



POLITECNICO DI TORINO  
A.A. 2017/2018

Corso di Laurea Magistrale in Architettura per il progetto sostenibile  
Dipartimento di Architettura e Design

Tesi di laurea:

IL RICICLO CI METTE LA “FACCIATA”

Soluzioni progettuali di facciate a schermo avanzato mediante il riciclo di materie plastiche

**Relatore:**

Prof. Jean Marc Tulliani

**Correlatori:**

Prof. Valentino Manni

Ing. Marco Piana

**Candidati:**

Giuseppe Costamagna

Matteo Fikai



# Indice

## *Introduzione*

<b>PARTE PRIMA. L'inquinamento</b>	<b>9</b>
Capitolo 1. Inquinamento in ambiente	
1.1.1 Definizione	
1.1.2 Le tipologie di inquinamento	
1.1.3 L'effetto serra	
1.1.4 L'inquinamento atmosferico	
1.1.5 L'inquinamento delle acque	
1.1.6 Ostacoli alla riduzione dell'inquinamento	
1.1.7 Un inganno mortale per fauna e flora marina	
1.1.8 Dal problema alle soluzioni	
Capitolo 2. I rifiuti	
1.2.1 Cosa sono i rifiuti	
1.2.2 Classificazione dei rifiuti	
1.2.3 Tipologia dei rifiuti	
<b>PARTE SECONDA. I polimeri: proprietà, prodotti e riciclo</b>	<b>21</b>
Capitolo 1. Classificazione delle materie plastiche	
2.1.1 Materiali termoplastici	
2.1.2 Materiali termoindurenti	
2.1.3 Gomme o elastomeri	
Capitolo 2. Impieghi in edilizia	
2.2.1 Usi generici	
2.2.2 Gli additivi	
Capitolo 3. I polimeri maggiormente diffusi	
2.3.1 PVC (polivinilcloruro)	
2.3.2 PE (polietilene)	
2.3.3 PET (polietilene tereftalato)	
2.3.4 PS (polistirene)	
Capitolo 4. Perché scegliere un polimero	

2.4.1 Punti di forza e punti di debolezza

2.4.2 Tempi e decomposizione

2.4.3 PVC e PET in numeri

**PARTE TERZA. Le pareti a schermo avanzato**

43

Capitolo 1. Evoluzione dell'involucro edilizio opaco

3.1.1 Definizione

Capitolo 2. Sistemi costruttivi a secco

3.2.1 Denominazione

3.2.2 Facciate a secco

Capitolo 3. Tipologie di facciate a schermo avanzato

3.3.1 Facciate non ventilate

3.3.2 Facciate ventilate

Capitolo 4. Il funzionamento delle facciate ventilate

3.4.1 Definizione

3.4.2 Composizione del sistema e principi di funzionamento

3.4.3 Prestazioni

3.4.4 Vantaggi e svantaggi

Capitolo 5. Le diverse tipologie

3.5.1 Rivestimento in pietra

3.5.2 Rivestimento in cotto

3.5.3 Rivestimento in ceramica

3.5.4 Rivestimento in calcestruzzo e in fibrocemento

3.5.5 Rivestimento in lega metallica

3.5.6 Rivestimento in pannelli compositi

Capitolo 6. Le normative

3.6.1 Accenni

3.6.2 Normativa antincendio

**PARTE QUARTA. La sostenibilità**

71

Capitolo 1. Un po' di storia

4.1.1 L'evoluzione del pensiero

Capitolo 2. I marchi ambientali	
4.2.1 I protocolli internazionali	
4.2.2 I protocolli italiani	
Capitolo 3. La marchiatura CE	
Capitolo 4. Il ciclo di vita	
Capitolo 5. Embodied Energy	
Capitolo 6. L'importanza delle strategie progettuali:le 4 R	
4.6.1 Il riciclo	
4.6.2 Il riuso	
4.6.3 Il ridurre	
4.6.4 Il recupero	
<b>PARTE QUINTA. La normativa</b>	<b>87</b>
Capitolo 1. La normativa energetica	
5.1.1 La normativa europea e nazionale	
5.1.2 La normativa regionale	
Capitolo 2. La normativa acustica	
5.2.1 Legislazione comunitaria	
5.2.2 Legislazione nazionale	
Capitolo 3. La normativa antincendio	
Capitolo 4. Verifiche strutturali	
<b>PARTE SESTA. Il parere della fisica</b>	<b>101</b>
Capitolo 1. Gli ombreggiamenti	
Capitolo 2. I ponti termici	
<b>PARTE SETTIMA. Il progetto</b>	<b>107</b>
Capitolo 1. Diario di viaggio	
Capitolo 2. Fonti di ispirazione	
Capitolo 3. Tipologie strutturali	
7.3.1 La composizione	
7.3.2 La sottostruttura	

- 7.3.3 Lo strato isolante
- 7.3.4 Il rivestimento in PVC
- 7.3.5 Ipotesi di progetto
- 7.3.6 Verifiche normative

**PARTE OTTAVA. I casi studio**

123

Capitolo 1. Istituto Comprensivo Statale “Vittorino da Feltre” di Torino

- 8.1.1 Inquadramento
- 8.1.2 Lo stato di fatto
- 8.1.3 Lo stato di progetto
- 8.1.4 Verifiche normative
- 8.1.5 Conclusioni

Capitolo 2. Ospedale Martini Nuovo di Torino

- 8.2.1 Inquadramento
- 8.2.2 Lo stato di fatto
- 8.2.3 Lo stato di progetto
- 8.2.4 Verifiche normative
- 8.2.5 Conclusioni

Capitolo 3. Ufficio Anagrafe di via Ormea, “Centro Civico”

- 8.3.1 Inquadramento
- 8.3.2 Lo stato di fatto
- 8.3.3 Lo stato di progetto
- 8.3.4 Verifiche normative
- 8.3.5 Conclusioni

**PARTE NONA. Conclusioni**

145

**Allegati**

## *Introduzione*

L'argomento inerente le materie plastiche nel campo del riciclo e del riuso, pare essere sempre più stringente. Ogni giorno ovunque ci muoviamo, troviamo e manipoliamo oggetti polimerici che in un futuro prossimo diventeranno rifiuto. Trovare dei punti di contatto tra la tematica del riciclo delle materie plastiche e l'architettura non è per nulla semplice anche se può sembrare. Valorizzare dei materiali considerati "meno nobili" in edilizia, per reimpiegarli in altre funzioni senza cadere nel banale, era la sfida da cogliere iniziando da dove i nostri materiali diventavano rifiuto.

Partendo da centri di raccolta e stoccaggio, per poi passare ad altri poli di riciclo vero e proprio, seguendone la filiera e gli impieghi previsti nella seconda vita di questi materiali, dall'edilizia all'industria alimentare, le materie plastiche sono davvero ovunque.

Approdati nel settore del riciclo, un nuovo mondo prima in parte sconosciuto, ci ha aperto le porte, non senza difficoltà e qualche fallito riscontro.

Intervistando svariati tecnici, professionisti ed aziende del settore si è giunti ad unire l'architettura con il riciclo. Proporre una tipologia di facciata a schermo avanzato, con l'intera sezione di materiale riciclato ha subito stimolato la fantasia nella ricerca di alcuni casi studio sui quali apporre sull'esistente prospetto un retrofit in termini di risparmio energetico e dunque anche economico.

Pertanto il sillogismo tra materiali plastici e materiali poco nobili, ha dato vita alla progettazione

di alcune soluzioni volutamente provocatorie, sicuramente perfettibili, ma atte a risvegliare la curiosità degli addetti ai lavori nell'intento di sviluppare delle ipotesi congiunte ed innovative.



# PARTE PRIMA

## L’Inquinamento

### Capitolo 1. Inquinamento in ambiente

#### 1.1.1 Definizione

L’ambiente è il luogo, lo spazio fisico in cui le condizioni biologiche favoriscono la vita di un organismo (uomo, animale, pianta), dove si trova e vive<sup>1</sup>.

Esso può essere suddiviso in:

ambiente naturale, se non ha subito alterazioni a causa dell’uomo;

ambiente artificiale, se al contrario ha subito variazione per mano dell’uomo, spesso dovute ad esigenza di varia natura. Esempio ne sia la creazione di dighe, la deviazione del percorso dei fiumi o soltanto la volontà di insediarvi una presenza residenziale o economica;

La tutela dello stesso, che sia a sua volta ambiente marino o montano, comprende l’insieme di norme e di misure di diritto penale e amministrativo tendenti a proteggerlo da ogni possibile modifica sia questo relativo all’utilizzo delle risorse (quali aria, terra, acque e delle bellezze naturali) per evitarne sofisticazioni che possano darne turbamento.

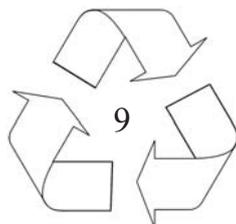
Nella stessa definizione compare ineludibilmente anche il termine “inquinamento” che evidentemente viaggia di pari passo con l’ambiente essendone una conseguenza dell’attività umana.

L’inquinamento è la contaminazione di un qualsiasi ambiente o mezzo, a opera di batteri o altri agenti, in particolare rifiuti di produzioni industriali<sup>2</sup>.

Esso è inteso come l’alterazione delle condizioni di equilibrio dell’ambiente, di origine naturale o molto spesso antropica.

I fattori inquinanti dunque lasciano tracce nell’ambiente, nocive se non tossiche, alcune in base al dosaggio altre invece soltanto legate alla presenza della stessa sostanza. Nel tempo diversi disastri ambientali hanno segnato il passo in tutto il mondo e non solo in Italia (disastri petrolchimici, terra dei fuochi ecc.). Il sistema terra del quale fa parte il genere umano, è fortemente condizionato dall’azione di quest’ultimo, basti pensare alle emissioni di CO<sub>2</sub> in atmosfera ed al contestuale “effetto serra” con la conseguenza di un aumento della temperatura globale che sta stravolgendo i precari equilibri della natura.

L’Agenzia europea per l’ambiente definisce invece come inquinamento l’alterazio-



ne, causata per via diretta o indiretta dall'attività antropica, delle proprietà fisiche, chimiche e biologiche o radioattive dell'ambiente creandone un rischio potenziale per la salute e per la sicurezza per ogni specie vivente sulla terra<sup>3</sup>.

L'inquinamento dunque viene generato da fattori inquinanti visti come sostanze o fattori fisici (es. calore o rumore) che interferiscono con il naturale funzionamento degli ecosistemi. Essi possono derivare dall'azione dell'uomo o essere già presenti in natura.

L'ambiente viene suddiviso in suolo, acqua ed aria. Con l'accezione dell'inquinamento nascono i fattori contaminanti che si possono distinguere in base all'oggetto, alle modalità ed alla fonte stessa.

Diverse sono dunque le famiglie di inquinamento, come ad esempio l'inquinamento chimico, acustico, elettromagnetico, luminoso, termico, genetico, nucleare, urbano, agricolo, industriale, biologico<sup>4</sup>.

Per cui ogni introduzione nell'ambiente di sostanze in grado di alterare in maniera significativa e provocare pericoli effettivi o potenziali per la salute dell'uomo oppure di minacciare l'esistenza di animali o piante viene definito come inquinamento.

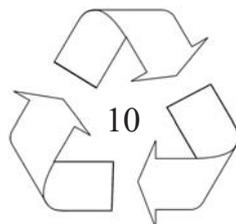
La contaminazione dell'ambiente dunque è dannosa per la salute di tutti gli esseri presenti sulla terra uomo incluso, tale da modificarne il normale andamento esistenziale dove dei processi interferiscono con i naturali meccanismi dell'ecosistema compromettendone spesso la vita ed il suo sviluppo.

L'uomo dunque in questo sistema svolge una funzione prevalente rispetto agli altri esseri viventi, senza però per questo uscirne a pieni voti, anzi con serie responsabilità sull'intorno, agendo e rovinando talvolta in maniera irreversibile l'ambiente nel quale vive anch'esso. Il pianeta è in mano all'uomo che travolto dalla smania del progresso e del denaro, pregiudica il suo futuro e quello dell'ambiente.

L'uomo è presente sulla terra (attraverso la sua evoluzione detta ominazione) da circa 70 milioni di anni, anche se l'uomo per come lo conosciamo oggi è riconducibile a 200000 anni fa<sup>5</sup> e mai come negli ultimi due secoli ha inciso in maniera negativa sull'impatto ambientale con le proprie attività distruggendo ambienti naturali fondamentali per gli equilibri del pianeta, esistenti ben prima della venuta dell'uomo sulla terra.

L'inquinamento ha avuto cause principali quali lo sviluppo urbano delle grandi città (dovuto principalmente allo sviluppo industriale che portava veri e propri esodi dalle campagne alle città), la conseguente esplosione demografica e l'utilizzo di tecnologie non sempre rispettose dell'ambiente.

Lo spartiacque è sicuramente stata la rivoluzione industriale inglese, la quale ha colto impreparati tutti quanti e ha rivoluzionato anche la maniera di pensare ed agire





tutte le risorse terrestri disponibili per l'anno in corso<sup>7</sup>.

### 1.1.2 Le tipologie di inquinamento

Sostanzialmente le tipologie di inquinamento si possono racchiudere in :

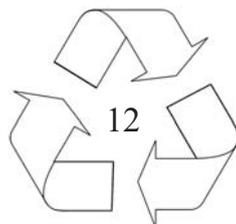
- inquinamento ambientale;
- inquinamento atmosferico;
- inquinamento delle acque.

### 1.1.3 L'effetto serra



◀ Figura 1.2:  
*Emissioni di gas serra*<sup>8</sup>

La radiazione assorbita dalla Terra restituita sotto forma di raggi infrarossi a lunghezza d'onda maggiore, che non si disperdono, ma rimangono intrappolati negli strati inferiori dell'atmosfera, in quanto assorbiti dai gas-serra. L'assorbimento dei raggi infrarossi provoca un naturale innalzamento della temperatura dell'aria e della superficie terrestre: mentre in assenza di atmosfera la temperatura media del pianeta sarebbe di circa -18 °C, grazie all'effetto serra naturale è di circa 15 °C. I principali gas-serra naturalmente presenti in atmosfera sono l'anidride carbonica (che da sola contribuisce al 50% dell'effetto serra), il metano, gli ossidi di azoto, gli idrocarburi alogenati e l'ozono. Questo fenomeno climatico consiste nel riscaldamento degli strati inferiori dell'atmosfera per effetto della schermatura offerta da alcuni gas in essa contenuti. Questi detti comunemente gas-serra, risultano essere trasparenti alle radiazioni di lunghezza d'onda relativamente piccola e opachi a lunghezze d'onda maggiori; il loro comportamento fa sì che le radiazioni a breve lunghezza d'onda provenienti dal sole attraversino con facilità l'atmosfera e riescano a raggiungere la superficie terrestre, che in parte le riflette, in parte le assorbe.



### 1.1.4 L'inquinamento atmosferico

Per quanto concerne l'atmosfera, l'assottigliamento dello strato di ozono che funge da schermo protettivo ai raggi UV è largamente conosciuto come “buco dell'ozono” cioè il progressivo danneggiamento dell'ozonofera, lo strato di atmosfera contenente una concentrazione di ozono relativamente alta, che protegge la Terra da radiazioni nocive per l'uomo. La ricerca iniziata negli anni '60/'70 del secolo scorso ha dato rilievo al fatto che alcune precise sostanze (precisamente CFC o clorofluorocarburi e/o composti derivanti da cloro e fluoro) hanno dato origine al problema se utilizzati su larga scala come ad esempio nei frigoriferi e nelle bombolette spray (es. lacche) e anche da scarichi e fumi industriali e/o dal riscaldamento delle città. Queste liberano atomi di cloro che attaccano l'ozono, utile per le specie viventi del pianeta, sottraendolo di una molecola di ossigeno e dando origine alla formazione di monossido di cloro, esso gioca un ruolo importante nel “buco dell'ozono”.

Oltre che all'ambiente, queste sostanze (come le polveri fini, il monossido di carbonio, l'ossido di azoto e di zolfo) possono generare nel genere umano diverse patologie, dalle allergie allo sviluppo di forme tumorali passando da problematiche respiratorie.

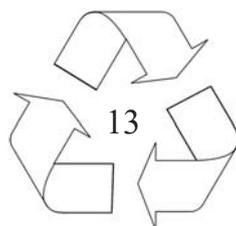


◀ Figura 1.3:  
*Inquinamento dell'atmosfera*<sup>9</sup>

Conseguenze ambientali quotidiane possono essere rilevate nelle “piogge acide” con la conseguenza dello sviluppo delle patologie sopra indicate.

Nel dettaglio avviene una trasformazione chimica che si ha nell'atmosfera di SO<sub>2</sub> (composti di zolfo) e NO<sub>x</sub> (ossidi di azoto), che si trasformano in acido solforico e nitrico, i quali, a loro volta, vanno a diluirsi con il vapore acqueo delle nubi. La pioggia, a base di questi acidi cade sul suolo e nei bacini d'acqua.

La misura di queste polveri avviene mediante un parametro ben noto, chiamato PM (particulate matter o particolato) che misura la presenza in atmosfera di micro particelle, le quali se inferiori a 10 µm (dieci millesimi di millimetro), vengono ricom-



prese nei PM10. Queste però sono composte per oltre il 60% da particelle ancora più piccole e pericolose per gli alveoli polmonari, identificate con la sigla PM 2.5  $\mu\text{m}$ .

### 1.1.5 L'inquinamento delle acque



◀ Figura 1.4:  
*Inquinamento nei mari*<sup>10</sup>

L' inquinamento marino secondo la definizione fornita dall'ONU consiste "nell'introduzione diretta o indiretta da parte dell'uomo nell'ambiente marino di sostanze o di energie capaci di produrre effetti negativi sulle risorse biologiche, sulla salute umana, sulle attività marittime e sulla qualità delle acque"<sup>11</sup>.

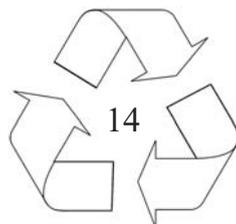
Con le piogge acide ed il continuo riversare di rifiuti di varia natura in questo importantissimo serbatoio non possiamo non parlare dell'inquinamento dell'acqua, l'elemento naturale più importante per la sopravvivenza del genere umano e di qualsiasi forma di vita.

Le cause principali sono l'introduzione di scarichi, scarti chimici e materiali perlopiù non biodegradabili.

I rifiuti plastici<sup>[1]</sup> restano tuttora un problema molto grave e attuale, nonostante la raccolta differenziata e il recupero, rappresentino una realtà ormai consolidata nel mondo occidentale. Numeri alla mano, ogni anno circa 8,8 milioni di tonnellate di materiale plastico vengono versate in mare, di cui circa 70% proviene da paesi asiatici .

Le cause di tutto ciò, ovviamente sono dovute al fatto che paesi emergenti come la Cina, nel corso degli ultimi 20 anni abbiano avuto un vertiginoso sviluppo economico e industriale, troppo veloce e repentino per poter organizzare un sistema di riciclaggio, raccolta e smaltimento rifiuti.

La conseguenza di tutto ciò ovviamente è la crescente sofferenza degli ecosistemi marini: pesci, tartarughe, crostacei e uccelli marini continuano a morire a causa l'ingestione e dal soffocamento di sacchetti, cannuce, o frammenti di plastica di vario



genere. Si parla di circa 100.000 esemplari all'anno che muoiono a causa dell'ingestione accidentale di rifiuti plastici.

Per capire l'entità del problema basti considerare che nell'Oceano Pacifico ha preso forma una gigantesca isola di spazzatura galleggiante (composta da circa 3 milioni di tonnellate di rifiuti plastici) ; nell'Oceano Atlantico, pare sia stata individuata una grossa isola di rifiuti. Alcune simulazioni e studi dimostrano la possibile formazione di altre isole di rifiuti, una tra Argentina e Sud Africa, una al largo del Cile ed un ulteriore accumulo nel Mare di Barents presso il Circolo Polare Artico.

Uno studio congiunto tra il World Economic Forum e la Ellen MacArthur Foundation porta a dire che nel 2050 in mare ci sarà più plastica che pesci<sup>12</sup>.

Alcuni effetti evidenti, sono l'impoverimento della fauna ittica e le problematiche che possono generarsi anche sui bagnanti.

Inquinando laghi fiumi e mari, si provoca inoltre l'eutrofizzazione, cioè la continua crescita incontrollata di alghe che nutrendosi delle sostanze nocive, e allo stesso tempo sottraendo ossigeno comportano la loro morte.

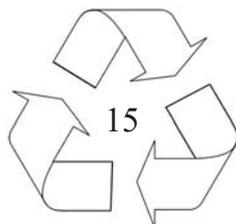
Altri effetti invece delle piogge acide possono essere l'inquinamento degli ortaggi e delle verdure che finiranno sulle nostre tavole, nonché la variazione della fotosintesi clorofilliana delle piante e della stessa acqua per alimentazione che utilizziamo quotidianamente.

L'inquinamento degli oceani, non può essere affrontato senza considerarne la più importante causa. Ad oggi si stima che nelle acque di tutto il pianeta siano presenti oltre 150 milioni di tonnellate di rifiuti di varia natura, ma riconducibili in gran parte alle materie plastiche<sup>13</sup>.

L'insieme di questi effetti può causare danni gravi e irreversibili alla fauna e flora marina (soffocamento, annegamento, fame e indebolimento). Purtroppo i detriti di piccole dimensioni sono simili al plancton che è parte fondamentale della catena alimentare. Poiché non esiste un modo per rilevare le particelle inferiori a un terzo di millimetro disperse in mare, non è nota né la loro quantità né la distribuzione, e se effettivamente siano biodegradabili. L'azione dei venti e delle onde spinge i detriti sino a 30 metri di profondità, anche se la loro presenza è stata registrata tanto nei fondali del Mediterraneo quanto in quelli dell'Artico.

Come precedentemente accennato la rimozione di questi detriti provocherà anche l'asporto di una parte di plancton, così facendo priverà i pesci ed altri organismi del loro nutrimento con ripercussioni sull'intera catena alimentare; quindi si ha la necessità di trovare un metodo di raccolta sulla quale basare i sistemi di pulizia senza causare danni all'ecosistema.

I detriti sono anche causa di ingerimento da parte di pesci, uccelli e altre forme di



vita marina, per questo motivo sono costantemente fonte di indagine data la limitata conoscenza circa la distribuzione dei detriti di plastica in acqua<sup>14</sup>.

### 1.1.6 Ostacoli alla riduzione dell'inquinamento

L'obiettivo principale è quello di trovare e far applicare misure definitive per prevenire l'introduzione dei rifiuti da terra a da mare nell'ambiente marino. L'obiettivo non è dunque trovare soluzioni temporanee che portino solo alla perdita di tempo e allo spreco di risorse. Le zone inquinate come precedentemente riportato totalizzano una superficie acquea di 145 milioni di km quadrati in continuo movimento sui e nei quali fluttuano costantemente concentrazioni di rifiuti plastici.

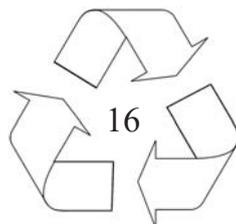
Per comprendere meglio il problema si pensi che la bonifica totale della superficie marina richiederebbe 80 anni, impiegando mille navi capaci, ciascuna, di bonificare 5 km quadrati al giorno. Un altro problema da non sottovalutare è che questi detriti fluttuando, passano da acque nazionali ad acque internazionali e viceversa, di conseguenza non si trova spunto per l'avvio di misure di prevenzione o risanamento dato che non si verifica entro la sovranità di un singolo Stato.

### 1.1.7 Un inganno mortale per fauna e flora marina

Ad oggi sappiamo che gli oceani sono pieni di rifiuti plastici, ma non è ancora totalmente chiaro il perché gli animali incappino nell'errore di ingerirli, dal microscopico plancton, alla balena. Uno studio pubblicato sulla rivista "Science Advances" nel 2016, da parte di un gruppo di ricercatori dell'Università di Davis (California) ha provato a fornire una risposta, si dice che la plastica abbia lo stesso odore del cibo. L'insieme di piccoli crostacei che sono la primaria fonte di cibo per uccelli marini, chiamato "krill" si nutre di alghe, quest'ultime quando muoiono e si decompongono, emettono un penetrante odore di zolfo dovuto ad una sostanza chiamata dimetilsolfuro (DMS), gli uccelli marini hanno imparato ad accostare questo odore al cibo.



◀ Figura 1.5:  
*Plastica ingerita dalla fauna ittica*<sup>15</sup>



Da questa ricerca appunto emerge che i rifiuti plastici sono un'ottima piattaforma per la crescita delle alghe, quando queste muoiono emettono l'odore di DMS e così gli animali cadono in queste trappole olfattive.

L'odore di DMS è come una "campana" che annuncia il cibo, ragion per cui l'attenzione degli animali relativa a quello che stanno mangiando si abbassa e li porta ad ingerire questi detriti di plastica.

Tutto questo fa sì che oltre 200 specie di animali, tra cui tartarughe, balene, uccelli marini e pesci mangiano questi rifiuti, ingannati appunto molto più dall'odore che dalla forma.

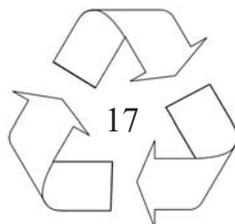
### **1.1.8 Dal problema alle soluzioni**

Nella conferenza Polytalk tenutasi a Bruxelles nel 2016 ( intitolata "Zero plastiche nei mari" ) oltre 250 delegati si sono riuniti per discutere e decidere le necessarie azioni comuni da adottare a riguardo. Tra i partecipanti erano presenti produttori di materie plastiche, organizzazioni non governative, scienziati, politici e accademici, tutti riuniti per un unico scopo, discutere e affrontare il problema delle plastiche nei mari.

È stato riconosciuto che la presenza dei rifiuti nei mari rappresenta un problema globale, ma anche che non esiste una soluzione unica valida per tutti i paesi coinvolti, data dal fatto delle diverse realtà economiche, sociali e geografiche dei paesi coinvolti. L'ottanta per cento dei rifiuti plastici proviene dalla terraferma, ecco perché è necessario uno sforzo comune che unisca tutti gli esponenti dei vari paesi, per far sì di individuare e attuare le migliori soluzioni per la protezione dell'ambiente.

Si stima che il 32% degli imballaggi plastici prodotti annualmente a livello globale finisca nell'ambiente<sup>16</sup>; se consideriamo il fatto che la produzione annuale mondiale di materiali plastici nel 2015 è superiore ai 300 milioni di tonnellate, dei quali 78 milioni di tonnellate sono imballaggi, il rapporto tra la plastica presente nei mari e la fauna ittica è attualmente di 1 a 5; si pensi anche riducendo la frazione del 32% degli imballaggi che finiscono in ambiente fino ad arrivare al 1% si avrebbe sempre comunque 1 milione di tonnellate di rifiuti plastici che finiscono ogni anno negli oceani.

La stessa rivista Science Advances infatti, ha pubblicato i dati di quanta plastica è stata prodotta in 60 anni. Il dato è sconcertante, si parla infatti di 8 miliardi e 300 milioni di tonnellate, che equivalgono in peso a 822000 Tour Eiffel o 1 miliardo di elefanti. Questi dati sono il frutto della ricerca di tre università americane, l'University of Georgia, University of California, Santa Barbara and Sea Education Association<sup>17</sup>.



A Bruxelles era presente anche il Direttore della Commissione Europea per la qualità della vita, acqua e aria, il quale ha affermato l'obiettivo di voler ridurre del 30% la presenza di rifiuti plastici in mare entro il 2020.

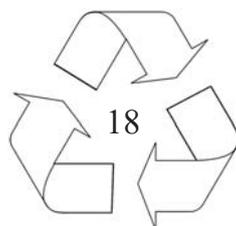
Particolare attenzione è stata posta anche sulle microplastiche, ossia minuscole particelle di materiali plastici presenti ad esempio in alcuni cosmetici e prodotti di bellezza, queste particelle sono state trovate un po' dappertutto, perfino nei ghiacciai della regione artica; per questo si teme che con lo scioglimento dei ghiacci la fauna che vive in quelle zone inizierà ad ingerire queste particelle, negli Stati Uniti queste microplastiche verranno bandite a partire dalla metà del 2017.

Un altro punto centrale del Polytalk è stato il riciclo dei residui delle reti da pesca che vengono gettate in mare, a questo riguardo è intervenuto l'amministratore delegato della azienda americana Interface, che lanciando il programma Net-Works, il quale prevede la produzione di tappeti dal riciclo delle reti da pesca usate gettate in mare, nei primi due anni ha raccolto 35 tonnellate di reti da pesca, ad oggi hanno raggiunto il traguardo di 80 tonnellate.

Altra iniziativa lanciata dal governo olandese e dalla società RoyalBoskalis Westminster N.V., denominata "Ocean Cleanup", ovvero la realizzazione di un prototipo di "sistema mangia-plastica", costituito da barriere galleggianti che circondano i frammenti, concentrandoli e raccogliendoli. Il collaudo sta avvenendo al largo della costa olandese, ma è stato pensato per essere inviato nell'Oceano Pacifico.

Altre idee sono state presentate da un gruppo di ricerca australiano, che torna a sottolineare come il 60% dei rifiuti plastici negli oceani sia riconducibile ai 5 paesi sopra citati, quindi intervenire nel migliorare il loro sistema di riciclo e di gestione delle discariche; combinando riciclaggio e trattamento termico per la produzione di energia, si può ridurre l'inquinamento degli oceani da materie plastiche del 65% in questi paesi e del 45% a livello globale.

Hanno dato il loro contributo anche i produttori di materie plastiche, che riuniti nel Consiglio Mondiale (World Plastics Council), concordano di migliorare la gestione dei rifiuti e riducendo la loro produzione e incoraggiando il recupero e il riciclaggio, nonché supportando anche iniziative come il Marine Litter Solutions Coalition, fondata nel 2011, riunisce 60 associazioni di 34 paesi e finanzia oltre 180 progetti<sup>18</sup>.



## Capitolo 2. I rifiuti



◀ Figura 1.6:  
*Ammasso di rifiuti in discarica*<sup>19</sup>

### 1.2.1 Cosa sono i rifiuti

Riprendendo la direttiva comunitaria 98/2008/CE, la norma italiana, con il D.Lgs 152/06 all'art.183 ci fornisce la definizione.

Rifiuto: qualsiasi sostanza od oggetto di cui il detentore si disfi o abbia deciso o abbia l'obbligo di disfarsi;

Tale concetto era già presente nel D.Lgs. 22/1997 (Decreto Ronchi). Il “disfarsi”, come condizione necessaria e sufficiente perché un oggetto, un bene o un materiale sia classificato come rifiuto.

### 1.2.2 Classificazione dei rifiuti

Attualmente la codifica italiana fa riferimento ad un codice europeo dei rifiuti (CER) composto da 6 valori in base all'origine dello stesso e recepito dal 1.1.2002.

La gerarchizzazione delle tipologie dei rifiuti, ne facilita la gestione ed il riciclo.

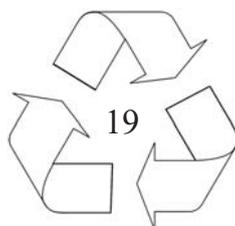
Il CER suddivide poi i rifiuti in pericolosi e non pericolosi e per entrambe le categorie fornisce un codice, una descrizione e le operazioni necessarie per lo smaltimento.

### 1.2.3 Tipologia dei rifiuti

La gestione dei rifiuti e la loro gestione è argomento sempre più all'ordine del giorno in tutto il mondo ed in Italia (secondo Legambiente) ha assunto una scala preoccupante<sup>20</sup>.

I principali rifiuti presenti in ambiente sono riconducibili ad alcune tipologie in base al materiale che lo compone. Tra i più comuni<sup>[1]</sup> sono fortemente presenti:

Il vetro, riciclabile infinite volte, viene definito “pulito” in quanto non contiene inquinanti, ha una vita molto lunga con il conseguente pericolo se abbandonato in



ambiente di creare danni.

La sua composizione è costituita da sabbia, calcare e soda che ad elevate temperature vengono fusi.

Da non confondersi invece con specchi, ceramiche e cristalli che invece non sono riciclabili, il vetro in ambiente può durare secoli. Generalmente riciclato permette di risparmiare in termini ecologici, in quanto non impatta nuovamente sull'ambiente per procurare le materie prima, ed in termini economici in quanto il riciclo abbatte il consumo di energia per la produzione. Dati alla mano infatti, (fonte CoReVe) per ogni tonnellata di vetro riciclata si risparmiano circa 100 litri di petrolio.

L'alluminio, con una produzione mondiale nel 2016 pari a 57,6 milioni di ton (tra cui 31 milioni di ton dalla sola Cina<sup>21</sup>), è un' elemento che deriva dalla Bauxite, seppur molto apprezzato per le caratteristiche meccaniche e la duttilità, risulta molto inquinante la produzione e non si decompone nell'ambiente.

I vantaggi del riciclo dell'alluminio sono anche qui di natura ecologica ed economica. Infatti riciclato consuma soltanto del 7-9% dell'energia spesa per la produzione ex-novo in quanto non esiste allo stato puro in natura<sup>22</sup>.

Gli pneumatici, hanno una produzione in rialzo e si attesta ad oltre 500 milioni di pezzi nel 2014.

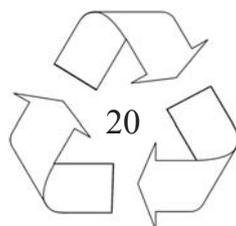
Fortemente inquinanti tramite le polveri PM che se inalate possono cagionare malattie respiratorie ed ha tempi di distruzione vicini ai 100 anni (dati Legambiente).

La carta ed il cartone, costituiti da fibre di cellulosa, ancora e sempre più utilizzati nell'industria del packaging, in quanto economici e leggeri.

Nel 2014 prodotti in 406 milioni di ton, si degrada abbastanza velocemente nell'ordine dei 2 mesi.

Il legno, storicamente da sempre utilizzato dall'uomo, se bruciato dà luogo alla formazione di IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici) e diossine, queste ultime presenti se trattato con cloro, ma che comunque rilasciati in ambiente sono molto inquinanti.

Le materie plastiche, prodotti polimerici di sintesi, sono di gran lunga i prodotti maggiormente inquinanti in natura. Nel 2015 ne sono stati prodotti 322 milioni di ton ed hanno un tempo di biodegradabilità che può arrivare sino ai 1000 anni.



## PARTE SECONDA

### I polimeri: proprietà, prodotti e riciclo

#### Capitolo 1. Classificazione delle materie plastiche



◀ Figura 2.1:  
*Le plastiche, codice del riciclo*<sup>23</sup>

Molto diffuse in edilizia, per le caratteristiche di durata, costo possono differenziarsi per prestazioni meccaniche. Infatti alcuni materiali come il PVC presentano elevate prestazioni, altri ritenuti di secondaria importanza come vernici e film occupano comunque una frazione sempre maggiore di mercato<sup>[III]</sup>.

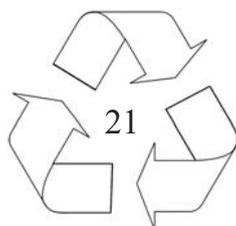
Mentre i materiali normalmente<sup>[IV]</sup> conosciuti dall'uomo per le costruzioni hanno caratteristiche prestazionali conosciute ed a volte limitanti, le materie plastiche possono essere adattate a seconda delle esigenze, e per questo si rendono molto appetibili soprattutto per essere economiche, deformabili e con un ridotto peso specifico<sup>24</sup>. Materiale dunque imprescindibile negli ultimi decenni nella vita di ogni essere umano, quella che noi chiamiamo volgarmente "plastica" è sostanzialmente un derivato del petrolio, ed è di base un polimero.

La composizione di partenza è formata da monomeri che mediante reazioni chimiche si trasformano in polimeri composti da lunghe molecole di idrocarburi.

E' un materiale che può essere formato e stampato<sup>25</sup>.

Le materia plastiche si suddividono in tre gruppi fondamentali in base alle loro proprietà:

- materiali termoplastici;
- materiali termoindurenti o resine;
- elastomeri o gomme.



## 2.1.1 Materiali termoplastici



◀ Figura 2.2:  
*Esempio di termoplastiche*<sup>26</sup>

Risultando essere largamente utilizzati nel settore domestico, hanno una produzione elevata.

La facilità di stampaggio<sup>[V]</sup> e di formatura a seguito di un trattamento termico rende questi materiali trattabili per le più disparate funzioni, infatti l'assenza di reticolazione fornisce una resistenza meccanica non molto elevata soprattutto alle elevate temperature ma si prestano al riuso ed il riciclo .

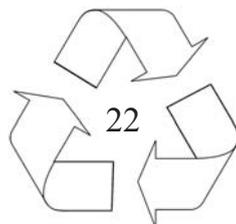
In base alla temperatura con cui vengono lavorati possono presentarsi come manufatti rigidi e fragili o morbidi e flessibili e dunque possono sopperire ad un numero crescente di impieghi.

A livello microstrutturale possono avere struttura amorfa o parzialmente cristallina<sup>27</sup> proprio grazie alle caratteristiche delle catene molecolari, forniscono maggiore malleabilità e flessibilità alla struttura, presentando però una resistenza meccanica inferiore rispetto ai materiali termoindurenti.

La temperatura di transizione vetrosa o Tg è la temperatura alla quale un polimero amorfo da rigido diviene flessibile.

I principali polimeri termoplastici sono:

- PA (poliammidi);
- PC (policarbonati);
- PMMA (polimetilmetacrilato);
- PET (polietilene tereftalato);
- PVC (policloruro di vinile);



- PE (polietilene);
- PP (polipropilene);
- PS (polistirene);
- PAN (poliacrilonitrile);
- PTFE (politetrafluoroetilene);
- Poliuretano lineare<sup>2</sup>.

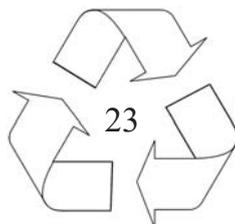
## 2.1.2 Materiali termoindurenti



◀ Figura 2.3:  
*Esempio di termoindurenti*<sup>28</sup>

Rappresentano materiali generalmente più duri e resistenti dei termoplastici. Vengono formati mediante processo di formatura e non possono essere riutilizzati né riciclati in quanto tenderebbero a decomporsi carbonizzandosi<sup>[V]</sup>. A livello microstrutturale, i polimeri termoindurenti presentano una struttura amorfa. I principali polimeri termoindurenti sono:

- PF (resine fenoliche);
- MF (resine melamminiche);
- UF (resine ureiche);
- EP (resine epossidiche);
- Poliuretano reticolato<sup>2</sup>.



### 2.1.3 Gomme o elastomeri



◀ Figura 2.4:  
*Esempio di elastomero*<sup>29</sup>

Nascono partendo dal caucciù, sono materiali polimerici che presentano una struttura disordinata, ed attraverso un processo chiamato di “vulcanizzazione” vedono la formazione di un reticolo <sup>[V]</sup>.

Come caratteristica principale, esse possono essere allungate senza subire una deformazione irreversibile.

Ritornano infatti al termine della sollecitazione nella forma iniziale.

Le gomme possono essere naturali o sintetiche.

I principali elastomeri sono:

- Polibutadiene;
- Gomma di silicone.

## Capitolo 2. Impieghi in edilizia

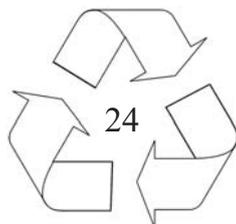
### 2.2.1 Usi generici

Nell’edilizia l’utilizzo delle materie plastiche risulta essere sempre più esteso <sup>[IV][V]</sup>.

Si pensi che il 20% della produzione globale di queste materia vede un impiego nel settore edile<sup>30</sup> seconda soltanto al packaging.

Infatti su larga scala gli impieghi delle plastiche sembrerebbero di “seconda fascia”, basti pensare alle tubazioni, cavi elettrici, guaine, membrane e vespai per fare alcuni esempi.

Alcuni passi avanti si notano ad esempio nella sostituzione di elementi in vetro con componenti ad esempio di policarbonato. Esistono oggi sul mercato oltre 50 tipi di materie plastiche che si possono prestare per l’impiego in edilizia, sia per quanto



riguarda gli arredi che le strutture.

D'altro canto i vantaggi di questi materiali si manifestano nella leggerezza, nella efficienza energetica, nella facile movimentazione, nella durata e nella manutenzione. Negli ultimi anni, nuove generazioni di progettisti attingono sempre più a piene mani dall'universo delle materie plastiche perché hanno ben compreso la loro importanza in termini di innovazione.

In termini di consumo le cifre sono importanti, si pensi che in Italia si consumano 7 milioni di tonnellate/anno di materie plastiche<sup>31</sup>, ma vediamo qualche dato<sup>32</sup> delle plastiche in termini di inquinamento e consumi rispetto all'uso dei materiali tradizionali:

- 9% di risparmio in più sulle emissioni di gas serra;
- 16% di risparmio energetico;
- 21% percentuale di consumo sul totale prodotto di materie plastiche in edilizia;
- 22,2 miliardi di €, il risparmio possibile utilizzando tubi in plastica nelle principali reti distributive italiane;
- 50 anni la durata di vita media di molti prodotti plastici.

Trattasi dunque di risparmio in termini di consumo di energia e di dispendio di denaro, infatti la durabilità e la scarsa manutenzione portano altresì ad una riduzione in termini di emissioni di CO<sub>2</sub>.

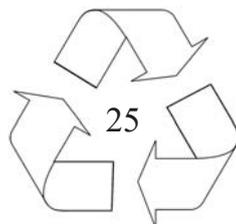
Si vuole legare un breve elenco di applicazioni che attualmente trovano riscontro nella materie plastiche:

- Isolanti
- Impermeabilizzazioni
- Raccolta acque
- Serramenti
- Paramenti esterni
- Pavimenti resilienti
- Adesivi e consolidanti

### **2.2.2 Gli additivi**

Dovendo ad oggi sopperire alle più svariate funzioni di impiego, le materie plastiche tendono ad essere "additivati" con cariche, rinforzi, coloranti stabilizzanti o plastificanti per renderne l'utilizzo sia esteticamente che meccanicamente più vicino a quella che è la funzione da svolgere oppure per evitarne il degrado termico durante la formatura.

Basti pensare a quale versatilità debbano andare incontro queste se il loro impiego passa dal settore dell'automotive a quello degli elettrodomestici, oppure a quello

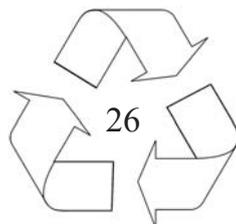


navale o aeronautico.

Alcune di queste variabili possono essere la resistenza ad aggressori ambientali, l'esposizione a diverse temperature, le radiazioni solari, senza dimenticare le proprietà meccaniche, fisiche e chimiche a cui debbono sopperire.

Pertanto le matrici polimeriche, vengono miscelate per scopi diversi con questi principali additivi:

- cariche (riempitivi con lo scopo di abbattere il costo di produzione, generalmente le più conosciute ed utilizzate sono carbonato di calcio, talco, solfato di bario e fibra di vetro);
- plastificanti (forniscono flessibilità e morbidezza, ed evitano eventuali fragilità in fase di lavorazione);
- coloranti (assolvono ad una funzione estetica);
- pigmenti (in genere possono essere metallici o organici e si presentano come elementi non solubili);
- stabilizzanti e antiossidanti (migliorano la resistenza alla degradazione termica ed ai raggi UV);
- lubrificanti (favoriscono la lavorabilità, ad esempio l'estrusione e lo stampaggio);
- antifiama (favoriscono l'inflammabilità ed incombustibilità, sono alogeni e contengono idrossidi di alluminio);
- rinforzi fibrosi (le fibre ne aumentano le proprietà meccaniche);
- catalizzatori (promuovono la polimerizzazione favorendo un risparmio economico sui costi di produzione).



## Capitolo 3. I polimeri maggiormente diffusi

In edilizia le applicazioni delle materie plastiche avvengono tramite principalmente questi 4 polimeri <sup>[IV]</sup><sup>[V]</sup>:

- PVC
- PE
- PET
- PS

Pertanto si dedicherà una breve trattazione di approfondimento per ciascuno dei 3 materiali.

### 2.3.1 PVC (polivinilcloruro)



◀ Figura 2.5:  
Codice di riciclaggio<sup>33</sup>

Il cloruro di polivinile o vinile è materiale termoplastico di origine organica così come PE,PS,PP,PET.

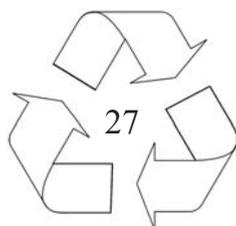
Esso presenta buone proprietà meccaniche, ottima versatilità. Inoltre si presenta resistente agli agenti atmosferici, è idrorepellente ed è autoestinguente.

#### **Applicazioni**

Nato a metà dell'800 e brevettato soltanto agli inizi del XX secolo, ormai è da intendersi un prodotto "maturo".

In quanto è una delle plastiche maggiormente utilizzate. Si pensi che il 2014 ha registrato un utilizzo mondiale di PVC pari a 30 milioni di tonnellate di cui 8 milioni in Europa e 650.000 tonnellate nella sola Italia<sup>34</sup>.

In termini di utilizzo, il PVC vede un notevole numero di impieghi tra i quali rivestimenti, serramenti, condutture, canalette per cavi elettrici, pavimentazioni. Il processo di stampaggio può dare vita anche a manufatti quali spine e prese elettriche, cavi e profilati vari.



L'edilizia è la maggiore utilizzatrice di questo materiale, seguita dagli imballaggi.



◀ Figura 2.6:  
Sezione di serramento in  
PVC<sup>35</sup>

**Tabella 2 - Suddivisione del consumo di PVC per settore applicativo (fonte Plastic Consult)**

	Totale 2016		Totale 2015	
	Ton.	%	Ton.	%
Edilizia/costruzioni	197.500	30,4	197.000	30,3
Imballaggio	92.000	14,2	93.500	14,4
Elettricità	58.500	9,0	56.000	8,6
Mobile/arredamento	29.500	4,5	30.000	4,5
Cartotecnica	27.500	4,2	27.000	4,1
Tempo libero	21.500	3,3	21.500	3,3
Agricoltura	14.000	2,2	14.000	2,4
Telecomunicazioni	13.000	2,0	13.000	2,0
Trasporto	17.500	2,7	17.000	2,6
Calzature/abbigliamento	8.500	1,3	9.500	1,5
Elettrodomestici	7.000	1,1	7.000	1,1
Diversi*	77.500	11,9	74.500	11,4
Export compound	86.000	13,2	90.000	13,8
<b>Totale</b>	<b>650.000</b>	<b>100,0</b>	<b>650.000</b>	<b>100,0</b>

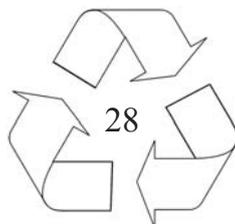
\* Articoli medicali, usi tecnici, altri (valigeria/pelletteria, lastre espansive, nastri trasportatori, etc).

◀ Figura 2.7:  
Tabella usi PVC<sup>36</sup>



◀ Figura 2.8:  
Tubi in PVC<sup>37</sup>

Ad oggi si pensa che da un punto di vista della sostenibilità possa dare grandi risposte al mercato, edilizia in testa. Nei capitoli successivi si affronterà anche questa tematica.



## **Materie prime**

Il PVC deriva sostanzialmente da due materie prime presenti in natura, quali il sale (57%) ed il petrolio od il gas naturale (43%).

Il primo mediante elettrolisi produce il cloro e la soda caustica, il primo combinato con l'etilene derivato dal petrolio formano il monomero del vinilcloruro. Successivamente mediante polimerizzazione da origine alla resina di PVC la quale unita poi additivata da origine al materiale come lo conosciamo con le proprietà di cui sopra<sup>38</sup>. Basti pensare che 1/3 di tutto il cloro prodotto in Europa (Germania, Belgio e Francia in testa) viene impiegato per la produzione di PVC.

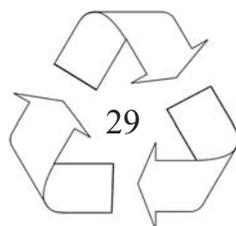
Sostanzialmente i compound maggiormente utilizzati sono:

- stabilizzanti (ritardano l'invecchiamento e la degradazione resistendo al calore ed alla luce, come ad esempio stagno e saponi metallici);
- plastificanti (apportano flessibilità ed elasticità, generalmente vengono utilizzati ftalati e polimerici, conferendo proprietà fisiche eccezionali).

Molto utilizzati sono gli ftalati, i quali ricoprono circa l'80% del totale dei plastificanti prodotti. Essi sono da distinguere in alto peso molecolare (DINP, DIDP e DPHP) e basso peso molecolare.

Le prime, ad alto peso molecolare, secondo la attuale normativa europea tra le sostanze che possono causare problemi alla salute umana o all'ambiente, non risultano essere presenti. Invece, gli ftalati a basso peso molecolare (DBP, BBP, DEHP) risultano essere estremamente preoccupanti in base alla stessa normativa REACH sulla scorta di studi effettuati sul sistema riproduttivo animale classificandoli nella Categoria 1B come sostanze tossiche per la riproduzione. Particolare attenzione dunque deve essere riposta nella produzione dei giochi d'infanzia, nei cosmetici, e nei prodotti per l'edilizia quali i pavimenti resilienti per la loro applicazione nelle strutture scolastiche di ogni ordine e grado. Fondamentale è anche la comunicazione a garanzia della trasparenza, che deve essere incrementata tra i vari produttori e gli utilizzatori finali che devono essere informati sul prodotto acquistato.

A livello europeo il programma Vinyl 2010 ha permesso l'accelerazione nella produzione degli ftalati ad alto peso molecolare, sino a raggiungere l'80% del totale<sup>39</sup>, così come l'eliminazione del cadmio e la forte riduzione del piombo.



Dopo i risultati ottenuti da Vinyl 2010, nel 2011 ha visto la luce un nuovo impegno volontario denominato Vinyl plus il quale si è posto nuovi obiettivi con nuove dichiarazioni ambientali nell'ambito dell'attenzione alla sostenibilità.

- lubrificanti (conferiscono resistenza all'atmosfera);
- coloranti (pigmentazione del prodotto, esistono a base organica ed a base inorganica).



◀ Figura 2.9:  
Logo Vinyl Plus<sup>40</sup>

### Tecniche di lavorazione

Calandratura (tecnica derivante dall'industria cartaria e della gomma)

Estrusione (metodo maggiormente impiegato)

Soffiaggio (utilizzato per la produzione di manufatti cavi quali bottiglie)

Iniezione-soffiaggio (processo simile all'estrusione)

Stampaggio ad iniezione (utilizzando una pressa)

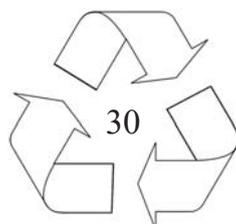
Espansione (miscelando il pvc con un gas ne altera il peso specifico)

Termoformatura (attraverso processo di riscaldamento, produce lastre sagomate)

Rivestimento (per immersione o per spalmatura)

Stampaggio rotazionale (viene utilizzata la forza centrifuga all'interno di uno stampo)

Vantaggi	Svantaggi
resistenza al degrado	difficile smaltimento
totalmente riciclabile	alcune ricerche lo reputano nocivo per la salute
lavorabilità	
resistente alla corrosione	
resistente agli agenti chimici	
costi di produzione accessibili	
saldabile	
lavorabilità buona	
resistente agli urti	
resistente all'abrasione	
idrorepellente	
autoestinguento	



### 2.3.2 PE (polietilene)



◀ Figura 2.10:  
Codice di riciclaggio<sup>41</sup>

È un polimero sintetico largamente utilizzato ed è una resina termoplastica.

Si presenta in forma amorfa (trasparente) o cristallina (di colore bianco), è versatile ed economico e trova impieghi nei più svariati campi.

Esso si suddivide principalmente in HDPE (polietilene alta densità) e LDPE (polietilene a bassa densità).

L'HDPE sostanzialmente ha alto peso molecolare, poco ramificato dunque più rigido.

L'LDPE è più ramificato quindi più duttile.

Risulta anche gradevole al tatto non essendo un materiale "freddo".

#### Applicazioni

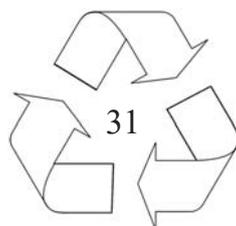
Risultando difficoltoso nella colorazione, ma con grande resistenza agli agenti chimici si presenta quale materiale ideale per la vestizione dei laboratori medici.

Data la resistenza all'abrasione si presta anche per produrre borse e teli per l'agricoltura, nonché tubazioni e guaine<sup>42</sup>.

In edilizia lo possiamo trovare in guaine, teli, pozzetti e prolunghe, caschetti di sicurezza, tubi, tubi drenanti, materassini.



▲ Figura 2.11:  
Prodotti in PE<sup>43-44-45</sup>



### Materie prime

E' un composto chimico sintetizzato ottenuto per la prima volta nel 1933, esso risulta essere impiegato su larga scala per oggetti di utilizzo quotidiano. Caratterizzato per la resistenza a trazione, questa dipende dal peso molecolare e dunque dalla densità. La temperatura di fusione è intorno ai 113°C.

Il polietilene, è un prodotto con catene lineari ad elevato peso molecolare.

Esso si ottiene polimerizzando il gas di etilene (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) ed il doppio legame di carbonio essendo molto debole permette la ramificazione di altre molecole , creando così il polietilene.

### Tecniche di lavorazione

Si può produrre il PE mediante due metodi<sup>46</sup>:

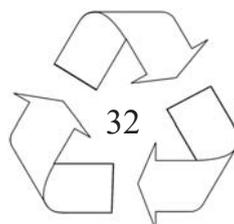
- ad alta pressione (alte pressioni ed alte temperature, si ricava LDPE);
- con il metodo Ziegler (basse pressioni e basse temperature, si ricava HDPE).

Vantaggi	Svantaggi
versatile	LDPE presenta una minore resistenza all'abrasione
leggero	
economico	
resistente alla corrosione	
resistente all'abrasione	
resistente a raggi UV	
saldabile	
resistente agli urti	

### 2.3.3 PET (polietilene tereftalato)



◀ Figura 2.12:  
Codice di riciclaggio<sup>47</sup>



## Applicazioni

Oltre alle applicazioni alimentari sopracitate, in edilizia troviamo il PET :

- unito al cls come riciclato;
- isolante termico;
- isolante acustico.

## Materie prime

Il PET è un polimero termoplastico ad alta inerzia termica di forma amorfa o semi-cristallina.

Si degrada intorno ai 300°C e si decompone a 340°C è prodotto con petrolio o gas metano (1,9 kg petrolio grezzo=1kg PET), inoltre ha una Tg di 72°C.

Utilizzato già da diversi anni, scoperto nel 1940 per la produzione di paracaduti e di nylon, già nel 1966 venne utilizzato negli imballaggi, tessuti e per oggetti estrusi o stampati ad iniezione.

Negli ultimi anni il materiale principe tra le materie plastiche utilizzate per fini alimentari.

Mediante la tecnica del soffiaggio biassiale , si sono iniziate a produrre bottiglie in PET.

Infatti ha sostituito in larga parte, per le sue caratteristiche prestazionali, il vetro più costoso e pesante e fragile. Basti pensare che già nel 2001 il 77% delle acque minerali erano imbottigliate con il PET<sup>48</sup> contro il 23% del vetro.

