

POLITECNICO DI MILANO
FACOLTA' DI ARCHITETTURA E SOCIETA'
CORSO DI LAUREA IN PROGETTAZIONE DELL'ARCHITETTURA SOSTENIBILE



VALUTAZIONE AMBIENTALE DI UN EDIFICIO RESIDENZIALE

applicazione del Protocollo Itaca e del metodo LCA per il confronto tra
soluzioni tecniche in calcestruzzo e legno

Relatore:

Prof. **Monica Lavagna**

Tesi di Laurea di:

Elena Ferrari

matricola 736235

INDICE

Introduzione	1
1. Metodi di valutazione ambientale	3
1.1 I metodi di valutazione a punteggio	4
1.1.1 I metodi di valutazione a punteggio in ambito internazionale	4
1.1.2 Il caso italiano: il Protocollo Itaca	10
1.2 Il metodo di valutazione Life Cycle Assessment (LCA)	13
1.2.1 Origini e sviluppo	13
1.2.2 Applicazioni nel contesto normativo	15
1.2.3 Etichettature ecologiche	15
1.2.4 Il metodo LCA nel settore delle costruzioni	20
1.2.5 Struttura del metodo LCA in edilizia	20
1.2.6 Definizione degli scopi e obiettivi	21
1.2.7 le fasi del Life Cycle Assessment	22
1.2.7.1 Prima fase: pre-produzione e produzione	22
1.2.7.2 Seconda fase: esecuzione in cantiere	23
1.2.7.3 Terza fase: uso e manutenzione	23
1.2.7.4 Quarta fase: fine vita	23
1.3 Protocollo Itaca e metodo LCA a confronto	23
2. Il progetto di un edificio residenziale a Monza	25
2.1 Il laboratorio di Costruzioni Sostenibili	25
2.2 Presentazione dell'area di progetto	26
2.3 Presentazione del progetto	28
2.4 Calcoli strutturali	30
2.4.1 Struttura in calcestruzzo armato	30
2.4.2 Struttura in legno	41
2.5 Tavole di progetto	48
3. La valutazione ambientale del progetto	49
3.1. Profili ambientali dei prodotti	49
3.1.1 Legno lamellare	52
3.1.2 Legno massiccio	54
3.1.3 Pannello OSB	56

3.1.4 Cartongesso	58
3.1.5 Calcestruzzo	60
3.1.6 Malta	62
3.1.7 Intonaco	64
3.1.8 Davanzale in marmo	66
3.1.9 Mattoni forati	68
3.1.10 Pignatte	70
3.1.11 Pavimento ceramico	72
3.1.12 Ferri longitudinali, trasversali e rete elettrosaldata	74
3.1.13 Profili in acciaio	76
3.1.14 Lamiera stirata in acciaio inossidabile	78
3.1.15 Parapetti in acciaio inossidabile	80
3.1.16 Frangisole fisso in alluminio	82
3.1.17 Frangisole scorrevole in alluminio	84
3.1.18 Scossalina in rame	86
3.1.19 Barriera al vapore	88
3.1.20 Guaina bituminosa	90
3.1.21 Pavimento in resina	92
3.1.22 Isolante in lana di roccia	94
3.1.23 Isolante in lana di roccia	96
3.1.24 Pannello radiante in polistirene espanso	98
3.1.25 Architrave tralicciato	100
3.1.26 Blocchi in argilla espansa	102
3.1.27 Lastre predalles	104
3.1.28 Pavimento galleggiante	106
3.1.29 Porte interne	108
3.1.30 Serramenti	110
3.1.31 Tende interne	112
3.1.32 Travetti prefabbricati	114
3.1.33 Tabella riassuntiva dei valori dei materiali considerati	116
3.2 Schede Serramenti	118
3.2.1 Serramento di tipo A	119
3.2.2 Serramento di tipo B	120
3.2.3 Serramento di tipo C	121
3.2.4 Serramento di tipo D	122
3.2.5 Serramento di tipo E	123

3.2.6 Serramento di tipo F	124
3.2.7 Serramento di tipo G	125
3.2.8 Serramento di tipo H	126
3.2.9 Serramento di tipo I	127
3.2.10 Serramento di tipo L	128
3.2.11 Serramento di tipo M	129
3.2.12 Tabella riassuntiva delle quantità di alluminio	130
3.2.13 Tabella riassuntiva delle quantità di vetro	130
3.2.14 Tabella riassuntiva delle quantità di gomma	131
4. La valutazione con il Protocollo Itaca	133
4.1 Energia incorporata nei materiali da costruzione	134
4.2 Materiali riciclati/recuperati	135
4.3 Materiali locali	136
4.4 Materiali locali per finiture	137
4.5 Materiali riciclabili/smontabili	138
4.6 Emissioni inglobate nei materiali da costruzione	139
4.7 Conclusioni	140
5. La valutazione dell'EE e CO₂ incorporata	141
5.1 La struttura in calcestruzzo (Database ICE v16a)	144
5.1.1 Fondazioni e strutture di contenimento	145
5.1.2 Membratura portanti	148
5.1.3 Muri e pannelli non portanti	154
5.1.4 Solai	163
5.1.5 Completamento solai	165
5.1.6 Scale	172
5.1.7 Serramenti	175
5.1.8 Conclusioni finali	185
5.2 La struttura in legno (Database ICE v16a)	195
5.2.1 Fondazioni e strutture di contenimento	196
5.2.2 Membratura portanti	199
5.2.3 Muri e pannelli non portanti	207
5.2.4 Solai	216
5.2.5 Completamento solai	218
5.2.6 Scale	225
5.2.7 Serramenti	228

5.2.8 Conclusioni finali	237
5.3 Confronto tra la struttura in calcestruzzo armato e legno	247
5.4 La struttura in calcestruzzo (Atlante dei Materiali)	249
5.4.1 Conclusioni finali	250
5.5 La struttura in legno (Atlante dei Materiali)	253
5.5.1 Conclusioni finali	254
5.6 Confronto tra la struttura in calcestruzzo armato e legno	257
5.7 Conclusioni	259
Conclusioni	263
Bibliografia	267

ABSTRACT

Grazie al metodo quantitativo LCA, Life Cycle Assessment, e metodi di valutazione a punteggio, quali il Protocollo Itaca, si tenta di ripercorrere le fasi di vita dell'edificio, in modo particolare le fasi di produzione e di trasporto e quindi la valutazione di energia incorporata (MJ) e di CO₂ inglobata (kgCO₂).

L'edificio preso in considerazione per la valutazione è l'edificio progettato durante il Corso di Costruzioni Sostenibili tenuto dal professore Andrea Campioli. L'edificio ospita appartamenti duplex, la cui caratteristica è la flessibilità, e negozi al piano terra. È situato nella periferia di Monza vicino all'ospedale San Gerardo e al polo universitario monzese.

La valutazione, con i metodi LCA e Protocollo Itaca, viene effettuata su tale edificio progettato con due tipologie costruttive differenti: una in calcestruzzo armato, materiale privilegiato nelle costruzioni del nostro Paese, e una in legno, materiale che potrebbe essere usato in futuro con maggior frequenza sempre pensando a un'ottica di sostenibilità nella progettazione ed esecuzione dei progetti.

Per la valutazione, si è voluta porre maggior attenzione ai materiali che concorrono alla costruzione degli edifici, tralasciando quindi volutamente la valutazione relativa agli impianti e le opere di sistemazione esterna.

Le valutazioni sono state precedute da mesi di ricerche per poter recuperare i dati necessari a stilare i profili ambientali di tutti i materiali presenti in entrambe le strutture di calcestruzzo armato e legno.

Lo scopo dell'elaborato è quindi quello di confrontare le emissioni e i consumi dei due edifici, calcestruzzo armato e legno, utilizzando due metodi di valutazione differenti e verificare la coerenza o incongruenza dei risultati ottenuti.

INTRODUZIONE

Per secoli le risorse naturali sono state considerate illimitate: acqua, territori, foreste, aria e suoli sono state trattate dal genere umano con uso indiscriminato, pensando, a torto, che non si sarebbero mai esaurite e senza tener conto degli effetti causati dalle possibili modificazioni e alterazioni dell'ambiente.

Il risultato è quindi uno squilibrio planetario di cui non conosciamo il grado di reversibilità né il punto di rottura.

La questione ambientale s'impone come primaria all'attenzione pubblica a partire dal dopoguerra e con il passare del tempo si trasformerà in una vera rivoluzione culturale. Cresce nell'individuo la consapevolezza sia del crescente inquinamento ambientale che dell'allarme per l'esaurimento delle risorse.

Il desiderio di una relazione con la natura e il desiderio ancora più forte di conservarla erano idee già diffuse nel XIX secolo ma limitate unicamente in ambienti intellettuali.

Negli anni successivi alla prima guerra mondiale intorno al 1920, per contrastare lo sfruttamento delle risorse in continua crescita, nascono le prime lotte per la salvaguardia dell'ambiente. È solo dopo la seconda guerra mondiale, che le istanze ecologistiche ritrovano vigore grazie a un movimento culturale che diffuse in modo capillare questa ideologia portando all'attenzione di tutti i ceti sociali l'emergente problema.

In questo quadro, prende forma l'idea di sviluppo sostenibile che sembra voler limitare lo sviluppo e la crescita economica a favore di un ritrovato rapporto tra uomo e ambiente.

Viene quindi introdotto il nuovo concetto di limite che si affianca alla conoscenza dei problemi causati dalle emissioni tossiche e dell'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili.

È proprio dagli anni '70 del XX secolo che prende corpo la percezione del progresso come ipersfruttamento delle risorse naturali, in modo particolare l'accusa è rivolta alla cultura del progresso che vuole prevalere su tutto a discapito dell'ambiente in cui viviamo.

Quindi a partire da questi anni si assiste a una presa di coscienza complessiva del problema "ambiente". Finalmente i problemi legati all'esaurimento delle risorse e delle scorte petrolifere vengono portati all'attenzione dei grandi mezzi di comunicazione di massa e dell'opinione pubblica mondiale.

In particolare, nel 1977 venne riunito negli Stati Uniti un gruppo di studiosi che ebbero lo scopo di valutare l'influenza delle attività umane sul clima. I lavori portarono alla conclusione che gli effetti delle attività umane si sarebbero ripercossi in maniera sensibile sul clima globale ed inoltre venne evidenziato come tali cambiamenti sarebbero stati in grado di modificare, da allora ad oggi, i fenomeni naturali del pianeta.

Quindi, alla luce di quanto detto, visto che anche l'architettura contribuisce in modo molto

importante a questo processo di sfruttamento delle risorse, è logico pensare che, anch'essa debba in qualche modo cercare di evitare il punto di non ritorno di tale processo. In questo senso la figura dell'architetto ha un ruolo fondamentale: pensare in fase di progettazione ad applicare soluzioni che riducano l'impatto ambientale dell'edificio che andrà a progettare.

Il problema di oggi è che il tema della sostenibilità viene affrontato unicamente applicando strategie di risparmio energetico e di efficienza degli impianti. Questo perché la fase d'uso di un edificio è quella che ha maggiori impatti sull'ambiente e quindi tutti gli strumenti di valutazione presenti oggi si focalizzano maggiormente su questi aspetti.

Ed è per questo che sono stati sviluppati innumerevoli sistemi di certificazioni e incentivi che trovano piena applicazione in questo contesto.

È però importante capire il ruolo significativo dei "pesi" energetici di altre fasi del ciclo di vita di un edificio, e non solo quella d'uso. In modo particolare è importante considerare la fase di pre-produzione e produzione dei materiali che contribuiscono alla costruzione dell'edificio.

Quindi il progettista può tentare di limitare lo sfruttamento delle risorse sin dal principio, ad esempio, utilizzando materiali di provenienza locale, materiali riciclati o che promuovano il riciclaggio anziché la dismissione in discarica. Inoltre è possibile apportare accorgimenti che sfruttino a pieno le caratteristiche climatiche della zona di progettazione ed è quindi fondamentale l'orientamento dell'edificio secondo l'asse est-ovest, l'apertura di grandi finestre sul fronte sud e di piccole finestre sul fronte nord, rispettare le normative per quanto riguarda la trasmittanza delle pareti, etc..

Molti sono gli accorgimenti che si possono adottare per ridurre gli impatti.

In questo contesto si pone l'attenzione della tesi, che oltre a presentare un progetto che sintetizzi tutti gli accorgimenti sopra citati, proponga due valutazioni ambientali, una utilizzando il metodo Life Cycle Assessment e una il Protocollo Itaca. Queste valutazioni sottolineano il forte interesse verso l'ambiente e la sua difesa e pongono l'accento sull'importante ruolo del progettista di oggi.

In questo modo si vogliono confrontare i consumi e le emissioni di uno stesso edificio progettato sia in calcestruzzo armato che in legno al fine di valutarne gli impatti sull'ambiente. Dal confronto delle due metodologie si verificherà inoltre la coerenza o incongruenza dei risultati ottenuti.

METODI DI VALUTAZIONE AMBIENTALE

L'elaborazione di metodi e strategie ambientali hanno assunto nel corso degli ultimi anni una crescente importanza. Questa è stata sempre più riconosciuta perché si è capito quanto sia fondamentale saper aiutare i progettisti ad indirizzare le proprie scelte su opzioni che danno garanzie di maggior sostenibilità.

Tutti gli approcci a questi metodi utilizzati ai giorni nostri tentano una modellizzazione della realtà, valutando i diversi aspetti del modello in questione, sia un edificio o un prodotto. L'obiettivo fondamentale rimane quello di portare verso l'individuazione di ragionamenti connotati a un'ottica sostenibile.

Negli anni si sono diffusi innumerevoli strumenti di valutazione degli impatti che una costruzione o anche la produzione di un singolo oggetto ha sull'ambiente e l'obiettivo rimane sempre quello di determinare in maniera chiara e scientifica il grado di sostenibilità tra una scelta ed un'altra e quindi aiutare il progettista a fare scelte ragionate sin dalla fase di progettazione.

È importante sottolineare che tali strumenti di valutazione della qualità dell'ambiente sono applicabili a molti ambiti che vanno dal territorio alla città, dal quartiere all'edificio, dal prodotto edilizio al materiale e processo produttivo.

Questi strumenti di valutazione sono divisi in due grandi categorie: gli strumenti che prendono in considerazione una vasta gamma di parametri e danno una valutazione di tipo qualitativo (come per esempio Protocollo Itaca, GBtool, HQE..) e gli strumenti che prendono in considerazione un numero ridotto di parametri ma forniscono una valutazione di tipo quantitativo (come per esempio gli eco bilanci, il metodo Life Cycle Assessment..).

Di seguito verranno presentate entrambe le metodologie, valutazioni a punteggio e metodo LCA, sottolineando le caratteristiche peculiari e le modalità di applicazione, cercando in ultimo di mettere in evidenza i vantaggi e gli svantaggi di ognuna.

1.1 I METODI DI VALUTAZIONE A PUNTEGGIO

Nell'ultimo decennio si è sentita la necessità di sviluppare varie metodologie di valutazione delle prestazioni energetiche e ambientali degli edifici, che costituiscono un valido supporto sia in fase di progettazione che in quella di riqualificazione e miglioramento degli edifici esistenti.

Questi sistemi sono articolati secondo una serie di requisiti ambientali ai quali viene assegnato un punteggio in base alla prestazione attesa dell'edificio. Dalla somma pesata di tali punteggi, si ottiene la valutazione complessiva della struttura che determina così il grado di sostenibilità della stessa. Tali sistemi vengono quindi definiti "sistemi a punteggio" in quanto ad ogni voce viene associato un punteggio.

Questo metodo ha il vantaggio di essere ben compreso da tutti, poiché è un numero a rappresentare il grado di sostenibilità. Dall'altra parte, la semplificazione di questo metodo potrebbe celare il vero comportamento dell'edificio in uno o più ambiti e quindi risultare poco attendibile se non addirittura fuorviante nella valutazione complessiva.

Tutti questi sistemi a punteggio vengono sviluppati e utilizzati con l'obiettivo di emettere un documento sul grado di qualità energetico - ambientale degli edifici e tendono quindi a far alzare il valore di vendita dell'edificio.

Molti paesi si sono dotati di un proprio sistema di valutazione, con propri criteri e sistemi di valutazione condivisi su tutto il territorio nazionale. Purtroppo la situazione è ben differente in Italia, come poi si vedrà.

Qui di seguito vengono elencati alcuni sistemi di valutazione.

1.1.1 I metodi di valutazione a punteggio in ambito internazionale

Certificazioni ambientali nazionali e internazionali

Regno Unito: Breeam ed Ecohomes (certificato a punteggio)

Giappone: Casbee (certificato a punteggio)

Australia: Green Star (certificato a punteggio)

Francia: Haute Qualité Environnementale (certificato a soglia)

Stati Uniti: Leed (certificato a punteggio)

Svizzera: Minergie ed Eco-Bau (certificato a soglia)

Danimarca, Finlandia, Svezia, Norvegia e Islanda: Nordic Ecolabelling (certificato a soglia)

Spagna: Verde (certificato a punteggio)

Austria: Total Quality e Klima Aktiv (certificato a punteggio)

Italia: CasaClima - KlimaHaus (certificato a punteggio)

SB100 (certificato a punteggio)

Protocollo Itaca (certificato a punteggio)

BREEAM ed ECOHOMES

Il Breeam (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), creato



nel 1990, in Gran Bretagna è considerato il capostipite dei sistemi di certificazione. Proprio per questo è stato preso come punto di riferimento per tutti i metodi nati in seguito. Si tratta di un sistema su base volontaria che prevede una scala di punteggi che va da "Pass" per il livello base a "Excellent" per il punteggio massimo. Per ottenere il punteggio finale vengono attribuiti punti a diverse sottocategorie: energia, accessibilità al sito con mezzi pubblici, inquinamento, materiali impiegati, risparmio idrico, utilizzo del territorio e qualità della vita all'interno dell'edificio. Il Breeam consente, con criteri diversi, di certificare edifici di varie tipologie: pubblici (scuole, ospedali), commerciali, residenziali (con il sistema EcoHomes) ed anche ogni singola fase del ciclo di vita dell'edificio. Tale certificazione Breeam richiede l'intervento di certificatori esterni autorizzati dal BRE (Building Research Establishment).

CASBEE

Il sistema giapponese Casbee, Comprehensive Assessment System for Building Environmental



Efficiency, è stato sviluppato dal Japan Sustainable Building Consortium in maniera tale che sia in grado di portare a certificazione edifici con performance ambientali superiori, in modo tale da incentivare il mercato e i progettisti, che sia il più semplice possibile, che sia applicabile a un'ampia tipologia di edifici e caratteristico per il Giappone e l'Asia.

Il sistema Casbee è interessante in quanto cambia completamente approccio rispetto alla maggior parte dei sistemi di certificazione esistenti: i criteri sono definiti per le diverse fasi di vita e sono applicabili a un'ampia varietà di edifici. Il sistema di valutazione Casbee è basato sul rapporto tra due parametri di valutazione Q e L, dove Q, Quality rappresenta la qualità ambientale e le performance dell'edificio e L, Loadings rappresenta i carichi ambientali prodotti attraverso la valutazione di aspetti quale l'efficienza energetica, l'efficienza nell'uso delle risorse, l'ambiente locale e l'ambiente indoor. Il rapporto tra Q e L, denominato Bee, Building Environmental Efficiency, viene rappresentato su un piano di riferimento che individua diverse aree corrispondenti a vari livelli di certificazione: classe C, scarsa, classe B-, classe B+, classe A, classe S e eccellente.

GREEN STAR

Il sistema di valutazione australiano è il Green Star ideato dall'Australian Green Building Council. È un sistema che si basa su sistemi di valutazione di impronta americana come

il Leed e di impronta inglese come il Breeam.

Il sistema prevede un punteggio massimo di 132 punti e il punteggio totale è definito dal

numero di stelle ottenuto dove sei è il numero massimo. Ad oggi il sistema non è differenziato per le varie destinazioni d'uso degli edifici.



HQE

In Francia la certificazione ambientale prende il nome di HQE, Haute Qualité Environnementale, e viene intesa come "certificazione di processo". Non si valuta la compatibilità ambientale dell'edificio, ma la qualità ambientale di tutto il processo edilizio, secondo una griglia che comprende 14 obiettivi raggruppati in 4 temi:

- bioedilizia: relazione armonica dell'edificio con l'ambiente che lo circonda; scelta integrata delle tecnologie e dei materiali da costruzione e cantieri a basso impatto,
- ecogestione: gestione dell'energia, gestione dell'acqua, gestione dei rifiuti dell'attività di cantiere, manutenzione e riparazione e realizzazione di un ambiente interno soddisfacente,
- comfort: comfort rispetto all'umidità, comfort acustico, comfort visivo e comfort olfattivo,
- salute: condizioni sanitarie, qualità dell'aria e qualità dell'acqua.

Questa griglia, elaborata dall'associazione HQE, sintetizza gli obiettivi da raggiungere ai fini dello sviluppo sostenibile, ed è uno strumento destinato ai committenti, ai gestori di stock immobiliari e agli studi di progettazione. L'applicazione di questa griglia alla progettazione e alla realizzazione di edifici presuppone il coinvolgimento di varie figure professionali, oltre ai progettisti, ai produttori di materie prime e ai costruttori, viene espressamente favorito l'approccio interdisciplinare che coinvolga anche esperti di acustica, energia o economia, al fine di ottimizzare la progettazione e, quindi, l'intero processo edilizio.



LEED

Il Leed, Leadership in Energy and Environmental Design, è un sistema di certificazione della sostenibilità delle costruzioni che è nato negli Stati Uniti e si sta ampiamente diffondendo. E' infatti attualmente utilizzato in oltre 100 Paesi nel mondo, tra cui l'Italia, con la recente nascita di Leed Italia. Il LEED è un sistema volontario e si basa su punteggi che vengono attribuiti per ciascuno dei vari aspetti della sostenibilità di un edificio:

- la fase del cantiere: gestione ecocompatibile dei materiali impiegati e della riduzione dei

rifiuti,

- la gestione efficiente delle risorse,
- la sostenibilità dei materiali,
- la qualità degli ambienti interni,
- la progettazione l'innovazione: utilizzo di tecnologie migliorative delle buone pratiche costruttive esistenti.



Sommando i punteggi ottenuti nelle categorie indicate si ottiene uno specifico livello di certificazione Leed: Certified (che è il livello base), Silver, Gold e Platinum. Il Leed è un sistema flessibile che prevede differenti formule per i vari tipi di edifici: nuove costruzioni, edifici esistenti, scuole e piccole abitazioni.

MINERGIE ed ECO-BAU

Minergie-Eco è un completamento dello standard Minergie. Per gli edifici certificati Minergie le



caratteristiche da considerare sono comfort ed efficienza energetica, mentre per le costruzioni certificate Minergie-Eco vanno soddisfatti anche i requisiti di un sistema di costruzione sano ed ecologico. Alla base di una pianificazione e costruzione secondo Minergie-Eco vi sono vaste conoscenze, comprovati strumenti di pianificazione e, non ultime, esperienze in costruzioni eco (eco-bau). Inoltre viene valutato anche il progetto sotto il profilo ambientale e della salute.

Il processo di verifica Minergie-Eco può essere impiegato per costruzioni amministrative, scuole e case plurifamiliari. La novità è che la verifica può avvenire, con procedura semplificata, anche per case unifamiliari o piccole case residenziali fino a una superficie di 500 m². Per il risanamento è prevista un'offerta specifica.

NORDIC ECOLABELLING

Il Nordic Ecolabelling certifica le prestazioni ambientali delle case di piccole dimensioni, small houses, nei paesi del Nord Europa: Danimarca, Norvegia, Svezia, Finlandia e Islanda. I criteri del Nordic Ecolabelling per le small houses comprendono una combinazione di requisiti obbligatori [O], di requisiti ambientali e di gestione della qualità anch'essi obbligatori [M] e una serie di requisiti a punteggio [P]. Per ottenere la certificazione tutti i requisiti di tipo O e M devono essere soddisfatti; almeno

il 40% del punteggio ottenibile dai requisiti di tipo P deve essere soddisfatto, il che significa che bisogna raggiungere un minimo di 16 punti su 40 disponibili.



VERDE

VERDE è un metodo spagnolo sviluppato da Arquitectos, Urbanistas e Ingenieros Asociados, GBC Spagna e Consiglio Superiore del Collegio degli architetti spagnoli. Si applica a nuove costruzioni nel settore residenziale, terziario, sanitario e scolastico, alle diverse fasi del ciclo di vita di un edificio.

TOTAL QUALITY

In Austria è stato sviluppato il Total Quality Assessment come sistema di certificazione ambientale degli edifici. Definisce gli obiettivi che devono essere raggiunti durante la fase progettuale e che devono essere verificati una volta realizzato l'edificio per ottenere la certificazione ambientale, il Building Quality Certificate.

I risultati ottenuti durante la valutazione sono utilizzati per attribuire il punteggio raggiunto dall'edificio. È un sistema applicabile a edifici residenziali e a edifici commerciali.

KLIMA AKTIV

Il marchio klima aktiv è un marchio promosso dal Ministero Austriaco federale dell'agricoltura e dell'ambiente per proteggere il clima. Il marchio è disponibile per edifici residenziali di nuova costruzione, mentre sono in elaborazione i criteri per la certificazione di edifici ristrutturati e per edifici non residenziali. I criteri sono suddivisi in obbligatori e opzionali e complessivamente l'edificio può totalizzare un punteggio che consente di raggiungere i seguenti livelli di certificazione:

- klima aktiv Haus: maggiore o uguale a 700 punti;
- klima aktiv Passivhaus: maggiore o uguale a 900 punti;
- klima aktiv Standard: massimo 1.000 punti.



I criteri riguardano gli aspetti legati alla progettazione e realizzazione per un massimo di 120 punti; consumo di energia e di risorse per un massimo di 600 punti; materiali e costruzione per un massimo di 160 punti e comfort e qualità dell'aria indoor per un massimo di 120 punti.

CASA CLIMA-KLIMAHaus

KlimaHaus è un'agenzia privata che in Italia ha fatto da apripista alla promozione dell'efficienza energetica in edilizia. L'Agenzia CasaClima si è data l'obiettivo di coniugare comportamento ecologico e calcolo economico, proponendo come modello edifici ad elevata qualità abitativa che abbiano costi di costruzione non eccessivamente elevati rispetto alle costruzioni tradizionali. La metodologia CasaClima è obbligatoria nella Provincia Autonoma di Bolzano.

Il sistema promuove un modello di abitazione sostenibile che risponda a determinate caratteristiche: struttura compatta, alto grado di isolamento termico della superficie esterna, finestre altamen-

te isolanti, ermeticità, assenza di ponti termici, utilizzo di energia solare, impiantistica ottimale. Il modello CasaClima non riguarda solo le nuove costruzioni, ma anche la ristrutturazione sostenibile di vecchi immobili.

Ciò che permette di definire CasaClima è il fabbisogno energetico che si può calcolare con un pratico sistema di calcolo. Il certificato energetico e la targhetta CasaClima sono le colonne portanti del sistema di classificazione. Le categorie CasaClima permettono di identificare il grado di consumo energetico di un edificio. Esistono infatti:



- CasaClima Oro, con un fabbisogno energetico inferiore a 10 kWh/m²a/Casa da 1 litro
- CasaClima A, con un fabbisogno energetico inferiore a 30 kWh/m²a/Casa da 3 litri
- CasaClima B, con un fabbisogno energetico inferiore a 50 kWh/m²a/Casa da 5 litri

GBTOOL

Tra le molteplici esperienze vanno segnalati i lavori svolti dal Green Building Challenge (GBC), un network internazionale di soggetti scientifici e di operatori nel settore delle costruzioni edilizie che mira a far progredire il livello delle conoscenze tecnico-scientifiche e delle



metodologie che si occupano della valutazione delle prestazioni energetico-ambientali degli edifici; a realizzare uno strumento che serva da riferimento per la valutazione della sostenibilità degli edifici; e a incentivare la ricerca nel settore dell'edilizia sostenibile, coinvolgendo i progettisti, le imprese edili, le industrie che operano nel settore, ecc.

Gli studi condotti dal GBC hanno portato alla definizione del Green Building Tool (GBTool), uno dei software più accreditati per la valutazione della sostenibilità degli edifici.

Con la redazione del GBTool, gli autori si sono prefissati l'obiettivo di elaborare una metodologia generale riconosciuta a livello internazionale e facilitare un confronto internazionale delle prestazioni ambientali di tipologie di edifici anche fortemente dissimili.

Il GBTool consente di valutare l'impatto ambientale di una generica costruzione lungo l'intero ciclo di vita della stessa, ed impiega un indice sintetico che riassume le prestazioni dell'edificio e viene utilizzato per classificare qualitativamente e quantitativamente la costruzione esaminata. Il metodo può essere adattato alle condizioni locali in cui viene applicato (clima, condizioni economiche e culturali, priorità ambientali, ecc.) pur mantenendo la medesima terminologia e la stessa struttura di base. Ogni gruppo nazionale che interviene nei lavori del network ha il compito di adattare il modello alle peculiarità nazionali e di testare la trasferibilità del metodo al contesto locale. Sulla base del GBTool in Italia è stato inoltre sviluppato il Protocollo Itaca che attualmente è stato oggetto di alcune applicazioni e che ha riscontrato l'interesse di numerosi Enti Locali.

La scala di attribuzione del punteggio del GBTool va da -2 a 5.

SB100

Sustainable Building 100 è il sistema studiato da ANAB, Associazione Nazionale Architettura Bioecologica, per l'indirizzo, la valutazione e il controllo della sostenibilità degli interventi edilizi. L'ambito di analisi è, quindi, più ampio rispetto ai sistemi che valutano la sostenibilità dell'edificio unicamente in funzione della certificazione energetica.

Il sistema SB100 propone una valutazione che considera, oltre ai consumi energetici dell'edificio, il suo impatto sull'ambiente secondo i tre assi dello sviluppo sostenibile, in termini ecologici, sociali ed economici.

Il percorso di certificazione è composto da tre settori. Il primo è composto da dieci obiettivi, che indicano le linee di sostenibilità ambientale che il progetto deve assolvere. Il secondo settore prevede quali azioni devono essere attivate per raggiungere gli obiettivi fissati nelle linee guida, la metodologia per attuare le azioni, i riferimenti normativi e i riferimenti bibliografici. Il terzo settore costituisce la lista di controllo che consente di valutare l'efficienza dell'edificio già dalle prime fasi progettuali, di misurarne l'esito finale e di verificare l'efficacia dell'esecuzione. La lista di controllo permette di sommare i punteggi raggiunti e di assegnare all'intervento edilizio una classe di merito di sostenibilità in base al risultato raggiunto.

La classe di merito di sostenibilità dell'edificio e la sua certificazione energetica abbinata vengono comunicate con una targa posta all'esterno dell'edificio a fianco del numero civico.

1.1.2 Il caso italiano: il Protocollo Itaca

Il Protocollo Itaca è il risultato di un'iniziativa curata da ITACA, Istituto per la Trasparenza l'Aggiornamento e la Certificazione degli Appalti, realizzata a partire dall'autunno



del 2002 da un gruppo di lavoro interregionale al quale hanno partecipato anche l'ISPRA, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, e l'APAT, Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e i Servizi Tecnici. Il Protocollo è stato approvato dalla Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Province autonome nel gennaio del 2004.

Il Protocollo è uno dei più conosciuti sistemi di valutazione della qualità energetica e ambientale di un edificio. Tale strumento è stato sviluppato a partire dalla metodologia del GBC, Green Building Challenge.

Il Protocollo tende ad assumere alcuni aspetti caratteristici del Decreto Legislativo n. 192/2005 e del successivo Decreto n. 311/2006 prevedendo che siano sottoposti a verifica gli edifici di nuova costruzione, gli edifici soggetti a ristrutturazione totale o parziale e gli ampliamenti di volumetria di edifici esistenti. Per quanto concerne i cambi di destinazione d'uso degli immobili, il Protocollo, benché concepito per il settore residenziale, è applicato anche a uffici, alberghi, centri sportivi, etc..

E' compito delle Regioni e delle Province definire quali siano gli eventuali nuovi ambiti di intervento.

All'edificio o al progetto di un edificio viene assegnato un punteggio rappresentativo del livello di sostenibilità ambientale che è stato raggiunto. Il sistema di verifica è organizzato attraverso 70 schede per il Protocollo Completo e 28 schede per il Protocollo Semplificato. A ciascuna scheda corrisponde un indicatore e a ciascun indicatore è attribuito un punteggio compreso tra -1 e 5, dove 0 è la prestazione minima attesa e definita dalla legge. Il punteggio viene determinato sulla base degli strumenti di verifica e i metodi riportati nelle schede stesse, quindi a un punteggio maggiore corrisponde una migliore prestazione energetico-ambientale dell'edificio.

Lo strumento di valutazione aggiorna il Protocollo Itaca contestualizzandolo alle caratteristiche ambientali e costruttive del territorio in funzione del tipo di progetto da valutare e della sua ubicazione. Originariamente sviluppato in ambiente Excel, è stato successivamente implementato in un software di calcolo per facilitarne l'applicazione e la diffusione.

Aree di valutazione

Le aree di valutazione di tale metodo di valutazione sono cinque:

1. qualità del sito
2. consumo delle risorse
3. carichi ambientali
4. qualità ambientale indoor
5. qualità del servizio

Criteri di valutazione

I criteri di valutazione hanno una valenza economica, sociale, ambientale di un certo rilievo; sono quantificabili o definibili qualitativamente, ovvero oggettivamente rispondenti a scenari prestazionali predefiniti; perseguono un obiettivo di largo respiro e hanno una comprovata valenza scientifica oltre ad essere dotati di prerogative di pubblico interesse.

Sistemi di pesatura

I pesi delle aree di valutazione e delle categorie rappresentano il grado di rilevanza che esse assumono all'interno del sistema di valutazione. Sono stati assegnati mediante votazione e successiva normalizzazione dei voti assegnati. I pesi assegnati ad ogni voce sono stabiliti dalla Regione di competenza e possono essere quindi modificati dall'Ente stesso, questi pesi variano da Regione a Regione dato che il Protocollo Itaca tiene conto del contesto e dell'ambiente in cui avviene la valutazione.

Per quanto riguarda il sistema di pesatura dei criteri, questi si dividono in relativi e assoluti. I primi

sono riferiti all'importanza del criterio all'interno della categoria di appartenenza, mentre i secondi sono relativi all'importanza del criterio all'interno del sistema di valutazione. Tali pesi sono assegnati in base a tre caratteristiche: l'estensione, l'intensità e la durata del potenziale effetto. La normalizzazione dei voti consente poi il calcolo del peso relativo di ciascun criterio, il peso assoluto è invece il risultato del prodotto del peso relativo del criterio per il peso della categoria e dell'area di valutazione di appartenenza.

Le differenze a livello nazionale: il Protocollo Itaca e le Regioni Italiane

A differenza di tutti i Paesi Europei che si sono dotati di un sistema di valutazione a punteggio per nazione e quindi condiviso su tutto il territorio, in Italia il Protocollo Itaca ha diverse accezioni. Ogni regione si è dotata infatti di un proprio sistema di valutazione e addirittura in alcuni casi assume un nome diverso come per la Regione Friuli o Veneto. Questo aspetto potrebbe sembrare a prima vista positivo proprio perchè ogni Regione evidenzia caratteristiche che ritiene preminenti rispetto ad altre, ma in realtà complica il lavoro dei progettisti o di coloro che si servono di tale valutazione perchè, non essendoci un metodo condiviso da tutti sul territorio nazionale, ogni volta che un progettista lavora in una regione diversa deve farsi proprie le normative e il metodo adottato da questa.

