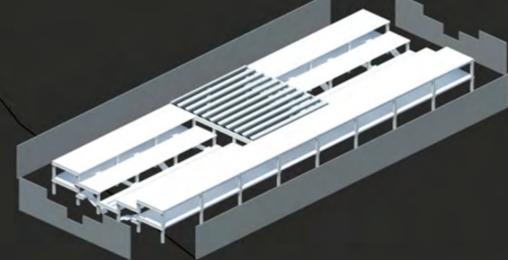
1. SCHELETRO STRUTTURALE
La struttura di base si compone di travi a "T" e pilastri, entrambi in cemento armato



2. STRUTTURA COMPLETA
Alla struttura puntiforme si aggiungono i solai in cemento armato dal profilo ad "Q"



3. INVOLUCRO RIMOVIBILE
L'involucro di pannelli prefabbricati in cls è rimovibile in quanto non portante



4. NUOVO LIVELLO ZERO
Il nuovo progetto prevede mantenimento del sistema strutturale e demolizione dell'involucro



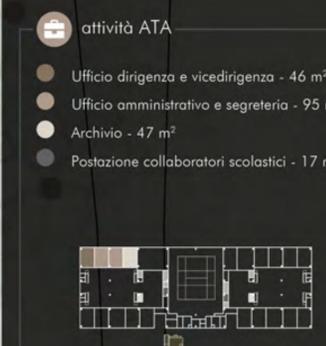
- attività didattiche tradizionali**
- Aule tradizionali - 1157 m²
 - Laboratori - 205 m²



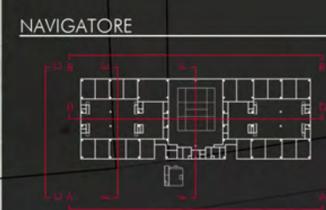
- attività sportive**
- Palestra - 656 m²
 - Spogliatoi - 139 m²
 - Servizi igienici - 35 m²
 - Infermeria - 15 m²
 - Depositi attrezzatura sportiva - 20 m²



- attività di svago**
- Mensa - 324 m²
 - Atelier - 284 m²



- attività ATA**
- Ufficio dirigenza e vicedirigenza - 46 m²
 - Ufficio amministrativo e segreteria - 95 m²
 - Archivio - 47 m²
 - Postazione collaboratori scolastici - 17 m²



NAVIGATORE

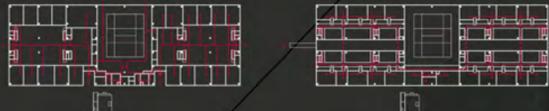
Pianta Piano Primo
Scala 1:200
Prospetto C-C'
Scala 1:200
Sezione E-E'
Scala 1:200



ANALISI DEI FLUSSI

studenti

Accessi
Uscite di sicurezza
Percorsi studenti



personale ATA

Accessi
Uscite di sicurezza
Percorsi insegnanti
Percorsi personale amministrativo
Percorsi collaboratori scolastici



disabili

Accessi
Uscite di sicurezza
Percorsi principali disabili

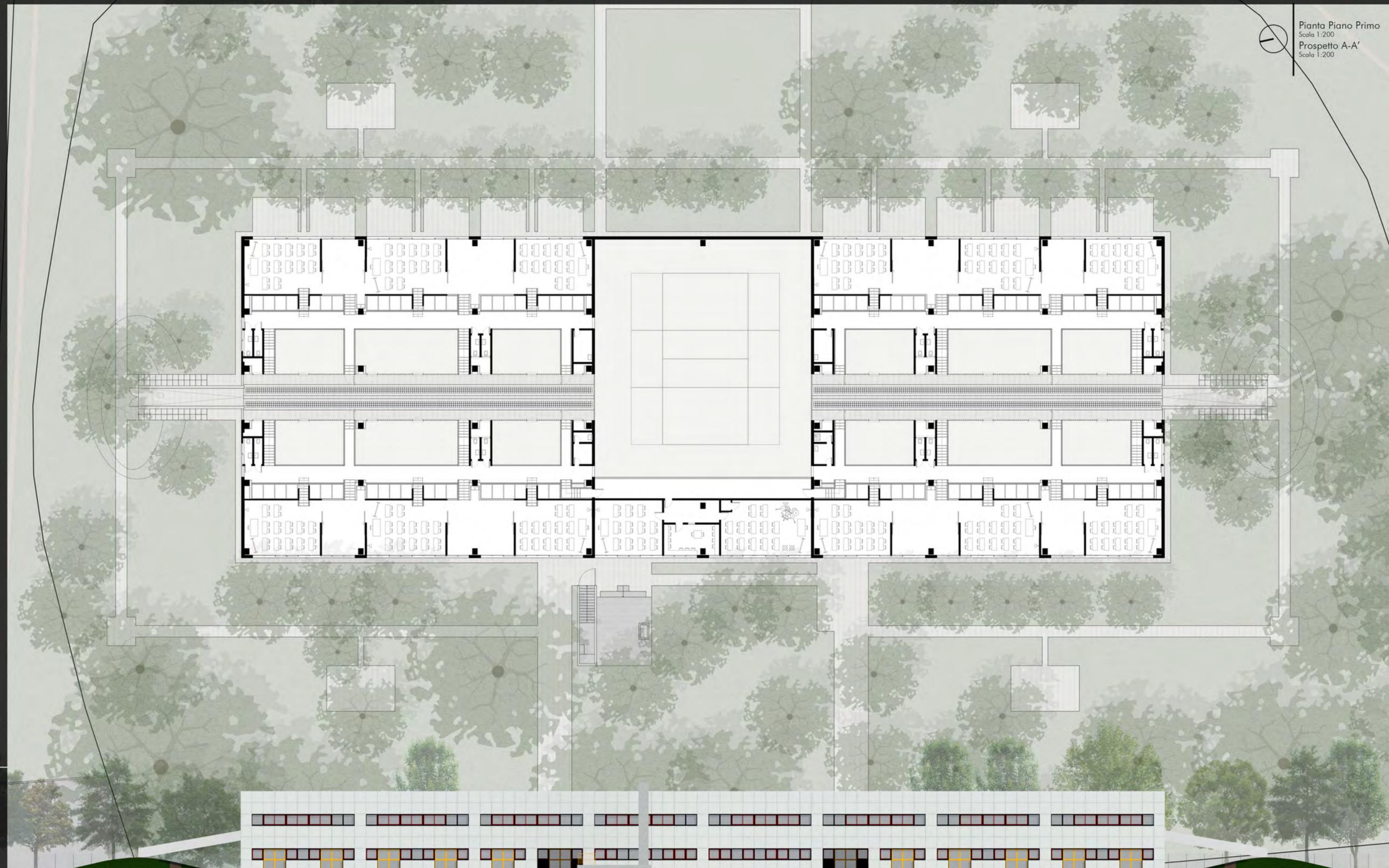


INDICI DI SUPERFICIE*

	Indice standard [m ² /alunno]	Indice Guercino pre intervento [m ² /alunno]	Indice Guercino post intervento [m ² /alunno]	Incremento/decremento [%]
ATTIVITA' DIDATTICHE				
attività normali	1,80	1,93	1,88	-4
attività speciali	1,60	0,35	0,62	77
attività musicali	0,10	0,09	0,12	93
ATTIVITA' COLLETTIVE				
attività integrative e parascolastiche	0,60	0,20	0,82	211
biblioteca alunni	0,15	0,08	0,23	184
mensa e relativi servizi	0,50	0,54	0,51	-5
ATTIVITA' COMPLEMENTARI				
atrio	0,20	1,17	0,50	-57
uffici	0,28	0,31	0,58	86
servizi igienici	2,03	0,97	2,67	174
ALTRE ATTIVITA' SE RICHIESTE				
spazi per l'educazione fisica	400 m ²	85,6 m ²	574,5 m ²	-12
alloggio del custode				