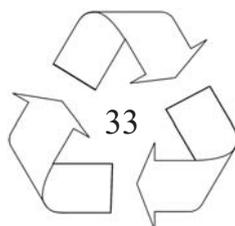


◀ Figura 2.13:  
Bottiglie in PET<sup>49</sup>

Come normativa il DLGS 27/01/97 n.109 riporta sulle etichette delle acque minerali: "Conservare al riparo dalla luce solare e dal calore, in luogo fresco e asciutto".

Infatti viene studiato da diversi anni e la legislazione specialmente italiana non ne prevede il riuso per generi alimentari in quanto si considera la migrazione di alcune specie dannosa per la salute.

Le maggiori specie migranti rilevate sono 10:



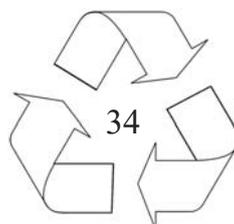
- Glicole etilenico
- Bis (2-etilesil) adipato
- Dietil tereftalato
- Bis (2-idrossietil) tereftalato
- Acido palmitico
- Acido oleico
- Acido stearico

Il carattere mutageno di alcune sostanze rilevate dopo uno stoccaggio prolungato hanno dato sfogo ai ricercatori di tutto il mondo.

#### **Tecniche di lavorazione**

Partendo dall'acido tereftalico e dal glicole etilenico, condensando i due componenti questi si uniscono per formarne uno nuovo di peso molecolare maggiore. Operando poi a temperature elevate si eliminano le parti di acqua createsi e con l'ossido di antimonio come catalizzatore che dunque accelera la cinetica della reazione, si produce il polimero sottoforma di liquido viscoso che a sua volta estruso fornisce il materiale amorfo simile al vetro. Una seconda polimerizzazione a temperatura più bassa, permette di ottenere un materiale a più alto peso molecolare.

<b>Vantaggi</b>	<b>Svantaggi</b>
proprietà elettriche	viene studiato il rilascio di specie pericolose per la salute se sottoposto a radiazione solare ed al calore
può essere riciclato	
resistenza chimica	
mantiene prestazioni anche a T elevate	può inquinare il suolo e l'acqua se abbandonato
autoestinguento	
facile da stampare	
compatibile con gli alimenti (Direttiva 2002/72/CE)	
basso impatto ambientale	
trasparenza	
leggerezza	



### 2.3.4 PS (polistirene)



◀ Figura 2.14:  
Codice di riciclaggio<sup>50</sup>

Il polistirene, viene anche comunemente chiamato polistirolo, fu scoperto nel 1839 in Germania.

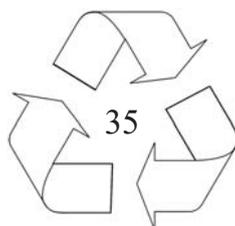
Tecnicamente esso è polistirene espanso e la produzione di questi può avvenire ad alta densità o a bassa densità.

Il polistirene si suddivide altresì in :

- polistirene espanso (comunemente detto EPS) ottenuto immergendo in acqua il polistirene ed aggiungendo il “pentano” in percentuale dal 2-8%. Esso si presenta come un materiale rigido, leggero, derivante dal petrolio mediante processo industriale durante il quale, vengono ricavate perle trasparenti di polistirene, alle quali successivamente viene aggiunto pentano, che è un idrocarburo con funzione espandente; a contatto con il vapore acqueo alla temperatura di 90°C permettono al pentano di espandere e creare un volume fino a 20-50 volte il volume iniziale. Questo processo permette la formazione di una struttura a celle chiuse con all’interno dell’aria imprigionata, impedendone dunque i moti convettivi e conferendo così al polistirene espanso le sue eccellenti proprietà di isolante termico. La massa volumica è compresa è tra i 10 e 40 Kg/m<sup>3</sup>. Nelle cappottature inoltre, possono essere additivati di grafite, la quale migliora le prestazioni isolanti del pannello riducendo sensibilmente il valore di conducibilità termica.



◀ Figura 2.15:  
Lastre di polistirolo<sup>51</sup>



- polistirene estruso (comunemente detto XPS) ottenuto mediante estrusore con vite senza fine ed insufflaggio di gas. Esso ha buon comportamento al fuoco, mentre è totalmente idrorepellente grazie alla struttura a cellule chiuse.



◀ Figura 2.16:  
Lastre di XPS<sup>52</sup>

### Applicazioni

L'applicazione del polistirene è variegata ed in continuo mutamento.

La prima distinzione deve avvenire innanzitutto tra EPS ed XPS.

L'EPS viene prodotto in blocchi ed ha densità di circa 25 kg/m<sup>3</sup> mentre l'XPS è più compatto, viene estruso a celle chiuse, vede lastre di minori dimensioni ed ha densità di 35 kg/m<sup>3</sup>.

Esso ha una struttura preferibile in quanto stabile ed omogenea, mentre in forma non espansa ha densità di 1050 kg/m<sup>3</sup>.

Entrambi sono isolanti termici ed acustici ma principalmente l'XPS avendo massa superiore e maggiore compattezza può essere calpestabile e sopportare meglio stress meccanici.

Entrambi possono tranquillamente essere messi a contatto con l'acqua e l'umidità.

Principalmente entrambi vedono la loro principale applicazione nell'isolamento a cappotto piuttosto che nelle pareti ventilate o negli orizzontamenti o nelle coperture (preferibilmente l'XPS).

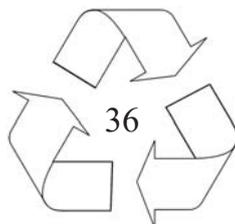
Esiste anche il pannello "goffrato" nei cappotti in quanto aumentando la superficie di adesione meglio si presta per supportare l'intonaco di rasatura.

Altre applicazioni possono essere: barattoli, posate, contenitori.

### Materie prime

Il polistirene è il polimero dello stirene. Esso è un polimero termoplastico che raggiunge la temperatura di transizione vetrosa intorno ai 100°C<sup>53</sup>.

Esso può polimerizzare anche a temperatura ambiente, seppur mediante processo



molto lento con reazione esotermica. Inerte chimicamente, diviene facilmente solubile se messo in contatto con i solventi (acetone , trielina).

### **Tecniche di lavorazione**

Un primo distinguo deve essere fatto tra la tecnica di lavorazione dell'EPS e dell'XPS.

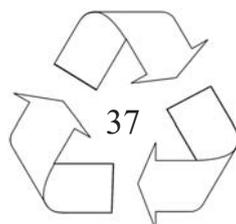
La produzione dell'EPS avviene mediante alcune fasi<sup>54</sup>:

- espansione (con vapore a 90-95°C di pentano, aumento di volume tra 20-50%);
- stagionatura (lasciando il materiale espanso all'aperto per perdere l'umidità);
- produzione di blocchi (è il processo di sinterizzazione ove si formano dei blocchi);
- taglio (stagionato viene tagliato al formato richiesto);
- trattamenti esterni (vengono applicati colorazioni e decori a richiesta).

La produzione dell'XPS invece vede queste fasi:

- fusione del polistirene in granuli;
- additivazione (colorante o ritardante di fiamma);
- miscelazione (viene aggiunto il gas espandente);
- estrusione (a pressione controllata);
- espansione (25/30 volte uscendo dall'estrusore con perdita di pressione);
- calibrazione (prima formatura delle lastre);
- fresature e taglio dei pannelli;
- confezionamento.

<b>Vantaggi</b>	<b>Svantaggi</b>
resistenza all'acqua	è un materiale chimico non naturale
resistenza meccanica	non fornisce statistiche di durata negli anni
durata	soffre di cariche elettrostatiche
semplicità di lavorazione	
sostenibilità	
prestazionale	



## Capitolo 4. Perché scegliere un polimero

### 2.4.1 Punti di forza e punti di debolezza



◀ Figura 2.17:  
*Punti di forza e debolezza*<sup>55</sup>

Dei lati positivi delle materie plastiche sono stati spesi chilometri d'inchiostro e sono variegati.

Infatti i polimeri possono assumere qualsiasi forma a differenza di altri materiali che richiederebbero lavorazioni più complicate, costose o addirittura infattibili; possono avere un'elevata rigidità o una grande flessibilità, sono impermeabili, resistenti agli agenti atmosferici, muffe e funghi, alla corrosione. Possono essere "filati" ottenendo capi d'abbigliamento, colorati durante la lavorazione.

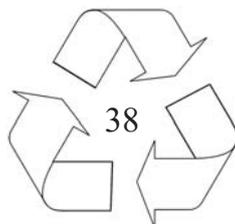
Inoltre sono ottimi isolanti termici, elettrici e smorzano le vibrazioni hanno un elevato isolamento termico, elettrico ed alle vibrazioni.

Interessante è senza dubbio la proprietà relativa al controllo dell'umidità.

Inoltre le materie plastiche forniscono anche un buon isolamento acustico se accoppiati risultano una valida strategia in quanto agendo sull'aumento delle masse rendendo le strutture interessate inerti alla propagazione dell'onda sonora.

D'altro canto però, le materie plastiche sono il maggior fattore di inquinamento del nostro pianeta, iniziando proprio dalla loro origine, che risiede principalmente nel petrolio, dovuto appunto alla sua estrazione, trasporto e stoccaggio degli idrocarburi; continuando poi il processo di lavorazione del petrolio e della trasformazione in plastica che comporta la produzione di emissioni nocive per la salute e per l'ambiente; aggiungendo a quest'ultimi i residui della produzione, di stoccaggio e smaltimento<sup>56</sup>. Non ultimo si pensi alle problematiche emerse a metà degli anni '70 con la crisi petrolifera, dove si è iniziato a comprendere come il pianeta iniziava a manifestare un lento esaurimento delle risorse.

Essendo queste legate al petrolio hanno visto subito l'attribuzione del titolo di materiale di "scarto" o quantomeno di seconda scelta. Questa nomea soltanto in questi



ultimi anni sta cessando di esistere e sta riportando i polimeri nuovamente alla ribalta delle scelte progettuali in edilizia.

## 2.4.2 Tempi e decomposizione

I materiali plastici che si trovano nell'ambiente, sono principalmente non biodegradabili.

Ad esempio reti da pesca e bottiglie, necessitano dai 100 ai 500 anni per decomporsi in mare e questo lasso di tempo è considerato inaccettabile anche alla luce della crescente produzione.

Inoltre mentre un materiale organico torna ai suoi composti di base decomponendosi, la maggior parte delle plastiche non si decompone completamente. Entra in gioco anche la fotodegradazione da luce solare, questi detriti vengono man mano frammentati in pezzi sempre più piccoli, che a secondo della tipologia possono galleggiare o affondare.

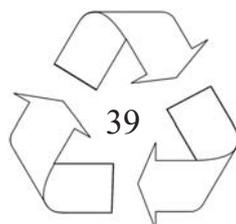
## 2.4.3 PVC e PET in numeri

La produzione delle materie plastiche ha subito a partire dal 2007 una forte inflessione a livello Europeo, calo che fatica ancora a ripartire verso i valori pre-crisi. A livello mondiale invece la ripresa c'è stata ma grazie a nuovi Paesi emergenti, i quali necessitano di una forte produzione per far fronte alla richiesta interna. In questo frangente il riciclo invece vede crescere i propri numeri .

	Italia Mercato Locale Spot (DDP Eur/ton)	Nord Europa Mercato Locale (DDP Eur/ton)	Cina Import (CFR Eur/ton)	Turchia Import (CFR Eur/ton)
<b>PE</b>				
HDPE Film	1190-1260	1200-1270	1052-1129	1067-1151
HDPE Soffiaggio	1225-1300	1200-1300	1033-1067	1032-1105
LDPE Film	1310-1350	1275-1350	1220-1325	1163-1220
LLDPE C4 Film	1170-1220	1180-1220	1042-1201	1058-1151
<b>PP</b>				
PPBC Stampaggio	1130-1210	1130-1230	1048-1096	1104-1104
PPH Stampaggio	1060-1160	1080-1180	1029-1029	1056-1056
PPH Raffia	-	-	982-1029	966-991
PPH RC Stampaggio	-	-	-	1268-1268(*)
<b>PS</b>				
GPPS Estrusione	1450-1525	1500-1550	1277-1287	-
GPPS Stampaggio	-	-	1277-1315	1170-1400
HIPS Estrusione	1550-1615	1590-1640	1334-1353	-
HIPS Stampaggio	-	-	1334-1353	1223-1460
<b>PVC</b>				
SPVC K 67-68	860-960	805-885	820-858	829-924
SPVC K 70	880-990	865-910	-	943-943
<b>PET</b>				
PET Gr. Bottiglia	960-1050	960-1050	949-967(*)	934-991
<b>ABS</b>				
ABS Stampaggio Nat.	1680-1800	1730-1830	1774-1792	1582-1773

\* Prezzo locale in assenza di prezzo import

◀ Figura 2.18:  
Quotazioni 2017 -  
Fonte team ChemOrbis<sup>57</sup>



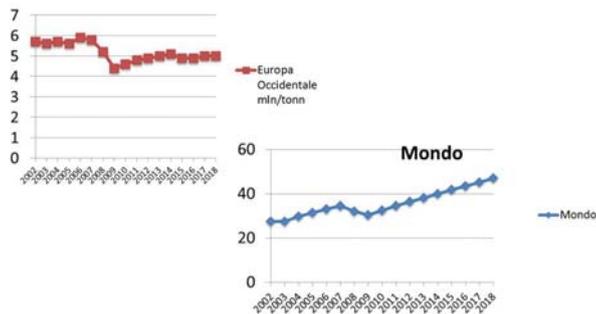
Come si può notare dalle quotazioni in figura 2.18, in particolare il PVC ed il PET hanno un valore di mercato molto simile e differenza del polipropilene (PP) e del polistirene (PS) maggiormente utilizzati.

A livello europeo l'indotto della produzione delle plastiche è valutato in 300 miliardi di euro impiegando 1,5 milioni di addetti.

## Il PVC

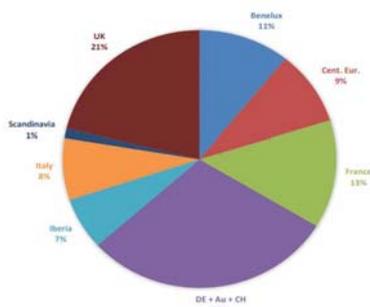
In questo contesto il programma Vinyl Plus che si è dato come obiettivo dichiarato di recuperare 800.000 tonnellate/anno di PVC vede avvicinarsi la meta in quanto nel 2016 ha raggiunto già i 568.696 tonnellate incrementando del 10.44% il riciclo rispetto al 2015.

Produrre una tonnellata di materie plastiche richiede circa 1,5 tonnellate di petrolio. Ai prezzi attuali un barile è quotato 70\$, essendo un barile pari a 159 litri pari a 135 kg una tonnellata di costa circa 518 euro. Una tonnellata di plastica costa 680 euro circa soltanto in materie prime, ai quali si deve aggiungere il costo di 17,5 tonnellate di acqua necessarie per la produzione<sup>58</sup>.

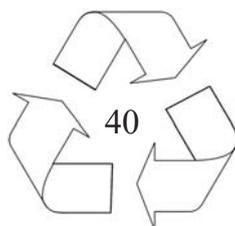


◀ Figura 2.19:  
Consumi forniti dalla Conferenza nazionale sul Regolamento REACH<sup>59</sup>

## Il contributo delle varie nazioni alle quantità riciclate



◀ Figura 2.20:  
Fonte quinta Conferenza nazionale sul Regolamento REACH<sup>59</sup>



Possiamo vedere come l'Italia ricicli ancora una frazione molto piccola di materie plastiche rispetto ad altre nazioni europee. Questo comportamento è dato da una serie di cause, quali ad esempio la diversa normativa tra i vari paesi, così come la Direttiva della gestione dei rifiuti. Inoltre la struttura industriale nel nostro Paese è piccola rispetto a Francia e Germania, questo porta ancora ad avere una forte percentuale di materiale portato a termovalorizzazione.

**Tabella 2 - Suddivisione del consumo di PVC per settore applicativo (fonte Plastic Consult)**

	Totale 2016		Totale 2015	
	Ton.	%	Ton.	%
Edilizia/costruzioni	197.500	30,4	197.000	30,3
Imballaggio	92.000	14,2	93.500	14,4
Elettricità	58.500	9,0	56.000	8,6
Mobile/arredamento	29.500	4,5	30.000	4,5
Cartotecnica	27.500	4,2	27.000	4,1
Tempo libero	21.500	3,3	21.500	3,3
Agricoltura	14.000	2,2	14.000	2,4
Telecomunicazioni	13.000	2,0	13.000	2,0
Trasporto	17.500	2,7	17.000	2,6
Calzature/abbigliamento	8.500	1,3	9.500	1,5
Elettrodomestici	7.000	1,1	7.000	1,1
Diversi*	77.500	11,9	74.500	11,4
Export compound	86.000	13,2	90.000	13,8
<b>Totale</b>	<b>650.000</b>	<b>100,0</b>	<b>650.000</b>	<b>100,0</b>

\* Articoli medicali, usi tecnici, altri (valigeria/pelletteria, lastre espanse, nastri trasportatori, etc).

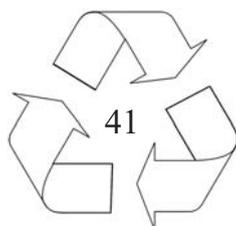
◀ Figura 2.21:  
Consumo del PVC<sup>60</sup>

Nella figura 2.21 inoltre possiamo notare come rimangano costanti i quantitativi prodotti nel nostro Paese negli ultimi anni, mentre la frazione riciclata ha subito un'inversione di tendenza nell'ultimo periodo.

	PRODUZIONE PVC ITALIA (tonnellate) rigido + plastificato	Riciclo PVC (tonnellate)
	ITALIA	ITALIA
2010	760.000	70.000
2011	730.000	65.000
2012	660.000	65.000
2013	640.000	60.000
2014	650.000	60.000
2015	650.000	40.000
2016	650.000	90.000

◀ Figura 2.22:  
Produzione e consumi PVC in Italia: dati PVC Forum Italia

Il riciclo del PVC, a livello economico ha un riscontro sovrapponibile con il PVC vergine ma a livello di sostenibilità ambientale riduce del 40% la produzione dei gas serra, e richiede anche il 46% di acqua in meno<sup>61</sup>.

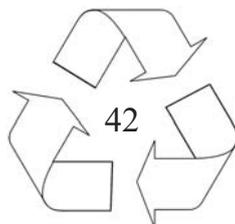


## **II PET**

Con una tonnellata di PET del valore di circa 1000 € si possono produrre 30.000 bottiglie da 1,5 l. Nel costo è compresa l'energia richiesta pari a circa 3 MWh (circa 300 euro).

Nel 2014 il polietilene tereftalato (PET) è stato prodotto in Europa in 2,4 milioni di tonnellate di PET vergine<sup>62</sup>. In Italia invece dove viene largamente utilizzato per gli imballaggi ma soprattutto per la produzione di bottiglie per le acque minerali si conta una produzione pari a 255.000 tonnellate, la frazione riciclata è valutata nel 25% circa<sup>63</sup> apportando sia un consumo di energia che di riduzione delle emissioni che per ogni chilo di PET riciclato, deve essere considerato pari ad un risparmio dell'84% in termini energetici e del 71% delle emissioni di gas serra in ambiente.

Con questi numeri è ovvio comprendere la convenienza sia economica che ambientale nel riciclo del PET, che vede nell'edilizia un sempre maggior impiego.



## PARTE TERZA

### Le pareti a schermo avanzato

## Capitolo 1. Evoluzione dell'involucro edilizio opaco

### 3.1.1 Definizione

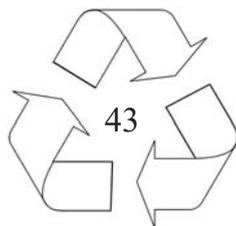
La delimitazione dell'organismo costruttivo, come elemento di separazione tra l'interno (ben identificato) e l'esterno, avviene mediante un elemento denominato "involucro<sup>[VI][VII]</sup>".

Le tecnologie applicate per la realizzazione dell'involucro edilizio, si sono susseguite nei secoli apportando sempre la miglior soluzione conosciuta per il soddisfacimento delle esigenze delle utenze, che sostanzialmente sono ricomprese nella parola "comfort".

Una prima distinzione vede la suddivisione tra "involucro opaco" ed "involucro trasparente" entrambe fondamentali per la determinazione di quello che oggi chiamiamo fabbisogno energetico di un edificio, che null'altro è che la quantità di energia che viene consumata per il raggiungimento del comfort all'interno della struttura abitata.

Altra distinzione vede il sistema costruttivo, inteso come "una serie organizzata di conoscenze tecniche", il quale può essere tradizionale come la muratura portante in laterizio, il c.a., la pietra ed il legno (molto utilizzati alle nostre latitudini) o evoluta con materiali innovativi provenienti dal riciclo.

Tra metodi costruttivi, una separazione netta avviene tra sistemi "gettati in opera" o "a secco", dove i primi risultano propri della tipologia tradizionale con tutte le problematiche che si porta in seno. La metodologia "a secco" anche se a certe latitudini molto più antica, (vedasi le vallate alpine con le malghe od i muretti a secco) viene ai giorni nostri interpretata con l'ausilio della moderna tecnologia.



## Capitolo 2. Sistemi costruttivi a secco



◀ Figura 3.1:  
*Esempio di sistema  
costruttivo a secco*<sup>64</sup>

### 3.2.1 Denominazione

L'uomo di estrazione rurale, ha sempre cercato di ripararsi dal clima, e generalmente ha stretto un solido legame tra l'ambiente che lo circondava ed il suolo. Nei secoli ha sempre cercato di costruire con il materiale più presente nel territorio da esso abitato, perlopiù pietre e legno. L'impatto ambientale era così ridotto e la sostenibilità garantita.

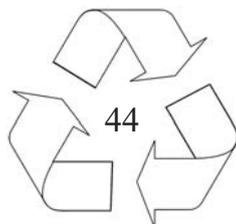


◀ Figura 3.2:  
*Nuraghe in pietra a  
secco*<sup>65</sup>

La denominazione di “sistemi costruttivi a secco”, nasce dall'assenza dell'utilizzo dell'acqua nell'assemblaggio a differenza dei sistemi “a umido” largamente conosciuti e tradizionalmente come detto molto utilizzati ancora oggi. Vengono utilizzati soltanto elementi finiti ed assemblati in situ e che non necessitano di prese e consolidamenti nella posa.

La realizzazione di un sistema a secco si presta alle più svariate destinazioni d'uso, quali quella residenziale, quella produttiva, gli edifici sia pubblici che privati.

Tale realizzazione può essere prevista non solo per le facciate ma anche per le tramezzature interne, e tra i diversi piani dell'edificio interessato.



Mentre per la nuova struttura, si deve pensare ad un sistema stratificato a secco già in fase progettuale, per le ristrutturazioni, subentra ad una situazione in essere (dove è presente una tecnologia spesso consolidata nel tempo), e generalmente il supporto (specie nelle zone del nord ovest dell'Italia) spesso può essere di laterizio intonacato o in calcestruzzo armato.

### **Vantaggi**

I maggiori vantaggi che emergono dall'utilizzo di un sistema a secco sono plurimi. Infatti essi generalmente, sono prodotti industrializzati e dunque prodotti in serie, ponendo una garanzia nei tempi di posa la quale risulta essere più semplice e con le prestazioni energetiche acustiche e strutturali richieste. Potendo essere progettate in stabilimento, gli elementi inoltre possono essere realizzati del materiale e del peso prefissato e dunque facilitandone la posa, sono un ulteriore risparmio economico per la committenza. Inoltre offrono buona durabilità e facilità di smaltimento a fine ciclo vita.

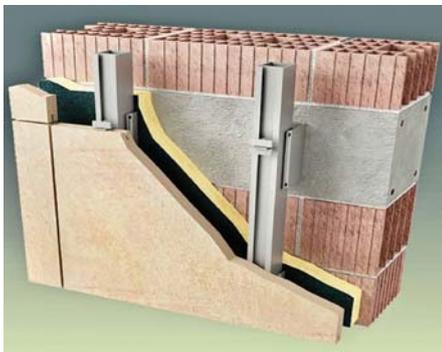
### **Svantaggi**

Emergono principalmente delle problematiche per quanto concerne le partizioni interne, ed in specie:

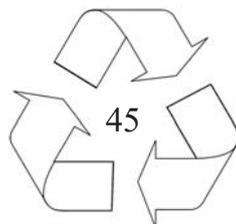
- debolezza acustica<sup>66</sup>;
- debolezza termica;
- limitata capacità portante nei carichi puntuali.

## **3.2.2 Facciate a secco**

Tra i vari elementi costruttivi realizzati con la tipologia "a secco", le facciate rivestono senza dubbio un ruolo molto importante, in quanto rappresentano la netta divisione tra l'interno e l'esterno e dunque devono portare con se una serie di caratteristiche fisiche e strutturali fondamentali per la vita all'interno dell'edificio.



◀ Figura 3.3:  
*Esempio di facciata  
ventilata<sup>67</sup>*



Generalmente, si intendono per “facciate a secco” delle “facciate continue o curtain wall“ e le “facciate ventilate a schermo avanzato” con messa in opera a secco.

I sistemi costruttivi delle “facciate a secco”, rivoluzionano la stessa concezione del costruire e rappresentano una tecnologia moderna molto utilizzata nelle costruzioni sulla base dell’assemblaggio meccanico e sostanzialmente sono composte da tre strati funzionali:

- un involucro esistente;
- una struttura metallica;
- un involucro esterno.

Nel patrimonio esistente, essendo questa una nuova “pelle” dell’edificio, questo ha già presente una facciata che si vuole rivestire.

Generalmente la scelta di una facciata a secco è dettata da esigenze progettuali (dunque con la presenza di una componente estetica) e dal rispetto di leggi cogenti in materia di contenimento energetico, sismico e di protezione al fuoco.

La struttura metallica, generalmente in acciaio inox si prevede venga addossata a quella esistente che fungerà da supporto, e dalla stessa si dovrà distanziare di una misura tale da consentire moti convettivi nell’intercapedine di ventilazione spesso contenente anche del materiale isolante.

Lo strato d’aria in essa contenuto, sfrutta naturalmente l’effetto camino in base alla stagionalità.

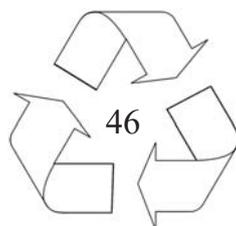
A livello di progetto, esse consentono di dare libero sfogo architettonico fornendo soluzioni che possono soddisfare esigenze estetiche senza per questo rinunciare al comfort abitativo ma anzi migliorandolo in termini igroscopici ed acustici.

L’involucro esterno opaco, generalmente si presenta in moduli, i quali possono avere diversa forma e dimensione e colore in funzione del progetto e del supporto che si andrà a rivestire.

I materiali utilizzati possono essere principalmente:

- calcestruzzo;
- materiali lapidei;
- legno;
- acciaio inox;
- alluminio;
- alluminio composito;
- materiali plastici.

Mentre i primi paiono gravosi in termini di maneggevolezza avendo elevata massa volumica, i metalli ed i materiali polimerici manifestano maggiore facilità nella posa, rispondendo però in maniera meno efficace in termini di resistenza alle azioni



del vento per le quali necessitano di uno sforzo maggiore nel dimensionamento progettuale.

E' da intendersi, che ciascuna delle soluzioni sopra esposte consente un'applicazione sia nel ristrutturare che di costruire ex-novo un edificio in tutto o in parte nuovo.

Rilevando in Italia un buco normativo sul dimensionamento dei vari componenti applicativi ad una facciata ventilata, risulta dunque importante comprendere da parte del progettista l'obiettivo da perseguire, ed è fondamentale altresì prendere coscienza dei vari stati prestazionali sulle ricerche di settore condotte in ragione dei molteplici produttori.

## **Capitolo 3. Tipologie di facciate a schermo avanzato**

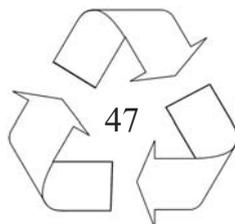
### **3.3.1 Facciate non ventilate**

Importante in questa tipologia, la valutazione della penetrazione dell'umidità, non senza considerare l'incidenza dei ponti termici. Infatti non avendo la circolazione dell'aria queste garantiscono comunque un notevole contributo al miglioramento del consumo energetico dell'edificio, in quanto il materiale isolante predisposto può raggiungere le caratteristiche richieste da normativa.

### **3.3.2 Facciate ventilate**

Questa tecnologia di rivestimento di facciate, comprensiva di camera d'aria e strato isolante, permette il raggiungimento di notevoli livelli prestazionali.

Il risultato migliore, può essere ricompreso nelle strutture di buone dimensioni ed altezze <sup>[VII]</sup>.



## Capitolo 4. Il funzionamento delle facciate ventilate

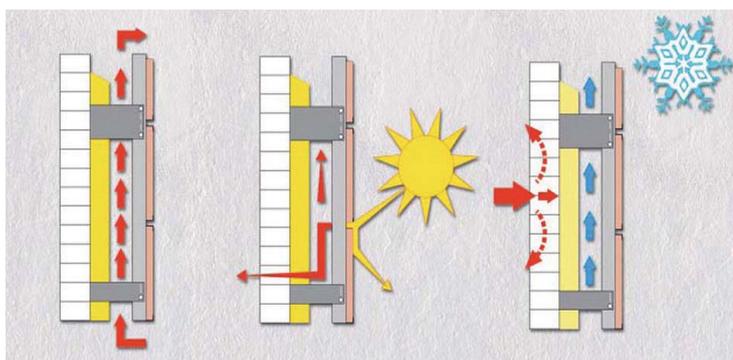
### 3.4.1 Definizione

Le pareti ventilate, rappresentano facciate caratterizzate da uno strato di ventilazione.

Pur non essendo codificate in senso stretto, una definizione generale di “pareti ventilate”, in architettura si può ascrivere ad una soluzione tecnologica, multistrato con messa in opera “a secco”.

Sono organismi edilizi preposti al miglioramento del comfort isolando ambienti interni dagli esterni.

Prestazionalmente, sono rivolte al miglioramento termo-acustico del fabbricato, consentendo comunque una valorizzazione estetica dello stesso mediante la progettazione.



◀ Figura 3.4:  
Principio di  
funzionamento<sup>68</sup>

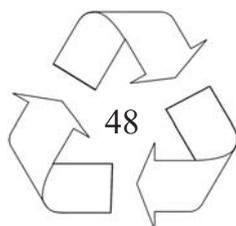
### 3.4.2 Composizione del sistema e principi di funzionamento

La parete ventilata generalmente è formata da quattro strati funzionali interconnessi addossati alla parete esistente:

- strato isolante applicato sulla parete perimetrale esterna esistente;
- intercapedine di ventilazione (strato d'aria);
- struttura di sostegno del rivestimento esterno (generalmente in acciaio inox);
- rivestimento esterno (di svariate soluzioni in termini di materiale, cromia, finitura etc.)

Nel sistema inteso come protettivo dall'umidità, le facciate ventilate rappresentano un degno riscontro alla problematica posta dagli agenti atmosferici e dell'isolamento termico e acustico.

Questa, è una delle tecnologie di rivestimento esterno apposto sugli edifici per risol-



vere i problemi di protezione del supporto esistente. Infatti, il paramento esterno della parete ventilata protegge la muratura esistente dall'azione degli agenti atmosferici quali acqua e vento.



◀ Figura 3.5:  
*Realizzazione di  
facciata ventilata<sup>69</sup>*

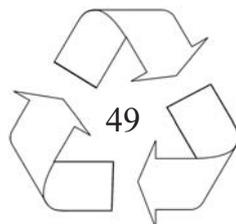
La parete ventilata si predispone sia al fattore invernale che estivo, in quanto la camera d'aria in fase estiva sfrutta l'effetto camino per allontanare l'incidenza del fattore solare ed in inverno con la stessa funzionalità veicola il flusso di calore crea un moto convettivo che mantiene asciutte le pareti interne dell'intercapedine, specie le pareti dello strato isolante evitando la formazione di condensa a fronte di una variazione repentina di temperatura. A questo, si deduce che tal comportamento potenzia le prestazioni dei sistemi di isolamento tradizionali (vedasi cappottatura) eliminando anche svantaggi dettati dal rivestimento esterno. Nello stesso modo, la manutenzione si presenta semplice in quanto anche la semplice sostituzione nonché la pulizia degli stessi elementi, è banale ed economica in quanto composta da elementi modulari. L'aria che entra nell'intercapedine dal basso verso l'alto infatti crea un efficace flusso aerato che sviluppa le funzioni di traspirazione della facciata ed eliminazione dell'umidità.

#### **Lo strato isolante**

Generalmente è inteso come costituito di pannelli isolanti rigidi, in quanto la planarità è requisito fondamentale per una buona posa ed il conseguimento del risultato sperato. In seguito verranno elencati nella diverse tipologie e materiali.

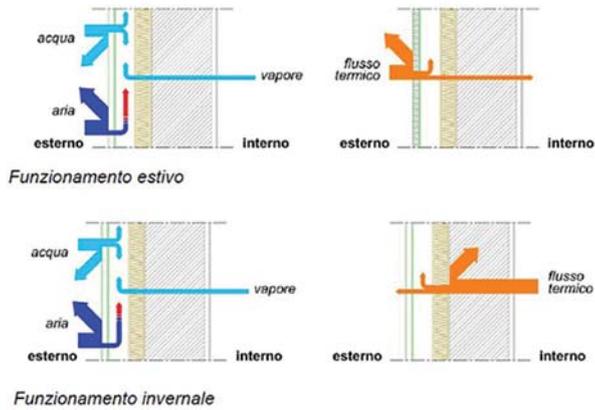
Le caratteristiche generali dei pannelli isolanti sono principalmente:

- traspirabilità: per evitare fenomeni di condensa;
- resistenza alla formazione di muffe: per non indebolirne le prestazioni termiche;
- resistenza allo sfibramento: per garantirne una buona durabilità e dunque le prestazioni;
- resistenza al fuoco: in quanto durante un incendio l'effetto camino ne esaltereb-



be la propagazione ;

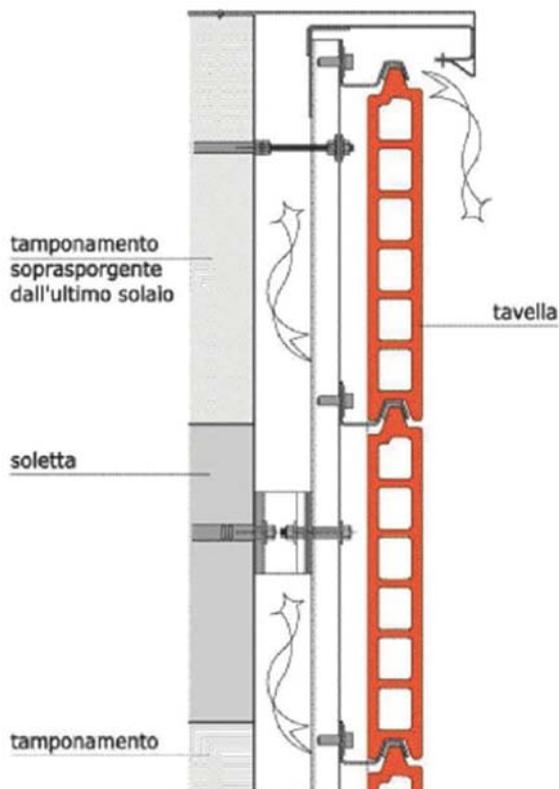
- idrofilia: qualora la posa del paramento esterno avvenga a giunto aperto.



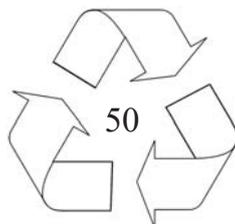
◀ Figura 3.6:  
*Principio di funzionamento  
delle facciate ventilate<sup>70</sup>*

### Intercapedine di ventilazione

Interposta tra lo strato isolante ed il rivestimento esterno, sfrutta l'effetto camino spostando il flusso mediante differenze di temperatura, e dunque utilizzando i moti convettivi naturali dove per minore densità l'aria calda tende a muoversi verso l'alto mentre quella più fredda ad occupare gli strati più bassi questo in breve è il principio della convezione naturale.



◀ Figura 3.7:  
*Particolare di funzionamento<sup>71</sup>*



Questa micro ventilazione mantiene asciutto l'isolante termo-acustico in ogni stagione.

Si consideri uno spessore utile, compreso tra i 5 ed i 7 cm.

Buona prassi, è predisporre aperture di presa d'aria e di scarico, sia alla base della struttura che in sommità.

### **Comportamento estivo**

Come noto, il flusso termico che incide su una superficie in parte viene riflesso, questa, se chiara, cioè con elevata riflettanza abbatte già in parte la radiazione solare incidente. Le frazioni assorbite e trasmesse vengono poi regolate dallo strato isolante e dalla camera d'aria <sup>[VI]</sup>.

Nelle stagioni calde, questo sistema riduce il carico termico sull'edificio in quanto la frazione non riflessa, non viene trasmessa agli strati sottostanti ma sfruttando l'effetto camino viene dissipata evitandone l'accumulo.

### **Comportamento invernale**

Nelle stagioni più fredde, la presenza della camera d'aria associata al materiale isolante permette di ridurre le dispersioni termiche.

### **Struttura di sostegno**

Questa sottostruttura, costituisce un vincolo generalmente metallico di collegamento tra il rivestimento esterno e la struttura esistente. Essa pur facilitando la posa del materiale coibente, è deputata a sopportare il peso del paramento superficiale esterno ed altresì ad assorbire le tolleranze della posa.

Utile è prevedere, per costruzioni con elevato spiccato, delle interruzioni mediante struttura di chiusura a traversi per interrompere l'effetto camino in ragione della risposta al fuoco.

I materiali generalmente utilizzati sono metallici, quali alluminio ed acciaio inox.

Una classificazione vede la distinzione tra sottostrutture a montanti, a traversi, a montanti e traversi e con fissaggio puntuale.

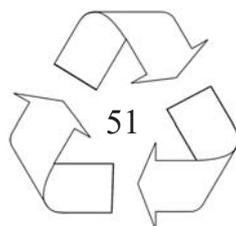
### **Sistemi di fissaggio**

La norma di riferimento per i dispositivi di fissaggio, è la UNI 11018:2003 "Rivestimenti e sistemi di ancoraggio per facciate ventilate a montaggio meccanico".

Questi dispositivi, devono sopportare il rivestimento esterno e necessitano di un sistema di regolazione per registrarne la planarità della posa.

Il materiale utilizzato è metallico, generalmente alluminio o (con sempre maggiormente utilizzato) l'acciaio inox, ma sono presenti impieghi di zinco-titanio in ambiti dove la corrosione e l'azione dei raggi UV possano diminuire la durabilità del manufatto.

Tra gli svariati tipi di fissaggio, si possono individuare 2 macro famiglie:



- sistemi isostatici: puntiformi

- Zanche
- Staffe

- sistemi iperstatici: diffusi

- Lineari
- Telai profili e piattine
- Telai profili continui
- montanti
- Spinotti
- Clips
- Tasselli

Generalmente, oggi i sistemi puntiformi tendono a lasciare il mercato a quelli a montanti o a telaio in quanto i primi scaricavano l'azione delle forze sulle pareti esistenti portandosi il problema anche dei ponti termici, mentre i secondi scaricano i pesi sulle solette risolvendo problemi e migliorandone l'affidabilità.

#### **Rivestimento esterno**

Il paramento esterno, risponde a requisiti estetici e qualitativi, e può riguardare una grande varietà di materiali.

Le funzionalità principali sono da una parte atte a difendere l'intero pacchetto dagli agenti atmosferici, quali il vento e l'acqua proteggendo sostanzialmente lo strato isolante e conservandolo asciutto.

Inoltre protegge in parte la sottostruttura, dal flusso solare incidente riflettendone una quota.

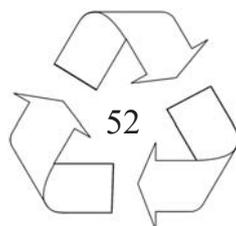
Questi paramenti devono rispettare taluni requisiti, tra i quali essere antigelivi, facilmente pulibili, avere una buona durabilità nel tempo, una buona tenuta all'acqua ed al fuoco. Altresì richiedono una buona resistenza meccanica alla pressione del vento ed una buona resistenza agli agenti atmosferici essendo i più esposti.

In ultimo, consente mediante accurata scelta del progettista di formare strombature e motivi architettonici in ragione del decoro e delle funzionalità intrinseche.

### **3.4.3 Prestazioni**

Fatta salva la varietà di soluzioni disponibili in fase di progettazione, che dà vita ad impieghi molto diffusi, non possono però essere pensate a parte alcune considerazioni fondamentali.

Infatti, le valenze tecniche interessate dalle pareti ventilate sono fondamentali per il rispetto delle richieste tecnologiche e nella contemporaneità nel rispetto delle normative cogenti.



### **Comportamento all'acqua**

Questo sistema di rivestimento manifesta una normale propensione alla schermatura all'acqua.

L'azione dell'acqua durante le piogge è ben neutralizzata dal sistema a facciate ventilate, in quanto sia come pioggia battente che come ruscellamenti di facciata il sistema comporta vantaggi sia in termini di accresciuta speranza di vita che di risposta all'isolamento termico. Infatti preservare e proteggere dall'azione delle acque, isolando la struttura esistente, consente al coibente (che non dovrà comunque essere idrofilo) di non aumentarne la conduttività e dunque evitare di cedere calore.

L'eventuale presenza di acqua nell'intercapedine viene comunque mitigata dall'intercapedine di ventilazione che partecipa in maniera attiva all'evaporazione della stessa.

Questa tecnologia si presta particolarmente in zone montane o comunque dove siano presenti forti venti in quanto è ritenuta una degna soluzione da adottare.

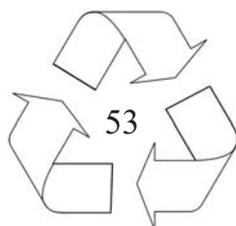


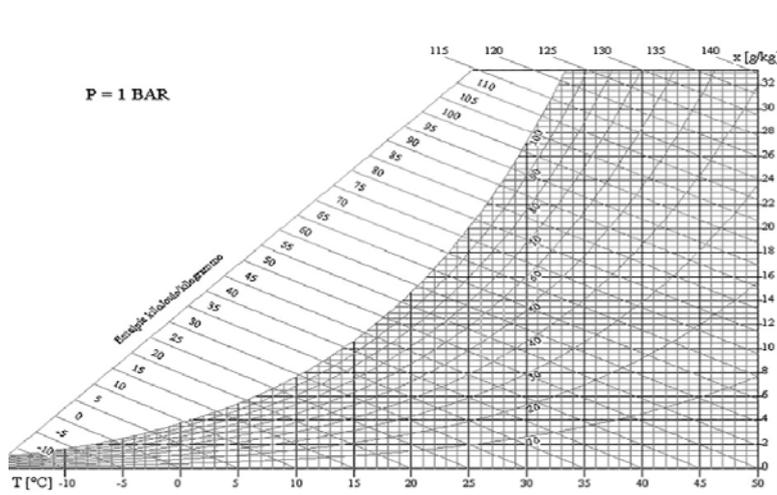
◀ Figura 3.8:  
*Comportamento dell'acqua*<sup>72</sup>

### **Comportamento igrometrico**

La formazione di condense superficiali, è frutto della temperatura e dell'U.R.

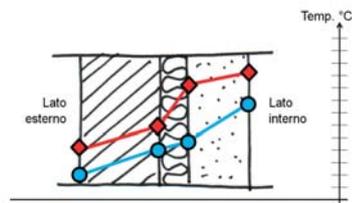
Per gli interni ad esempio, all'aumentare dell'U.R. il punto di rugiada aumenta avvicinandosi a quello della superficie interna dell'abitato. In genere però, il comportamento igrometrico di una parete ventilata aiutata dalla lama d'aria dell'intercapedine, contribuisce ad evitare il fenomeno sia superficialmente che per quanto riguarda la condensa interstiziale generata dalla differenza di pressione di vapore entrante ed uscente (UNI EN ISO 13788:2013).





◀ Figura 3.9:  
Diagramma di  
Mollier<sup>73</sup>

Il parametro di riferimento per capire l'andamento di fenomeni di passaggio del vapore è il Diagramma di Glaser, disciplinato dalla Uni EN ISO 13788 dove non è possibile non trattare di temperatura, pressione ma soprattutto di condensa interstiziale. La condensa, può essere superficiale se si verificano abbassamenti di temperatura improvvisi dove l'aria calda carica di umidità in contatto con quella più fredda rilascia sulle pareti l'acqua. Essa viene invece definita condensa interstiziale se l'incontro tra strati più caldi con altri più freddi avviene all'interno della parete.



◀ Figura 3.10:  
Esempio di diagramma di  
Glaser<sup>74</sup>

Dopo aver definito le condizioni termo igrometriche sia interne che esterne, emerge il vantaggio di questo grafico, cioè quello di fornire in maniera intuitiva ed immediata la rischiosità legata alla condensazione. Infatti si parla di rischio assente senza intersezione delle spezzate, viceversa nel momento in cui esista contatto.

### Comportamento al fuoco



◀ Figura 3.11:  
*Comportamento al fuoco*<sup>75</sup>

L'incendio è un'azione distruttrice non controllata nello spazio che produce calore, luce e fumi.

Esso si attiva alla presenza di tre fattori, un innesco, un combustibile ed un comburente (l'ossigeno).

Anche l'involucro deve garantire un certo comportamento in caso di incendio<sup>76</sup>.

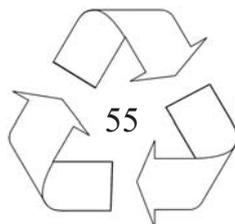
In questo caso la norma fornisce delle indicazioni sulla base della Circ.5043 del 2013 del Ministero degli interni.

### Comportamento al vento



◀ Figura 3.12:  
*Azione distruttiva del vento*<sup>77</sup>

L'azione del vento nelle facciate ventilate è di primaria importanza e sottende una progettazione adeguata.



Infatti la struttura sollecitata dall'azione più o meno ortogonale del vento subisce una sovrappressione che si considera massima in posizione centrale della facciata e che decresce verso le superfici marginali.

Per gli elementi che costituiscono il paramento della facciata ventilata, questi devono essere verificati nella resistenza a fatica soprattutto nei punti di fissaggio, sia a compressione che a trazione.

L'azione del vento invece sugli elementi di rivestimento, intesi come trave semplicemente appoggiata, impone una verifica normativa.

Come entità di calcolo si consideri una spinta di 120/150 kg/m<sup>2</sup> con punte di 300/400 kg/m<sup>2</sup> in corrispondenza delle zone che possano essere ritenute maggiormente sfavorevoli dalla pressione del vento.

Tra l'altro nella determinazione di dette entità si dovrà tenere conto dei vari coefficienti di esposizione, forma e snellezza nonché di collocazione del fabbricato preso in esame.

### **Isolamento termico**

La posa del materiale isolante, avviene sulla facciata esistente, sulla parete esterna.

Il vantaggio che ne scaturisce, consente di avere un buon comfort mantenendo i locali caldi nella stagione invernale e freschi in estate.

### **La trasmittanza termica**

La fisica ci insegna che la trasmissione del calore può avvenire soltanto tra corpi alla presenza di una differenza di calore, dunque dove ci sono scambi di calore e che questo passaggio avviene per sua natura sempre dal corpo più caldo verso quello più freddo, dove per freddo si intende la minore presenza di calore.

Come noto, la trasmissione di calore può avvenire mediante tre meccanismi principali:

Conduzione (trasferimento di calore per contatto diretto tra corpi con T° diverse);

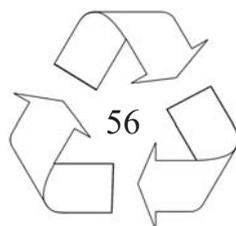
Convezione (trasferimento di calore attraverso l'aria)

Irraggiamento (trasporto di calore per contatto diretto tra corpi a T° diversa).

La trasmittanza (U) è dunque indispensabile per quantificare il fabbisogno energetico di un edificio ed è definibile come il flusso di calore che attraversa una determinata superficie sottoposta alla differenza di temperatura di 1°C nell'unità di tempo, ed è un rapporto inverso di una somma di resistenze:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{R_{si} + \frac{S_i}{\lambda_i} + \frac{S_n}{\lambda_n} + R_n + R_a + R_{se}}$$

◀ Figura 3.13:  
Formula della trasmittanza termica<sup>78</sup>



In sintesi  $U = 1/RT$  [W/m<sup>2</sup>K]

dove  $RT = R_{si} + S1/\lambda_1 + S2/\lambda_2 + S_n/\lambda_n + R_{se}$

con:

$R_{si}$  resistenza superficiale interna;

$S/\lambda$  resistenza termica dello strato n-nesimo;

$R_n = 1/C$  resistenze termiche utili di ciascuno strato (con  $C$ =conduttanza termica [W/m<sup>2</sup>K] che è il flusso di calore scambiato per conduzione all'interno del solido considerato);

$R_{se}$  resistenza superficiale esterna;

$R = d/\lambda$

con:  $d$  spessore dello strato di materiale nel componente;

$\lambda$  [W/mK] conduttività termica utile calcolata secondo UNI EN ISO 10456:2008 e la UNI 10351. Essa è l'attitudine di un materiale a trasmettere calore. Oppure ricavata da valori tabulati, è la quantità di calore trasferita nell'unità di tempo sull'unità di superficie. Questa grandezza della fisica tecnica ( $U$ ), si può definire come la capacità isolante di un determinato elemento preso in attenzione, valutando la trasmissione del calore con il metodo stazionario ed è la misura della potenza termica scambiata da un materiale ad un corpo per unità di superficie e di temperatura.

Per chiarezza, minore è il suo valore in termini numerici, minore sarà la quantità di energia dispersa dall'elemento, quindi a favore di risparmio energetico.

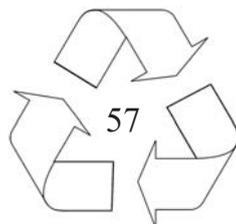


#### b) Isolamento termico

Tab. 5. Trasmittanze termiche massime ( $U$ ) dei singoli componenti (W/m<sup>2</sup> K)

	1° Livello	2° Livello
Trasmittanza termica delle strutture verticali opache	0,33	0,25
Trasmittanza termica delle strutture opache orizzontali o inclinate	0,30	0,23
Trasmittanza termica delle chiusure trasparenti (valore medio vetro/telaio) (§)	2,0	1,7
Trasmittanza termica delle chiusure trasparenti fronte strada dei locali ad uso non residenziale (valore medio vetro/telaio) (§)	2,8	2,0

▲ Figura 3.14:  
Valori limite della Trasmittanza termica in base alla DGR46-11968



### **Isolamento acustico**

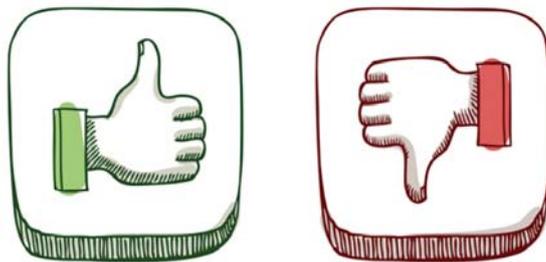
Le facciate ventilate, mediante il rivestimento esterno riflettono in buona parte i rumori esterni, al quale contribuiscono altresì elementi come la struttura, l'isolamento e l'intercapedine.

Infatti l'intera stratigrafia contribuisce all'assorbimento acustico mediante le caratteristiche di riflessione, assorbimento e trasmissione acustica e consentono di rispettare i dettami della normativa vigente in maniera acustica (D.P.C.M. 5/12/1997).

### **Manutenzione e durabilità**

La progettazione, e la scelta felice di materiali idonei, consente di approntare una manutenzione rapida in termini di costi e di tempi. Infatti la scelta di elementi modulari, reversibili e sostituibili, un isolante rigido tipo eps o xps (idrofobici) in ragione di materiali di origine minerale (idrofilo), possono allungare la vita del manufatto e dunque la loro scadenza nel periodo di servizio. Infatti, naturalmente le pareti ventilate mostrano una spiccata predisposizione alla manutenzione ed al lavaggio.

### **3.4.4 Vantaggi e svantaggi**



◀ Figura 3.15:  
*Vantaggi e Svantaggi*<sup>79</sup>

I vantaggi della facciata ventilata sono svariati, e si estendono sia nei casi di nuova costruzione che nei casi di ristrutturazione dell'esistente.

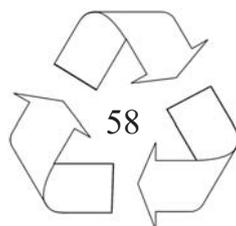
#### **Vantaggi del sistema:**

Sostanzialmente, in prima analisi la facciata ventilata consente di impiegare nell'intercapedine anche spessori considerevoli di materiale isolante.

Questa attribuzione, contribuisce a migliorare l'efficienza energetica di un edificio, abbattendone fortemente la spesa alla voce riscaldamento e non solo.

Con un corretto utilizzo di schermature solari, vede la luce un notevole risparmio anche sulle spese di condizionamento. Il risultato, è una diminuzione in termini di emissione di CO<sub>2</sub> in atmosfera, come conseguenza di una diminuzione di fabbisogno di energia primaria dell'edificio.

Nel periodo invernale, il sistema, contribuisce in maniera importante a ridurre le dispersioni di calore verso l'esterno. Nel periodo estivo invece, crea una barriera al



calore tale da sfruttare nuovamente l'effetto camino e portare altrove l'aria calda che altrimenti agirebbe sulle pareti dell'abitato.

Altro vantaggio notevole è la traspirabilità della parete, ma al contempo la protezione agli agenti atmosferici quali acqua e vento, in effetti, l'effetto camino elimina eventuali fenomeni di condensa presenti nell'intercapedine.

Inoltre, questi partecipa all'uniformazione degli spazi esterni senza alterare o restringere in alcun modo gli ambiti interni, normalmente interessati dall'attività antropica nelle diverse destinazioni.

#### **Svantaggi del sistema:**

Tra i punti di debolezza di questa tecnologia, scopriamo che ad oggi nel territorio nazionale non sono presenti ancora normative vigenti, né tantomeno indicazioni armonizzate che disciplinino le facciate a schermo avanzato.

Per cui la presenza sempre più diffusa di brevetti innovativi poco collaudati, possono andare ad incidere in maniera pesante sulla manutenzione e sulla durata stessa della struttura.

Per quanto riguarda i materiali isolanti, questi aventi derivazioni sintetiche e naturali, possono avere o meno interpretazione più o meno vantaggiosa, in quanto in natura se presenti possono avanzare basso o nullo impatto sull'ambiente (sughero, fibra di legno) oppure alto in quanto risultano di un processo chimico di trasformazione.

Il sistema di aggancio, se puntuale può generare ponti termici qualora la posa dell'isolante non avvenga a regola d'arte.

Alcuni rivestimenti lapidei, possono per disomogeneità del materiale stesso ed allo spessore utilizzato, risultare molto fragili.

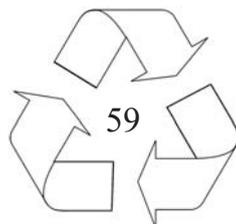
L'apposizione di un nuovo paramento esterno, può essere interpretata negativamente in quanto può contribuire ad alterare l'aspetto degli edifici così come conosciuti.