Le Regioni che hanno applicato il Protocollo così come presentato inizialmente sono le Regioni Basilicata, Marche, Puglia e Piemonte. Ognuna ha variato il peso dei criteri presi in esame per adattarli al proprio contesto ambientale e climatico. Le altre regioni che si sono dotate di tale valutazione hanno apportato delle modifiche sia nell'espressione del punteggio che nelle aree di valutazione. In modo particolare:

- la Regione Veneto si è dotata del sistema Biover;
- la Regione Friuli si è dotata del sistema VEA, Valutazione Qualità Energetica e Ambientale, che si compone di 22 schede ripartite in 6 aree di valutazione il cui punteggio varia da -1 a 3 per la valutazione dell'edificio e da G ad A+ per esprimere la classe energetica di esso. In questo modo si ha un risultato alfanumerico, dato quindi dalla valutazione dell'edificio e dalla sua classe energetica;
- la Regione Umbria si è dotata del sistema VSA che si compone di 5 schede con una valutazione che varia a livello di edificio e di classe energetica, come il sistema VEA della regione Friuli. Per la Regione Umbria però il punteggio per la valutazione dell'edificio varia da -1 a 5, mentre per la valutazione della classe ambientale il punteggio varia da D ad A+;
- la Regione Toscana invece si è dotata di linee guida per l'edilizia sostenibile che presenta 7 aree di valutazione con 21 requisiti e un punteggio che, a differenza dei sistemi di valutazione visti precedentemente, varia da -2 a 5.

In modo particolare ci si è soffermati sull'analisi dei materiali che ogni regione prende in considerazione e si è evidenziato come la maggior parte di essi ritenga di importanza maggiore i seguenti criteri: i materiali da fonti rinnovabili, i materiali riciclati o recuperati, la trasmittanza dell'involucro, l'inerzia termica e le emissioni di CO₂ in fase operativa.

Si fa purtroppo poca attenzione, o comunque non sono requisiti presi molto in considerazione dalle Regioni i valori di energia inglobata dei materiali, i valori di emissioni di CO₂ dei materiali, le certificazioni dei materiali usati nel progetto, il riutilizzo di materiali edili e di strutture esistenti a differenza invece del sistema di valutazione LCA.

1.2 IL METODO DI VALUTAZIONE LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA)

L'altro metodo di valutazione ambientale è il metodo Life Cycle Assessment di cui verranno di seguito esposte le caratteristiche.

1.2.1 Origini e sviluppo

L'approccio di tipo ciclo-vita ai problemi ambientali non è un'idea recente e innovativa. Le sue origini si collocano verso la fine degli anni '60.

Alcuni ricercatori che incominciarono a occuparsi con criteri scientifici del problema del consumo di risorse e della generazione di reflui nei processi industriali, si resero conto che l'unica strada efficace per studiare in maniera completa i sistemi produttivi da un punto di vista ambientale fosse quella di esaminare le prestazioni seguendo passo per passo il cammino percorso dalle materie prime, a partire dalla loro estrazione, attraverso tutti i processi di trasformazione e di trasporto, fino al loro ritorno alla terra sotto forma di rifiuti.

Prima di essere conosciuta come LCA, Life Cycle Assessment, la metodologia era conosciuta con un'altra terminologia: cradle to grave analysis, resources and environmental profile analysis, life cycle analysis, eco balance, energy and environmental analysis..

Al tempo questo approccio era una novità assoluta, perché nello studio, che voleva migliorare le prestazioni energetiche e ambientali di un sistema industriale, veniva preso in considerazione l'intero ciclo produttivo, mentre fino ad allora si cercavano i miglioramenti dell'efficienza sui singoli componenti dei processi produttivi.

Da un punto di vista generale, l'approccio LCA era completamente diverso da quello adottato dagli economisti per descrivere i processi industriali. L'approccio LCA è infatti concentrato sull'analisi del soddisfacimento delle funzioni proprie di ogni settore produttivo e dei servizi.

È a partire dai primi anni degli anni '70 che è possibile trovare i primi esempi di applicazione della teoria Life Cycle Thinking, utilizzata come supporto alle decisioni soprattutto da alcune aziende

americane e da alcuni produttori inglesi.

Nel caso delle ricerche americane, si trattava di studi effettuati sotto il nome di REPA, Resource and Environmental Profile Analysis, che avevano come obiettivo la caratterizzazione del ciclo di vita di alcuni materiali impiegati in importanti produzioni industriali. Lo scopo era di confrontare diversi materiali per medesime applicazioni ed è certamente questa l'opportunità che ha fatto crescere il numero di applicazione del metodo LCA. Aveva senso quindi paragonare, a parità di prestazioni, funzioni che potevano essere realizzate utilizzando materiali alternativi.

Tra le tante ricerche REPA prodotte tra gli anni '60 e gli anni '70, sono molto importanti quella commissionate dalla The Coca Cola Company e dalla Mobil Chemical Company. La prima intendeva determinare le conseguenze ambientali delle produzioni di diversi tipi di contenitori per le proprie bevande, la seconda puntava a stabilire se i fogli in polistirene utilizzati per incartare i prodotti alimentari fossero più o meno eco-compatibili dei concorrenti fogli di carta.

Oltre ad aver introdotto l'idea di valutare le implicazioni ambientali lungo il ciclo di vita dei processi considerati, la metodologia REPA integrava nella valutazione l'energia e di conseguenza stimolava l'attenzione verso il concetto di limitatezza delle risorse naturali nel loro complesso.

All'epoca di tali studi le crisi petrolifere erano ancora lontane, ma si aveva già la consapevolezza che si stavano sfruttando le risorse a ritmi sempre più elevati così da introdurre studiosi e ricercatori del mondo accademico ad affrontare tali temi. Solo in seguito agli allarmi lanciati dagli scienziati, il movimento ambientalista ha dato una spinta determinante all'impegno comune per la messa a punto di una metodologia e di strumenti che potessero correggere l'approccio della teoria economica classica portando verso la fine degli anni '80 all'affermazione di sviluppo sostenibile.

Nello stesso periodo in Europa, veniva pubblicato il manuale di Analisi Energetica di Boustead e Hancock che è stato in grado di offrire per la prima volta una descrizione di carattere operativo del procedimento analitico che è da considerare parte fondamentale del metodo LCA attuale. Questo manuale è tuttora segnalato come una delle pietre miliari nella storia della metodologia LCA e non è raro trovare tra le righe i primi richiami alla necessità di un approccio integrato di ciclo di vita per tenere effettivamente sotto controllo i rendimenti dei sistemi industriali, sia in termini energetici che ambientali.

Dal quel momento in poi la messa a punto del metodo LCA ha ricevuto un grande impulso perché è apparso estremamente chiaro come l'approccio di tipo REPA fosse quello che meglio si prestava a supportare le attività produttive nella nuova interpretazione del concetto di sviluppo.

Il termine LCA venne coniato durante il Congresso SETAC, Society of Environmental Toxicology and Chemistry, a Smuggler Notch in Vermont, Stati Uniti del 1990 per meglio caratterizzare l'obiettivo delle analisi fino ad allora svolte sotto altri nomi.

L'organizzazione originaria di una LCA, secondo lo schema proposto dalla SETAC, comprendeva tre fasi principali da attuare successivamente e ciclicamente. Tale organizzazione, che è la struttu-

ra fondamentale della metodologia attuale, è composta da una prima fase di inventario in cui le informazioni e i dati raccolti vengono organizzati e convertiti in forma standard per fornire una descrizione completa delle caratteristiche fisiche del sistema produttivo oggetto dello studio, una successiva fase di interpretazione dove i dati fisici dell'inventario sono correlati a problemi di carattere ambientale e infine da una fase di miglioramento in cui il sistema produttivo è oggetto di campagne di simulazione per cercare di migliorare la sua efficienza complessiva.

In questo periodo in cui il metodo veniva messo a punto, il termine eco-efficienza veniva utilizzato per misurare i rendimenti energetici e ambientali dei processi produttivi presi in esame.

Le iniziative per standardizzare la metodologia LCA hanno incominciato a concretizzarsi nei primi anni '90 con la pubblicazione di manuali e testi specifici, di strumenti di calcolo e di banche dati per un suo impiego pratico.

Arrivando ai nostri giorni, il metodo riscuote sempre maggiore consenso e si sta progressivamente affermando come strumento di calcolo del carico ambientale dei sistemi produttivi.

Un elenco delle principali banche dati realizzate messe a disposizione da importanti associazioni industriali di categoria a livello mondiale dimostra come nell'ultimo decennio sia stato possibile concretizzare la necessità di divulgazione di informazioni sul ciclo di vita di alcuni importanti materiali:

- AMPE, Association of Plastics Manufacturers in Europe;
- EAA, European Aluminum Association;
- ICA, International Copper Association;
- IEA, International Energy Agency;
- IISI, International Iron and Steel Institute.

1.2.2 Applicazioni nel contesto normativo

Il diffondersi dell'utilizzo e delle applicazioni del metodo LCA è anche frutto del lavoro del Comitato ISO per la standardizzazione della metodologia. Le norme ISO della serie 14040 (ISO 1404X) rappresentano infatti un ulteriore affinamento delle linee guida proposte dalla SETAC e costituiscono un riferimento condiviso per l'esecuzione di analisi del ciclo di vita. La serie ISO 14040 sull'Environmental Management – Life Cycle Assessment è composta da quattro Norme, tutte a livello di Standard Internazionale e ognuna dedicata a una parte specifica della metodologia.

1.2.3 Etichettature ecologiche

Nei Paesi dell'Unione Europea negli ultimi anni è cresciuta l'attenzione verso le etichette e le dichiarazioni di prodotto, di natura obbligatoria o volontaria. Queste etichettature hanno lo scopo primario di veicolare un'informazione dal produttore al consumatore o anche dal produttore

all'intermediario professionista.

L'informazione quando è di natura obbligatoria riguarda nella maggioranza dei casi aspetti relativi alla salute e alla sicurezza che vanno in qualche modo a interagire con l'ambiente. Per quanto riguarda invece le informazioni di natura volontaria, queste sono nate slegate dalla logica del comando e del controllo, mirate più all'incentivazione e al coinvolgimento degli attori economici e sociali nelle dinamiche di miglioramento delle prestazioni ambientali dei prodotti. La normativa che si occupa di stabilire le linee guida e i principi per questo tipo di dichiarazioni è proprio la norma ISO 14020. Da questa norma sono state poi individuati e regolamentati tre diversi tipo di marchi ambientali.

1° tipo (ISO 14024) _ impongono il rispetto dei limiti prestazionali

Sono etichette ecologiche volontarie sottoposte a certificazione esterna. Sono basate su un sistema multicriteria che considera l'intero ciclo di vita del prodotto. I criteri fissano dei valori soglia, da rispettare per ottenere il rilascio del marchio. L'organismo Competente per l'assegnazione del marchio può essere pubblico o privato.

2° tipo (ISO 14021) _ autodichiarazione del fabbricante

Sono etichette e dichiarazioni ecologiche che riportano informazioni ambientali dichiarate da parte di produttori, importatori o distributori di prodotti, senza che vi sia l'intervento di un organismo indipendente di certificazione (tra le quali: "Riciclabile", "Compostabile", ecc.). La norma prevede comunque una serie di vincoli da rispettare sulle modalità di diffusione e i requisiti sui contenuti dell'informazione.

3° tipo (ISO 14025) _ quantificazione degli impatti associati al ciclo di vita del prodotto

Sono dichiarazioni ecologiche che riportano informazioni basate su parametri stabiliti che contengono una quantificazione degli impatti ambientali associati al ciclo di vita del prodotto calcolati attraverso un sistema LCA. Sono sottoposte a un controllo indipendente e presentate in forma chiara e confrontabile.

	ETICHETTATURE DI TIPO I ISO 14024	ETICHETTATURE DI TIPO II ISO 14021	ETICHETTATURE DI TIPO III ISO 14025
TIPOLOGIA	etichettature ambientali	auto-dichiarazioni ambientali	dichiarazioni ambientali di prodotto
SCOPO	selezione	informazione	comparazione
A QUALI PRODOTTI E' APPLICABILE	prodotti e servizi di consumo	prodotti e servizi di consumo	prodotti e servizi lungo la filiera
DESTINATARIO	B2C	B2C/B2B	B2B
VERIFICA ENTE ESTERNO	sì, comitato ecolabel	no	sì, ente certificatore accreditato
STRUMENTO DI COMUNICAZIONE	etichettatura	etichettatura	etichettatura e auto- certificazione
REQUISITI	ambiente qualità sicurezza	ambiente	ambiente
ESEMPI DI SISTEMI ESISTENTI	ecolabel (europa)	materiale riciclabile	dichiarazioni ambientali di prodotto
	Germania	sistema di riciclo materiali di imballaggio	

L'obiettivo comune di ogni marchio o etichetta ecologica è quello di incoraggiare la domanda per la fornitura di prodotti che causano minore impatto ambientale lungo il loro ciclo di vita, attraverso la comunicazione di accurate e verificabili informazioni sugli aspetti ambientali diretti e indiretti di beni e servizi.

Eco-Label Europeo

L'Ecolabel è il marchio di qualità ambientale attribuito dalla Comunità Europea per identificare quei prodotti e servizi che rispettano determinati criteri ecologici e prestazionali stabiliti a livello europeo. E' un sistema ad adesione volontaria con l'obiettivo di incentivare le imprese a sviluppare prodotti e servizi più puliti attraverso i benefici economici derivanti dalla segnalazione alla clientela della qualità ambientale del prodotto.



L'Ecolabel è stato istituito nel 1992, successivamente revisionato nel 2000. Nel 2003 la Commissione Europea ha esteso il campo di utilizzo dell'Ecolabel ai servizi di ricettività turistica per incoraggiare le strutture e i turisti al rispetto dell'ambiente e al risparmio delle risorse naturali.

I criteri ecologici sono in tutto 84 e si suddividono in criteri obbligatori, 37 criteri, e criteri opzionali, 47 criteri, a ciascuno dei quali viene attribuito un punteggio. Per questi ultimi, si dovrà dimostrare di rispettarne un numero necessario tale da raggiungere il punteggio minimo richiesto per l'ottenimento del marchio.

Il rispetto dei criteri di Ecolabel va mantenuto anche dopo l'acquisizione del marchio. Successivamente all'assegnazione, l'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente trasmette all'azienda un "Piano di controllo" per il mantenimento del rispetto dei criteri Ecolabel nel tempo. Per ogni criterio è specificata la tipologia di controllo da effettuare, il riscontro dei documenti da produrre e la periodicità del controllo.

Il vantaggio principale dell'Ecolabel è quello di potersi fregiare di un riconoscimento a livello europeo attraverso il quale comunicare ai clienti il proprio impegno a favore della tutela dell'ambiente. Il ridotto impatto ambientale di un servizio può diventare per il consumatore un parametro di scelta. La presenza dell'Ecolabel, infatti, fornisce garanzie riguardo la riduzione degli sprechi energetici e di risorse, l'utilizzo di prodotti ecologici quindi più rispettosi dell'ambiente, per ridurre l'inquinamento atmosferico, idrico e del suolo, la riduzione e la corretta gestione dei rifiuti, l'utilizzo di fonti di energia rinnovabili, la protezione dell'ambiente e un'alimentazione sana e corretta, con prodotti biologici regionali.

Oltre ad una positiva ricaduta in termini promozionali e di immagine, l'adozione di misure di carattere ambientale, anche se richiede tempi e sforzi a volte anche notevoli, contribuisce ad una considerevole economia di gestione. Il contenimento dei consumi di combustibili fossili, energia e acqua

derevole economia di gestione. Il contenimento dei consumi di combustibili fossili, energia e acqua consente, a fronte di un investimento iniziale, una riduzione considerevole dei costi in quanto promuove un uso oculato e consapevole delle risorse naturali.

Dichiarazioni ambientali di prodotto (EPD)

EPD significa Environmental Product Declaration,

Dichiarazione ambientale di prodotto ed è un

documento contenente informazioni ambientali



quantificate riguardanti il ciclo di vita di un prodotto, che nasce per volontà del produttore e/o del fornitore e che, in seguito ad un processo di verifica dei dati contenuti, accompagna la commercializzazione del prodotto descritto. E' una tipologia di asserzione ambientale non selettiva, in quanto non fissa livelli minimi per accedervi (come invece l'etichettatura di tipo I (per esempio l'Ecolabel), ma intende presentare in forma sintetica le informazioni ambientali significative relative al prodotto.

È uno schema di certificazione volontaria di prodotto, nato in Svezia ma di valenza internazionale. La EPD, prevista dalle politiche ambientali comunitarie e derivante dalle norme della serie ISO 14020, è fondata sull'esplicito utilizzo della metodologia LCA, cardine attorno a cui ruota la Dichiarazione e fondamento metodologico da cui scaturisce l'oggettività delle informazioni fornite. Pur mantenendo l'attenzione sul prodotto, sia esso merce o servizio, le aziende hanno la possibilità di comunicare le proprie strategie e l'impegno ad orientare la produzione nel rispetto dell'ambiente valorizzando il prodotto stesso.

La EPD, informazione di tipo III, è un documento con il quale si comunicano informazioni oggettive, confrontabili e credibili relative alla prestazione ambientale di prodotti e servizi:

- oggettività: tale requisito è assicurato dall'utilizzo della metodologia della Valutazione del ciclo di vita nel calcolo delle prestazioni ambientali; tale metodologia è regolata a livello internazionale dalle norme ISO 14040, 14041, 14042, 14043;
- confrontabilità: Il sistema EPD si basa su requisiti specifici comuni per tipologia di prodotto/servizio in modo che sia possibile effettuare dei confronti tra più prodotti all'interno dello stesso gruppo;
- credibilità: le informazioni contenute nella EPD e soprattutto la metodologia di calcolo adottata vengono verificate e convalidate da un organismo accreditato indipendente. Tali informazioni hanno carattere esclusivamente informativo, non prevedendo modalità di valutazione, criteri di preferibilità o livelli minimi che la prestazione ambientale debba rispettare.

Lo scopo della dichiarazione ambientale di prodotto, EPD, è di fornire informazioni facilmente accessibili, confrontabili e qualitativamente controllate sulle performance ambientali di prodotti e servizi. La EPD dovrebbe essere utilizzata sia nel pubblico che nel privato come strumento per

l'attuazione di politiche di acquisto sostenibile che pongano la variabile ambientale come criterio preferenziale di scelta.

Altri marchi

Nordic White Swan (Svezia, Norvegia, Finlandia e Islanda) creato nel 1989. È il solo marchio insieme a quello Europeo ad essere multinazionale.



Blaue Engel: tedesco creato nel 1977. Risulta essere fra i primi marchi ambientali creati



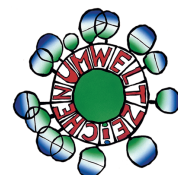
NF Environnement, marchio francese creato nel 1992 dall'Ente di Normazione Francese AFNOR. I criteri vengono stabiliti sulla base di una LCA completa redatta congiuntamente da industria e autorità preposte



Stichting Milieukeur è il marchio dei Paesi Bassi creato nel 1992 su iniziativa del Ministro dell'Ambiente e dell'Economia. I criteri ecologici sono definiti sulla base di studi elaborati da parte di un istituto di ricerca specializzato. Lo schema prende in considerazione solo parzialmente la valutazione LCA.



Umweltzeichen Baume, marchio austriaco creato nel 1991 dal Ministro dell'Ambiente, della Gioventù e della Famiglia. I criteri sono applicabili a prodotti e processi manifatturieri.



AENOR Medio Ambiente è il marchio spagnolo creato nel 1993 dall'Associazione Spagnola di Normalizzazione e Standardizzazione. I criteri sono stabiliti sulla base della LCA del prodotto. AENOR ha inoltre stabilito che i prodotti etichettati dal marchio nazionale saranno trattati separatamente da quelli con il marchio europeo.



Canada Environmental Choice, etichetta canadese creata nel 1988 e amministrata da Canadian Environment Ministry. È stata gradualmente privatizzata. Il sistema di etichettatura canadese è molto simile a quello europeo.



Eco Mark, sistema di etichettatura giapponese creato nel 1989 dalla Nippon Environment Association sotto l'egida del Ministro dell'Ambiente.



1.2.4 Il metodo LCA nel settore delle costruzioni

Nonostante sia un settore in cui il metodo LCA trova ancora grande difficoltà nell'affermarsi, quello delle costruzioni rimane tra i campi di applicazioni più interessanti.

L'obiettivo di tale metodo è quello di indirizzare le scelte di progetto mediante una valutazione integrale delle prestazioni dei materiali, delle tecniche costruttive e delle tipologie degli impianti di servizio che, a livello generale e non di singolo componente, consentono i più bassi consumi possibili di risorse e la minore generazione di emissioni e rifiuti.

Un aspetto importante del metodo è quindi quello di consentire un confronto, già in fase di progetto preliminare, tra diverse soluzioni, evidenziando le caratteristiche ambientali positive e negative di ognuna di queste. Mediante questo tipo di analisi si può valutare l'efficacia in termini di miglioramento, rendendo queste analisi uno strumento sempre aggiornabile in modo flessibile per rispondere a proposte di ulteriori cambiamenti.

1.2.5 Struttura del metodo LCA in edilizia

La definizione di LCA proposta dalla SETAC modificata poi in base all'esperienza che è maturata negli anni, è la seguente: "il metodo LCA è un procedimento oggettivo di valutazione dei carichi energetici e ambientali relativi a un processo o un'attività, effettuato attraverso l'identificazione dell'energia e dei materiali usati e dei rifiuti rilasciati nell'ambiente. La valutazione include l'intero ciclo di vita del processo o attività, comprendendo l'estrazione e il trattamento delle materie prime, la fabbricazione, il trasporto, la distribuzione, l'uso, il riuso, il riciclo e lo smaltimento finale".

La definizione riportata nella norma UNI EN ISO 14040 esprime il metodo LCA come "una compilazione e valutazione attraverso tutto il ciclo di vita dei flussi in entrata e in uscita, nonché i potenziali impatti ambientali di un sistema di prodotto".

Il metodo applicato a un sistema industriale indirizza lo studio di efficienza del sistema in oggetto verso la salvaguardia della salute dell'ambiente e dell'uomo e verso il risparmio delle risorse. Punto fondamentale della teoria è quindi la definizione di sistema industriale che la norma ISO qualifica come sistema di prodotti.

Quindi è molto importante la definizione della funzione del sistema industriale e dei confini dello stesso perché rappresentano le due operazioni chiave per una buona riuscita di tale studio. Quindi, più che descrivere un prodotto, il metodo LCA descrive il sistema che lo genera o la funzione del sistema stesso.

Da quanto detto, è chiaro che il metodo sia adatto anche per analizzare l'interazione tra azienda,

consumatore e ambiente dato che comprende la sfera della produzione, della distribuzione e dell'utilizzazione.

È quindi importante sostenere che l'affermazione di questa tecnica come strumento strategico innovativo a livello industriale sia cominciata offrendo un valido metro di confronto tra diverse produzioni, divenendo supporto d'immagine per i processi produttivi ad impatto ambientale più limitato. Intesa come tecnica di management energetico-ambientale, il metodo LCA si propone come nuovo supporto per le tecniche ormai già consolidate, quali la valutazione di impatto ambientale e l'analisi di rischio.

La struttura moderna del metodo proposta dalla norma ISO 14040 è sintetizzabile in quattro momenti principali:

1. pre-produzione e produzione
2. esecuzione in cantiere
3. uso e manutenzione
4. fine vita

Questi momenti di analisi sono il punto di riferimento per gli interventi su un processo di produzione esistente o per il progetto di un nuovo prodotto. L'approccio metodologico è per sua natura di tipo dinamico e iterativo e la parte fondamentale è quella della disponibilità dei dati e delle informazioni necessarie allo sviluppo di calcoli, le banche dati presenti oggi sul mercato costituiscono difatti parte integrante della strumentazione necessaria per affrontare una valutazione LCA.

1.2.6 Definizione degli scopi e obiettivi

Una LCA deve necessariamente essere preceduta da una dichiarazione esplicita degli obiettivi e delle finalità dello studio proprio perché queste influenzano notevolmente le scelte e le ipotesi di lavoro, in quanto a seconda delle motivazioni, delle persone cui è destinato lo studio, delle risorse a disposizione e delle aspettative, possono risultare scenari molto diversi uno dall'altro.

Definizione del sistema

Nell'ottica LCA viene definito "sistema" un qualsiasi insieme di dispositivi che realizzano una o più precise operazioni industriali aventi una determinata funzione. Tali sistemi contengono al loro interno un gran numero di operazioni collegate tra loro, anche in modo complesso, dai flussi di materiali, di energia e di prodotti finali. È importante quindi capire che questo sistema lavora come una rete, in grado di scambiare massa ed energia con altri componenti del sistema in maniera interdipendente.

È fondamentale sottolineare però che ogni operazione unitaria è indipendente sia dalle operazioni che la precedono che da quelle che la seguono proprio perché questo studio permette anche di analizzare parti singole di questo sistema.

Definizione dell'unità funzionale

È importante inoltre definire sin dagli inizi un'unità di misura di riferimento, detta appunto unità funzionale, con cui trattare ed esporre i dati e le informazioni di una valutazione LCA. Lo scopo principale di un'unità funzionale è quello di fornire un riferimento a cui legare i flussi in entrata e in uscita. Questo riferimento è necessario per consentire la compatibilità dei risultati di una LCA.

La scelta di tale unità è arbitraria e dipende dallo scopo per cui i sottoinsiemi e il sistema globale sono stati progettati, e può essere intesa come un indice di prestazione svolte dal sistema. La sua definizione è quindi importante sia per la buona riuscita dello studio, sia per una miglior comprensione delle informazioni che lo studio è in grado di fornire e per rendere più agevole un confronto tra diversi processi che assolvono la stessa funzione.

Questa unità è stata anche adottata perché le unità di misura normalmente utilizzate non sono in grado di rappresentare il rendimento di un processo produttivo.

I confini del sistema

I confini del sistema devono essere definiti con un'operazione che richiede grande cura e attenzione. Tale definizione avviene a seguito di una minuziosa descrizione del sistema in esame e della costruzione del diagramma di flusso del ciclo produttivo, effettuate allo scopo di pianificare la raccolta dei dati e delle informazioni delineando il campo di azione.

Una prima delimitazione viene fatta a livello geografico e tecnologico, comprendendo nell'ambito della ricerca gli ambienti fisici e i processi produttivi che si vuole considerare all'interno della ricerca. È inteso che la scelta del confine dell'analisi debba essere motivata e sempre segnalata nella redazione dello studio.

Importante in questa fase risulta essere anche il periodo di riferimento, di fatto i dati devono essere raccolti in un periodo di tempo ben definito.

1.2.7 Le fasi del Life Cycle Assessment

1.2.7.1 Prima fase: pre-produzione e produzione

Durante questa fase vengono considerate le attività di estrazione delle risorse primarie di derivazione fossile, acquisizione delle risorse di origine naturale e delle risorse secondarie direttamente derivate dai combustibili primari. Inoltre viene considerato il trasporto di tali risorse dal luogo di estrazione al sito di produzione e la trasformazione delle risorse di origine primaria in energia e in materie prime pronte per essere immesse nel processo produttivo.

Durante la fase di produzione sono considerate invece le attività di trasformazione delle risorse primarie e secondarie, in materie di prima lavorazione; la trasformazione delle materie di prima lavorazione in prodotti finiti, attraverso operazioni successive di finitura; il montaggio delle componenti costituite da diversi prodotti finiti in un prodotto assemblato o composito e in ultimo

l'imballaggio del prodotto finito per garantirne l'arrivo in cantiere in condizioni di perfetta conservazione.

1.2.7.2 Seconda fase: esecuzione in cantiere

In questa fase si considerano le attività di movimentazione della terra attraverso operazioni di scavo, spostamento e rimozione della terra, utili alla preparazione del piano di fondazione e la costruzione delle opere edilizie e posa degli impianti attraverso opere di fondazione, di elevazione, copertura, murature esterne e partizioni interne, etc..

1.2.7.3 Terza fase: uso e manutenzione

Si considerano in questa fase le attività di utilizzo degli impianti e delle tecnologie presenti nell'edificio e lavori di manutenzione ordinaria, come operazioni di pulitura e riparazione, o manutenzione straordinaria, come operazioni di sostituzione delle componenti usurate.

1.2.7.4 Quarta fase: fine vita

Durante questa fase vengono considerate le attività di rimozione e trasporto dei materiali provenienti dalle operazioni di demolizione selettiva e disassemblaggio non distruttivo.

In modo particolare si può anche distinguere in funzione delle potenzialità di recupero di materiali e componenti in riuso di materiali destinati a ricoprire la medesima funzione per cui sono stati prodotti o recupero di componenti, porzioni che possono essere riutilizzate per ottenere un prodotto uguale o paragonabile a quello di partenza.

Negli altri casi si parla invece di valorizzazione del contenuto energetico o sotto forma di materia prima secondaria in riciclaggio dei materiali o incenerimento.

Dove non è possibile procedere a un'operazione di recupero o riciclaggio, l'unica alternativa è la discarica autorizzata.

1.2.3 Protocollo Itaca e metodo LCA a confronto

Vengono ora presentati vantaggi e svantaggi dei metodi prima analizzati. In modo particolare si procederà inizialmente con l'analisi dei metodi di valutazione a punteggio per concludere con il metodo LCA.

Negli ultimi tempi, gli strumenti di valutazione a punteggio hanno tentato di sistematizzare i criteri e le procedure di verifica dei protocolli, ma nonostante ciò vi sono ancora molte criticità che rendono difficile e a volte poco affidabile l'utilizzo di questi metodi.

Il problema di questi sistemi di valutazione è dato dal fatto che sono protocolli complessi che però non danno la sicurezza sull'effettiva esattezza ed esaustività dei risultati ottenuti, restituendo quindi solo una lettura di azioni ambientali senza però verificare i risultati.

Inoltre questi sistemi di valutazione sono sistemi molto rigidi, complessi e statici allo stesso tempo. Rigidi perché tendono a rendere prescrittive le indicazioni progettuali e statici perché contengono al loro interno indicazioni e criteri che si basano sulle conoscenze del momento e che non portano all'innovazione.

Un vantaggio di questi metodi potrebbe sembrare il fatto che i criteri formulati siano a prima vista semplici e possano essere ben compresi dagli enti di controllo e dai progettisti che li applicano. In realtà questo contrasta con la materia ambientale che di per sé è complessa, difatti l'applicazione di questi sistemi non risulta semplice perché talvolta richiede di realizzare valutazioni complesse. Tendono poi a dare informazioni preconfezionate che vengono assunte al momento della verifica per semplificare la procedura, che come è stato detto, risulta a volte complicata.

In ultimo, un rischio che riguarda l'utilizzo degli strumenti a punteggio è dato dal fatto che sono sistemi di valutazione che attribuiscono dei punteggi a indicatori segnalati e fanno una somma pesata dei risultati per ottenere il punteggio complessivo dell'edificio. Questo porta al grosso rischio quindi che tale operazione non restituisca il quadro reale effettivo.

Le valutazioni con i metodi di valutazione sintetici, come ad esempio il metodo LCA, nonostante la difficoltà di applicazione del metodo, portano a un risultato maggiormente affidabile e veritiero.

Il metodo, nonostante richieda l'accesso a informazioni sugli impatti ambientali delle diverse fasi del ciclo di vita, che ad oggi risulta ancora molto difficile da reperire, tenta di dare un quadro quantitativo sui consumi effettivi di un progetto, senza assegnazione di un punteggio derivante da una somma pesata ma mostrando i reali consumi che concorrono alla costruzione.

Il problema di queste valutazioni sta però nella lettura. Difatti a volte vengono evidenziati i vantaggi ambientali che una scelta progettuale ha portato e altre volte gli svantaggi se si utilizzano altri indicatori di impatto. Le valutazioni LCA difatti devono essere lette in relazione alle assunzioni fatte e alla rielaborazione dei dati operata proprio perché i risultati ottenuti da tale valutazione sono sempre relativi.

È vero però che rispetto ai metodi multicriterio, questi indicatori si basano su metodi e strumenti scientifici che offrono quindi dati attendibili e oggettivamente leggibili e paragonabili proprio perché sono fondati su quantità fisiche.

In conclusione, quindi, la scelta del metodo da utilizzare per una valutazione ambientale non è facile. Se da un lato l'orientamento di oggi è di utilizzare le procedure multicriterio per l'apparente facilità e velocità di applicazione, dall'altro i metodi di valutazione sintetici risultano più validi per la maggior oggettività dei risultati, oltre al fatto di indagare l'intero ciclo di vita dell'edificio che si vuole analizzare e quindi prendere in considerazione tutti i consumi e le emissioni che concorrono alla costruzione dell'edificio preso in esame.

IL PROGETTO DI UN EDIFICIO RESIDENZIALE A MONZA

2.1 IL LABORATORIO DI COSTRUZIONI SOSTENIBILI

L'obiettivo del laboratorio che ha portato alla progettazione di questo edificio era quello di sperimentare attraverso l'esperienza del progetto il tema della sostenibilità dei sistemi costruttivi che possono essere impiegati nella realizzazione di un edificio.

Quindi nel laboratorio è stato sollecitato il confronto tra diverse opzioni tecniche in relazione ai differenti impatti che un'opzione determina sull'ambiente, alla differente quantità di energia incorporata che caratterizza i materiali e i componenti e al differente comportamento di sistemi diversi nel ciclo di vita.

Il progetto ha affrontato il tema dell'edilizia residenziale collettiva con specifico riferimento a un'area situata nel comune di Monza. Il dato di partenza è stato il progetto sviluppato da Dominique Perrault a Saint Quentin en Yvelines nel 1992, nel quale è stato messo a punto un sistema aggregativo ad alta flessibilità.

Nel corso del laboratorio si sono elaborate diverse soluzioni costruttive sia per quanto riguarda la struttura portante, sia per quanto riguarda il sistema delle chiusure esterne e delle partizioni interne. In modo particolare all'interno di questa tesi si sono sviluppate le soluzioni in calcestruzzo armato e in legno.

Delle soluzioni proposte sono state esplicitate le caratteristiche rispetto ai seguenti ambiti:

- relazione tra materiale, tecniche, forme e composizione;
- livello di flessibilità distributiva;
- livello di reversibilità tecnologica delle soluzioni adottate;
- efficienza energetica della fase di gestione;
- comportamento ambientale rispetto agli indicatori di energia incorporata e di emissioni di CO₂.

considerazioni ambientali legate al clima. Successivamente si sono sviluppate le soluzioni tecnico-costruttive e dimensionati gli elementi strutturali arrivando all'elaborazione dei dettagli costruttivi delle soluzioni proposte.

2.2 PRESENTAZIONE DELL'AREA DI PROGETTO

L'area di progetto è un'area situata a Monca, in un lotto in Via Mascagni, nella periferia della città in prossimità dell'ospedale San Gerardo e del polo universitario monzese.

L'area si presenta completamente verde, con la sola presenza di un piccolo edificio che nelle intenzioni progettuali è stato abbattuto per realizzare il progetto della piazza antistante l'edificio.

L'area circostante il lotto è un'area con un tessuto a bassa densità caratterizzato per lo più da industrie a nord, mentre verso sud il tessuto è leggermente più denso per la presenza di abitazioni pluripiano. Proprio per questo motivo, prima di procedere con la progettazione dell'edificio si sono eseguite delle analisi per verificare le ombre di tali edifici sul lotto e poter decidere il miglior orientamento e posizione dell'edificio. Si sono quindi calcolate le ombre al suolo durante i giorni dei solstizi e degli equinozi.

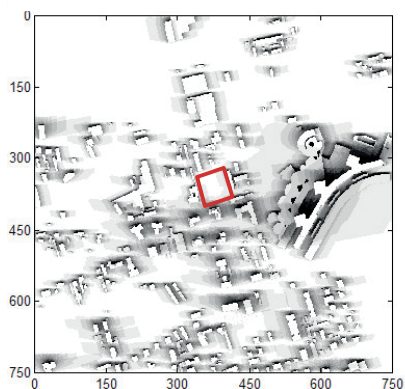


Longitudine	9° 16'
Latitudine	45° 34'
Altitudine	162 m s.l.m.