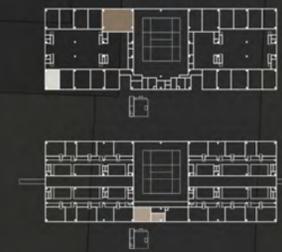
*contenuti nel D.M. 18/12/1975 e relativi alle scuole secondarie di I grado dotate di 24 classi (pari a circa 600 frequentanti)

Pianta Piano Primo
Scala 1:200
Prospetto A-A'
Scala 1:200

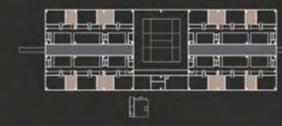


attività di supporto alla didattica

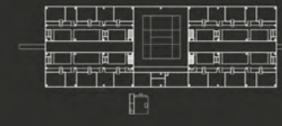
- Aula magna - 119 m²
- Aula di sostegno - 61 m²
- Biblioteca - 46 m²



- Atrii - 703m²
- Terrazzi - 276 m²



- Ripostigli - 50 m²
- Servizi igienici - 26 m²
- Centrale termica - 42 m²

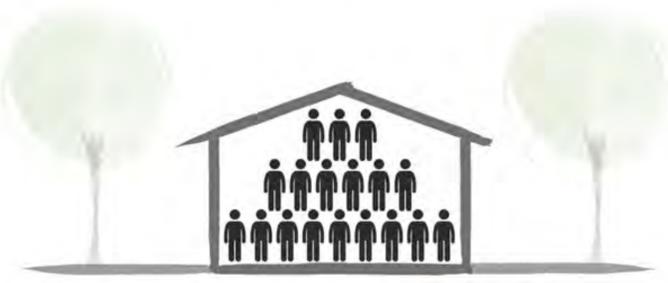


CRITICITA'

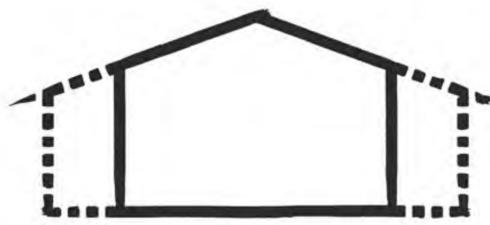
STRATEGIA

SOLUZIONE

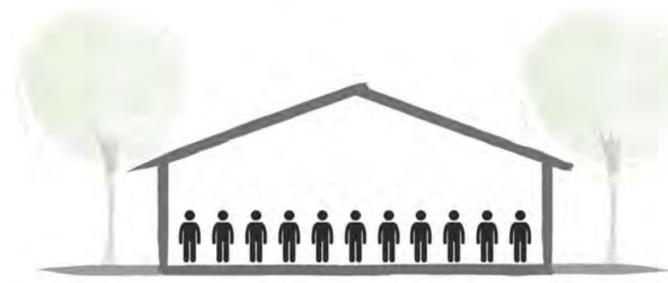
OPPORTUNITA'



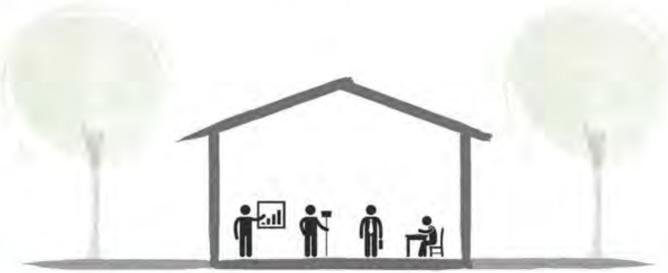
SPAZI NON SUFFICIENTI



Ampliamenti per aumentare lo spazio



SPAZI PIU' AMPI E FUNZIONALI



DISORGANIZZAZIONE E PROMISCUITA' CON LE ATTIVITA' EXTRASCOLASTICHE



Riorganizzazione funzionale degli ambienti



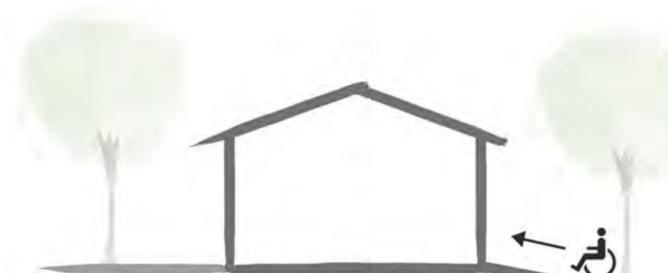
SPAZI DETERMINATI PER OGNI FUNZIONE



MANCATA ACCESSIBILITA'



Introduzione di ascensori, piattaforme meccanizzate e rampe



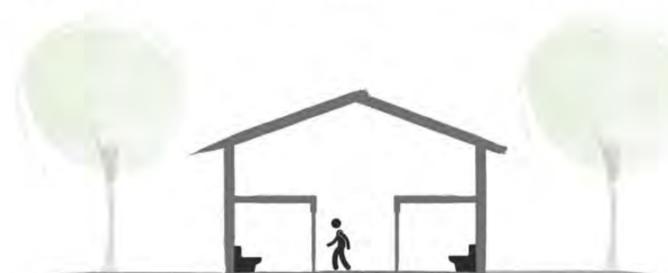
ACCESSIBILITA' GARANTITA



SERVIZI IGIENICI PICCOLI E NON SUFFICIENTI



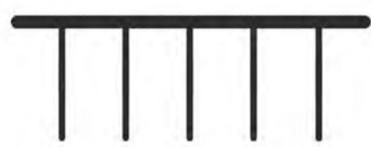
Progettazione di servizi igienici come da normativa



NUOVI SERVIZI IGIENICI SUFFICIENTI



INGRESSI DIFFICILMENTE IDENTIFICABILI

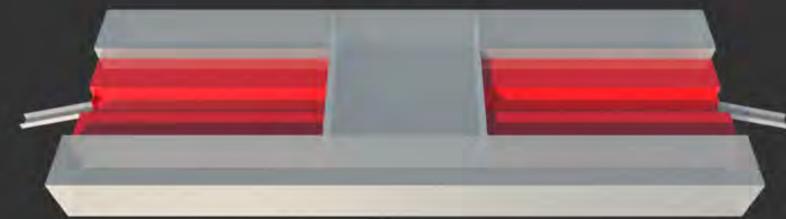


Introduzione di pensiline per proteggere dalla pioggia e definire gli ingressi



INGRESSI DEFINITI

GLI ATRII LATERALI



I due grandi spazi comuni furono inizialmente progettati per essere luogo di aggregazione e svago per gli studenti, ma nel tempo vennero occupati da arredi che tutt'ora ne pregiudicano la funzionalità. I ballatoi permettono di esplorarne liberamente lo spazio e di svolgere il ruolo di collegamento con le classi anche al piano superiore. Possono diventare un utile contenitore per funzioni che non necessitano di un locale proprio.