## **Capitolo 5. Le diverse tipologie**

### **3.5.1 Rivestimento in pietra**

Questo materiale ormai persa la funzione tradizionale di struttura portante, viene utilizzato da diverso tempo come rivestimento di facciate ventilate, dove fornisce comunque dei livelli prestazionali elevati; come ad esempio <sup>[VI]</sup><sup>[VII]</sup>:

- Qualità estetiche;
- Protezione contro agenti atmosferici;
- Manutenzione molto bassa;
- Contribuisce ad innalzare il confort interno in questi sistemi;
- Ottimo isolamento acustico di facciata;



- Lunga durabilità ed elevata resistenza agli agenti aggressivi esterni.

Tali caratteristiche si hanno solo però se si ha un attento livello di sicurezza nella scelta del materiale preso in considerazione in base alle peculiarità chimico-fisico-meccaniche, nella progettazione del fissaggio e di conseguenza del montaggio di quest'ultimo.

La scelta del tipo avverrà dopo aver valutato diversi fattori tra i quali:

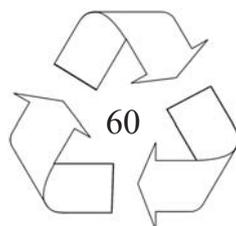
- I processi di lavorazione
- Prestazioni chimico-fisiche
- Prestazioni meccaniche
- Costo globale del materiale

Le rocce ornamentali chiamate così appunto per la loro funzione, si possono dividere principalmente in quattro generi secondo le norme UNI 8458:

- **Marmo**, roccia cristallina composta per la maggior parte da minerali con durezza di Mohs da 3 a 4, è compatta e lucidabile;
- **Granito**, roccia fanero-cristallina, costituita da elementi con una durezza di Mohs da 6 a 7 come quarzo, feldspati e feldspatoidi, sempre compatta e lucidabile;
- **Travertino**, roccia sedimentaria calcarea di tipo chimico, spesso lucidabile;
- **Pietra**, famiglia di rocce dalla composizione mineralogica varia, solitamente non lucidabile, divisibile di nuovo in rocce tenere e rocce dure.



◀ Figura 3.16:  
Facciata ventilata in  
travertino<sup>80</sup>



### 3.5.2 Rivestimento in cotto

L'impiego di questo materiale ha avuto in gran parte un cambio di funzione, usato precedentemente come struttura portante, oggi viene visto più come rivestimento, si passa da un sistema di montaggio a umido ad uno a secco.

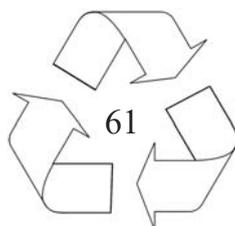
Questa diversa tecnologia costruttiva ha portato dei cambiamenti per quanto riguarda il fattore produzione, nelle fornaci infatti si è esteso oltre al laterizio tradizionale, anche quello da rivestimenti esterni con montaggio a secco, quello di shed in cotto per facciate complesse e altri elementi specifici per la realizzazione di quest'ultime. L'utilizzo di questo sistema è evidenziato anche da alcuni aspetti da cui deriva la sua affidabilità, tipo:

- Qualità riconosciuta del cotto;
- Dell'esperienza ormai affermata dei sistemi di fissaggio e di ancoraggio, utilizzata per strutture a secco anche su altri materiali;
- Ottenimento del benessere degli enti di certificazione, grazie all'applicazione recente su alcune architetture.

Un altro punto interessante proviene dall'uso di questa tecnologia per interventi di recupero, il materiale essendo tradizionale rispetta anche il contesto ambientale, e soprattutto è compatibile con molti generi di supporto esistente.



◀ Figura 3.17:  
*Facciata ventilata in  
cotto*<sup>81</sup>



### 3.5.3 Rivestimento in ceramica

Il nome “ceramica” diciamo che include tutti quei prodotti ricavati dalla cottura delle argille, relazionata alla purezza, alla percentuale di additivi e al grado di cottura.

Fino a non molto tempo fa le ceramiche applicate a sistemi di montaggio a secco erano solo per formati di una certa grandezza, mentre oggi, grazie a questi grandi formati concessi, ha permesso che questo prodotto diventasse concorrenziale per qualità, prestazioni e costo.

I ceramici si possono dividere anche in:

- Materiali a pasta porosa, che possono essere verniciati o smaltati;
- Materiali a pasta compatta, come gres e porcellane.

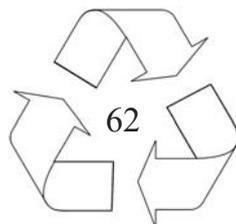
Per quanto riguarda le principali caratteristiche di questi materiali, ottima resistenza meccanica a compressione, invece scarsa quella a trazione; alto grado di fragilità, aumentabile con l’innalzamento delle temperature di cottura.

La gelività invece ha un rapporto inverso con il grado di cottura del materiale e all’impermeabilità e compattezza.

La durezza è buona nei materiali a pasta compatta, mentre nei porosi dipende dalla gelività e dalla resistenza all’usura; la resistenza al fuoco in generale è molto superiore a quella delle pietre.



◀ Figura 3.18:  
Facciata ventilata in  
ceramica<sup>82</sup>



### 3.5.4 Rivestimento in calcestruzzo e in fibrocemento

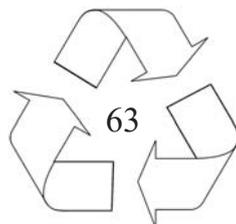
Queste due tipologie di rivestimento hanno avuto sviluppo a seguito di un'esigenza che richiedeva prodotti con elevate prestazioni statiche, termiche e igrometriche, ma con basso carico sulle strutture e con rifiniture esterne di elevato pregio, in confronto alla tradizionale disposizione dei pannelli in conglomerato cementizio.

Il fibrocemento è compatibile con l'ambiente ed ha un buon rapporto costo/prestazione; i pannelli ventilati progettati con questi due prodotti presentano caratteristiche simili a quelli degli altri materiali, come prima cosa questo sistema prevede una funzione di protezione dell'elemento murario, ed essendo distaccata di qualche centimetro da quest'ultimo lo protegge anche da ponti termici e contribuisce all'eliminazione della condensa.

Il pacchetto preso in considerazione ha aspetti versatili e molteplici soluzioni estetiche e formali, motivo principale per cui viene impiegato anche in interventi di recupero e non solo di nuova costruzione.



◀ Figura 3.19:  
*Facciata ventilata  
in ceramica*<sup>83</sup>



### 3.5.5 Rivestimento in lega metallica

Lo sviluppo tecnologico avuto negli ultimi anni ha permesso la realizzazione di architetture non più vincolate da dei limiti costruttivi, ma bensì grazie ad una vasta gamma di tecniche di assemblaggio, svariate soluzioni e prodotti messi nel mercato, hanno dato la possibilità al progettista di scatenare le proprie fantasie architettoniche. Ovviamente l'altro lato della medaglia è che la situazione sfugga di mano dal punto di vista formale, progettando architetture fin troppo complesse.

E' un filo molto sottile che però ha sempre contrassegnato la storia dell'architettura, lo sviluppo della produzione da una parte spinge verso nuove ricerche formali, dall'altro la creatività dell'architetto ha collaborato all'evoluzione della ricerca edilizia.



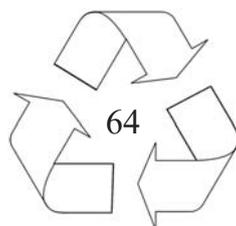
◀ Figura 3.3:  
*Facciata ventilata  
in lega metallica, ditta  
Duesse (BG)*<sup>84</sup>

Ad oggi possiamo sostenere che quasi tutte le soluzioni sono tecnicamente possibili, addirittura a volte si spazia a soluzioni non proprie del campo dell'edilizia.

Nel settore dei rivestimenti metallici l'edificio che forse si ritiene più rappresentativo è quello di Harrison e Abramowitz del 1952, l'Alcoa Building, oggi conosciuto come il "Regional Enterprise Tower"; realizzato per l'Aluminium Company of America, è totalmente rivestito da pannelli di alluminio prefabbricati che danno quell'effetto di mutevolezza dell'immagine per effetto del chiaroscuro.

Mentre per quanto riguarda l'aspetto di utilizzare soluzioni architettoniche estremamente audaci, un esempio su tutti è quello del Guggenheim di Bilbao di Frank O. Gehry, dove appunto il tema fondamentale è l'impiego di materiali non ancora totalmente sperimentati nelle costruzioni edilizie; l'effetto ottenuto dall'uso del titanio non sarebbe stato lo stesso con l'impiego di altri materiali.

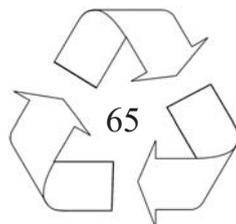
L'impiego di leghe metalliche anche nel caso di ristrutturazioni, attraverso rivesti-



menti metallici ventilati da la possibilità di rinnovare l'edificio mantenendo la propria geometria, però dando un senso di leggerezza.



◀ Figura 3.21:  
*Il Guggenheim di Bilbao*<sup>85</sup>



### 3.5.6 Rivestimento in pannelli compositi

Questi pannelli chiamati anche comunemente pannelli sandwich proprio per la loro composizione, hanno uno strato centrale chiamato “core” in scatolare di tipo alveolare, dove sono fissate le due pelli, inferiore e superiore chiamate “skin”, che rendono rigidità e forma al pacchetto.

Sfruttando l’alta resistenza a trazione delle due pelli, e controllando la deformata ad instabilità flessionale, attraverso il collegamento all’elemento “core” che ha sua volta gode di una buona resistenza a compressione ortogonale al proprio piano medio, si crea un pacchetto con caratteristiche bidimensionali elevate e di resistenza a flessione.

I pannelli possono avere capacità anche fonoassorbenti, termoisolanti e ininfiammabili, attraverso l’inserimento di prodotti all’interno del pacchetto.

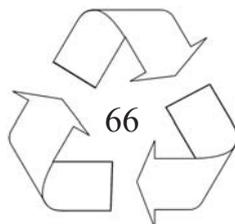
La risultante così migliora dei difetti derivanti dalle proprietà intrinseche dei materiali usati per il rivestimento.

Nell’ipotesi in cui la pelle fosse in alluminio, quest’ultimo verrebbe trattato in superficie per favorire l’incollaggio, spianata la lamiera con un processo detto “millfinish” o verniciatura con polivinilidenfluoruro detto PVDV.

Mentre se fosse un materiale lapideo o ceramico, la composizione ovviamente cambierebbe, avendo un nucleo a nido d’ape in alluminio, ricoperto da due stuoie in fibra di vetro impregnate di resina strutturale, in un lato è presente la lastra lapidea o ceramica, ancorata sia con materiale adesivo che anche con un sistema meccanico.



◀ Figura 3.22:  
*Facciata ventilata a  
pannelli compositi*<sup>86</sup>



## Capitolo 6. Le normative

### 3.6.1 Accenni



◀ Figura 3.23:  
*Logo UNI<sup>87</sup>*

Innanzitutto pare però utile capire la gerarchia delle norme:

UNI: è l'acronimo che contraddistingue tutte le norme nazionali italiane e nel caso sia l'unica sigla presente significa che la norma è stata elaborata direttamente dalle Commissioni UNI o dagli Enti Federati;

EN: invece vengono identificate le norme elaborate dal CEN (Comité Européen de Normalisation). Le norme EN devono essere obbligatoriamente recepite dai Paesi membri CEN e la loro sigla di riferimento diventa, nel caso dell'Italia, UNI EN. Queste norme servono ad uniformare la normativa tecnica in tutta Europa, quindi non è consentita l'esistenza a livello nazionale di norme che non siano in armonia con il loro contenuto;

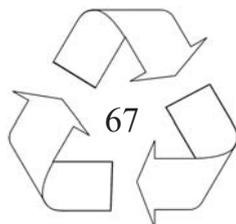
ISO: individua le norme elaborate dall'ISO (International Organization for Standardization). Queste norme sono un riferimento applicabile in tutto il mondo. Ogni Paese può decidere se rafforzarne ulteriormente il ruolo adottandole come proprie norme nazionali, nel qual caso in Italia la sigla diventa UNI ISO (o UNI EN ISO se la norma è stata adottata anche a livello europeo).

A livelli normativo, non pare ad oggi presente un' apparato legislativo in grado di disciplinare a livello italiano, le facciate ventilate.

Questo buco normativo non pare essere accompagnato a livello europeo, dove invece le diverse nazioni hanno legiferato in materia sostanzialmente a tutela dei propri produttori.

I prodotti per le costruzioni, sono generalmente regolamentati da norme cogenti, in quanto tutti gli elementi che accedono al cantiere devono in Italia, essere marchiati CE.

A livello nazionale, non sono presenti leggi specifiche sulle facciate ventilate, e anzi queste a livello europeo invece si vedono proliferare a protezione dei singoli produt-



tori nazionali.

Sovente, è il produttore ad interessarsi ed a produrre tutte le certificazioni necessarie al conseguimento della propria causa, dunque risultano documenti normativi del tutto autonomi e volontari.

Come detto, la marchiatura CE scende in campo a difesa dei produttori dei singoli elementi.

Qui in seguito, verranno elencate comunque una serie di normative italiane ed europee, che in tempi e modi differenti articolano e tentano di disciplinare la materia.

### **UNI 7959/1988**

Fornisce un' analisi dei requisiti delle pareti perimetrali verticali in relazione alle condizioni di utilizzo e costituisce un riferimento per la progettazione, la produzione, la costruzione e l'impiego di elementi di parete perimetrale verticale. L'elenco dei requisiti può essere utilizzato come lista promemoria nella redazione di documenti di capitolato come guida per l' offerta di forniture o per definire criteri di controllo ed accettazione preliminare; pertanto l'estensore di detti documenti deve indicare le prestazioni da considerare ed eventualmente il loro ordine gerarchico. Ha carattere generale per l' insieme dei componenti costituenti il sistema di parete verticale, ciò non esclude che possa venire parzialmente od integralmente impiegato per singole parti costituenti i diversi strati o elementi funzionali. Concorda con la norma ISO 7361-87<sup>88</sup>.

Per quanto riguarda i rivestimenti abbiamo quanto segue, ed in specie:

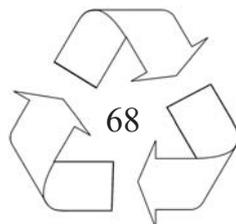
per il legno, UNI EN 335:2013, "Durabilità del legno e dei prodotti a base di legno - Classi di utilizzo: definizioni, applicazione al legno massiccio e prodotti a base di legno";

UNI EN 1099:2008, "Pannelli di legno compensato - Durabilità biologica - Guida per la valutazione dei pannelli di legno compensato per l'impiego nelle diverse classi di utilizzo";

UNI EN 351-1:2008, "Durabilità del legno e dei prodotti a base di legno - Legno massiccio trattato con i preservanti - Parte 1: Classificazione di penetrazione e ritenzione del preservante";

UNI EN 351-2:2008, "Durabilità del legno e dei prodotti a base di legno - Legno massiccio trattato con i preservanti - Parte 2: Guida al campionamento per l'analisi del legno trattato con preservanti";

UNI EN 350:2016, "Durabilità del legno e dei prodotti a base di legno - Prove e classificazione della durabilità agli agenti biologici del legno e dei materiali a base di legno";



per le ceramiche UNI EN 10545-1:2014, ““Piastrelle di ceramica - Parte 1: Campionamento e criteri di accettazione”;

per i rivestimenti plastici UNI EN 513:2001, “Profilati di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U) per la fabbricazione di finestre e porte - Determinazione della resistenza all’invecchiamento artificiale “;

UNI EN 1296:2002, “Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Membrane bituminose, di materiale plastico e gomma per impermeabilizzazione di coperture - Metodo di invecchiamento artificiale tramite esposizione a lungo termine ad elevate temperature”;

UNI EN ISO 877:2011,PARTE 1,2 e 3 “Materie plastiche - Metodi di esposizione alla radiazione solare”.

Per i metalli invece:

UNI EN ISO 3506-1:2010 “Caratteristiche meccaniche degli elementi di acciaio inossidabile resistente alla corrosione” -parte 1;

UNI EN ISO 3506-1:2010 “Caratteristiche meccaniche degli elementi di acciaio inossidabile resistente alla corrosione” -parte 3;

UNI EN ISO 3506-1:2010 “Caratteristiche meccaniche degli elementi di acciaio inossidabile resistente alla corrosione” -parte 4;

UNI EN ISO 755-2:2008 “Alluminio e leghe di alluminio” -parte 2;

UNI EN ISO 755-2:2008 “Alluminio e leghe di alluminio” -parte 9;

UNI EN ISO 10088-2:2005 “Alluminio inossidabili” -parte 2;

UNI EN 1999-1-1:2009 “Eurocodice 9- Progettazione delle strutture in alluminio” -parte 1 .

Ancora altre norme:

ETAG 002 (per i siliconi);

NCT 2008 “Norme tecniche per le costruzioni”;

UNI 11156:2006, “Valutazione della durabilità dei componenti edilizi”;

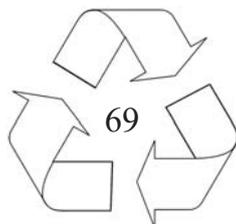
UNI 11018:2003, ” Rivestimenti e sistemi di ancoraggio per facciate ventilate a montaggio meccanico - Istruzioni per la progettazione, l’esecuzione e la manutenzione - Rivestimenti lapidei e ceramici”;

La normativa di riferimento, dunque fa riferimento alla UNI 11018/2003.

Questa norma vuole essere di aiuto per progettisti , installatori e manutentori dell’opera.

In Europa invece, le nazioni paiono dimostrare maggiore dinamismo legislativo e si muovono su diversi fronti. In particolare:

- In Germania la normativa DIN 18515 E 18516/1990, nella parte 3 predispone una serie di indicazioni mirate alla progettazione ed all’installazione delle pa-



reti ventilate, in particolare disciplina il fissaggio con l'acciaio inox AISI 304, l'acciaio zincato, l'ottone e l'alluminio, inoltre vengono predisposti abbondantemente i fissaggi a ragione di sicurezza;

- In Inghilterra invece, è la BS 8298/1994 in merito alla progettazione ed alla installazione dei rivestimenti esterni di facciata. Essa mette a disposizione diverse linee guida ed esempi pratici di applicazioni, senza tralasciare i sistemi di ancoraggio;
- In Spagna, la legge è la PNE41 '967, e benché non molto esaustiva fornisce alcuni elementi utili alla progettazione.

Ciò posto, si evidenzia come siano ancora lontane le formazioni continentali, in quanto ogni singolo paese può legiferare a proprio piacimento.

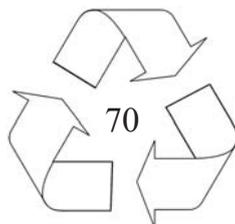
### **3.6.2 Normativa antincendio**

Altra branca normativa, è la partizione della normativa dedicata alla prevenzione al fuoco.

Norme che possono interessare le pareti ventilate:

Circ. Min.Interno 5043 del 15/4/2013 in materia di determinazione dei requisiti di sicurezza antincendio delle facciate negli edifici pubblici.

La risposta al fuoco, sebbene non direttamente interessata alla progettazione delle facciate in quanto non prevista espressamente per legge, comunque è elemento di valutazione in sede di progettazione in quanto non deve accrescere il carico d'incendio esistente.



## PARTE QUARTA

### La sostenibilità'

#### Capitolo 1. Un po' di storia

##### 4.1.1 L'evoluzione del pensiero

La capacità del nostro pianeta di assorbire in maniera reversibile le azioni dell'uomo, sono sempre più deboli.

L'agenda politica internazionale sempre più frequentemente ha posto all'ordine del giorno, attenzioni sulla sostenibilità ambientale, anche se questa argomentazione non è ancora stata compresa da tutti è pur evidente che le conseguenze sono invece evidenti e parlino di un sistema prossimo al collasso.

Dunque, lo sviluppo e l'ambiente paiono essere sempre più in antitesi in una visione proiettata nel futuro prossimo, in quanto una inversione di tendenza pare indispensabile. La logica del consumo ormai si è rivelata insostenibile se intesa come continuo incremento di sfruttamento delle risorse che il nostro pianeta può offrirci.

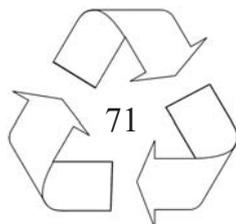
In questa ottica dunque lo sfruttamento delle risorse viaggia di pari passo con i consumi energetici, la gestione dei rifiuti e dunque l'inquinamento .

Dunque il tema della sostenibilità e dell'ecologia sono entrati a pieno titolo nelle argomentazioni contemporanee, come unica soluzione nella soluzione dei problemi legati al consumo di risorse in genere <sup>[IV][X][XVI]</sup>.

Già negli anni '60<sup>89</sup> i primi movimenti ecologisti (vedasi il manifesto ambientalista di Rachel Carson con "Silent spring" dove si parla degli effetti del DDT) e poi negli anni '70 (con "I limiti dello sviluppo" del 1972 dove si evidenziano il consumo di risorse ed il boom demografico) , a seguito della crisi petrolifera, si mise in moto tutto un movimento atto a sensibilizzare le coscienze sul consumo energetico delle fonti non rinnovabili, quali il petrolio e sugli scenari che da lì a pochi anni si sarebbero delineati .

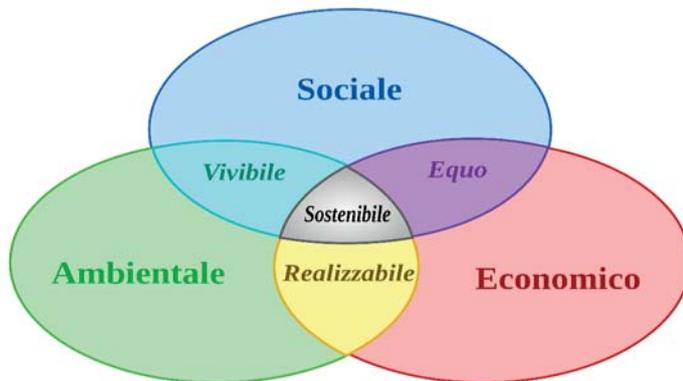
Successivamente, nel 1987 , la Commissione mondiale sull'ambiente e lo sviluppo rilascia un documento denominato rapporto Brundtland nel quale si introduce per la prima volta il concetto di "sviluppo sostenibile", con una semplice definizione ma altrettanto eloquente: " lo sviluppo sostenibile è uno sviluppo che soddisfi i bisogni del presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri " .

In questo concetto, si riassumono come "regola delle tre E" le tematiche sulla soste-



nibilità, queste sono l'economia, l'equità sociale e l'ecologia.

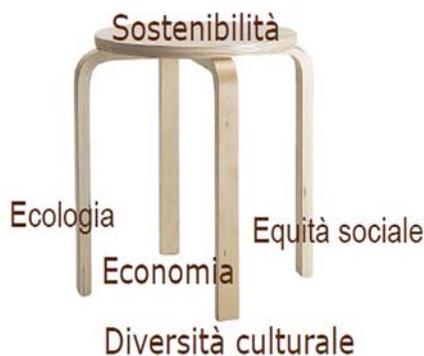
La "sostenibilità", si può sostanzialmente definire come un bilancio, tra due realtà.



◀ Figura 4.1:  
*I tre pilastri della  
sostenibilità<sup>90</sup>*

Negli anni a seguire, il concetto di sostenibilità è continuato ad evolvere mediante documenti e dichiarazioni, sino al 2001 dove L'Unesco ha aggiunto alle "tre E" un quarto pilastro dello sviluppo sostenibile: la diversità culturale.

Necessaria come la biodiversità in natura per avere una crescita economica e portare l'essere umano ad essere felice.

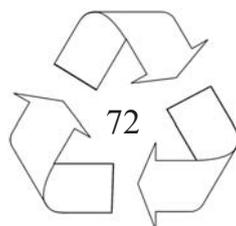


◀ Figura 4.2:  
*I quattro pilastri della  
sostenibilità<sup>91</sup>*

Altri studiosi, non ultimo Serge Latouche, con la "decrescita felice" ha aperto nel 2007 un dibattito molto attuale sul continuo voler aumentare il PIL per arrivare a utopiche credenze. Il pianeta è un sistema finito e pertanto matematicamente non può continuare a crescere all'infinito.

Dunque produrre e consumare di meno, è la medicina che potrebbe contribuire ad un mondo migliore dal punto di vista della sostenibilità.

Negli anni dunque, numerose conferenze mondiali hanno riferito in materia vediamone un breve elenco qui oltre:



si inizia con “*Il Club di Roma*” nel 1968, nata come associazione non governativa composta da studiosi, intellettuali, premi Nobel ed economisti, fondata da Aurelio Peccei si è posta subito delle domande per cercare di risolvere le problematiche globali in materia di disponibilità e sfruttamento delle risorse ambientali.

*Stoccolma nel 1972*<sup>92</sup> fu la prima conferenza ONU sull’ambiente, dove l’omonima dichiarazione sancisce i principi di sviluppo e di protezione ambientale, nonché l’istituzione di un vero e proprio programma ambientale.

Successivamente il già citato Rapporto *Brundtland del 1987* con la prima definizione di sviluppo sostenibile, sopra citata.

Nel 1987, il *Protocollo di Montreal*<sup>93</sup> dove vengono banditi i CFC colpevoli della formazione del buco nell’ozono ed approvati i primi trattati .

Successivamente , la *conferenza mondiale di Rio de Janeiro del 1992*<sup>94</sup>, dove la necessità improrogabile di dare delle risposte sull’argomento, approvando dichiarazioni congiunte da 183 paesi rappresentati. Principalmente videro la luce l’Agenda 21, che si pone come programma d’azione per il 21° secolo in materia di sviluppo sostenibile ed altre numerose dichiarazioni e convenzioni sull’ ambiente.

In questa sede vengono affinate le dichiarazioni di Stoccolma del 1972 fissando dei principi seppur non vincolanti tra gli Stati.

La prima conferenza europea sulle Città sostenibili è invece avvenuta nel *1994 ad Aalborg*. Una Carta omonima, sancisce e formalizza piani di lungo corso di partecipazione e di impegno di attuazione dell’Agenda 21. L’importanza di tale carta, impose già allora incentivi per l’utilizzo della metodologia LCA (Lyfe Cycle Assessment) introducendolo come parametro di valutazione. La prospettiva temporale sino a giorni d’oggi ci consente di apprezzare gli sforzi dell’Agenda 21 e la lungimiranza nell’utilizzo di metodologie ancora attuali<sup>95</sup>.

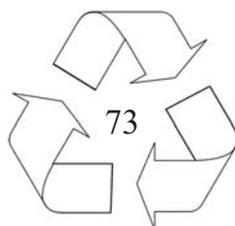
*Il Protocollo di Kyoto*, invece vede la luce soltanto nel 1997.

## Protocollo di Kyoto

- Il **Protocollo di Kyoto** è un trattato internazionale in materia ambientale riguardante il riscaldamento globale. Fu firmato nel 1997 e diventato operativo nel 2005. Il trattato prevede l’obbligo ai paesi industrializzati di ridurre gli elementi inquinanti (come l’anidride carbonica, CO<sub>2</sub>, e altri 5 gas serra tra cui CH<sub>4</sub>, metano) in misura non inferiore al 5% rispetto alle emissioni registrate nel 1990 (considerato come anno di riferimento) nel periodo 2008/2012. Al lato, logo del Protocollo di Kyoto.



◀ Figura 4.3:  
*Protocollo di Kyoto*<sup>96</sup>



Questo trattato internazionale è di fondamentale importanza tutt'oggi in quanto sancisce obblighi da parte dei paesi industrializzati nel ridurre in maniera importante le emissioni di gas inquinanti responsabili dell'effetto serra e dunque del surriscaldamento del pianeta.

Successivamente ratificato dalla Russia nel 2005 e dagli USA nel 2013 conta oggi 192 paesi aderenti.

Infatti all'*Aja*, durante la *COP6 nel 2000*, gli Stati Uniti sono ufficialmente usciti dal protocollo di Kyoto.

A *Bonn*, nel 2001 sono stati definiti degli incentivi per chi sostenesse in maniera fattiva l'abbattimento dell'uso del carbonio.

Nel 2002 a *Johannesburg* in Sud Africa, nuovo Vertice mondiale per sviluppare quanto iniziato a Rio nel '92, rinnovare la volontà di collaborazione tra i Paesi su uno sviluppo sostenibile. Viene discusso il diritto di accesso all'acqua per tutti i popoli aprendo però alle aziende private.

Successivamente, è la volta di *Goteborg*, con il Consiglio Europeo, dove vengono elencate 7 sfide da superare a livello comunitario senza dimenticare quanto ratificato nei precedenti incontri.

Alla base dell'incontro, il risparmio energetico e lo sviluppo di fonti alternative rinnovabili.

Seguirono, con scarsi risultati anche *Montreal nel 2005*, *Nairobi 2006*, *Bali 2007* e *Poznan nel 2008*<sup>97</sup> sino ad approdare al COP 15.

La 15° Conferenza delle Nazioni Unite, nel 2009 a *Copenhagen* vede il ritorno sulla scena degli Stati Uniti, sino ad allora scettici alle problematiche ambientali.

Viene posto un limite di 2°C al surriscaldamento del pianeta in base ai livelli pre-industriali; si deliberano stanziamenti ai Paesi più poveri;

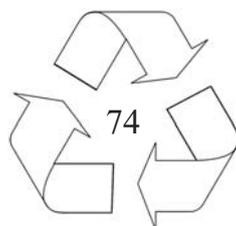
viene demandato al 2010 a *Città del Messico*, un nuovo trattato post-Kyoto.

Infatti è proprio a *Cancun (COP16)* che i grandi della terra fissano dei limiti alle emissioni dei gas serra, ma lasciando fuori Usa Cina e India, in quanto non firmatari del protocollo di Kyoto.

L'anno successivo, a *Durban il COP 17* vede una proroga al protocollo di Kyoto sino al 2017 ma senza l'adesione degli Stati Uniti.

Il COP18 si svolse a *Doha nel 2012*, si cercò di addivenire a vincoli sempre più stringenti tra i Paesi.

A *Parigi*, nel 2015 la COP21 dopo due settimane di negoziati, si può definire come un punto fermo ed un vero e primo accordo mondiale sul clima. Esso pone limiti molto ambiziosi sul riscaldamento globale, e cioè di contenerne l'aumento sotto i 2°C.



In Marocco, nel 2016 il COP22 sancisce che entro il 2018 venga formulato un regolamento attuativo sugli accordi di Parigi.

L'ultima conferenza, nel 2017, la COP23 si è svolta in Germania, a Bonn ma con presidenza delle isole Fiji, quali testimoni viventi di come gli sconvolgimenti ambientali stiano mettendo a dura prova l'esistenza di interi popoli, essendo questi a rischio scomparsa dato l'innalzamento del livello dei mari.

L'infittirsi negli anni di tali appuntamenti rende chiara l'intenzione sempre più determinata, almeno sulla carta, di porre realmente mano ai disastri che l'uomo ha saputo portare in natura.

## Capitolo 2. I marchi ambientali

### 4.2.1 I protocolli internazionali

L'efficienza energetica degli edifici, nuovi o esistenti (e dunque maggiormente energivori) è argomentazione complessa e viene riconosciuta a livello internazionale come un parametro espresso in KWh/m<sup>2</sup>anno e riguarda principalmente il riscaldamento invernale dato che generalmente l'Europa ha un clima continentale e dunque principalmente freddo. Negli ultimi anni, anche il raffrescamento estivo è entrato in gioco nella computazione dell'efficienza di un edificio in termini energetici.

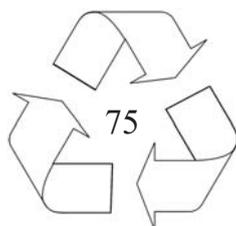
Tutti questi step hanno condotto la comunità a considerare sempre con maggiore adesione i concetti di ZEB (Zero Energy Building) o quantomeno di NZEB considerando dunque i consumi energetici sempre con un occhio al modello d'abitazione tedesco delle "Passive Haus" dove l'edilizia sostenibile passa attraverso l'osservanza di alcuni parametri, quali: l'isolamento termico, gli apporti interni, l'involucro trasparente con finestre termiche, la forma dell'edificio nonché l'esposizione e ventilazione<sup>98</sup>.

Infatti con le case passive si può immaginare un risparmio sino al 90% dell'energia necessaria al funzionamento della stessa.

Altre nazioni, hanno promosso standard energetici come la Svizzera, con il "minimal Energy" denominato MINERGIE.



◀ Figura 4.4:  
Logo Minergie<sup>99</sup>



Al centro del dibattito viene discusso il comfort abitativo, ed anche in questo caso si punta ad un basso consumo energetico ed a un elevato utilizzo di fonti rinnovabili<sup>100</sup>. La certificazione ecosostenibile MINERGIE che riguarda edifici a basso consumo, ha a sua volta tre standard di qualità o sottocategorie denominate MINERGIE ECO simile alle “Passive Haus” ed ECO P per gli edifici ecologici.

Questo standard è comunque facoltativo, anche se in continua crescita in quanto prevede in alcuni cantoni uno scomputo in termini economici da parte della pubblica amministrazione se adottati, sia per gli edifici di nuova realizzazione che per quelli riqualificati energeticamente.

In America, esiste il LEED che qualifica il livello di qualità ambientale in fase progettuale di un edificio.



◀ Figura 4.5:  
Logo Leed<sup>101</sup>

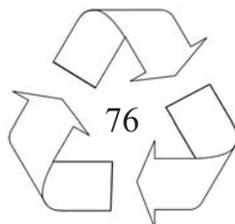
Dunque gli standard da utilizzare in America per ottenere un’architettura sostenibile ed adeguata agli standard, sono riferite a 7 aree di intervento:

- Sostenibilità del Sito di progetto, che affronta le problematiche ambientali legate al sito di progetto;
- Gestione efficiente delle acque, monitorando i flussi delle acque dall’uso allo smaltimento;
- Energia ed atmosfera, dove vengono messe in evidenza le energie rinnovabili utilizzare contestualmente al risparmio energetico dell’edificio;
- Materiali e risorse, con particolare attenzione al riuso ed al riciclo di materiali esistenti nonché all’incidenza del trasporto;
- Qualità degli ambienti interni, in relazione al comfort. Alla sicurezza ed alla salubrità del sito;
- Innovazione nella Progettazione, valutando gli aspetti progettuali di particolare innovazione in merito alla sostenibilità;
- Priorità Regionali<sup>102</sup>, in base alle peculiarità ambientali del sito.

In Gran Bretagna invece esiste il BREEAM come metodo più diffuso per la valutazione ambientale degli edifici.



◀ Figura 4.4:  
Logo Breeam<sup>103</sup>



Anch'esso è un criterio del tutto spontaneo e dunque volontario, fornendo dei punteggi mirati alla sostenibilità ambientale del progetto.

Nella vicina Francia, lo strumento di valutazione prende il nome di HQE.



◀ Figura 4.7:  
Logo HQE<sup>104</sup>

Appare come sistema di certificazione ambientale, particolarmente flessibile con l'intenzione di proporsi al mercato mondiale, e dunque necessariamente è maggiormente duttile alle varie esigenze dei singoli Paesi.

Nel continente asiatico, il Giappone è stato il primo Paese a promuovere un sistema di controllo e di certificazione che premia gli edifici energeticamente più performanti.

Questo è il CASBEE, nato nel 2002 esso è suddiviso in quattro step che coprono l'intero "ciclo vita dell'edificio".



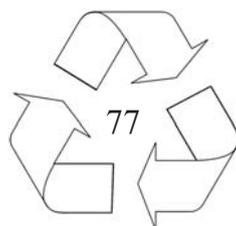
◀ Figura 4.8:  
Logo Casbee<sup>105</sup>

#### 4.2.2 I protocolli italiani

In Italia, è CasaClima a porsi come uno degli enti formativi soprattutto attivo nella provincia di Bolzano, ma sempre più largamente conosciuto. Essa rilascia una vera e propria certificazione riconosciuta in ambito nazionale sulla scorta di un rigido protocollo di controllo, basti pensare al Blower door test che misura l'ermeticità di un edificio mediante una pressione imposta e valuta gli eventuali carichi in volume di aria perduti dovuti a infiltrazioni <sup>[XI] [XII]</sup>.



◀ Figura 4.9:  
Logo CasaClima<sup>106</sup>



Altro protocollo nazionale, molto conosciuto è il protocollo Itaca che è uno strumento di valutazione della sostenibilità energetica ed ambientale di un edificio, che congiuntamente con il sistema SB100 rappresentano un approccio del tutto semplice ed abbastanza intuitivo.

Nato nel 1996 dalla ricerca a livello italiano di liberi professionisti, sulle indicazioni e sulle medesime aree tematiche del SBMethod, riconducibile a un processo internazionale coordinato da iiSBE denominato Green Building Challenge .Esso ha come principio fondante l'individuazione di un punteggio di prestazione, del livello di sostenibilità di una costruzione , valutata mettendo a confronto l'intervento con la prassi costruttiva tipica del luogo preso in esame, definita come *benchmark*. Il sistema partito da un concetto generale, successivamente si è focalizzato sulle realtà a scala più piccola, quali quelle regionali e fa riferimento ad un quadro Legislativo e Normativo ben preciso:

- Protocollo internazionale;
- Direttive Europee;
- Decreti applicativi di recepimento delle direttive a livello Nazionale;
- Leggi e decreti Regionali;
- Norme tecniche ISO, UNI.

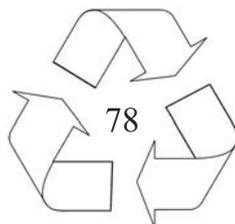
Il protocollo è strutturato sulla valutazione di semplici schede, 28 nel caso di il Protocollo semplificato e 70 invece per il Protocollo completo. Individuato successivamente dal Ministero dello Sviluppo Economico come riferimento da adottare nelle Linee Guida Nazionali in merito alla certificazione ambientale<sup>107</sup>.



◀ Figura 4.10:  
Logo Itaca<sup>108</sup>

A livello regionale, il Piemonte ad esempio ha un proprio strumento di pianificazione e valutazione in linea con il protocollo nazionale.

Esso pur essendo uno strumento di supporto per i progettisti, assume anche un aspetto di controllo da parte dell'amministrazione pubblica fornendo dei punteggi ricavati da diverse caratteristiche che se giustamente apportate in fase di progetto, possono condurre ad agevolazioni di tipo economico.



## Capitolo 3. La marchiatura CE

I prodotti ed i materiali da costruzione, a livello europeo sono contrassegnati dalla marchiatura CE ai sensi della Direttiva 89/106/CEE e dalle successive come la Direttiva 93/68/CEE e dal Regolamento Europeo 305/2011. A livello nazionale, l'Italia segue le NTC (Norme Tecniche per le Costruzioni) del D.M. 14/01/2008.



◀ Figura 4.11:  
*Marchiatura CE<sup>109</sup>*

Questa marchiatura definisce la libera circolazione delle merci sul territorio europeo. La marchiatura, decreta l'assunzione di responsabilità del produttore in base a 7 punti:

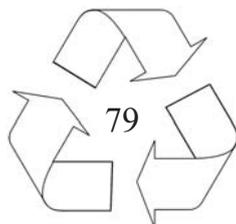
- resistenza meccanica e stabilità
- sicurezza in caso d'incendio
- igiene, salute e ambiente
- sicurezza d'impiego
- protezione contro il rumore
- risparmio energetico
- uso sostenibile delle risorse naturali

La materia è comunque dinamica ed ha sviluppato nel 2017 il Decreto legislativo 16 giugno 2017, n. 106 che ha adeguato la normativa nazionale al Regolamento UE 305/11 abrogandone il Decreto 246/1993<sup>110</sup>.

## Capitolo 4. Il ciclo di vita

La prima fase, detta anche di pre-produzione<sup>111</sup>, considera l'estrazione delle materie primarie compreso il trasporto al sito <sup>[IX] [XIII] [XIV] [XV]</sup>.

La seconda fase detta di produzione (o distribuzione), comprende tutte le fasi di trasformazione nonché del montaggio dei componenti comprensivo dell'imballaggio necessario alla conservazione dello stesso sino all'area di cantiere.



Segue la fase vera e propria della costruzione, comprensiva delle opere di scavo e degli impianti. Un'ulteriore fase di utilizzo vero e proprio del bene e della contestuale manutenzione ordinaria e straordinaria, precede l'ultima fase, la più delicata che comprende la dismissione e lo smaltimento a fine ciclo vita della costruzione. Questa fase è senza dubbio quella maggiormente interessata dalla potenziale capacità di riutilizzo e di recupero di tutto o di parti di essa.

Abbiamo parlato sin qui di edilizia sostenibile.

Per poter valutare delle scelte ambientali, nell'arco dell'intero ciclo vita di un bene, (in questo caso di un edificio) ci si deve dotare di strumenti di valutazione ed analisi i quali valutando diversi parametri, tra i quali, il consumo di energia, delle emissioni ed il consumo delle materie prime ad esempio, possano fornire una vera e propria valutazione della bontà delle scelte adottate.

Questo aspetto è imputabile al progettista, il quale ricopre il ruolo decisivo nelle scelte ambientali da approcciare.

LCA è acronimo di Life Cycle Assessment, in italiano Analisi del Ciclo di Vita analizza le implicazioni ambientali dell'edificio partendo dall'estrazione delle materie prime, dalla loro lavorazione e successiva messa in opera mediante anche il trasporto, il mero utilizzo sino al riuso ed allo smaltimento a rifiuto.

La procedura LCA è normata tramite la ISO 14040 e ISO 14044, in particolare queste formazioni prevedono 4 fasi in cascata, e cioè:

1° fase\_ Definizione degli obiettivi e del campo di applicazione dello studio;

2° fase\_ Definizione del bilancio ambientale, Inventario;

3° fase\_ Valutazione degli impatti;

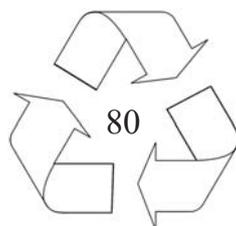
4° fase\_ Analisi, ed interpretazione dei possibili miglioramenti.

Esso permette di conseguire ad alcune ulteriori certificazioni internazionali, come l'Ecolabel e L'EPD.



◀ Figura 4.12:  
Logo EPD<sup>112</sup>

Queste certificazioni europee volontarie, definiscono l'eco compatibilità dei prodotti e possono essere considerati come un vero e proprio documento di riconoscimento in quanto le aziende trasmettono i dati inerenti il consumo di energie rinnovabili e sulle emissioni in ambiente. La marchiatura EPD è in stretta relazione con un'analisi LCA<sup>113</sup> in quanto valuta gli impatti ambientali del prodotto durante tutto il ciclo vita. La Dichiarazione Ambientale di Prodotto (EPD) garantisce l'uniformità dei dati, e



rende possibile un confronto costruttivo dei risultati ottenuti in materia di sostenibilità ambientale.



◀ Figura 4.4:  
Logo Ecolabel<sup>114</sup>

Ecolabel, marchio di qualità ecologica europeo risponde al nuovo regolamento CE n. 66/2010 e fornisce anch'esso elementi tecnici a seguito di verifiche scientifiche per la verifica dell'eco compatibilità del prodotto.

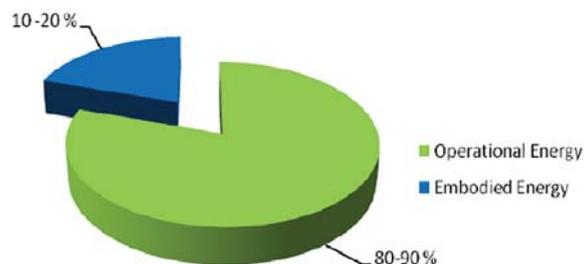
Esso garantisce elevati standard prestazionali ed una certificata attenzione ambientale.

## Capitolo 5. Embodied energy

Le strategie applicate nell'analisi LCA, tengono dunque in considerazione l'intera filiera del prodotto e ci forniscono al termine un totale di "energie incorporate" o energia incorporata, per il prodotto preso in analisi.

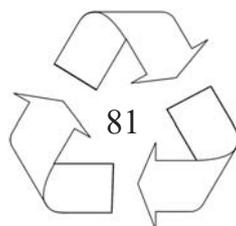
Come *Embodied Energy* di un edificio, si intende il *valore totale dell'energia spesa per la realizzazione dell'edificio stesso*, in tutte le sue parti (Hastings, 1992)<sup>115</sup>.

### Life Cycle Energy Use of Buildings (%)



◀ Figura 4.14:  
Conf. 40th IAHS World  
Congress on Housing  
Sustainable Housing  
Construction, At Funchal,  
Madeira, Portugal<sup>116</sup>

Essa, assume un'importanza fondamentale nelle valutazioni di eco compatibilità nel campo degli studi internazionali ed è un utile supporto a tutte le aziende che in ambito internazionale vogliano intraprendere un approccio sostenibile, migliorando così



la risposta alle richieste del mercato odierno.

Dal settore edile dunque, sono arrivate le maggiori risposte in termini di creazione di database tramite diversi istituti di ricerca che talvolta possono rivelarsi però poco attendibili dovute alla disomogeneità delle informazioni ricavate dal mercato. Ad esempio, l'esecuzione delle opere in cantiere in opera piuttosto che assemblate perché pre-formati in stabilimento, incidono notevolmente sulla quantificazione dell'energia realmente impiegata nella costruzione del bene. Nell'ottica del ciclo di vita dunque, si consideri che la fase di uso consumo circa il 60% dell'energia necessaria globale mentre la frazione percentuale da imputarsi alla costruzione (dal cantiere alla messa in opera) è del 40% circa<sup>117</sup>.



◀ Figura 4.15:  
*Embodied Energy sull'asse del tempo*<sup>118</sup>

## Capitolo 6. L'importanza delle strategie progettuali: le 4 R

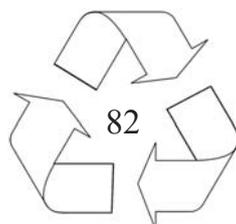
Pare dunque, che la progettazione assuma un carattere fondamentale nella buona riuscita di un edificio sostenibile.

Nella conferenza di Kobe, nel 2008 i vari ministri dell'ambiente del G8 approvano l'adozione del c.d. 3R Action Plan.

Successivamente dunque la "regola delle 3 E", la quale si riferisce a tre comportamenti essenziali per la sostenibilità, e cioè per Riutilizzare, Ridurre e Riciclare., è stata rivalutata con la "regola delle 4R", in questo caso, si tratta di Riutilizzare, Ridurre, Riciclare e Recuperare <sup>[11] [XVII]</sup>.

Questi tre concetti a prima vista sembrerebbe suggerire la stessa reazione, invece sono tutti molto ben distinti tra loro, anche se tutti suggeriscono una virtuosa gestione del rifiuto.

Non si può parlare delle 4R senza parlare anche del concetto di rifiuto.



Infatti, il rifiuto evoca nel collettivo immagini che rimandano a discariche, presidiate da mucchi maleodoranti di ammassi informi. Il sistema del consumismo in cui siamo abituati a vivere e confrontarci, fatto di forme colori e immagini atti ad attirare la nostra attenzione, ci porta a desiderare “il nuovo”, ed a far divenire obsoleta quello che magari abbiamo acquistato soltanto poco tempo prima e sentiamo il bisogno di disfarcene con rapidità. Il termine “rifiuto” viene inteso dunque come sinonimo di “immondizia”, dimenticandosi che esso può essere molto utile per qualcun altro nello stato in cui viene smaltito e può divenire invece utile ad un numero molto maggiore di individui se questi è il frutto di un processo di riciclo.

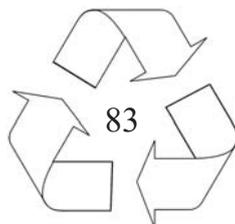
In molti casi, il contenuto energetico presente nei materiali possono portare alla formazione di “Materia Prima Secondaria”, (cessando dunque la qualifica di rifiuto) riciclando il materiale per utilizzi in tutto od in parte diversi da quello originale.

Dunque il rifiuto passa da problematica ambientale a vera e propria risorsa, ed il prodotto differisce dal rifiuto, in quanto il prodotto è “una conseguenza voluta del ciclo produttivo senza problemi circa il destino finale, né vi è incertezza sul suo effettivo impiego secondo le pertinenti regole di tutela ambientale”.



◀ Figura 4.16:  
*Logo Riciclo*<sup>119</sup>

Si parte dalla Direttiva 75/442/CE per le prime definizioni di “rifiuto” e di “smaltimento”. Successivamente la Direttiva 2008/9/CE ed il D.Lgs.152/06 (Testo Unico Ambientale) gerarchizzano i rifiuti e parlano di “riciclo” “riuso” “recupero” e “smaltimento” riformulandone le definizioni di “rifiuto” distinguendo tra rifiuto pericoloso e non pericoloso. Nasce anche il CER (Catalogo Europeo dei Rifiuti) dalle Direttive 75/442/CEE, così e dalla Direttiva 91/156/CEE. Si definisce invece rifiuto “una conseguenza non voluta del ciclo produttivo, del quale il detentore in qualche modo, ha interesse a disfarsi”. Detto questo pare ovvio che questi ultimi necessitino di maggiori controlli nella movimentazione finale e dunque di un sistema di controllo del tutto diverso rispetto a quello riservato ai prodotti. La dispersione del rifiuto è dunque lo scopo principale per scongiurarne la dispersione



in ambiente. La formazione attuale, si esprime tramite il testo dell'attuale art. 184 del dlgs 152/2006 prevede una doppia classificazione di rifiuti: pericolosi e non pericolosi ed individua anche la definizione di "sottoprodotto" con la Direttiva 2008/98/CE. Le MPS essendo sottoprodotti vengono definite come quelle materie che si intendono derivanti da cicli di recupero di rifiuti speciali non pericolosi. Esse inoltre non devono richiedere di ulteriori trattamenti prima di essere sottoposte a nuovi cicli industriali.

#### 4.6.1 Il riciclo



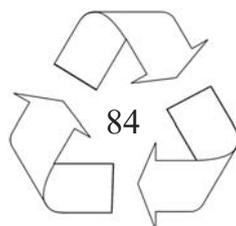
◀ Figura 4.17:  
*Imballaggi di bottiglie di  
PET usate*<sup>120</sup>

Il riciclo, alla base della raccolta differenziata dove se fatta bene può seriamente abbattere l'impronta ecologica dell'uomo sul pianeta.

Consiste in una trasformazione recuperando il materiale ormai divenuto rifiuto, rivalorizzandolo.

Questo concetto porta ad utilizzare nuovamente sostanze o materiali per impieghi in tutto o in parte differenti a quelli originari.

Un vantaggio del riciclo è sicuramente non utilizzare nuove materie prime promuovendo un uso circolare riducendo le emissioni inquinanti e la produzione di nuovi gas serra.



## 4.6.2 Il riuso



◀ Figura 4.18:  
*Pneumatici riutilizzati  
come rastrelliera<sup>121</sup>*

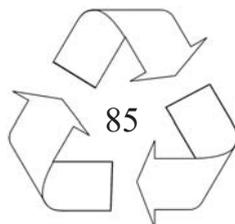
Nell'accezione del riuso, si deve considerare che l'oggetto in considerazione non ancora divenuto rifiuto, viene immediatamente riutilizzato, con un notevole risparmio energetico e di creazione del rifiuto dandogli dunque una seconda vita. Generalmente con un intervento di riuso si può portare l'oggetto ad uno scopo in tutto o in parte differente a quello originario.

## 4.6.3 Il ridurre



◀ Figura 4.19:  
*Esasperazione del bisogno<sup>122</sup>*

Ridurre sta nel limitare i consumi superflui legati agli imballaggi, o alla gestione delle buste portate da casa anziché continuare ad acquistarne di nuovi o quando ci proponiamo come consumatori e siamo attratti da “venditori silenziosi” posizionati sapientemente dal venditore magari con confezioni esageratamente voluminose e colorate.



#### 4.6.4 Il recupero

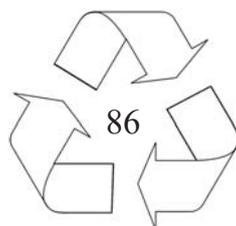


◀ Figura 4.20:  
*Il termovalorizzatore  
di Torino*<sup>123</sup>

Recuperare significa valorizzare al meglio il rifiuto estraendone da questo dell'energia. La termovalorizzazione è una di queste anche se non sempre dimostra livelli di sostenibilità paragonabili ad altri tipi di approccio.

Queste teorie portano in evidenza come a livello del settore edile sia di fondamentale importanza la progettualità sostenibile ed ecologica, sulla base dei concetti del riuso, riciclo e riduzione. Il progettista nella scelta delle alternative è dunque fondamentale per saper sfruttare al meglio i materiali a disposizione facendo appello alla propria sensibilità ed alla comprensione che il valore di un oggetto va oltre a quello che si pensi al primo acquisto.

Dunque il *design* fondamentale per risparmiare contenuto materico, (si pensi banalmente al mondo dell'elettronica), ridurre dunque gli imballaggi, recuperando sfridi e gli scarti di produzione, in poche parole, riducendo il consumo di energia e di materia prima<sup>124</sup>.



# PARTE QUINTA

## La normativa

### Capitolo 1. La normativa energetica

Ragionando sull'attuale stato dell'arte, il risparmio energetico è sempre più argomento inflazionato di ipotesi, soluzioni, teorie più o meno accreditate, non sempre tutte valide ma comunque ragionate e discusse sulle basi d'appoggio che vengono spinte dalle varie case produttrici.

Tutte partono però dall'edificio, come quel manufatto principalmente costituito da involucro opaco ed involucro trasparente a costituirne gli assi principali.

Infatti, le normative sia europee che nazionali interessate alla problematica energetica ed all'uso delle fonti rinnovabili, ragionano sulle dispersioni dell'edificio tramite involucri che paiono essere veri e propri "cola brodi termici" in quanto il patrimonio edilizio italiano è perlopiù formato da edifici disperdenti e poco o per nulla coibentati. In questi termini infatti, norme nazionali prevedono forme incentivanti dal punto di vista economico, per promuoverne la riqualificazione in termini di ridurre gli sprechi e le emissioni di CO<sub>2</sub>.

Fattori principali di queste dispersioni, sono i "ponti termici".

#### 5.1.1 La normativa europea e nazionale

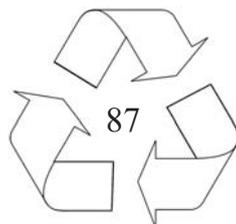
L'edificio, come entità di base, per fornire un comfort abitativo, necessita di un fabbisogno energetico sulla scorta della tipologia costruttiva, degli involucri opaco e trasparente, della propria forma (parametro importante è il fattore di forma tra la superficie disperdente ed il volume lordo climatizzato detto S/V), gli impianti per la produzione di riscaldamento e di acqua calda sanitaria (ACS), nonché del raffrescamento <sup>[XVIII]</sup> [XIX].

Nel tempo, le norme hanno sempre maggiormente affinato il modello di calcolo ed accresciuto nell'utente, sempre più virtuoso, la consapevolezza della bontà di quanto sviluppato.

L'apparato normativo, nasce a livello europeo, successivamente recepito a livello nazionale ed addirittura regionale.

Infatti, per il principio della cedevolezza sancito dalla Costituzione Italiana, queste ultime possono legiferare in materia di risparmio energetico.

Necessario, comunque esaminare brevemente una carrellata dell'apparato normativo



nazionale che ha portato all'attuale normativa .