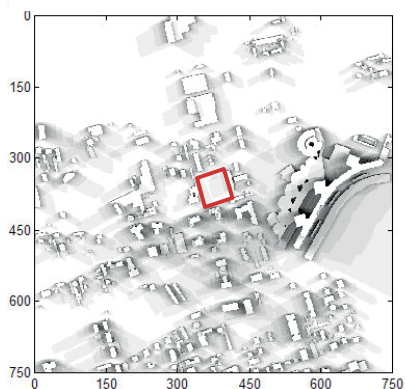
Fig. 2a: vista dell'area di progetto



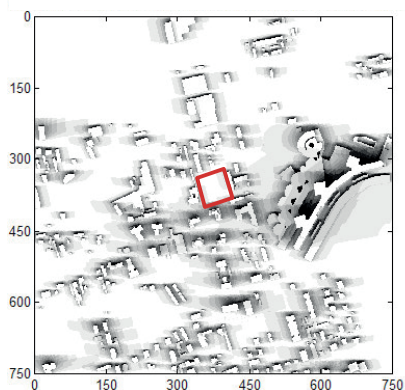
Equinozio di Primavera
21 Marzo _ 11 ore di sole diretto



Solstizio d'Estate
21 Giugno _ 15 ore di sole diretto



Equinozio d'Autunno
21 Settembre _ 11 ore di sole diretto



Solstizio d'Inverno
21 Dicembre _ 7 ore di sole diretto

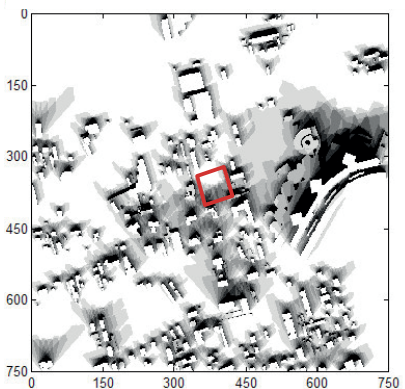




Fig. 2b: vista dall'alto

Area di progetto ■

Polo universitario ■

Ospedale San Gerardo ■

2.3 PRESENTAZIONE DEL PROGETTO

L'idea di progetto sviluppata durante il Laboratorio di Costruzioni Sostenibili tenuto dal professor Andrea Campioli deriva, come accennato prima, da un'attenta analisi e reinterpretazione del caso studio, il complesso residenziale di Saint Quentin en Yvelines progettato da Dominique Perrault, proposto dalla docenza, nonché da un'indagine personale riguardante il tema della flessibilità.

Il concetto è stato quello di proporre ai possibili utenti del complesso quattro diversi tagli di alloggi secondo le necessità. Difatti è possibile scegliere tra un alloggio individuato come:

- di tipo S di circa 58 m²,
- di tipo M di 86 m²,
- di tipo L di 114 m²,
- di tipo XL di 142 m².

Ogni alloggio è composto da una cellula principale, duplex, normalmente individuabile nella zona giorno di 5 m di larghezza, e da n cellule secondarie, di larghezza 3 m, inglobabili alla principale a seconda del fabbisogno di posti letto. Questo permette dunque l'applicazione del concetto di flessibilità esclusivamente in senso orizzontale.

Questa flessibilità è resa possibile tramite l'apertura o chiusura di un particolare elemento di tamponamento posto nella fascia di distribuzione della cellula di tipo secondario.

Per garantire una flessibilità elevata si sono inoltre posti gli elementi di distribuzione verticale esternamente al corpo di fabbrica e aventi un telaio strutturale a sé stante. Tali elementi permetto-

di raggiungere il piano di copertura dell'edificio, praticabile, nel quale sono stati collocati i sistemi di captazione solare, sia per la produzione di acqua calda sanitaria che per la produzione di energia elettrica. Sono stati inoltre ricreati possibili spazi di aggregazione per gli abitanti degli alloggi, più intimi di quelli presenti al pian terreno. Difatti tale livello è stato interamente destinato a uso terziario e commerciale e dotato di spazi aperti antistanti gli esercizi.

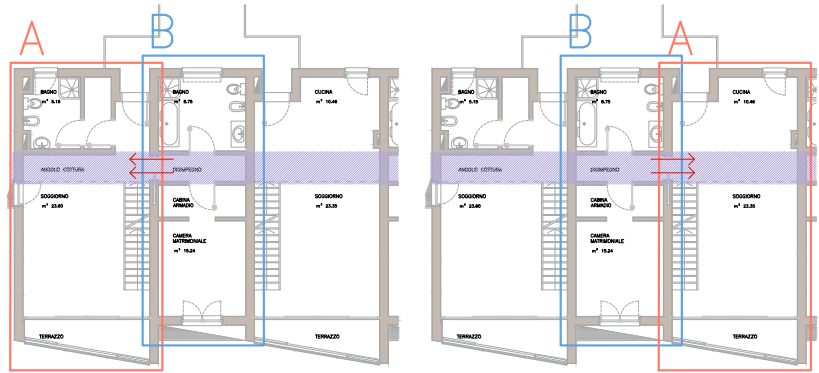


Fig. 2c: flessibilità di progetto

Al piano interrato si trovano invece i posti auto, le cantine e i locali tecnici dell'edificio ad uso esclusivo degli utenti delle abitazioni.

Per quanto riguarda l'involucro esterno, questo è stato trattato sia in maniera che esprimesse l'intento progettuale, andando quindi a esplicitare il materiale della struttura portante, sia mantenendo uno sguardo attento alle problematiche legate all'ombreggiamento. Difatti per quanto concerne il posizionamento del corpo di fabbrica, esso è stato principalmente dettato dagli allineamenti degli edifici nelle vicinanze del lotto, con una particolare attenzione agli ombreggiamenti degli edifici antistanti, essendo questi di un numero consistente di piani (come si vede dagli studi mostrati in precedenza).

In modo particolare questo edificio è stato progettato utilizzando, e quindi approfondendo, tre diversi materiali: il calcestruzzo armato, l'acciaio e il legno. Per lo svolgimento di questa tesi sono state prese in esame solo la struttura in calcestruzzo armato e la struttura in legno.



Fig. 2d: assi generatori

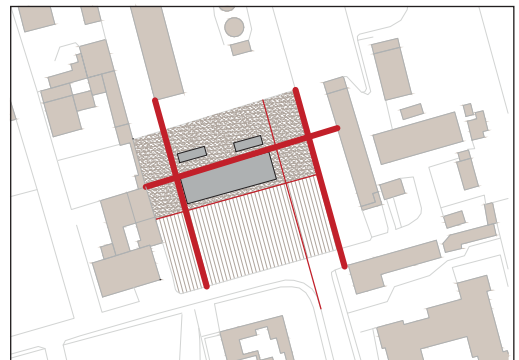


Fig. 2e: posizionamento edificio

2.4 CALCOLI STRUTTURALI

Vengono ora presentati i calcoli strutturali della struttura in calcestruzzo armato e in legno.

2.4.1 Struttura in calcestruzzo armato

Dimensionamento pilastri

Per il dimensionamento si sono numerati i singoli pilastri e individuato in seguito le aree di pertinenza di ognuno di essi a ciascun piano.

Per ogni singolo pilastro si sono poi moltiplicati il peso proprio dei carichi accidentali e dei carichi permanenti per l'area di pertinenza a seconda del piano, andando ad individuare il valore di N (carico gravante sul pilastro in kN) sul pilastro preso in esame.

Solaio di copertura in laterocemento: $N_{sd} = 5,494 \text{ kN/m}^2$

	Peso proprio (kN/m ²)
Pavimentazione galleggiante	0,4
Isolante	0,144
Guaina impermeabilizzante	0,05
Strato di pendenza	1,6
Solaio in laterocemento	3
Intonaco	0,3

Solaio interpiano in laterocemento: $N_{sd} = 6,48 \text{ kN/m}^2$

	Peso proprio (kN/m ²)
Pavimento	0,2
Pannello radiante + getto	0,9
Massetto impianti	1,28
Tramesse	0,8
Solaio in laterocemento	3
Intonaco	0,3

Solaio piano terra in lastre predalles: $N_{sd} = 7,624 \text{ kN/m}^2$

	Peso proprio (kN/m ²)
Pavimento	0,2
Pannello radiante + getto	0,9
Massetto impianti + isolante	1,28
Tramesse	0,8
Solaio in predalles	3
Intonaco	0,3

I materiali scelti sono:

calcestruzzo ordinario C25/30 $f_{cd} = 15,63 \text{ MPa}$

acciaio feb 44k $f_{yd} = 373,9 \text{ MPa}$

Si è preso poi in esame il pilastro P₁₀ che ha l'area di influenza maggiore:

N_{sd} copertura = $13,26 \text{ m}^2$ ($5,494 \text{ kN/m}^2 \times 1,3 + 4 \text{ kN/m}^2 \times 1,5$)

laterocemento = $13,26 \text{ m}^2$ ($6,48 \text{ kN/m}^2 \times 1,3 + 2 \text{ kN/m}^2 \times 1,5$)

predalles = $13,26 \text{ m}^2$ ($7,624 \text{ kN/m}^2 \times 1,3 + 2 \text{ kN/m}^2 \times 1,5$)

$N_{sd \max} = 951,36 \text{ kN}$

$b^2 = N_{sd \max} / (0,8 f_{cd} + f_{yd} / 100) = 951367 \text{ N} / (0,8 \times 15,63 \text{ N/mm}^2 + 373,9 \text{ N/mm}^2 / 100) = 58570,89 \text{ mm}^2$

$b = \sqrt{58570,89 \text{ mm}^2} = 242,01 \text{ mm}$

$b = 24,2 \text{ cm}$

Per tale pilastro la misura dei lati è di 24,2 cm, misura inferiore di quella consentita da normativa.

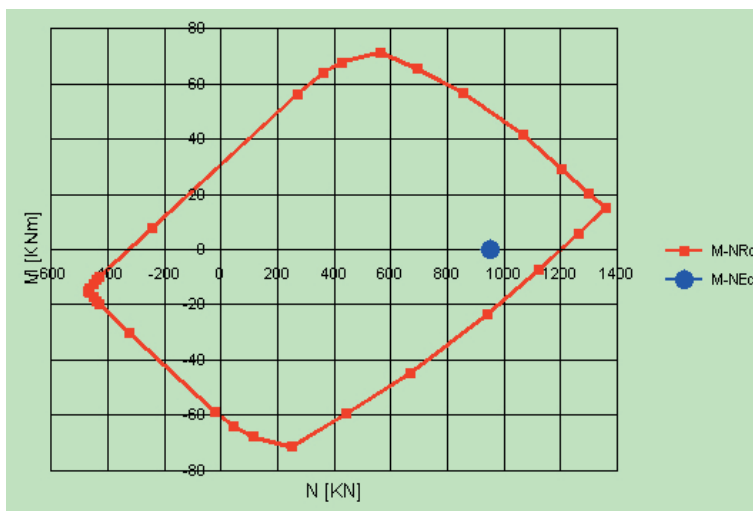
Di conseguenza si è deciso di adottare per ogni pilastro la misura di 25 x 25 cm.

Armatura ferri longitudinali pilastro

Il pilastro maggiormente sollecitato risulta essere il pilastro numero 10 ed è su questo che si sono calcolate le armature longitudinali e trasversali, ossia barre e staffe.

Il tipo di acciaio che si è scelto di utilizzare per le armature è:

acciaio B 450 C con $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$ e $f_{yd} = 391 \text{ N/mm}^2$.



Viene calcolata ora l'armatura longitudinale minima:

$$A_{s \min} = 0,10 N_{Ed} / f_{yd} = 0,10 \times 951360 \text{ N} / 391 \text{ N/mm}^2 = 243,3 \text{ mm}^2$$

Per la normativa UNI la $A_{s \min}$ deve essere maggiore del 3‰ dell'area totale del pilastro. Quindi l'area minima di armatura $A_{s \min}$ deve essere superiore a $0,003 \times 62500 \text{ mm}^2 = 187,5 \text{ mm}^2$.

L'armatura calcolata soddisfa tale criterio.

Si calcola ora il numero di ferri che soddisfano il valore di $A_{s \min}$. Tuttavia la normativa impone di utilizzare almeno 4 ferri longitudinali. Si è scelto di utilizzare dei ferri $\phi 16$ la cui area è pari a 201 mm^2 . Utilizzando il numero minore possibile di ferri si è individuata A_s che è pari a $4 \times A_{\phi 16}$.

$$A_s = n_{\text{barre}} \times A_{\text{barre}} = 4 \times 201 \text{ mm}^2 = 804 \text{ mm}^2$$

L' A_s trovata è maggiore dell' $A_{s \min}$ ($804 \text{ mm}^2 > 243,3 \text{ mm}^2$) quindi l'armatura individuata soddisfa i criteri di legge.

Si calcola ora l'armatura trasversale minima notando che la norma impone che le armature trasversali devono essere poste ad un interasse non maggiore di 12 volte il diametro minimo delle barre impiegate per l'armatura longitudinale, con un massimo di 250 mm. Il diametro delle staffe non deve essere minore di 6 mm.

$$l_{\min} = 12 \times d_{\phi 16} = 12 \times 16 \text{ mm} = 192 \text{ mm} (< 250 \text{ mm})$$

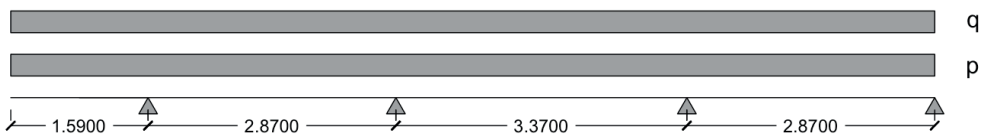
Per le staffe si sceglie il diametro dei ferri $\phi 8$.

$$n_{\text{staffe}} = h_{\text{pilastro}} / l_{\min} = 3550 \text{ mm} / 192 \text{ mm} = 20 \text{ staffe}$$

$$A_{s \text{ staffe}} = 20 \times [\pi \times (8)^2 / 4] = 20 \times 50,24 \text{ mm}^2 = 1004,8 \text{ mm}^2$$

Predimensionamento trave

La struttura dell'edificio preso in esame può essere schematizzata come un complesso tridimensionale intelaiato. Il telaio scelto per l'analisi è composto da una trave continua su quattro appoggi e uno sbalzo come schematizzato in figura. Si presa in considerazione per l'analisi una trave interpiano.

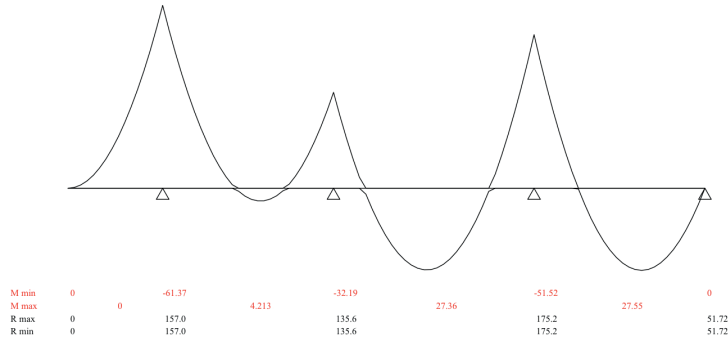


Carico permanente = 6,48 kN/m²

Carico accidentale = 2 kN/m²

$q = 6,58 \text{ kN/m}^2 \times 1,3 + 2 \text{ kN/m}^2 \times 1,5 = 11,424 \text{ kN/m}^2$

Per il calcolo del momento massimo si è utilizzato il programma Gelfi che ha dato come risultato relativo al momento massimo $M_{sd} = 61,3787 \text{ kNm}$



Si sono scelti poi i materiali da utilizzare per la costruzione della trave:

- calcestruzzo C25/30 con $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$, $f_{cd} = 14,2 \text{ N/mm}^2$ e $f_{ctm} = 2,6 \text{ N/mm}^2$

- acciaio B 450 C con $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$ e $f_{yd} = 391 \text{ N/mm}^2$.

Poi abbiamo trovato l'area minima necessaria dei ferri longitudinali:

$A_{sd} = M_{sd} / 0,85 \times d \times f_{yd} = 61370000 \text{ Nmm} / 0,85 \times 220 \text{ mm} \times 373,9 \text{ N/mm}^2 = 877,72 \text{ mm}^2 = 8,77 \text{ cm}^2$

$A'_s = 50\% A_s = 4,385 \text{ cm}^2$

dove d è l'altezza utile della trave ipotizzata in partenza pari a 22 cm, ossia una trave in spessore di solaio alta in totale 25 cm con 3 cm di copriferro.

Ipotizzando di utilizzare ferri $\phi 18$ si possono individuare il numero di ferri necessari:

$A_{\phi 18} = n \times (18 \text{ mm})^2 / 4 = 2,54 \text{ cm}^2$

$n_{barre} = A_{sd} / A_{\phi 18} = 8,77 \text{ cm}^2 / 2,54 \text{ cm}^2 = 3,45$

Dovendo assumere un numero di barre pari, si è deciso di utilizzare 4 barre $\phi 18$. Ora si può calcolare la A_s effettiva che è pari a $4 \times 2,54 \text{ cm}^2 = 10,16 \text{ cm}^2 = 1016 \text{ mm}^2$.

A questo punto si può individuare la base b della nostra trave attraverso la relazione:

$b = A_s \times f_{yd} / \omega_s \times d \times f_{cd}$

in tale relazione, l'unica incognita è il valore di ω_s (percentuale di armatura nella trave) che la norma impone di considerare compreso tra 0,21 e 0,52. Si assume quindi il valore di 0,52 per calcolare il valore minimo della trave.

Quindi:

$$b = A_s \times f_{yd} / \omega_s \times d \times f_{cd} = 1016 \text{ mm}^2 \times 373,9 \text{ N/mm}^2 / 0,52 \times 220 \text{ mm} \times 14,2 \text{ N/mm}^2 = 233 \text{ mm} = 30 \text{ cm}$$

Le dimensioni effettive della trave risultano quindi di 250 x 300 mm.

Copertura totale ferri

Prima di individuare la copertura totale dei ferri, si calcola la copertura di ciascuna barra $\phi 16$.

Quindi:

$$\Delta M_{rd} = A_{\phi 18} \times f_{sd} \times 0,9 \times d = 254 \text{ mm}^2 \times 391 \text{ N/mm}^2 \times 0,9 \times 220 \text{ mm} = 19664172 \text{ Nmm}$$

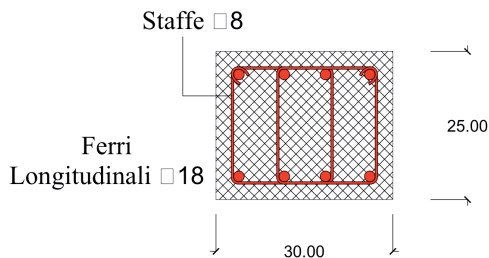
Poi si calcola la copertura totale delle barre:

$$\Delta M_{rd \text{ totale}} = \Delta M_{rd \phi 18} \times 4 = 19664172 \text{ Nmm} \times 4 = 78656688 \text{ Nmm} = 78,65 \text{ kNm}$$

$M_{rd} > M_{sd}$ di conseguenza è verificato.

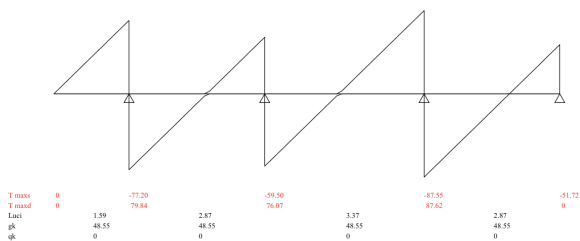
Diagramma momento e disposizione ferri

In questo caso non serve stabilire la disposizione e la lunghezza necessaria dei ferri, perché da norma per una trave in spessore di solaio ho bisogno di 4 ferri correnti. Di conseguenza i ferri della trave saranno tutti correnti.



Calcolo staffe (verifica a taglio)

Il diagramma del taglio è lineare come si vede dal diagramma riportato nella figura sottostante:



Si utilizza come valore di V_{Ed} quello ottenuto dal programma Gelfi valutato allo stato limite ultimo:

$$V_{Ed} = 87,62 \text{ kN}$$

Innanzitutto è necessario che V_{Ed} non sia maggiore di $V_{Rd \max}$, quindi si calcola il valore pari a:

$$V_{Rd \max} = b_w \times z \times v \times f_{cd} / \cotg\theta + \tan\theta = \frac{1}{2} \times (300 \text{ mm} \times 198 \text{ mm} \times 0,5 \times 14,2 \text{ N/mm}^2) = 210870 \text{ N}$$

dove z è uguale a $0,9 d$ (altezza utile della trave pari a 220 mm), v è il coefficiente che tiene conto della riduzione di resistenza delle bielle compresse assunto pari a 0,5 e $\cotg\theta$ viene ipotizzata pari a 1 e quindi $\tan\theta = 1$

$V_{Rd \max}$ è maggiore di V_{Ed} ($210870 \text{ N} > 87620 \text{ N}$), quindi pongo $V_{Rd \max}$ uguale a V_{Ed} per trovare l'angolo θ :

$$\theta = \frac{1}{2} \times \arcsin [2 \times V_{Ed} / b_w \times z \times v \times f_{cd}] = \frac{1}{2} \times \arcsin [87620 \text{ N} / 300 \text{ mm} \times 198 \text{ mm} \times 0,5 \times 14,2 \text{ N/mm}^2] = 6,6^\circ$$

L'angolo θ risulta minore di $21,8^\circ$, quindi la normativa impone di utilizzare comunque $\cotg\theta = 2,5$.

Ora si calcola il rapporto tra l'area delle staffe e il loro passo:

$$A_{sw} / s = V_{Ed} / z \times f_{sdw} \times \cotg\theta$$

$$A_{sw} / s = 87620 \text{ N} / 198 \text{ mm} \times 391 \text{ N/mm}^2 \times 2,5 = 0,4 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

Si ipotizza di utilizzare delle staffe $\phi 8$ a 4 bracci con:

$$A_{\phi 8} = \pi \times (8 \text{ mm})^2 / 4 = 50 \text{ mm}^2 = 0,5 \text{ cm}^2$$

Si trova l'interasse s tra le staffe:

$$s = 4 \times A_{\phi 8} / 0,4 \text{ mm}^2 / \text{mm} = 200 \text{ mm}^2 / 0,4 \text{ mm}^2 / \text{mm} = 500 \text{ mm} = 50 \text{ cm}$$

Ora si controlla se da normativa il valore di interasse non è troppo elevato:

$$s < 0,8 \times d = 0,8 \times 220 \text{ mm} = 176 \text{ mm} = 17,6 \text{ cm}$$

La relazione non è verificata perché $500 \text{ mm} > 176 \text{ mm}$ quindi si calcola il numero delle staffe minime da norma imponendo la distanza massima adottabile di 176 mm:

$1000 \text{ mm} / 176 \text{ mm} = 5,68$ staffe al metro. Di conseguenza si inseriranno 6 staffe ogni metro, quindi una staffa ogni 16,6 cm.

Si calcola ora l'armatura minima andando a individuare il taglio medio V_{Rd1} :

$$V_{Rd1} = [0,18 \times k \times (100 \times \rho \times f_{cd})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \times \sigma_{cp}] \times b_w \times d$$

dove:

$$k = 1 + (200 / d)^{1/2} \leq 2,00$$

$$k = 1 + (200 / 210)^{1/2} = 1,97 \leq 2,00$$

$$\rho = A_{sl} / b_w \times d = \text{rapporto geometrico di armature longitudinale} \leq 0,02$$

$$\rho = 300 \text{ mm}^2 / 500 \text{ mm} \times 210 \text{ mm} = 0,003$$

$$\sigma_{cp} = N_{ed} / A_c = 0 \text{ perché non si utilizzano travi precomprese}$$

quindi si calcola V_{Rd1} :

$$V_{Rd1} = [0,18 \times 1,97 \times (100 \times 0,003 \times 25)^{1/3} / 1,5 + 0,15 \times 0] \text{ N/mm}^2 \times 300 \text{ mm} \times 220 \text{ mm} = 30,4 \text{ kN}$$

Al di sotto del taglio medio si inserisce l'armatura trasversale prevista dalla legge. Questa è costituita da staffe con sezione complessiva non inferiore a: $A_{st} = 1,5 \times b \text{ mm}^2/\text{mm}$ (in cui b è lo spessore minimo dell'anima in mm) con un minimo di tre staffe al metro e comunque con passo non superiore a 0,8 volte l'altezza utile della sezione.

Si è ipotizzato di utilizzare staffe con $\phi 8$.

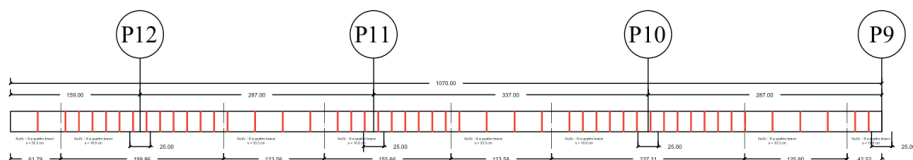
$$A_{st} = 1,5 \times b \text{ mm}^2 / \text{m} = 1,5 \times 300 \text{ mm}^2 / \text{m} = 450 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

Si calcola il numero delle staffe:

$$n_{\text{staffe}} = A_{st} / n_{\text{bracci}} \times A_{\phi 8} = 450 \text{ mm}^2 / \text{m} / 4 \times 50 \text{ mm}^2 = 2,25 \text{ staffe al metro}$$

quindi si adottano il valore di 3 staffe al metro che soddisfa la richiesta di normativa di un minimo di 3 staffe al metro.

In figura viene mostrato il diagramma del taglio con relativa distribuzione delle staffe:



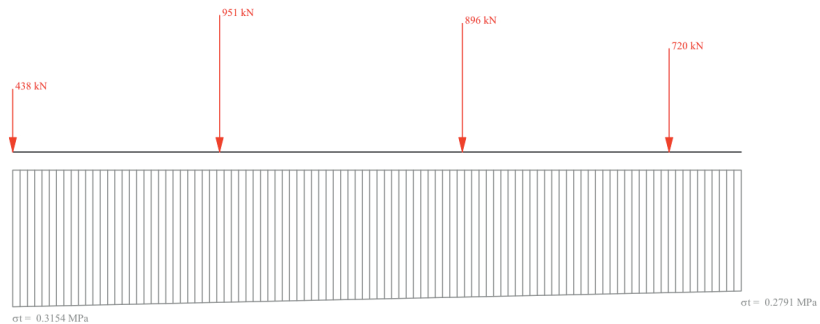
Dimensionamento trave di fondazione

Per calcolare le travi di fondazione nella struttura in cemento armato, si è prima di tutto calcolato il peso agente di ogni pilastro sulla trave moltiplicando il peso dei solai per l'area di influenza e andando poi a sommare i pesi di ogni piano.

Si sono scelti poi i materiali da utilizzare per la costruzione della trave:

- calcestruzzo C25/30 con $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$, $f_{cd} = 14,2 \text{ N/mm}^2$ e $f_{ctm} = 2,6 \text{ N/mm}^2$
- acciaio B 450 C con $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$ e $f_{yd} = 391 \text{ N/mm}^2$.

Schematizzando, questa è la trave con i carichi :



Sulla trave più caricata agisce un carico pari a $3005,12 \text{ kN/m}^2$ dato da:

$$N_{\text{pilastro 2}} = (A_{\text{inf}} \times (\text{peso solaio di copertura} \times 1,3 + 4 \times 1,5) + 4 \times (A_{\text{inf}} \times (\text{peso solaio laterocemento} \times 1,3 + 2 \times 1,5) + (A_{\text{inf}} \times (\text{peso solaio predalles} \times 1,3 + 2 \times 1,5)) = 437,59 \text{ kN/m}^2$$

$$N_{\text{pilastro 10}} = (A_{\text{inf}} \times (\text{peso solaio di copertura} \times 1,3 + 4 \times 1,5) + 4 \times (A_{\text{inf}} \times (\text{peso solaio laterocemento} \times 1,3 + 2 \times 1,5) + (A_{\text{inf}} \times (\text{peso solaio predalles} \times 1,3 + 2 \times 1,5)) = 951,40 \text{ kN/m}^2$$

$$N_{\text{pilastro 18}} = (A_{\text{inf}} \times (\text{peso solaio di copertura} \times 1,3 + 4 \times 1,5) + 4 \times (A_{\text{inf}} \times (\text{peso solaio laterocemento} \times 1,3 + 2 \times 1,5) + (A_{\text{inf}} \times (\text{peso solaio predalles} \times 1,3 + 2 \times 1,5)) = 896,24 \text{ kN/m}^2$$

$$N_{\text{pilastro 26}} = (A_{\text{inf}} \times (\text{peso solaio di copertura} \times 1,3 + 4 \times 1,5) + 4 \times (A_{\text{inf}} \times (\text{peso solaio laterocemento} \times 1,3 + 2 \times 1,5) + (A_{\text{inf}} \times (\text{peso solaio predalles} \times 1,3 + 2 \times 1,5)) = 719,90 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Difatti } N_2 + N_{10} + N_{18} + N_{26} = 3005,12 \text{ kN/m}^2$$

A questo punto si può calcolare la base della trave che è data da:

$$b = N \times 1000 / 10 \times l \times k = 3005,12 \times 1000 / 10 \times 1011 \times 3 = 99,08 \text{ cm}$$

Di conseguenza si prende come base 100 cm.

Si calcola poi il carico q che è pari a:

$$q = k \times b = 3 \times 100 = 300 \text{ kN/m}$$

Si calcola il momento M che è pari a:

$$M = q \times l^2 / 8 = 300 \times 3,372 / 8 = 425,88 \text{ kNm}$$

Con il momento quindi si può calcolare l'altezza della trave che è pari a:

$$h = \sqrt{M / (0,8 \times b \times 10 \times 0,3 \times 14,2)} = 35,4 \text{ cm}$$

Quindi si prende l'altezza di 50 cm.

Si calcola la deformabilità J :

$$J = 1/12 \times b \times h^3 = 1041666,67 \text{ cm}^4$$

Poi si è trovata l'area minima necessaria dei ferri longitudinali:

$$A_{sd} = M_{sd} / 0,85 \times d \times f_{yd} = 425900 \text{ Nmm} / 0,85 \times 470 \text{ mm} \times 373,9 \text{ N/mm}^2 = 2851,25 \text{ mm}^2 = 28,51 \text{ cm}^2$$

dove d è l'altezza utile della trave ipotizzata in partenza pari a 47 cm, ossia una trave alta in totale 50 cm con 3 cm di copriferro.

Ipotizzando di utilizzare ferri $\phi 22$ si può individuare il numero di ferri necessari per contrastare il momento massimo di trazione:

$$A_{\phi 22} = \pi \times (22 \text{ mm})^2 / 4 = 3,79 \text{ cm}^2$$

$$n_{barre} = A_{sd} / A_{\phi 22} = 28,51 \text{ cm}^2 / 3,79 \text{ cm}^2 = 7,50$$

Dovendo assumere un numero di barre pari, si è deciso di utilizzare 8 barre $\phi 22$. Ora si può calcolare la A_s effettiva che è pari a $8 \times 3,79 \text{ cm}^2 = 30,39 \text{ cm}^2 = 3039 \text{ mm}^2$.

Copertura totale ferri

Prima di individuare la copertura totale dei ferri, si calcola la copertura di ciascuna barra $\phi 22$.

Quindi:

$$\Delta M_{rd} = A_{\phi 22} \times f_{sd} \times 0,9 \times d = 379 \text{ mm}^2 \times 391 \text{ N/mm}^2 \times 0,9 \times 470 \text{ mm} = 62839416,42 \text{ Nmm}$$

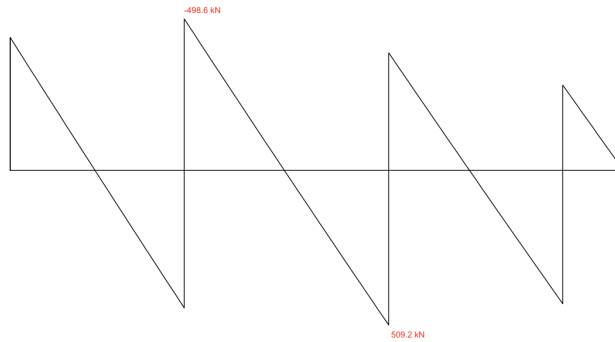
Poi si calcola la copertura totale delle barre:

$$\Delta M_{rd \text{ totale}} = \Delta M_{rd \phi 22} \times 8 = 62839416,42 \text{ Nmm} \times 8 = 502715331,4 \text{ Nmm} = 502,71 \text{ kNm}$$

$M_{rd} > M_{sd}$ di conseguenza è verificato.

Calcolo staffe (verifica a taglio)

Il diagramma del taglio è lineare come si vede dal diagramma riportato nella figura sottostante:



Si utilizza come valore di V_{ed} quello ottenuto da $V_{ed} = (q \times l) / 2 = 300 \times 3,37 / 2 = 505,5 \text{ kN}$

$$V_{ed} = 505,5 \text{ kN}$$

Innanzitutto è necessario che V_{ed} non sia maggiore di $V_{Rd \text{ max}}$, quindi si calcola il suo valore pari a:

$$V_{Rd \text{ max}} = 0,5 \times b \times 0,9 \times h \times 0,5 \times 14,2 = 0,5 \times 1000 \text{ mm} \times 0,9 \times 500 \text{ mm} \times 0,5 \times 14,2 \text{ N/mm}^2 = 1501650 \text{ N}$$

Risultando l'angolo θ risulta minore di $21,8^\circ$, utilizziamo il valore che ci impone la normativa $\cotg \theta = 2,5$.

Ora si calcola il rapporto tra l'area delle staffe e il loro passo:

$$A_{sw} / s = V_{ed} / z \times f_{sdw} \times \cotg \theta$$

$$A_{sw} / s = 505500 \text{ N} / 198 \text{ mm} \times 391 \text{ N/mm}^2 \times 2,5 = 1,22 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

Si ipotizza di utilizzare delle staffe $\phi 8$ a 4 bracci con:

$$A_{\phi 8} = \pi \times (8 \text{ mm})^2 / 4 = 50 \text{ mm}^2 = 0,5 \text{ cm}^2$$

Si trova l'interasse s tra le staffe:

$$s = 4 \times A_{\phi 8} / 1,22 \text{ mm}^2 / \text{mm} = 200 \text{ mm}^2 / 1,22 \text{ mm}^2 / \text{mm} = 164,37 \text{ mm} = 16,5 \text{ cm}$$

Si controlla se da normativa il valore di interasse non è troppo elevato:

$$s < 0,8 \times d = 0,8 \times 470 \text{ mm} = 376 \text{ mm} = 37,6 \text{ cm}$$

La relazione è verificata perché $165 \text{ mm} < 376 \text{ mm}$.

Si calcola il numero delle staffe minime da norma:

$$1000 \text{ mm} / 165 \text{ mm} = 6,08 \text{ staffe al metro. Di conseguenza si inseriranno 7 staffe ogni metro.}$$

Si calcola l'armatura minima andando a individuare il taglio medio V_{Rd1} :

$$V_{Rd1} = [0,18 \times k \times (100 \times \rho \times f_{cd})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \times \sigma_{cp}] \times b_w \times d$$

dove:

$$k = 1 + (200 / d)^{1/2} \leq 2,00$$

$$k = 1 + (200 / 210)^{1/2} = 1,97 \leq 2,00$$

$$\rho = A_{sl} / b_w \times d = \text{rapporto geometrico di armature longitudinale} \leq 0,02$$

$$\rho = 4559 \text{ mm}^2 / 1000 \text{ mm} \times 470 \text{ mm} = 0,01$$

$$\sigma_{cp} = N_{ed} / A_c = 0 \text{ perché non si utilizzano travi precomprese}$$

quindi si calcola V_{Rd1} :

$$V_{Rd1} = [0,18 \times 1,97 \times (100 \times 0,01 \times 25)^{1/3} / 1,5 + 0,15 \times 0] \text{ N/mm}^2 \times 500 \text{ mm} \times 470 \text{ mm} = 606,05 \text{ kN}$$

Essendo il V_{Rd1} maggiore del valore di taglio, si possono utilizzare solo le staffe da norma.