LA PALESTRA



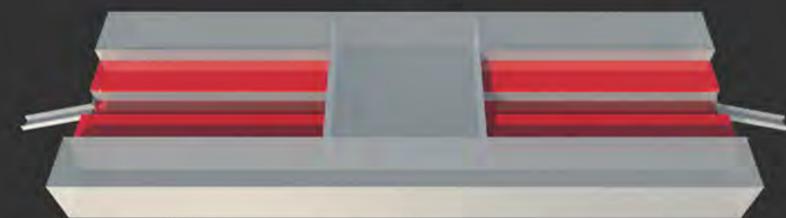
La palestra è l'elemento centrale che sottolinea la specularità dell'edificio, un grande volume che rappresenta uno dei punti di forza di questo edificio. Le sue dimensioni consentono di ospitare la cittadinanza per gare ufficiali di diversi sport come calcio a 5, pallavolo e basket.

GLI ATELIER



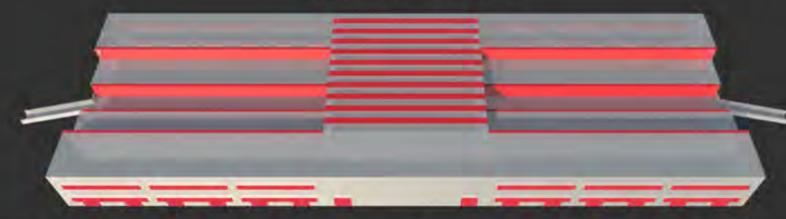
Gli atelier sono spazi nati come cuscinetto tra le aule del primo piano, che non possono sfruttare le ampie superfici degli atri. Sono di grande supporto all'attività didattica come aree per lo svago, il sostegno ai bambini con particolari difficoltà e come piccoli spazi espositivi per i progetti degli alunni.

I TERRAZZI



Le coperture calpestabili sono sviluppate su due livelli. Quelle in basso si raggiungono esternamente dalle rampe ed internamente dai ballatoi degli atri, mentre quelle superiori sono accessibili esclusivamente dalle aule del primo piano, che possono utilizzarle nei momenti di svago.

LE SUPERFICI TRASPARENTI



Gran parte delle superfici verticali dell'edificio sono trasparenti, favoriscono il rapporto con lo spazio esterno e permettono agli ambienti di essere molto illuminati. Tuttavia le tecnologie tipiche dell'epoca di costruzione, come vetrocemento e finestre a nastro, risultano energeticamente sfavorevoli.

CRITICITA'

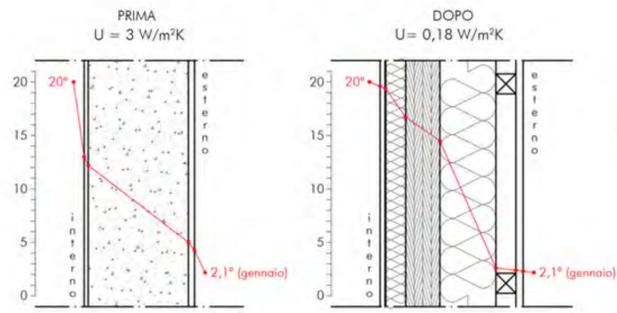
STRATEGIA

SOLUZIONE

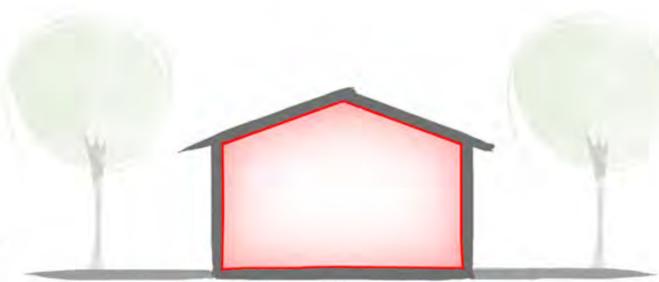
OBBIETTIVO



CHIUSURE VERTICALI ESTERNE NON ISOLATE
Dispersioni = 4.280 W (31% del totale)



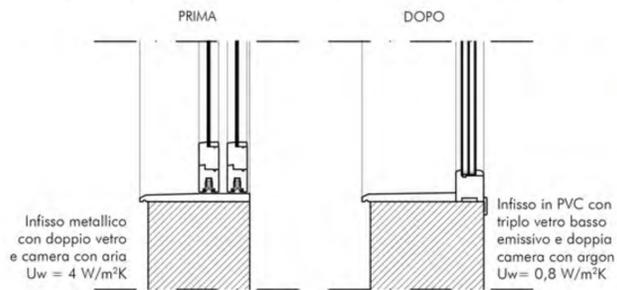
Migliorare l'isolamento delle pareti



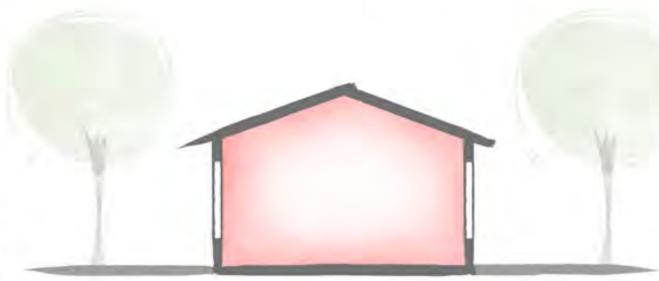
CHIUSURE VERTICALI ESTERNE ISOLATE



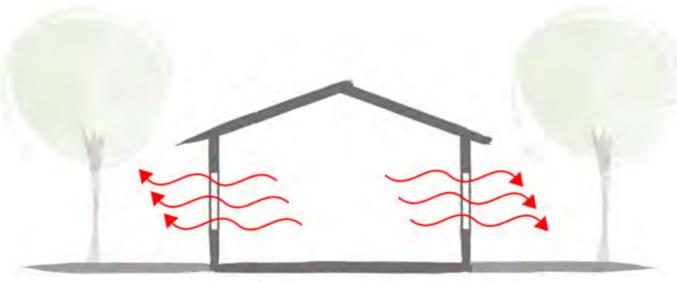
INFISSI NON PRESTANTI
Dispersioni = 2.050 W (15% del totale)