La crisi petrolifera degli anni '70 ha fatto sì che fossero emanate le prime leggi in materia di consumo energetico. E' questo il caso della legge n. 373/1976, infatti prima di tale data non esistevano obblighi in merito al consumo energetico. Essa era articolata in tre partizioni, quali gli impianti di generazione del riscaldamento, la coibentazione termica e ultime, le sanzioni.

Successivamente , la L.373/76 subì integrazioni tramite il DPR1052/77 ed il DM 10/3/1977 che introdusse le zone climatiche ed il coefficiente di dispersione termica *Cd*.

Il DM 30/7/1977 introducendo il concetto di “rapporto S/V”, modificò tali coefficienti.

In attuazione del Piano Energetico Nazionale, nel 1991 viene promulgata la L.10/91 , intitolata “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” è una vera pietra miliare della formazione energetica nazionale per la gestione del sistema edificio-impianto e dunque del progetto.

E' una legge quadro in materia energetica, e definisce ruoli e responsabilità sulla base della definizione degli aspetti generali.

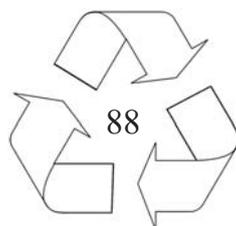
Obiettivo della legge, sono il risparmio energetico, l'ambiente ed il comfort degli individui. Vengono introdotte regole per il risparmio energetico e la promozione dell'utilizzo di fonti rinnovabili, si introduce la relazione tecnica ed il certificato energetico degli edifici (anche se in attesa di decreto attuativo).

Seguirà un decreto attuativo, DPR 26/08/1993 n.412 dove si inizierà a parlare di calcolo di fabbisogno termico del sistema edificio-impianto, nel rispetto dei limiti posti dal decreto al fine di contenere i consumi di energia primaria, la quale può essere considerata come “il potenziale energetico non rinnovabile, nella sua forma naturale, e cioè quando questi non ha ancora subito alcuna forma di trasformazione e/o conversione<sup>125</sup>”.

Inoltre, interfacciandosi con la L.10/91, il decreto attuativo, ribadisce il concetto della necessità per gli edifici pubblici di utilizzare per quanto possibile, energie che derivano da impianti che utilizzano energie rinnovabili, introducendo altresì una seria trattazione sui sistemi di cogenerazione, evidenziandone la reale convenienza economica.

Il successivo D.Lgs 192/05, definirà il “fabbisogno di energia primaria dell'edificio”. Si introducono definizioni nuove, quali :

- “zone termiche”, intese come luoghi adiabatici, con medesima destinazione e impianto;



- “zone climatiche” in base ai GG (gradi giorno), suddividendo l’intero territorio nazionale in fasce, dette appunto zone climatiche, dalla A alla F.

La UNI 10349, fornisce i dati relativi alle temperature medie esterne sulla base dei gradi giorno (GG): “limiti massimi di temperatura” intesi come 18°C e 2°C di tolleranza per edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e simili (E.8), e di 20°C e 2°C di tolleranza per gli altri.

Fascia	Da [GG]	A [GG]	Ore giornaliere <sup>[7]</sup>	Data inizio <sup>[7]</sup>	Data fine <sup>[7]</sup>	Numero comuni
A	0	600	6	1° dicembre	15 marzo	2
B	601	900	8	1° dicembre	31 marzo	157
C	901	1400	10	15 novembre	31 marzo	989
D	1401	2100	12	1° novembre	15 aprile	1611
E	2101	3000	14	15 ottobre	15 aprile	4271
F	3001	+∞	nessuna limitazione (tutto l'anno)			1071

▲ Figura 5.1:  
Le zone climatiche in  
base al DPR 412/93<sup>126</sup>

I gradi giorno, sono in buona sostanza, la sommatoria giornaliera delle differenze in positivo tra l’esterno e l’ambiente climatizzato preso in esame, prese su un periodo che riconosciamo come “stagione di riscaldamento”.

Classificazione generale degli edifici per categorie:

Gli edifici venivano classificati in base alla loro destinazione d’uso nelle seguenti categorie: E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8.

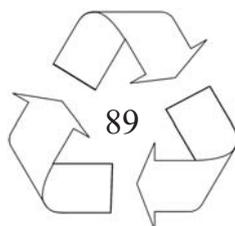
E.1 Edifici adibiti a residenza e assimilabili:

- E.1 (1) abitazioni adibite a residenza con carattere continuativo, quali abitazioni civili e rurali, collegi, conventi, case di pena, caserme;
- E.1 (2) abitazioni adibite a residenza con occupazione saltuaria, quali case per vacanze, fine settimana e simili;
- E.1 (3) edifici adibiti ad albergo, pensione ed attività similari.

E.2 Edifici adibiti a uffici e assimilabili: pubblici o privati, indipendenti o contigui a costruzioni adibite anche ad attività industriali o artigianali, purché siano da tali costruzioni scorporabili agli effetti dell’isolamento termico.

E.3 Edifici adibiti a ospedali, cliniche o case di cura e assimilabili ivi compresi quelli adibiti a ricovero o cura di minori o anziani nonché le strutture protette per l’assistenza ed il recupero dei tossico-dipendenti e di altri soggetti affidati a servizi sociali pubblici.

E.4 Edifici adibiti ad attività ricreative, associative o di culto e assimilabili:



- E.4 (1) quali cinema e teatri, sale di riunione per congressi;
- E.4 (2) quali mostre, musei e biblioteche, luoghi di culto;
- E.4 (3) quali bar, ristoranti, sale da ballo.

E.5 Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili: quali negozi, magazzini di vendita all'ingrosso o al minuto, supermercati, esposizioni.

E.6 Edifici adibiti ad attività sportive:

- E.6 (1) piscine, saune e assimilabili;
- E.6 (2) palestre e assimilabili;
- E.6 (3) servizi di supporto alle attività sportive.

E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili.

E.8 Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e assimilabili.

La classificazione del Dpr 412/1993 è valida ed in vigore tutt'ora.

Il Comune di Torino appartiene alla zona climatica "E", in una scala che va da "A" a "F". Per questa fascia è consentita l'accensione del riscaldamento centralizzato (attivazione degli impianti termici) dal 15 ottobre al 15 aprile (compresi), con un tetto massimo giornaliero di 14 ore (Articolo 9, DPR 412/93 - Limiti di esercizio degli impianti termici).

"FEN", fabbisogno di energia normalizzato, precursore dell'indice di prestazione introdotto successivamente, considera sostanzialmente la quantità di energia primaria necessaria, durante l'intera stagione di riscaldamento, per mantenere all'interno dei locali le temperature previste (20°C).

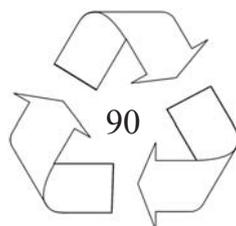
Seguirà a questo provvedimento il DPR 660/96, che ne recepirà una parte, ma individuati i limiti del DPR412/93, dopo sei anni sarà un nuovo DPR551/99 che ne modifica alcune parti, tra i quali l'individuazione del terzo responsabile degli impianti per impianti con potenza nominale al focolare superiore ai 350 KW, mentre per potenze inferiori rimane l'occupante stesso dell'appartamento.

Diverse direttive comunitarie, più o meno inerenti la materia energetica, negli anni '90 hanno portato alla direttiva di riferimento in materia di edilizia.

In Italia, dunque le prime disposizioni nazionali in materia di utilizzo razionale dell'energia, vedono la luce con la Legge n.10 del 9/01/1991<sup>127</sup>.

Successivamente, riviste e integrate mediante D.Lgs. n. 192/2005 (entrata in vigore l'8/10/2005) e D.Lgs. n. 311/2006 mediante i quali sono state recepite anche nel nostro ordinamento giuridico le indicazioni della Direttiva 2002/91/CE (EPBD 1).

In questo ambito, nasce anche nel nostro paese, la "certificazione energetica" come parametro di valutazione nelle transazioni immobiliari, ed è per l'Italia un vero e proprio spartiacque in quanto sino ad allora non compariva come elemento di sensibilizzazione, come invece da tempo era già preso in considerazione in molte altri



parti d'Europa. Il piano d'azione della Direttiva 2002/91, prevede per gli stati membri il famoso 20-20-20, e cioè che entro il 2020 questi debbano ridurre del 20% le emissioni di CO<sub>2</sub>, debbano raggiungere il 20% di produzione di energia da fonti rinnovabili.

L'Italia ha successivamente emanato due provvedimenti principali:

Il D.Lgs. n.192/2005, dove vengono stabiliti dunque l'obbligatorietà del certificato energetico e dei requisiti minimi da adottare, ma nato incompleto lascia alle norme successive la determinazione di valori limite.

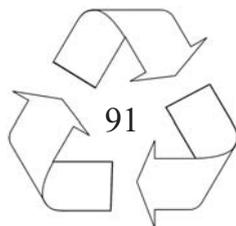
Il successivo D-Lgs n.311/2006, ribadendo i contenuti del precedente Decreto, non fornisce integrazioni sufficienti seppur estendendo l'obbligatorietà della certificazione energetica a tutte le unità immobiliari pre-esistenti al 192, nei passaggi di proprietà e nelle locazioni, rendendo più aderente il recepimento nazionale alla norma europea. Ancora, vengono ribadite le competenze in materia energetica in linea con il decentramento amministrativo dall'art. 30 del D.Lgs. 112/1998.

La "Legge finanziaria" L. 244/2007 introduce e dispone con decorrenza per il 1/01/2009 in attesa dell'emanazione dei provvedimenti attuativi del D.Lgs. 192/2005, che il rilascio del permesso di costruire dovrà essere subordinato alla certificazione energetica dell'edificio, (già peraltro introdotto dal D.Lgs.n°192) . In questa sede si vede la sostituzione del comma 1-bis all'art. 4 del D.P.R. 380/2001, detto anche "Testo unico dell'edilizia" e prevede altresì che i regolamenti prevedano, ai fini del rilascio del permesso di costruire, (fatte salve deroghe, vedasi per i centri storici che lo richiedono) l'installazione di impianti per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili per gli edifici di nuova costruzione. Successive proroghe, hanno procrastinato il termine previsto prima al 1° gennaio 2010 dal D.L. 207/2008 e successivamente al 1° gennaio 2011 dal D.L. 194.

In recepimento della direttiva europea 2006/32/ce concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e recante abrogazione della direttiva 93/76/CEE del Consiglio avviene in Italia mediante il D.Lgs. 30/05/2008, n.115.

Questo provvedimento integra quanto disposto nel D.Lgs. 192/2005 e fornisce indicazioni relative alle "Metodologie di calcolo della prestazione energetica degli edifici e degli impianti" e stabilisce quali sono i "Soggetti abilitati alla certificazione energetica degli edifici".

Due anni dopo, con la Legge 6/08/2008 n.133 vengono di fatto abrogati alcuni obblighi relativi alla certificazione energetica. In particolare, nel caso di trasferimento della proprietà a titolo oneroso di interi immobili o di singole unità immobiliari, l'A-CE (Attestato di Certificazione Energetica) dovesse essere allegato (pena la nullità del rogito) all'atto di trasferimento mentre in caso di locazione lo stesso attestato



dovesse essere messo, se non consegnato in copia, a disposizione del conduttore. Pertanto rimaneva l'obbligo della redazione del certificato energetico, ma veniva in questa fase normativa meno l'obbligo di allegarlo.

Seguono a questi decreti, un paio di decreti attuativi, molto importanti:

Il Dpr n.59 del 02/04/2009, che nasce come regolamento di attuazione del D.Lgs n.192/2005 (seppur parziale) ed alla direttiva europea 2002/91/ce.

Questi, stabilisce alcune metodologie di calcolo, per la climatizzazione invernale, l'acqua calda sanitaria, la climatizzazione estiva e l'illuminazione artificiale per il terziario e definisce anche la figura del certificatore energetico.

Le metodologie di calcolo, dovranno fare riferimento alla normativa UNI TS 11300.

Essa è suddivisa in quattro parti:

UNI/TS 11300-1:determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione invernale;

UNI/TS 11300-2:determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di ACS;

UNI/TS 11300-3:determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva;

UNI/TS 11300-4:utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per il riscaldamento di ambienti e preparazione ACS.

Il metodo di calcolo, mentre per le nuove costruzioni, dovrà attenersi al progetto e dunque alla L.10/91, per l'esistente sprovvisto di legge 10, questi potrà essere eseguito con un metodo tabellare, standard.

Il D.M. 26/6/2009, con l'emanazione di linee guida a carattere nazionale sulle certificazioni energetiche.

L'anno successivo, torna di scena la normazione europea mediante la Direttiva 2010/31/CE-EPBD Recast, abrogando i contenuti della precedente Direttiva del 2002 e proponendo ai singoli stati membri dei requisiti minimi.

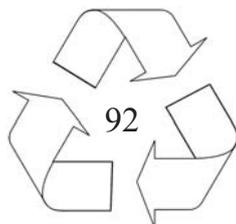
La direttiva, fornisce le linee guida sulla metodologia di calcolo della prestazione energetica e prevede che entro l'anno 2020, gli edifici privati possano essere ad energia "quasi zero" (Nzeb) fabbisogno che dovrà essere coperto in gran parte da fonti rinnovabili, mentre per i fabbricati pubblici questa copertura dovrà avvenire entro il 31/12/2018.

L'Italia recepirà con la L.n.90 del 3/8/2010 la direttiva europea.

Nel 2011, con il D.Lgs n.28/2011, recependo la direttiva europea 2009/28/CE

L'Italia, modifica il D.Lgs 192/2005 e promuove l'utilizzo di energie provenienti da fonti rinnovabili.

A partire dal 1 Gennaio 2012, in caso di annuncio immobiliare è divenuto obbli-



gatorio, comunicare l'indice di prestazione energetica. Successivamente in caso di locazione (dove deve essere comunicato in fase di registrazione) o alienazione del bene è divenuto obbligatorio pena la nullità dell'atto.

Questo obbligo vede la luce con il D.Lgs 3/3/11 n.28 che ha modificato il D.Lgs 192/2005

Nel 2012, con il D.M. 22/11/2012, il nostro Paese modifica le Linee Guida Nazionali per la certificazione energetica degli edifici eliminando la possibilità di optare per l'autocertificazione della classe energetica più sfavorevole (classe G), per alcune tipologie di edifici . Inoltre, vengono disposte ispezioni periodiche (come previsto nelle Direttiva EPBD) degli impianti di condizionamento d'aria di potenza superiore ai 12 kW.

Il D.L. 63/2013, oltre a recepire la direttiva 2010/31/UE (EPBD 2), interviene sul D.Lgs. 192/2005 proponendo una metodologia di calcolo per l'APE diversa in attesa comunque dei decreti attuativi, ma necessario per sventare procedure di infrazione avviate dalla Commissione europea nei confronti del nostro Paese. A convertirlo in legge, è arrivato il provvedimento legislativo meglio conosciuto come L. 90 del 03/08/2013 .

A partire dal 1 Ottobre 2015 invece, sono entrate in vigore le linee guida nazionali con il DM 26/06/2015 denominato dei "Requisiti minimi" si sviluppa in tre fasi normative:

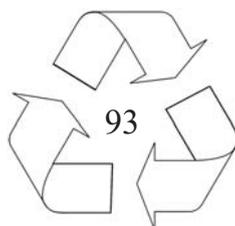
- decreto requisiti minimi;
- decreto relazione tecnica di progetto;
- linee guida APE (Attestato di Prestazione Energetica).

Questo decreto, definisce intanto delle diverse tipologie di intervento:

- nuova costruzione;
- demolizione e ricostruzione;
- ampliamento e sopraelevazione;
- ristrutturazione importante di 1° livello (se superiore al 50% della superficie disperdente) di 2° livello (se superiore al 25% della superficie disperdente);
- riqualificazione energetica.

Tipologie importanti, soprattutto per comprendere in funzione dell'intervento che si vuole compiere, a quale tipologia di provvedimento edilizio e di agevolazione fiscale, si può o si deve incombere.

Nel Decreto , entra anche in gioco " l'edificio di riferimento", che in termini di geometria, orientamento, ubicazione situazione al contorno e destinazione d'uso, nonché caratteristiche termiche identico a quello preso in esame. Cioè riporta le prestazioni rispetto alle quali vengono effettuate le Verifiche di Legge .



Nei certificati energetici si parlerà di EP<sub>gl,nren</sub> e cioè l'indice di prestazione energetica global non rinnovabile, comprendente la climatizzazione invernale, estiva, la produzione di acqua calda sanitaria ACS; la ventilazione; l'illuminazione artificiale (solo per gli edifici non residenziali); il trasporto di persone o cose (solo per gli edifici non residenziali come ad esempio ascensori).

La determinazione dell'indice di Prestazione energetica globale EP<sub>gl,nren</sub> indicata negli annunci immobiliari e ricavata dall'Attestato di Prestazione Energetica, si esprime su una scala di 10 classi (da A4 a G). In estrema sintesi questa classe, indica in ragione della località (GG o gradi giorno) e della forma (rapporto S/V) la qualità energetica e dunque esprime mediante valori tabellari, la quantità di energia consumata.

Il rapporto S/V invece rapporta la superficie disperdente con il volume riscaldato.

Il valore di EP<sub>gl</sub>, contenuto in via tabellare all'interno di una classe energetica, è un dato preciso in quanto ogni classe offre una forbice di consumo.

### **5.1.2 La normativa regionale.**

Con l'approvazione della Delibera 14-2119/2015, la Regione Piemonte si allinea ai contenuti del D.Lgs 192/2005 ed ai decreti attuativi successivi, a far data dal 1 Ottobre 2015.

Rimane a carattere Regionale, il portale denominato SIPEE (Sistema Informativo per la Prestazione Energetica degli Edifici), che raccoglie gli attestati di prestazione energetica e l'elenco dei certificatori.

## **Capitolo 2. La normativa acustica**

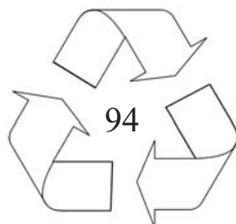
L'acustica, è una disciplina scientifica che fa parte della fisica che studia i suoni, suoni che sono onde e studia le sue cause e la sua propagazione e la ricezione<sup>[XX]</sup>.

Da un punto di vista scientifico dunque, l'onda sonora può essere prodotta da diverse sorgenti, che possono essere degli strumenti, delle voci o degli oggetti in genere.

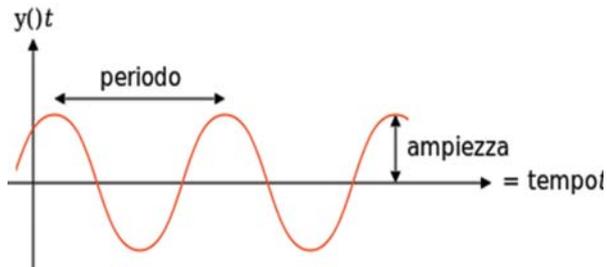
La propagazione, avviene attraverso un mezzo elastico meglio conosciuto come l'aria. La percezione che ne consegue all'orecchio umano è l'arrivo dell'onda sonora.

Diverse grandezze misurabili interessano questo fenomeno, tra queste ricordiamo:

- Il periodo (tempo che intercorre tra un punto prefissato ed il tempo che trascorre affinché si ripassi dallo stesso punto);
- Lunghezza d'onda (distanza tra due picchi);
- Ampiezza d'onda (altezza della cresta);



- Frequenza (numero di oscillazioni nell'unità di tempo).



◀ Figura 5.2:  
Grandezze fisiche  
legate all'acustica<sup>129</sup>

### 5.2.1 Legislazione comunitaria

A livello Europeo, dobbiamo partire da una Direttiva 2002/49/CE per la determinazione e gestione del rumore ambientale, alla quale sono succedute le raccomandazioni 2003/613/CE comprendenti le linee guida da adottare ed i metodi di calcolo.

### 5.2.2 Legislazione nazionale

Ad aprire la questione, compare il *Codice Penale*, di cui all'art.659, tratta del disturbo delle occupazioni e del riposo delle persone, fornendo una definizione di ammende e prescrizioni. Anche il *Codice Civile* all'art.844, tratta di immissioni che pur ricomprendendo altri fenomeni, anche per i rumori introduce il tema della "normale tolleranza", tema molto generico che demanda alla singola discrezionalità la sopportazione delle stesse.

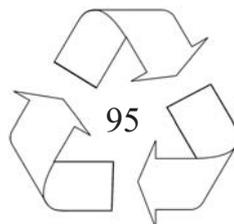
Zonizzazione	Limite diurno Leq (A)	Limite notturno Leq (A)
Tutto il territorio nazionale	70	60
Zona A (decreto ministeriale n. 1444/68)	65	55
Zona B (decreto ministeriale n. 1444/68)	60	50
Zona esclusivamente industriale	70	70

◀ Figura 5.3:  
Zonizzazione in base  
all'art.2 DPCM 68<sup>130</sup>

Nel 1991, il DPCM 1/3/1991, definisce i limiti di esposizione al rumore negli ambienti abitativi ed esterni, stabilendo i limiti di esposizione al rumore e prevede anche che i comuni adottino la classificazione delle zone come segue:

*Classe I* Aree particolarmente protette

*Classe II* Aree destinate ad uso prevalentemente residenziale



*Classe III* Aree di tipo misto Aree di tipo misto

*Classe IV* Aree di intensa attività umana

*Classe V* Aree prevalentemente industriali Aree prevalentemente industriali

*Classe VI* Aree esclusivamente industriali.

<b>Tabella III Valori limite assoluti di immissione (dBA)</b>		
<i>Classi</i>	<i>Tempi di riferimento</i>	
	Diurno (6-22)	Notturmo (22-6)
I	50	40
II	55	45
III	60	50
IV	65	55
V	70	60
VI	70	70

◀ Figura 5.4:  
*Limiti in base alla destinazione d'uso*<sup>131</sup>

I comuni dovranno predisporre una zonizzazione acustica, e sino ad allora in assenza della predisposizione dovranno attenersi alle seguenti tabelle, la prima sui livelli di pressione sonora equivalente Leq, la seconda sulle emissioni in decibel:

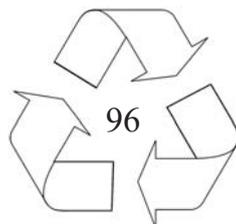
A questo punto, pare conseguenza logica che ne derivi una formazione, che a livello nazionale vede i documenti normativi di riferimento la *Legge 26/10/1995 n.447* ed i *D.P.C.M. 14/11/97* e *D.P.C.M. 5/12/97* sulla definizione dei valori limite delle sorgenti sonore e sui requisiti acustici passivi degli edifici .

La *L.447/95* è riconosciuta come legge quadro in materia di acustica, e stabilisce dunque i principi da perseguire per preservare l'ambiente abitato dall'inquinamento acustico, che viene definito come<sup>132</sup> l'introduzione di rumore in un ambiente abitativo o esterno, tale però da procurare fastidio o disturbo del riposo ed alle attività umane. La legge parla anche di danno e di limiti di tollerabilità, principio come detto ancora oggi oggetto di discrezionalità e nutrimento di svariate cause che hanno dato adito a pronunciamenti da parte dei vari Tribunali nazionali.

Il *D.P.C.M. 14/11/1997*, disciplina sui valori limite di emissione ed immissione ed i valori di attenzione e qualità, seguendo delle tabelle che si rifanno alla classificazione acustica di ogni comune.

Il *D.P.C.M. 5/12/1997* stabilisce i valori limite delle grandezze che determinano i requisiti acustici passivi degli edifici e delle sorgenti sonore esterne. Esso è come detto, un documento di riferimento a livello italiano in materia di acustica.

Esso prevede sostanzialmente, a definire le prestazioni degli edifici in base all'isolamento che questi possono avere rispetto ai rumori tra unità immobiliari, rumori esterni, rumori da calpestio e degli impianti. Disciplina per le palestre e le aule scolastiche anche sul tempo di riverbero.



**Il D.P.C.M. 5 dicembre 1997** impone per le nuove costruzioni di prevedere in fase di progetto e di valutare e certificare in opera l'isolamento acustico

TABELLA A - CLASSIFICAZIONE DEGLI AMBIENTI ABITATIVI (art. 2)

Categoria	Descrizione
<b>A</b>	Edifici adibiti a residenza o assimilabili
<b>B</b>	Edifici adibiti ad uffici e assimilabili
<b>C</b>	Edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili
<b>D</b>	Edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili
<b>E</b>	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
<b>F</b>	Edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili
<b>G</b>	Edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili

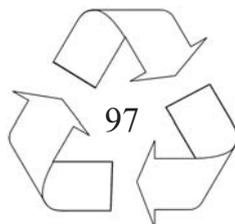
▲ Figura 5.5:  
Tabella classificazione  
del DPCM 5/12/1997<sup>133</sup>

Classe Acustica	Indici di valutazione				
	$D_{2m,nT,w}$ [dB]	$R'_w$ [dB]	$L'_{nw}$ [dB]	$L_{jc}$ [dBA]	$L_{jd}$ [dBA]
<b>I</b>	$\geq 43$	$\geq 56$	$\leq 53$	$\leq 25$	$\leq 30$
<b>II</b>	$\geq 40$	$\geq 53$	$\leq 58$	$\leq 28$	$\leq 33$
<b>III</b>	$\geq 37$	$\geq 50$	$\leq 63$	$\leq 32$	$\leq 37$
<b>IV</b>	$\geq 32$	$\geq 45$	$\leq 68$	$\leq 37$	$\leq 42$

◀ Figura 5.6:  
Tabella con categorie  
del DPCM 5/12/1997<sup>134</sup>

Questo documento, impone valori che rientrano nelle tabelle di cui sopra, mettendo l'accento sulla determinazione di alcuni parametri fondamentali quali:

- $R'_w$  (Indice di potere fonoisolante apparente) è il valore minimo di isolamento ai rumori aerei tra differenti unità immobiliari;
- $D_{2m,nT,w}$  (Indice di isolamento acustico di facciate) è il valore minimo di isolamento dai rumori provenienti dall'esterno;
- $L'_{nw}$  (Indice di livello di rumore di calpestio di solai) è il valore massimo di rumore di calpestio percepito;
- $L_{ASmax}$  (Livello massimo di pressione sonora ponderata A misurata con costante di tempo slow) è il valore massimo di rumore per gli impianti a funzionamento



- discontinuo (ascensori, scarichi idraulici, bagni, servizi igienici e rubinetteria);
- LAeq (Livello equivalente di pressione sonora ponderata A) è il valore massimo di rumore per gli impianti a funzionamento continuo (riscaldamento, aerazione e condizionamento) A luglio 2010 è stata pubblicata la norma UNI 11367 che propone una procedura per classificare acusticamente le unità immobiliari. I limiti delle classi sono riportati nella seguente tabella.

Il Decreto ha contribuito alla formazione della sensibilità dei progettisti in merito alla tematica acustica anche se all'interno della norma rimangono zone d'ombra non chiare che richiedono un nuovo strumento legislativo.

A tal proposito, interviene nel 2008 la UNI 11367, seppur con un documento volontario.

Il recepimento delle Direttive Comunitarie avvengo tramite L.306/2003, che predispongono l'adozione di un prossimo Decreto Legislativo a rispetto di quanto avanzato in ambito europeo.

### Capitolo 3. La normativa antincendio

Un' incendio, può essere definito come l'ossidazione rapida dei combustibili che portati a temperatura con un innesco, mediante il comburente (l'ossigeno presente nell'aria) genera la reazione.

Il calore sprigionato rimanda alla necessità di un pronto intervento per evitarne la compromissione dei presenti<sup>135</sup>.

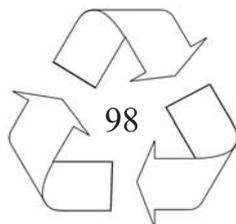
I tre elementi necessari affinché si presenti un incendio sono:

- Il combustibile, (gas, petrolio e derivati o comunque materiali infiammabili);
- Il comburente (come detto l'ossigeno in atmosfera che è l'ossidante della combustione);
- L'innesco (dispositivo di accensione).

Dopo questa dovuta premessa, si evince che la tematica è sempre di maggiore respiro, ed ha visto negli anni affinarsi la formazione di leggi al fine di migliorare il livello di sicurezza degli ambienti.

La norma di riferimento generica in materia, si rifà al Testo Unico in materia di sicurezza e salute sui luoghi di lavoro, anche detto *D.Lgs 81/2008 e s.m.i.(vedasi il D.Lgs.106/2009)*.

In particolare, il Testo Unico all'art.17 prevede la predisposizione del DVR (Documento di valutazione dei rischi) il quale deve essere predisposto dal datore di lavoro e contenere tutte le misure di prevenzione e protezione nonché tutte le procedure da adottarsi. Inutile ribadire lo scopo nobile di dette norme, che sono volte alla con-



servazione dell'individuo a fronte di un fenomeno di rischio della salute propria o altrui. Generalmente, queste però riguardano l'incolumità del contenuto umano, infatti la norma nazionale è ancora lacunosa per quanto riguarda le facciate e gli esterni in genere.

Comunque la prevenzione incendi, vede come uno dei fini la compartimentazione degli ambienti, cercando di limitarne la propagazione verso altre zone interne.

Ad oggi la norma di riferimento specifica è vista nel *Regolamento di prevenzione incendi: D.P.R. 1 agosto 2011, n. 151* «Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione incendi, ...»; Nel testo sono riportate varie circolari e note di indirizzi e chiarimenti applicativi.

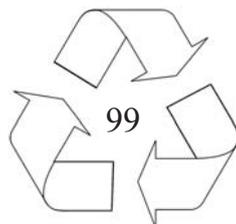
Il codice di prevenzione incendi è visto nel *D.M. 3/8/2015*, ed una norma sanzionatoria che rimanda al *D.Lgs 758/94*.

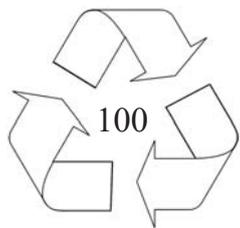
## Capitolo 4. Verifiche strutturali

Partendo dal Regio Decreto del 10/1/1907 alla L-1089/71, passando al D.M.16/1/96 dal 2005 sono stati inseriti gli stati limite. Il precedente approccio denominato delle "tensioni ammissibili" sono state per un secolo un approccio diverso. La norma di riferimento per le verifiche strutturali in Italia è prevista nel D.M. 14/01/2008 che ha previsto le NTC (Nuove Tecniche per le Costruzioni).

Le nuove NTC oltre a raccogliere tutte quelle norme prima mal distribuite e farraginarie ,disciplinano in materia sismica, e forniscono una nuova gerarchia delle resistenze, prevedono l'esecuzione del collaudo tutto in favore della sostenibilità anche della sicurezza strutturale del bene.

Vengono introdotti gli stati limite (SLU come valore estremo al quale segue il cedimento strutturale e SLE stato al superamento del quale corrisponde perdita di alcune funzionalità) in sostituzione delle tensioni ammissibili utilizzate in precedenza e queste ultime dovrebbero fornire un migliore controllo sul funzionamento della struttura indirizzando un controllo nel punto di collasso della struttura, creando il minor danno possibile. Questo metodo degli stati limite ,viene anche definito semiprobabilistico in quanto si fonda sull'utilizzo di coefficienti di sicurezza parziali sia sui carichi che sulle resistenze. Le verifiche indotte, partono dal punto in cui la struttura cessa di assolvere alla funzione per cui era stata prevista in fase di progetto, mentre il vecchio metodo delle tensioni ammissibili è un metodo probabilistico sotto l'ipotesi di un comportamento elastico-lineare isotropo ed omogeneo.<sup>136</sup>Si utilizzano per tale metodologia coefficienti correttivi ampi che inducono convinzioni errate di ampi margini di sicurezza.



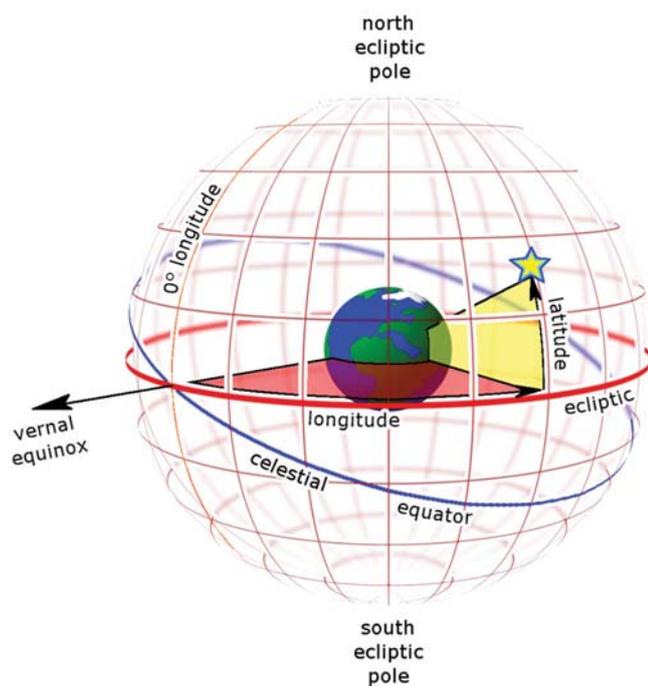


## PARTE SESTA

### Il parere della fisica

#### Capitolo 1. Gli ombreggiamenti

L'asse terrestre è inclinato e forma con il piano dell'eclittica (piano su cui giace l'orbita della terra intorno al Sole), un angolo di 23 gradi e 27 primi rispetto alla normale al piano sul quale orbita. Questa inclinazione rende possibile l'esistenza delle stagioni e della durata dei giorni così come le conosciamo nei diversi periodi dell'anno e dunque il clima che ne corrisponde <sup>[XX]</sup>.

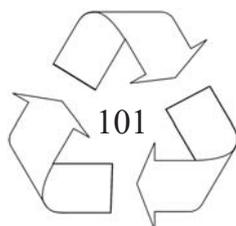


◀ Figura 6.1:  
Piano dell'eclittica<sup>137</sup>

Immaginando di suddividere il globo terrestre (anche se non perfettamente sferico, perché leggermente schiacciato ai poli) in linee immaginarie a formarne un reticolo denominate *paralleli* e *meridiani*.

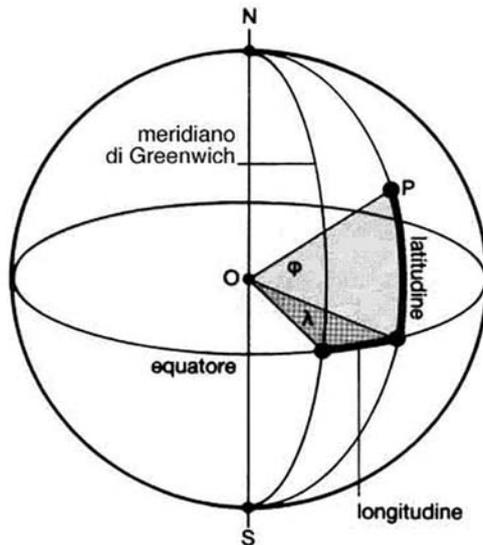
Intanto è importante definire le coordinate principali per individuare il punto di interesse. Queste sono universalmente riconosciute come *latitudine* e *longitudine*.

La latitudine, esprime la distanza angolare di un punto dall'equatore, misurata lungo il meridiano, partendo da 0° all'equatore sino a 90° ai poli. La longitudine è sempre



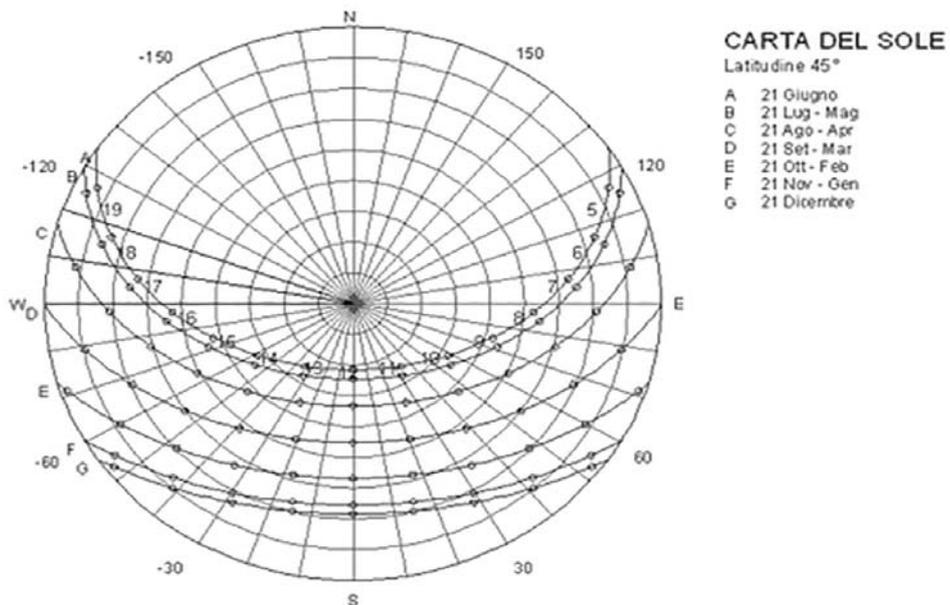
per convenzione, l'angolo tra il meridiano di riferimento (Greenwich) ed il punto osservato.

Inoltre, il globo terrestre è diviso in due circoli, a nord conosciuto come tropico boreale, mentre a sud come tropico australe.



◀ Figura 6.2:  
Latitudine e longitudine<sup>138</sup>

L'energia solare dunque necessita di uno studio geometrico della radiazione incidente sull'edificio riferite all'involucro opaco ed a quello trasparente, in base anche alla latitudine del luogo con eventuali acclivi, l'inclinazione delle superfici interessate, la presenza di altri corpi quali edifici o alberature, e l'orientamento.

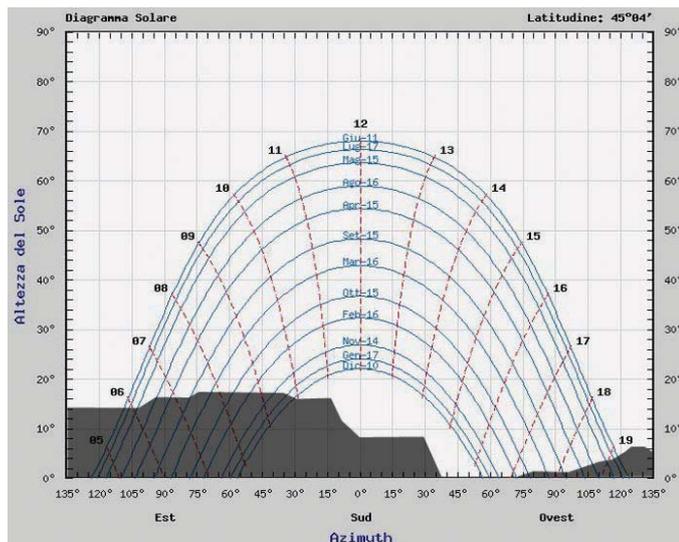


▲ Figura 6.3:  
Esempio di carta solare polare<sup>139</sup>

Esistono diversi metodi per determinare il soleggiamento e dunque i moti solari, ed avvengono sia per via grafica che tramite complessi software. L'impiego di metodi grafici, è comunque più diretto in quanto permette di calcolare mediante alcuni semplici calcoli i profili d'ombra richiesti<sup>140</sup>.

Le carte solari, necessitano di ingressi indispensabili, quali l'azimut solare ( $\alpha$ ) e l'altezza solare ( $\beta$ ), in altre parole longitudine e latitudine.

Inoltre le carte solari possono essere suddivise in polari e cilindriche.



◀ Figura 6.4:  
Carta solare cilindrica<sup>141</sup>

Le *carte solari polari*, rappresentano sul piano il percorso solare, e comprendono una serie di linee curve che rappresentano i percorsi solari in funzione della latitudine (ad esempio Torino è a 45° di latitudine), e da linee iso-ora trasversali.

Invece le *carte solari cilindriche*, descrivono la volta celeste utilizzando come piano di riferimento un piano verticale, costituito dal cilindro costruito sulla circonferenza alle equatore .

Entrambe le soluzioni, consentono di determinare il *soleggiamento*, e cioè il numero di ore giornaliere durante le quali un punto è colpito dalla radiazione solare, escludendo avversità climatiche temporanee, quali nebbie o altro, ma ricomprendendo invece ostruzioni presenti in sito come, alberi ed edifici che limitano la visibilità della volta celeste.

## Capitolo 2. I ponti termici

Come ben noto, i fattori principali che incidono sull'efficienza energetica di un edificio, sono plurimi, ma sostanzialmente i principali possono essere riconosciuti in temperatura ed umidità<sup>142</sup>.

Il ponte termico, è una zona localizzata dell'involucro in cui vi è discontinuità tra il flusso di calore rispetto al resto dell'edificio, individuando dei punti più freddi<sup>143</sup>.

Esso è dunque una porzione edilizia dove la temperatura superficiale interna e la resistenza termica, sono molto discostanti rispetto ad altre porzioni di edificio.

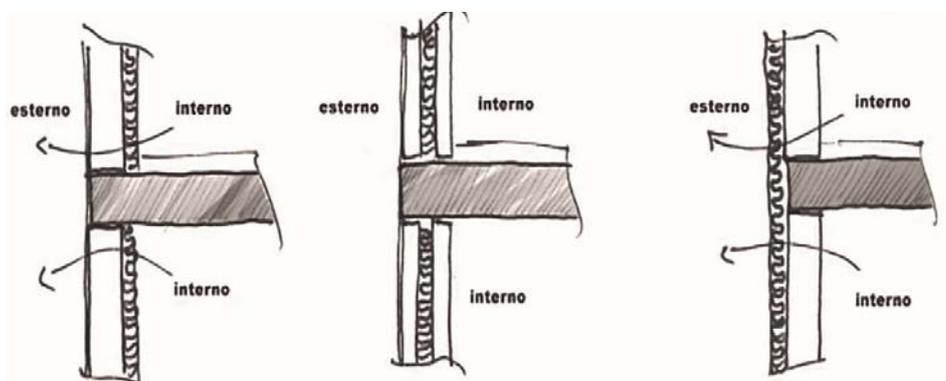
Modificandone il flusso termico, come detto, i ponti termici incidono in maniera significativa nel calcolo energetico dell'edificio.

Esistono due tipologie di ponti termici:

*Ponte termico di forma*, angoli sbalzi, mensole che si prolungano verso l'esterno

*Ponte termico di struttura*, causati da una cattiva edificazione come l'inserimento dei vari impianti o canne fumarie o delle stesse nicchie sottofinestra, insomma dove si riduce lo spessore della muratura.

I fenomeni che si presentano nei punti freddi, riconosciuti come ponti termici, danno luogo spesso alla formazione a fenomeni di condensa e di muffe sovente dovuti anche al passaggio da un materiale ad un altro, aventi questi una diversa risposta al flusso di calore.



▲ Figura 6.5:  
*Esempio di ponti termici*<sup>144</sup>

I ponti termici lineari, trovano luogo nei davanzali, travi, pilastri e vetrate; esistono altri ponti termici puntuali, specie negli angoli tra soletta e pareti perimetrali.

Necessaria dunque è la correzione dei ponti termici tramite le UNI TS 11300, ossia la normativa tecnica di riferimento sul risparmio energetico e la certificazione energetica degli edifici. Essa è suddivisa in sei parti articolate come segue:

UNI TS 11300 parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edifi-

cio per la climatizzazione estiva ed invernale;

UNI TS parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria;

UNI TS parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva;

UNI TS parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria;

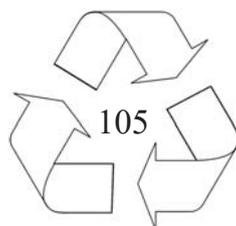
UNI TS parte 5: Calcolo dell'energia primaria e della quota di energia da fonti rinnovabili;

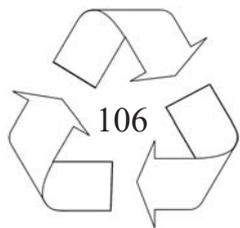
UNI TS parte 6: Determinazione del fabbisogno di energia per ascensori, scale mobili e marciapiedi mobili.

Un ponte termico viene definito “corretto” dal D.Lgs. n. 192/2005 quando la trasmittanza termica della parete fittizia, intesa come il tratto di parete esterna in corrispondenza del ponte termico, non supera per più del 15% la trasmittanza termica della parete corrente. Esso è per definizione una discontinuità costruttiva di materiali, i quali presentano temperature superficiali differenti. Interventi come il cappotto (sia esterno che interno) e l'isolamento delle eventuali intercapedini possono essere sufficienti a risolvere il problema. Dal 1 Ottobre 2015, come visto, è entrata in vigore la L.90/2013 attraverso il recepimento della Direttiva 2010/31/UE. Il 26 Giugno 2016, vede la luce il Decreto “Requisiti minimi” che definisce i requisiti minimi in materia energetica degli edifici.

In questa sede, i ponti termici vengono trattati in maniera nuova, infatti si prevede vengano calcolati in maniera più restrittiva, e non più per via tabellare (come prima consentito) ma agli *elementi finiti*.

I valori di trasmittanza lineica e le temperature superficiali per la verifica termoigrometrica, dovranno essere calcolati analizzando il (psi)  $\Psi$  (W/K) considerato per la lunghezza del ponte termico, verificando muffe e condense ai sensi del UNI EN ISO 13788. Questo processo, spesso viene svolto da un software idoneo e certificato che possono offrire delle simulazioni effettuando simulazioni, come in un vero e proprio banco di prova e ad oggi deve essere verificato agli elementi finiti (FEM acronimo di Finite Element Analysis).





## PARTE SETTIMA

### Il progetto

#### Capitolo 1. Diario di viaggio

La prima idea in merito alla stesura del presente lavoro, volgeva in una analisi dello stato dell'arte del riciclo delle materie plastiche in edilizia, una sorta di "carrellata" dei vari materiali. In questa fase, abbiamo visitato con il Prof. Frache del Politecnico di Torino, la ditta **Dentis srl** di S.Albano Stura (Cn) dove, abbiamo potuto apprendere come si sviluppava tutta la filiera del recupero del PET.

Nella stessa uscita, si è fatta visita anche alla **Benassi** di Guarene, network di raccolta e riciclo dei rifiuti nella loro accezione più eterogenea dunque dalla carta ai metalli, al vetro, al legno, ai componenti delle autovetture.

In questa sede, abbiamo avuto il piacere di conoscere il **prof. Oreste Pasquarelli**, il quale poi ci ha dato con estrema disponibilità, riscontro in un successivo appuntamento presso dei locali di sua disponibilità in quel di Milano.

Una prima cernita sulla vastità del tema su esposto, vedeva l'eliminazione di tutti quei contesti in cui il riciclo delle plastiche interessava la filiera del cibo, essendo fuori tema rispetto al lavoro che si intendeva produrre.

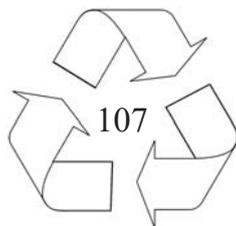
Avuti alcuni nominativi aziendali ai quali rivolgerci, e altri frutto di ricerca personale, abbiamo deciso di intraprendere qualche breve viaggio nel nostro "Gran tour" del riciclo.

Innanzitutto, ci preme ringraziare tutte le ditte e/o persone che hanno preso a cuore la nostra causa, e altresì sottolineare una quantità importante di dinieghi e porte chiuse che per brevità non elencheremo oltre.

Detto questo, si è iniziato con la visita presso gli stabilimenti della **Freudenberg Group** di Novedrate (Co) visitandone per gentile concessione anche qui l'intera filiera di produzione, e scoprendo dell'esistenza di pannelli isolanti termo-acustici da loro prodotti, denominati Ecozero®. Tale materassino, è in PET e si ottiene dal riciclato delle comuni bottiglie e può essere impiegato ovunque vi sia necessità di isolare una determinata struttura (muri, controsoffitti, tetto etc).

Ci è parso subito calzante e interessante prenderlo in considerazione per la ricerca.

Tappa successiva è stata la **Gutta Italia srl**, di Filago (Bg) dove abbiamo potuto apprendere il ciclo produttivo e la componente del riciclo anche questa azienda che offre una vasta gamma di prodotti derivanti dalla matrice polimerica.



Ancora, tramite in **Consorzio S.E.A.** di Saluzzo (Cn) grazie all'interessamento dell'Ing. Lerda Marco, abbiamo avuto un contatto con l'IPPR di Milano, nella persona della dott.ssa Poggese che abbiamo incontrato presso la loro sede, dove siamo poi stati indirizzati **all'AIPE (Associazione Italiana Polistirene Espanso)** sempre di Milano.

Presso l'AIPE, l'incontro con l'**Ing. Marco Piana** è stato per noi di sostanziale importanza. Infatti in questa fase, si è sviluppata l'idea fondante del lavoro di tesi. Incontrando il riciclo e l'architettura, analizzate alcune possibili soluzioni si è scelta quella che poteva a nostro parere essere una provocazione interessante: proporre una facciata ventilata con l'intero pacchetto in plastica riciclata.

In sintesi, uno strato isolante, che poteva essere visto con un materassino tipo Ecozero®, con in facciata dei pannelli in PVC riciclato sui quali innestare dei tubi in PVC con funzione di ombreggiamento.

L'idea ci ha pervaso subito, in quanto la possibilità di un riuso o di un riciclo nobilitando l'utilizzo dei tubi generalmente deputati allo scarico delle acque, portando delle soluzioni architettoniche sostenibili è diventato il cuore pulsante del lavoro proposto.

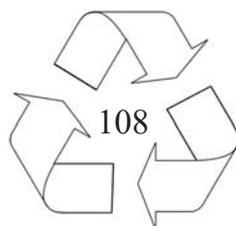
Successivamente verranno trattati i casi studio presi in esame sui quali, non senza un'analisi degli ombreggiamenti, abbiamo cercato di dare vita ad una soluzione eco-compatibile.

Arrivati al "concept", dovevamo capire come soddisfare in termini anche strutturali l'idea sposata.

Ulteriori contatti, con aziende diverse hanno permesso di affinare la tecnica, infatti era volontà congiunta comprendere come reggere la parete, senza inciampare in problematiche diverse.

In breve, con la **Geos Italy srl** di San Mauro Torinese (To), si è potuto meglio comprendere il sistema di ancoraggio della facciata mentre con la **Fundermax Italia** nella persona del dottor Pollara si è sviluppato un ragionamento sulla planarità delle facciate e di eventuali altri materiali quali il laminato.

In ultimo, dopo lungo peregrinare per il nord Italia, c'è stata la possibilità di incontrare personalmente presso il loro stabilimento di Buriasco (To) la **Renolit spa** (nelle persone dell'**Ing. Massimiliano Fogliati e dell' Ing. Massimiliano Toma**) come azienda sul territorio con un "know how" sulla produzione di facciate ventilate in PVC in fase di sviluppo presso uno stabilimento francese del gruppo.



## Capitolo 2. Fonti di ispirazione



◀ Figura 7.1:  
Shigeru Ban<sup>145</sup>

*“Diventando architetto, sono andato incontro a una delusione. Pensavo che si trattasse di una professione orientata socialmente, ma in realtà lavoriamo per lo più per gente privilegiata: siccome il potere e il denaro sono invisibili, ci arruolano per dimostrare agli altri con monumenti il loro potere e denaro“. [Shigeru Ban]*

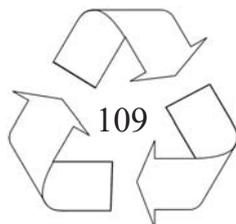
Nel suo operare, Ban ha cercato con successo di portare i materiali poveri e riciclati in architettura <sup>[XXII]</sup>.

Nel 1994 in seguito al conflitto del Ruanda e successivamente nel 1995 a seguito del terremoto di Kobe, ha costruito edifici con l'utilizzo di tubi di cartone con le celebri “Paper Log House”.

Dunque il suo impegno umanitario e la sostenibilità hanno svolto un ruolo fondamentale nella vita artistica di architetti come Ban.

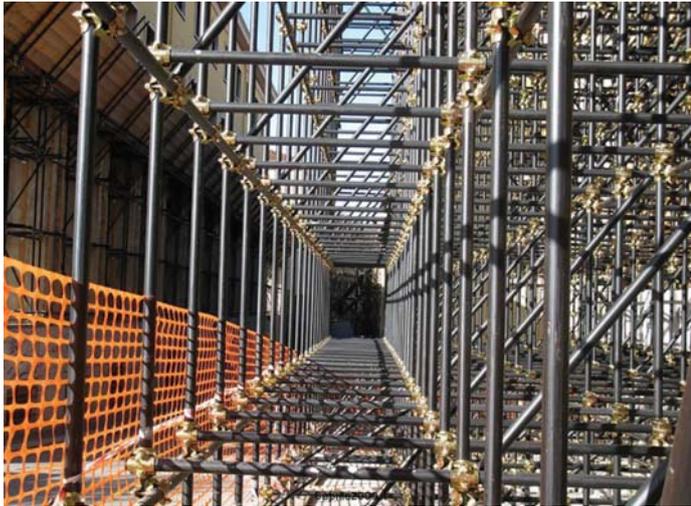


◀ Figura 7.2:  
Le Centre Beaubourg  
di Parigi<sup>146</sup>



Altri come Piano e Rogers al Beaubourg di Parigi hanno portato all'esterno quanto solitamente è celato internamente con una serie di vistosi tubi di vari colori in base ai vari impianti.

Ancora, si pensi all'utilizzo del tubo nei ponteggi come figura principale e che dunque assume anche valore strutturale.



◀ Figura 7.3:  
*Ponteggio tubi e giunti*<sup>147</sup>

Quindi il tubo come archetipo di una progettazione trova terreno fertile nell'ultimo secolo e si propone come valida soluzione alle problematiche progettuali.

## Capitolo 3. Tipologie strutturali

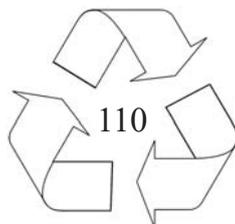
### 7.3.1 La composizione

Le pareti a schermo avanzato, composte come visto in precedenza sostanzialmente prevedono una stratigrafia come segue <sup>[XXIII]</sup> <sup>[XXIV]</sup>:

- un supporto esistente;
- un telaio in metallo (acciaio inox);
- uno strato isolante;
- un eventuale camera d'aria, preferibilmente sul lato a sud per renderle ventilate;
- un nuovo paramento esterno.

Nel progetto previsto e meglio esplicitato nei casi studio avremo:

- un supporto esistente;
- un telaio in acciaio inox di tipo puntuale;
- uno strato isolante con materassino in PET riciclato;
- un telaio verticale con montanti in acciaio inox a T;
- ulteriori staffe di bloccaggio sulle quali agganciare il nuovo paramento;



- uno strato di ventilazione;
- il nuovo paramento esterno in PVC riciclato;
- per gli ombreggiamenti, sono previsti tubi in PVC riciclato ove necessari.

### 7.3.3 La sottostruttura

Nella progettazione relativa alla facciata ventilata prevista nei casi studio, si sono valutati principalmente due materiali, l'alluminio e l'acciaio. Seppur entrambe validi ad assolvere la funzione strutturale si è ritenuto vantaggioso in termini di sostenibilità avanzare l'ipotesi di una sottostruttura in acciaio del tipo S275. Essendo entrambe riciclabili, e dunque sostenibili da un punto di vista ambientale, l'alluminio presenta minori prestazioni meccaniche e dunque richiederebbe un impiego in termini di volumi, maggiore dell'acciaio.