2.4.2 Struttura in legno

Dimensionamento travetti interpiano

Legno lamellare GL 24, classe di servizio 1 (edificio civile per residenze)

Si è innanzitutto calcolato il peso della soletta.

Solaio: $N_{sd} = 3,01 \text{ kN/m}^2$

	Peso proprio (kN/m ²)
Pavimento	0,2
Pannello radiante + getto	0,9
Massetto Impianti	0,96
Tramezze	0,8
Tavolato	0,15

$$q = (1,3 \times 5,01 + 1,5 \times 2) = 9,513 \text{ kN/m}^2$$

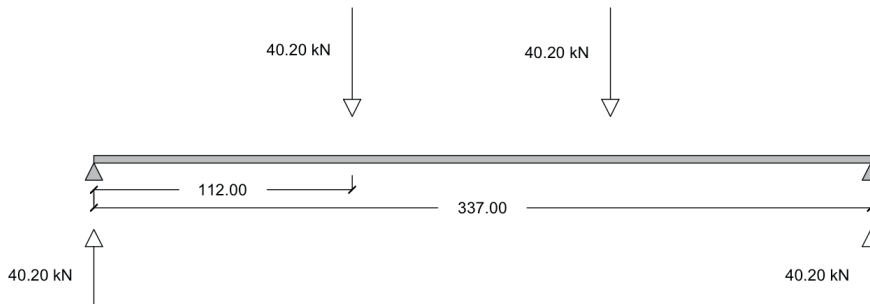
$$q_u = (1,3 \times 5,01 + 1,5 \times 2) \times 1,12 = 10,65 \text{ kN/m}$$

$$M_{\max} = (q \times l^2) / 8 = (10,65 \times 4,67^2) / 8 = 29,04 \text{ kNm}$$

$$V_{\max} = (q \times l) / 2 = (10,65 \times 4,67) / 2 = 24,87 \text{ kN}$$

Dalla tabella excel si sono ricavate le dimensioni dei travetti che sono di 10 x 20 cm

Dimensionamento trave interpiano



Per calcolare la trave si sono calcolate le forze reagenti a essa. Si somma quindi la forza data dal taglio e la forza proveniente dalla campata vicina che ha una luce inferiore (3,22 m).

Quindi:

$$R_1 = R_2 = (q_u \times l_1) / 2 + (q_u \times l_2) / 2 = 26,74 + 10,65 \times 3,22 / 2 = 40,2 \text{ kN}$$

$$V_{\max} = 40,2 \text{ kN}$$

$$M_{\max} = V_{\max} \times l = 40,2 \times 1,12 = 45 \text{ kNm}$$

Dalla tabella excel (Ing. Caffè) si sono ricavate le dimensioni dei travetti che sono di 22 x 18 cm

Dimensionamento travetti copertura

Si è innanzitutto calcolato il peso della soletta.

Solaio: $N_{sd} = 2,544 \text{ kN/m}^2$

	Peso proprio (kN/m ²)
Pavimento galleggiante	0,4
Isolante	0,144
Guaina impermeabilizzante	0,05
Strato di pendenza	1,8
Tavolato	0,15

$$q = (1,3 \times 6,544 + 1,5 \times 2) = 11,50 \text{ kN/m}^2$$

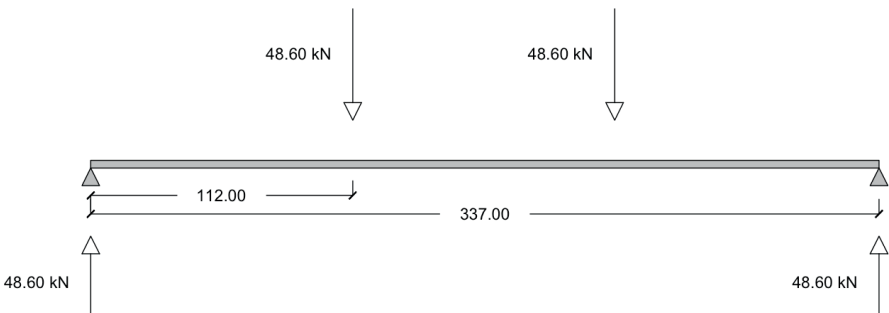
$$q_u = (1,3 \times 6,544 + 1,5 \times 2) \times 1,2 = 12,88 \text{ kN/m}$$

$$M_{\max} = (q \times l^2) / 8 = (12,88 \times 4,67^2) / 8 = 35,13 \text{ kNm}$$

$$V_{\max} = (q \times l) / 2 = (12,88 \times 4,67) / 2 = 30,09 \text{ kN}$$

Dalla tabella excel si sono ricavate le dimensioni dei travetti che sono di 20 x 18 cm

Dimensionamento trave copertura



Per calcolare la trave si sono calcolate le forze reagenti a essa. Si sono sommate quindi la forza data dal taglio e la forza proveniente dalla campata vicina che ha una luce inferiore (3,22 m).

Quindi:

$$R_1 = R_2 = (q_u \times l_1) / 2 + (q_u \times l_2) / 2 = 30,09 + 12,88 / 2 = 48,6 \text{ kN}$$

$$V_{\max} = 48,6 \text{ kN}$$

$$M_{\max} = V_{\max} \times l = 48,6 \times 1,12 = 54,4 \text{ kNm}$$

Dalla tabella excel (Ing. Caffè) si sono ricavate le dimensioni dei travetti che sono di 22 x 20 cm

Dimensionamento pilastri dal piano terra alla copertura

Si è calcolato il tipo di pilastro ad ogni piano per verificare se la sezione di questo diminuisca. In questo modo si può pensare di evitare degli sprechi e appesantire la struttura andando a utilizzare sezioni differenti. Il calcolo è stato fatto sul pilastro più caricato che è il numero 10.

PIANO TERRA

$$A_{inf} = 13,26 \text{ m}^2$$

$$N_{sd} = A_{inf} \times \text{Peso} = 13,26 \times 26,584 = 325,50 \text{ kN}$$

Dalla tabella excel si sono ricavate le dimensioni dei travetti che sono di 22 x 48 cm

Si adotta per tutti i piani la misura dei pilastri di 22 x 48 cm. Quindi si verifica il pilastro al piano terra.

E' noto che:

$$N_{sd} = 325,50 \text{ kN} = 325500 \text{ N}$$

$$b = 22 \text{ cm} = 220 \text{ mm}$$

$$h = 48 \text{ cm} = 480 \text{ mm}$$

$$A = b \times h = 220 \times 480 = 105600 \text{ mm}^2$$

$$f_{cok} = 24 \text{ MPa}$$

$$E_{0.05} = 9400 \text{ MPa}$$

$$k_{mod} = 0,9$$

$$\gamma_m = 1,3$$

$$f_{cod} = k_{mod} \times f_{cok} / \gamma_m = 16,61 \text{ MPa}$$

Quindi si calcola:

$$I = 1/12 \times hb^3 = 1/12 \times 480 \times 220^3 = 425920000 \text{ mm}^4$$

$$A_{min} = N_{sd} / f_{cod} = 19590,27 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{min} = \sqrt{I / A_{min}} = \sqrt{425920000 \text{ mm}^4 / 19590,27 \text{ mm}^2} = 139,96 \text{ mm} = 140 \text{ mm}$$

$$\lambda = l_0 / \rho_{min} = 3550 \text{ mm} / 138,56 \text{ mm} = 25,62$$

$$\delta_{cr} = \pi^2 \times E / \lambda^2 = (3,14)^2 \times 9400 \text{ N/mm}^2 / (139,96 \text{ mm})^2 = 29,66 \text{ N}$$

$$\lambda_{rel} = \sqrt{f_{cok} / \delta_{cr}} = \sqrt{24 / 29,66} = 0,89$$

$$k_z = 0,52 \times (1 + \beta_c \times (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2) = 0,52 \times (1 + 0,1 \times (2,23 - 0,3) + 4,97) = 0,97$$

$$k_c = 1 / \sqrt{k_z + \sqrt{(k_z^2 + \lambda_{rel}^2)}} = 0,43$$

Si verifica infine che δ_{cod} sia maggiore di $f_{cod} \times k_c$: $N_{sd} / A < f_{cod} \times k_c$

$$\delta_{cod} = N_{sd} / A = 325500 \text{ N} / 105600 \text{ mm}^2 = 3,08 \text{ MPa}$$

$$f_{cod} \times k_c = 16,61 \text{ MPa} \times 0,43 = 7,23 \text{ MPa}$$

La relazione è verificata, quindi adottiamo un pilastro in legno lamellare di dimensioni 22 x 48 cm.

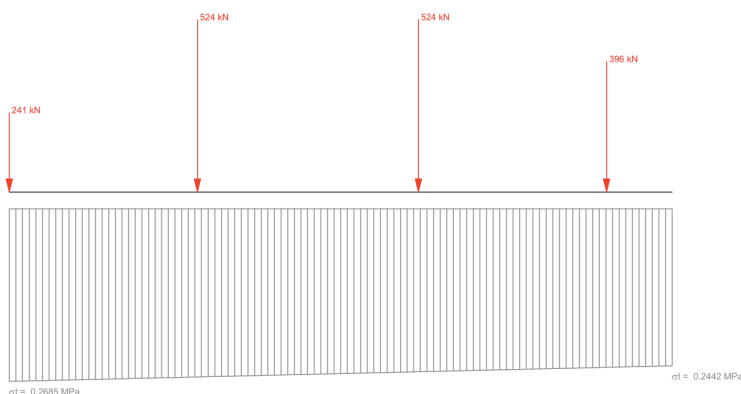
Dimensionamento trave di fondazione

Per calcolare le travi di fondazione della struttura in legno, si è prima di tutto calcolato il peso agente di ogni pilastro sulla trave moltiplicando il peso dei solai per l'area di influenza e andando poi a sommare i pesi di ogni piano.

Si sono scelti poi i materiali da utilizzare per la costruzione della trave:

- calcestruzzo C25/30 con $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$, $f_{cd} = 14,2 \text{ N/mm}^2$ e $f_{ctm} = 2,6 \text{ N/mm}^2$
- acciaio B 450 C con $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$ e $f_{yd} = 391 \text{ N/mm}^2$.

Schematizzando, questa è la trave con i carichi:



Sulla trave più caricata agisce un carico pari a $1723,89 \text{ kN/m}^2$ dato da:

$$N_{\text{pilastro 2}} = (A_{\text{inf}} \times (\text{peso solaio di copertura} \times 1,3 + 4 \times 1,5)) + 4 \times (A_{\text{inf}} \times (\text{peso solaio legno} \times 1,3 + 2 \times 1,5)) + (A_{\text{inf}} \times (\text{peso solaio predalles} \times 1,3 + 2 \times 1,5)) = 240,87 \text{ kN/m}^2$$

$$N_{\text{pilastro 10}} = (A_{\text{inf}} \times (\text{peso solaio di copertura} \times 1,3 + 4 \times 1,5)) + 4 \times (A_{\text{inf}} \times (\text{peso solaio legno} \times 1,3 + 2 \times 1,5)) + (A_{\text{inf}} \times (\text{peso solaio predalles} \times 1,3 + 2 \times 1,5)) = 523,71 \text{ kN/m}^2$$

$$N_{\text{pilastro 18}} = (A_{\text{inf}} \times (\text{peso solaio di copertura} \times 1,3 + 4 \times 1,5)) + 4 \times (A_{\text{inf}} \times (\text{peso solaio legno} \times 1,3 + 2 \times 1,5)) + (A_{\text{inf}} \times (\text{peso solaio predalles} \times 1,3 + 2 \times 1,5)) = 523,71 \text{ kN/m}^2$$

$$N_{\text{pilastro 26}} = (A_{\text{inf}} \times (\text{peso solaio di copertura} \times 1,3 + 4 \times 1,5)) + 4 \times (A_{\text{inf}} \times (\text{peso solaio legno} \times 1,3 + 2 \times 1,5)) + (A_{\text{inf}} \times (\text{peso solaio predalles} \times 1,3 + 2 \times 1,5)) = 396,28 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Difatti } N_2 + N_{10} + N_{18} + N_{26} = 1723,89 \text{ kN/m}^2$$

A questo punto si può calcolare la base della trave che è data da:

$$b = N \times 1000 / 10 \times l \times k = 1723,89 \times 1000 / 10 \times 1011 \times 3 = 56,80 \text{ cm}$$

Di conseguenza si prende come base 60 cm.

Si calcola poi il carico q che è pari a:

$$q = k \times b = 3 \times 60 = 180 \text{ kN/m}^2$$

Si calcola il momento M che è pari a:

$$M = q \times l^2 / 8 = 180 \times 3,37^2 / 8 = 255,53 \text{ kNm}$$

Con il momento quindi si può calcolare l'altezza della trave che è pari a:

$$h = \sqrt{M / (0,8 \times b \times 10 \times 0,3 \times 14,2)} = 35,4 \text{ cm}$$

Quindi si prende l'altezza di 50 cm.

Si calcola il momento di inerzia I :

$$I = 1/12 \times b \times h^3 = 625000 \text{ cm}^4$$

Poi abbiamo trovato l'area minima necessaria dei ferri longitudinali:

$$A_{sd} = M_{sd} / 0,85 \times d \times f_{yd} = 255500 \text{ Nmm} / 0,85 \times 470 \text{ mm} \times 373,9 \text{ N/mm}^2 = 1710,48 \text{ mm}^2 = 17,10 \text{ cm}^2$$

dove d è l'altezza utile della trave ipotizzata in partenza pari a 47 cm, ossia una trave alta in totale 50 cm con 3 cm di copriferro.

Ipotizzando di utilizzare ferri $\phi 22$ si può individuare il numero di ferri necessari per contrastare il momento massimo di trazione:

$$A_{\phi 22} = n \times (22 \text{ mm})^2 / 4 = 3,79 \text{ cm}^2$$

$$n_{barre} = A_{sd} / A_{\phi 16} = 17,10 \text{ cm}^2 / 3,79 \text{ cm}^2 = 4,50$$

Dovendo assumere un numero di barre pari, si è deciso di utilizzare 6 barre $\phi 22$. Ora si può calcolare la A_s effettiva che è pari a $6 \times 3,79 \text{ cm}^2 = 22,79 \text{ cm}^2 = 2279 \text{ mm}^2$.

Copertura totale ferri

Prima di individuare la copertura totale dei ferri, si calcola la copertura di ciascuna barra $\phi 16$.

Quindi:

$$\Delta M_{rd} = A_{\phi 22} \times f_{sd} \times 0,9 \times d = 379 \text{ mm}^2 \times 391 \text{ N/mm}^2 \times 0,9 \times 470 \text{ mm} = 62839416,4 \text{ Nmm}$$

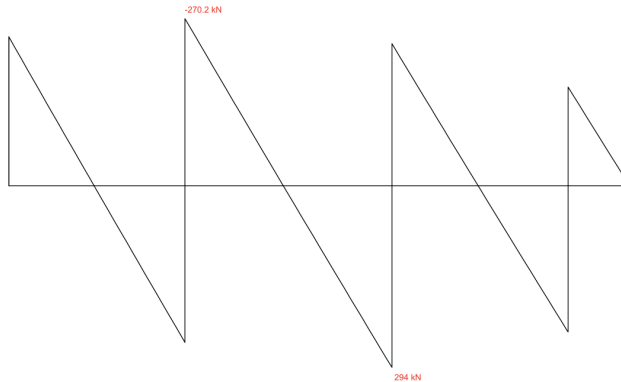
Poi si calcola la copertura totale delle barre:

$$\Delta M_{rd \text{ totale}} = \Delta M_{rd \phi 22} \times 6 = 62839416,4 \text{ Nmm} \times 6 = 377026499 \text{ Nmm} = 377,02 \text{ Nm}$$

$M_{rd} > M_{sd}$ di conseguenza è verificato.

Calcolo staffe (verifica a taglio)

Il diagramma del taglio è lineare come si vede dal diagramma riportato nella figura sottostante:



Si utilizza come valore di V_{Ed} quello ottenuto da $V_{Ed} = (q \times l) / 2 = 180 \times 3,37 / 2 = 303,3 \text{ kN}$

$$V_{Ed} = 303,3 \text{ kN}$$

Innanzitutto è necessario che V_{Ed} non sia maggiore di V_{Rdmax} , quindi si calcola il suo valore pari a:

$$V_{Rdmax} = 0,5 \times b \times 0,9 \times h \times 0,5 \times 14,2 = 0,5 \times 600 \text{ mm} \times 0,9 \times 500 \text{ mm} \times 0,5 \times 14,2 \text{ N/mm}^2 = 900990 \text{ N}$$

Risultando l'angolo θ minore di $21,8^\circ$, si utilizza il valore che impone la normativa $\cotg\theta = 2,5$.

Ora si calcola il rapporto tra l'area delle staffe e il loro passo:

$$A_{sw} / s = V_{Ed} / z \times f_{sdw} \times \cotg\theta$$

$$A_{sw} / s = 303300 \text{ N} / 198 \text{ mm} \times 391 \text{ N/mm}^2 \times 2,5 = 0,73 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Si ipotizza di utilizzare delle staffe $\phi 8$ a 4 bracci con:

$$A_{\phi 8} = \pi \times (8 \text{ mm})^2 / 4 = 50 \text{ mm}^2 = 0,5 \text{ cm}^2$$

Si trova l'interasse s tra le staffe:

$$s = 4 \times A_{\phi 8} / 0,73 \text{ mm}^2 / \text{mm} = 200 \text{ mm}^2 / 0,73 \text{ mm}^2 / \text{mm} = 273,96 \text{ mm} = 27,4 \text{ cm}$$

Si controlla se da normativa il valore di interasse non è troppo elevato:

$$s < 0,8 \times d = 0,8 \times 470 \text{ mm} = 376 \text{ mm} = 37,6 \text{ cm}$$

La relazione è verificata perché $274 \text{ mm} < 376 \text{ mm}$.

Si calcola il numero delle staffe minime da norma:

$1000 \text{ mm} / 274 \text{ mm} = 2,65$ staffe al metro. Di conseguenza si inseriranno 3 staffe ogni metro.

Si calcola l'armatura minima andando a individuare il taglio medio V_{Rd1} :

$$V_{Rd1} = [0,18 \times k \times (100 \times \rho \times f_{cd})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \times \sigma_{cp}] \times b_w \times d$$

dove:

$$k = 1 + (200 / d)^{1/2} \leq 2,00$$

$$k = 1 + (200 / 210)^{1/2} = 1,97 \leq 2,00$$

$$\rho = A_{sl} / b_w \times d = \text{rapporto geometrico di armature longitudinale} \leq 0,02$$

$$\rho = 3419 \text{ mm}^2 / 600 \text{ mm} \times 470 \text{ mm} = 0,01$$

$$\sigma_{cp} = N_{ed} / A_c = 0 \text{ perché non si utilizzano travi precomprese}$$

quindi si calcola V_{Rd1} :

$$V_{Rd1} = [0,18 \times 1,97 \times (100 \times 0,01 \times 25)^{1/3} / 1,5 + 0,15 \times 0] \text{ N/mm}^2 \times 650 \text{ mm} \times 470 \text{ mm} = 363,63 \text{ kN}$$

Essendo il V_{Rd1} maggiore del valore di taglio, si possono utilizzare solo le staffe da norma.

2.5 TAVOLE DI PROGETTO

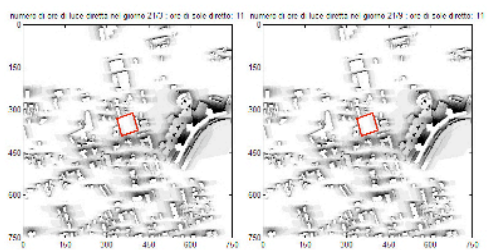
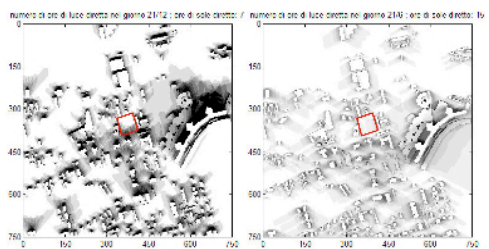
Vengono ora presentate le tavole di progetto.

TAVOLA 1 _	analisi
TAVOLA 2 _	planimetria 1:200
TAVOLA 3 _	pianta piano interrato 1:100 pianta piano terra 1:100 sezione AA' 1:100 prospetto est 1:100 prospetto ovest 1:100
TAVOLA 4 _	pianta piano primo 1:100 pianta piano secondo 1:100 pianta piano copertura 1:100 prospetto sud 1:100 prospetto nord 1:100
TAVOLA 5 _	pianta piano primo 1:50 (struttura in calcestruzzo) particolari 1:50 (struttura in calcestruzzo)
TAVOLA 6 _	pianta piano secondo 1:50 (struttura in calcestruzzo) particolari 1:50 (struttura in calcestruzzo)
TAVOLA 7 _	piante strutturali 1:50 (struttura in calcestruzzo)
TAVOLA 8 _	sezione AA' 1:50 (struttura in calcestruzzo)
TAVOLA 9 _	prospetto sud 1:50 (struttura in calcestruzzo)
TAVOLA 10 _	prospetto est 1:50 (struttura in calcestruzzo) prospetto ovest 1:50 (struttura in calcestruzzo)
TAVOLA 11 _	prospetto nord 1:50 (struttura in calcestruzzo)
TAVOLA 12 _	particolari 1:10 (struttura in calcestruzzo)
TAVOLA 13 _	pianta piano primo 1:50 (struttura in legno) particolari 1:10 (struttura in legno)
TAVOLA 14 _	sezione AA' 1:50 (struttura in legno) prospetto sud 1:50 (struttura in legno)
TAVOLA 15 _	particolari 1:10 (struttura in legno)



SCALA 1:1000

SCALA 1:1000

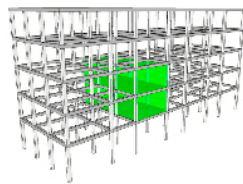


L'idea di progetto deriva da un'attenta analisi e reinterpretazione del caso studio, il complesso residenziale di Saint Quentin en Yvelines progettato da Dominique Perrault, proposto dalla docenza, nonché da un'indagine personale riguardante il tema della flessibilità. Il concetto è stato quello di proporre ai possibili utenti del complesso quattro diversi tagli di alloggi secondo le necessità. Difatti è possibile scegliere tra un alloggio di tipo S di circa 58 mq, di tipo M di 86 mq, di tipo L di 114 mq e di tipo XL di 142 mq. Ogni alloggio è composto da una cellula principale, duplex, normalmente indivisibile nella zona giorno e da n cellule secondarie inglobabili alla principale a seconda del fabbisogno di posti letto. Questo permette dunque l'applicazione del concetto di flessibilità esclusivamente in senso orizzontale. Questa flessibilità è resa possibile tramite l'apertura o chiusura di un particolare elemento di tamponamento posto nella fascia di distribuzione della cellula di tipo secondario. Per garantire una flessibilità elevata si sono inoltre posti gli elementi di distribuzione verticale esternamente al corpo di fabbrica e aventi un telaio strutturale a sé stante. Tali elementi permettono di raggiungere il piano di copertura dell'edificio, praticabile, nel quale sono stati collocati i sistemi di captazione solare, sia per la produzione di acqua calda sanitaria che per la produzione di energia elettrica, e inoltre ricreati possibili spazi di aggregazione per gli abitanti degli alloggi, più interni di quelli presenti al piano terreno. Difatti tale livello è stato interamente destinato a uso terziario e commerciale e dotato di spazi aperti antistanti gli esercizi. Al piano interrato si trovano invece i posti auto, le cantine e i locali tecnici dell'edificio ad uso esclusivo degli utenti delle abitazioni. Per quanto riguarda l'involucro esterno, questo è stato trattato sia in maniera che esprime l'intento progettuale, andando quindi a esplicitare il materiale della struttura portante, sia mantenendo uno sguardo attento alle problematiche legate all'ombreggiamento. Difatti per quanto concerne il posizionamento del corpo di fabbrica, esso è stato principalmente dettato dagli allineamenti degli edifici nelle vicinanze del lotto, con una particolare attenzione agli ombreggiamenti degli edifici antistanti, essendo questi di un numero consistente di piani (come si vede dagli studi mostrati in precedenza).

S

mq 58

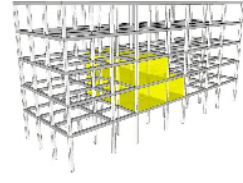
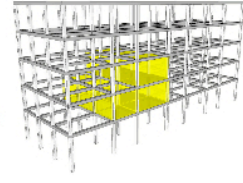
1 soggiorno
1 angolo cottura
1 camera
2 bagni



M

mq 86

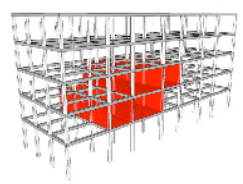
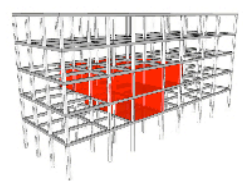
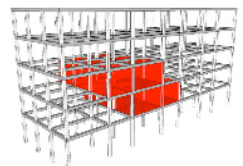
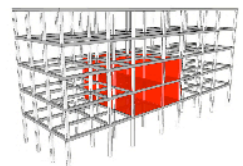
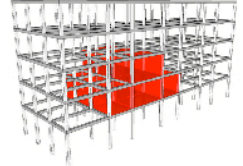
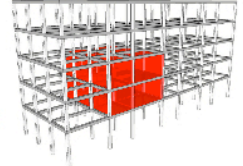
1 soggiorno
1 cucina
1 camera
2 bagni
1 studio/camera



L

mq 114

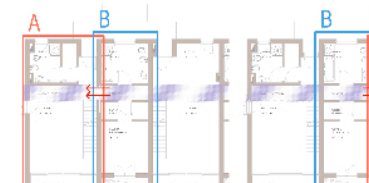
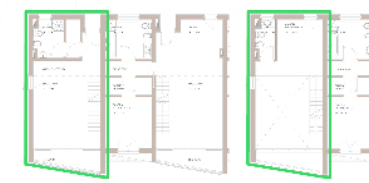
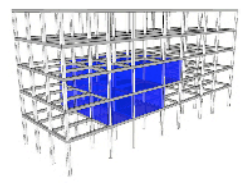
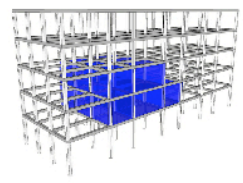
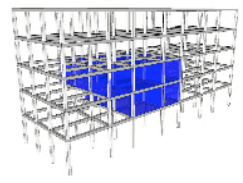
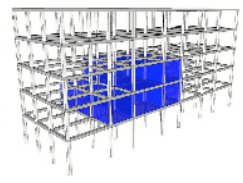
1 soggiorno
1 cucina
2 camere
3 bagni
1 studio/camera



XL

mq 142

1 soggiorno
1 cucina
3 camere
3 bagni
1 studio/camera



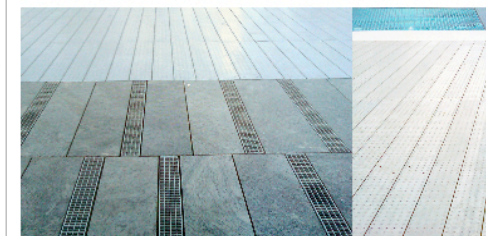
Dominique Perrault, complesso residenziale Saint Quentin, Yvelines (Francia)



Team California (SCU + CCA), refract house Solar Decathlon, progetto

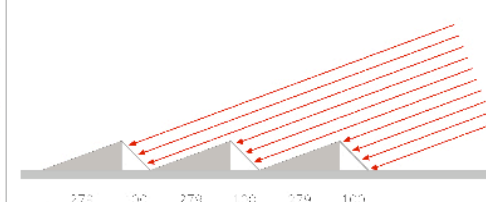
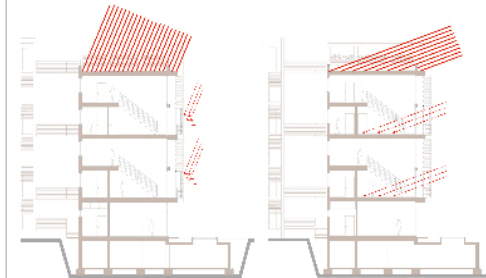


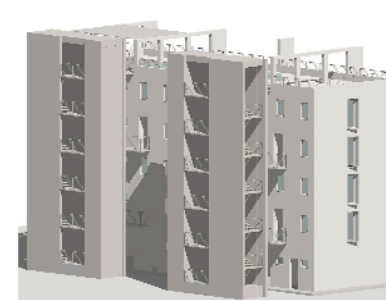
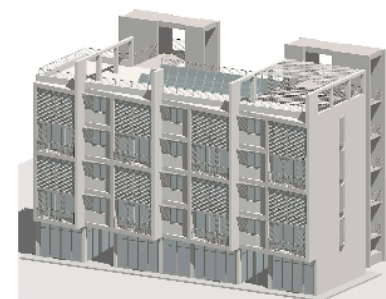
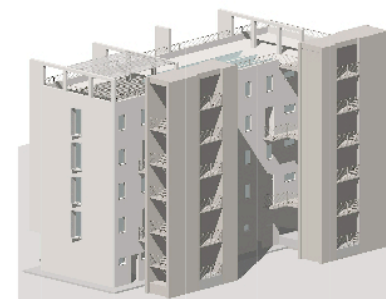
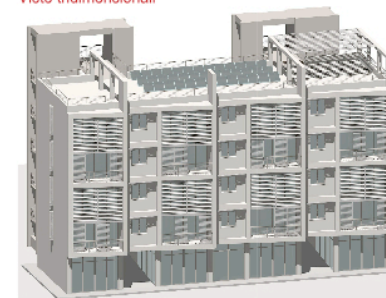
Eduardo Arroyo, Plaza el Desierto, Barakaldo (Spagna)



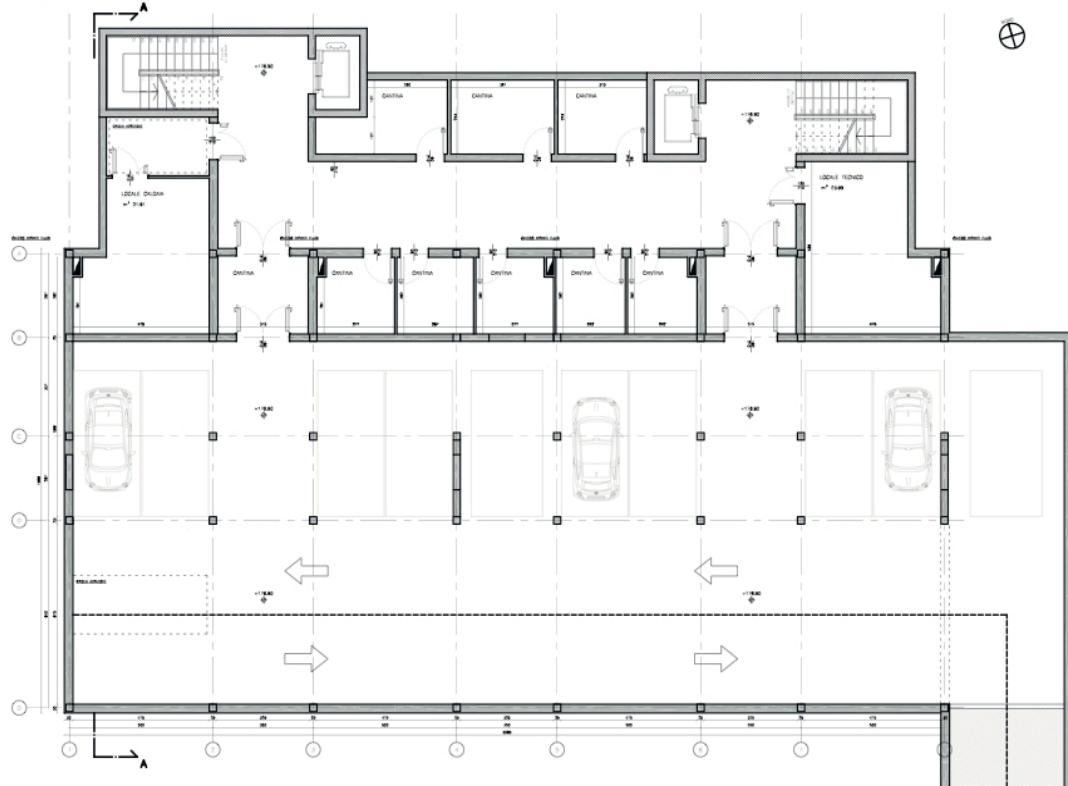
Weer, 8, Schouwburgplein, Rotterdam, Olanda