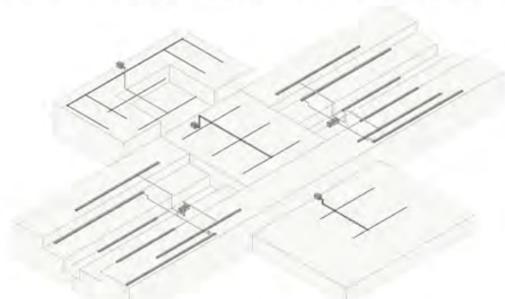
Sostituzione degli infissi



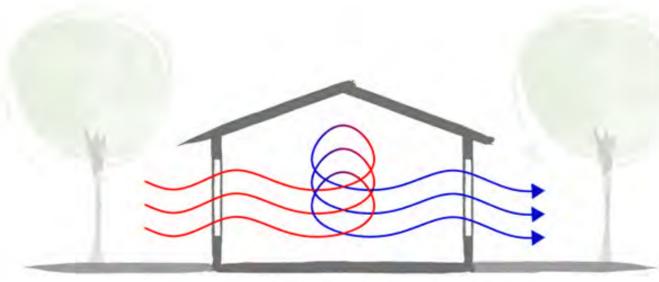
INFISSI LOW EMISSION



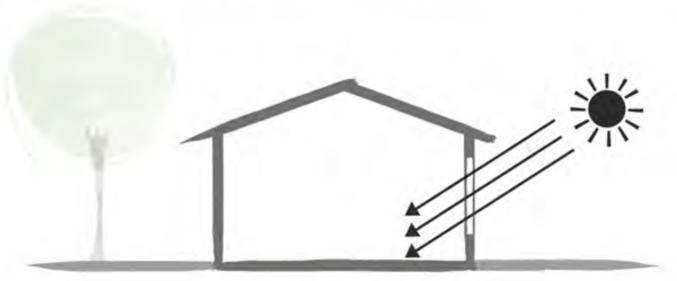
DISPERSIONE PER VENTILAZIONE NATURALE
Dispersioni = 4.743 W (34% del totale)



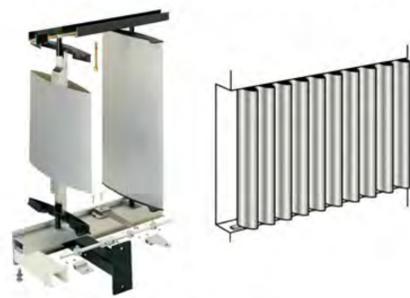
Installazione di unità di trattamento aria



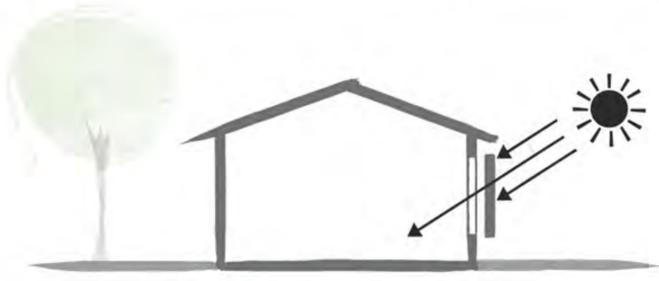
CONTROLLO CON VENTILAZIONE MECCANICA



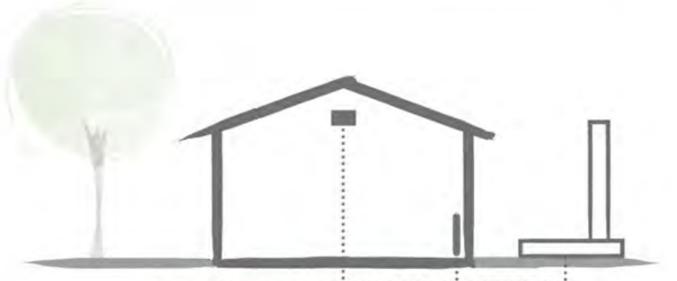
RADIAZIONE SOLARE



Sistema di schermatura



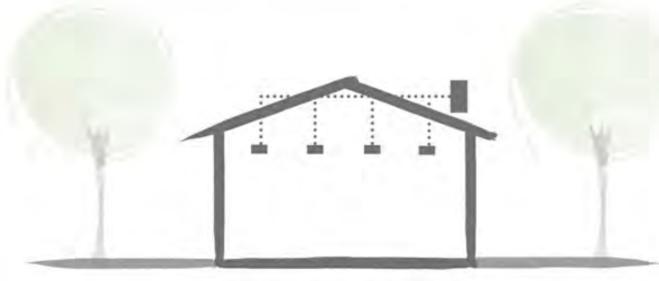
CONTROLLO DELLA RADIAZIONE SOLARE



IMPIANTI OBSOLETI CON BASSI RENDIMENTI
Dispersioni = 870 W (6% del totale)



Sistema impiantistico con pompe di calore, U.T.A. e travi fredde



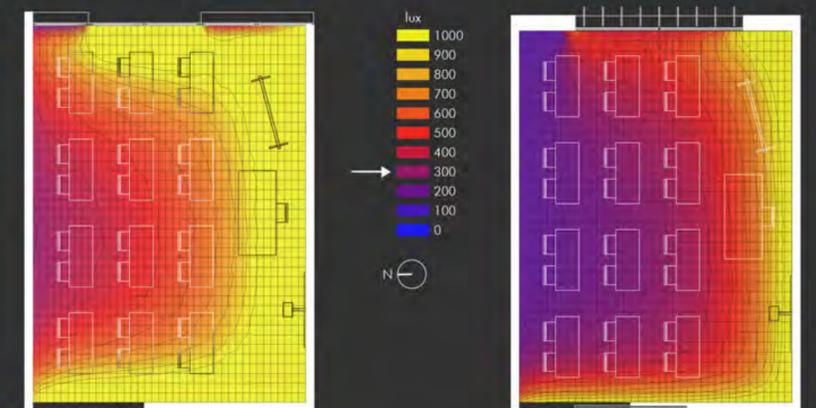
SISTEMA IMPIANTISTICO PERFORMANTE



La certificazione energetica dell'edificio è stata realizzata con il software Termolog Epix 6, certificato CTI per la conformità alle norme UNI TS 11300:2014. L'edificio preesistente è inserito in classe F con un Eptot di 68,4 kWh/m²a, mentre quello del progetto è pari a 7,10 kWh/m²a.

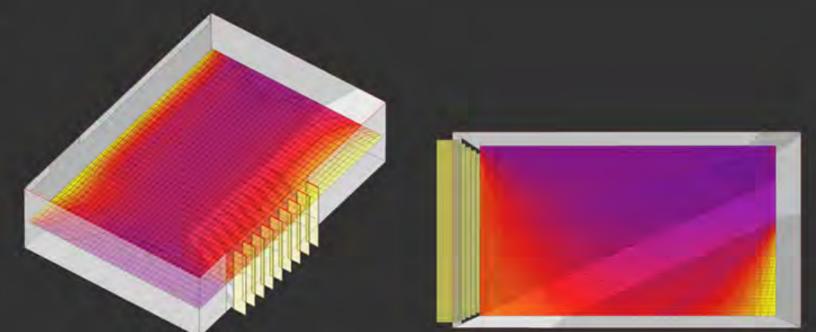
ILLUMINAMENTO

La norma UNI-EN 12464-1 stabilisce che il valore ottimale di illuminamento medio in un'aula scolastica è pari a 300 lux. Tale norma ha come tema i requisiti illuminotecnici per i posti di lavoro in interni. In tale norma vengono analizzati i compiti visivi abituali, evidenziando le esigenze di comfort visivo e dando indicazioni sui livelli di illuminamento, uniformità e grado massimo di abbagliamento necessari alle diverse prestazioni visive, incluse quelle che comportano l'uso di videoterminali.