L'acciaio tipo S275 presenta infatti una tensione di snervamento pari a 275 MPa, ed una tensione a rottura di 430 MPa<sup>149</sup> (1MPa=1N/mm<sup>2</sup>), valori generalmente superiori all'alluminio.

La struttura composta in un primo tempo, da una orizzontale costituita da scatolari in acciaio tassellate alla struttura esistente, utilmente ancorate sui marcapiano e sui mezzani, tra le quali posare lo strato coibente dello spessore necessario.

Su questi traversi, seguono montanti scatolari in acciaio tassellati, sui quali sono stati sviluppati due possibili soluzioni.

Successivamente si è optato per delle staffe ad L puntuali (come da dettagli costruttivi allegati in calce), sulle quali innestare dei profili a T con asole ellittiche per garantirne la verticalità, soluzione questa che porta minor utilizzo di materiale e maggior semplicità di posa.

Per quanto riguarda i pannelli in PVC invece sono valutate due soluzioni.

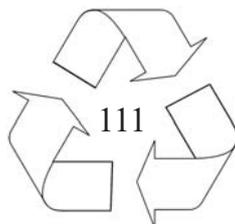
### 7.3.2 Lo strato isolante

Il PET riciclato, fornisce le caratteristiche termo-acustiche richieste da normativa rendendo lo strato coibente sia dal punto di vista economico che ambientale pienamente sostenibile.

Come precedentemente accennato, una possibile soluzione nel campo della sostenibilità nel panorama attuale vi è l'Ecozero®.

Prodotto in pannelli imputrescibili, inattaccabili da muffe e batteri, anallergico, sostenibile e stabile nel tempo.

Inoltre vede la presenza delle Dichiarazione Ambientale di Prodotto EPD ed ovviamente la marcatura CE.



A livello normativo fornisce i seguenti riscontri, offerti dalla scheda tecnica della casa madre.



◀ Figura 7.4:  
*Ecozero*<sup>®148</sup>

### 7.3.4 Il rivestimento in PVC

Il polivinilcloruro rappresenta il materiale più utilizzato nei sistemi di condutture. La struttura proposta intende nobilitarne l'utilizzo, o meglio, il riciclo per non incidere sull'impronta ecologica e rimanere nel campo della sostenibilità. L'inserimento (come nel caso studio n.1 della scuola "Da Feltre") dei tubi in facciata, oltre a dare nuova vita alla struttura, con un gioco di cromie fornisce il giusto ombreggiamento e rende architettonicamente provocante il progetto. Nel progetto proposto, i pannelli di PVC riciclato hanno uno spessore di mm 20 con frappe nervature ad irrigidimento della struttura.

Queste nervature (verticali od orizzontali), di pari spessore si estendono ortogonalmente al pannello per mm 30. Nella struttura verticale sono state previste asole da infilare su piastra inclinate atte ad accoglierne il peso, e bloccate con uno spinotto a coppiglia o similare a quello dei ponteggi.

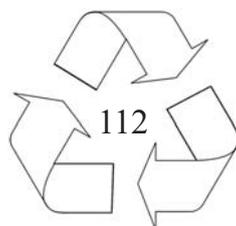
Nella versione orizzontale invece, come illustrato, le nervature vengono bucate ed inserite su perni saldati ad L filettati. In questo caso uno di questi, sempre nella medesima posizione è previsto bloccato con un dado di fissaggio.

Importante è il sistema di bloccaggio, che previsto come detto per facilitarne la planarità della facciata a fronte di deformazioni che possono intercorrere nella vita della stessa.

Il peso specifico del PVC è di 1450 kg/m<sup>3</sup> circa.

I pannelli in progetto avranno queste dimensioni e questi pesi:

- 100x60x2 cm<sup>3</sup> → 17,4kg
- 80x60x2 cm<sup>3</sup> → 10 kg
- 40x60x2 cm<sup>3</sup> → 5 kg



Il lato costante rende maggiormente sostenibile in termini di economia la produzione, mentre i tagli della lunghezza possono variare in base alla scansione dei pieni e dei vuoti in facciata.

La semplicità del montaggio rende economica anche la manutenzione, ed il ridotto peso consente l'operazione anche con un ridotto numero di maestranze in quanto anche ai sensi del TU81/08 che si rifà alla Norma ISO 11228 inferiori ai 25 kg.

L'azione dei raggi solari, può incidere sulla durabilità degli elementi in maniera importante. Per ovviare a questa problematica si è deciso di agire sulla cromia dei pannelli prevedendoli comunque di colore chiaro, così da non assorbire e dunque non surriscaldarsi durante l'azione del sole soprattutto sui versanti posti a sud.

Ulteriore accorgimento è stato tenuto nella progettazione a giunto aperto, con un interspazio tra i pannelli di 5 mm per consentirne l'eventuale dilatazione termica e conservandone la planarità.

Per quanto riguarda l'azione del vento, di seguito proponiamo alcune verifiche eseguite con un modellatore di calcolo in ragione dei dimensionamenti progettati.

### 7.3.5 Ipotesi di progetto

Nella *prima soluzione*, si è pensato di saldare ogni 25 cm una piastra d'acciaio inclinata ove prenderebbero posto i pannelli di facciata in PVC tramite un asola. Il tutto bloccato con uno spinotto di bloccaggio (fig.7.4).

Infatti ogni pannello, (dimensioni massime 100x60 cm<sup>2</sup> spessore 2 cm), sarebbe predisposto con delle nervature verticali (fig.7.4) ad irrigidimento della struttura nelle quali prevedere l'alloggiamento dell'incavo. La produzione degli elementi avverrebbe per stampaggio, dunque meno preferibile.

Nella *seconda soluzione* invece, i pannelli vedono le nervature orizzontali, sempre ad un passo di cm 25 .

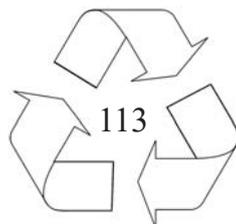
Questa soluzione, ci è parsa preferibile per stabilità e funzionalità (fig.7.5).

Infatti, come dal particolare si può evincere, i pannelli verrebbero infilati dentro dei perni, dove uno è sempre nella stessa posizione, vede l'inserimento di un dado di bloccaggio ad irrigidimento della struttura di facciata.

La stessa posizione del bloccaggio è suggerita dal favorire in maniera assiale l'eventuale deformazione lineare a favore della planarità degli stessi.

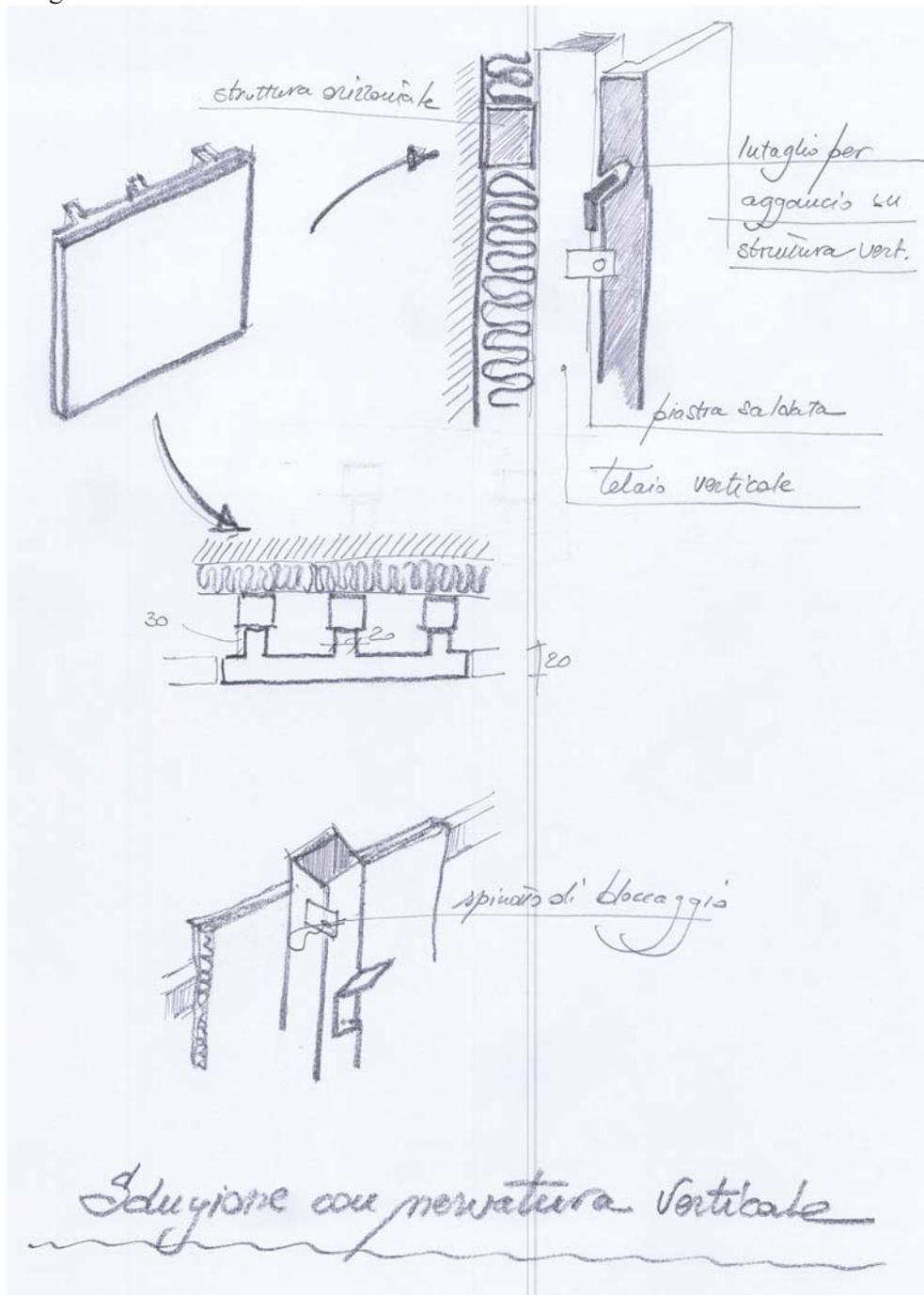
In ultimo, l'eventuale posizionamento di tubi in PVC nei pannelli, vedi questi intagliati ed incastrati a rotazione nelle asole realizzate in fase di produzione.

Per bloccarne l'eventuale movimento, si è previsto l'inserimento nella fase di taglio per l'alloggiamento dei tubi, di un accrescimento di materiale per bloccare l'eventuale rotazione dei singoli tubi. La produzione dei pannelli in questo caso è prevista

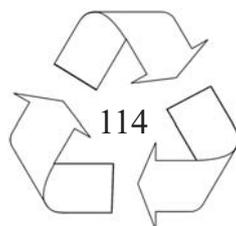


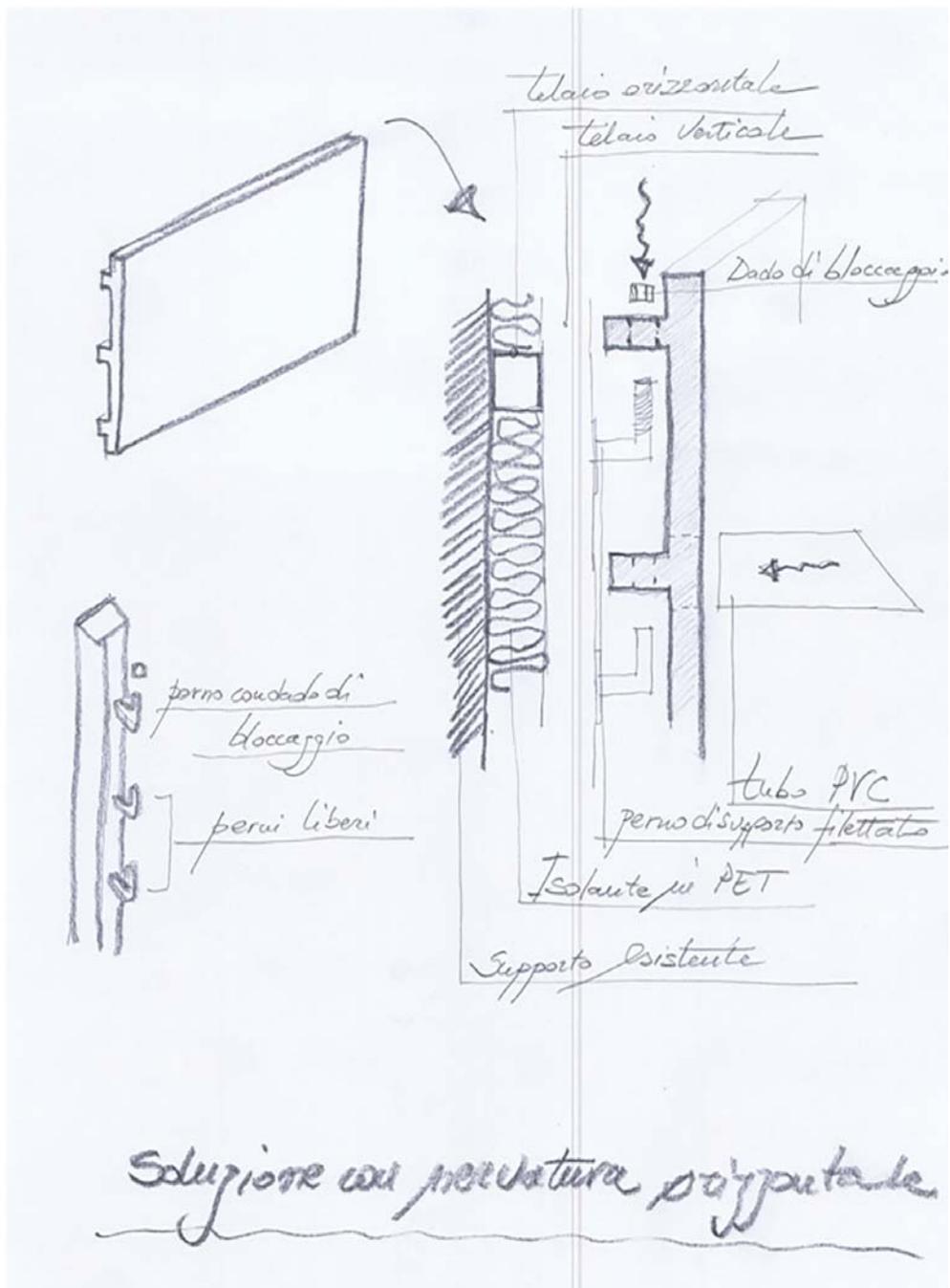
per estrusione.

Attualmente è possibile tagliare il PVC con il laser. Tale lavorazione rilascia però acido cloridrico e gas nocivi. La sostenibilità ambientale consiglia di effettuare gli intagli mediante utensili meccanici.

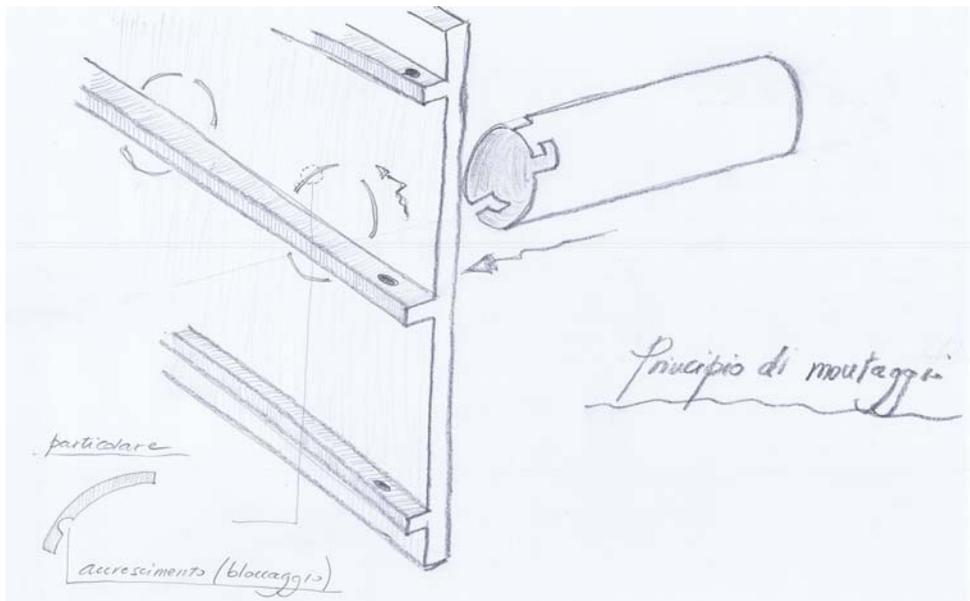


▲ Figura 7.5:  
possibile soluzione con  
nervatura verticale

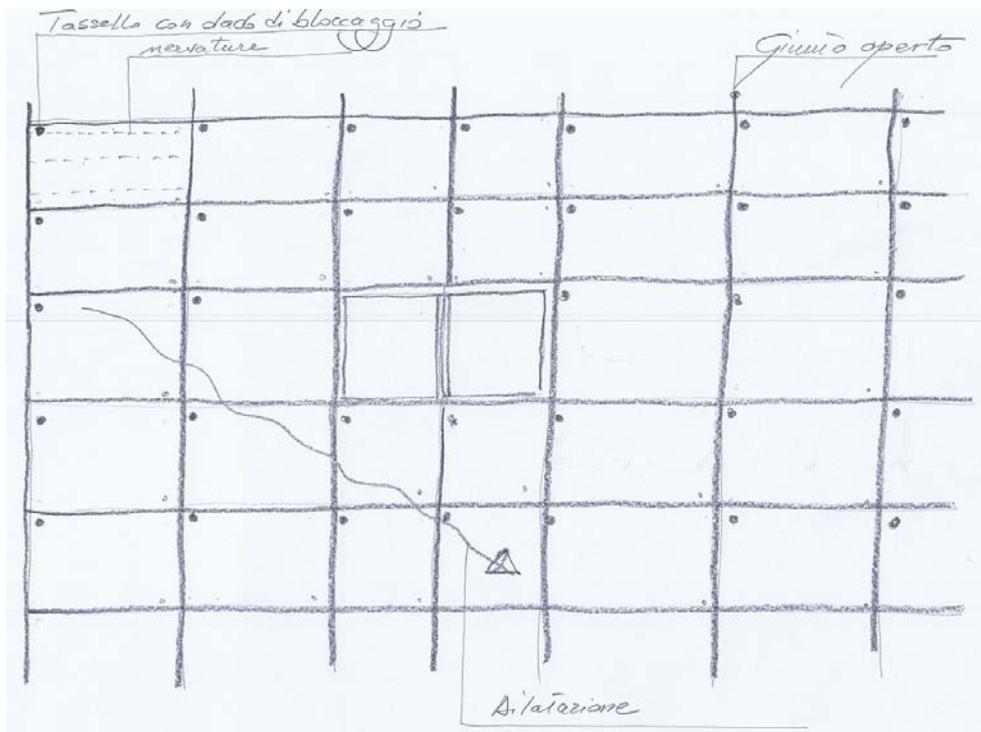




▲ Figura 7.6:  
possibile soluzione con nervatura  
orizzontale



▲ Figura 7.7:  
*principio di montaggio del  
 pannello*



▲ Figura 7.8:  
*schema di facciata*

### 7.3.6 Verifiche normative

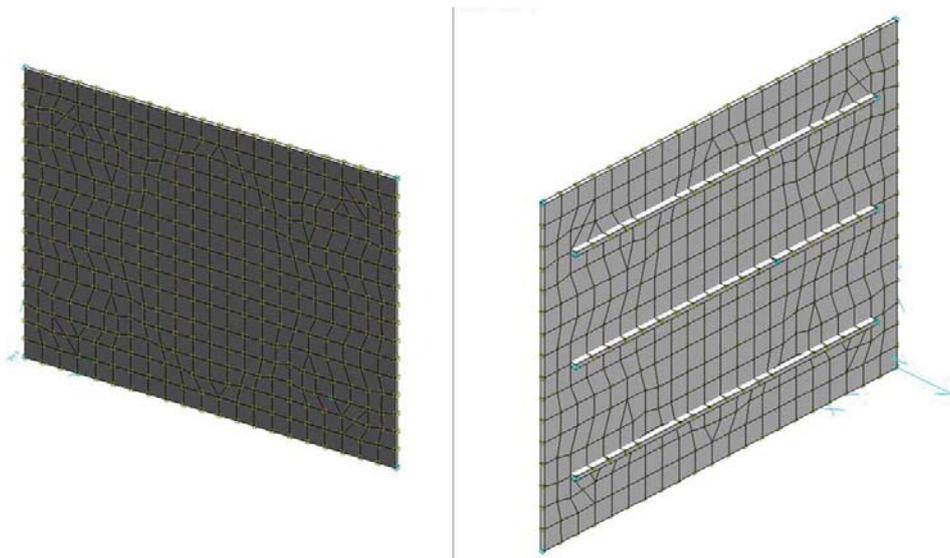
Grande importanza nella presentazione del progetto è data dunque dalla presenza dei pannelli di facciata in PVC. Tra le varie problematiche, prendono la scena le verifiche normative.

Le principali verifiche normative prese in esame sono le seguenti:

- resistenza al vento;
- resistenza al fuoco;
- trasmittanza termica.

La resistenza al vento, è stata verificata mediante l'utilizzo di un software FEM (metodo agli elementi finiti) simulando in maniera reale le pressioni e le depressioni sui pannelli previsti in facciata.

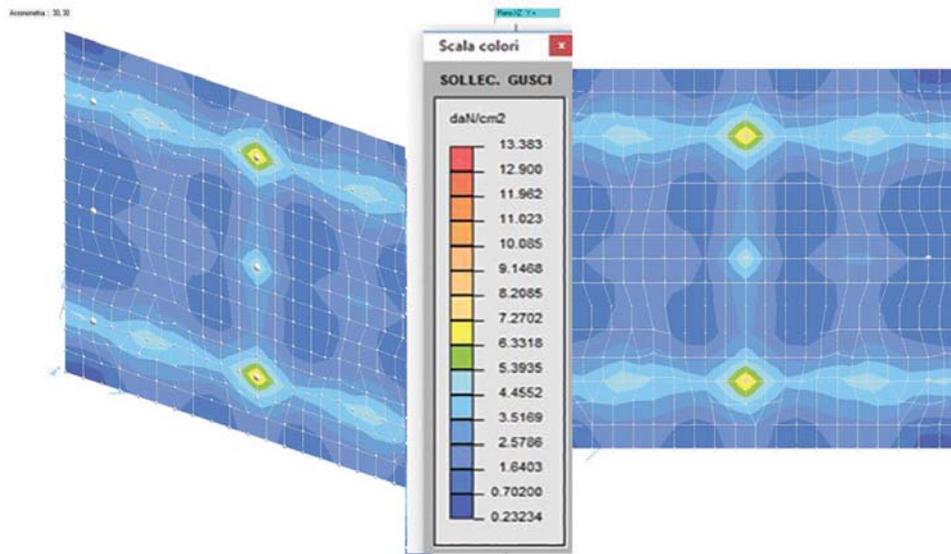
Nella simulazione di verifica, in favore di sicurezza, si è predisposta come sollecitazione una pressione costante, considerando sia il peso proprio che l'azione del vento nella condizione più sfavorevole. In particolare, considerando tra i tre casi studio, tutti a Torino, il fabbricato con il maggior numero di piani e dunque maggiormente sollecitato, considerando il carico sul pannello all'ultimo piano.



▲ Figura 7.9:  
*modello di calcolo FEM su  
pannello in PVC*

Analizzando la distribuzione delle sollecitazioni sul pannello, si evince che nel mezzo si riscontrano valori maggiori in quanto vi è maggiore area di competenza, invece nelle zone laterali l'involuppo delle tensioni che si crea raggiunge valori di molto inferiori.

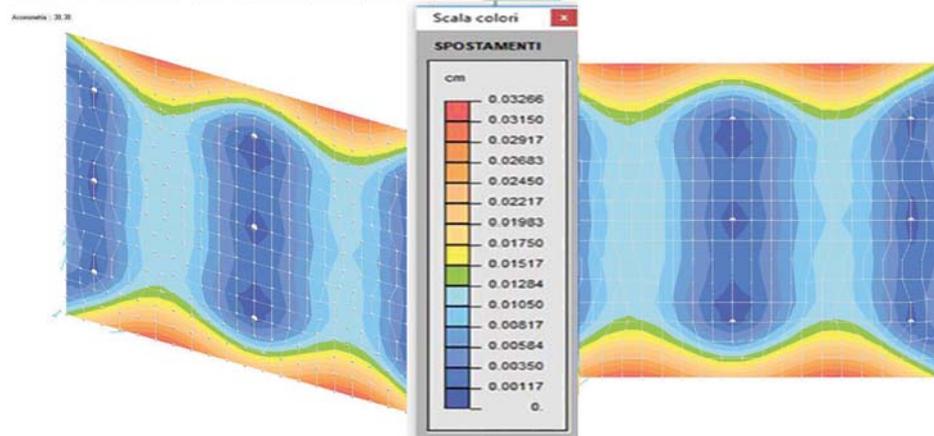
Distribuzione delle sollecitazioni



▲ Figura 7.10:  
*distribuzione delle sollecitazioni  
sul pannello in PVC*

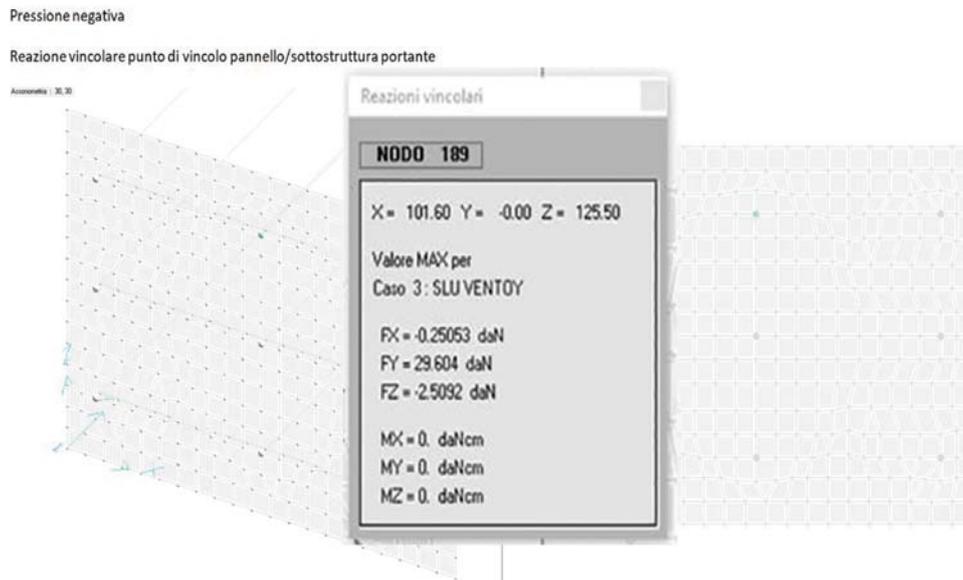
Al contrario invece, per quanto riguarda le deformazioni ortogonali al pannello, e dunque nella direzione del vento considerato normale alla facciata, la zona maggiormente sollecitata è sul bordo superiore e su quello inferiore, mentre in centro al pannello questa è molto minore. Questo perché i bordi sono ovviamente in una posizione più lontana dagli ancoraggi previsti.

Deformazioni in direzione ortogonale al piano del pannello (vendo dir Y, deformazione dir Y)



▲ Figura 7.11:  
*deformazione normale al pannello  
in PVC*

In ultimo si è verificata l'azione del vento in condizioni di depressione.

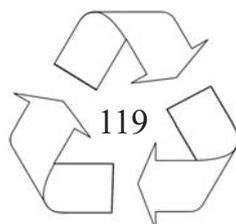


▲ Figura 7.12:  
*modello di calcolo su pannello  
in PVC a pressione negativa*

Un'altra problematica emerge nel progetto proposto in quanto sulle aperture poste ad est e ovest sono state previste delle tende in PVC riciclato traforate con motorizzazione incorporata. Avendo finestre con aperture anche superiori ai 2 metri, per evitare effetti vela si è previsto l'inserimento di un anemometro con previsto avvolgitore laterale, che ne caso di giornate di forte vento è deputato all'avvolgimento delle stesse evitandone rotture e/o problematiche varie.

La *sicurezza antincendio* è una tematica di primaria importanza per le facciate ventilate, ancor più dopo i recenti accadimenti a Londra alla "Grenfell Tower". Infatti la presenza di intercapedini, se da un lato favoriscono un comportamento energetico sia estivo che invernale favorevole, in caso di incendi può favorire la propagazione dei fumi e delle fiamme. A maggior ragione, progettando un nuovo rivestimento in materiale polimerico riciclato la progettazione ha dovuto prevedere in tal senso degli accorgimenti.

La normativa vigente riguarda sostanzialmente il contenuto dei fabbricati e non vi è riferimento specifico sulle facciate ventilate in materie plastiche. Sappiamo che il PVC è autoestinguente ed ha i migliori risultati di reazione al fuoco rispetto agli altri materiali termoplastici, infatti si presenta in Euroclasse B-s1-d0, dove Il livello "B" indica basso rilascio di calore e limitato contributo all'alimentazione del fuoco; "S1" significa basso rilascio di fumo; con "d0" si intende che il PVC (con



cui si producono profili e avvolgibili ma anche tubazioni ) quando brucia non genera scintille riducendo la propagazione dell'incendio<sup>150</sup>.

Clasificación Principal	Humos (Smoke)	Gotas (Drops)
A1		
A2 	s1 	d0
B 	+ s2  +	d1 
C 		d2 
D 		d2 
E 	+ (si aplica)	
F 		
NPD	Prestación no determinada	

▲ Figura 7.13:  
tabella della reazione al fuoco<sup>151</sup>

Lo strato isolante individuato è in categoria Bs2d0, dunque superiore al minimo previsto dalla guida Tecnica n.5043 dei Vigili del Fuoco come Bs3d0, categoria che prevede maggiore rilascio di fumi in ambiente.

Per evitare la propagazione in caso di incendio grazie all'effetto camino, sono state previste interruzioni con fasce di separazione orizzontali ogni 12 metri circa di altezza in ottemperanza alle prescrizioni della Guida Tecnica.

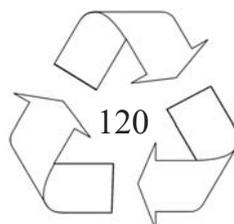
Inoltre si sono previsti sulle uscite di sicurezza, delle nuove piccole pensiline in acciaio per evitare eventuali gocciolamenti a fronte di un caso di incendio.

La *trasmissione termica*, è stata calcolata considerando uno strato di PET riciclato minimo di 10 cm, addossato ad una parete esistente, ipotizzata di laterizio forato.

Ulteriori indagini preventive sono state le seguenti:

L'*isolamento acustico*, come visto dal Decreto considera un primo distinguo in base alle destinazioni d'uso.

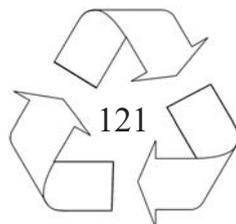
Nei casi presi in esame, il più stringente in materia acustica è l'ospedale Martini che ricade in D con un  $R'_w$  da normativa pari a 55 decibel. Inoltre, le pareti ventilate garantiscono per conformazione un ottimo isolamento acustico in quanto i diversi strati

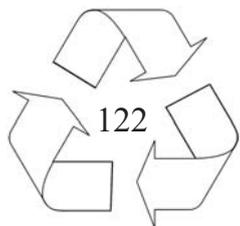


previsti contribuiscono in maniera importante ad isolare acusticamente il fabbricato. Tramite i dati dichiarati da parte del produttore, allegati in calce al lavoro svolto, l'isolamento proposto prevede che con soli 4 cm di isolante in PET addossati ad una parete di 12+8 si possano raggiungere i 55 db (decibel). I casi presi in esame, sono molto più massivi in quanto presentano murature minime di cm 45 in laterizio alle quali è previsto per progetto uno strato isolante di cm 10 minimo. Pertanto si è ritenuto di non approfondire il calcolo inteso come verifica minima della norma.

Per quanto concerne la *resistenza al carico della neve* si è ritenuto data la natura del progetto, che ha un orientamento verticale che non siano presenti situazioni da prendere in considerazione. Per gli ombreggiamenti previsti in parte con dei tubi in PVC, essendo questi tondeggianti, si è ritenuto inesistente un eventuale carico della neve.

La *resistenza all'azione sismica*, vede la facciata ventilata costituire un elemento strutturale "secondario" che non richiede ulteriori analisi di resistenza e rigidità e rientra nelle Norme Tecniche per le Costruzioni.





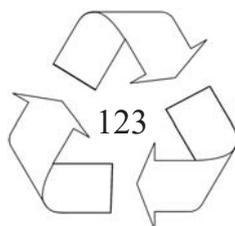
## PARTE OTTAVA.

### I casi studio

I casi studio presi in esame, sono tre e sono tutti stati ricercati nel settore dell'edilizia pubblica nelle sue più variegate funzioni. Infatti per ciascuno, pur parte dalla medesima idea di base si è poi cercato plasmare il progetto sulla base delle esigenze, dell'orientamento, della destinazione d'uso.



◀ Figura 8.1:  
*Città di Torino,*  
*navigatore dei*  
*casi studio*<sup>152</sup>

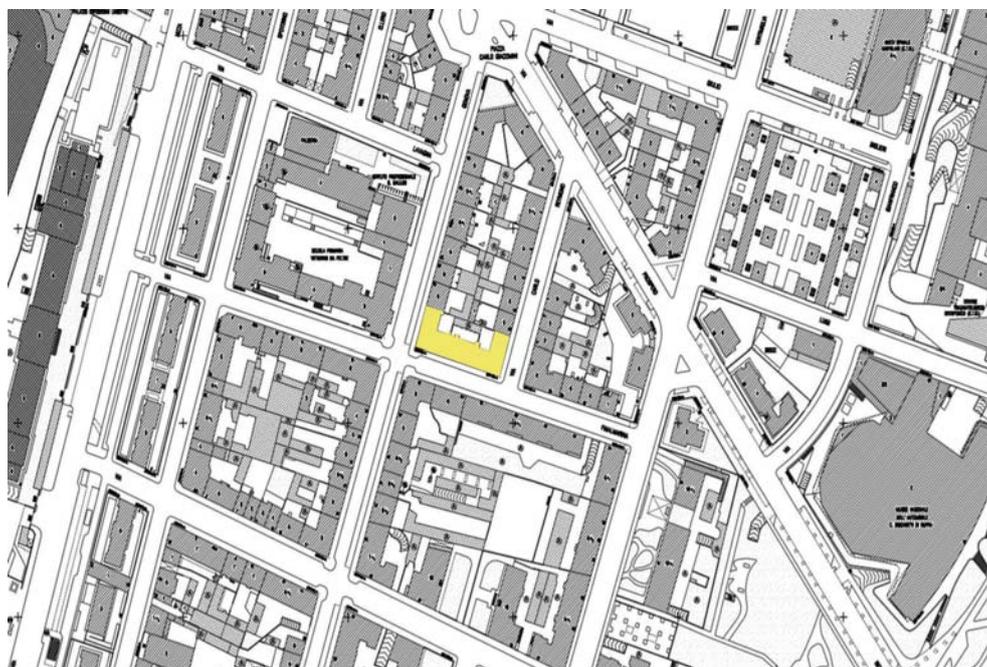


# Capitolo 1. Istituto Comprensivo Statale “Vittorino da Feltre” di Torino

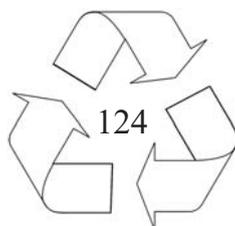


## 8.1.1 Inquadramento

Il plesso scolastico è situato nel quartiere Nizza-Millefonti in via Finalmarina, 5. L'Istituto Comprensivo è stato istituito nel settembre 2013 e comprende Scuole di Infanzia, Scuole Primarie e Secondarie e costituisce da sempre un punto di riferimento per questa parte di quartiere cresciuta lungo l'asse di via Nizza, delimitato dalla zona dei grandi ospedali, da piazza Carducci, il Po e tutte le case costruite intorno al Lingotto. La storia del quartiere, nel dopoguerra caratterizzato da una forte immigrazione dal sud Italia, si è sempre intrecciata con la storia della scuola e della sua popolazione scolastica. Negli ultimi decenni invece ha visto l'insediamento di famiglie provenienti da Paesi extra-europei e dell'Europa dell'Est, attualmente residenti nel quartiere<sup>153</sup>.



▲ Figura 8.2:  
*estratto della carta tecnica  
del comune di Torino*<sup>154</sup>





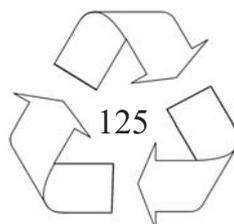
▲ Figura 8.3:  
*vista aerea*<sup>155</sup>

### 8.1.2 Lo stato di fatto

La facciata esistente, si presume in muratura intonacata e si presta come supporto ideale per la sottostruttura ipotizzata. Non conoscendo la natura del laterizio presente sotto lo strato di intonaco, si sono ipotizzati in favore di sicurezza mattoni forati. I serramenti sono in legno vetro singolo nella maggior parte del plesso scolastico.



▲ Figura 8.4:  
*vista attuale della scuola  
Vittorino da Feltre*



### 8.1.3 Lo stato di progetto

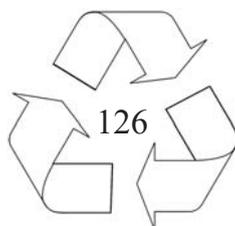
La scuola, vede il fronte principale su via Finalmarina sul lato a sud, è cinto ad est da via Genova ed a ovest da via Spotorno. La progettazione della facciata ventilata vuole consentire una buona ventilazione sia nel periodo estivo che invernale, mirando all'obiettivo di raggiungere un considerevole risparmio energetico. Per risolvere la problematica degli ombreggiamenti sono state pensate due diverse soluzioni.

Per le facciate ad est ed ovest avendo un diverso angolo di incidenza solare, si è pensata una tenda traforata e motorizzata in PVC riciclato da posizionare su ogni serramento. Date le importanti aperture esistenti, che a tratti superano anche i due metri, è stata predisposta la posa di anemometri atti, in caso di forte vento, a chiudere automaticamente le stesse per evitare l'effetto vela.



▲ Figura 8.5:  
*stato di progetto*

La seconda ipotesi progettuale per gli ombreggiamenti invece è rivolta alla facciata principale, per la quale è stata progettata una soluzione con il posizionamento tubi riciclati innestati su pannelli riciclati, entrambe di PVC. Detti tubi, affiancati ed incastrati dentro intagli circolari atti a ricevere la rotazione dei tubi. Il fissaggio previsto avviene mediante un accrescimento nelle asole atte ad evitare qualsiasi possibilità di movimento degli stessi. I pannelli sono agganciati alla sottostruttura mediante staffe e bulloni che garantiscono la stabilità alle sollecitazioni. Il gioco possibile con le cromie dei pannelli e dei tubi rende suggestivo l'impatto visivo con la nuova parete.



Negli interpiani, si prevede la possibilità di sfilare ogni singolo pannello per favorire la manutenzione; a differenza degli altri pannelli questi sono agganciati a dei cilindri di acciaio mediante pinze e possono essere mossi dalle maestranze con notevole semplicità.

Sulle facciate a est ed ovest invece, Tra le varie tipologie di montaggio, la sottostruttura che si è scelta è una struttura in acciaio tipo S275 di tipo puntuale.

Il sistema di ventilazione naturale, prevede delle griglie di ventilazione alla base ed alla sommità per agevolare l'effetto camino necessario al buon funzionamento della tecnologia.

La fase progettuale, benché sottintesa, non ha svolto ragionamenti sull'involucro trasparente.

Infatti, come già visto, il decreto 11 gennaio 2017 (G.U. 23 del 28/01/2017) sono state rese note nuove indicazioni in merito ai *Criteri Ambientali Minimi per gli edifici pubblici*.

Il valore di  $U=1.40$  (W/m<sup>2</sup>K) dovrà essere rispettato e dichiarato dal fornitore.

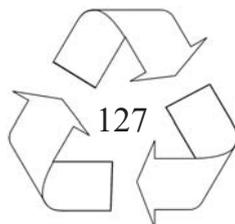


▲ Figura 8.6:  
*simulazione delle ombre  
della facciata a sud il 21  
giugno*

#### 8.1.4 Verifiche normative

L'azione del vento ottenuta a seguito di calcolo è pari a 0,620 KN/m<sup>2</sup>.

La trasmittanza termica emersa dal calcolo svolto è stata calcolata su una sezione ipotizzata con mattoni forati, considerando i valori attuale meno performanti. L'inte-



ra facciata è prevista con 10 cm di isolante in PET riciclato, 10 cm di aria, e 2 cm di pannello in PVC di facciata.

I valori sono di molto inferiori ai minimi di legge, confermando la bontà anche dal punto di vista energetico del progetto.

### VERIFICA DEI PARAMETRI TERMICI IGROMETRICI E TERMICI DINAMICI DEI COMPONENTI EDILIZI OPACHI

Dati zona climatica			
Provincia	Torino	Comune	Torino
Gradi giorno	2617	Zona Climatica	E
	U Coperture	U Pareti	U Pavimenti
Parametri Edificio di riferimento DM 26/6/2015*	0.22	0.26	0.26
Ristrutturazioni e riqualificazioni energetiche DM 26/6/2015*	0.24	0.28	0.29
Valori limite per accedere alle detrazioni (D.M. 26/01/2010)	0.24	0.27	0.30

\* NB. Valori limiti fissati dalla legislazione nazionale e in vigore a partire da 1/1/2021. Verificare i limiti previsti da eventuali provvedimenti in vigore a livello regionale, provinciale o comunale.

La verifica del parametro di trasmittanza termica periodica ( $Y_{ie}$ ) è prevista per edifici nuovi, demolizioni e ricostruzioni e ristrutturazioni di 1° livello in zone con irradianza maggiore o uguale a 290 W/m<sup>2</sup>. Sono esclusi gli edifici in zona climatica F e le categoria E6 e E8.

Limiti previsti DM 26/6/2015:	Coperture	Pareti
	$Y_{ie} < 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$	$Y_{ie} < 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ (in alternativa Massa Superficiale > 230 kg/m <sup>2</sup> )

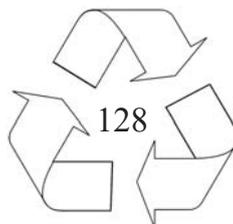
Descrizione della Struttura e Parametri Termici		Statigrafia della struttura
<b>Tipo di struttura</b>	<b>Parete</b>	
Spessore (s)	59.0 cm	
Massa Superficiale (m)	584 Kg/m <sup>2</sup>	
Trasmittanza Termica (U)	0.507 W/m <sup>2</sup> K	
Resistenza Termica (R)	1.972 m <sup>2</sup> K/W	
<b>Parametri Termici Dinamici</b>	<b>Modulo</b>	
Trasmittanza termica periodica ( $Y_{ie}$ )	0.023 W/m <sup>2</sup> K	
Capacità termica areica interna ( $K_i$ )	50.0kJ/m <sup>2</sup> K	
Capacità termica areica esterna ( $K_e$ )	67.1kJ/m <sup>2</sup> K	
Fattore di attenuazione (f)	0.045	
Sfasamento ( $\varphi$ )	24.00 h	
Ammetenza Termica interna ( $Y_{ii}$ )	3.657 W/m <sup>2</sup> K	
Ammetenza Termica esterna ( $Y_{ee}$ )	4.904 W/m <sup>2</sup> K	
Massa superficiale esclusi intonaci	584 Kg/m <sup>2</sup>	

### VERIFICA DEI PARAMETRI TERMICI IGROMETRICI E TERMICI DINAMICI DEI COMPONENTI EDILIZI OPACHI

Tabella descrizione strati

Descrizione dello strato	s	$\rho$	$\mu$	c	$\lambda$	R
	[mm]	[Kg/m <sup>3</sup> ]	[-]	[J/KgK]	[W/mK]	[m <sup>2</sup> K/W]
Strato liminare interno						0.13
1) Malta di calce o di calce e cemento	20.0	1800	20	835	0.900	0.02
2) Blocchi semipieni sp. 45 cm	550.0	931	35	835	0.313	1.76
3) Intonaco di cemento sabbia e calce per esterno	20.0	1800	20	835	0.900	0.02

▲ Figura 8.7:  
valori di trasmittanza termica allo stato attuale<sup>156</sup>



## VERIFICA DEI PARAMETRI TERMICI IGROMETRICI E TERMICI DINAMICI DEI COMPONENTI EDILIZI OPACHI

Dati zona climatica			
Provincia	Torino	Comune	Torino
Gradi giorno	2617	Zona Climatica	E
	U Coperture	U Pareti	U Pavimenti
Parametri Edificio di riferimento DM 26/6/2015*	0.22	0.26	0.26
Ristrutturazioni e riqualificazioni energetiche DM 26/6/2015*	0.24	0.28	0.29
Valori limite per accedere alle detrazioni (D.M. 26/01/2010)	0.24	0.27	0.30

**\* NB. Valori limiti fissati dalla legislazione nazionale e in vigore a partire da 1/1/2021. Verificare i limiti previsti da eventuali provvedimenti in vigore a livello regionale, provinciale o comunale.**

La verifica del parametro di trasmittanza termica periodica ( $Y_{ie}$ ) è prevista per edifici nuovi, demolizioni e ricostruzioni e ristrutturazioni di 1° livello in zone con irradianza maggiore o uguale a 290 W/m<sup>2</sup>. Sono esclusi gli edifici in zona climatica F e le categoria E6 e E8.

Limiti previsti DM 26/6/2015:	Coperture	Pareti
	$Y_{ie} < 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$	$Y_{ie} < 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ (in alternativa Massa Superficiale > 230 kg/m <sup>2</sup> )

Descrizione della Struttura e Parametri Termici		Statigrafia della struttura	
Tipo di struttura	Parete		
Spessore (s)	81.0 cm		
Massa Superficiale (m)	617 Kg/m <sup>2</sup>		
Trasmittanza Termica (U)	0.221 W/m <sup>2</sup> K		
Resistenza Termica (R)	4.515 m <sup>2</sup> K/W		
<b>Parametri Termici Dinamici</b>			
<b>Modulo</b>			
Trasmittanza termica periodica ( $Y_{ie}$ )	0.002 W/m <sup>2</sup> K		
Capacità termica areica interna ( $K_i$ )	50.3kJ/m <sup>2</sup> K		
Capacità termica areica esterna ( $K_e$ )	34.8kJ/m <sup>2</sup> K		
Fattore di attenuazione (f)	0.007		
Sfasamento ( $\varphi$ )	1.12 h		
Ammetenza Termica interna ( $Y_{ii}$ )	3.657 W/m <sup>2</sup> K		
Ammetenza Termica esterna ( $Y_{ee}$ )	2.529 W/m <sup>2</sup> K		
Massa superficiale esclusi intonaci	617 Kg/m <sup>2</sup>		

### VERIFICA DEI PARAMETRI TERMICI IGROMETRICI E TERMICI DINAMICI DEI COMPONENTI EDILIZI OPACHI

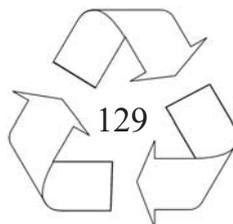
Tabella descrizione strati

Descrizione dello strato	s	$\rho$	$\mu$	c	$\lambda$	R
	[mm]	[Kg/m <sup>3</sup> ]	[-]	[J/KgK]	[W/mK]	[m <sup>2</sup> K/W]
Strato liminare interno						0.13
1) Malta di calce o di calce e cemento	20.0	1800	20	835	0.900	0.02
2) Blocchi semipieni sp. 45 cm	550.0	931	35	835	0.313	1.76
3) Intonaco di cemento sabbia e calce per esterno	20.0	1800	20	835	0.900	0.02
4) Polietilene espanso estruso in continuo non reticolato - 50 kg/m <sup>3</sup>	100.0	50	5000	2090	0.060	1.67
5) Camera debolmente ventilata sp. 10 mm - FTA	100.0	1	1	1000	0.133	0.75
6) Policloruro di vinile (PVC)	20.0	1400	50000	1255	0.160	0.13
Strato liminare esterno						0.04

Legenda

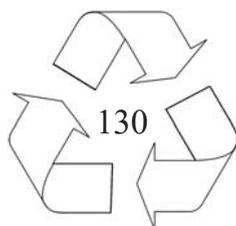
s	spessore dello strato	c	calore specifico del materiale
$\rho$	massa volumica	$\lambda$	conducibilità termica del materiale
$\mu$	fattore di resistenza alla diffusione del vapore	R	resistenza termica degli strati

▲ Figura 8.8:  
valori di trasmittanza termica allo stato di progetto<sup>156</sup>



### **8.1.5 Conclusioni**

Il caso studio proposto è sicuramente suggestivo ed agendo sulle cromie degli ombreggiamenti, può aggiungere alla funzione di ombreggiamento anche un valore ludico volto a rendere più accattivante per i bambini, e propone un sistema interamente sostenibile sia dal punto di vista economico che ambientale e sociale.



## Capitolo 2. Ospedale Martini Nuovo di Torino

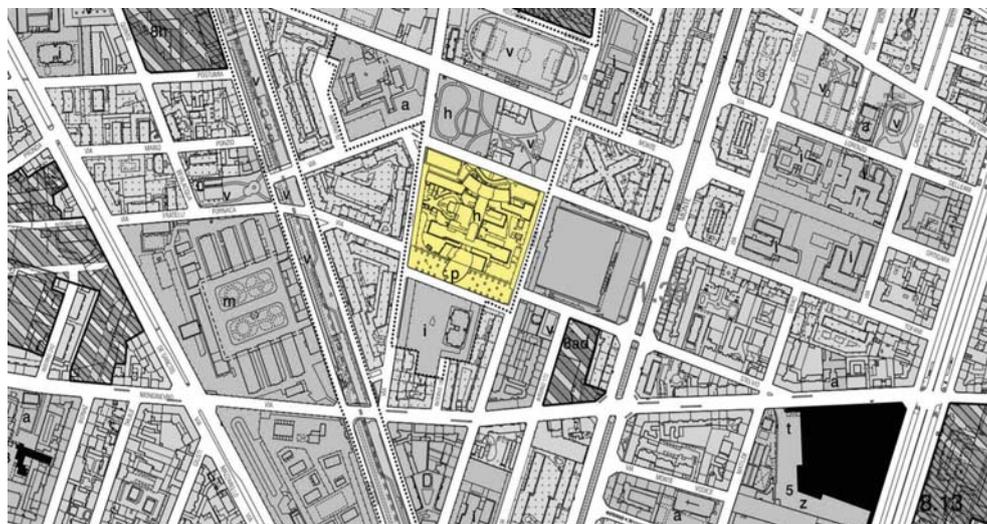
2

### 8.2.1 Inquadramento

Il nosocomio denominato Ospedale Martini Nuovo, Presidio Ospedaliero dell'A.S.L. si trova in via Tofani,71 in Torino nel quartiere di Pozzo Strada, ed è ubicato nella Circoscrizione 3 della città di Torino.

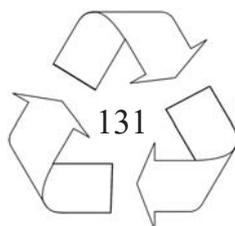
Il nome del Vecchio Ospedale Martini prende il nome da Enrico Martini, privato cittadino. Esso non deve essere confuso infatti con il Vecchio Ospedale Martini, sorto nel 1910 in Corso Ferrucci, il quale a seguito di bombardamenti nel 1942 ha subito irreparabili danni. Il nuovo Ospedale Martini vede l'inizio della progettazione risalire al 1962 e l'inaugurazione è avvenuta nel 1970.

Il corpo centrale comprende nelle sue diramazioni altri sette blocchi per un'altezza sino a sette piani fuori terra con diverse funzioni. Esso ha subito negli anni molte modifiche e l'addossamento di diverse strutture.



▲ Figura 8.9:  
azzonamento PRG  
Ospedale Martini  
Nuovo<sup>137</sup>

Nel nostro progetto è stato preso in considerazione il padiglione G in quanto è stato ritenuto il più interessante in quanto risulta essere il maggiore in altezza, infatti è composto da sette piani fuori terra e due interrati. Nei vari piani, partendo dal basso



si alternano locali tecnici, diabetologia, chirurgia, urologia, ginecologia, pediatria e medicina. L'orientamento della manica è volta a sud, sud/est.

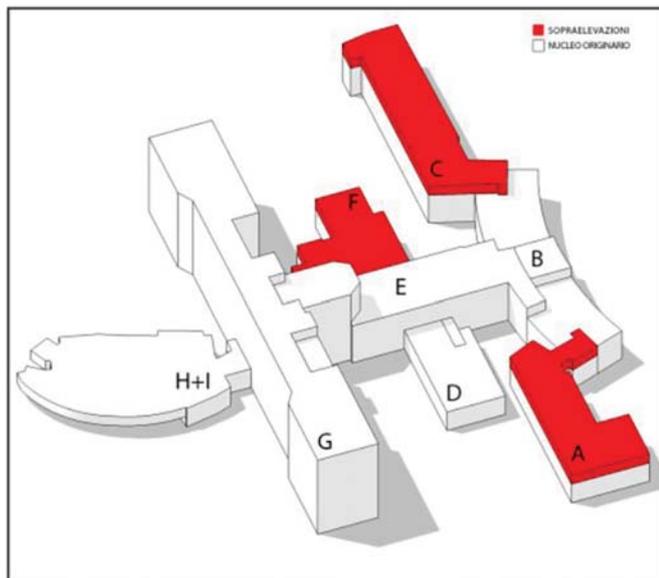


▲ Figura 8.10:  
vista aerea<sup>158</sup>

### 8.2.2 Lo stato di fatto

L'edificio ha una struttura portante in cemento armato riconducibile al collaudo strutturale del 1966.

I tamponamenti sono in laterizio e la superficie di sacrificio è l'intonaco.



◀ Figura 8.11:  
volumetrico  
dell'ospedale con  
i vari padiglioni e  
sopraelevazioni



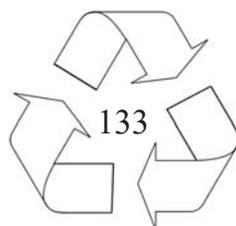
▲ Figura 8.12:  
*ospedale Martini  
Nuovo, il padiglione G*

### 8.2.3 Lo stato di progetto

Il padiglione preso in esame, presenta caratteristiche diverse dagli altri casi studio in quanto presenta una altezza ragguardevole, sette piani fuori terra e sorge su terreno di pertinenza della struttura.



▲ Figura 8.13:  
*stato di progetto*



Lo spiccato è subito parso particolarmente interessante per la formazione di un progetto di facciata ventilata, potendo veramente prevedere nella progettazione uno strato di aria più significativo rispetto ad altri casi, supportato anche dal fatto che sorgendo sul proprio terreno non andrebbe ad incidere su ingombri di competenza, quali marciapiedi o altro.

Relativamente all'altezza della fabbrica, alcuni svantaggi si sono palesati in seno alla normativa.