Studi sulle schermature solari e la disposizione dei pannelli solari

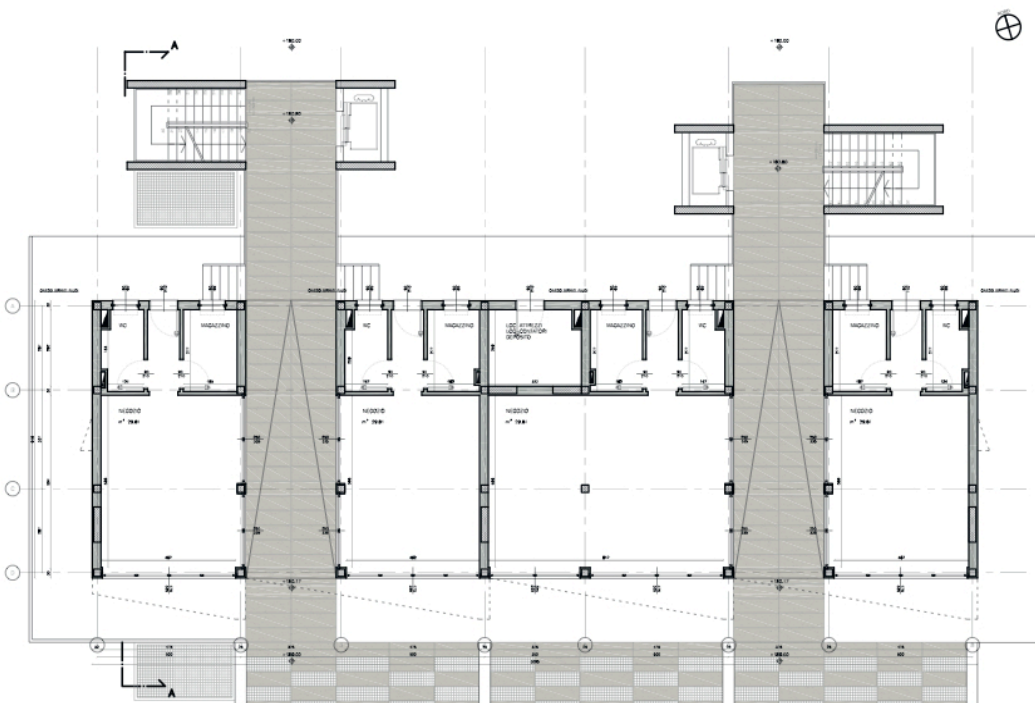




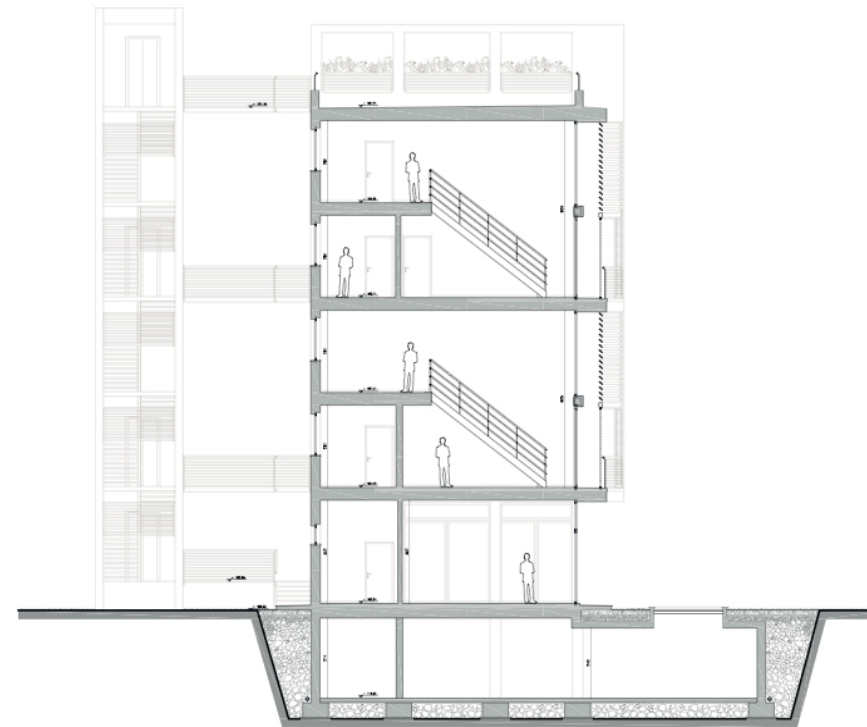
Pianta piano interrato - scala 1:100



Pianta piano terra - scala 1:100



Sezione AA - scala 1:100

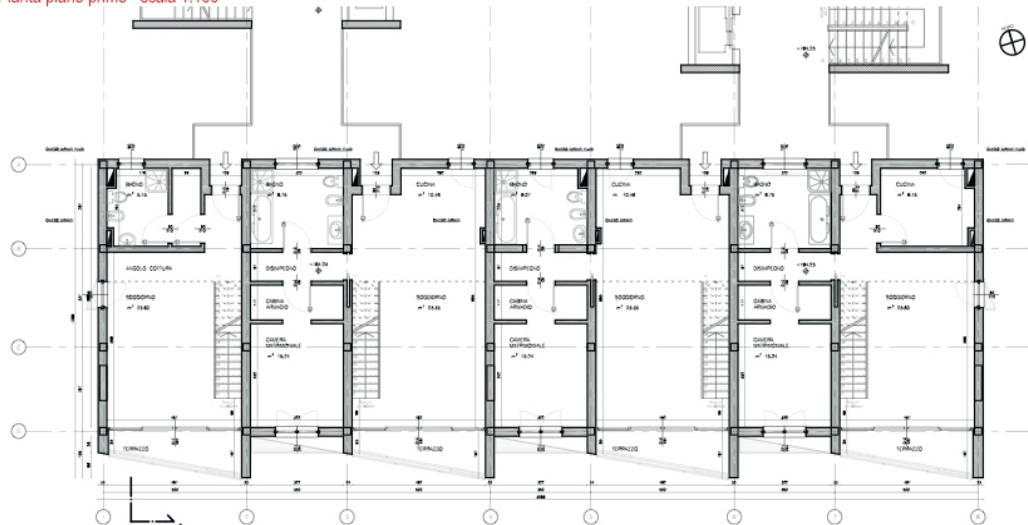


Prospetto est - scala 1:100

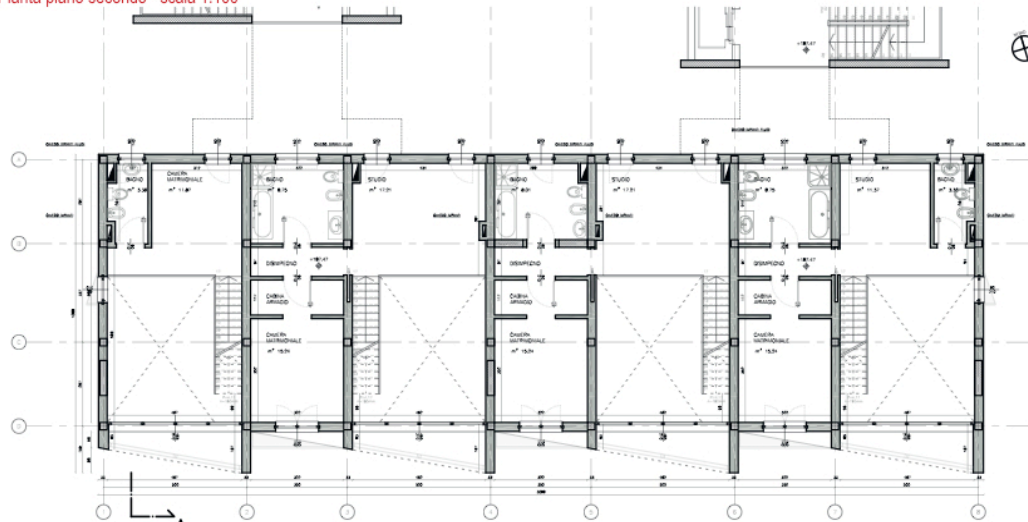


Prospetto ovest - scala 1:100

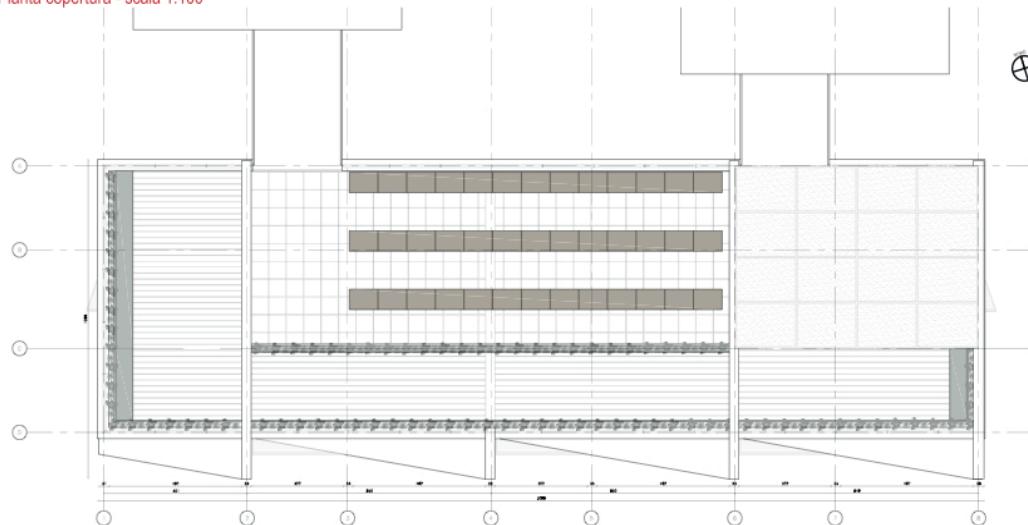
Pianta piano primo - scala 1:100



Pianta piano secondo - scala 1:100



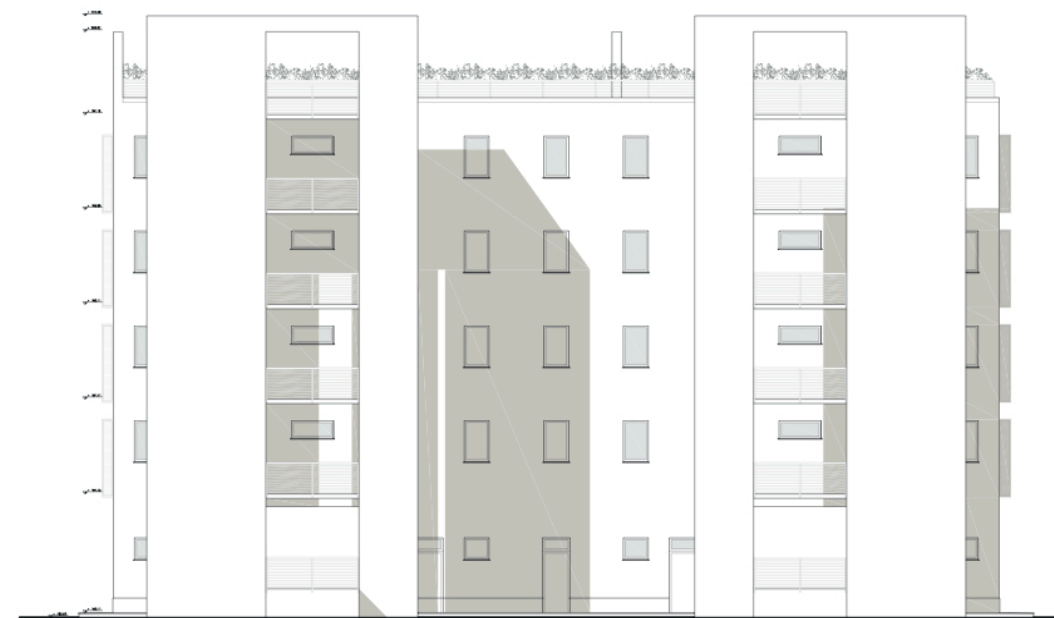
Pianta copertura - scala 1:100

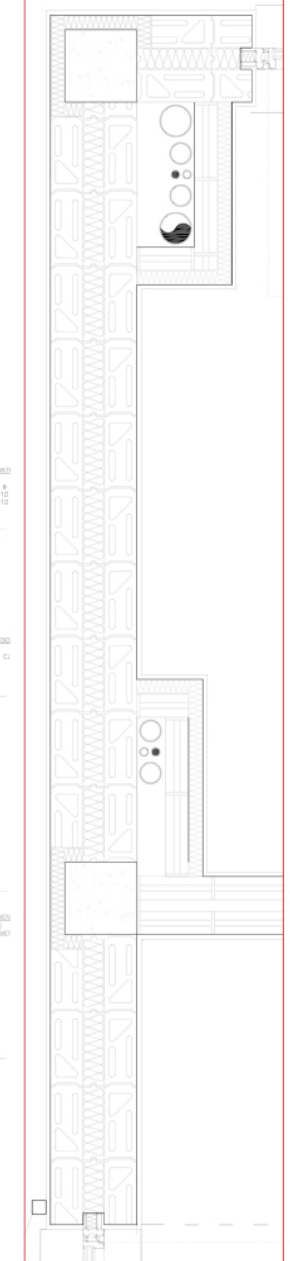
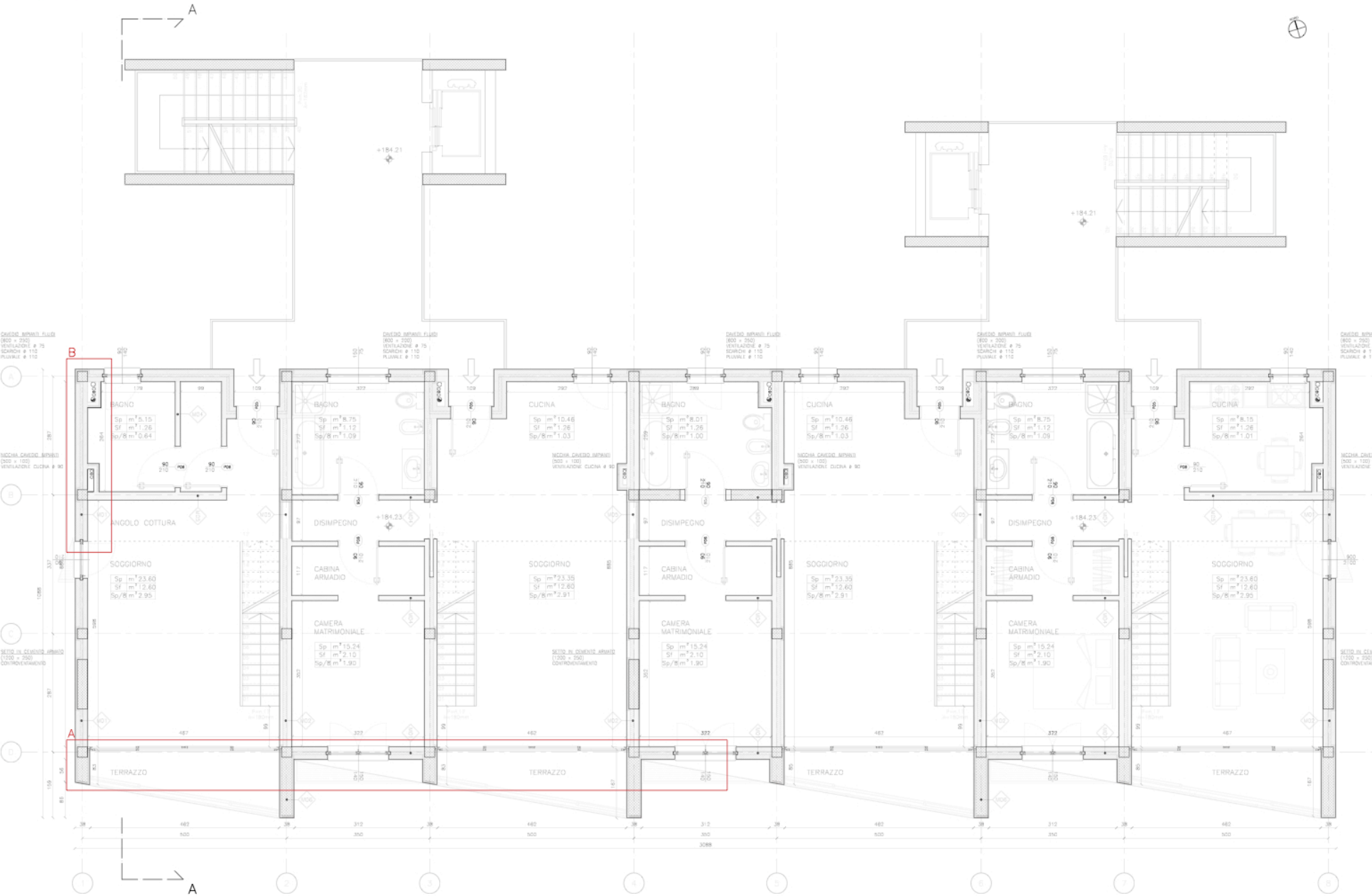


Prospetto Sud - scala 1:100

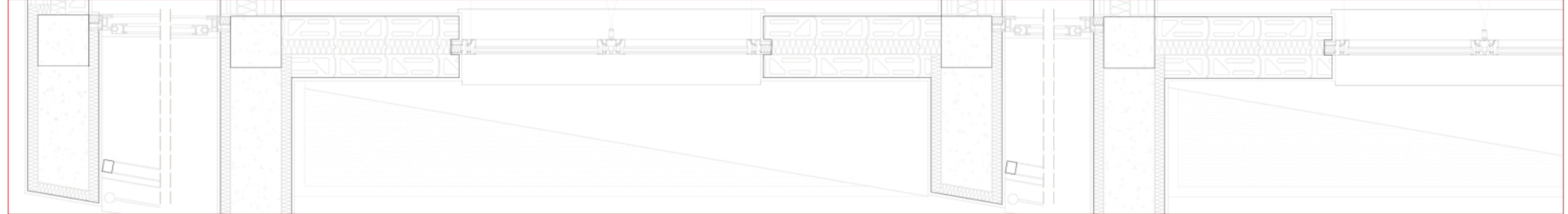


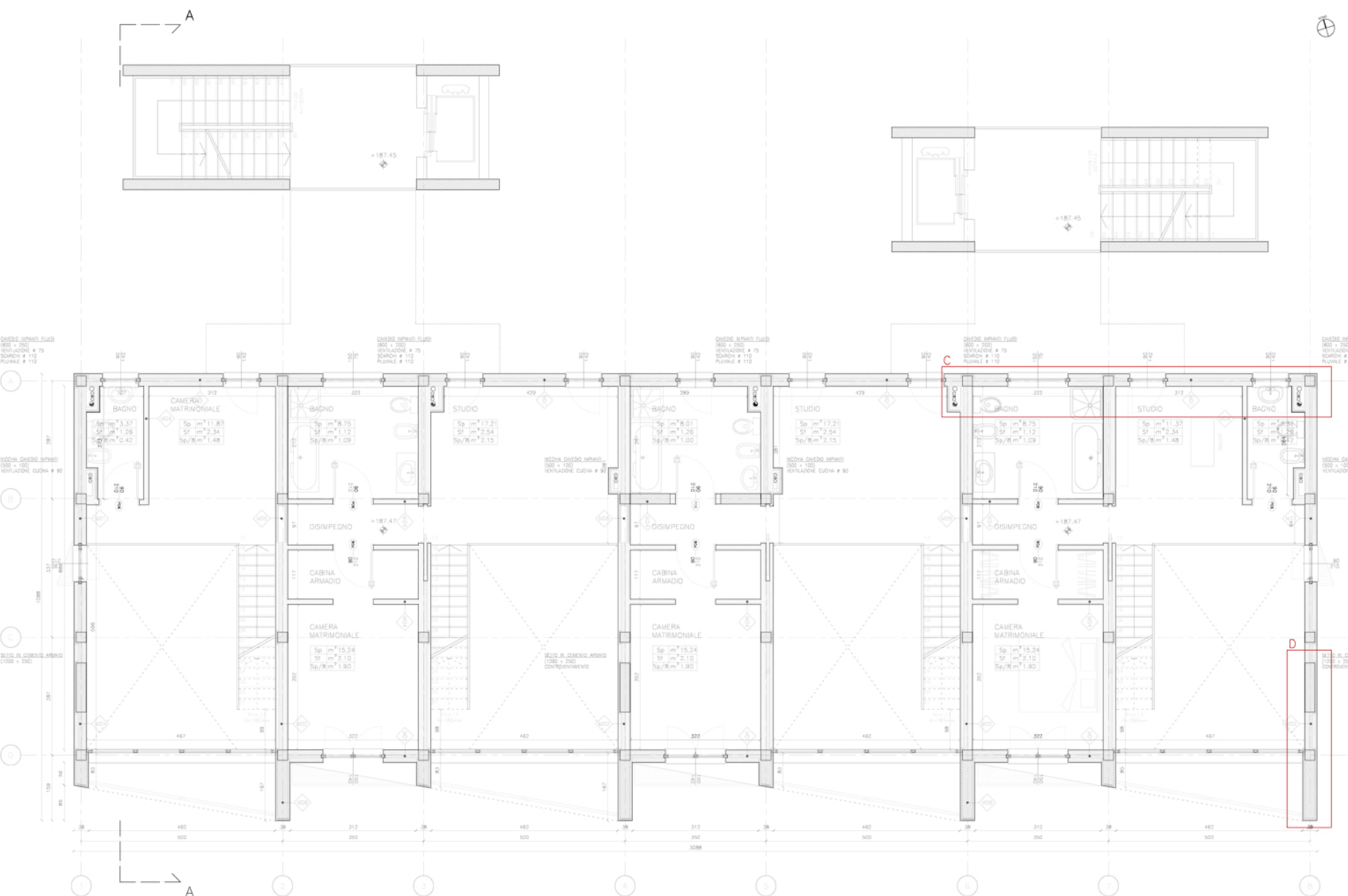
Prospetto Nord - scala 1:100



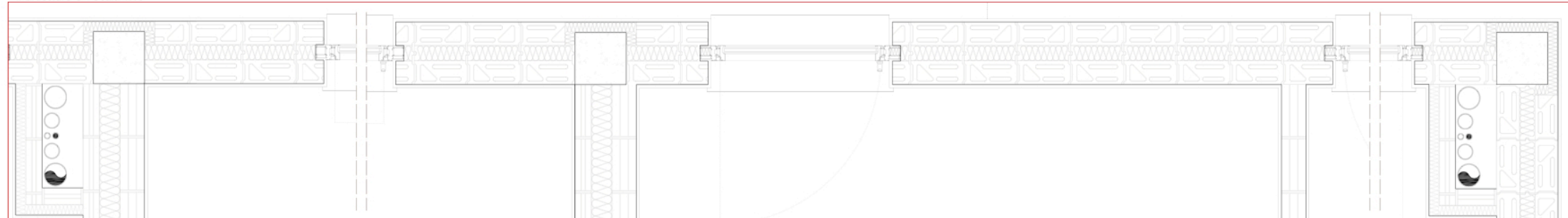


Particolare A - Scala 1:10

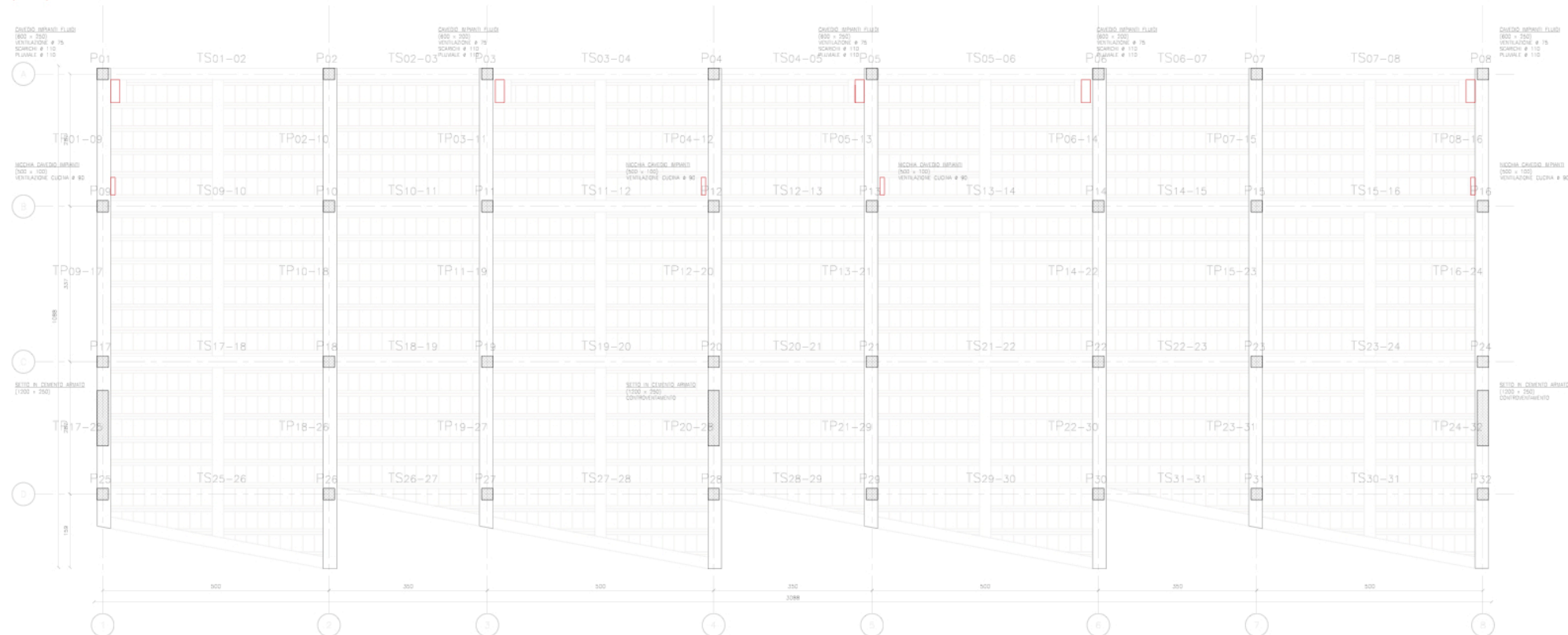




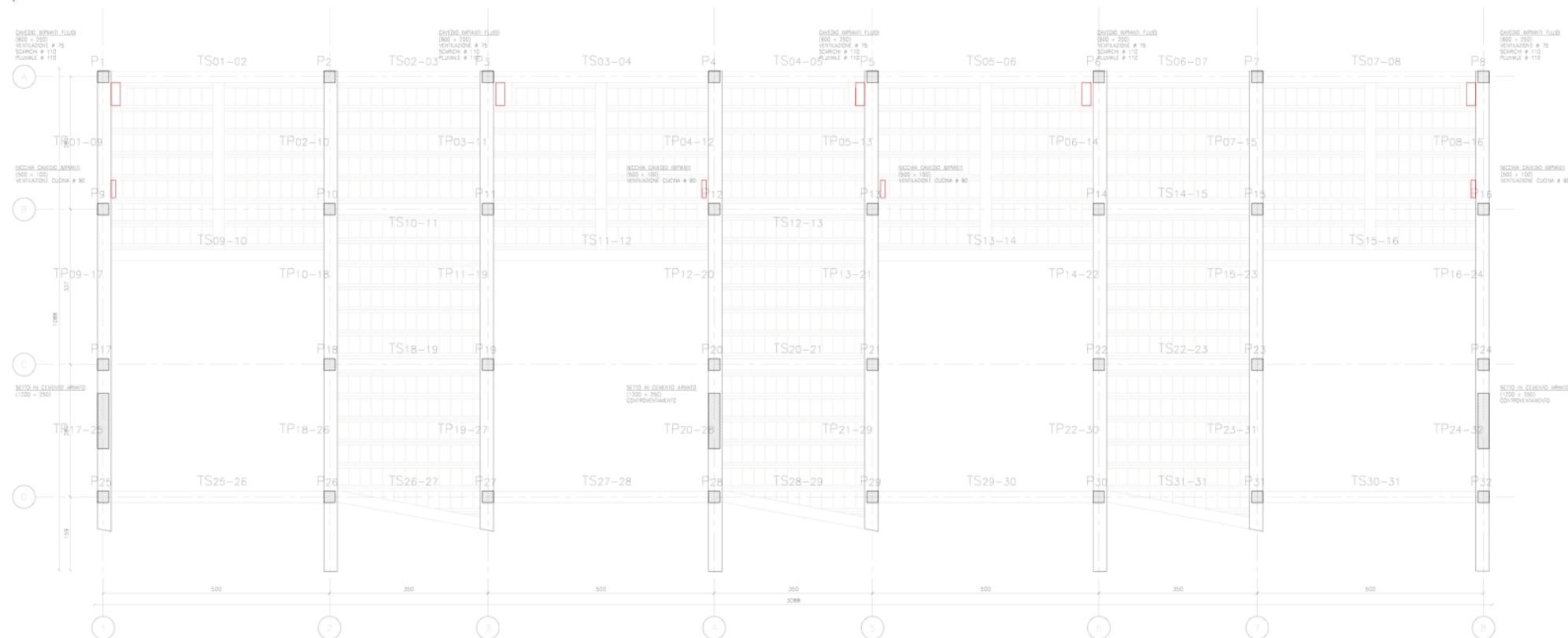
Particolare C - Scala 1:10

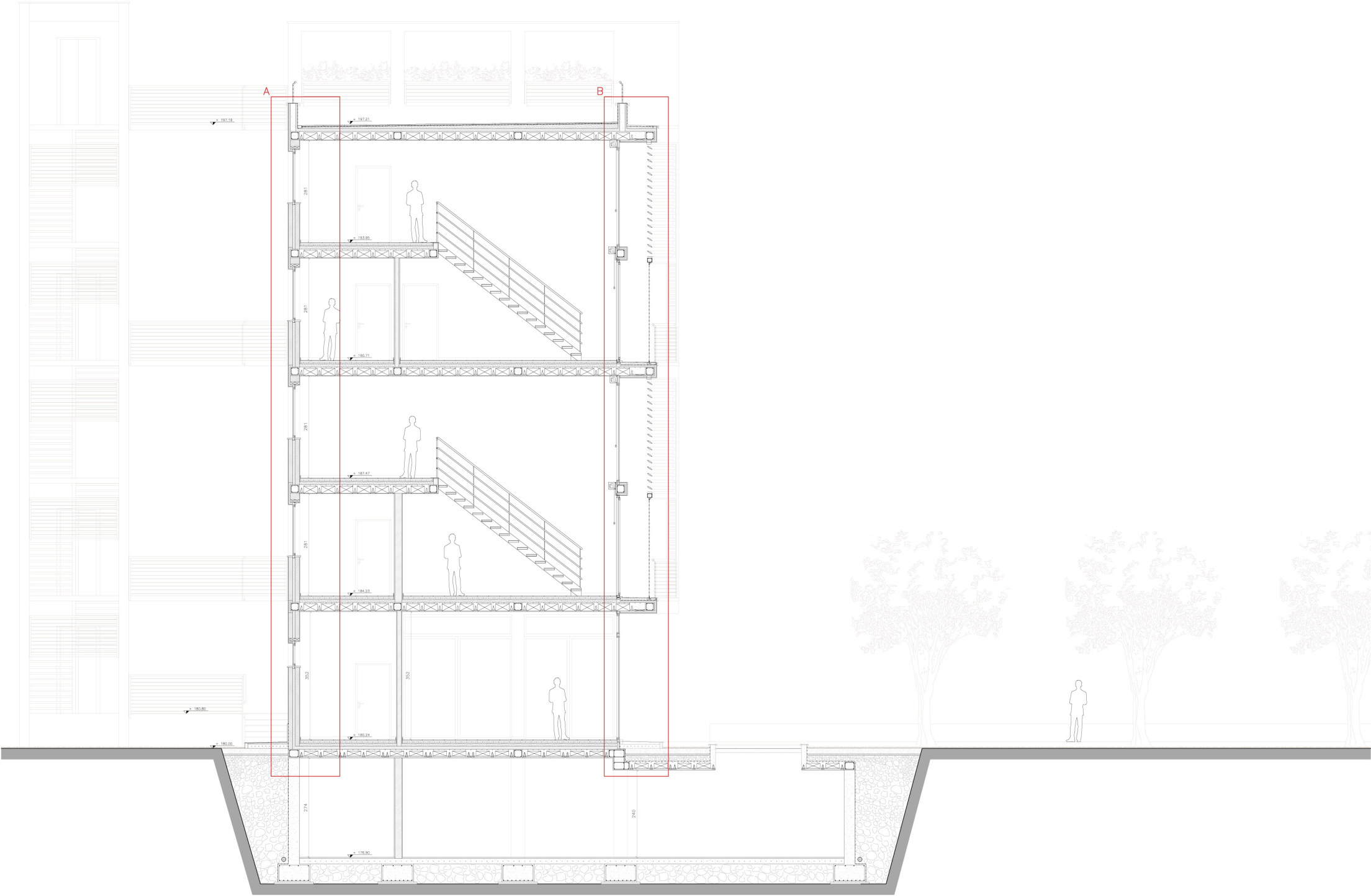


Pianta strutturale piano primo - scala 1:50



Pianta strutturale piano secondo - scala 1:50



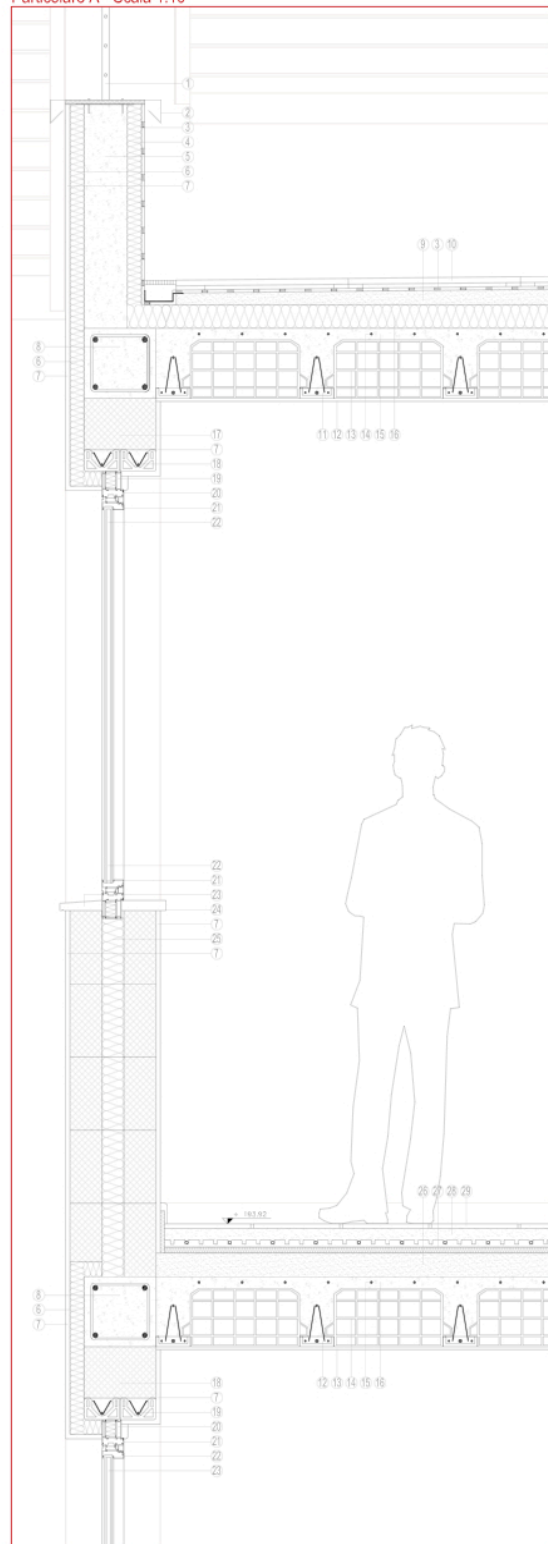








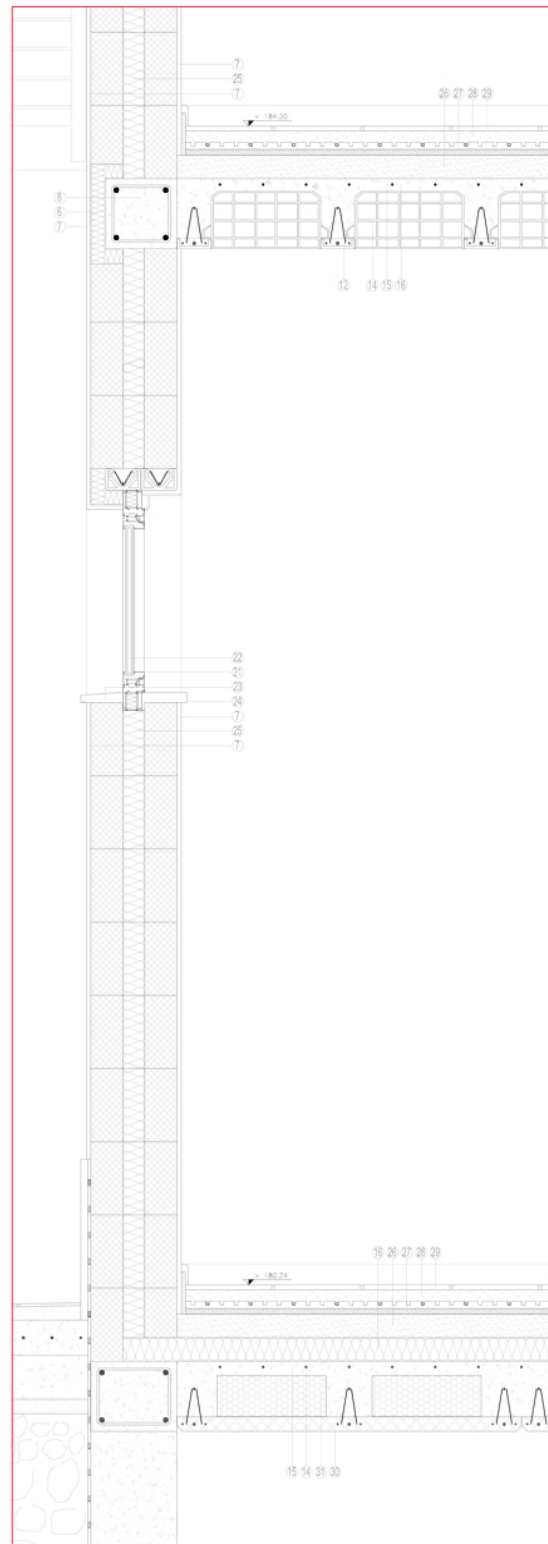
Particolare A - Scala 1:10



LEGENDA

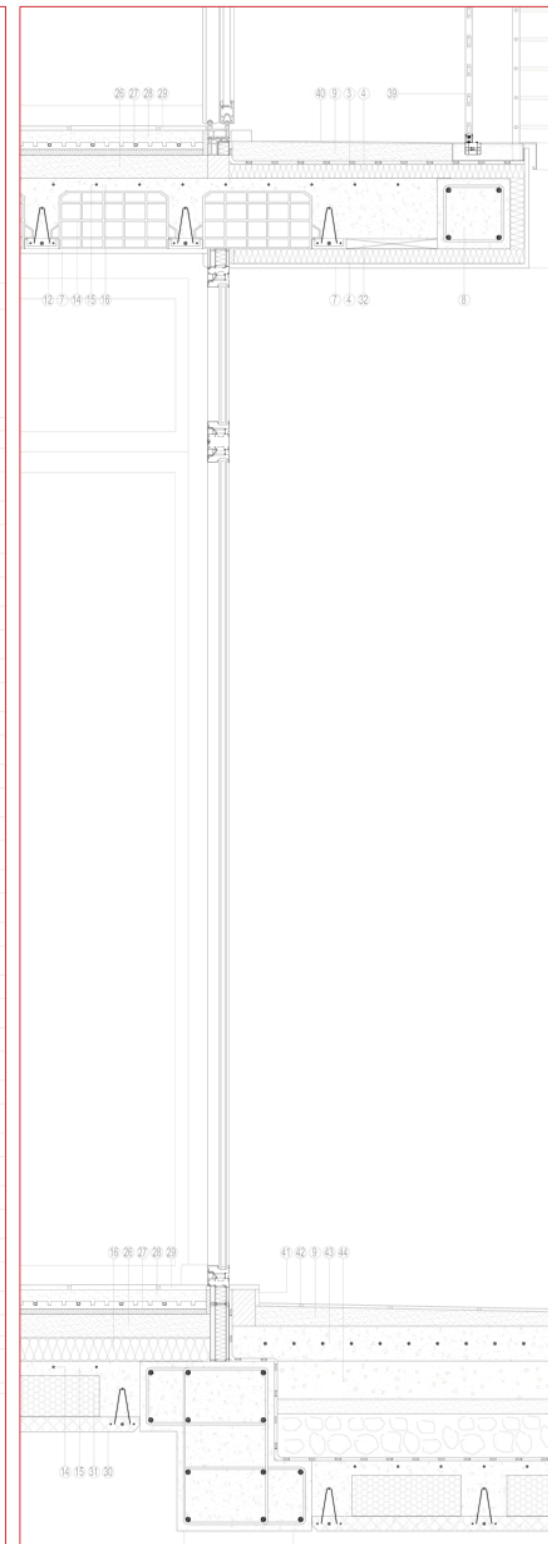
- | | |
|--|---|
| 1) Parapetto in tubolari di acciaio | 7) Intonaco spessore 1 cm |
| 2) Scossalina in rame | 8) Cordolo in cemento armato dimensioni 25 x 25 cm |
| 3) Impermeabilizzazione in guaina bituminosa | 9) Massetto delle pendenze (1,5%) in calcestruzzo alleggerito |
| 4) Isolamento in pannelli di lana di roccia ROCKWOOL 201 spessore 5 cm | 10) Pavimento galleggiante spessore 2 cm |
| 5) Parapetto in calcestruzzo armato spessore 15 cm | 11) Travetti prefabbricati in cemento armato |
| 6) Isolamento in pannelli di lana di roccia ROCKWOOL 201 spessore 5 cm | 12) Intonaco spessore 1 cm |