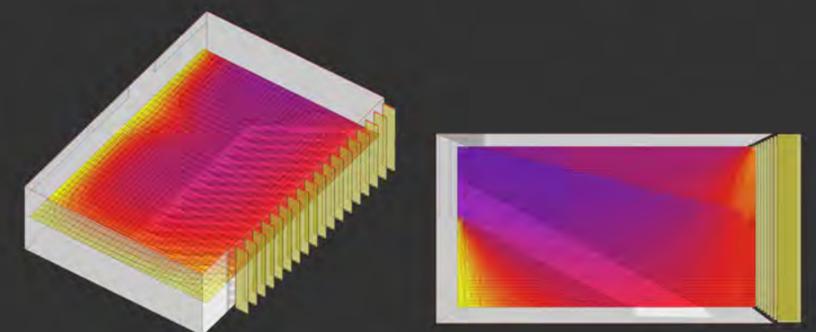
AULA PIANO TERRA / PREESISTENZA

AULA PIANO TERRA / PROGETTO



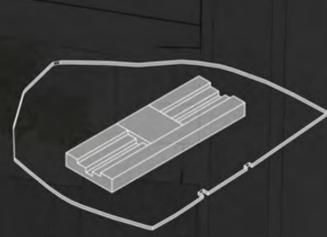
AULA PIANO PRIMO LATO EST

SEZIONE

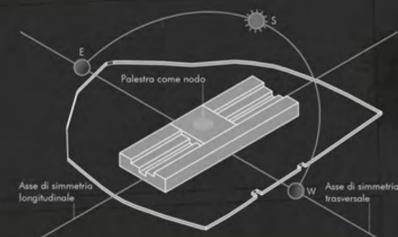


AULA PIANO PRIMO LATO OVEST

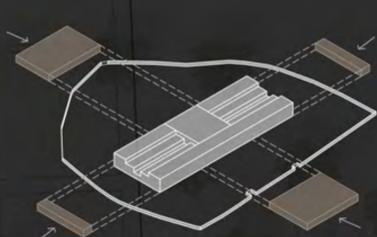
SEZIONE



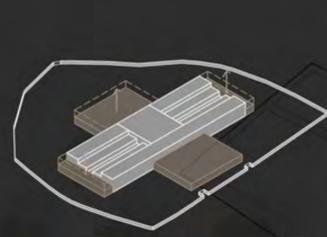
1. STATO DI FATTO
Configurazione volumetrica attuale della preesistenza



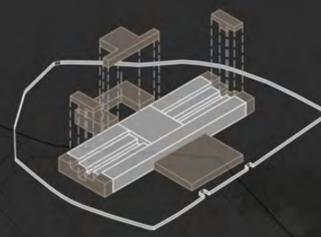
2. LINEE GUIDA
Vaglio delle possibilità di collocazione degli ampliamenti



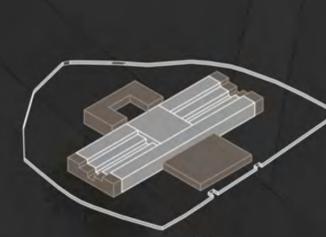
3. ADDIZIONE VOLUMETRICA
Posizionamento effettivo degli ampliamenti



4. VARIAZIONE VOLUMETRICA
Dimensionamento in alzato degli ampliamenti

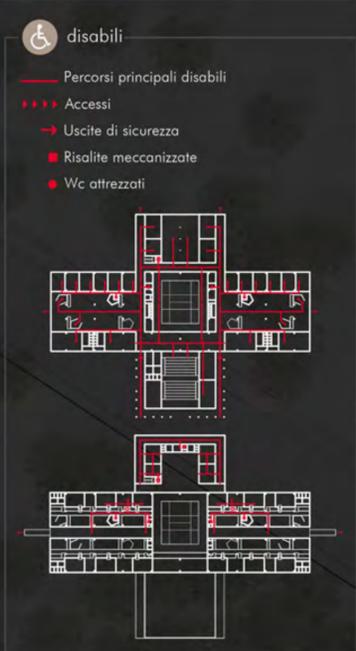
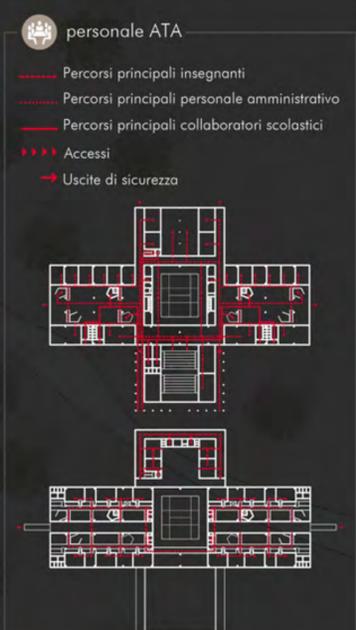
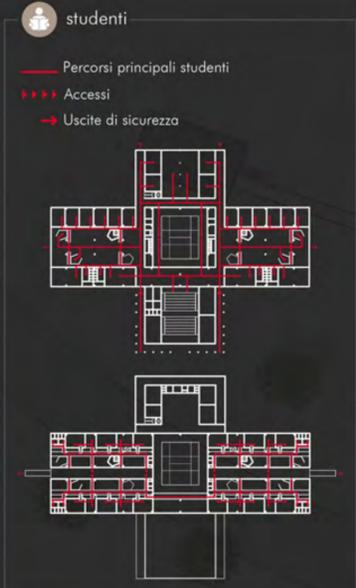
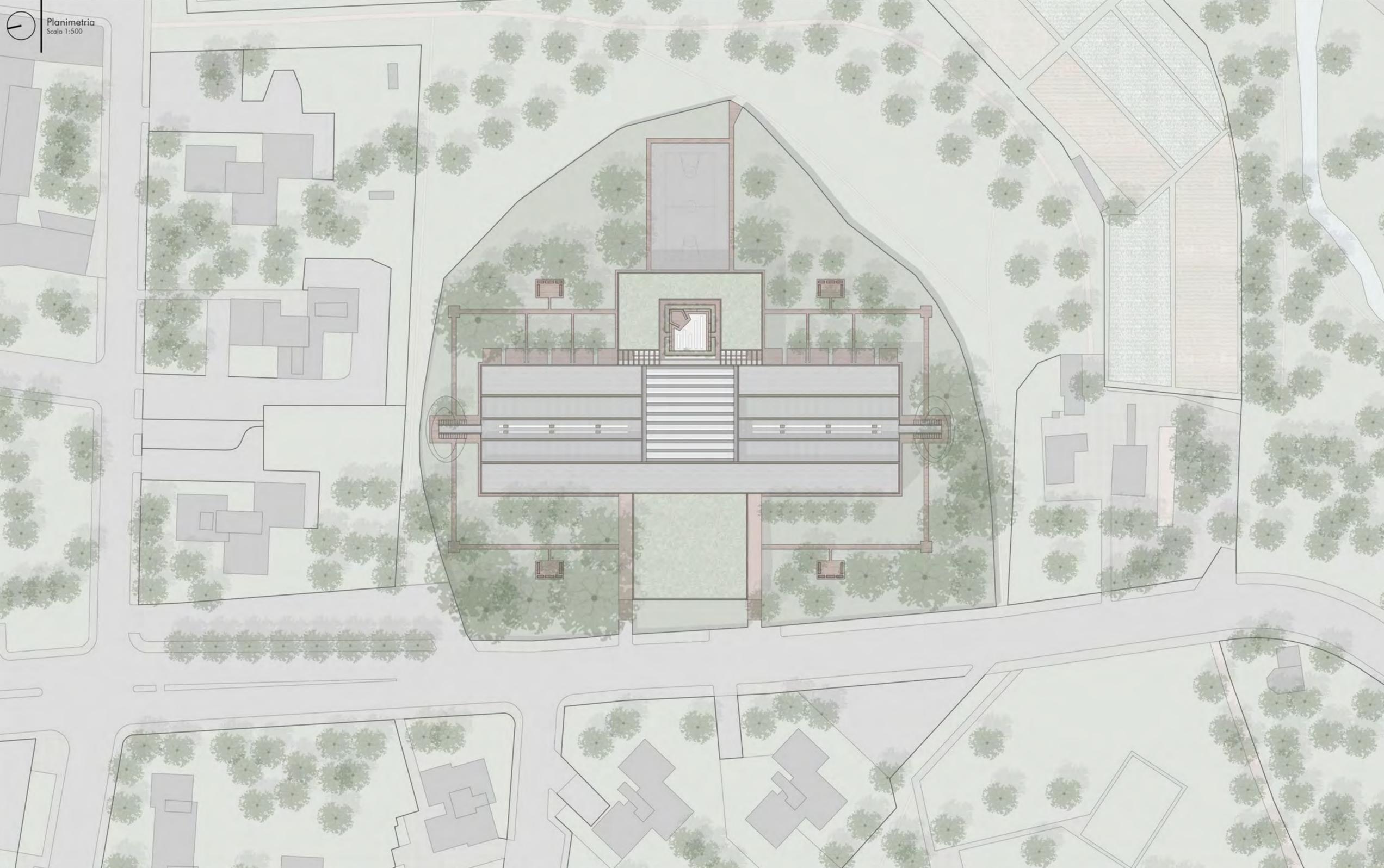