Fatti salvi i requisiti tecnici dei materiali proposti, la norma volontaria dei Vigili del Fuoco, (Circolare n°5043) prevedendo altezze antincendio massime di metri dodici, ha condizionato la progettazione in quanto le pareti ventilate vengono considerate non ispezionabili se non a seguito dello smontaggio di elementi. Questa condizione ha fatto sorgere la necessità di prevedere nella sottostruttura la realizzazione di elementi di separazione orizzontali (come dal particolare n°10 in allegato) per creare compartimenti e limitare la propagazione dell'incendio.

Inoltre per non perdere il requisito fondamentale della ventilazione, sono state previste griglie di aerazione

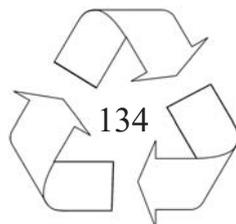
sia al di sopra che al di sotto di questi elementi di rottura.

#### **8.2.4 Verifiche normative**

L'azione del vento è pari a  $0,771 \text{ KN/m}^2$ . La condizione è stata calcolata (in favore di sicurezza) ricavata nella condizione peggiore, all'ultimo piano della costruzione e risulta essere un valore importante.

La trasmittanza è stata ricavata ipotizzando, sempre in favore di sicurezza, una stratigrafia esistente composta da due strati di intonaco ed una parete di mattoni forati.

Anche in questo caso, la verifica effettuata rispetta i minimi normativi.



## VERIFICA DEI PARAMETRI TERMICI IGROMETRICI E TERMICI DINAMICI DEI COMPONENTI EDILIZI OPACHI

Dati zona climatica			
Provincia	Torino	Comune	Torino
Gradi giorno	2617	Zona Climatica	E
	U Coperture	U Pareti	U Pavimenti
Parametri Edificio di riferimento DM 26/6/2015*	0.22	0.26	0.26
Ristrutturazioni e riqualificazioni energetiche DM 26/6/2015*	0.24	0.28	0.29
Valori limite per accedere alle detrazioni (D.M. 26/01/2010)	0.24	0.27	0.30

**\* NB. Valori limiti fissati dalla legislazione nazionale e in vigore a partire da 1/1/2021. Verificare i limiti previsti da eventuali provvedimenti in vigore a livello regionale, provinciale o comunale.**

La verifica del parametro di trasmittanza termica periodica ( $Y_{ie}$ ) è prevista per edifici nuovi, demolizioni e ricostruzioni e ristrutturazioni di 1° livello in zone con irradianza maggiore o uguale a 290 W/m<sup>2</sup>. Sono esclusi gli edifici in zona climatica F e le categoria E6 e E8.

Limiti previsti DM 26/6/2015:	Coperture	Pareti
	$Y_{ie} < 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$	$Y_{ie} < 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ (in alternativa Massa Superficiale > 230 kg/m <sup>2</sup> )

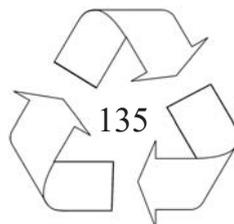
Descrizione della Struttura e Parametri Termici		Statigrafia della struttura
Tipo di struttura	Parete	
Spessore (s)	49.0 cm	
Massa Superficiale (m)	339 Kg/m <sup>2</sup>	
Trasmittanza Termica (U)	0.493 W/m <sup>2</sup> K	
Resistenza Termica (R)	2.027 m <sup>2</sup> K/W	
Parametri Termici Dinamici		
Modulo		
Trasmittanza termica periodica ( $Y_{ie}$ )	0.099 W/m <sup>2</sup> K	
Capacità termica areica interna ( $K_i$ )	50.9kJ/m <sup>2</sup> K	
Capacità termica areica esterna ( $K_e$ )	69.5kJ/m <sup>2</sup> K	
Fattore di attenuazione (f)	0.200	
Sfasamento ( $\varphi$ )	24.00 h	
Ammetenza Termica interna ( $Y_{it}$ )	3.627 W/m <sup>2</sup> K	
Ammetenza Termica esterna ( $Y_{et}$ )	5.003 W/m <sup>2</sup> K	
Massa superficiale esclusi intonaci	339 Kg/m <sup>2</sup>	

## VERIFICA DEI PARAMETRI TERMICI IGROMETRICI E TERMICI DINAMICI DEI COMPONENTI EDILIZI OPACHI

Tabella descrizione strati

Descrizione dello strato	s	$\rho$	$\mu$	c	$\lambda$	R
	[mm]	[Kg/m <sup>3</sup> ]	[-]	[J/KgK]	[W/mK]	[m <sup>2</sup> K/W]
Strato liminare interno						0.13
1) Malta di calce o di calce e cemento	20.0	1800	20	835	0.900	0.02
2) Blocchi forati f.o. sp. 20 cm	200.0	765	10	835	0.328	0.61
3) Camera debolmente ventilata sp. 10 mm - FTA	100.0	1	1	1000	0.133	0.75
4) Blocchi forati f.o. sp. 15 cm	150.0	760	5	835	0.333	0.45
5) Intonaco di cemento sabbia e calce per esterno	20.0	1800	20	835	0.900	0.02
Strato liminare esterno						0.04

▲ Figura 8.14:  
valori di trasmittanza termica allo stato attuale<sup>156</sup>



## VERIFICA DEI PARAMETRI TERMICI IGROMETRICI E TERMICI DINAMICI DEI COMPONENTI EDILIZI OPACHI

Dati zona climatica			
Provincia	Torino	Comune	Torino
Gradi giorno	2617	Zona Climatica	E
	U Coperture	U Pareti	U Pavimenti
Parametri Edificio di riferimento DM 26/6/2015*	0.22	0.26	0.26
Ristrutturazioni e riqualificazioni energetiche DM 26/6/2015*	0.24	0.28	0.29
Valori limite per accedere alle detrazioni (D.M. 26/01/2010)	0.24	0.27	0.30

**\* NB. Valori limiti fissati dalla legislazione nazionale e in vigore a partire da 1/1/2021. Verificare i limiti previsti da eventuali provvedimenti in vigore a livello regionale, provinciale o comunale.**

La verifica del parametro di trasmittanza termica periodica ( $Y_{ie}$ ) è prevista per edifici nuovi, demolizioni e ricostruzioni e ristrutturazioni di 1° livello in zone con irradianza maggiore o uguale a 290 W/m<sup>2</sup>. Sono esclusi gli edifici in zona climatica F e le categoria E6 e E8.

Limiti previsti DM 26/6/2015:	Coperture	Pareti
	$Y_{ie} < 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$	$Y_{ie} < 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ (in alternativa Massa Superficiale > 230 kg/m <sup>2</sup> )

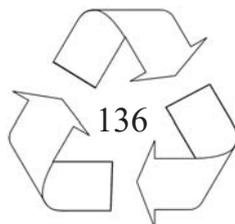
Descrizione della Struttura e Parametri Termici		Statigrafia della struttura
Tipo di struttura	Parete	
Spessore (s)	71.0 cm	
Massa Superficiale (m)	372 Kg/m <sup>2</sup>	
Trasmittanza Termica (U)	0.219 W/m <sup>2</sup> K	
Resistenza Termica (R)	4.570 m <sup>2</sup> K/W	
Parametri Termici Dinamici		
Trasmittanza termica periodica ( $Y_{ie}$ )	0.007 W/m <sup>2</sup> K	
Capacità termica areica interna ( $K_i$ )	49.8kJ/m <sup>2</sup> K	
Capacità termica areica esterna ( $K_e$ )	34.7kJ/m <sup>2</sup> K	
Fattore di attenuazione (f)	0.030	
Sfasamento ( $\varphi$ )	24.00 h	
Ammettenza Termica interna ( $Y_{it}$ )	3.627 W/m <sup>2</sup> K	
Ammettenza Termica esterna ( $Y_{et}$ )	2.529 W/m <sup>2</sup> K	
Massa superficiale esclusi intonaci	372 Kg/m <sup>2</sup>	

## VERIFICA DEI PARAMETRI TERMICI IGROMETRICI E TERMICI DINAMICI DEI COMPONENTI EDILIZI OPACHI

Tabella descrizione strati

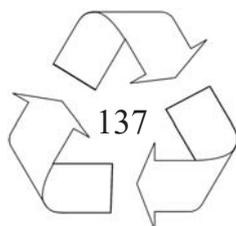
Descrizione dello strato	s	$\rho$	$\mu$	c	$\lambda$	R
	[mm]	[Kg/m <sup>3</sup> ]	[-]	[J/KgK]	[W/mK]	[m <sup>2</sup> K/W]
Strato liminare interno						0.13
1) Malta di calce o di calce e cemento	20.0	1800	20	835	0.900	0.02
2) Blocchi forati f.o. sp. 20 cm	200.0	765	10	835	0.328	0.61
3) Camera debolmente ventilata sp. 10 mm - FTA	100.0	1	1	1000	0.133	0.75
4) Blocchi forati f.o. sp. 15 cm	150.0	760	5	835	0.333	0.45
5) Intonaco di cemento sabbia e calce per esterno	20.0	1800	20	835	0.900	0.02
6) Polietilene espanso estruso in continuo non reticolato - 50 kg/m <sup>3</sup>	100.0	50	5000	2090	0.060	1.67
7) Camera debolmente ventilata sp. 10 mm - FTA	100.0	1	1	1000	0.133	0.75
8) Policloruro di vinile (PVC)	20.0	1400	50000	1255	0.160	0.13
Strato liminare esterno						0.04

▲ Figura 8.15:  
valori di trasmittanza termica allo stato di progetto<sup>156</sup>



### **8.2.5 Conclusioni**

La soluzione progettuale adottata nel secondo caso studio, dato l'oggetto preso in esame differisce dagli altri come detto per la problematica antincendio, alla quale si è cercato di proporre una soluzione attinente alla norma pur senza rinunciare alla sostenibilità ed al risparmio energetico. Non sono stati presi in considerazione, per le motivazioni di cui al caso studio precedente, i serramenti.







▲ Figura 8.17:  
vista aerea<sup>158</sup>

### 8.3.2 Lo stato di fatto

Il fabbricato si presenta a esse come edificio composto da tre piani fuori terra, un'alta zoccolatura in pietra ed una facciata sobria e razionale. La struttura massiva lascia supporre ad una costruzione in laterizio.

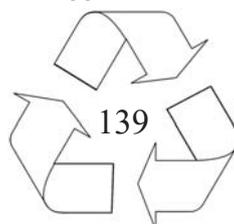
La copertura a padiglione con tegole di laterizio. I serramenti sono in legno e vetro singolo.



◀ Figura 8.18:  
uffici anagrafe  
della Circoscrizione 8,  
stato di fatto

### 8.3.3 Lo stato di progetto

L'esposizione delle facciate interessate al progetto sono poste a nord-est e nord-ovest, per cui rappresenta un legame con i precedenti nella tecnologia adottata ma necessita di un diverso approccio metodologico. Infatti per sua natura e per le coerenze, non richiede uno studio sugli ombreggiamenti e neppure, data la modesta altezza,



accorgimenti di antincendio particolari. Questi dati iniziali depongono progettualmente a favore di una facciata debolmente ventilata ed inoltre, insistendo sul suolo pubblico devono suggerire una sezione il più possibile contenuta.



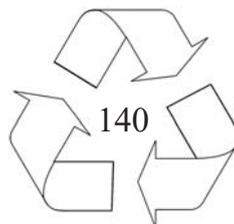
◀ Figura 8.18:  
*uffici anagrafe  
della Circoscrizione 8,  
stato di progetto*

### 8.3.4 Verifiche normative

L'azione del vento è pari a  $0,612 \text{ KN/m}^2$ .

La verifica della trasmittanza termica, anche in questo terzo caso studio parte da valori poco performanti.

Il calcolo effettuato con la stratigrafia di progetto verifica anche qui i valori minimi della normativa.



## VERIFICA DEI PARAMETRI TERMICI IGROMETRICI E TERMICI DINAMICI DEI COMPONENTI EDILIZI OPACHI

Dati zona climatica			
Provincia	Torino	Comune	Torino
Gradi giorno	2617	Zona Climatica	E
	U Coperture	U Pareti	U Pavimenti
Parametri Edificio di riferimento DM 26/6/2015*	0.22	0.26	0.26
Ristrutturazioni e riqualificazioni energetiche DM 26/6/2015*	0.24	0.28	0.29
Valori limite per accedere alle detrazioni (D.M. 26/01/2010)	0.24	0.27	0.30

\* NB. Valori limiti fissati dalla legislazione nazionale e in vigore a partire da 1/1/2021. Verificare i limiti previsti da eventuali provvedimenti in vigore a livello regionale, provinciale o comunale.

La verifica del parametro di trasmittanza termica periodica ( $Y_{ie}$ ) è prevista per edifici nuovi, demolizioni e ricostruzioni e ristrutturazioni di 1° livello in zone con irradianza maggiore o uguale a 290 W/m<sup>2</sup>. Sono esclusi gli edifici in zona climatica F e le categoria E6 e E8.

Limiti previsti DM 26/6/2015:	Coperture	Pareti
	$Y_{ie} < 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$	$Y_{ie} < 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ (in alternativa Massa Superficiale > 230 kg/m <sup>2</sup> )

Descrizione della Struttura e Parametri Termici		Statigrafia della struttura
Tipo di struttura	Parete	
Spessore (s)	44.0 cm	
Massa Superficiale (m)	394 Kg/m <sup>2</sup>	
Trasmittanza Termica (U)	0.712 W/m <sup>2</sup> K	
Resistenza Termica (R)	1.405 m <sup>2</sup> K/W	
Parametri Termici Dinamici		
Trasmittanza termica periodica ( $Y_{ie}$ )	0.137 W/m <sup>2</sup> K	
Capacità termica areica interna ( $K_i$ )	51.0kJ/m <sup>2</sup> K	
Capacità termica areica esterna ( $K_e$ )	67.2kJ/m <sup>2</sup> K	
Fattore di attenuazione (f)	0.193	
Sfasamento ( $\varphi$ )	24,00 h	
Ammetenza Termica interna ( $Y_{ii}$ )	3.615 W/m <sup>2</sup> K	
Ammetenza Termica esterna ( $Y_{ee}$ )	4.813 W/m <sup>2</sup> K	
Massa superficiale esclusi intonaci	394 Kg/m <sup>2</sup>	

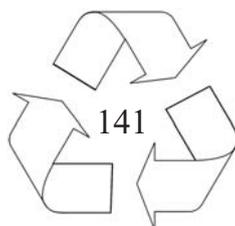
## VERIFICA DEI PARAMETRI TERMICI IGROMETRICI E TERMICI DINAMICI DEI COMPONENTI EDILIZI OPACHI

Tabella descrizione strati

Descrizione dello strato	s	$\rho$	$\mu$	c	$\lambda$	R
	[mm]	[Kg/m <sup>3</sup> ]	[-]	[J/KgK]	[W/mK]	[m <sup>2</sup> K/W]
Strato liminare interno						0.13
1) Malta di calce o di calce e cemento	20.0	1800	20	835	0.900	0.02
2) Blocchi semipieni sp. 40 cm	400.0	805	30	835	0.336	1.19
3) Intonaco di cemento sabbia e calce per esterno	20.0	1800	20	835	0.900	0.02
Strato liminare esterno						0.04

Legenda

▲ Figura 8.20:  
valori di trasmittanza termica allo stato attuale<sup>156</sup>



## VERIFICA DEI PARAMETRI TERMICI IGROMETRICI E TERMICI DINAMICI DEI COMPONENTI EDILIZI OPACHI

Dati zona climatica			
Provincia	Torino	Comune	Torino
Gradi giorno	2617	Zona Climatica	E
	U Coperture	U Pareti	U Pavimenti
Parametri Edificio di riferimento DM 26/6/2015*	0.22	0.26	0.26
Ristrutturazioni e riqualificazioni energetiche DM 26/6/2015*	0.24	0.28	0.29
Valori limite per accedere alle detrazioni (D.M. 26/01/2010)	0.24	0.27	0.30

**\* NB. Valori limiti fissati dalla legislazione nazionale e in vigore a partire da 1/1/2021. Verificare i limiti previsti da eventuali provvedimenti in vigore a livello regionale, provinciale o comunale.**

La verifica del parametro di trasmittanza termica periodica ( $Y_{ie}$ ) è prevista per edifici nuovi, demolizioni e ricostruzioni e ristrutturazioni di 1° livello in zone con irradianza maggiore o uguale a 290 W/m<sup>2</sup>. Sono esclusi gli edifici in zona climatica F e le categoria E6 e E8.

Limiti previsti DM 26/6/2015:	Coperture	Pareti
	$Y_{ie} < 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$	$Y_{ie} < 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ (in alternativa Massa Superficiale > 230 kg/m <sup>2</sup> )

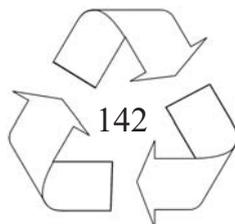
Descrizione della Struttura e Parametri Termici		Statigrafia della struttura
<b>Tipo di struttura</b>	<b>Parete</b>	
Spessore (s)	66.0 cm	
Massa Superficiale (m)	427 Kg/m <sup>2</sup>	
Trasmittanza Termica (U)	0.253 W/m <sup>2</sup> K	
Resistenza Termica (R)	3.948 m <sup>2</sup> K/W	
<b>Parametri Termici Dinamici</b>	<b>Modulo</b>	
Trasmittanza termica periodica ( $Y_{ie}$ )	0.009 W/m <sup>2</sup> K	
Capacità termica areica interna ( $K_i$ )	49.6kJ/m <sup>2</sup> K	
Capacità termica areica esterna ( $K_e$ )	34.7kJ/m <sup>2</sup> K	
Fattore di attenuazione (f)	0.037	
Sfasamento ( $\varphi$ )	24.00 h	
Ammetenza Termica interna ( $Y_{it}$ )	3.616 W/m <sup>2</sup> K	
Ammetenza Termica esterna ( $Y_{et}$ )	2.530 W/m <sup>2</sup> K	
Massa superficiale esclusi intonaci	427 Kg/m <sup>2</sup>	

## VERIFICA DEI PARAMETRI TERMICI IGROMETRICI E TERMICI DINAMICI DEI COMPONENTI EDILIZI OPACHI

Tabella descrizione strati

Descrizione dello strato	s	$\rho$	$\mu$	c	$\lambda$	R
	[mm]	[Kg/m <sup>3</sup> ]	[-]	[J/KgK]	[W/mK]	[m <sup>2</sup> K/W]
Strato liminare interno						0.13
1) Malta di calce o di calce e cemento	20.0	1800	20	835	0.900	0.02
2) Blocchi semipieni sp. 40 cm	400.0	805	30	835	0.336	1.19
3) Intonaco di cemento sabbia e calce per esterno	20.0	1800	20	835	0.900	0.02
4) Polietilene espanso estruso in continuo non reticolato - 50 kg/m <sup>3</sup>	100.0	50	5000	2090	0.060	1.67
5) Camera debolmente ventilata sp. 10 mm - FTA	100.0	1	1	1000	0.133	0.75

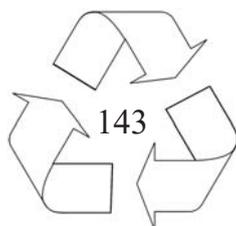
▲ Figura 8.15:  
valori di trasmittanza termica allo stato di progetto<sup>156</sup>

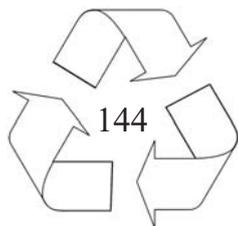


### **8.3.5 Conclusioni**

Anche in questo caso per le ragioni di cui al primo ed al secondo caso studio, non sono stati presi in considerazione i serramenti, ma soltanto l'involucro opaco.

Questo caso studio può essere inteso come uno spunto per riqualificare energeticamente e sostenibilmente un edificio (sempre pubblico) ma con un'esposizione meno favorevole e dunque portatore di problematiche differenti rispetto alle precedenti ipotesi.





## PARTE NONA

### Conclusioni

La ricerca effettuata in questo ultimo anno, girovagando per diverse aziende del nord Italia, legate in qualche modo alla filiera delle materie plastiche e del loro riciclo, ha evidenziato come il tema sia sempre più trattato. L'anello mancante di tutto questo processo virtuoso, è il "forma mentis" generale che ancora non pare essere decollato.

I casi studio proposti, seppure legati da uno medesimo approccio tecnologico di pareti avanzate, vogliono offrire un piccolo ventaglio di idee progettuali e di soluzioni alle varie problematiche, legate alle diverse conformazioni ed esposizioni degli edifici. La scelta è ricaduta in ognuno dei tre casi, su fabbricati pubblici, molto diversificati tra loro nell'uso, nell'esposizione e nella posizione, proprio perché si crede fortemente che è dalla "res publica" che il singolo può maturare una coscienza ecologica e sostenibile, ed attingere convinzione anche per portare la sostenibilità nel suo privato.

Facendo uno zoom sulla facciata ventilata con il riciclo delle materie plastiche, si vedono unirsi diverse discipline e tecnologie di varia estrazione (la chimica, l'architettura, l'ingegneria). Quando viene dato il giusto spazio alla progettazione, questa offre prestazioni energetiche e termiche molto buone, sia per il regime invernale che per il regime estivo.

Affiancando a questa tecnologia legata ad una consapevole sostenibilità ambientale e ragionevolmente anche economica, la progettazione degli elementi e la successiva gestione del cantiere vero e proprio, possono sviluppare idee innovative.

Rimane dunque una proposta che ha come scopo ultimo quello di offrire un segnale di cambiamento nell'intendimento di un progetto fine a se stesso, ricostruendo una piccola suggestione per poter guardare con sognante fiducia al futuro della "nostra casa comune".

## Riferimenti bibliografici

- [I] Lea Vergine, *Trash Quando i rifiuti diventano un arte*, Milano, Electa, 1997
- [II] Ennio Rigamonti, *Il riciclo dei materiali in edilizia*, Rimini, Maggioli, 1996
- [III] Cris Van Uffelen, *Materiali plastici per l'architettura contemporanea*, Milano, 24Ore, 2008
- [IV] Knippers, Jan, *Atlante della sostenibilità*, Torino, Utet, 2008
- [V] Knippers, Jan, *Atlante delle materie plastiche*, Torino, Utet, 2011
- [VI] Frida Bazzocchi, Franco Nuti, *Facciate ventilate: architettura, prestazioni, tecnologia*, Firenze, Alinea, 2002
- [VII] Angelo Lucchini, *Le pareti ventilate*, Milano, Il Sole 24 ore, 2000
- [VIII] Barbara Bartoli, *Architettura sostenibile, la Casa Passiva*, Casoria (Na), Sistemi Editoriali, 2013
- [IX] Elena Fregonara, *Valutazione sostenibilità progetto*, Milano, Franco Angeli srl, 2015
- [X] Wittfrida Mitterer, Gabriele Manella, *Costruire sostenibilità: crisi ambientale e bioarchitettura*, Milano, Angeli, 2013
- [XI] Andrea Giacchetta, Adriano Magliocco, *Progettazione sostenibile: dalla pianificazione territoriale all'ecodesign*, Roma, Carocci, 2007
- [XII] Cumo Fabrizio, Umberto Di Matteo, Sabrina Burlandi, *Itaca: applicazione critica del protocollo per la valutazione della sostenibilità energetica e ambientale degli edifici. Casi di studio in edilizia residenziale e terziaria*, Roma, Gangemi, 2012
- [XIII] Sferra Adriana, *Obiettivo "quasi zero": un percorso verso la sostenibilità ambientale*, Milano, Angeli, 2013
- [XIV] Carlo Vezzoli, *Design per la sostenibilità ambientale*, Bologna, Zanichelli, 2016
- [XV] Marta Bottero, Giulio Mondini, *Valutazione e sostenibilità: piani, programmi, progetti*, Torino, Celid, 2009
- [XVI] Bruno Zanon, *Il territorio della sostenibilità*, Firenze, Alinea, 2008
- [XVII] Paola Altamura, *Costruire a zero rifiuti: strategie e strumenti per la prevenzione e l'upcycling dei materiali di scarto in edilizia*, Milano, Angeli, 2015
- [XVIII] Clemens Richarz, Christina Schulz, Friedmann Zeitler, *Riqualificazione energetica*, Torino, Utet, 2008
- [XIX] Roberto Giordano, *I prodotti per l'edilizia sostenibile: la compatibilità ambientale dei materiali nel processo edilizio*, Napoli, Sistemi Editoriali, 2010
- [XX] Eckard Mommertz, Muller-BBM, *Acustica e isolamento acustico*, Torino, Utet, 2009
- [XXI] Valentino Manni, *Il soleggiamento in architettura: strumenti di valutazione*, Roma, Carocci, 2010
- [XXII] Aymara Arreaza R., *Architettura e design ecosostenibili*, Cina, 2011
- [XXIII] Gruppo Prefa, *Guida alla progettazione per facciate prefa*, Bolzano
- [XXIV] Unicmi, *Linee guida per la progettazione e la posa in opera delle facciate ventilate*, Milano, 2013

## Riferimenti sitografici

1. <http://www.garzantilinguistica.it/ricerca/?q=ambiente>
2. <http://www.treccani.it/enciclopedia/inquinamento/>
3. <https://www.legambiente.it/temi/inquinamento>
4. <https://www.legambiente.it/temi/inquinamento>
5. <http://www.sapere.it/sapere/strumenti/studiafacile/biologia/Evoluzione-e-diversit--dei-viventi/a-storia-della-vita- sulla-Terra/L-evoluzione-dell-uomo.html>
6. <https://www.impresamia.com/sostenibilita-per-unazienda-sostenibile-lesempio-deve-arrivae-dal-lalto-ricerca-jobrapido/>
7. <https://www.ilfattoquotidiano.it/2017/07/31/earth-overshoot-day-il-2-agosto-gia-finite-le-risorse-della-terra-per-il-2017-e-ogni-anno-va-peggio>
8. <http://3.bp.blogspot.com/-BRB6690W2uo/VkGsIUUkMPI/AAAAAAAAAc0/NjZajHX0eNs/1600/gas%2Bserra.jpg>
9. <http://www.moschito.it/wp-content/uploads/2016/09/GettyImages-497304466-1024x638.jpg>
10. [http://nst.sky.it/content/dam/static/contentimages/original/sezioni/tg24/ambiente/2017/01/23/spazzatura\\_plastica\\_getty.jpg/\\_jcr\\_content/renditions/cq5dam.web.738.462.jpeg](http://nst.sky.it/content/dam/static/contentimages/original/sezioni/tg24/ambiente/2017/01/23/spazzatura_plastica_getty.jpg/_jcr_content/renditions/cq5dam.web.738.462.jpeg)
11. <http://www.24live.it/112912-approfondimento-linquinamento-marino>
12. <http://www.hitechambiente.com/>
13. Dossier presentato a Davos in Svizzera nel 2016
14. <http://protectaweb.it/ambiente/inquinamento/831-inquinamento-marino-da-rifiuti-plastici>
15. [http://nst.sky.it/content/dam/static/contentimages/original/sezioni/tg24/ambiente/2017/01/23/un\\_mare\\_da\\_salvare\\_faq.jpg/\\_jcr\\_content/renditions/cq5dam.web.738.462.jpeg](http://nst.sky.it/content/dam/static/contentimages/original/sezioni/tg24/ambiente/2017/01/23/un_mare_da_salvare_faq.jpg/_jcr_content/renditions/cq5dam.web.738.462.jpeg)
16. <https://www.impresamia.com/ambiente-imballaggi-olastica/>
17. <https://www.focus.it/ambiente/ecologia/calcolata-la-quantita-di-plastica-prodotta-dalluomo-8-miliardi-e-300-milioni-di-tonnellate>
18. <http://www.hitechambiente.com/>
19. [http://www.riciclanews.it/ambiente-e-territorio/piemonte-approvata-legge-su-gestione-rifiuti-urbani-entro-il-2020-regione-al-passo-con-ue\\_8202.html](http://www.riciclanews.it/ambiente-e-territorio/piemonte-approvata-legge-su-gestione-rifiuti-urbani-entro-il-2020-regione-al-passo-con-ue_8202.html)
20. [http://www.huffingtonpost.it/2015/10/13/10-rifiuti-che-inquinano-di-piu\\_n\\_8284146.html](http://www.huffingtonpost.it/2015/10/13/10-rifiuti-che-inquinano-di-piu_n_8284146.html)
21. <http://www.metallirari.com/paesi-producono-piu-alluminio-nel-mondo/>
22. <http://www.howtobegreen.eu/greenreport.asp?title=334>
23. <http://www.subfornituranews.it/riciclare-la-plastica-termoindurenteora-si-puo/>
24. Knippers, Jan, Atlante delle materie plastiche, Torino , Utet , 2011
25. <http://pslc.ws/italian/plastic.htm>
26. <http://www.aqualunateatro.com/upload/2/6b/26b2c37801d6a7a1ec1b7fc958c564f8.jpg>
27. prof. Tulliani Jean Marc Christian “Sostenibilità di processi e prodotti nei materiali per l’architettura” Lez. 16
28. [http://www.archiportale.com/news/2013/03/architettura/la-nuova-collezione-outdoor-di-ydf\\_32570\\_3.html](http://www.archiportale.com/news/2013/03/architettura/la-nuova-collezione-outdoor-di-ydf_32570_3.html)
29. [https://www.pneurama.com/it/rivista\\_articolo.php/SI-FA-PRESTO-A-DIRE-GOMMA-?ID=18283](https://www.pneurama.com/it/rivista_articolo.php/SI-FA-PRESTO-A-DIRE-GOMMA-?ID=18283)
30. <http://www.futurenergie.org/ww/it/pub/futurnergia/chats/plastics.htm>
31. <http://www.casesicure.it/2014/07/08/materie-plastiche-destinate-alle-costruzioni/>
32. [http://www.FINALBuilding\\_Construction\\_brochure\\_web\\_IT.pdf](http://www.FINALBuilding_Construction_brochure_web_IT.pdf)
33. <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/30/Plastic-recyc-03.svg/220px-Plastic-recyc-03.svg.png>
34. <http://www.polimerica.it/articolo.asp?id=8208>
35. <http://www.infissivaccher.it/img/-DPQ-82.jpg>
36. <http://gplast.ro.it/wp-content/uploads/2017/06/pvc162.gif>

37. <https://www.simplifiedbuilding.com/projects/color-furniture-grade-pvc-fittings-now-available>  
38. <http://www.pvcforum.it/it/pvc/materie-prime-e-additivi.html>  
39. <https://www.polimerica.it/articolo.asp?id=9951>  
40. <https://www.polimerica.it/articolo.asp?id=910>  
41. <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/18/Plastic-recyc-02.svg/220px-Plastic-recyc-02.svg.png>  
42. <http://www.chimica-online.it/materiali/fibre-tessili/polietilene.htm>  
43. <https://multimedia.3m.com/mws/media/759942P/3mtm-hard-hat-yellow-4-point-ratchet-suspension-h-702r-20-ea.jpg>  
44. <http://www.francocantiere.it/922/tubo-polietilene-acqua-pn16-o50-mm-rotolo-100-mt.jpg>  
45. [http://www.robertadeiana.com/2012/08/raccolte-di-tappi-e-beneficenza-realta-o-leggenda-metropolitana/tappi\\_vite/](http://www.robertadeiana.com/2012/08/raccolte-di-tappi-e-beneficenza-realta-o-leggenda-metropolitana/tappi_vite/)  
46. <http://www.las.provincia.venezia.it/discscien/chimica/materieplastiche/polietilene.html>  
47. <http://www.etichettaalimentare.com/wp-content/uploads/2017/10/sigla-riciclo-pet.jpg>  
48. <https://ilblogdellasci.wordpress.com/2016/01/24/polietilene-terefalato-nellindustria-alimentare/>  
49. <https://www.google.it/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fwww.inchiostroverde.it>  
50. <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d7/Plastic-recyc-06.svg/220px-Plastic-recyc-06.svg.png>  
51. <https://www.casapratica.it/pareti-solai/isolamento-pareti/utilizzo-dei-pannelli-di-polistirolo.asp>  
52. <http://www.styrodur-italia.it/prodotti/styrodur-3035-cs/>  
53. <https://it.wikipedia.org/wiki/Polistirene>  
54. <http://www.expol.it/conoscere-leps/ciclo-produzione-del-polistirene-espanso/>  
55. <http://rienergia.staffettaonline.com/articolo/32746>  
56. [http://www.difesambiente.it/uomo\\_ambiente/recupero\\_plastica.aspx](http://www.difesambiente.it/uomo_ambiente/recupero_plastica.aspx)  
57. <http://www.plastix.it/materie-plastiche-le-quotazioni-gennaio-2017/>  
58. [https://www.borsainside.com/mercati\\_usa/67347-prezzo-petrolio-previsioni-2018-tra-60-e-80-dollari-quotazioni-sono-occasioni-di-trading/](https://www.borsainside.com/mercati_usa/67347-prezzo-petrolio-previsioni-2018-tra-60-e-80-dollari-quotazioni-sono-occasioni-di-trading/)  
59. [http://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/reach/5\\_conferenza/18.Carlo\\_Ciotti\\_PVC\\_Forum\\_Italia.pdf](http://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/reach/5_conferenza/18.Carlo_Ciotti_PVC_Forum_Italia.pdf)  
60. <https://www.polimerica.it/articolo.asp?id=18219>  
61. <http://nonsoloambiente.it/economia-circolare/rifiuti/riciclo-del-pvc-eccellenza-italiana-il-caso-della-ferrarese-vinyloop/>  
62. [http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=LIGHT\\_PET\\_Best\\_Practice\\_Manual\\_Public\\_IT.pdf](http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=LIGHT_PET_Best_Practice_Manual_Public_IT.pdf)  
63. <http://www.ilpost.it/2016/11/12/bottiglie-plastica-ambiente/>  
64. <http://www.fontanellisistemicostruttivi.it/wp-content/gallery/lavori-cartongesso/dsc06125.jpg>  
65. <http://www.italia.it/it/idee-di-viaggio/arte-e-storia/la-sardegna-dei-nuraghi.html>  
66. [http://www.casaclima.com/ar\\_13635\\_\\_QUESITI-TECNICI-FAQ-INVOLUCRO-tramezzi--gli-Tramezzi-leggeri-vantaggi-e-svantaggi.html](http://www.casaclima.com/ar_13635__QUESITI-TECNICI-FAQ-INVOLUCRO-tramezzi--gli-Tramezzi-leggeri-vantaggi-e-svantaggi.html)  
67. <http://www.ediltecnicamolei.it/index.php?p=prodotti&c=15>  
68. <http://modulo.net/it/appfondimenti/leffetto-camino-delle-facciate-ventilate>  
69. SOFIT snc di Barbieri Mario e C. - via statale 467, n.16 - 42013 Casalgrande (RE)  
70. [https://www.archweb.it/Articoli\\_Archweb/Facciate\\_ventilate/Funzionamento-facciata-ventilata.jpg](https://www.archweb.it/Articoli_Archweb/Facciate_ventilate/Funzionamento-facciata-ventilata.jpg)  
71. [http://www.ae-review.it/resCache/site47360/res609282\\_fit\\_500x0\\_0MC0x0x10000x9937x2.jpg](http://www.ae-review.it/resCache/site47360/res609282_fit_500x0_0MC0x0x10000x9937x2.jpg)  
72. [http://www.ae-review.it/resCache/site47360/res609282\\_fit\\_500x0\\_0MC0x0x10000x9937x2.jpg](http://www.ae-review.it/resCache/site47360/res609282_fit_500x0_0MC0x0x10000x9937x2.jpg)  
73. <http://www.ingiuseppesantoro.it/appfondimenti.html>  
74. <http://www.ingegneri.info/news/edilizia/studiare-la-condensazione-interstiziale-con-il-metodo-di-glasser-un-esempio-di-calcolo/>  
75. <https://www.thermorex.it/comportamento-al-fuoco/> <https://www.thermorex.it/comportamento-al-fuoco/>  
76. <http://www.infobuildenergia.it/notizie/4-bandi-marche-efficienza-energetica-impres-6036.html>  
77. <http://www.blogsicilia.it/wp-content/uploads/2015/01/vento.jpg>

78. <http://www.la-certificazione-energetica.net>  
79. <https://gossipgirl958.wordpress.com/vantaggi-e-svantaggi-dellacquisto-su-un-sito-e-commerce/>  
80. <http://www.mapier.it/it/news/che-cos%E2%80%99%C3%A8-una-parete-ventilata-come-si-realizza>  
81. [http://www.vallihome.it/FA\\_VE\\_COTTO.aspx](http://www.vallihome.it/FA_VE_COTTO.aspx)  
82. [https://www.marazzi.it/soluzioni-architettura/marazzi-engineering/facciate-ventilate/facciate\\_ventilate\\_vantaggi/](https://www.marazzi.it/soluzioni-architettura/marazzi-engineering/facciate-ventilate/facciate_ventilate_vantaggi/)  
83. [http://img.archiexpo.it/images\\_ae/photo-g/65431-10824357.jpg](http://img.archiexpo.it/images_ae/photo-g/65431-10824357.jpg)  
84. <http://www.duessecoperture.com/facciate-in-metallo-bergamo-duesse/>  
85. <http://www.latimes.com/entertainment/arts/la-ca-cm-building-type-guggenheim-bilbao-at-20-20171012->  
86. [http://img.archiexpo.it/images\\_ae/photo-g/78304-11460625.jpg](http://img.archiexpo.it/images_ae/photo-g/78304-11460625.jpg)  
87. <http://www.cnaveneto.it/sites/default/files/article-placeholder-image/cnaveneto-uni-norme-tecniche.jpg>  
88. Sito [www.UNI.com](http://www.UNI.com)  
89. Sostenibilità di processi e prodotti nei materiali per l'architettura, Prof.J.M.Tulliani  
90. [http://www.sogesid.it/immagini/Attivita\\_Img2.gif](http://www.sogesid.it/immagini/Attivita_Img2.gif)  
91. prof.Tulliani Jean Marc Christian“Sostenibilità di processi e prodotti nei materiali per l'architettura”\_  
92. [http://www.3csc.it/index.php?option=com\\_content&view=article&id=736:stoccolma-1972-la-pri-ma-conferenza-onu-sullambiente-umano&catid=133:meetings&Itemid=136](http://www.3csc.it/index.php?option=com_content&view=article&id=736:stoccolma-1972-la-pri-ma-conferenza-onu-sullambiente-umano&catid=133:meetings&Itemid=136)  
93. [https://www.lifegate.it/persone/news/montreal\\_1987\\_primo\\_passo\\_per\\_ridurre\\_il\\_buco\\_nello\\_strato\\_di\\_ozono1](https://www.lifegate.it/persone/news/montreal_1987_primo_passo_per_ridurre_il_buco_nello_strato_di_ozono1)  
94. [https://www.lifegate.it/persone/news/2\\_1992\\_rio\\_de\\_janeiro\\_summit\\_della\\_terra\\_su\\_ambiente\\_e\\_sviluppo1](https://www.lifegate.it/persone/news/2_1992_rio_de_janeiro_summit_della_terra_su_ambiente_e_sviluppo1)  
95. I prodotti per l'edilizia sostenibile,Roberto Giordano, Sistemi editoriali,2010  
96. [http://images.slideplayer.it/1/188699/slides/slide\\_9.jpg](http://images.slideplayer.it/1/188699/slides/slide_9.jpg)  
97. <https://www.legambiente.it/contenuti/articoli/trattati-sul-clima>  
98. <https://www.tuttogreen.it/che-cos%E2%80%99e-la-casa-passiva-e-quanto-si-risparmia/>  
99. <https://media.lavorincasa.it/post/2/1201/data/logo.jpg>  
100. [https://www.minergie.ch/media/20170515\\_flyer\\_baustandard\\_minergie\\_it\\_rgb\\_1.pdf](https://www.minergie.ch/media/20170515_flyer_baustandard_minergie_it_rgb_1.pdf)  
101. <https://zedprogetti.it/wp-content/uploads/2017/11/green-leed.jpg>  
102. [https://it.wikipedia.org/wiki/Leadership\\_in\\_Energy\\_and\\_Environmental\\_Design](https://it.wikipedia.org/wiki/Leadership_in_Energy_and_Environmental_Design)  
103. [http://breeaminuse.breeam.org/Content/img/breeam\\_large.png](http://breeaminuse.breeam.org/Content/img/breeam_large.png)  
104. <http://www.phosphoris.fr/wp-content/uploads/2016/12/HQE-solo2.png>  
105. [http://www.city.sapporo.jp/kankyo/casbee/images/logo\\_large.jpg](http://www.city.sapporo.jp/kankyo/casbee/images/logo_large.jpg)  
106. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/it/thumb/7/71/Logo\\_CasaClima.png/220px-Logo\\_CasaClima.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/it/thumb/7/71/Logo_CasaClima.png/220px-Logo_CasaClima.png)  
107. <https://www.architetturaecosostenibile.it/architettura/criteri-progettuali/protocolli-italiani-certificazione-ambientale-itaca-casaclima-sb-inbar-leed-563/>  
108. [http://www.buildingblog.bticino.it/assets/Uploads/\\_resampled/SetWidth620-logoprotocolloITACA.png](http://www.buildingblog.bticino.it/assets/Uploads/_resampled/SetWidth620-logoprotocolloITACA.png)  
109. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/66/Conformit%C3%A9\\_Europ%C3%A9enne\\_%28logo%29.svg/2000px-Conformit%C3%A9\\_Europ%C3%A9enne\\_%28logo%29.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/66/Conformit%C3%A9_Europ%C3%A9enne_%28logo%29.svg/2000px-Conformit%C3%A9_Europ%C3%A9enne_%28logo%29.svg.png)  
110. <https://www.certifico.com/normazione/norme-armonizzate/333-costruzioni/ntc/4644-prodotti-da-costruzione-ntc-e-marcatatura-ce>  
111. Roberto Giordano, I prodotti per l'edilizia sostenibile:la compatibilità ambientale dei materiali nel processo edilizio,Napoli,Sistemi Editoriali,2010  
112. [http://www.acquistiverdi.it/sites/default/files/images/certificati/epd\\_dap.png](http://www.acquistiverdi.it/sites/default/files/images/certificati/epd_dap.png)  
113. Roberto Giordano, I prodotti per l'edilizia sostenibile:la compatibilità ambientale dei materiali nel processo edilizio,Napoli,Sistemi Editoriali,2010  
114. <http://www.isprambiente.gov.it/it/certificazioni/files/ecolabel/immagini/logo-ecolabel-25>  
115. <https://www.architetturaecosostenibile.it/architettura/criteri-progettuali/embodied-energy-energia-risparmio-energetico-519/>  
116. <https://www.slideshare.net/tbliconference/tbli-workshop4sethwat-srivriote>  
117. <https://www.architetturaecosostenibile.it/architettura/criteri-progettuali/embodied-energy-energia-risparmio-energetico-519/>

sparmio-energetico-519/  
118. <https://www.architetturaecosostenibile.it/images/stories/2014/embodied-energy-b.jpg>  
119. <http://www.autospurgoleoni.it/wp-content/uploads/2015/02/riciclo-rifiuti-sardegna.png>  
120. [https://www.google.it/search?q=riciclo+plastica&rlz=1C1PRFI\\_enIT765IT765&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi40eirneTYAhXO0aQKHx5gARcQ\\_AUICigB&biw=1536&bih=710#imgre=jnwoU9HQv07JsM:](https://www.google.it/search?q=riciclo+plastica&rlz=1C1PRFI_enIT765IT765&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi40eirneTYAhXO0aQKHx5gARcQ_AUICigB&biw=1536&bih=710#imgre=jnwoU9HQv07JsM:)  
121. <https://www.marraiafura.com/lunga-vita-al-copertone-il-riuso-creativo-degli-pneumatici-di-automobile/>  
122. <http://managerdimestessa.com/metti-una-sera-a-cena/>  
123. <http://www.comune.torino.it/ambiente/rifiuti/termovalorizz/index.shtml>  
124. Carlo Vezzoli, Design per la sostenibilità ambientale, Bologna , Zanicheli, 2007  
125. <http://www.aresfv.it/index.php?q=it/node/59>  
126. <http://davidasantinimeteorologo.blogspot.it/2016/11/cosa-sono-i-gradigiorno.html>  
127. <http://www.dailyenmoveme.com/it/normativa/sintesi-del-quadro-normativo-della-certificazione-energetica#>  
128. <https://www.certificazioneenergeticafacile.it>  
129. [https://it.wikipedia.org/wiki/Periodo\\_\(fisica\)#/media/File:Oscillazione\\_periodica.svg](https://it.wikipedia.org/wiki/Periodo_(fisica)#/media/File:Oscillazione_periodica.svg)  
130. [http://www.crbnet.it/FisicaTecnica/didattica/lezioni/fisica\\_tecnica\\_Nicolini/Normativa\\_Rumore.pdf](http://www.crbnet.it/FisicaTecnica/didattica/lezioni/fisica_tecnica_Nicolini/Normativa_Rumore.pdf)  
131. <https://www.google.it/search?q=dpcm+91+rumore+tabelle&rlz>  
132. <https://www.tesionline.it/v2/appunto-sub.jsp?p=171&id=196>  
133. <http://slideplayer.it/slide/600466/2/images>  
134. [http://www.edilio.it/uni-11367-vs-dpcm-5-12-1997-confronto-tra-classi-acustiche-e-limiti-di-legge/p\\_19272.html](http://www.edilio.it/uni-11367-vs-dpcm-5-12-1997-confronto-tra-classi-acustiche-e-limiti-di-legge/p_19272.html)  
135. <https://www.puntosicuro.it/incendio-emergenza-primosoccorso>  
136. Modulo I-Lezione n°1\_Università degli Studi Roma Tre  
137. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/50/Ecliptic\\_grid\\_globe.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/50/Ecliptic_grid_globe.png)  
138. <http://www.sapere.it/mediaObject/studifacile/images/scienza/a53-COORDIN-GEOGR-/original/53%28COORDIN.gif>  
139. [https://www.archweb.it/bioclimatica/il\\_sole/carta\\_del\\_sole.gif](https://www.archweb.it/bioclimatica/il_sole/carta_del_sole.gif)  
140. Valentino Manni, Il soleggiamento in architettura: strumenti di valutazione, Roma, Carocci, 2010  
141. <https://www.renieriarchitetto.com/riqualificazione-energetica/images/paolo-img/edificio-impianto/ombreggiamenti-diagramma-cartesiano.jpg>  
142. Barbara Bartoli, La casa passiva, Casoria , Napoli, Sistemi editoriali, 2013  
143. <http://www.isolportale.com/ponte-termico-cosa-e-come-risolvere-ed-eliminarlo/>  
144. <http://www.ingegneri.info/news/edilizia/ponti-termici>  
145. <https://asiasociety.org/asia-game-changers/shigeru-ban>  
146. <https://www.franceinter.fr/emissions/affaires-sensibles/affaires-sensibles-24-novembre-2014>  
147. [http://www.6aprile.it/wp-content/gallery/images/21\\_novembre\\_2009/12.TubiInnocenti.JPG](http://www.6aprile.it/wp-content/gallery/images/21_novembre_2009/12.TubiInnocenti.JPG)  
148. <http://digilander.libero.it/carlopala/ec3/carmec.htm>  
149. [http://img.archiexpo.com/images\\_ae/photo-g/2492-6055421.jpg](http://img.archiexpo.com/images_ae/photo-g/2492-6055421.jpg)  
150. <https://www.polimerica.it/articolo.asp?id=17852>  
151. <https://www.ironlux.es/diferencia-entre-reaccion-al-fuego-y-clasificacion-al-fuego-en-un-panel-sandwich/>  
152. [http://www.comune.torino.it/geoportale/ser\\_professionali\\_3.htm](http://www.comune.torino.it/geoportale/ser_professionali_3.htm)  
153. <http://www.vittorinodafeltre.it/chi-siamo/>  
154. [http://www.comune.torino.it/geoportale/carta\\_tecnica/dwd/cart366\\_BN.pdf](http://www.comune.torino.it/geoportale/carta_tecnica/dwd/cart366_BN.pdf)  
155. <https://earth.google.com>  
156. [http://trasmittanza.stiferite.com/resistenza\\_termica.php](http://trasmittanza.stiferite.com/resistenza_termica.php)  
157. [http://www.comune.torino.it/geoportale/prg/cms/images/pdf/tav.1\\_1\\_5000/f08acor.pdf](http://www.comune.torino.it/geoportale/prg/cms/images/pdf/tav.1_1_5000/f08acor.pdf)



Un profondo e sincero ringraziamento al professor Jean Marc Tulliani, per i consigli ed i suggerimenti, al professor Valentino Manni per le osservazioni ed il sostegno, all' Ing. Marco Piana per la guida sapiente che ha saputo interpretare le nostre ricerche.

Un *Grazie* sincero...

...a *Nadia* una delle persone più importanti per me, grazie per avermi sempre sostenuto in qualsiasi decisione da me presa, per la pazienza e per l'insegnamento di tutti i valori dati.

...a *Tina e Brunero* che sono i migliori nonni che un nipote possa desiderare, siamo sempre a bisticciare ma ci vogliamo un bene assurdo, ora che torno a casa mi occupo io del nipote acquisito *Arnoldo*.

...a *Serena, Luca, Giosuè* e alla piccola peste *Cesare*, i quali non vedo quasi mai, ma prometto di rifarmi.

...a tutti gli amici del *Monte* che ogni volta che tornavo a casa mi facevano dimenticare che dovevo "studiare".

...al *Mela* socio fidato di gare di Briscola.

...al *Paffo* socio di Fantacalcio, che senza di me sarebbe "esimo".

...al *Valo*, il quale deve lui dei ringraziamenti a noi per i pannolini pagati negli ultimi anni.

...al *Noccio*, compagno di "lavoro", anche se non s'è capito di quale lavoro.

...a *Don Bruno*, compagno di biblioteca e di "studio".

...a *Gianluca e Adriana*, due coinquilini eccezionali del gruppo ginocchi balordi.

...a *Luca, Dario, Giada e Cochi* per la bellissima esperienza Sudamericana fatta insieme.

...al *Nano Quarta*, al *Conte* e al *Geometra* con cui ho condiviso praticamente questa esperienza univesitaria e anche delle belle risate.

...a *Enzo e Angelo*, due fratelli opposti, ma amici veri.

...a *Beppe*, compagno di questa avventura appena terminata, nonostante la "sfortuna" ce l'abbiamo fatta, ancora non mi sembra vero.



Un *Grazie* sincero...

...a *Matteo*, un amico ed un valido collega nelle nottate di lavoro.

...a *Mattia, Daniele e Federico*, per aver condiviso momenti indimenticabili.

...a *Maurizio*, per tutto il prezioso supporto lavorativo.

...a *Mario*, con stima e amicizia.

...a *Sandro*, per non avermi mai voltato le spalle.

...a *Mauro*, per i preziosi consigli.

...a *Daniele*, il migliore degli ex allievi che conosca, un vero amico.

...a mio *Padre*, un punto di riferimento che con trepidante orgoglio attendeva questo momento.

...a *Patrizia* per avermi sempre incoraggiato e sostenuto con sincero amore, in questo impegnativo viaggio che abbiamo fatto insieme.

...ed in fine a te, alla quale dedico in particolar modo questo mio risultato, consideralo un regalo personale e tienilo stretto, lassù tra le stelle, così come da bambino tenevi stretto me, *Mamma*.