Particolare B - Scala 1:10



- | | |
|---|---|
| 13) Pignone in laterizio dimensioni 20 x 25 x 28 cm | 19) Controtelaio del serramento in alluminio |
| 14) Rete elettrosaldata maglia 15 x 15 cm diametro 8 mm | 20) Telaio fisso del serramento in alluminio |
| 15) Getto di calcestruzzo spessore 4 cm | 21) Telaio mobile del serramento in alluminio |
| 16) Isolamento in pannelli di lana di roccia ROCKWOOL S20 spessore 8 cm | 22) Vetrocamera del serramento in alluminio |
| 17) Blocco in calcestruzzo | 23) Davanzale esterno in pietra con pendenza 1,5% e rompiciglia |
| 18) Architrave in laterizio gettato in opera dimensioni 12,5 x 7,5 cm | 24) Davanzale interno in pietra spessore 3,5 cm |

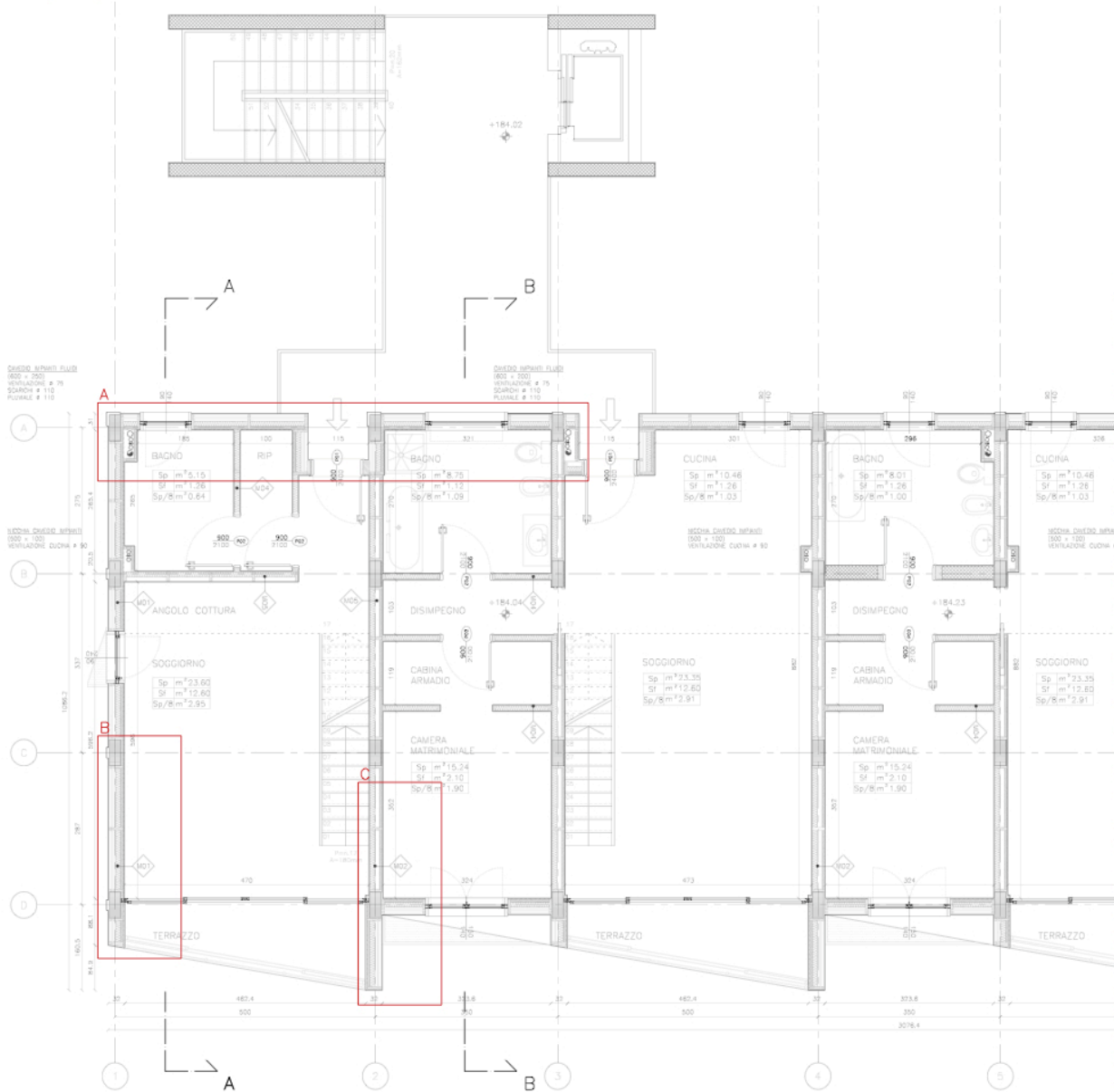
- | | |
|--|--|
| 25) Blocco Biodima Zeno29P Localocco dimensioni 20 x 25 x 30 cm | 31) Elementi di alleggerimento in PSE dimensioni 14 x 36 x 25 cm |
| 26) Massetto impiantistico in calcestruzzo alleggerito spessore 8 cm | 32) Elemento fermagutto |
| 27) Pannello radiante REXIARM Top Class spessore 4,5 cm | 33) Telaio di supporto ai brise solari in profili scabellari |
| 28) Getto di completamento spessore 4 cm | 34) Brise solari in alluminio ALUK dimensioni 150 x 30 mm |
| 29) Pavimentazione spessore 1,5 cm | 35) Telaio di supporto dei brise solari profili UPN 100 |
| 30) Lastra Predalle larghezza 120 cm spessore 5 cm | 36) Telaio fisso del serramento scomparevole in alluminio |



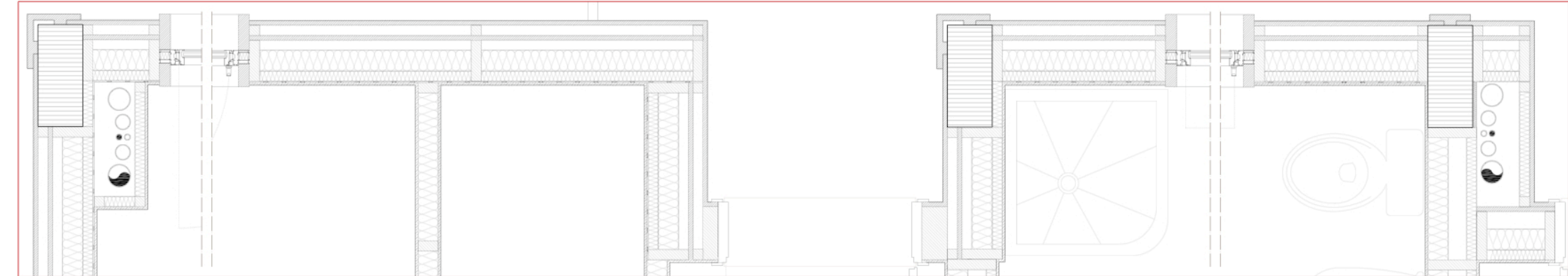
- | | |
|--|------------------------------------|
| 37) Telaio mobile del serramento scomparevole in alluminio | 43) Massetto armato spessore 12 cm |
| 38) Vetrocamera del serramento scomparevole in alluminio | 44) Strato di terra spessore 13 cm |
| 39) Brise solari scomparevole in alluminio | |
| 40) Pavimentazione in resina spessore 3 mm | |
| 41) Soglia in pietra | |
| 42) Pavimentazione esterna spessore 1,5 cm | |



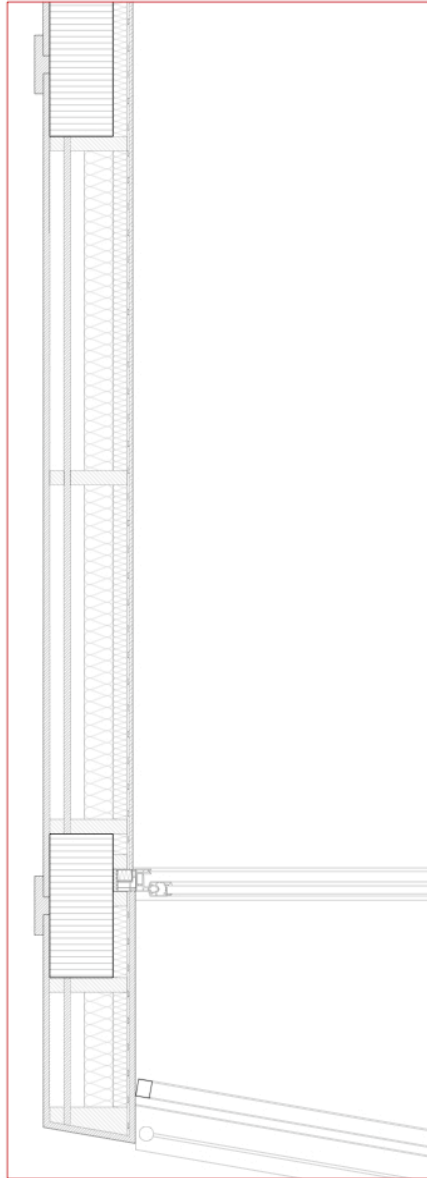
Pianta piano primo - Scala 1:50



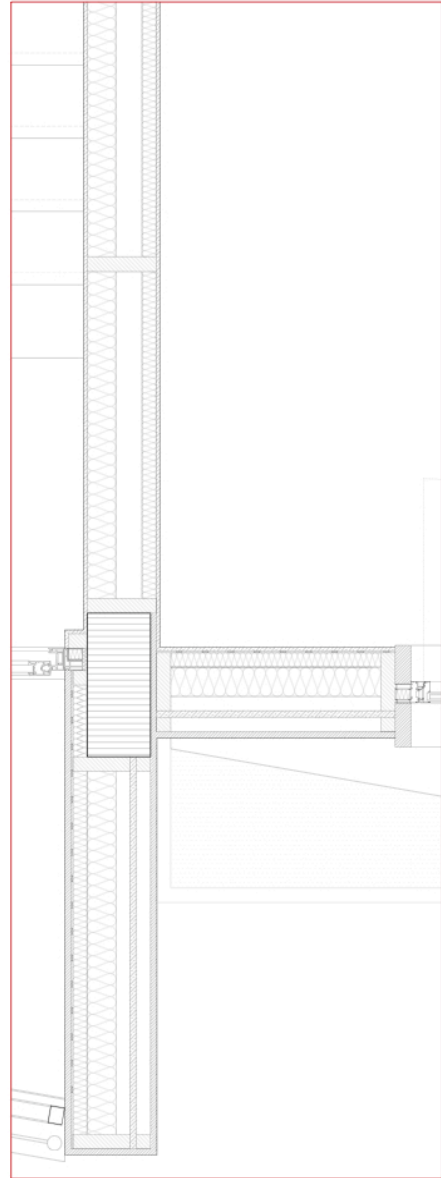
Pianta piano primo - Scala 1:50

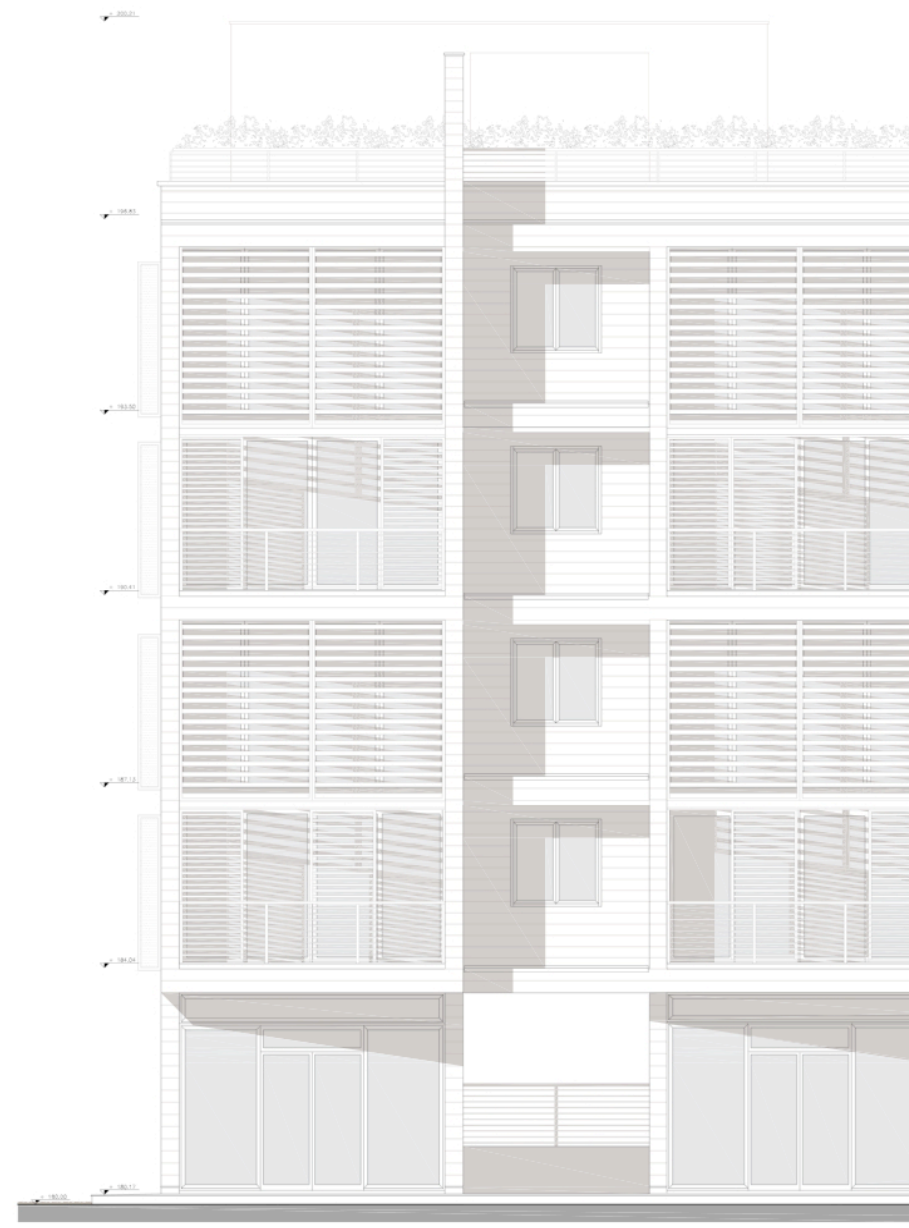
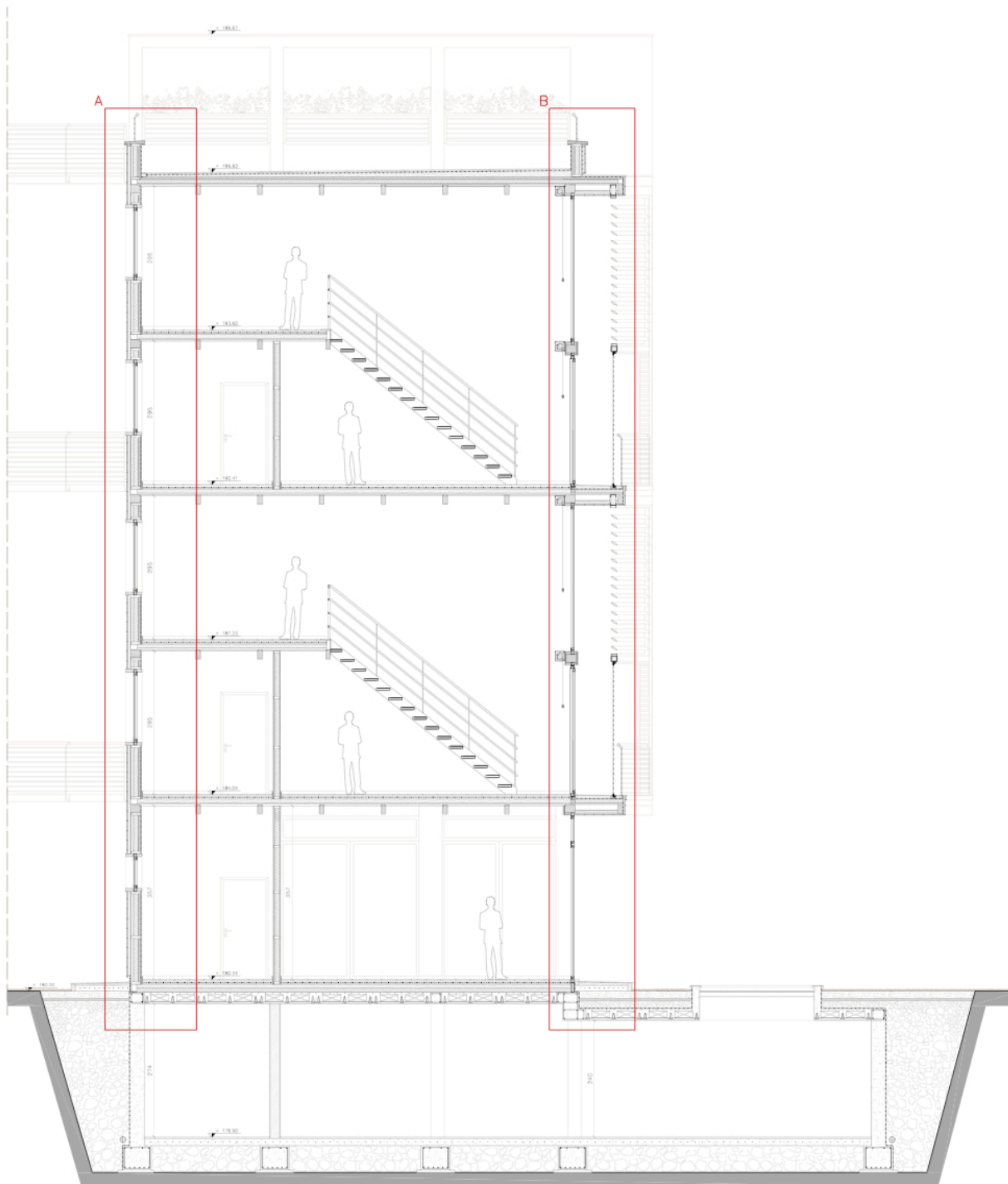


Particolare B - Scala 1:10

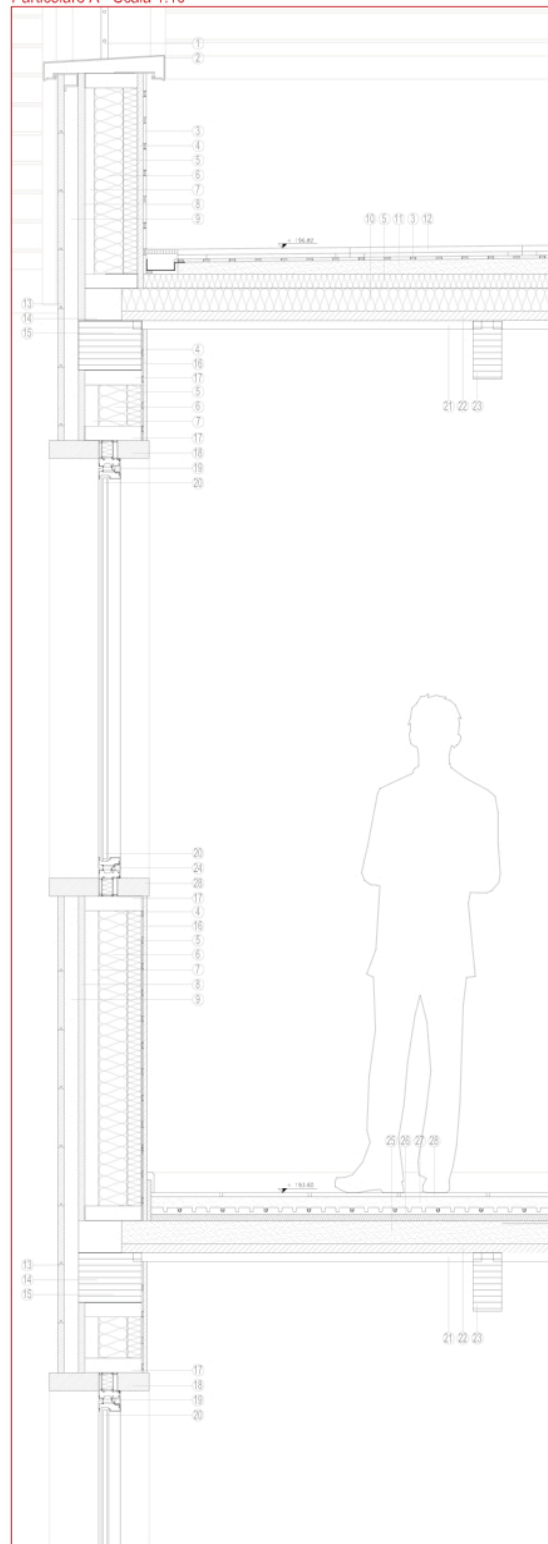


Particolare C - Scala 1:10



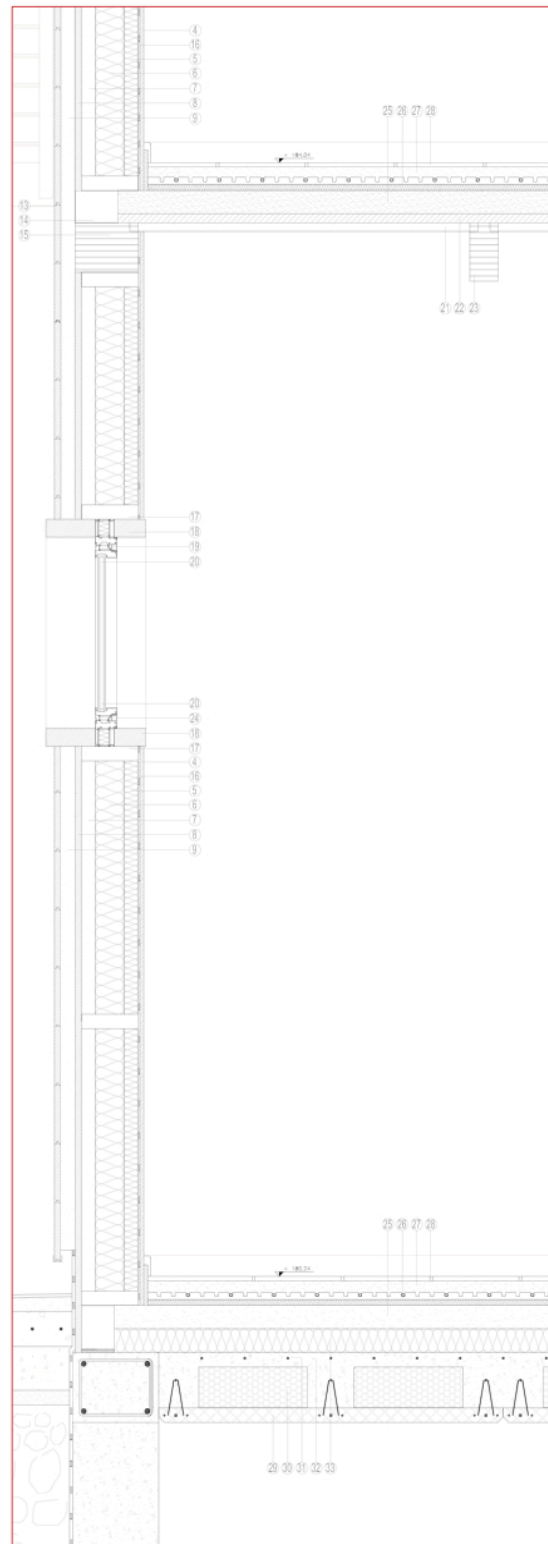


Particolare A - Scala 1:10



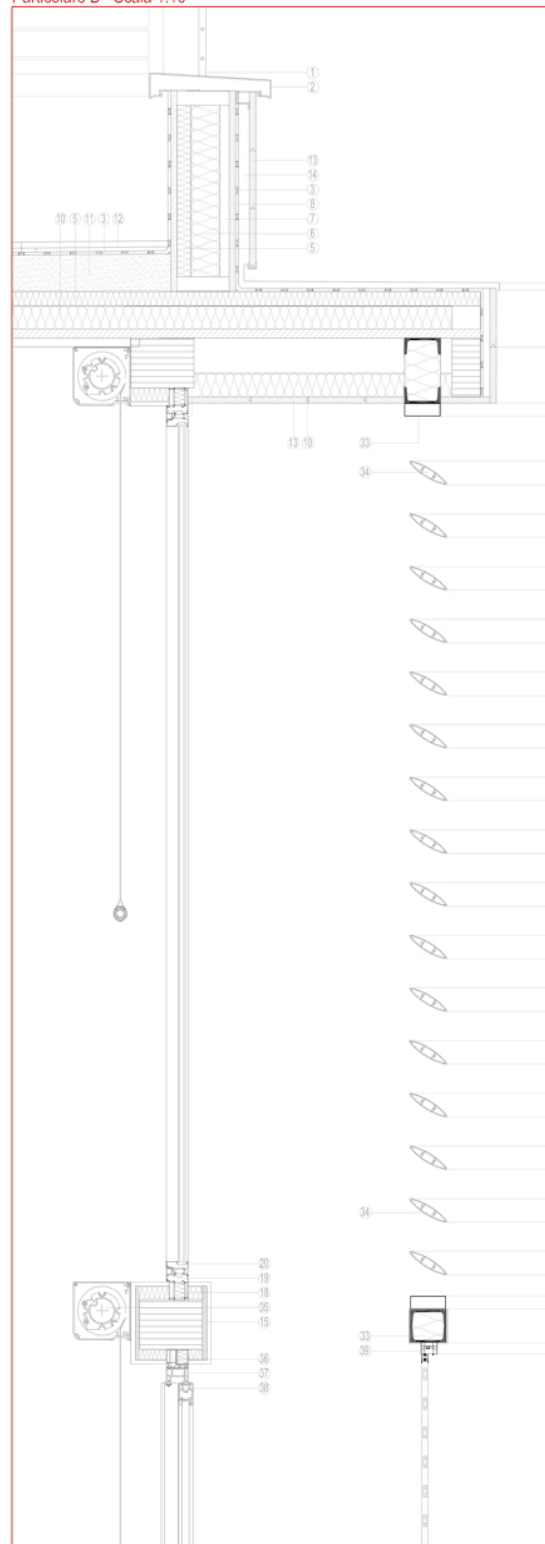
LEGENDA

- | | |
|---|---|
| 1) Parapetto in tubolari di acciaio | 7) Intercapedine aerata spessore 4 cm |
| 2) Scossalina in rame | 8) Assito obliquo in legno massiccio spessore 2,2 cm |
| 3) Impermeabilizzazione in guaina bituminosa | 9) Montanti in legno massiccio dimensioni 5 x 5 cm |
| 4) Pannello in cartongesso spessore 1,25 cm | 10) Isolamento in pannelli di lana di roccia Rockwool 201 spessore 8 cm |
| 5) Isolamento in pannelli di lana di roccia Rockwool S20 spessore 5 cm | 11) Massetto delle pendenze (1,5%) in calcestruzzo alleggerito |
| 6) Isolamento in pannelli di lana di roccia Rockwool 201 spessore 10 cm | 12) Pavimento galleggiante spessore 2 cm |

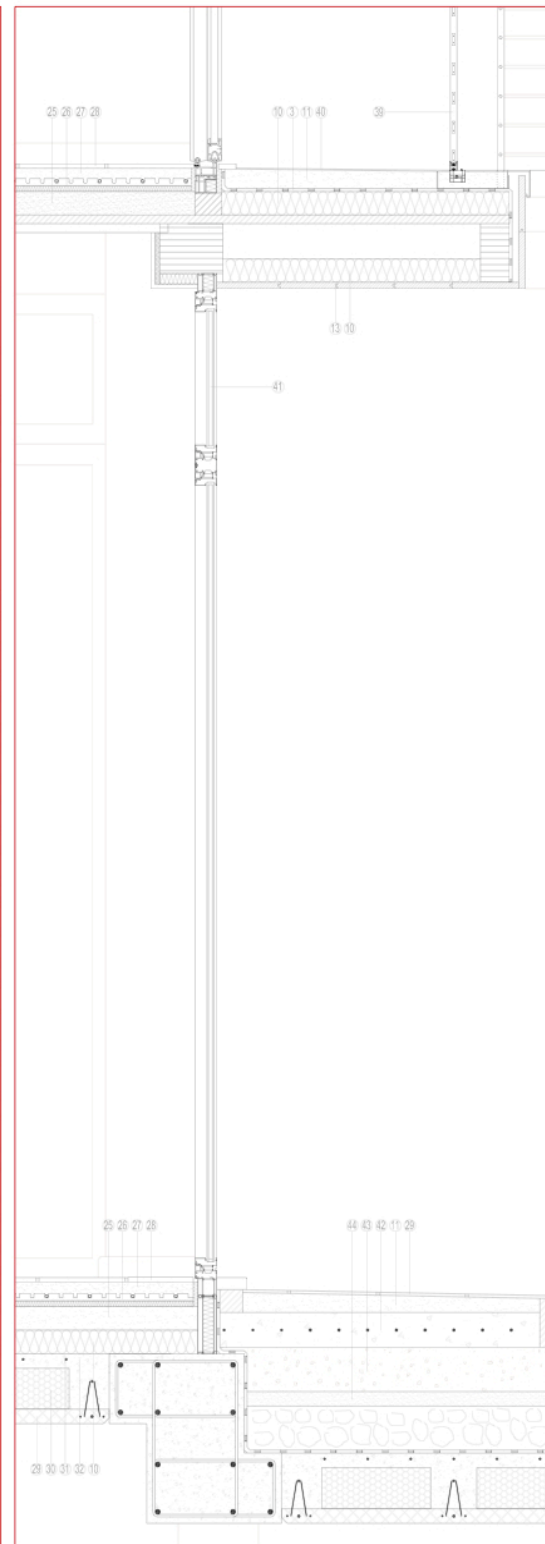


- | | |
|---|---|
| 13) Rivestimento esterno in legno massiccio spessore 2,2 cm | 19) Telaio fisso del serramento in alluminio |
| 14) Elemento di chiusura in legno massiccio | 20) Vetrocamera del serramento in alluminio |
| 15) Trave secondaria in legno lamellare dimensioni 17 x 22 cm | 21) Regoli in legno massiccio dimensioni 3 x 3 cm |
| 16) Barriera al vapore Dupont TYVEK spessore 1 mm | 22) Assito in legno massiccio spessore 3 cm |
| 17) Traversi in legno massiccio dimensioni 20 x 5 cm | 23) Travetto in legno lamellare dimensioni 10 x 20 cm |
| 18) Inbotte in legno massiccio spessore 5 cm | 24) Telaio mobile del serramento in alluminio |

Particolare B - Scala 1:10



- | | |
|---|--|
| 25) Massetto impiantistico in calcestruzzo alleggerito spessore 8 cm | 31) Rete elettrosalvata maglia 15 x 15 cm diametro 8 mm |
| 26) Pannello radiante REXNARM top class spessore 4,5 cm | 32) Getto di completamento in calcestruzzo spessore 5 cm |
| 27) Getto di completamento spessore 4 cm | 33) Telaio di supporto ai brise soleil/profil in acciaio UPN 100 altezza 10 cm |
| 28) Pavimentazione spessore 1,5 cm | 34) Brise solex in alluminio ALUK dimensioni 15 x 3 cm |
| 29) Solaio prefabbricato a predalles lunghezza 120 cm spessore 5 cm | 35) Tenda a nullo interna |
| 30) Blocchi in polistirene espanso estruso dimensioni 35 x 20 x 25 cm | 36) Controllo del serramento scorrevole in alluminio |



- | | |
|--|---|
| 37) Telaio fisso del serramento scorrevole in alluminio | 43) Strato di terra di coltura spessore 15 cm |
| 38) Telaio mobile del serramento scorrevole in alluminio | 44) Strato di sabbia spessore 5 cm |
| 39) Brise solex scorrevole in alluminio | |
| 40) Pavimentazione in resina spessore 3 mm | |
| 41) Sopraluce del serramento in alluminio | |
| 42) Massetto armato spessore 12 cm | |

LA VALUTAZIONE AMBIENTALE DEL PROGETTO

Questo capitolo presenta tutte le schede di ogni materiale presente in entrambe le strutture che sono state stilate prima di procedere con le valutazioni ambientali. Segue anche un elenco, con relative schede, di tutti i serramenti.