5. SOTTRAZIONE VOLUMETRICA
Svuotamento degli ampliamenti a favore dell'illuminamento



6. ESITO PROGETTUALE
Configurazione volumetrica post-progettuale dell'edificio

Planimetria
Scala 1:500

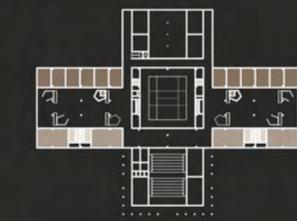




ANALISI FUNZIONALE

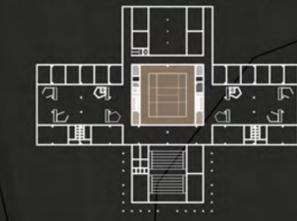
attività didattiche tradizionali

- Aule tradizionali - 1113 m²
- Laboratori - 414 m²



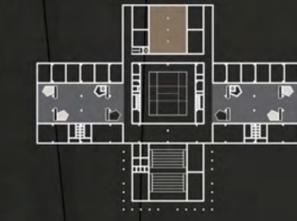
attività sportive

- Palestra - 575 m²
- Spogliatoi - 80 m²
- Servizi igienici - 14 m²
- Infermeria - 14 m²
- Depositi attrezzatura sportiva - 30 m²



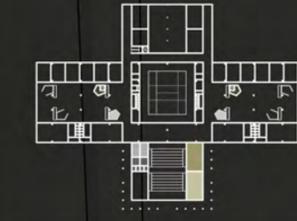
attività di svago

- Mensa - 309 m²
- Atelier - 268 m²
- Boxes - 53 m²

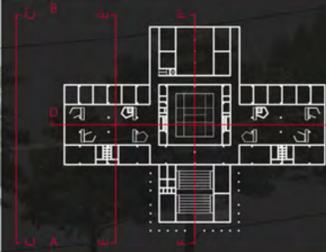


attività ATA

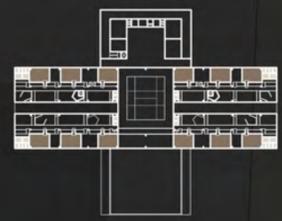
- Segreteria - 35 m²
- Ufficio dirigenza e vicedirigenza - 53 m²
- Ufficio amministrativo - 107 m²
- Servizi Igienici - 78 m²
- Spogliatoio collaboratori scolastici - 38 m²



NAVIGATORE

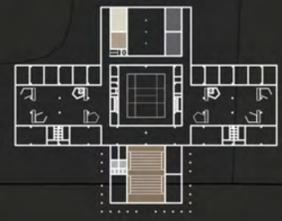


● Servizi igienici - 234 m²



● attività di supporto alla didattica

- Aula magna - 370 m²
- Aula multimediale - 65 m²
- Aula di sostegno - 47 m²
- Biblioteca - 131 m²
- Servizi igienici - 36 m²



● Atrii - 1025 m²

● Terrazzi - 410 m²

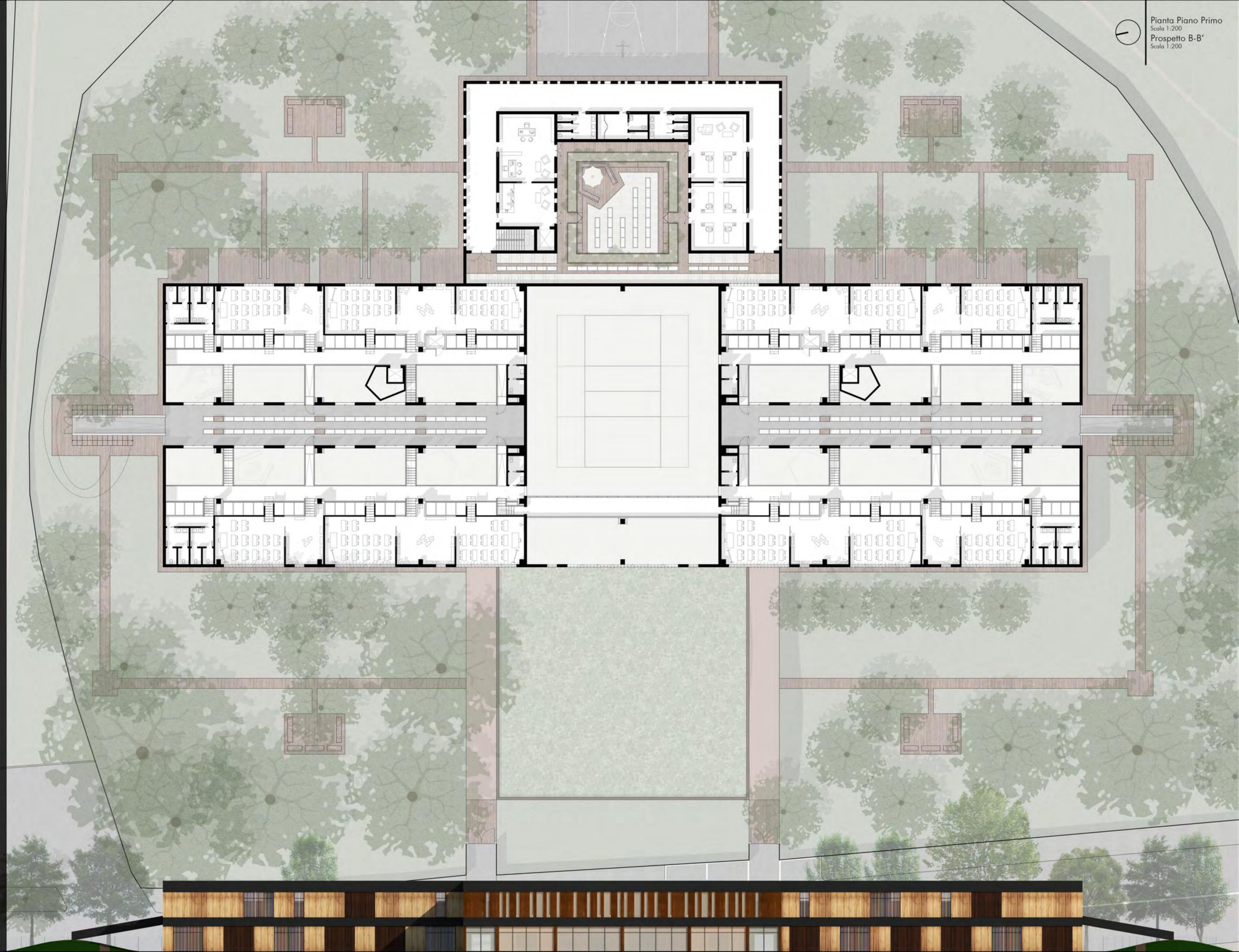
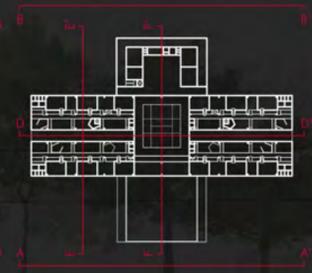
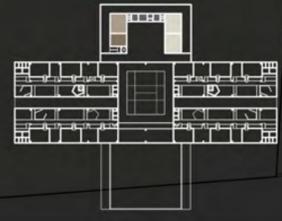