## **Allegati**

### **Istituto Comprensivo Statale “Vittorino da Feltre” di Torino”**

Stato di Fatto:

- *Tavola n.1 - planimetria, sezione, prospetto sud e ovest - scala 1:500*

Stato di Progetto:

- *Tavola n. 2 - prospetto sud e ovest - scala 1:200*
- *Tavola n. 3 - sezione - scala 1:200*
- *Tavola n. 4 - planimetria - scala 1:100*

### **Ospedale Martini Nuovo di Torino**

Stato di Fatto:

- *Tavola n. 5 - prospetto sud e ovest, sezione - scala 1:500*
- *Tavola n. 6 - planimetria - scala 1:500*

Stato di Progetto:

- *Tavola n. 7 - planimetria - scala 1:100*
- *Tavola n. 8 - prospetto sud - scala 1:500*
- *Tavola n. 9 - prospetto ovest - scala 1:200*
- *Tavola n. 10 - sezione - scala 1:200*

### **Ufficio Anagrafe di via Ormea, “Centro Civico”**

Stato di Fatto:

- *Tavola n. 11 - planimetria e sezione - scala 1:200*
- *Tavola n. 12 - prospetto nord e ovest - scala 1:200*

Stato di Progetto:

- *Tavola n. 13 - planimetria - scala 1:100*
- *Tavola n. 14 - sezione, prospetto nord e ovest - scala 1:200*

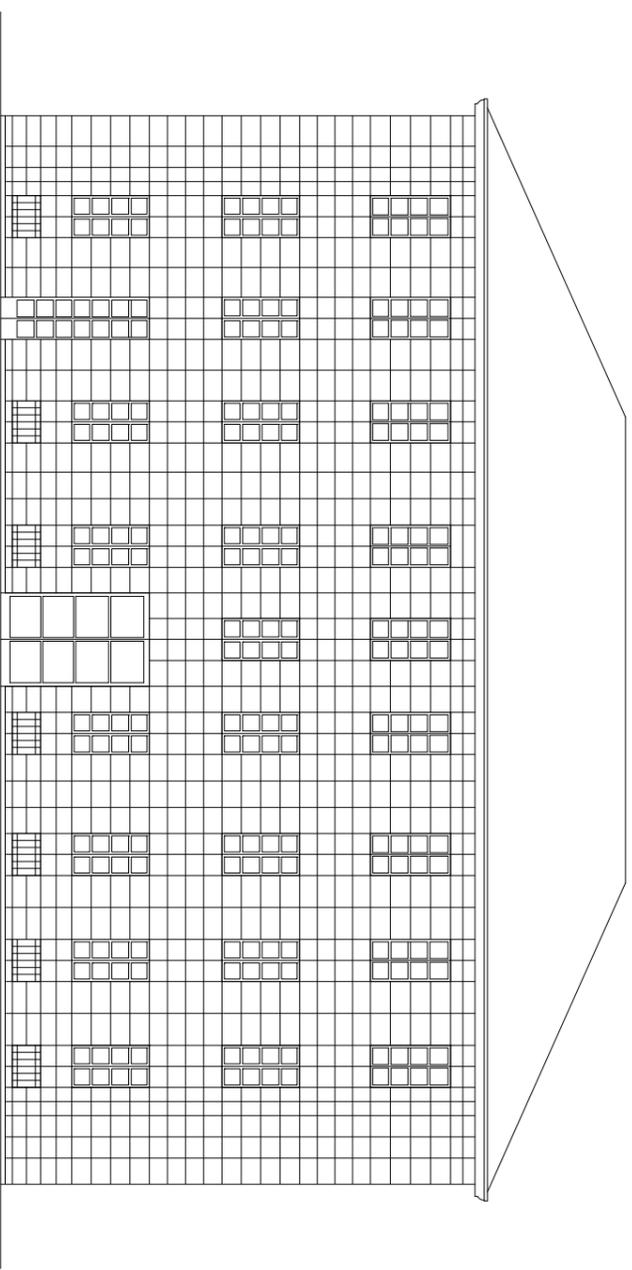
### **Particolare n°:**

1. *Sezione verticale - attacco a terra*
2. *Sezione orizzontale - nodo della finestra*
3. *Sezione verticale - nodo della finestra inferiore*
4. *Sezione verticale - nodo della finestra superiore*
5. *Sezione orizzontale - spigolo*
6. *Sezione orizzontale - angolo*
7. *Sezione verticale - attacco orizzontamento*
8. *Sezione verticale - attacco alla copertura*
9. *Stratigrafia tipo e aggancio su orizzontamento*
10. *Separatori orizzontali*

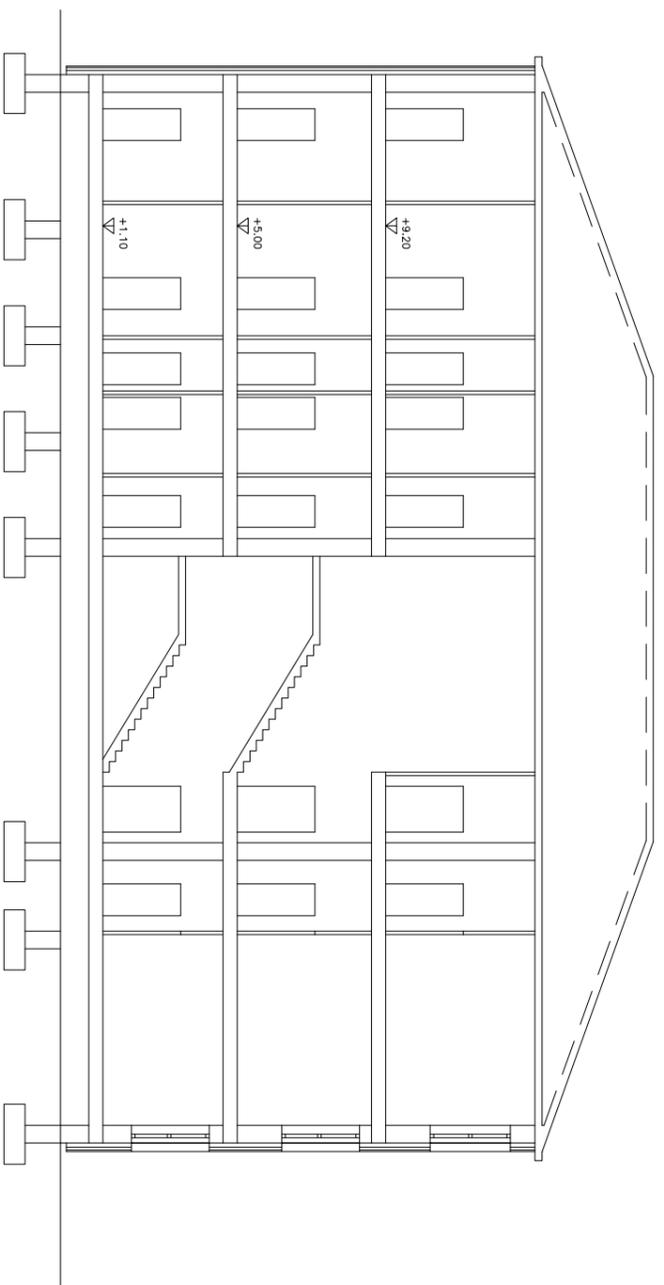
# TAVOLA n. 14

Scala 1:200

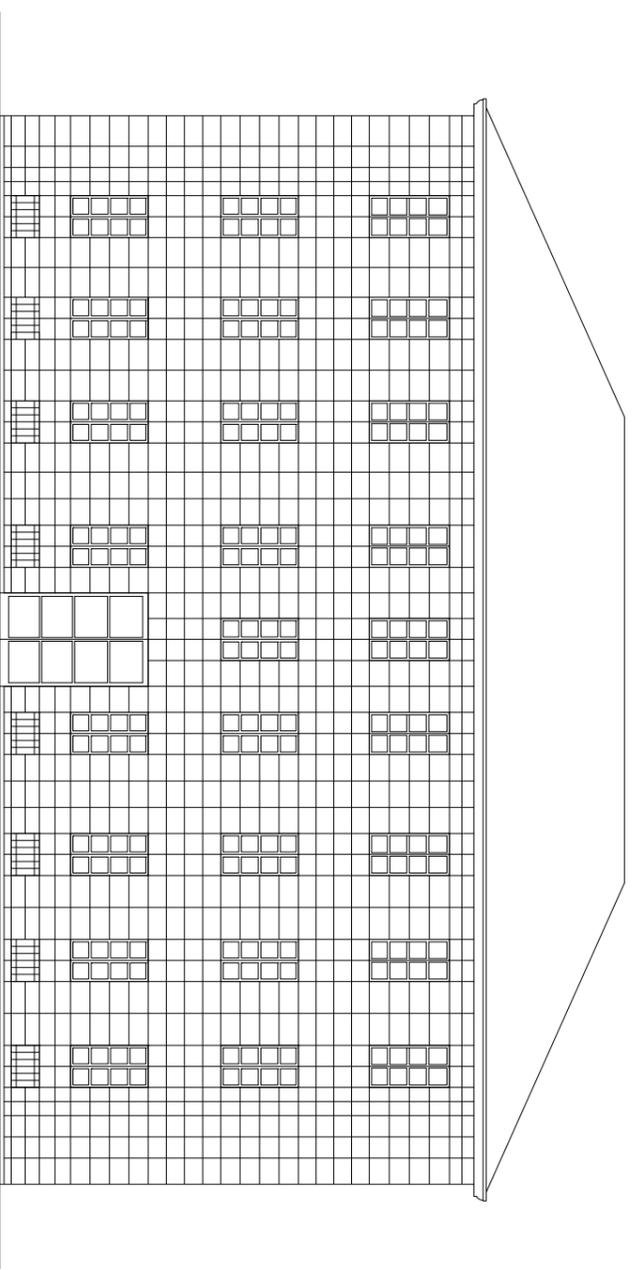
Prospetto nord



Sezione verticale



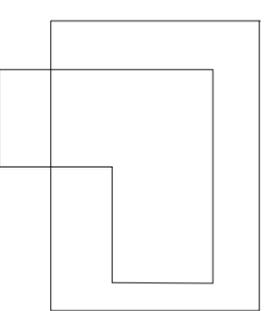
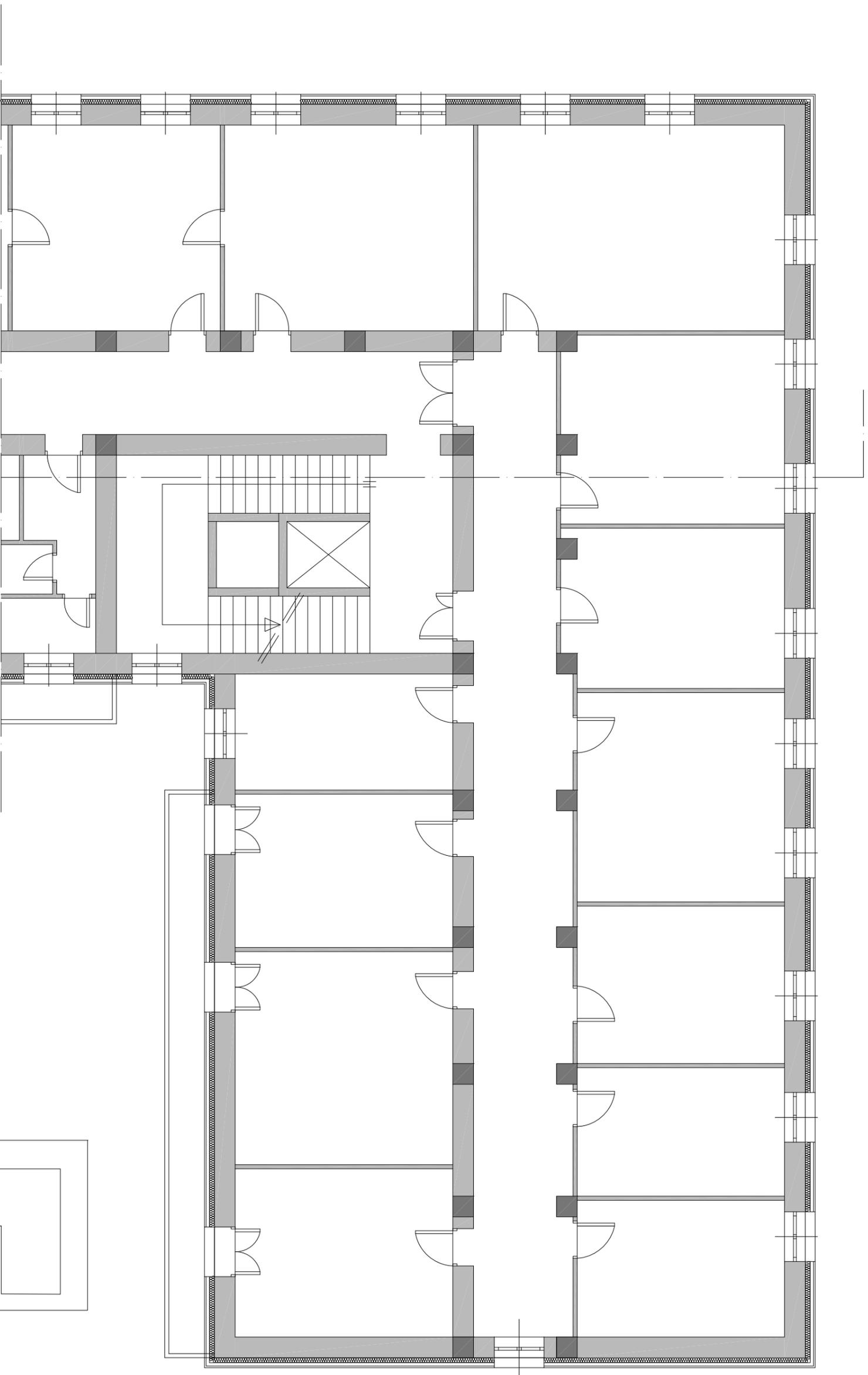
Prospetto ovest



# TAVOLA n.13

Scala 1:100

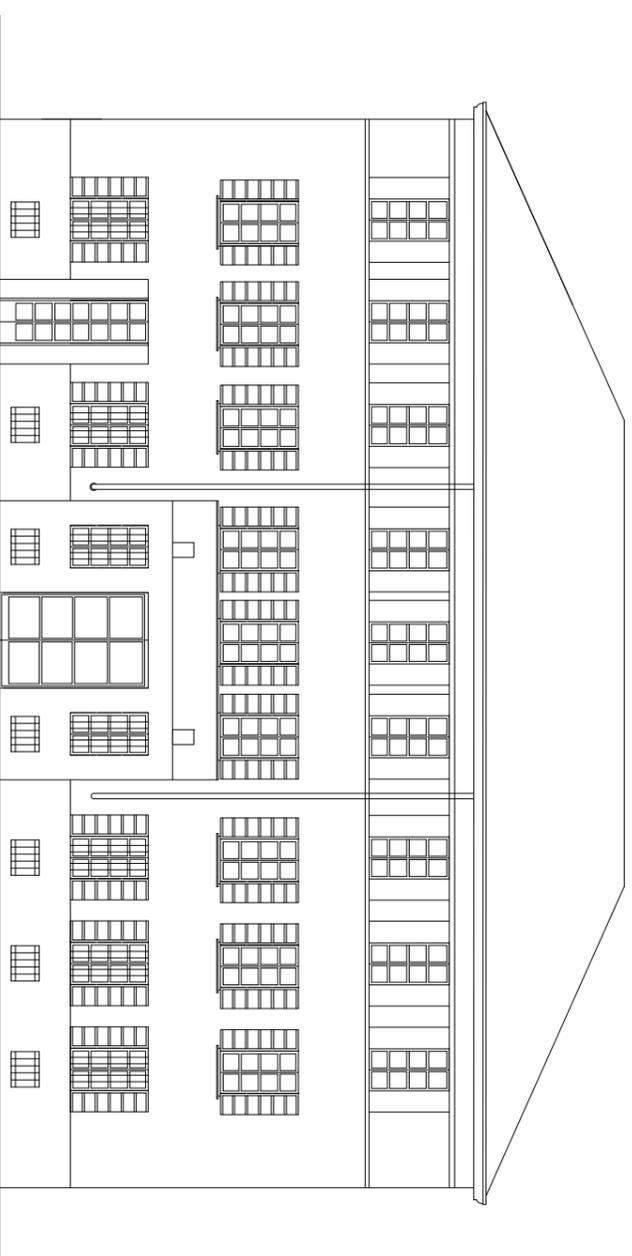
Planimetria tipo



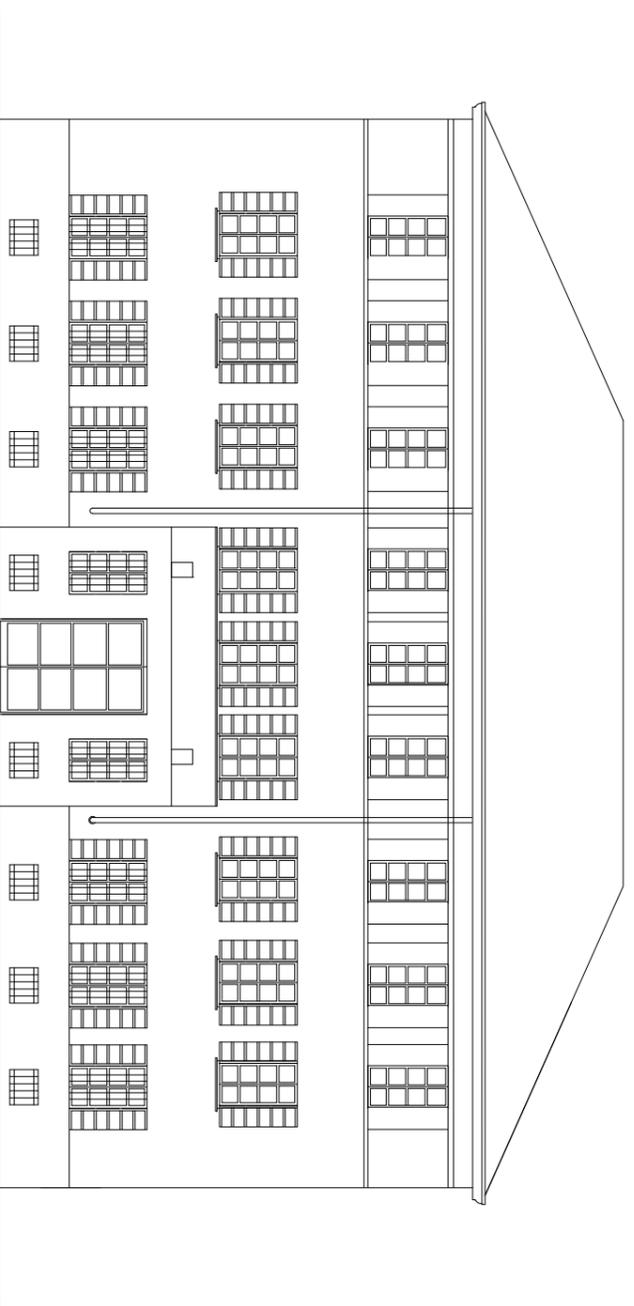
# TAVOLA n.12

Scala 1:200

## Prospetto nord



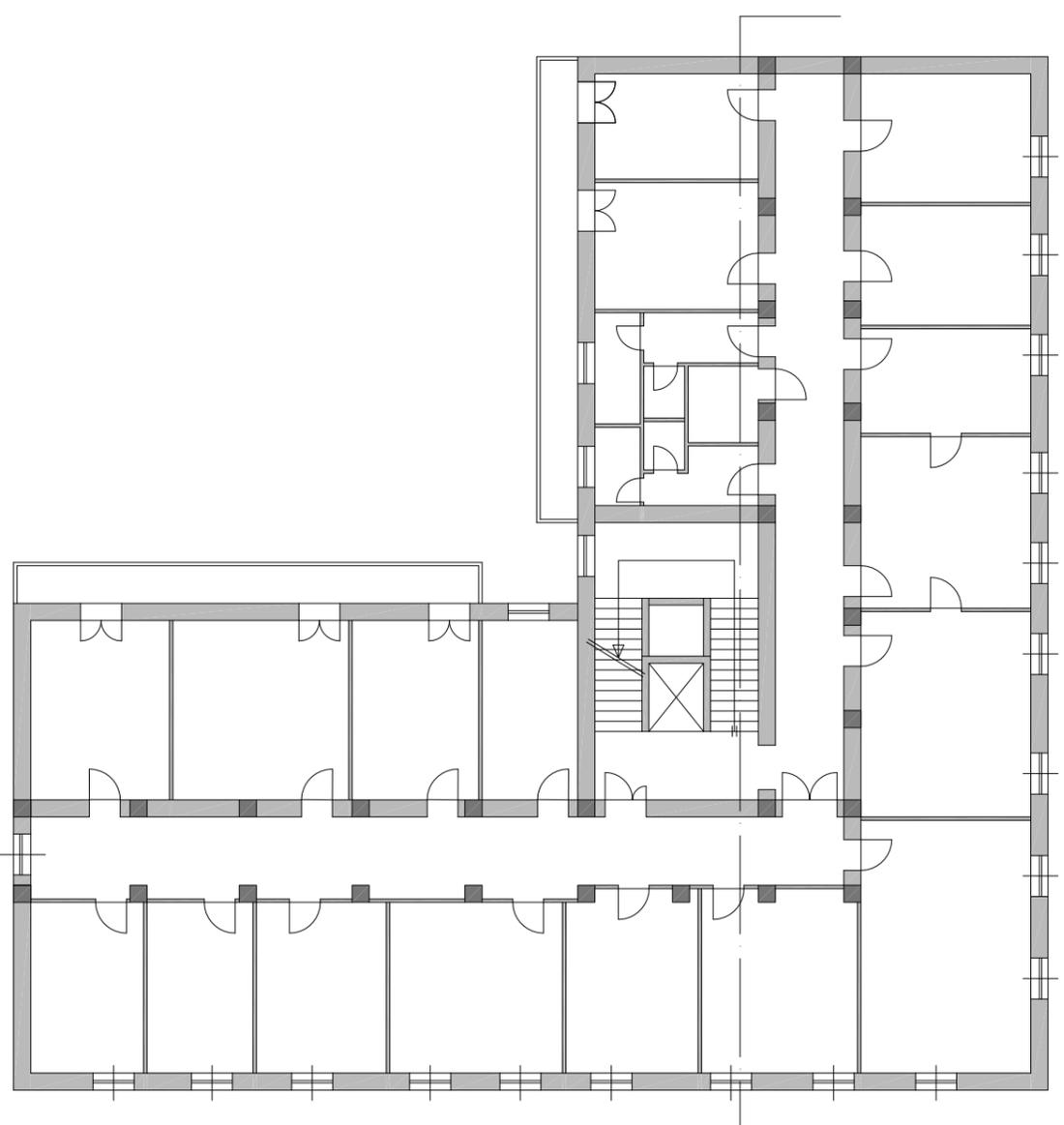
## Prospetto ovest



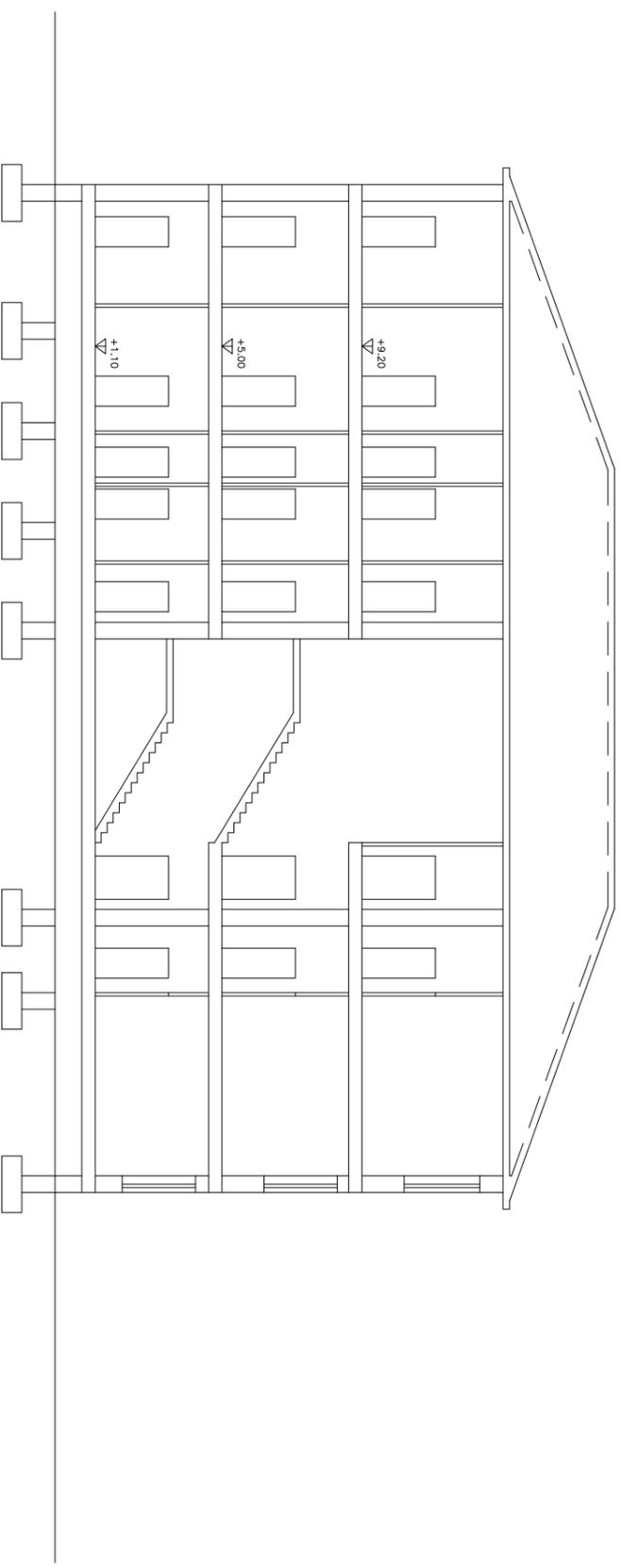
# TAVOLA n.11

Scala 1:200

## Sezione orizzontale



## Sezione verticale



# TAVOLA n.10

Scala 1:200

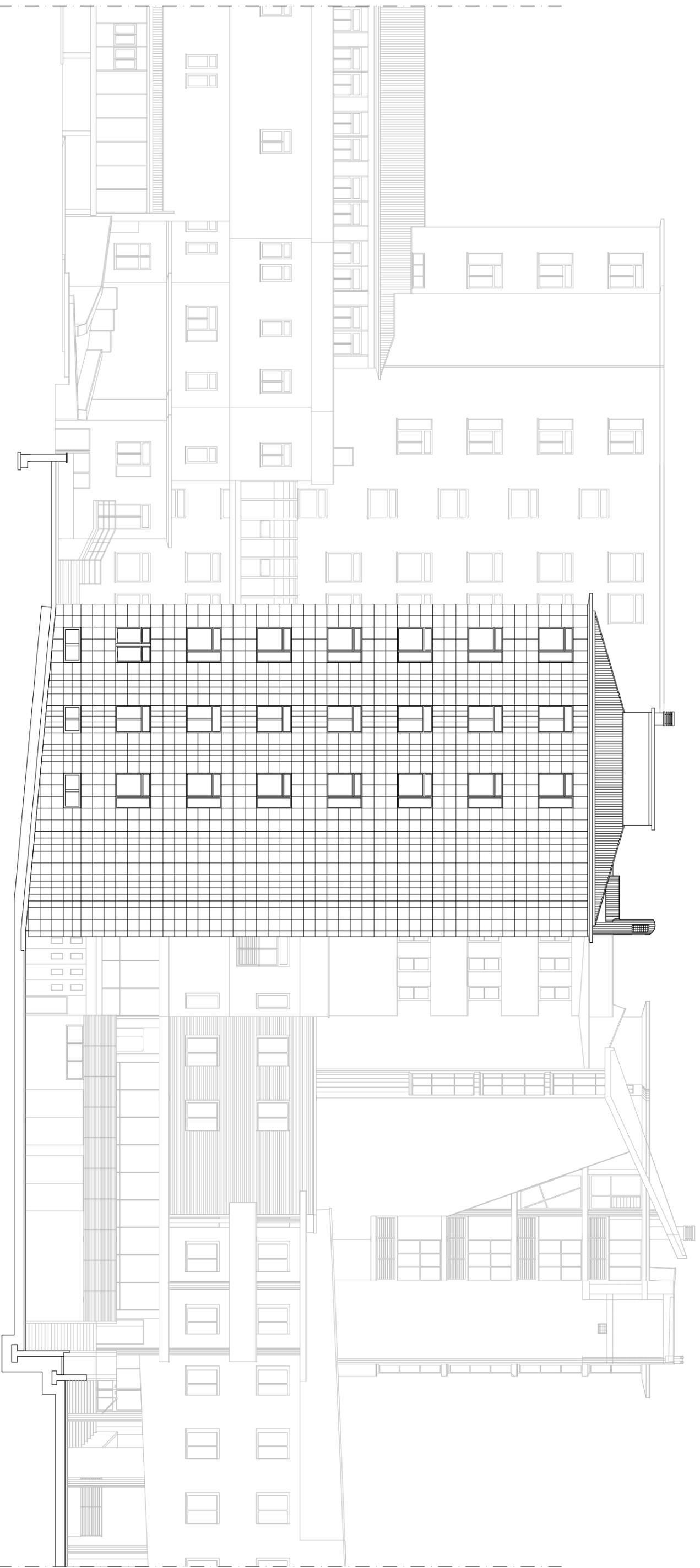
## SEZIONE VERTICALE



# TAVOLA n.9

Scala 1:200

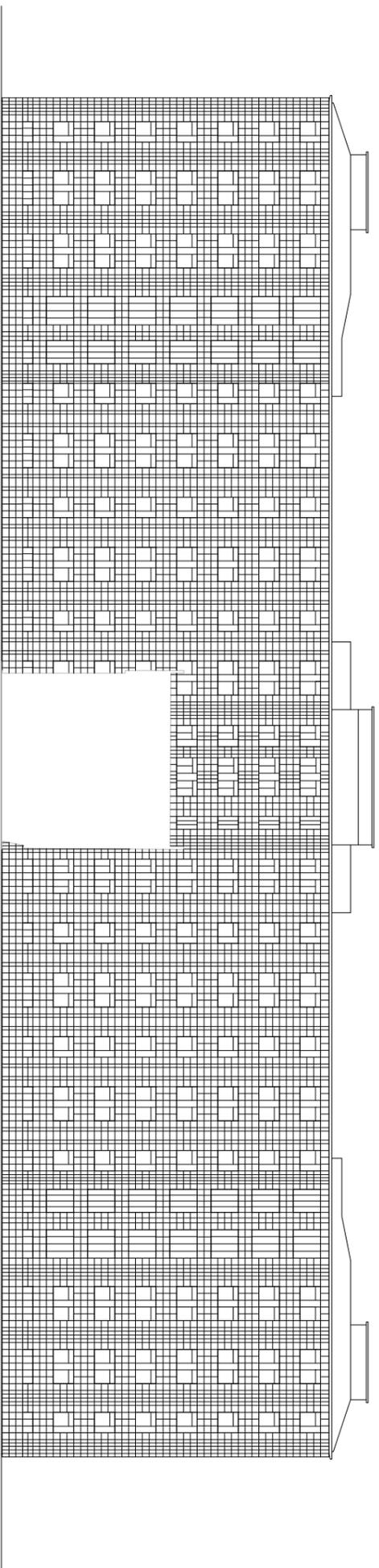
PROSPETTO OVEST



# TAVOLA n.8

Scala 1:500

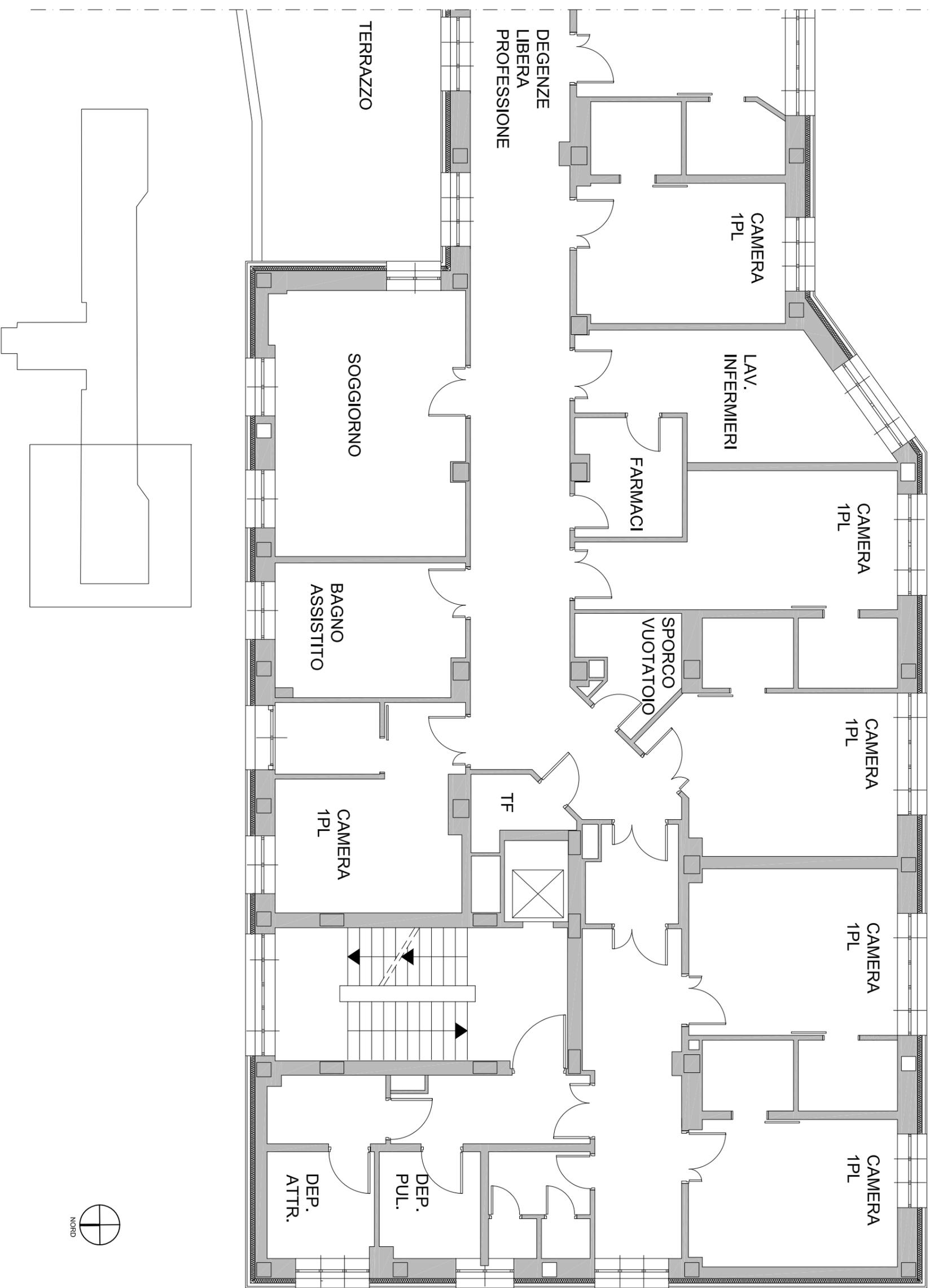
PROSPETTO SUD



# TAVOLA n.7

Scala 1:100

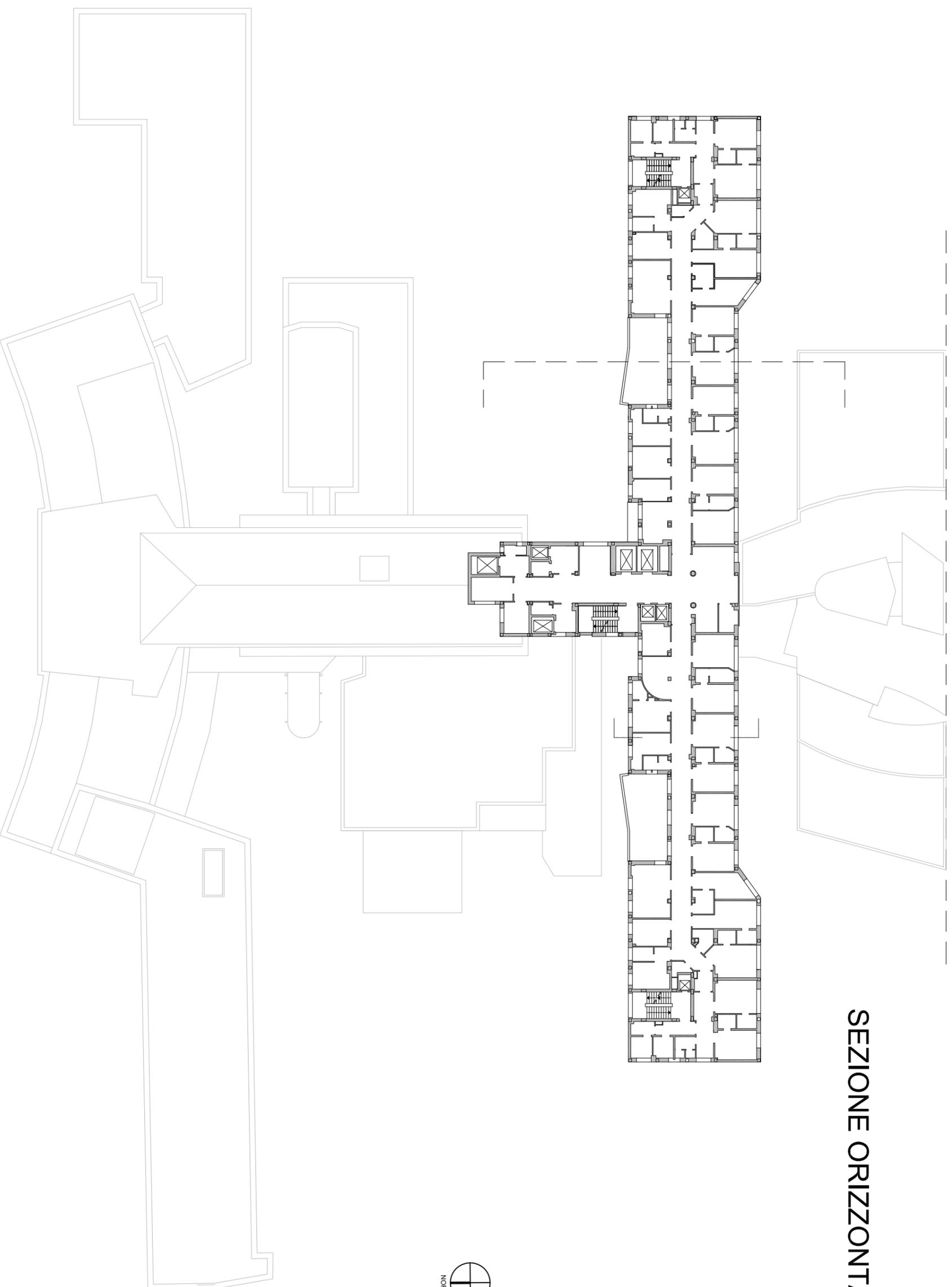
## PLANIMETRIA PIANO TIPO



# TAVOLA n.6

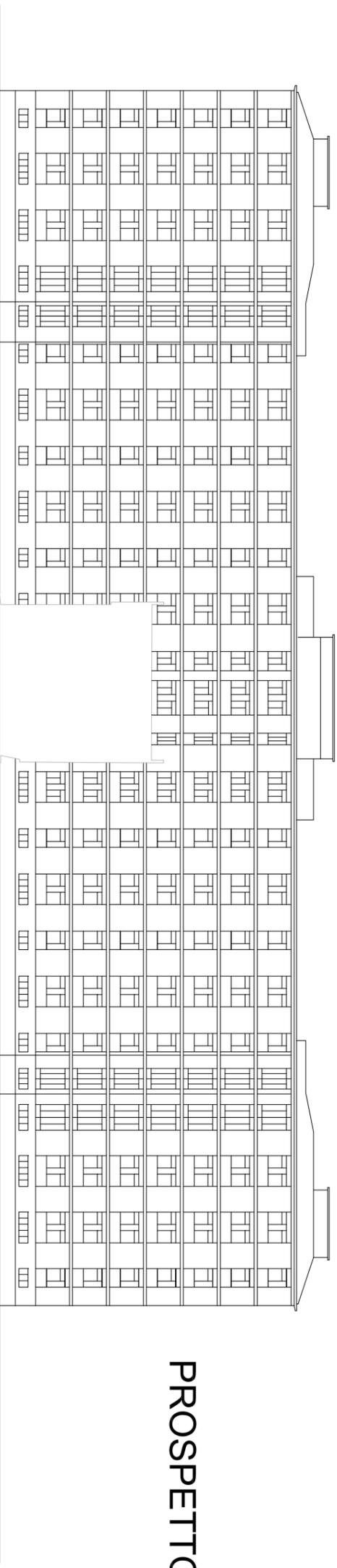
Scala 1:500

SEZIONE ORIZZONTALE



# TAVOLA n.5

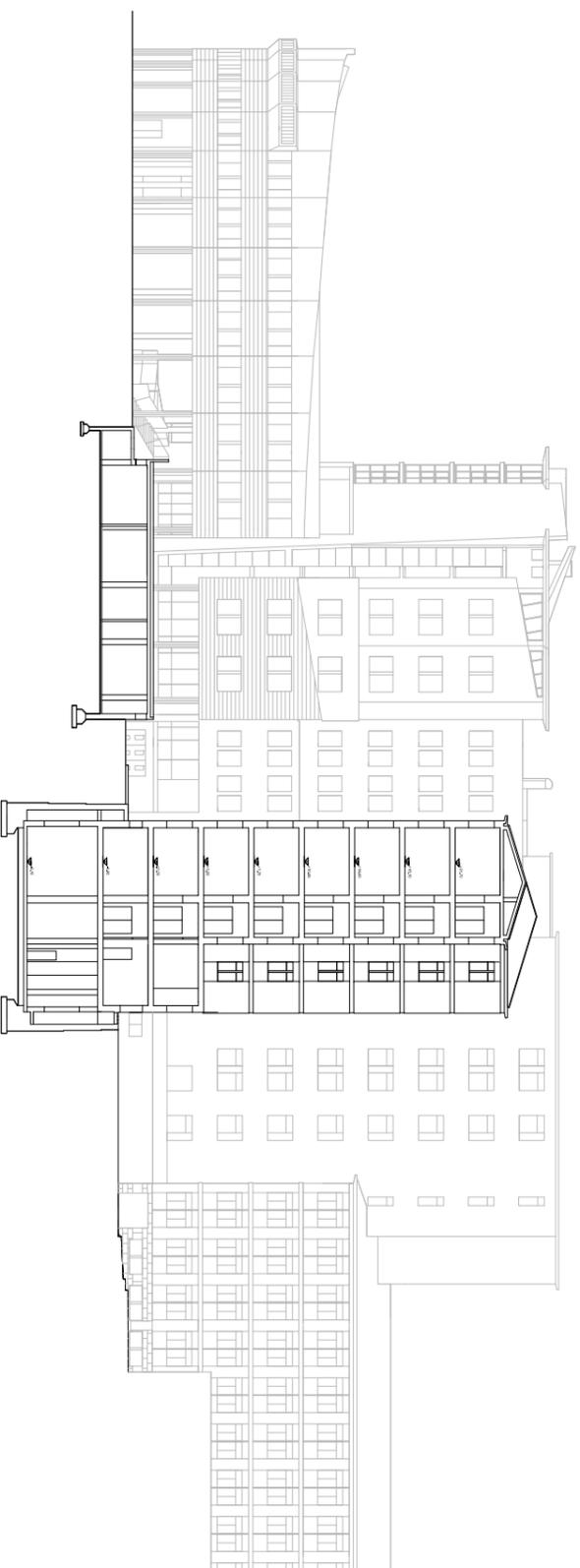
Scala 1:500



PROSPETTO SUD



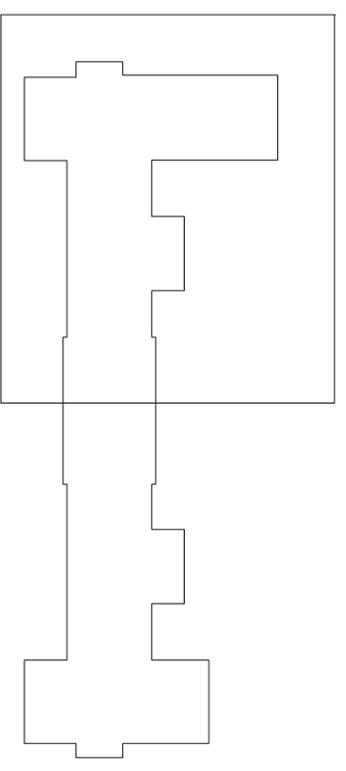
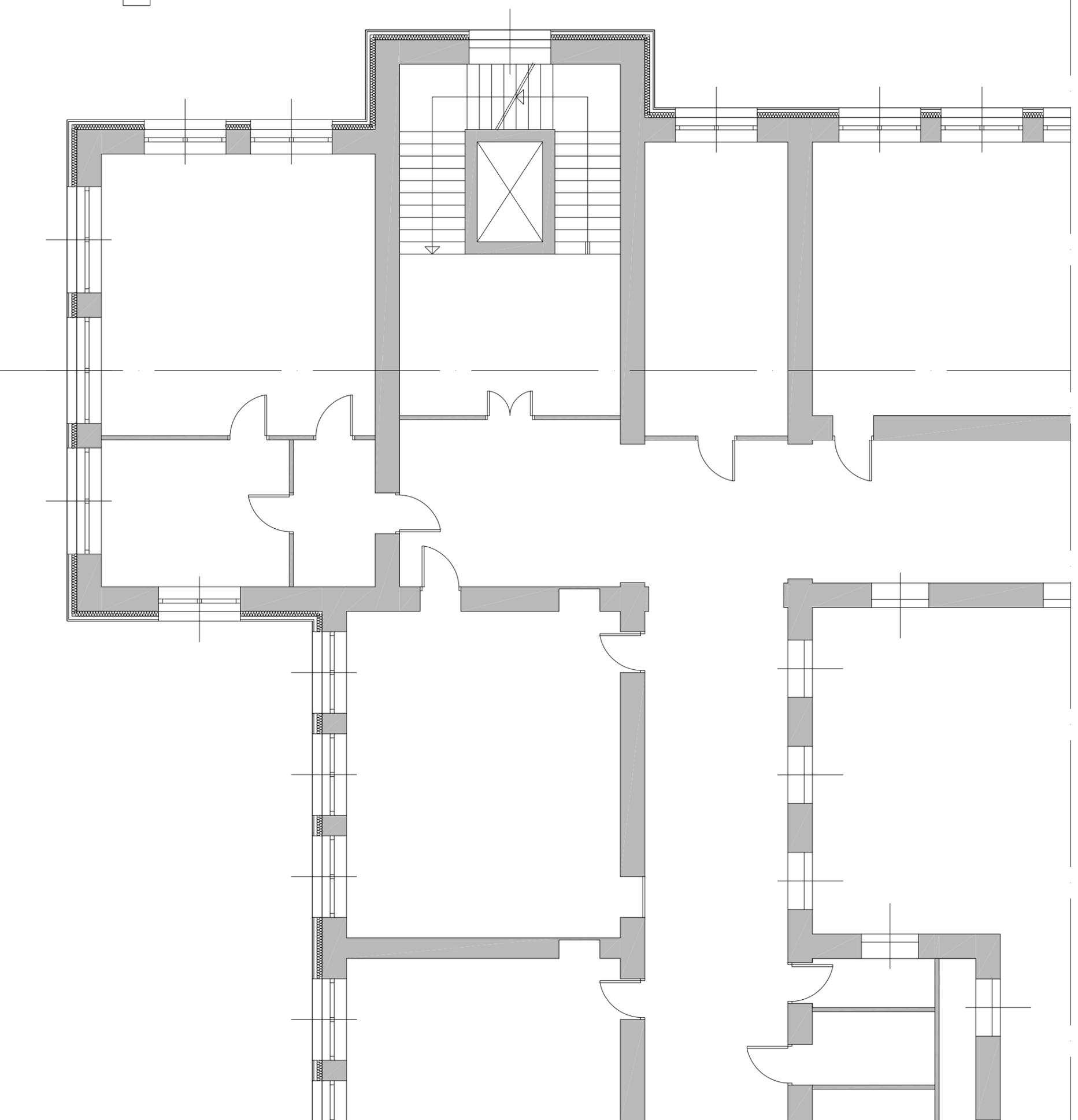
PROSPETTO OVEST



SEZIONE TRASVERSALE

# TAVOLA n.4

Scala 1:100

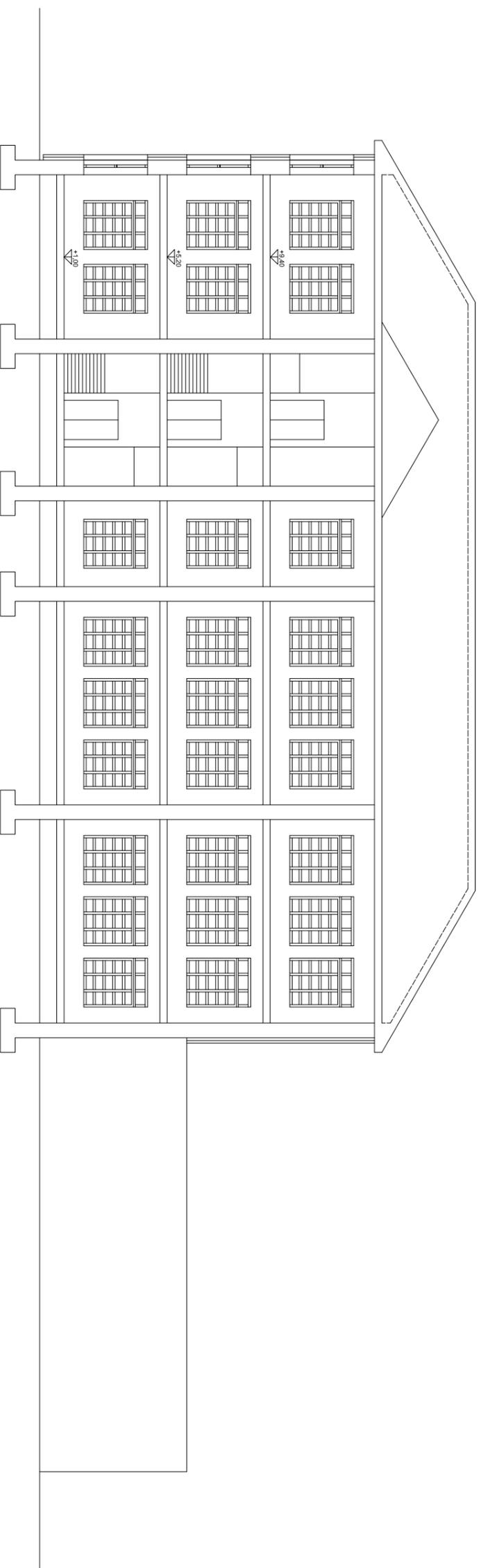


SEZIONE ORIZZONTALE

# TAVOLA n.3

Scala 1:200

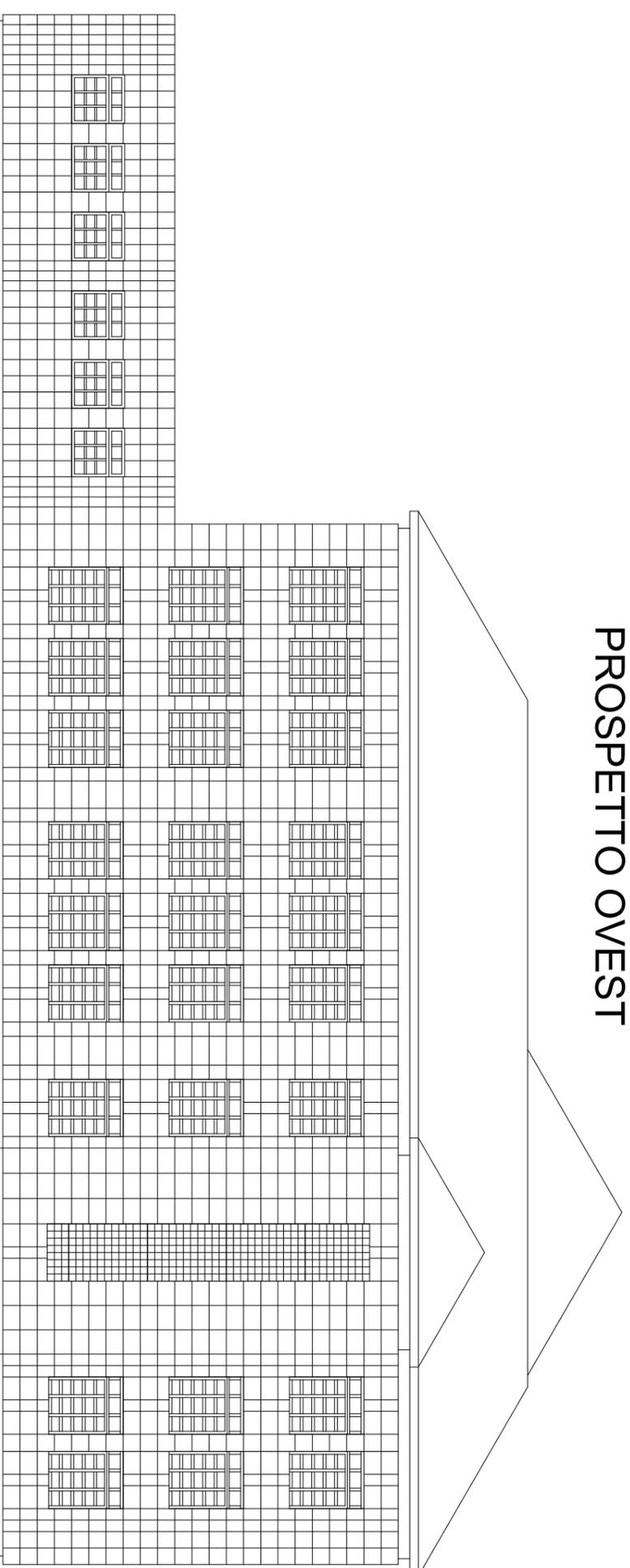
## SEZIONE TRASVERSALE



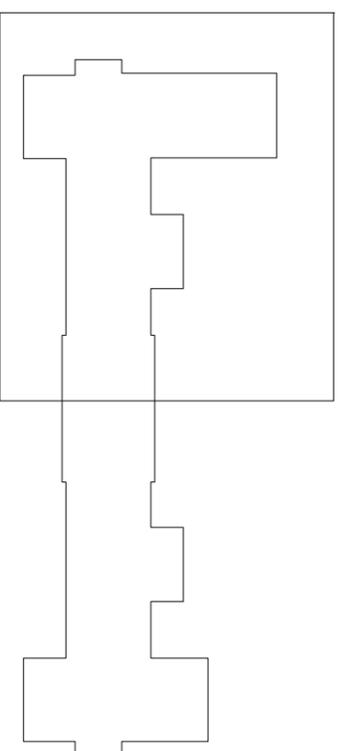
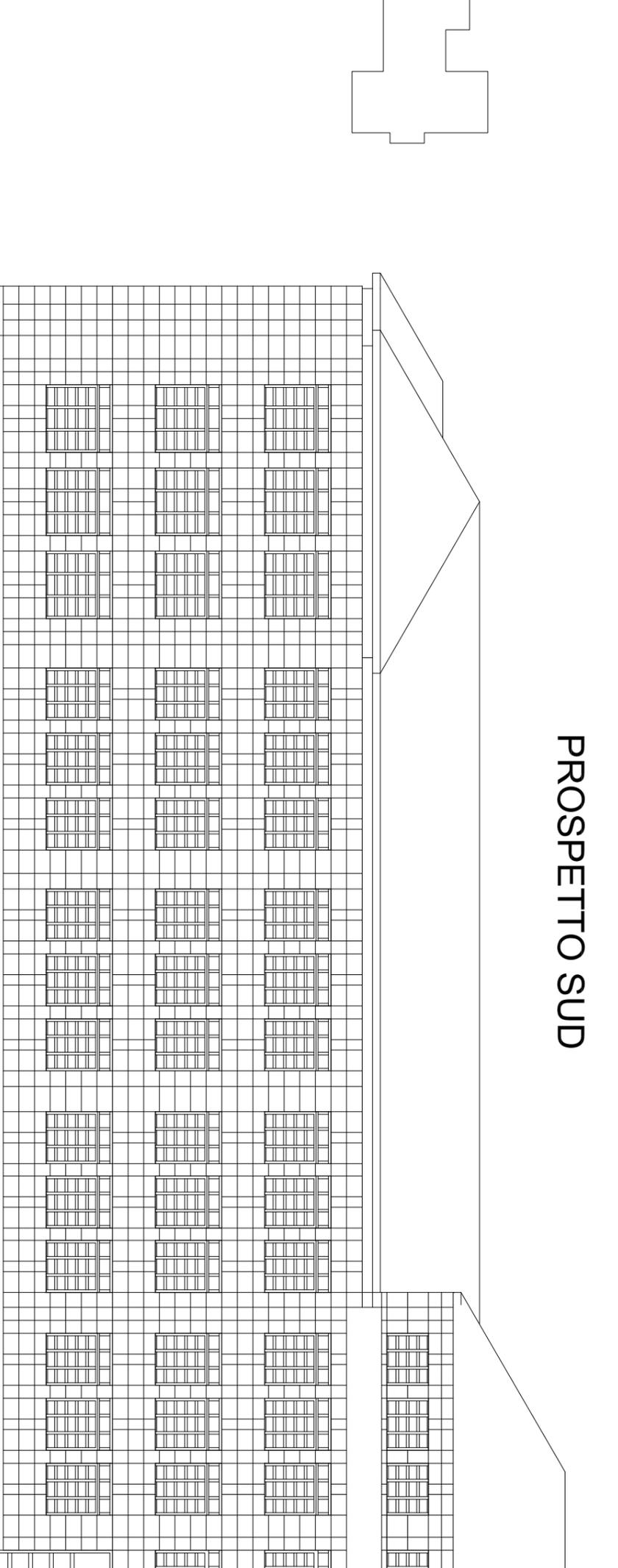
# TAVOLA n.2