3.1 PROFILI AMBIENTALI DEI PRODOTTI

La stesura di queste schede ha avuto un'importanza notevole per procedere con le esercitazioni effettuate, LCA e Protocollo Itaca. È stata la parte più ardua da completare proprio perché, come si è più volte detto, i dati sono difficile da reperire. Difatti si è riscontrata una quasi impossibilità nel reperire i dati necessari per poter procedere con tali valutazioni. Purtroppo ancora oggi molte ditte non possiedono l'Environmental Product Declaration, EPD, del proprio prodotto in commercio e quindi la fase di reperimento dati, durata quasi tre mesi, si è dovuta poi affidare a dati di letteratura. Non essendo stato possibile reperire tali dati direttamente dalle ditte, ci si è riferiti all'Atlante dei Materiali di Hegger Auch-Schwelk Fuchs Rosenkranz e alla banca dati "Inventory Carbon and Energy" (ICE v16a) elaborata da Geoff Hammond e Craig Jones della University of Bath in Inghilterra.

Si è proceduto quindi con la stesura di queste schede che riassumono i dati dei prodotti presenti all'interno del progetto. Le schede sono state catalogate per macroaree (legno, leganti, malte e calcestruzzi, materiali lapidei, materiali ceramici, materiali metallici, materiali plastici, materiali isolanti e materiali compositi) in relazione alla tipologia di materiale di cui è composto l'elemento tecnico.

La prima parte di ogni scheda quindi è dedicata all'azienda che produce il materiale. Vi è una breve introduzione che descrive l'azienda stessa mettendo in evidenza l'anno di fondazione e i

principali materiali che vengono prodotti negli stabilimenti di produzione. Vi è poi una parte dedicata alle informazioni di locazione della sede e dello stabilimento, oltre alla distanza di quest'ultimo all'area di progetto a Monza in via Mascagni. Questo dato è stato riportato perché ha permesso poi di poter procedere, per la valutazione LCA, anche al conteggio di energia incorporata e di CO₂ inglobata che riguarda il trasporto di tutti i materiali dallo stabilimento all'area di progetto, permettendo quindi non solo il calcolo degli impatti ambientali relativi alla pre-produzione e produzione ma anche al trasporto.

Successivamente vi è una breve introduzione al materiale seguito dalla descrizione del processo produttivo, della messa in opera degli elementi e delle applicazioni che l'elemento trova all'interno del progetto e nell'edilizia in generale.

La parte successiva è dedicata alle caratteristiche tecniche del materiale nella quale sono stati espressi i valori di densità (kg/m³) e conducibilità termica (W/mK) di ogni singolo materiale. Sono stati poi riportati i valori di:

- energia primaria non rinnovabile (MJ),
- energia primaria rinnovabile (MJ),
- effetto serra (kg CO₂ eq),
- acidificazione (kg SO₂ eq),
- eutrofizzazione (kg PO₄ eq),
- smog fotochimico (kg C₂H₄ eq)
- riduzione dello strato di ozono (kg CFC₁₁ eq)

ricavati dall'Atlante dei Materiali di Hegger Auch-Schwelk Fuchs Rosenkranz proprio a causa della mancanza di EPD delle ditte selezionate, e i valori di:

- energia incorporata (MJ)
- CO₂ inglobata (kgCO₂)

ricavati dalla banca dati ICE v16a.

Questo ha permesso poi di poter confrontare i risultati ottenuti utilizzando i dati ricavati dall'Atlante e dal Database e fare quindi delle valutazioni anche a livello di dati di letteratura, oltre che il confronto tra le due strutture.

L'ultima parte di ogni scheda è stata poi dedicata alle informazioni tossicologiche ed ecologiche del materiale in cui sono stati specificati gli aspetti riguardanti l'inflammabilità del materiale, gli scenari di fine vita, le modalità di smaltimento del materiale o la sua ri-immissione all'interno del ciclo di produzione. Le informazioni sono state tratte dal libro di Roberto Giordano, I prodotti per l'edilizia sostenibile: la compatibilità ambientale dei materiali nei processi edilizi.

Vengono ora presentati gli elenchi dei materiali presenti in ogni struttura e un elenco finale di tutti i materiali nell'ordine di presentazione all'interno della tesi.

STRUTTURA IN CALCESTRUZZO ARMATO

Legno

- pannello OSB

Malte e calcestruzzi

- calcestruzzo
- malta
- intonaco

Materiali lapidei

- davanzale in marmo

Materiali ceramici

- mattoni forati
- pignatte
- pavimento ceramico

Materiali metallici

- ferri longitudinali e trasversali
- rete elettrosaldata
- lamiera stirata in acciaio inox
- parapetto in acciaio inox
- frangisole fisso in alluminio
- frangisole scorrevole in alluminio
- scossalina in rame

Materiali plastici

- guaina bituminosa
- pavimento in resina

Materiali isolanti

- isolante in lana di roccia
- pannello radiante

Materiali compositi

- architrave tralicciato
- blocchi in argilla espansa
- lastre predalles
- pavimento galleggiante
- porte interne
- serramenti
- tende interne
- travetti prefabbricati

STRUTTURA IN LEGNO

Legno

- legno lamellare
- legno massiccio

Leganti

- cartongesso

Malte e calcestruzzi

- calcestruzzo

Materiali ceramici

- pavimento ceramico

Materiali metallici

- ferri longitudinali e trasversali
- rete elettrosaldata
- profili in acciaio
- lamiera stirata in acciaio inox
- parapetto in acciaio inox
- frangisole fisso in alluminio
- frangisole scorrevole in alluminio
- scossalina in rame

Materiali plastici

- barriera al vapore
- guaina bituminosa
- pavimento in resina

Materiali isolanti

- isolante in lana di roccia
- pannello radiante

Materiali compositi

- lastre predalles
- pavimento galleggiante
- porte interne
- serramenti
- tende interne

PROFILI AMBIENTALI COMPLETI

Legno

- legno lamellare
- legno massiccio
- pannello OSB

Leganti

- cartongesso

Malte e calcestruzzi

- calcestruzzo
- malta
- intonaco

Materiali lapidei

- davanzale in marmo

Materiali ceramici

- mattoni forati
- pignatte
- pavimento ceramico

Materiali metallici

- ferri longitudinali e trasversali
- rete elettrosaldata
- profili in acciaio
- lamiera stirata in acciaio inox
- parapetto in acciaio inox
- frangisole fisso in alluminio
- frangisole scorrevole in alluminio
- scossalina in rame

Materiali plastici

- barriera al vapore
- guaina bituminosa
- pavimento in resina

Materiali isolanti

- isolante in lana di roccia
- pannello radiante

Materiali compositi

- architrave tralicciato
- blocchi in argilla espansa
- lastre predalles
- pavimento galleggiante
- porte interne
- serramenti
- tende interne
- travetti prefabbricati

3.1.1 LEGNO LAMELLARE _ Damiani Legnami Spa

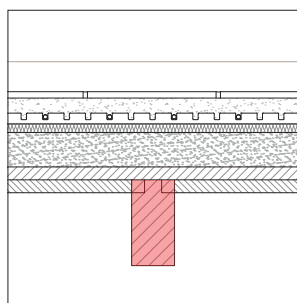
Descrizione azienda

L'azienda opera nel settore dal 1927 occupandosi della produzione e del commercio su tutto il territorio italiano. L'azienda registra il marchio Balken nel 1997 il quale identifica strutture in legno su misura e incorpora l'obiettivo di progettare e realizzare edifici e copertura su misura. Ottiene nel corso degli anni numerose certificazioni come la ISO 9001:2000 per il sistema di gestione della qualità, la SOA per l'esecuzione di lavori pubblici, la certificazione Partner CasaClima e nel 2009 la marchiatura CE e la certificazione del sistema di gestione integrato ISO 9001:2008 – RT-05 – OHSAS 18001:2007.

Sede	Stabilimento	Distanza dall'area di progetto
Damiani Legnami Spa Via Julius Durst, 68 I-39042 Bressanone (BZ) Italia	Damiani Legnami Spa Via Julius Durst, 68 I-39042 Bressanone (BZ) Italia	312 km

Descrizione prodotto

Tavole di legno assemblati per mezzo di incastri con funzione portante. Le dimensioni delle travi variano da un massimo di 0,22 x 0,17 x 10,25 m a un minimo di 0,1 x 0,2 x 3,25 m. I pilastri hanno dimensioni pari a 0,22 x 0,48 x 3 m.



Processo produttivo

Gli sfogliati in legno di conifere vengono fatti essicare, poi sono incollati, riuniti e pressati. Le misure massime di ogni lamella sono di 25 cm di lunghezza per 30 mm di spessore. Si procede successivamente con la fibratura di tutti gli strati in senso longitudinale. La colla si indurisce con il calore. L'ultima operazione consiste nello stendere un impregnante tramite spennellatura per preservare il legno da agenti atmosferici, insetti e funghi.

Modalità di messa in opera

Il legno può essere posato a secco per mezzo di sistemi ad incastro e ancorato con viti o chiodi oppure può essere incollato.

Applicazioni

Il legno lamellare viene utilizzato per la realizzazione di strutture portanti come pilastri e travi.

Caratteristiche tecniche

Densità *	ρ	380	kg/m³
Conducibilità termica *	λ	0,11	W/mK

L'essenza del legno considerato è legno lamellare omogeneo, di conifera incollato orizzontalmente. Classe di resistenza GL24h.

Profilo ambientale

Energia primaria non rinnovabile **	<i>PEInr</i>	7,69	MJ
Energia primaria rinnovabile	<i>PEIrin</i>	29,83	MJ
Effetto serra **	<i>GWP</i>	-1,42	kg CO ₂ eq
Acidificazione **	<i>AP</i>	0,0037	kg SO ₂ eq
Eutrofizzazione **	<i>EP</i>	0,0004	kg PO ₄ eq
Smog fotochimico **	<i>POCP</i>	0,0021	kg C ₂ H ₄ eq
Riduzione strato di ozono **	<i>ODP</i>	1,39*10 ⁻⁷	kg CFC ₁₁ eq

Energia incorporata ***	<i>EE</i>	12	MJ
CO ₂ incorporata ***	<i>EC</i>	0,65	kg CO ₂

unità di riferimento: 1 kg

* fonte dei dati: ditta

** fonte dei dati: Atlante dei Materiali di Hegger Auch-Schwelk Fuchs Rosenkranz

*** fonte dei dati: Database ICE v1.6a

Informazioni tossicologiche ed ecologiche

Aspetti tossicologici

In fase di produzione le polveri che si formano sono cangerogene. In fase d'uso, se si sono utilizzati collanti a base di urea-formaldeide, vi è il rischio di rilascio di formaldeide per anni.

Aspetti ecologici

Il prodotto non è biodegradabile perchè sottoposto a trattamenti con sostanze che compromettono l'ambiente.

Incendio

Il prodotto è combustibile e infiammabile. Classe 1 di reazione al fuoco e in conformità alla UNI EN 14080 classe D di reazione al fuoco.

Smaltimento

Il riciclaggio del materiale è impedito dall'incollaggio tra le lamelle.

3.1.2 LEGNO MASSICCIO _ Damiani Legnami Spa

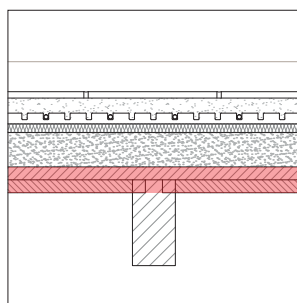
Descrizione azienda

L'azienda opera nel settore dal 1927 occupandosi della produzione e del commercio su tutto il territorio italiano. L'azienda registra il marchio Balken nel 1997 il quale identifica strutture in legno su misura e incorpora l'obiettivo di progettare e realizzare edifici e copertura su misura. Ottiene nel corso degli anni numerose certificazioni come la ISO 9001:2000 per il sistema di gestione della qualità, la SOA per l'esecuzione di lavori pubblici, la certificazione Partner CasaClima e nel 2009 la marchiatura CE e la certificazione del sistema di gestione integrato ISO 9001:2008 – RT-05 – OHSAS 18001:2007.

Sede	Stabilimento	Distanza dall'area di progetto
Damiani Legnami Spa Via Julius Durst, 68 I-39042 Bressanone (BZ) Italia	Damiani Legnami Spa Via Julius Durst, 68 I-39042 Bressanone (BZ) Italia	312 km

Descrizione prodotto

Tavole di legno assemblate per mezzo di incastri e predisposte con cavità interne per alloggiare la coibentazione termica e/o acustica. Gli spessori degli assiti e dei regoli nei solai è di 3 cm. Gli spessori per i rivestimenti verticali variano da un massimo di 5 cm a un minimo di 2,2 cm.



Processo produttivo

Le essenze più utilizzate come materiale da costruzione sono il larice, il pino, l'abete e il castagno. Il legno viene solo tagliato e asciugato. Può eventualmente essere trattato con impregnanti per aumentarne la durabilità.

Modalità di messa in opera

Il legno può essere posato a secco per mezzo di sistemi ad incastro e ancorato con viti o chiodi oppure può essere incollato.

Applicazioni

Il legno viene utilizzato per la realizzazione di solai, strutture di tamponamento o pareti divisorie.

Caratteristiche tecniche

Densità *	ρ	350	kg/m³
Conducibilità termica *	λ	0,11	W/mK

L'essenza del legno considerato è legno lamellare omogeneo, di conifera incollato orizzontalmente. Classe di resistenza GL24h.

Profilo ambientale

Energia primaria non rinnovabile **	PEInr	1,35	MJ
Energia primaria rinnovabile **	PEIrin	21,14	MJ
Effetto serra **	GWP	-1,76	kg CO ₂ eq
Acidificazione **	AP	0,0008	kg SO ₂ eq
Eutrofizzazione **	EP	9,11*10 ⁻⁵	kg PO ₄ eq
Smog fotochimico **	POCP	0,0006	kg C ₂ H ₄ eq
Riduzione strato di ozono **	ODP	2*10 ⁻⁷	kg CFC ₁₁ eq

Energia incorporata ***	EE	7,8	MJ
CO ₂ incorporata ***	EC	0,47	kg CO ₂

unità di riferimento: 1 kg

* fonte dei dati: ditta

** fonte dei dati: Atlante dei Materiali di Hegger Auch-Schwelk Fuchs Rosenkranz

*** fonte dei dati: Database ICE v1.6a

Informazioni tossicologiche ed ecologiche

Aspetti tossicologici

In fase di produzione le polveri che si formano sono cangerogene. In fase d'uso, se si sono utilizzati collanti a base di urea-formaldeide, vi è il rischio di rilascio di formaldeide per anni.

Aspetti ecologici

Il prodotto è biodegradabile se non è stato sottoposto a trattamenti con sostanze che potrebbero compromettere l'ambiente.

Incendio

Il prodotto è combustibile e infiammabile. Classe 1 di reazione al fuoco.

Smaltimento

Se il prodotto è stato trattato con pentaclorofenolo deve essere smaltito. E' riutilizzabile se in buono stato e gli scarti della produzione possono essere riciclati per produrre truciolati o destinati alla termovalorizzazione.

3.1.3 PANNELLO OSB _ Damiani Legnami Spa

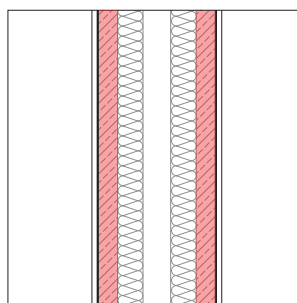
Descrizione azienda

L'azienda opera nel settore dal 1927 occupandosi della produzione e del commercio su tutto il territorio italiano. L'azienda registra il marchio Balken nel 1997 il quale identifica strutture in legno su misura e incorpora l'obiettivo di progettare e realizzare edifici e copertura su misura. Ottiene nel corso degli anni numerose certificazioni come la ISO 9001:2000 per il sistema di gestione della qualità, la SOA per l'esecuzione di lavori pubblici, la certificazione Partner CasaClima e nel 2009 la marchiatura CE e la certificazione del sistema di gestione integrato ISO 9001:2008 – RT-05 – OHSAS 18001:2007.

Sede	Stabilimento	Distanza dall'area di progetto
Damiani Legnami Spa Via Julius Durst, 68 I-39042 Bressanone (BZ) Italia	Damiani Legnami Spa Via Julius Durst, 68 I-39042 Bressanone (BZ) Italia	312 km

Descrizione prodotto

L'OSB (oriented strand board) è un pannello tecnico a base di legno costituito da scaglie incollate insieme con una resina sintetica che sono successivamente pressate in diversi strati con funzione strutturale. I pannelli hanno uno spessore di 2 cm.



Processo produttivo

I tipi di legno utilizzato nella produzione dell'OSB includono sia il legno di conifere che di latifolia. Le scaglie vengono tagliate tangenzialmente dai tronchi scortecciati, mantenuti in posizione longitudinale rispetto alle seghe. La striscia di scaglie così ottenuta è larga 75 mm circa e si spezza quando viene trattata per produrre singole scaglie. Dopo l'essiccazione, sulle scaglie viene spruzzato una colla a base di resine sintetiche. In Europa, è pratica comune utilizzare una combinazione di colle che ha il vantaggio di ridurre i cicli alla pressa.

Modalità di messa in opera

I pannelli possono essere posati a secco per mezzo di sistemi ad incastro o ancorato con viti o chiodi e con sistema ad umico con collanti.

Applicazioni

I pannelli OSB sono impiegati per edifici, per interni e per mobili ma anche per gli imballi e per getti di calcestruzzo. Inoltre possono essere utilizzati per il rivestimento di pareti, tetti e solai.

Caratteristiche tecniche

Densità *	ρ	650	kg/m³
Conducibilità termica *	λ	0,13	W/mK

Profilo ambientale

Energia primaria non rinnovabile **	<i>PEInr</i>	7,41	MJ
Energia primaria rinnovabile **	<i>PEIrin</i>	26,58	MJ
Effetto serra **	<i>GWP</i>	-1,35	kg CO ₂ eq
Acidificazione **	<i>AP</i>	0,0024	kg SO ₂ eq
Eutrofizzazione **	<i>EP</i>	0,0003	kg PO ₄ eq
Smog fotochimico **	<i>POCP</i>	0,002	kg C ₂ H ₄ eq
Riduzione strato di ozono **	<i>ODP</i>	8,3*10 ⁻⁸	kg CFC ₁₁ eq

Energia incorporata ***	<i>EE</i>	9,5	MJ
CO ₂ incorporata ***	<i>EC</i>	0,51	kg CO ₂

unità di riferimento: 1 kg

* fonte dei dati: ditta

** fonte dei dati: Atlante dei Materiali di Hegger Auch-Schwelk Fuchs Rosenkranz

*** fonte dei dati: Database ICE v1.6a

Informazioni tossicologiche ed ecologiche

Aspetti tossicologici

In fase di produzione le polveri che si formano sono cancerogene. In fase d'uso, vi è il rischio di rilascio di formaldeide per anni a causa dell'uso di colle.

Aspetti ecologici

Il prodotto non è biodegradabile perchè sottoposto a trattamenti con sostanze che compromettono l'ambiente.

Incendio

In conformità alla UNI EN 13986, è classificato come classe D di reazione al fuoco.

Smaltimento

Il prodotto non può essere riciclato a causa dell'uso di colle.

3.1.4 CARTONGESSO _ Knauf Sas

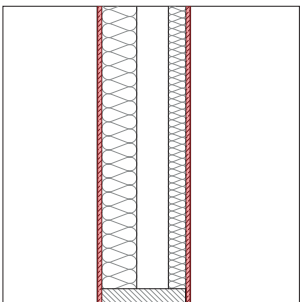
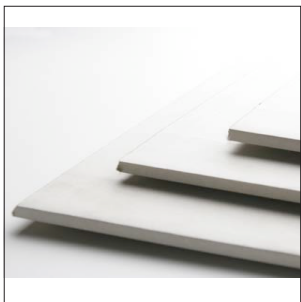
Descrizione azienda

La Knauf nasce nel 1932, grazie ai due fratelli entrambi ingegneri minerari. Assieme fondano la Gebrüder Knauf. Inizialmente si concentra nell'estrazione di gesso dalle miniere, ma ben presto l'azienda allarga le proprie vedute anche all'applicazione del minerale nella ristrutturazione interna e nella costruzione. Nel 1958 la società comincia a produrre lastre in cartongesso. Negli anni successivi si specializza sempre più nella realizzazione di sistemi innovativi applicabili al cartongesso.

Sede	Stabilimento	Distanza dall'area di progetto
Knauf - Sistemi Costruttivi Località Paradiso 56040 Castellina Marittima (PI) Italia	Knauf - Sistemi Costruttivi Località Paradiso 56040 Castellina Marittima (PI) Italia	354 km

Descrizione prodotto

Lastre montate su intelaiatura metallica generalmente usate per pareti divisorie. I pannelli hanno uno spessore di 1,25 cm.



Processo produttivo

La lastra in cartongesso è costituita da gesso di cava racchiuso tra due fogli di cartone. La materia prima, dopo essere stata estratta dalla cava, viene frantumata e macinata. La polvere viene sottoposta a disidratazione in forni, dove il materiale viene sottoposto a una temperatura di circa 160°C. Segue, infine, la formatura delle lastre ottenute racchiudendo il materiale di gesso tra due fogli di cartone.

Modalità di messa in opera

Il cartongesso in tutti i suoi formati viene posato a secco e ancorato mediante delle viti autofilettanti per quanto riguarda le lastre, e chiodi o viti per i montanti. I giunti fra le latre vengono rasati mediante un apposito stucco ed un nastro di tessuto sintetico.

Applicazioni

Le lastre in cartongesso vengono utilizzate per pareti divisorie, contossoffitti e contropareti.

Caratteristiche tecniche

Densità *	ρ	760	kg/m³
Conducibilità termica *	λ	0,2	W/mK

Profilo ambientale

Energia primaria non rinnovabile **	<i>PEInr</i>	3,12	MJ
Energia primaria rinnovabile	<i>PEIrin</i>	0,30	MJ
Effetto serra **	<i>GWP</i>	0,18	kg CO ₂ eq
Acidificazione **	<i>AP</i>	0,00048	kg SO ₂ eq
Eutrofizzazione **	<i>EP</i>	7,4*10 ⁻⁵	kg PO ₄ eq
Smog fotochimico **	<i>POCP</i>	6,1*10 ⁻⁵	kg C ₂ H ₄ eq
Riduzione strato di ozono **	<i>ODP</i>	3,17*10 ⁻⁵	kg CFC ₁₁ eq

Energia incorporata ***	<i>EE</i>	6,75	MJ
CO ₂ incorporata ***	<i>EC</i>	0,38	kg CO ₂

unità di riferimento: 1 kg

* fonte dei dati: ditta

** fonte dei dati: Atlante dei Materiali di Hegger Auch-Schwelk Fuchs Rosenkranz

*** fonte dei dati: Database ICE v1.6a

Informazioni tossicologiche ed ecologiche

Aspetti tossicologici

I rischi che si corrono sono di tipo irritativo per le vie respiratorie e per gli occhi derivanti dalle polveri autodisperse durante la fase di produzione. In fase d'uso l'elevata porosità del materiale può comportare l'assorbimento di inquinanti autodispersivi.

Aspetti ecologici

Il prodotto è biologicamente inerte.

Incendio

Il prodotto non è combustibile. Classe 0 di reazione al fuoco.

Smaltimento

Il prodotto deve essere smaltito, in alternativa può essere smontato e riutilizzato.

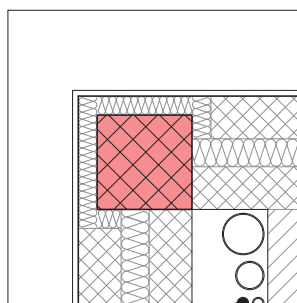
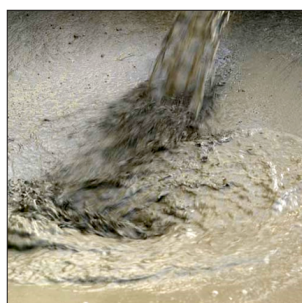
Descrizione azienda

La ditta nasce nel 1907 sotto il nome di Fratelli Buzzi Spa, nel 1998 si fonde con la ditta Unicem Spa dando vita a quella che oggi è la Buzzi Unicem Spa. Un gruppo industriale con un organico di circa 11.000 addetti e impianti dislocati in Italia, Germania, Lussemburgo, Polonia, Repubblica Ceca, Ucraina, Russia, Stati Uniti, Messico e Olanda. L'attività principale è rappresentata dalla produzione di cemento, alla quale si affiancano quella di calcestruzzo e prodotti per l'edilizia.

Sede	Stabilimento	Distanza dall'area di progetto
Buzzi Unicem Spa via Luigi Buzzi, 6 15033 Casale Monferrato (AL) Italia	Buzzi Unicem Spa S.S. Torino - Asti Km 50 10026 Santena (TO) Italia	188 km

Descrizione prodotto

Il calcestruzzo è un materiale da costruzione ottenuto dalla miscelazione di aggregati naturali, cemento e additivi. Le dimensioni delle travi variano da un massimo di 0,25 x 0,30 x 10,85 m a un minimo di 0,25 x 0,23 x 3,15 m. I pilastri hanno dimensioni pari a 0,25 x 0,25 x 3 m.



Processo produttivo

Il processo più importante è la produzione di cemento per il quale si procede con la cottura di una miscela di calcare e argilla al di sopra dei 1450°C. Il clinker di cemento viene poi macinato da mulini a sfera per ottenere una polvere fine.

Aggiungendo l'acqua al cemento, fase di idratazione, il calcestruzzo indurisce.

Modalità di messa in opera

Il calcestruzzo viene gettato in opera e compattato durante la presa e l'indurimento, fase che ha tempi di 28 giorni.

Applicazioni

Il calcestruzzo viene utilizzato maggiormente per murature piene perimetrali o interne e per la realizzazione di strutture a telaio.

Caratteristiche tecniche

Densità **	ρ	2400	kg/m³
Conducibilità termica **	λ	2,2	W/mK

Profilo ambientale

Energia primaria non rinnovabile *	PEInr	0,66	MJ
Energia primaria rinnovabile *	PEIrin	0,01	MJ
Effetto serra *	GWP	0,11	kg CO ₂ eq
Acidificazione *	AP	2,9*10 ⁻⁴	kg SO ₂ eq
Eutrofizzazione *	EP	4,7*10 ⁻⁵	kg PO ₄ eq
Smog fotochimico *	POCP	3,7*10 ⁻⁵	kg C ₂ H ₄ eq
Riduzione strato di ozono *	ODP	7,7*10 ⁻⁹	kg CFC ₁₁ eq

Energia incorporata **	EE	0,95	MJ
CO ₂ incorporata **	EC	0,13	kg CO ₂

unità di riferimento: 1 kg

*fonte dei dati: Atlante dei Materiali di Hegger Auch-Schweik Fuchs Rosenkranz

** fonte dei dati: Database ICE v1.6a

Informazioni tossicologiche ed ecologiche

Aspetti tossicologici

Il prodotto può dare luogo a irritazione delle vie respiratorie ed infiammazione delle mucose nasali, ulcera zione della bocca e dell'esofago e irritazione o screpolature.

Aspetti ecologici

Il prodotto è biologicamente inerte. L'estrazione delle materie prima comporta però sensibili impatti sul paesaggio.

Incendio

Il prodotto non è combustibile. Classe 0 di reazione al fuoco.

Smaltimento

Il prodotto può essere riciclato come inerte per la formazione di sottofondi stradali o come materiale di riempimento, previa frantumazione.

3.1.6 MALTA _ Fassa Bortolo Spa

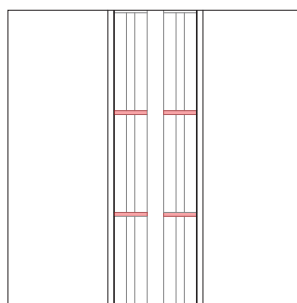
Descrizione azienda

L'azienda nasce nel 1710, ha una tradizione antica che generazione dopo generazione ha saputo rinnovarsi per raggiungere vertici di qualità, tecnologia ed attenzione verso l'ambiente. Questo tema è stato preso fortemente in considerazione dall'azienda, che si attiene scrupolosamente ai limiti imposti dalla legge italiana in materia. Il marchio Fassa Bortolo identifica l'azienda che ha introdotto e divulgato in Italia gli intonaci premiscelati a base di calce e cemento idonei ad ogni tipo di intervento edilizio.

Sede	Stabilimento	Distanza dall'area di progetto
Fassa Spa via Lazzaris, 3 31027 Spresiano (TV) Italia	Fassa Spa Via Giuseppe Verdi, 20 23851 Sala al Barro (LC) Italia	34 km

Descrizione prodotto

E' una malta secca premiscelata bianca a base di calce naturale, legante idraulico, sabbie classificate. I giunti di malta hanno uno spessore di 1 cm.



Processo produttivo

La malta si ottiene impastando acqua e una miscela di leganti (calce, cemento, gesso) e materiali inerti (sabbia, ghiaia), in giuste proporzioni. La malta MB 49 è una malta idrata ottenuta attraverso la cottura di pietre calcaree e dall'imposta di una miscela di calce e sabbia: 1 parte di calce, 3 parti di sabbia, 1 parte di acqua.

Modalità di messa in opera

Ad ogni sacco da 30 kg di MB 49 aggiungere circa 5 litri di acqua pulita e mescolare con un mescolatore orizzontale o, per piccole quantità, a mano o con agitatore meccanico. La malta impastata deve essere applicata entro 2 ore.

Applicazioni

Viene usata per l'esecuzione di murature in mattoni o blocchi in laterizio.

Caratteristiche tecniche

Densità *	ρ	1850	kg/m³
Conducibilità termica *	λ	-	W/mK

Profilo ambientale

Energia primaria non rinnovabile **	<i>PEInr</i>	1,78	MJ
Energia primaria rinnovabile **	<i>PEIrin</i>	0,02	MJ
Effetto serra **	<i>GWP</i>	0,3	kg CO ₂ eq
Acidificazione **	<i>AP</i>	0,0004	kg SO ₂ eq
Eutrofizzazione **	<i>EP</i>	0,00006	kg PO ₄ eq
Smog fotochimico **	<i>POCP</i>	5,53*10 ⁻⁸	kg C ₂ H ₄ eq
Riduzione strato di ozono **	<i>ODP</i>	1,33*10 ⁻⁸	kg CFC ₁₁ eq

Energia incorporata ***	<i>EE</i>	1,8	MJ
CO ₂ incorporata ***	<i>EC</i>	0,12	kg CO ₂

unità di riferimento: 1 kg

* fonte dei dati: ditta

** fonte dei dati: Atlante dei Materiali di Hegger Auch-Schwelk Fuchs Rosenkranz

*** fonte dei dati: Database ICE v1.6a

Informazioni tossicologiche ed ecologiche

Aspetti tossicologici

In fase di produzione la polvere può causare arrossamento agli occhi e lieve irritazione alle vie respiratorie.

Aspetti ecologici

Il prodotto è biologicamente inerte.

Incendio

Il prodotto è incombustibile. Classe 0 di reazione al fuoco.

Smaltimento

Il prodotto può essere riutilizzato come inerte.

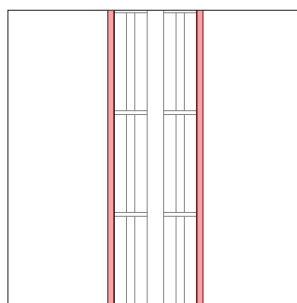
Descrizione azienda

L'azienda nasce nel 1710, ha una tradizione antica che generazione dopo generazione ha saputo rinnovarsi per raggiungere vertici di qualità, tecnologia ed attenzione verso l'ambiente. Questo tema è stato preso fortemente in considerazione dall'azienda, che si attiene scrupolosamente ai limiti imposti dalla legge italiana in materia. Il marchio Fassa Bortolo identifica l'azienda che ha introdotto e divulgato in Italia gli intonaci premiscelati a base di calce e cemento idonei ad ogni tipo di intervento edilizio.

Sede	Stabilimento	Distanza dall'area di progetto
Fassa Spa via Lazzaris, 3 31027 Spresiano (TV) Italia	Fassa Spa Via Giuseppe Verdi, 20 23851 Sala al Barro (LC) Italia	34 km

Descrizione prodotto

E' una malta secca composta da calce idrata, cemento Portland, sabbie classificate ed additivi specifici per migliorare la lavorazione e l'adesione con la funzione di finitura. L'intonaco ha uno spessore di 1,5 cm.



Processo produttivo

L'intonaco KS 9 si ottiene impastando acqua e una miscela di leganti (calce, cemento, gesso) e materiali inerti (sabbia, ghiaia), in giuste proporzioni. E' una malta idrata ottenuta attraverso la cottura di pietre calcaree e dall'imposta di una miscela di calce e sabbia (1 parte di calce, 3 parti di sabbia, 1 parte di acqua), con l'aggiunta di un legante idraulico.

Modalità di messa in opera

La miscelazione dell'intonaco può avvenire manualmente in cantiere o ricorrendo ad attrezzature meccaniche. L'intonaco viene applicato a mano o con una macchina intonacatrice al paramento interno o esterno.

Applicazioni

Viene usato come intonaco di fondo su murature in mattoni, blocchi in calcestruzzo, ecc.

Caratteristiche tecniche

Densità *	ρ	1530	kg/m³
Conducibilità termica *	λ	0,55	W/mK

Profilo ambientale

Energia primaria non rinnovabile **	<i>PEInr</i>	1,78	MJ
Energia primaria rinnovabile **	<i>PEIrin</i>	0,02	MJ
Effetto serra **	<i>GWP</i>	0,3	kg CO ₂ eq
Acidificazione **	<i>AP</i>	0,0004	kg SO ₂ eq
Eutrofizzazione **	<i>EP</i>	0,00006	kg PO ₄ eq
Smog fotochimico **	<i>POCP</i>	5,53*10 ⁻⁸	kg C ₂ H ₄ eq
Riduzione strato di ozono **	<i>ODP</i>	1,33*10 ⁻⁸	kg CFC ₁₁ eq

Energia incorporata ***	<i>EE</i>	1,8	MJ
CO ₂ incorporata ***	<i>EC</i>	0,12	kg CO ₂

unità di riferimento: 1 kg

* fonte dei dati: ditta

** fonte dei dati: Atlante dei Materiali di Hegger Auch-Schwelk Fuchs Rosenkranz

*** fonte dei dati: Database ICE v1.6a

Informazioni tossicologiche ed ecologiche

Aspetti tossicologici

In fase di produzione la polvere può causare arrossamento agli occhi e lieve irritazione alle vie respiratorie.

Aspetti ecologici

Il prodotto è biologicamente inerte.

Incendio

Il prodotto è incombustibile. Classe 0 di reazione al fuoco.

Smaltimento

Il prodotto può essere riutilizzato come inerte.

3.1.8 DAVANZALE IN MARMO _ Calegari Marmi e Graniti Srl

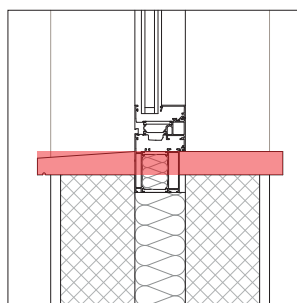
Descrizione azienda

La Calegari marmi e Graniti nasce nel 2000. Nel corso degli anni grazie l'esperienza e le nuove tecniche utilizzate hanno permesso di ampliare il mercato in tutta Italia.

Sede	Stabilimento	Distanza dall'area di progetto
Calegari Marmi e Graniti Srl Via Puccini, 2 24060 Carobbio degli Angeli (BG) Italia	Calegari Marmi e Graniti Srl Via Puccini, 2 24060 Carobbio degli Angeli (BG) Italia	62 km

Descrizione prodotto

Lastre di materiale lapideo generalmente di forma quadrata o rettangolare diposte mediante ancoraggi o incastri con funzione di finitura.



Processo produttivo

La pietra viene inizialmente tagliata e sagomata per poterla lavorare meglio. Viene poi levigata, prestando attenzione che la lama venga fatta raffreddare con acqua per non surriscaldare e rompere la pietra. Tagliata nel formato desiderato, viene nuovamente levigata per sagomare i bordi. La lastra viene quindi lavata e lucidata per visionare se vi sono errori su di essa.

Modalità di messa in opera

La pietra viene posata, sia con sistema ad umido, mediante malte e collanti, sia con sistema a secco, mediante ancoraggi.