● Postazione collaboratori scolastici - 26 m²

● Ripostigli - 56 m²

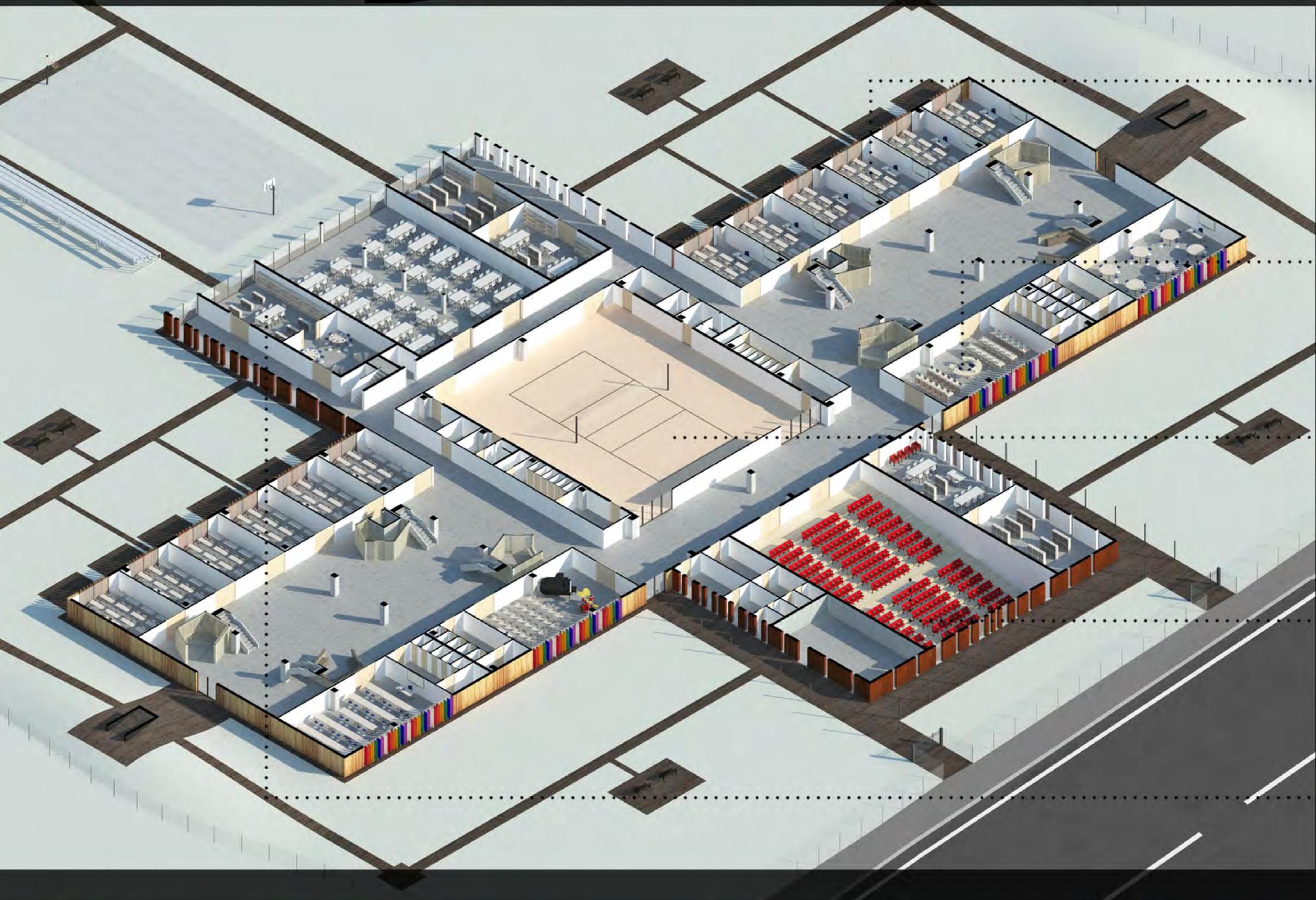
● Aula insegnanti - 78 m²

● Archivio - 77 m²





Sezione F-F'
Scala 1:200
Sezione D-D'
Scala 1:200



AULA TRADIZIONALE



AULA INFORMATICA



PALESTRA

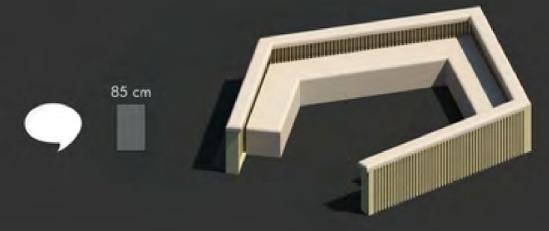
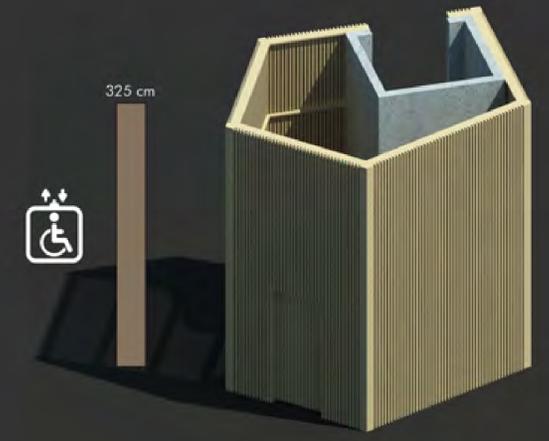
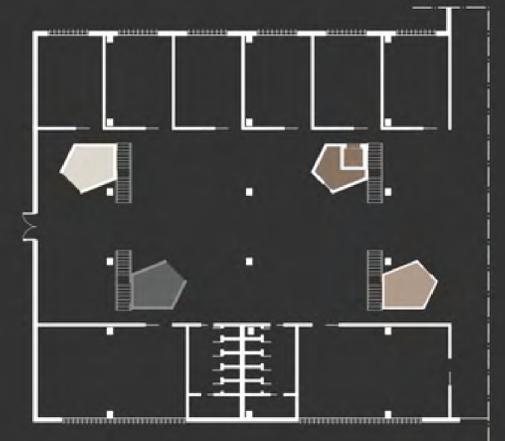


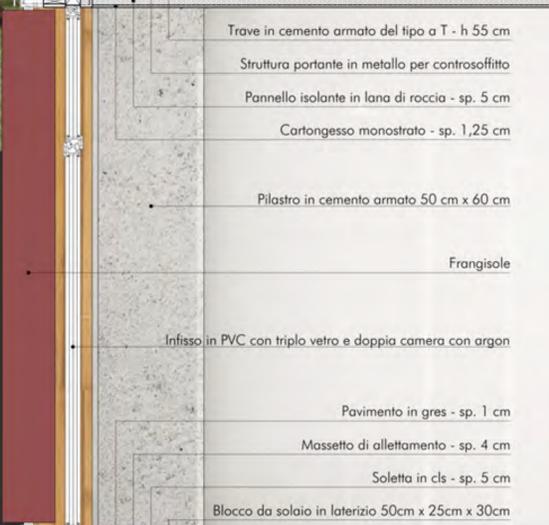
AULA MAGNA



AULA MULTIMEDIALE

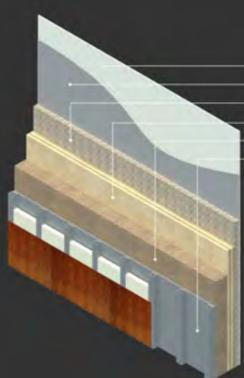






C.V.E. I - Involucro in Corten

MATERIALE	SP. (cm)
Cartongesso monostrato	1,25
Freno al vapore	0,42
Pannello isolante Celenit N	5
Pannello strutturale X-Lam	8,5
Pannello isolante in fibra di legno	14
Sistema di rivestimento esterno	6,9
Corten + Isolante + Struttura metallica portante	



TRASMITTANZA $U=0,184 \text{ W/m}^2\text{K}$ ✓
 TRASMITTANZA LIMITE $U=0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Zona climatica E

C.V.E. II - Involucro in legno

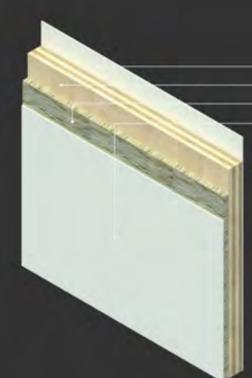
MATERIALE	SP. (cm)
Cartongesso monostrato	1,25
Freno al vapore	0,42
Pannello isolante Celenit N	5
Pannello strutturale X-Lam	8,5
Pannello isolante in fibra di legno	14
Intercapedine areata	5
Rivestimento in doghe lignee	1,9



TRASMITTANZA $U=0,184 \text{ W/m}^2\text{K}$ ✓
 TRASMITTANZA LIMITE $U=0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Zona climatica E

P.V.I. I - Tramezzo strutturale

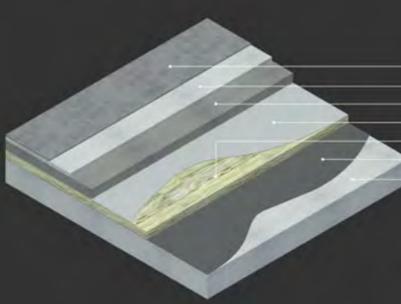
MATERIALE	SP. (cm)
Cartongesso monostrato	1,25
Pannello strutturale X-Lam	16