Scala 1:200

PROSPETTO OVEST



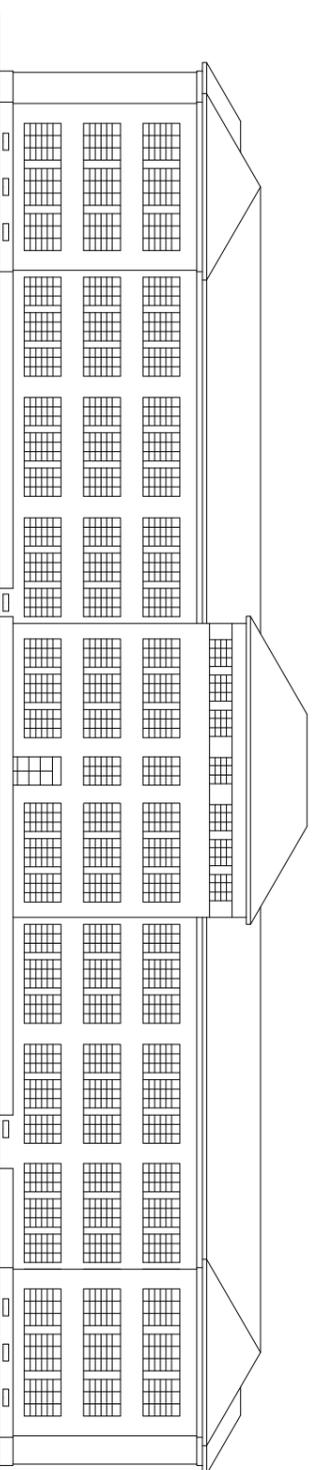
PROSPETTO SUD



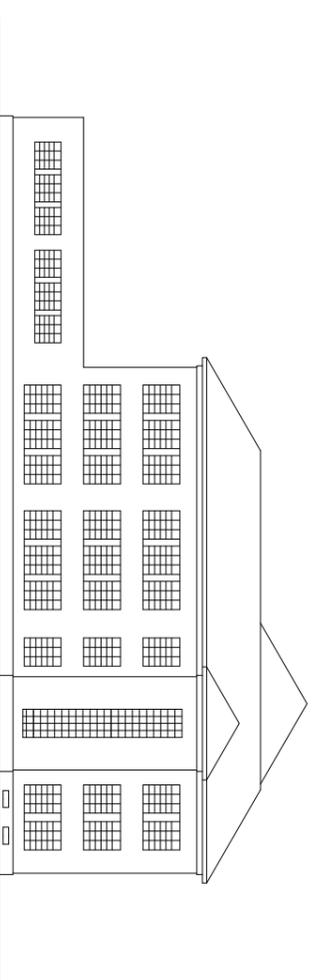
# TAVOLA n.1

Scala 1:500

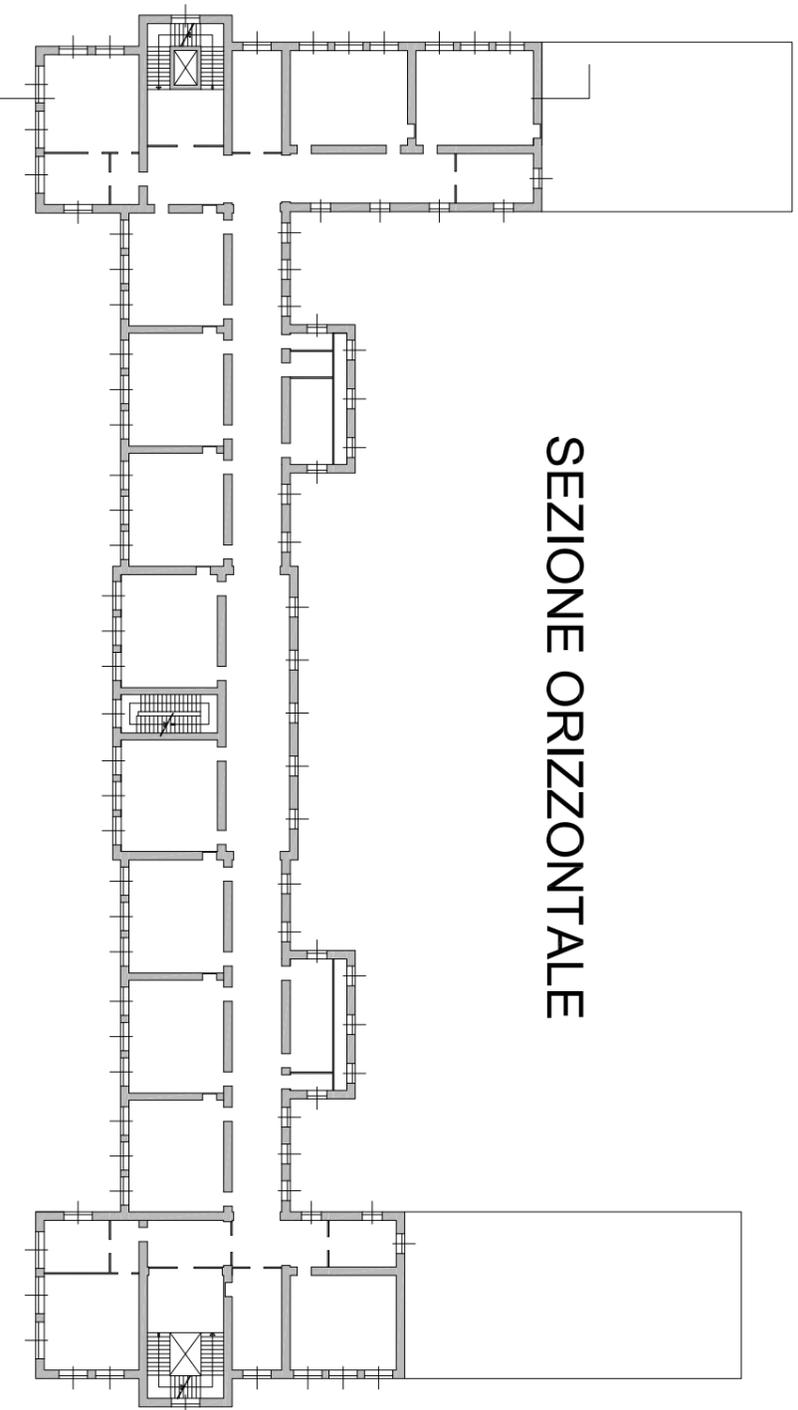
PROSPETTO SUD



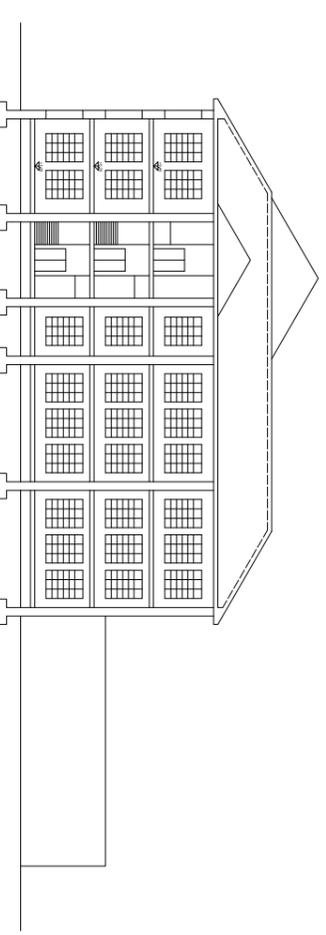
PROSPETTO OVEST



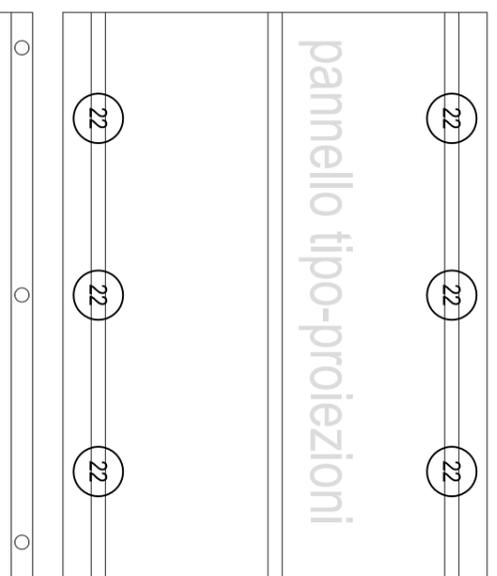
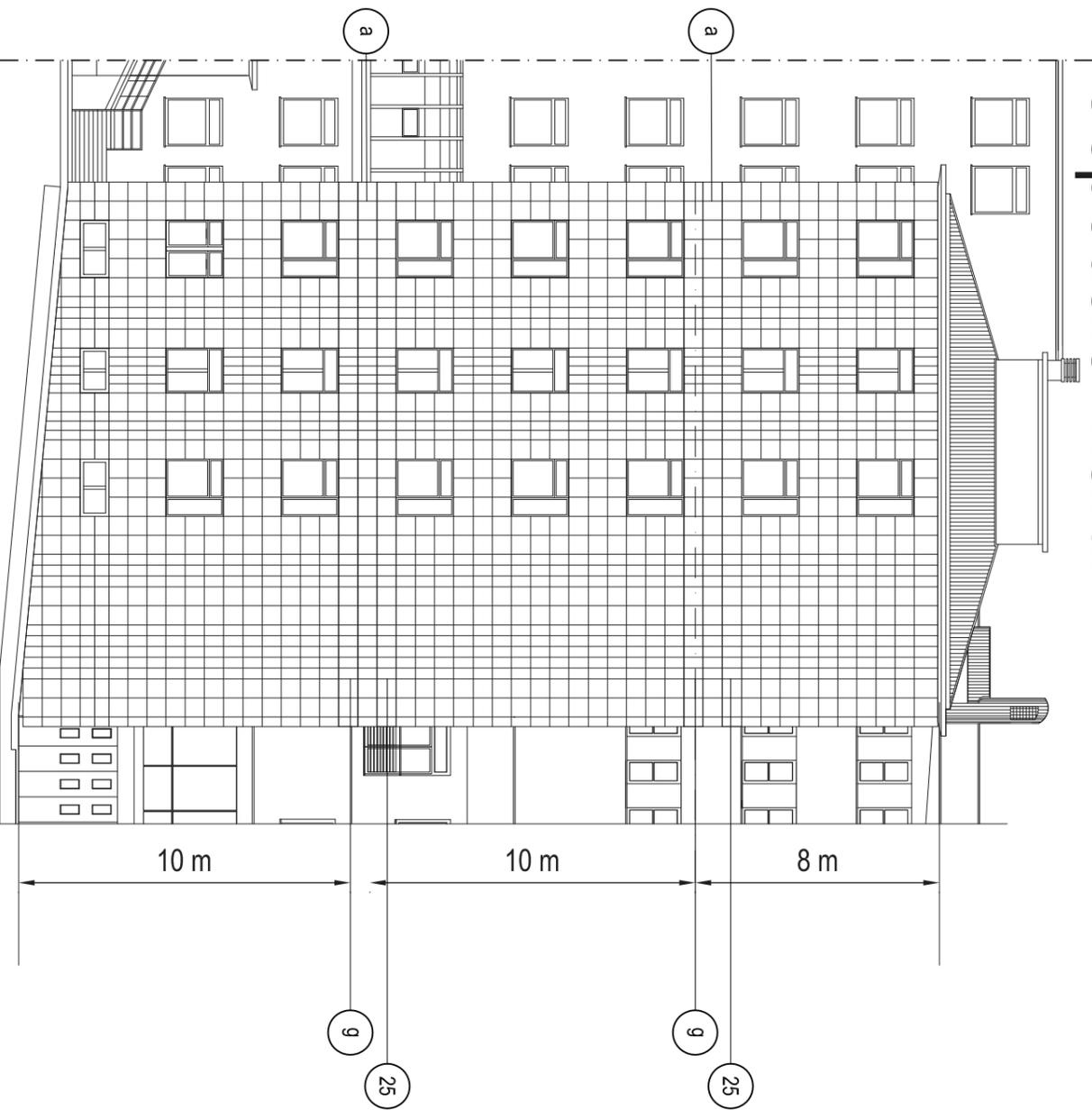
SEZIONE ORIZZONTALE



SEZIONE TRASVERSALE



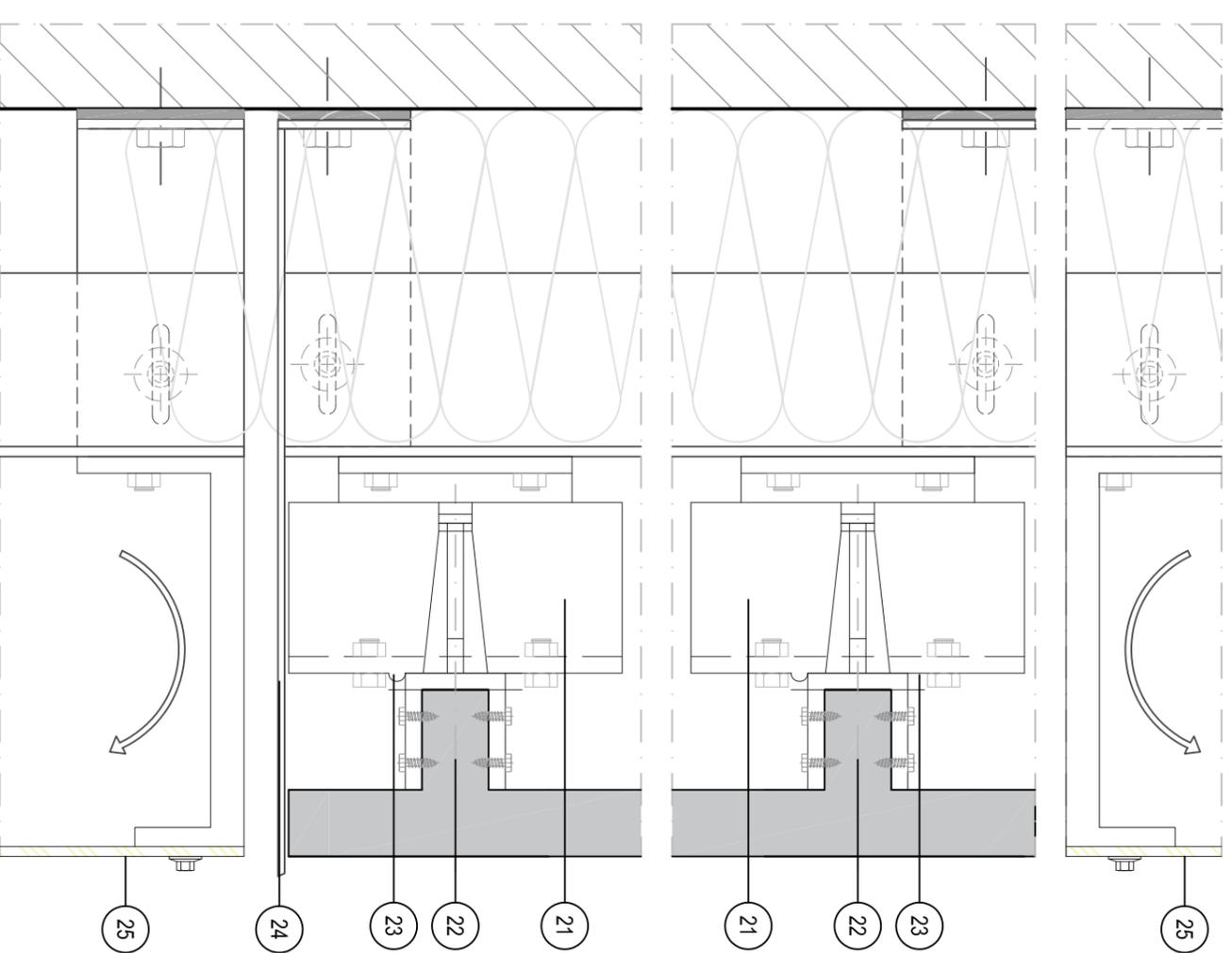
# PARTICOLARE N.10-Separatori orizzontali Ospedale Martini



LEGENDA	
(a)	Pannelli amovibili per la manutenzione
(g)	Separatori orizzontali
(h)	Griglie di ventilazione

sezione verticale

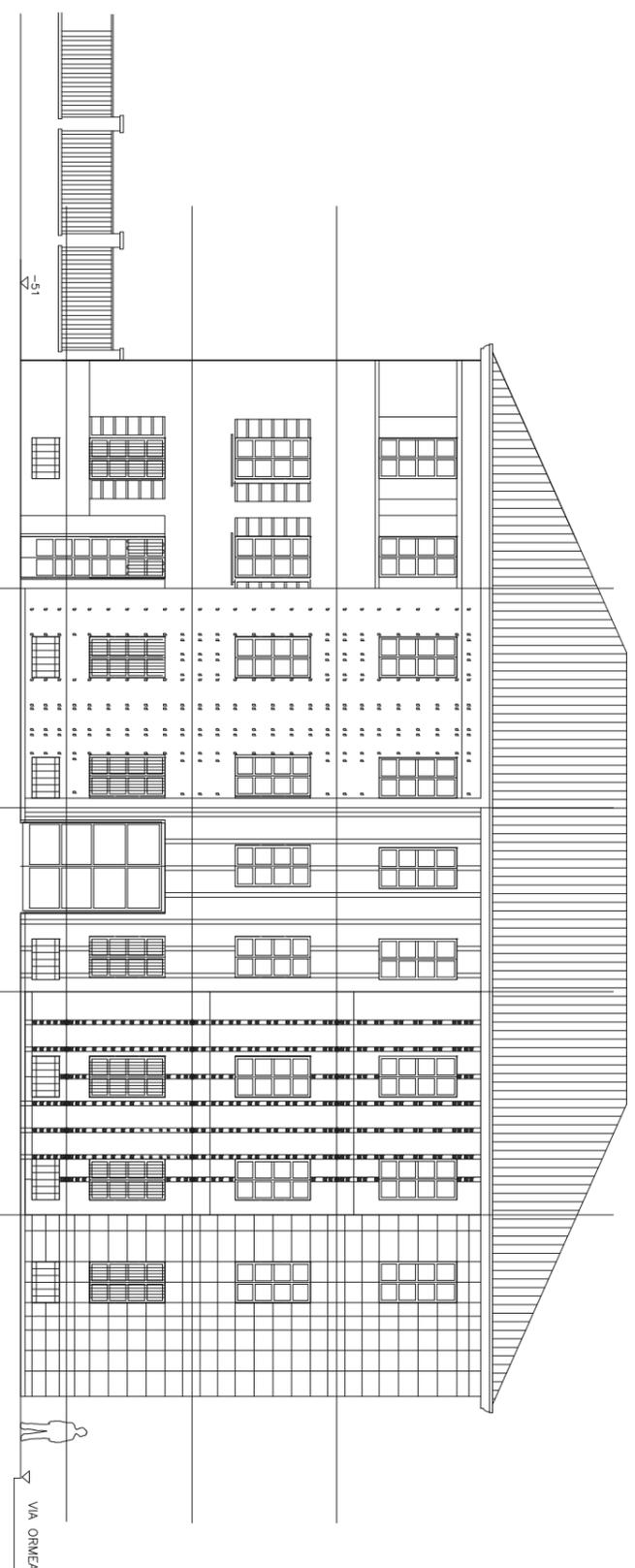
scala 1:2



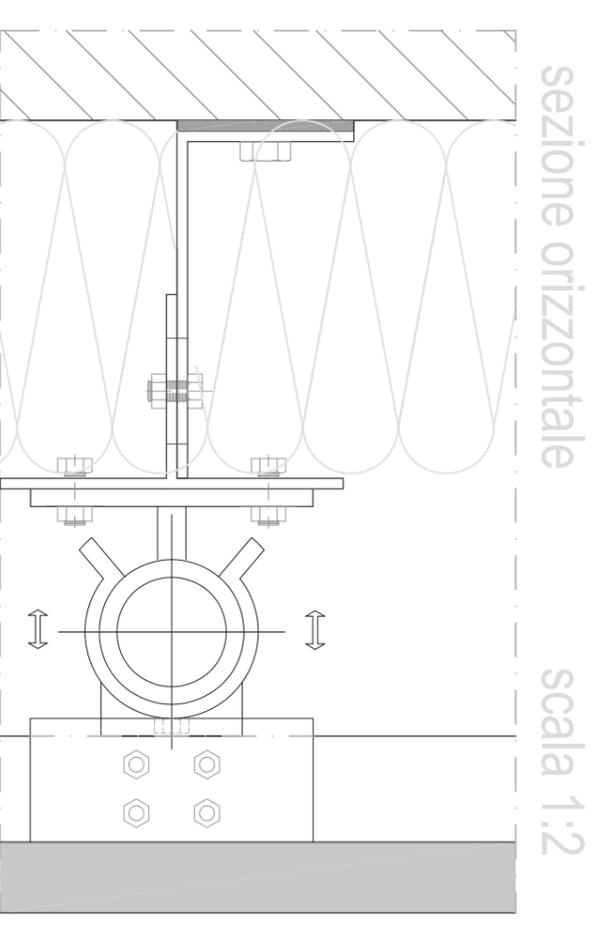
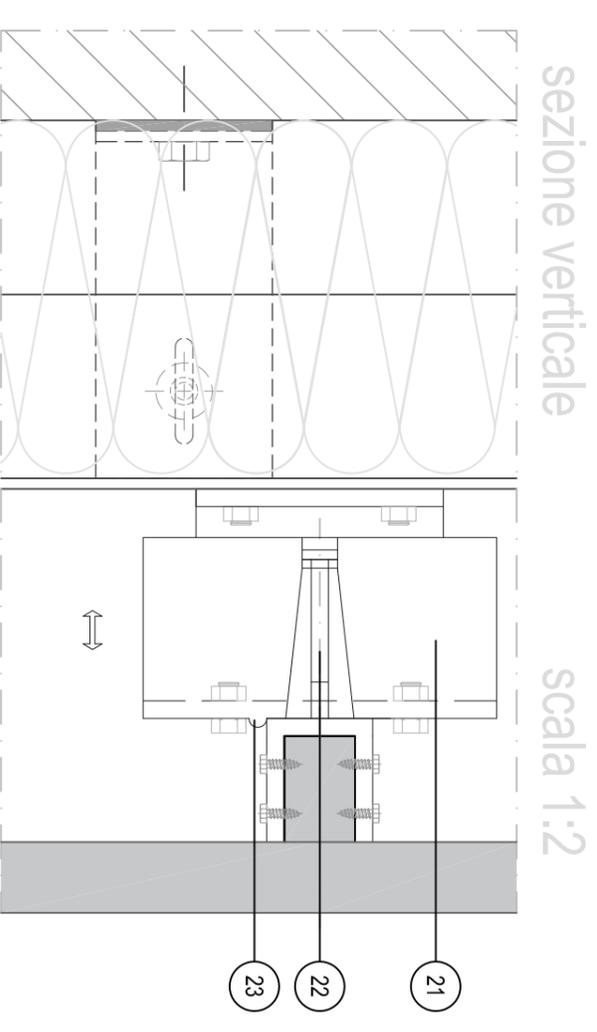
(16)	lamiera forata di ventilazione a sfilo
(21)	stocchetto circolare
(22)	pinza di aggancio (n6/pannello)
(23)	accrescimento
(24)	lamiera di separazione
(25)	griglia di ventilazione

# PARTICOLARE N.9-Stratigrafia tipo e aggancio su orizzontamento

## Anagrafe "Centro Civico"



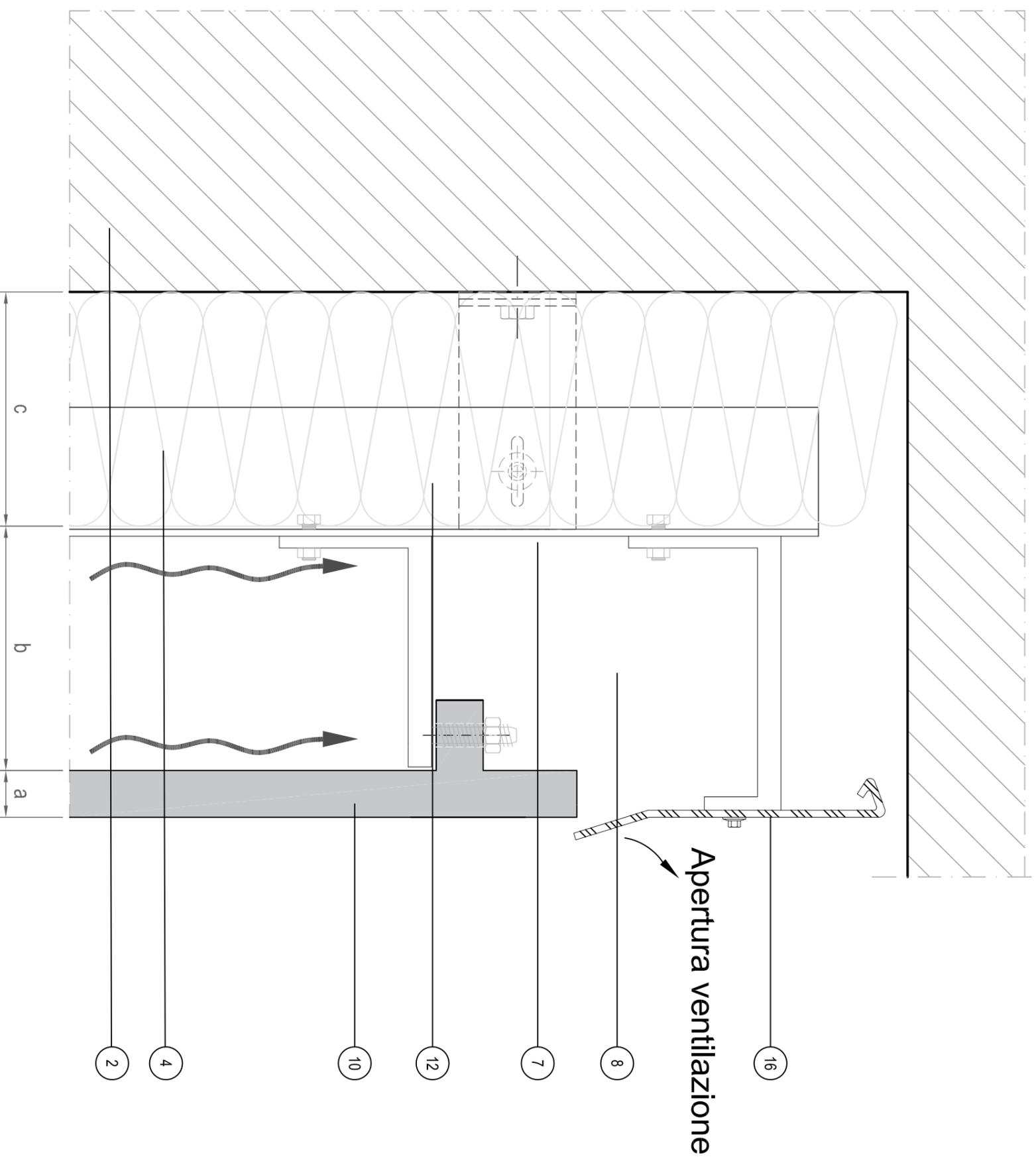
Scala 1:10



L E G E N D A	
a	Pannelli amovibili per la manutenzione
b	Tracciamento e fissaggio delle stiffe
c	Posa dei montanti, delle griglie di separazione orizzontali e dell'isolante
d	Posa delle stiffe di aggancio dei pannelli
e	Posa dei pannelli in PVC
f	Lamiera di chiusura al fuoco

21	stocchetto circolare
22	pinza di aggancio (n6/pannello)
23	accrescimento

# PARTICOLARE N.8- Sezione verticale-Attacco alla copertura



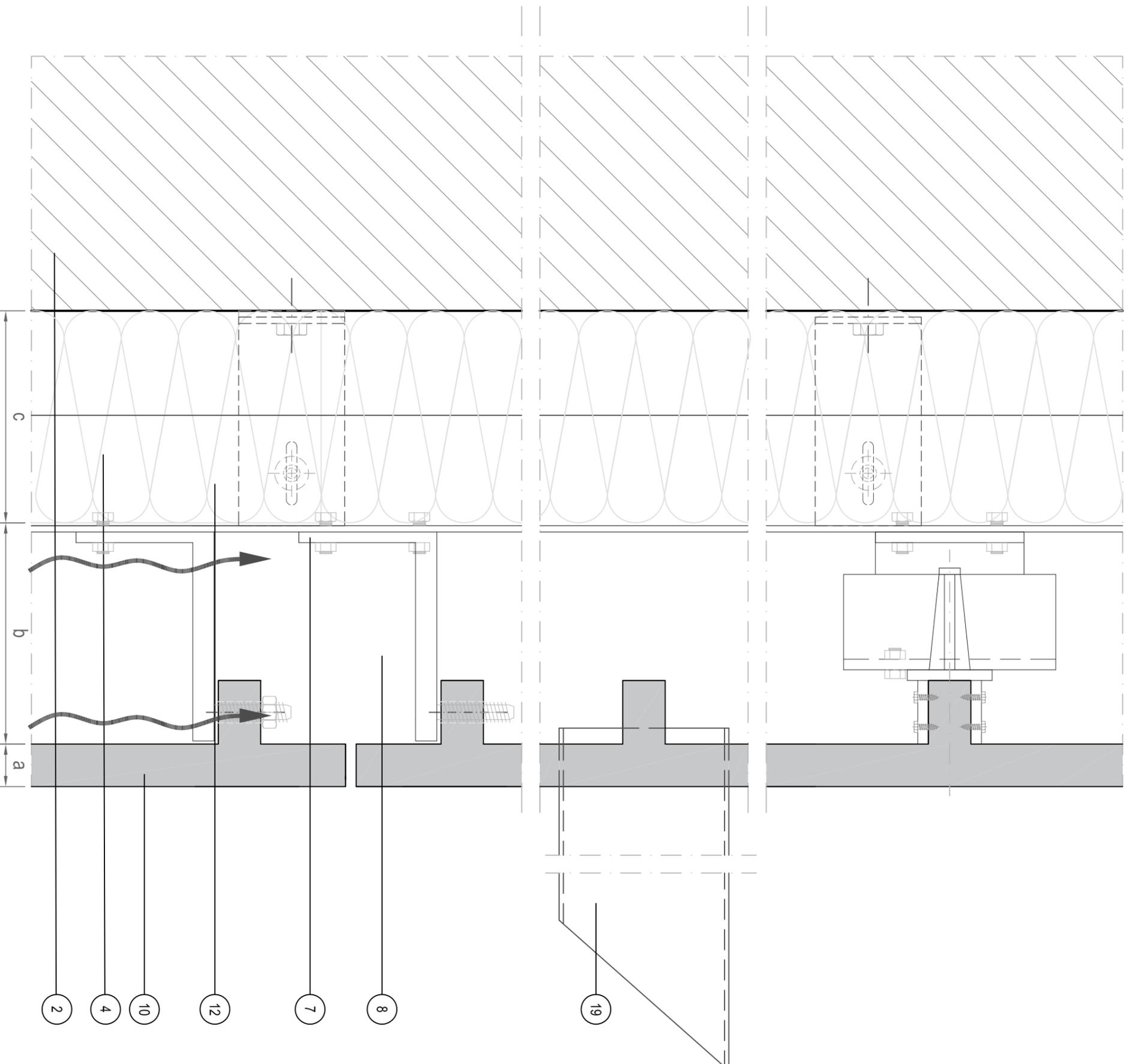
## LEGGENDA

1	Serramento in pvc
2	Parete esistente
3	Rivetto
4	Strato isolante in PET 2tipo "EcoZero®"
5	Lamierino microforato
6	Guida avvolgibile
7	Sottostruttura in acciaio tipo S275
8	Intercapedine di ventilazione
9	Perno di supporto filettato con dado di bloccaggio
10	Pannello nervato in PVC riciclato
11	Cassonetto con tenda microforata in PVC riciclato
12	Asola ellittica per la verticalità della sottostruttura
13	Isolante termico PE HD
16	lamiera forata di ventilazione a sfilo
17	guida per innesto lamierino

a	Spessore pannello (20 mm)
b	Ventilazione variabile (minima di 30 mm) sino 100 mm.
c	Isolamento termico mm 100 minimo

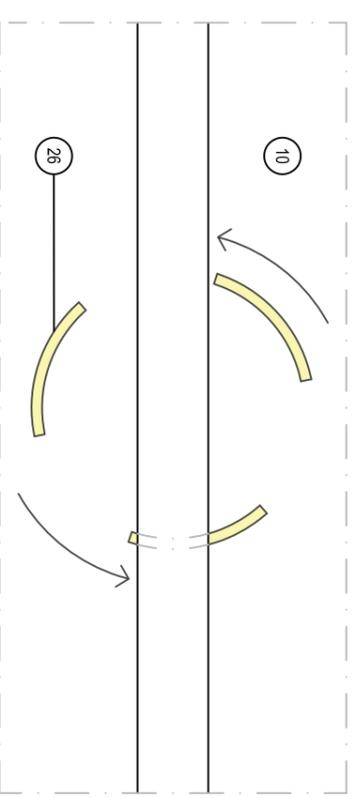
Scala 1:2

# PARTICOLARE N.7- Sezione verticale-Attacco orizzontamento



L E G G E N D A	
②	Parete esistente
④	Strato isolante in PET 2tipo "EcoZero®"
⑦	Sottostruttura in acciaio tipo S275
⑧	Intercapedine di ventilazione
⑩	Pannello nervato in PVC riciclato
⑫	Asola ellittica per la verticalità della sottostruttura
⑰	tubo in PVC riciclato
⑳	Intaglio nel pannello per alloggiamento tubo

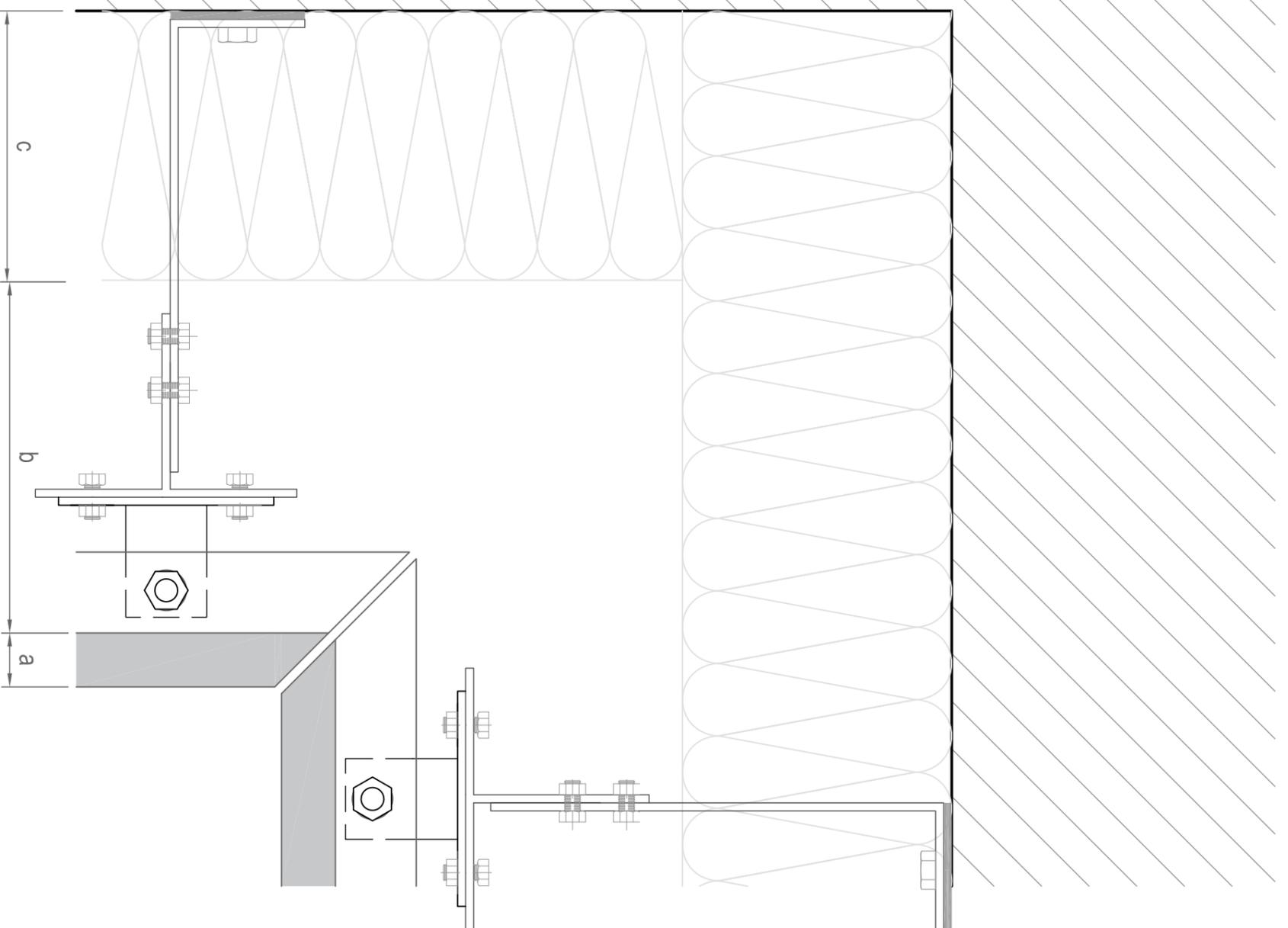
## Particolare incastro



a	Spessore pannello (20 mm)
b	Ventilazione variabile (minima di 30 mm) sino 100 mm.
c	Isolamento termico mm 100 minimo

Scala 1:2

# PARTICOLARE N.6- Sezione orizzontale-Angolo



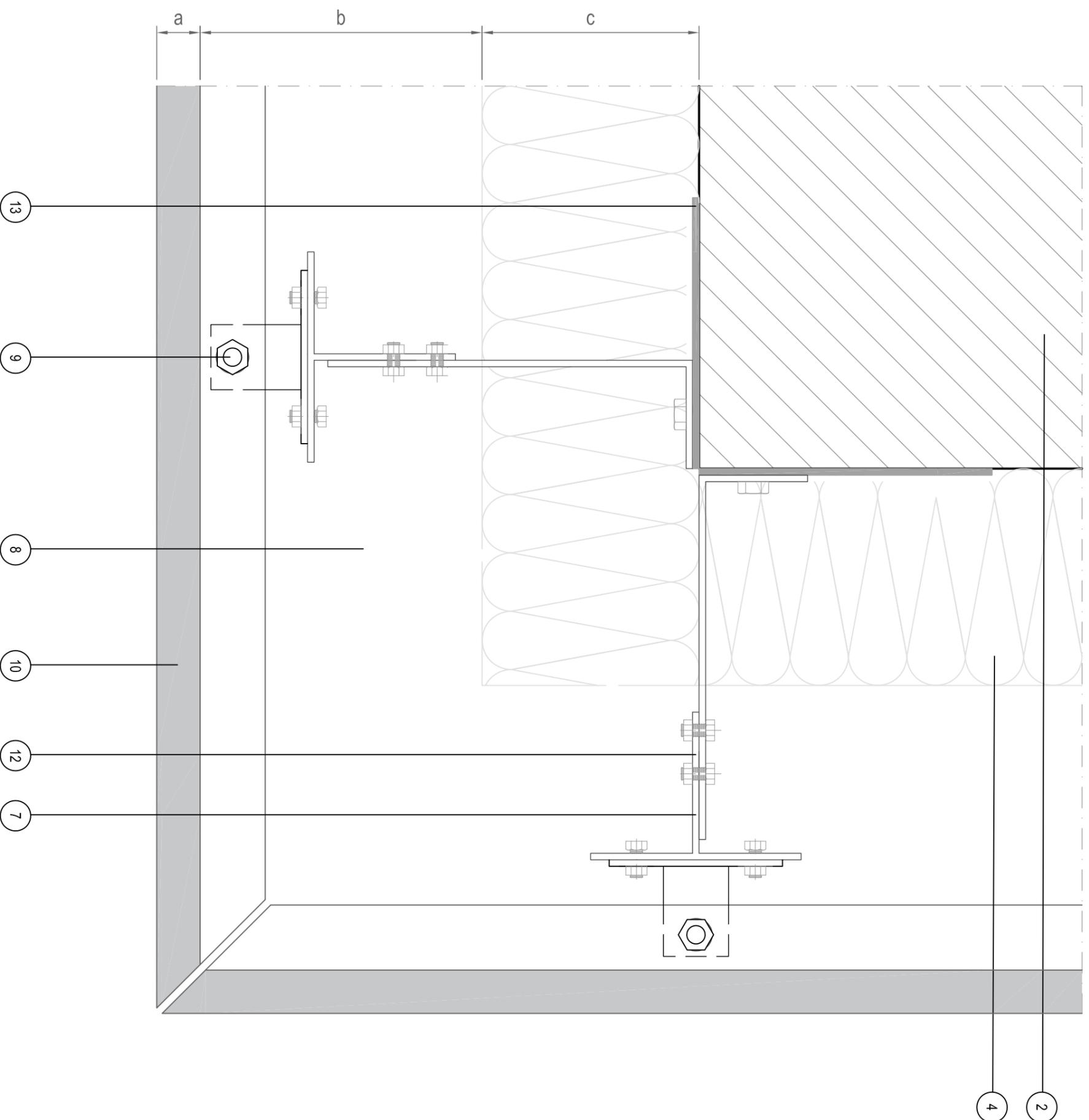
L E G G E N D A

①	Serramento in pvc
②	Parete esistente
③	Rivetto
④	Strato isolante in PET 2tipo "EcoZero®"
⑤	Lamierino microforato
⑥	Guida avvolgibile
⑦	Sottostruttura in acciaio tipo S275
⑧	Intercapedine di ventilazione
⑨	Perno di supporto filettato con dado di bloccaggio
⑩	Pannello nervato in PVC riciclato
⑪	Cassonetto con tenda microforata in PVC riciclato
⑫	Asola ellittica per la verticalità della sottostruttura
⑬	Isolante termico PE HD

a	Spessore pannello (20 mm)
b	Ventilazione variabile (minima di 30 mm) sino 100 mm.
c	Isolamento termico mm 100 minimo

Scala 1:2

# PARTICOLARE N.5-Sezione orizzontale-Spigolo



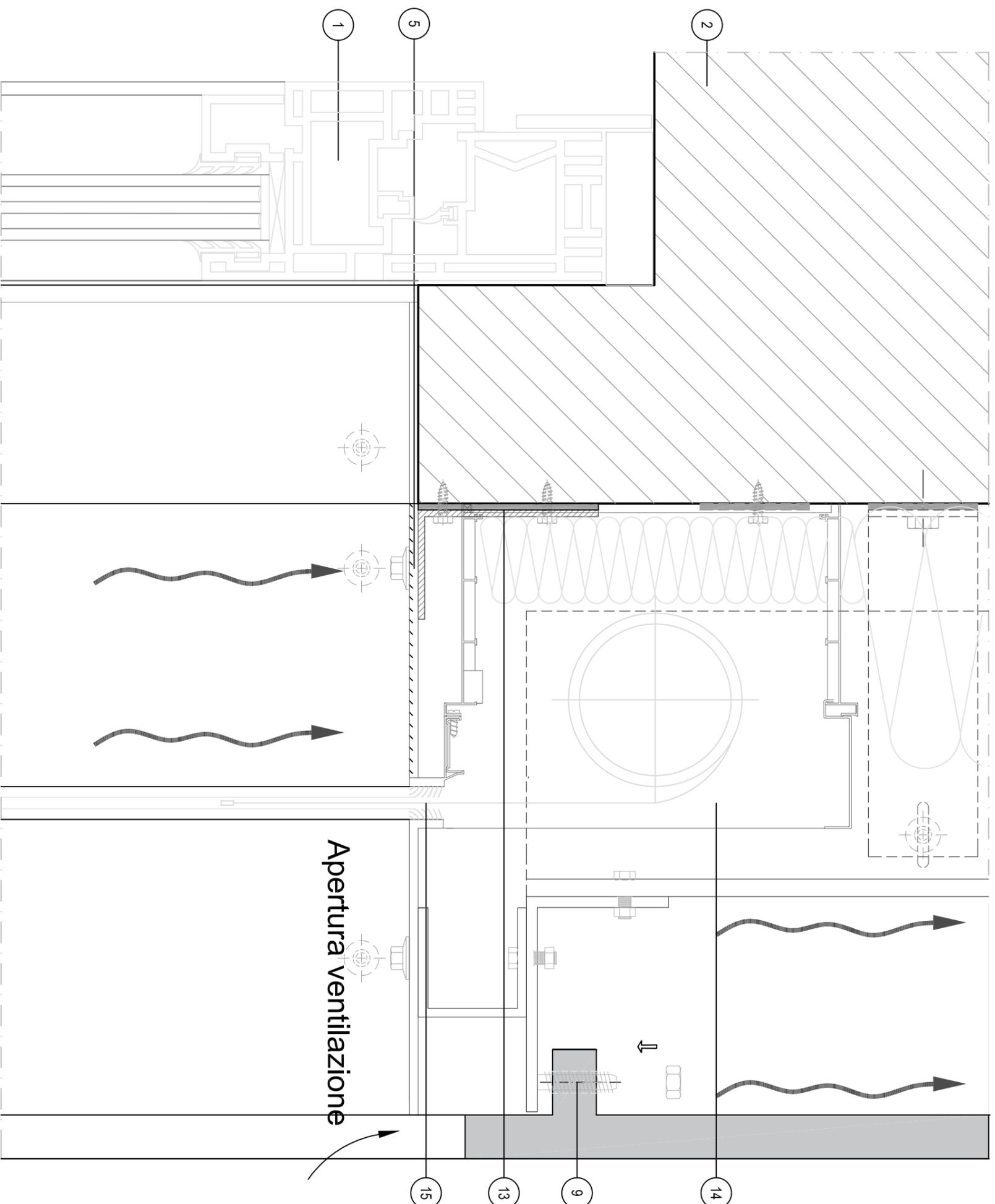
L  
E  
G  
E  
N  
D  
A

1	Serramento in pvc
2	Parete esistente
3	Rivetto
4	Strato isolante in PET 2iipo "EcoZero®"
5	Lamierino microforato
6	Guida avvolgibile
7	Sottostruttura in acciaio tipo S275
8	Intercapedine di ventilazione
9	Perno di supporto filettato con dado di bloccaggio
10	Pannello nervato in PVC riciclato
11	Cassonetto con tenda microforata in PVC riciclato
12	Asola ellittica per la verticalità della sottostruttura
13	Isolante termico PE HD

a	Spessore pannello (20 mm)
b	Ventilazione variabile (minima di 30 mm) sino 100 mm.
c	Isolamento termico mm 100 minimo

Scala 1:2

# PARTICOLARE N.4- Sezione verticale - Nodo della finestra superiore



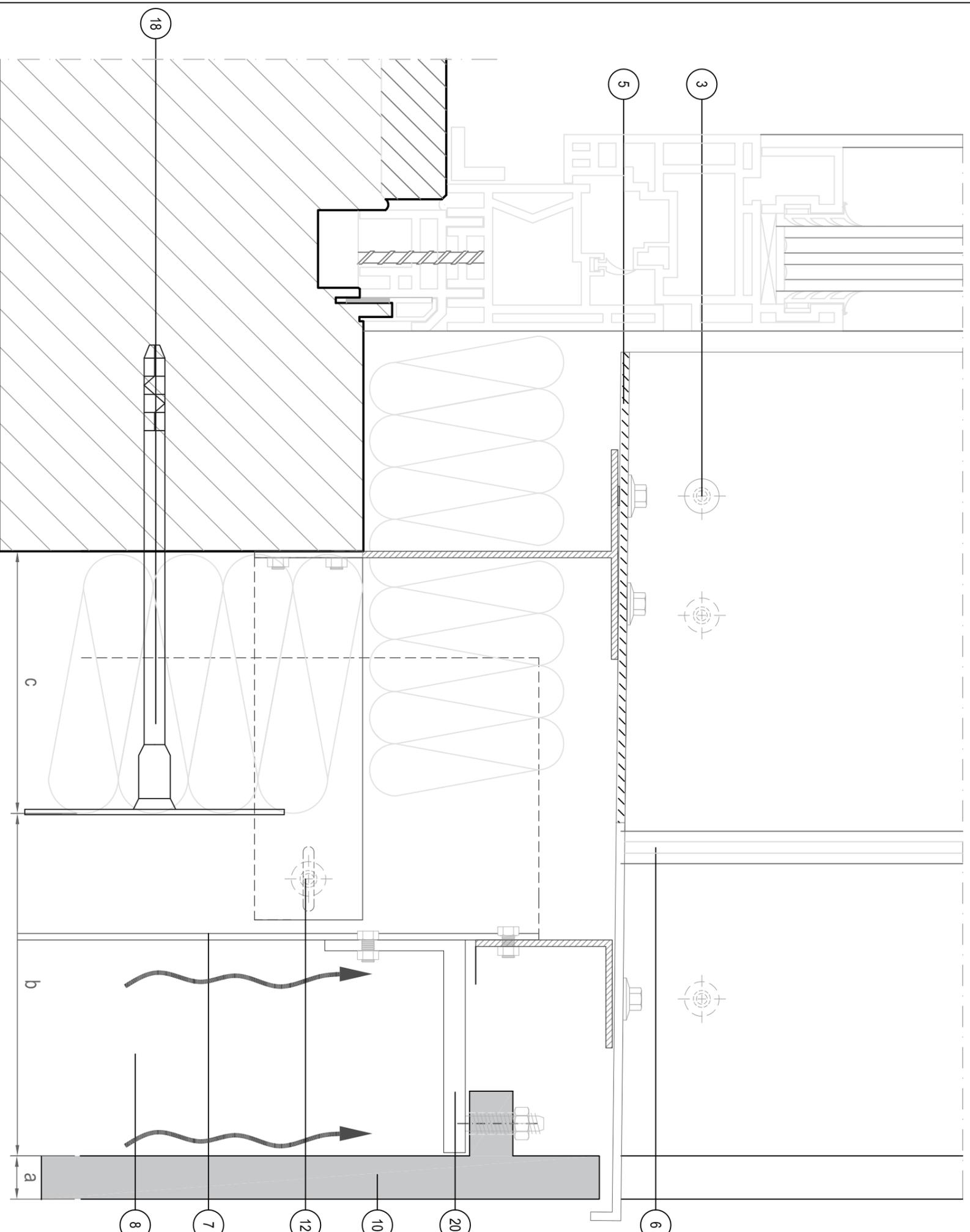
1	Serramento in pvc (basso emissivo N/W, e selettivo S/E)
2	Parete esistente
3	Rivetto
4	Strato isolante in PET 2tipo "EcoZero®"
5	Lamierino microforato
6	Guida avvolgibile
7	Sottostruttura in acciaio tipo S275
8	Intercapedine di ventilazione
9	Perno di supporto filettato con dado di bloccaggio
10	Pannello nervato in PVC riciclato
11	Cassonetto con tenda microforata in PVC riciclato
12	Asola ellittica per la verticalità della sottostruttura
13	Isolante termico PE HD
14	tenda microforata motorizzata
15	spazzolino
18	tassello pvc

a	Spessore pannello (20 mm)
b	Ventilazione variabile (minima di 30 mm) sino 100 mm.
c	Isolamento termico mm 100 minimo

Scala 1:2

L E G G E N D A

# PARTICOLARE N.3- Sezione verticale - Nodo della finestra inferiore



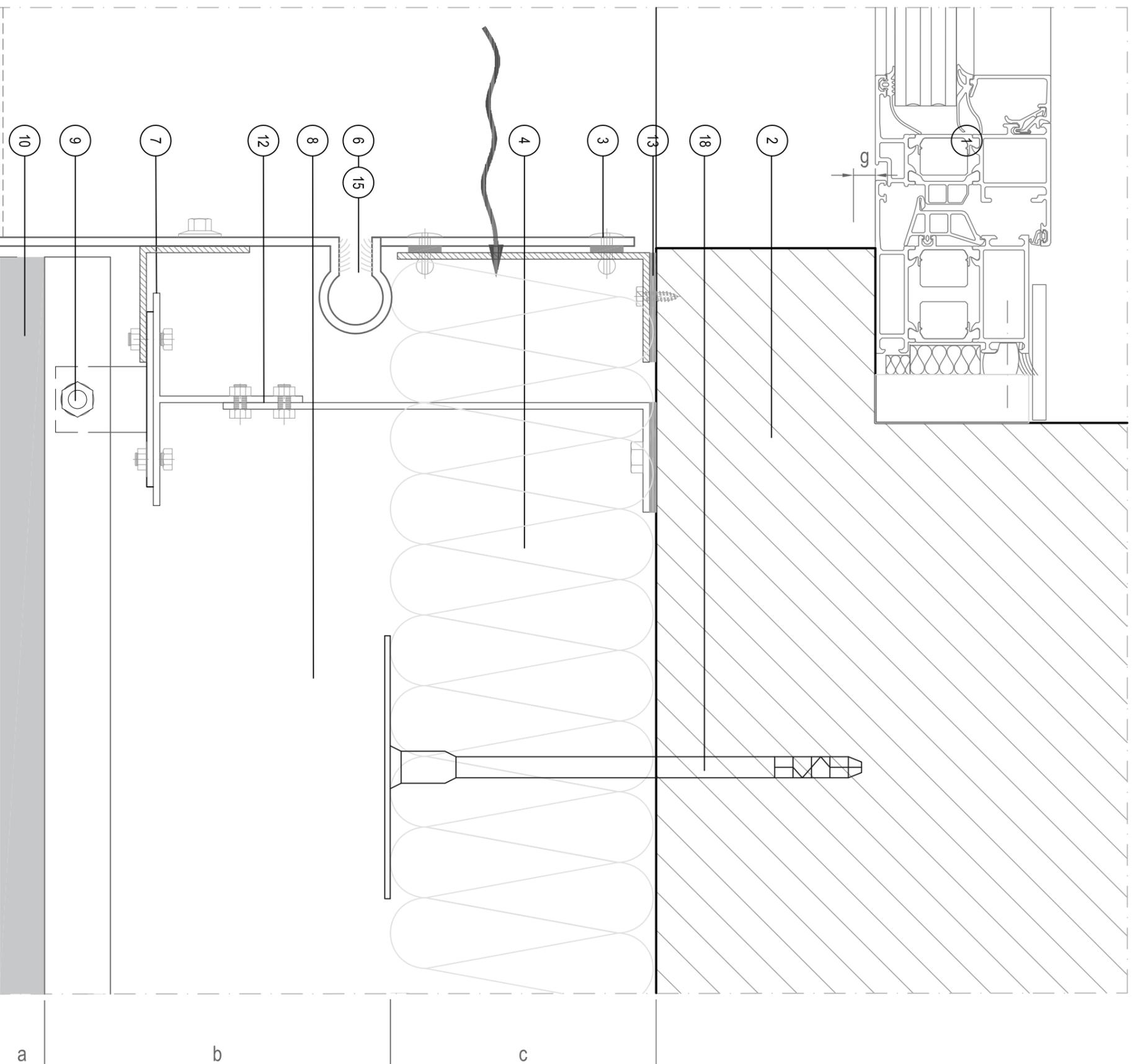
## LEGENDA

1	Serramento in pvc (basso emissivo N/W, e selettivo S/E)
2	Parete esistente
3	Rivetto
4	Strato isolante in PET 2tipo "EcoZero®"
5	Lamierino microforato
6	Guida avvolgibile
7	Sottostruttura a T in acciaio tipo S275
8	Intercapedine di ventilazione
9	Perno di supporto filettato con dado di bloccaggio
10	Pannello nervato in PVC riciclato
11	Cassonetto con tenda microforata in PVC riciclato
12	Asola ellittica per la verticalità della sottostruttura
13	Isolante termico PE HD
14	tenda microforata motorizzata
15	spazzolino
18	tassello pvc
20	staffa di ancoraggio

a	Spessore pannello (20 mm)
b	Ventilazione variabile (minirna di 30 mm) sino 100 mm.
c	Isolamento termico mm 100 minimo

Scala 1:2

# PARTICOLARE N.2-Sezione orizzontale - Nodo della finestra



## LEGGENDA

1	Serramento in pvc (basso emissivo NW, e selettivo S/E)
2	Parete esistente
3	Rivetto
4	Strato isolante in PET 2tipo "EcoZero®"
5	Lamierino microforato
6	Guida avvolgibile
7	Sottostruttura in acciaio tipo S275
8	Intercapedine di ventilazione
9	Perno di supporto filettato con dado di bloccaggio
10	Pannello nervato in PVC riciclato
12	Asola ellittica per la verticalità della sottostruttura
13	Isolante termico PE HD
15	spazzolino
18	tassello pvc

a	Spessore pannello (20 mm)
b	Ventilazione variabile (minima di 30 mm) sino 100 mm.
c	Isolamento termico mm 120

Scala 1:2