Pannello isolante in lana di roccia	6
Cartongesso monostrato	1,25



TRASMITTANZA $U=0,242 \text{ W/m}^2\text{K}$
 TRASMITTANZA LIMITE $U=\text{non prevista}$
 Zona climatica E

C.O.E. I - Solaio controterra

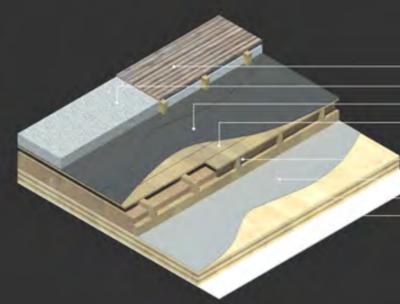
MATERIALE	SP. (cm)
Pavimento in gres porcellanato	1,5
Massetto di allettamento in cls	4
Massetto in cls alleggerito	10
Freno al vapore	0,42
Isolante in lana di roccia	8
Membrana protettiva impermeabile	0,42
Platea di fondazione in cls	25



TRASMITTANZA $U=0,264 \text{ W/m}^2\text{K}$ ✓
 TRASMITTANZA LIMITE $U=0,33 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Zona climatica E

C.O.E. II - Copertura calpestabile

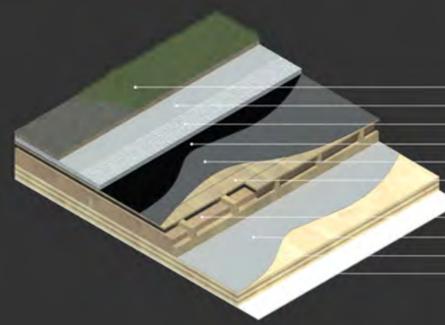
MATERIALE	SP. (cm)
Pavimento in legno per esterni	1,5
Ghiaia	8
Membrana impermeabile doppia	0,8
Tavolato in abete	2
Intercapedine areata	5
Pannello isolante in fibra di legno	16
Freno al vapore	0,42
Pannello strutturale X-Lam	14
Cartongesso monostrato	1,25



TRASMITTANZA $U=0,177 \text{ W/m}^2\text{K}$ ✓
 TRASMITTANZA LIMITE $U=0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Zona climatica E

C.O.E. III - Copertura verde

MATERIALE	SP. (cm)
Substrato alleggerito per tetto verde	5
Telo filtrante in feltro non tessuto	0,1
Strato accumulo idrico e drenaggio	5
Rate di drenaggio	0,5
Membrana protettiva impermeabile	0,4
Tavolato in abete	2
Intercapedine areata	5
Pannello isolante in fibra di legno	16
Freno al vapore	0,42
Pannello strutturale X-Lam	14
Cartongesso monostrato	1,25



TRASMITTANZA $U=0,177 \text{ W/m}^2\text{K}$ ✓