Applicazioni

La pietra viene utilizzata per la realizzazione di rivestimenti di pareti verticali interne o esterne, davanzali e per la realizzazione di manti di copertura.

Caratteristiche tecniche

Densità *	ρ	2750	kg/m³
Conducibilità termica *	λ	3,5	W/mK

Profilo ambientale

Energia primaria non rinnovabile *	<i>PEInr</i>	2,50	MJ
Energia primaria rinnovabile *	<i>PEIrin</i>	0,09	MJ
Effetto serra *	<i>GWP</i>	0,16	kg CO ₂ eq
Acidificazione *	<i>AP</i>	0,0006	kg SO ₂ eq
Eutrofizzazione *	<i>EP</i>	7,4*10 ⁻⁵	kg PO ₄ eq
Smog fotochimico *	<i>POCP</i>	5,9*10 ⁻⁵	kg C ₂ H ₄ eq
Riduzione strato di ozono *	<i>ODP</i>	2,9*10 ⁻⁸	kg CFC ₁₁ eq

Energia incorporata **	<i>EE</i>	2	MJ
CO ₂ incorporata **	<i>EC</i>	0,112	kg CO ₂

unità di riferimento: 1 kg

* fonte dei dati: Atlante dei Materiali di Hegger Auch-Schwelk Fuchs Rosenkranz

** fonte dei dati: Database ICE v1.6a

Informazioni tossicologiche ed ecologiche

Aspetti tossicologici

Il prodotto non presenta rischi per la salute. Tuttavia, dal punto di vista radiologico, le concentrazioni di uranio e torio possono variare da quantità poco significative, come nel caso delle rocce metamorfiche, a quantità di radionuclidi elevati, come ad esempio i graniti.

Aspetti ecologici

Il prodotto è biologicamente inerte, non inquina.

Incendio

Il prodotto è incombustibile. Classe 0 di reazione al fuoco.

Smaltimento

Il prodotto è riutilizzabile. La pietra è riciclabile per la realizzazione di sottofondi stradali, previa frantumazione.

3.1.9 MATTONI FORATI _ Wienberger Spa

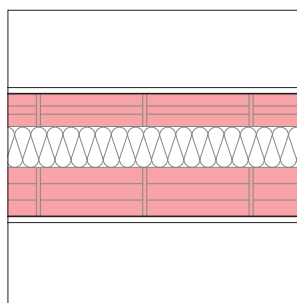
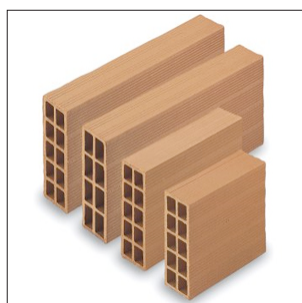
Descrizione azienda

Nel 1819 la Weinberger viene fondata a Vienna da Alois Miesbach. A metà del XIX secolo l'azienda ottiene il primo record produttivo durante la ricostruzione di Vienna alla fine della Seconda Guerra Mondiale. Verso la fine degli anni '80 intraprende un processo di internazionalizzazione e crescita con l'acquisto del gruppo Oltmans in Germania e l'espansione delle attività del settore delle canne fumarie. Agli inizi degli anni '90 si espande in Europa dell'Est attraverso l'ingresso nel mercato ungherese e costruzione di una leadership nel mercato europeo del mattone.

Sede	Stabilimento	Distanza dall'area di progetto
Wienberger Spa Via Ringhiera, 1 40027 Mordano (BO) Italia	Wienberger Spa Via Ringhiera, 1 40027 Mordano (BO) Italia	271 km

Descrizione prodotto

Blocchi o mattoni di forma parallelepipedica con funzione di tamponamento. Le misure dei mattoni forati variano da un massimo di 12 x 25 x 25 cm a un minimo di 8 x 25 x 25 cm.



Processo produttivo

Gli elementi si ottengono da un impasto di argilla, sabbia e acqua, modellato per estrusione, asciugato e cotto ad una temperatura che varia dai 900 ai 1200°C. Il blocco si ottiene aggiungendo all'impasto del materiale combustibile come segatura, polistirene in grani, ect.. Il combustibile, durante la cottura, brucia completamente e lascia all'interno della massa dei piccoli vuoti non comunicanti tra loro che aumentano le caratteristiche di isolamento termico e acustico.

Modalità di messa in opera

Gli elementi sono posati con sistema ad umido, con la malta, a tutto spessore del muro. In commercio vi sono però anche elementi predisposti per l'incastro per i quali si usa uno strato sottile di collante cementizio.

Applicazioni

Viene utilizzato per la realizzazione di pareti interne ed esterne.

Caratteristiche tecniche

Densità *	ρ	600	kg/m³
Conducibilità termica *	λ	0,258	W/mK

Profilo ambientale

Energia primaria non rinnovabile **	<i>PEInr</i>	2,22	MJ
Energia primaria rinnovabile **	<i>PEIrin</i>	0,95	MJ
Effetto serra **	<i>GWP</i>	0,14	kg CO ₂ eq
Acidificazione **	<i>AP</i>	0,0004	kg SO ₂ eq
Eutrofizzazione **	<i>EP</i>	5,06*10 ⁻⁵	kg PO ₄ eq
Smog fotochimico **	<i>POCP</i>	7,4*10 ⁻⁵	kg C ₂ H ₄ eq
Riduzione strato di ozono **	<i>ODP</i>	1,5*10 ⁻⁸	kg CFC ₁₁ eq

Energia incorporata ***	<i>EE</i>	3	MJ
CO ₂ incorporata ***	<i>EC</i>	0,22	kg CO ₂

unità di riferimento: 1 kg

* fonte dei dati: ditta

** fonte dei dati: Atlante dei Materiali di Hegger Auch-Schwelk Fuchs Rosenkranz

*** fonte dei dati: Database ICE v1.6a

Informazioni tossicologiche ed ecologiche

Aspetti tossicologici

Le polveri disperse nell'aria possono provocare irritazioni alle vie aeree e agli occhi. La frazione respirabile non è però cancerogena.

Aspetti ecologici

Il prodotto è inerte. L'estrazione delle materie prime comporta però impatti sul paesaggio.

Incendio

Il prodotto non è combustibile. Classe 0 di reazione al fuoco.

Smaltimento

Il prodotto può essere riciclato come inerte per la formazione di sottofondi stradali, previa frantumazione oppure come componente di malte cocciopesto. Gli elementi posati a secco possono essere riutilizzati.

3.1.10 PIGNATTE _ Laterizi Torres Spa

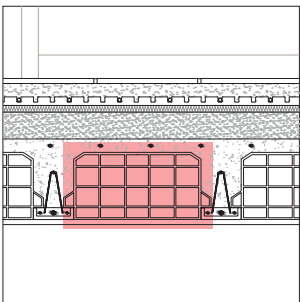
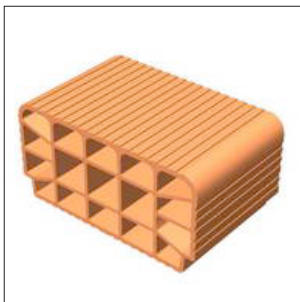
Descrizione azienda

La Laterizi Torres nasce il 5 Aprile 1963 grazie all'esperienza nel campo dell'edilizia della famiglia Cangioti. Nel 1953 L'impresa di Costruzioni C. Cangioti & C. sbarca nell'isola per la realizzazione di importanti lavori pubblici; tra i più rilevanti la coltivazione delle miniere a cielo aperto a Canaglia, un tratto della strada Alghero - Bosa ed una banchina del porto di Olbia.

Sede	Stabilimento	Distanza dall'area di progetto
Laterizi Torres Spa s.p per Stintino, Km 2 c.p. 67 07046 Porto Torres (SS) Italia	Laterizi Torres Spa s.p per Stintino, Km 2 c.p. 67 07046 Porto Torres (SS) Italia	635 km

Descrizione prodotto

Blocchi o mattoni di forma parallelepipedica con funzione portante. Le pignatte hanno dimensioni massime di 20 x 25 x 50 cm.



Processo produttivo

Gli elementi si ottengono da un impasto di argilla, sabbia e acqua, modellato per estrusione, asciugato e cotto ad una temperatura che varia dai 900 ai 1200°C. Il blocco si ottiene aggiungendo all'impasto del materiale combustibile come segatura, polistirene in grani, ect.. Il combustibile, durante la cottura, brucia completamente e lascia all'interno della massa dei piccoli vuoti non comunicanti tra loro che aumentano le caratteristiche di isolamento termico e acustico.

Modalità di messa in opera

Gli elementi sono posati alternati ai travetti in attesa del getto di calcestruzzo che va a compattare la struttura.

Applicazioni

Viene utilizzato per la realizzazione di solai.

Caratteristiche tecniche

Densità *	ρ	505,26	kg/m³
Conducibilità termica *	λ	-	W/mK

Profilo ambientale

Energia primaria non rinnovabile **	<i>PEInr</i>	2,2	MJ
Energia primaria rinnovabile **	<i>PEIrin</i>	0,95	MJ
Effetto serra **	<i>GWP</i>	0,14	kg CO ₂ eq
Acidificazione **	<i>AP</i>	0,0004	kg SO ₂ eq
Eutrofizzazione **	<i>EP</i>	5*10 ⁻⁵	kg PO ₄ eq
Smog fotochimico **	<i>POCP</i>	7,4*10 ⁻⁵	kg C ₂ H ₄ eq
Riduzione strato di ozono **	<i>ODP</i>	1,46*10 ⁻⁸	kg CFC ₁₁ eq

Energia incorporata ***	<i>EE</i>	3	MJ
CO ₂ incorporata ***	<i>EC</i>	0,22	kg CO ₂

unità di riferimento: 1 kg

* fonte dei dati: ditta

** fonte dei dati: Atlante dei Materiali di Hegger Auch-Schwelk Fuchs Rosenkranz

*** fonte dei dati: Database ICE v1.6a

Informazioni tossicologiche ed ecologiche

Aspetti tossicologici

Le polveri disperse nell'aria possono provocare irritazioni alle vie aeree e agli occhi. La frazione respirabile non è però cancerogena.

Aspetti ecologici

Il prodotto è inerte. L'estrazione delle materie prime comporta però impatti sul paesaggio.

Incendio

Il prodotto non è combustibile. Classe 0 di reazione al fuoco.

Smaltimento

Il prodotto può essere riciclato come inerte per la formazione di sottofondi stradali, previa frantumazione oppure come componenete di malte cocciopesto.

3.1.11 PAVIMENTO CERAMICO _ Moncini Spa

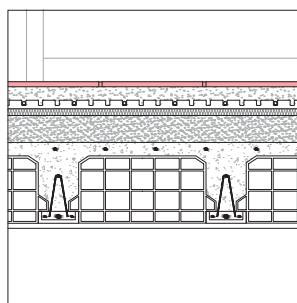
Descrizione azienda

L'azienda è stata fondata nel 1910 nel settore della lavorazione delle pietre naturali. Attenti all'evolversi del mercato, dagli anni ottanta è stata sviluppata la produzione di: pavimenti sopraelevati, pavimentazioni e rivestimenti tecnici. L'azienda produce anche manufatti in pietra naturale per l'arredo urbano. Il know-how acquisito in quasi un secolo di attività permette di risolvere il problema della squadratura dei materiali più duri, come la pietra ed il grès porcellanato, e di includere perciò anche i materiali più pregiati, senza limitazioni di scelta.

Sede	Stabilimento	Distanza dall'area di progetto
Moncini Spa Via Bagarotti 5 20152 Milano (MI) Italia	Moncini Spa V.le Stazione 8 25044 Capo di Ponte (BS) Italia	147 km

Descrizione prodotto

Elementi prodotti in piccole dimensioni, da mosaico a piastrella, utilizzati per la realizzazione di pavimentazioni esterne ed interne. Il pavimento ha uno spessore di 1,5 cm.



Processo produttivo

Il grès porcellanato è un prodotto ceramico a pasta dura e compatta, che risulta dall'impatto di argilla magra poco refrattaria e ossidi metallici. L'impasto avviene con macinazione ad umido e viene successivamente sottoposto a lavorazioni successive come spazzolature, applicazione di soluzioni acide o alcaline. Per ottenere una finitura lucida, la piastrella deve essere ulteriormente levigata. Può in ultimo essere sottoposto anche a smaltatura.

Modalità di messa in opera

Per la posa del grès porcellanato si prevede l'utilizzo di un sistema ad umido mediante colle o malte che viene completata con fasi di vibratura o battitura.

Applicazioni

Il prodotto viene usato per la realizzazione di pavimentazioni esterne ed interne.

Caratteristiche tecniche

Densità *	ρ	1700	kg/m³
Conducibilità termica *	λ	0,8	W/mK

Profilo ambientale

Energia primaria non rinnovabile *	<i>PEInr</i>	3,16	MJ
Energia primaria rinnovabile *	<i>PEIrin</i>	0,00003	MJ
Effetto serra *	<i>GWP</i>	0,1965	kg CO ₂ eq
Acidificazione *	<i>AP</i>	0,00048	kg SO ₂ eq
Eutrofizzazione *	<i>EP</i>	0,00003	kg PO ₄ eq
Smog fotochimico *	<i>POCP</i>	0,00004	kg C ₂ H ₄ eq
Riduzione strato di ozono *	<i>ODP</i>	4,25*10 ⁻¹⁰	kg CFC ₁₁ eq

Energia incorporata **	<i>EE</i>	9	MJ
CO ₂ incorporata **	<i>EC</i>	0,59	kg CO ₂

unità di riferimento: 1 kg

* fonte dei dati: Atlante dei Materiali di Hegger Auch-Schwelk Fuchs Rosenkranz

** fonte dei dati: Database ICE v1.6a

Informazioni tossicologiche ed ecologiche

Aspetti tossicologici

Le operazioni di miscelazione delle materie a secco possono rilasciare nell'aria elevate concentrazioni di polveri. Il potenziale rischio radioattivo assume un rilievo più elevato in relazione all'impiego di sabbie zirconifere.

Aspetti ecologici

Il prodotto è biologicamente inerte. In presenza di derivati dello zolfo e del fluoro, durante le fasi di cottura, si possono liberare sostanze inquinanti per l'ambiente circostante.

Incendio

Il prodotto non è combustibile. Classe 0 di reazione al fuoco.

Smaltimento

Il prodotto può essere riciclato come inerte in sottofondi stradali oppure, se opportunamente frantumato, come componente di malte cocciopesto.

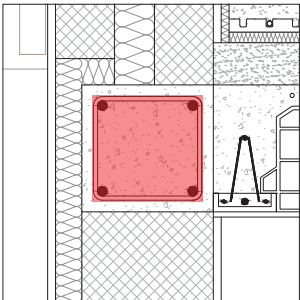
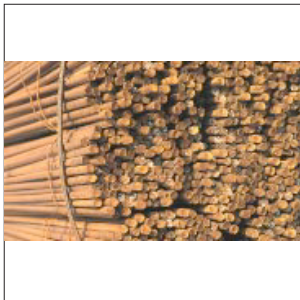
Descrizione azienda

Adriasolai è un'azienda dislocata su una superficie di 15.000 m² che affianca alla produzione dei manufatti prefabbricati per solai in laterocemento la presagomatura degli acciai, ossia la lavorazione meccanizzata delle armature per calcestruzzo armato in stabilimento.

Sede	Stabilimento	Distanza dall'area di progetto
Adriasolai Srl via Casino Neri, 7 47042 Bagnarola di Cesenatico (FC) Italia	Adriasolai Srl via Casino Neri, 7 47042 Bagnarola di Cesenatico (FC) Italia	327 km

Descrizione prodotto

Elemento inserito all'interno di solai per la realizzazione della struttura portante, elemento con funzione di irrigidimento associato al calcestruzzo. Per le armature longitudinali le dimensioni variano da Φ_{16} a Φ_{22} , per le armature trasversali la dimensione massima è Φ_8 e la rete elettrosaldata Φ_8 passo 15 x 15 cm.



Processo produttivo

Le operazioni di sagomatura dell'armatura avvengono mediante l'utilizzo di macchine piegaferro. Successivamente si saldano, si presagomano e si preassemblano formando elementi composti, direttamente utilizzabili in opera.

Le barre subiscono, a seconda delle sagome predisposte nei disegni esecutivi strutturali, un taglio a misura e una successiva piegatura a freddo.

Modalità di messa in opera

Una volta preparate le diverse componenti presagomate, vengono assemblate secondo i disegni di progetto a formare le gabbie d'armatura. L'assemblaggio può avvenire in stabilimento attraverso legatura o unione con punti di saldatura, ma il più delle volte avviene direttamente in cantiere.

Applicazioni

L'armatura conglobata al calcestruzzo ne complementa la resistenza strutturale. Utilizzata per la realizzazione di pilastri e solai.

Caratteristiche tecniche

Densità *	ρ	7850	kg/m³
Conducibilità termica *	λ	56,9	W/mK

Profilo ambientale

Energia primaria non rinnovabile *	<i>PEInr</i>	13	MJ
Energia primaria rinnovabile *	<i>PEIrin</i>	0,24	MJ
Effetto serra *	<i>GWP</i>	0,83	kg CO ₂ eq
Acidificazione *	<i>AP</i>	0,002	kg SO ₂ eq
Eutrofizzazione *	<i>EP</i>	0,00016	kg PO ₄ eq
Smog fotochimico *	<i>POCP</i>	0,00031	kg C ₂ H ₄ eq
Riduzione strato di ozono *	<i>ODP</i>	6,62*10 ⁻⁸	kg CFC ₁₁ eq

Energia incorporata **	<i>EE</i>	8,8	MJ
CO ₂ incorporata **	<i>EC</i>	0,42	kg CO ₂

unità di riferimento: 1 kg
* fonte dei dati: Atlante dei Materiali di Hegger Auch-Schwelk Fuchs Rosenkranz
** fonte dei dati: Database ICE v1.6a
i dati si riferiscono ai valori dell'acciaio riciclato

Informazioni tossicologiche ed ecologiche

Aspetti tossicologici
La polvere derivante dalla fabbricazione può contenere metalli pesanti fino al 10%.

Aspetti ecologici
Il prodotto non è biodegradabile.

Incendio
Il prodotto non è combustibile. Classe 0 di reazione al fuoco.

Smaltimento
Il prodotto è riutilizzabile e riciclabile al 100%. Il suo recupero consente di ottenere un prodotto riciclato con caratteristiche di poco inferiori a quelle di partenza. L'armatura viene recuperata grazie a dei frantumatori che separano le barre dal calcestruzzo.

3.1.13 PROFILI IN ACCIAIO _ Knauf Sas

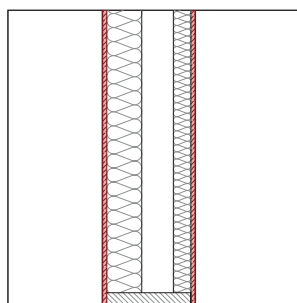
Descrizione azienda

La Knauf nasce nel 1932, grazie ai due fratelli entrambi ingegneri minerari. Assieme fondano la Gebrüder Knauf. Inizialmente si concentra nell'estrazione di gesso dalle miniere, ma ben presto l'azienda allarga le proprie vedute anche all'applicazione del minerale nella ristrutturazione interna e nella costruzione. Nel 1958 la società comincia a produrre lastre in cartongesso. Negli anni successivi si specializza sempre più nella realizzazione di sistemi innovativi applicabili al cartongesso.

Sede	Stabilimento	Distanza dall'area di progetto
Knauf - Sistemi Costruttivi Località Paradiso 56040 Castellina Marittima (PI) Italia	Knauf - Sistemi Costruttivi Località Paradiso 56040 Castellina Marittima (PI) Italia	354 km

Descrizione prodotto

Elementi ancorati a murature o solai per la realizzazione di pareti verticali in cartongesso. I profili hanno dimensioni minime di 50 x 50 mm e massime di 50 x 100 mm con uno spessore di 0,6 mm.



Processo produttivo

I profili in acciaio per le pareti in cartongesso si ottengono tramite la profilatura a freddo. E' un'operazione di piegatura della lamiera a temperatura ambiente, effettuata in continuo. Il nastro di lamiera viene deformato da una serie di rulli a più passaggi fino ad ottenere la sezione desiderata.

Modalità di messa in opera

Fissare i profili perimetrali alle strutture portanti con idonei sistemi di fissaggio (sigillante acustico, nastro adesivo o viti) posizionati ad interasse max 1 m; nei profili verticali perimetrali ci dovranno essere almeno 3 punti di fissaggio.

Applicazioni

Viene utilizzato per la realizzazione di pareti interne in cartongesso.

Caratteristiche tecniche

Densità *	ρ	7850	kg/m³
Conducibilità termica *	λ	56,9	W/mK

Profilo ambientale

Energia primaria non rinnovabile *	<i>PEInr</i>	13	MJ
Energia primaria rinnovabile *	<i>PEIrin</i>	0,24	MJ
Effetto serra *	<i>GWP</i>	0,83	kg CO ₂ eq
Acidificazione *	<i>AP</i>	0,002	kg SO ₂ eq
Eutrofizzazione *	<i>EP</i>	0,00016	kg PO ₄ eq
Smog fotochimico *	<i>POCP</i>	0,00031	kg C ₂ H ₄ eq
Riduzione strato di ozono *	<i>ODP</i>	6,62*10 ⁻⁸	kg CFC ₁₁ eq

Energia incorporata **	<i>EE</i>	8,8	MJ
CO ₂ incorporata **	<i>EC</i>	0,42	kg CO ₂

unità di riferimento: 1 kg

* fonte dei dati: Atlante dei Materiali di Hegger Auch-Schwelk Fuchs Rosenkranz

** fonte dei dati: Database ICE v1.6a

Informazioni tossicologiche ed ecologiche

Aspetti tossicologici

La polvere derivante dalla fabbricazione può contenere metalli pesanti fino al 10%.

Aspetti ecologici

Il prodotto non è biodegradabile.

Incendio

Il prodotto non è combustibile. Classe 0 di reazione al fuoco.

Smaltimento

Il prodotto è riutilizzabile e riciclabile al 100%. Il suo recupero consente di ottenere un prodotto riciclato con caratteristiche poco inferiori a quello di partenza.

3.1.14 LAMIERA STIRATA IN ACCIAIO INOSSIDABILE _ Metall Srl

Descrizione azienda

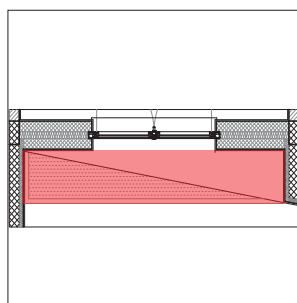
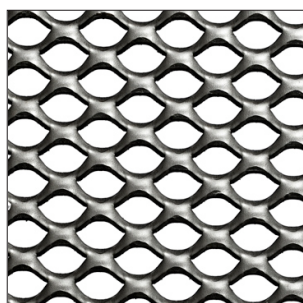
I magazzini Metall sono centri specializzati nella vendita di reti metalliche: lamiere stirate, forate, reti tessute, ondulate, plastificate e molte altre tipologie per tutte le applicazioni dell'edilizia, della carpenteria e dell'industria.

I centri Metall sono presenti in Italia e in Europa.

Sede	Stabilimento	Distanza dall'area di progetto
Metall Srl Viale Lombardia, 51/53 20047 Brugherio (MI) Italia	Italfim Spa Via Tonale 24066 Pedrengo (BG) Italia	56 km

Descrizione prodotto

Lastre fissate mediante aggraffatura alle orditure delle coperture e delle pareti verticali. Elementi di rivestimento di dimensioni variabili ancorati tramite fissaggi e incastri. Le lamiere hanno uno spessore di 10 mm.



Processo produttivo

La rete stirata non ha né giunzioni né saldature. Ogni elemento è ricavato da operazioni di incisione e stampaggio a freddo e si ottiene senza scarto di lavorazione. Lo stampaggio si esegue fra uno stampo ed un controstampo che vengono avvicinati (di colpo se si fa uso del maglio o gradualmente se si impiega la pressa) fino a deformare il massello conferendogli la forma desiderata.

Modalità di messa in opera

L'assemblaggio avviene in stabilimento attraverso legatura, unione con punti di saldatura o viti e bulloni.

Applicazioni

Viene utilizzato per la realizzazione di elementi frangisole che ostacolano l'ingresso dei raggi solari all'interno degli appartamenti.

Caratteristiche tecniche

Densità *	ρ	7850	kg/m³
Conducibilità termica *	λ	56,9	W/mK

Profilo ambientale

Energia primaria non rinnovabile *	<i>PEInr</i>	54	MJ
Energia primaria rinnovabile *	<i>PEIrin</i>	6,30	MJ
Effetto serra *	<i>GWP</i>	4,80	kg CO ₂ eq
Acidificazione *	<i>AP</i>	0,037	kg SO ₂ eq
Eutrofizzazione *	<i>EP</i>	0,012	kg PO ₄ eq
Smog fotochimico *	<i>POCP</i>	0,0026	kg C ₂ H ₄ eq
Riduzione strato di ozono *	<i>ODP</i>	4,4*10 ⁻⁷	kg CFC ₁₁ eq

Energia incorporata **	<i>EE</i>	56,7	MJ
CO ₂ incorporata **	<i>EC</i>	6,15	kg CO ₂

unità di riferimento: 1 kg

* fonte dei dati: Atlante dei Materiali di Hegger Auch-Schweik Fuchs Rosenkranz

** fonte dei dati: Database ICE v1.6a

Informazioni tossicologiche ed ecologiche

Aspetti tossicologici

La polvere derivante dalla fabbricazione può contenere metalli pesanti fino al 10%.

Aspetti ecologici

Il prodotto non è biodegradabile.

Incendio

Il prodotto non è combustibile. Classe 0 di reazione al fuoco.

Smaltimento

Il prodotto è riutilizzabile e riciclabile al 100%. Il suo recupero consente di ottenere un prodotto riciclato con caratteristiche poco inferiori a quello di partenza.

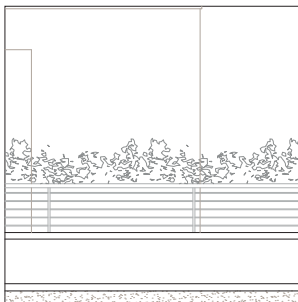
Descrizione azienda

L'azienda è proprietaria dal 1955 dei brevetti e del marchio "Siamesi" e affronta oggi il mercato con prodotti fortemente innovativi e dalle molteplici applicazioni. La ditta ha acquisito una grande esperienza durante gli anni e ha ottenuto numerose certificazioni relative sia alla qualità aziendale che ai prodotti realizzati. Siamesi realizza sistemi integrati di schermature frangisole, persiane avvolgibili, recinzioni e parapetti caratterizzati da design lineare e dall'uso di materiali attentamente selezionati. Dall'assemblaggio di questi componenti nascono infinite soluzioni, tutte caratterizzate dalla grande economicità.

Sede	Stabilimento	Distanza dall'area di progetto
Siamesi Srl via 1° Maggio, 144 41056 Savignano sul Panaro (MO) Italia	Siamesi Srl via 1° Maggio, 144 41056 Savignano sul Panaro (MO) Italia	231 km

Descrizione prodotto

Elemento di protezione da balconi o terrazze e in ogni luogo dove sono presenti dislivelli tra i piani.



Processo produttivo

I parapetti vengono prodotti tramite un processo di estrusione che consiste nel forzare per compressione il materiale e passarlo attraverso una filiera che riproduce la forma esterna del pezzo. Essendo la sezione cava, è presente un'anima che riproduce il profilo della cavità interna. All'uscita dalla matrice il materiale viene raffreddato. I tubolari sono uniti a formare un unico pezzo con punti di saldatura.

Modalità di messa in opera

L'assemblaggio avviene in stabilimento attraverso legatura, unione con punti di saldatura o viti e bulloni..

Applicazioni

I parapetti sono elementi di protezione e quindi utilizzati dove sono presenti dislivelli tra piani.

Caratteristiche tecniche

Densità *	ρ	7850	kg/m³
Conducibilità termica *	λ	56,9	W/mK

Profilo ambientale

Energia primaria non rinnovabile *	<i>PEInr</i>	54	MJ
Energia primaria rinnovabile *	<i>PEIrin</i>	6,30	MJ
Effetto serra *	<i>GWP</i>	4,80	kg CO ₂ eq
Acidificazione *	<i>AP</i>	0,037	kg SO ₂ eq
Eutrofizzazione *	<i>EP</i>	0,012	kg PO ₄ eq
Smog fotochimico *	<i>POCP</i>	0,0026	kg C ₂ H ₄ eq
Riduzione strato di ozono *	<i>ODP</i>	4,4*10 ⁻⁷	kg CFC ₁₁ eq

Energia incorporata **	<i>EE</i>	56,7	MJ
CO ₂ incorporata **	<i>EC</i>	6,15	kg CO ₂

unità di riferimento: 1 kg

* fonte dei dati: Atlante dei Materiali di Hegger Auch-Schweik Fuchs Rosenkranz

** fonte dei dati: Database ICE v1.6a

Informazioni tossicologiche ed ecologiche

Aspetti tossicologici

La polvere derivante dalla fabbricazione può contenere metalli pesanti fino al 10%.

Aspetti ecologici

Il prodotto non è biodegradabile.

Incendio

Il prodotto non è combustibile. Classe 0 di reazione al fuoco.

Smaltimento

Il prodotto è riutilizzabile e riciclabile al 100%. Il suo recupero consente di ottenere un prodotto riciclato con caratteristiche poco inferiori a quello di partenza.

3.1.16 FRANGISOLE FISSO IN ALLUMINIO _ Aluk Group Spa

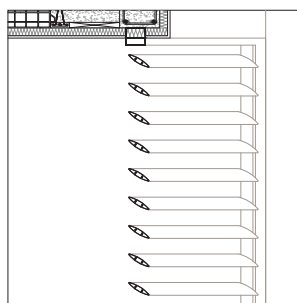
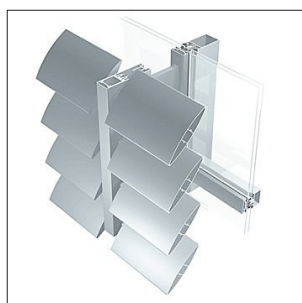
Descrizione azienda

Il Gruppo Aluk nasce nel 1969, quando viene fondata la Euroalluminio Spa. Nel 2005 si concretizza nella costituzione di Aluk Group, una nuova struttura organizzativa che riunisce tutte le società fino ad allora operanti. La volontà di sviluppare una completa presenza sul territorio, ha spinto il Gruppo Aluk a mettere in atto nel 2008 un processo di unificazione e razionalizzazione dei magazzini. Il gruppo Aluk oltre ad occuparsi della realizzazione di frangisole, realizza anche sistemi per serramenti, porte e facciate continue.

Sede	Stabilimento	Distanza dall'area di progetto
Aluk Group Spa via Monte Amiata, 3A 37057 San Giovanni Lupatolo (VR) Italia	Aluk Group Spa Via Pompei, 1 37063 Isola della Scala (VR) Italia	170 km

Descrizione prodotto

Elementi di dimensioni variabili ancorati tramite fissaggi ed incastri con la funzione di schermatura dei raggi solari. Le dimensioni del frangisole fisso sono di 4,60 x 3,25 m.



Processo produttivo

I frangisole in alluminio vengono prodotti tramite un processo di estrusione che consiste nel forzare per compressione il materiale e passarlo attraverso una filiera che riproduce la forma esterna del pezzo. Essendo la sezione cava, è presente un'anima che riproduce il profilo della cavità interna. All'uscita dalla matrice il materiale viene raffreddato. I singoli pezzi sono uniti tra loro in un unico elemento tramite viti.

Modalità di messa in opera

L'alluminio preverniciato viene posato a secco con ancoraggio tramite viti e incastri.

Applicazioni

Viene utilizzato per la realizzazione di elementi frangisole che ostacolano l'ingresso dei raggi solari all'interno degli appartamenti.

Caratteristiche tecniche

Densità *	ρ	2699	kg/m³
Conducibilità termica *	λ	222	W/mK

Profilo ambientale

Energia primaria non rinnovabile *	<i>PEInr</i>	271	MJ
Energia primaria rinnovabile *	<i>PEIrin</i>	38	MJ
Effetto serra *	<i>GWP</i>	22	kg CO ₂ eq
Acidificazione *	<i>AP</i>	0,069	kg SO ₂ eq
Eutrofizzazione *	<i>EP</i>	0,0057	kg PO ₄ eq
Smog fotochimico *	<i>POCP</i>	0,01	kg C ₂ H ₄ eq
Riduzione strato di ozono *	<i>ODP</i>	4*10 ⁻⁵	kg CFC ₁₁ eq

Energia incorporata **	<i>EE</i>	218	MJ
CO ₂ incorporata **	<i>EC</i>	11,46	kg CO ₂

unità di riferimento: 1 kg

* fonte dei dati: Atlante dei Materiali di Hegger Auch-Schwelk Fuchs Rosenkranz

** fonte dei dati: Database ICE v1.6a

Informazioni tossicologiche ed ecologiche

Aspetti tossicologici

Durante l'elettrolisi vengono emesse grandi quantità di monossido di carbonio, diossido e fluoro (altamente tossico).

Aspetti ecologici

L'estrazione della bauxite per la produzione di alluminio comporta interventi a carico del paesaggio.

Incendio

Il prodotto è incombustibile. Classe 0 di reazione al fuoco.

Smaltimento

Il prodotto è totalmente riciclabile. Il suo recupero e riciclo, oltre a evitare l'estrazione di bauxite, consente di risparmiare una porzione sensibile dell'energia richiesta per produrlo partendo dalla materia prima.

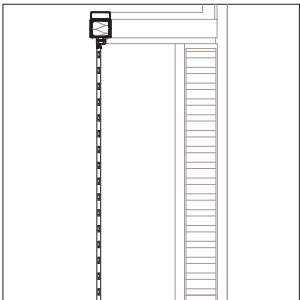
Descrizione azienda

L'azienda è proprietaria dal 1955 dei brevetti e del marchio "Siamesi" e affronta oggi il mercato con prodotti fortemente innovativi e dalle molteplici applicazioni. La ditta ha acquisito una grande esperienza durante gli anni e le certificazioni relative sia alla qualità aziendale che ai prodotti realizzati fanno di Siamesi un riferimento sicuro. Siamesi realizza sistemi integrati di schermature frangisole, persiane avvolgibili, recinzioni e parapetti caratterizzati da design lineare e dall'uso di materiali attentamente selezionati. Dall'assemblaggio di questi componenti nascono infinite soluzioni, tutte caratterizzate dalla grande economicità.

Sede	Stabilimento	Distanza dall'area di progetto
Siamesi Srl via 1° Maggio, 144 41056 Savignano sul Panaro (MO) Italia	Siamesi Srl via 1° Maggio, 144 41056 Savignano sul Panaro (MO) Italia	231 km

Descrizione prodotto

Elementi di dimensioni variabili ancorati tramite fissaggi ed incastri con la funzione di schermatura dei raggi solari. Le dimensioni del frangisole fisso sono di 4,60 x 3,25 m.



Processo produttivo

I frangisole in alluminio vengono prodotti tramite un processo di estrusione che consiste nel forzare per compressione il materiale e passarlo attraverso una filiera che riproduce la forma esterna del pezzo. Essendo la sezione cava, è presente un'anima che riproduce il profilo della cavità interna. All'uscita dalla matrice il materiale viene raffreddato. I singoli pezzi sono uniti tra loro in un unico elemento tramite viti.

Modalità di messa in opera

L'alluminio preverniciato viene posato a secco con ancoraggio tramite viti e incastri.

Applicazioni

Viene utilizzato per la realizzazione di elementi frangisole che ostacolano l'ingresso dei raggi solari all'interno degli appartamenti.

Caratteristiche tecniche

Densità *	ρ	2699	kg/m³
Conducibilità termica *	λ	222	W/mK

Profilo ambientale

Energia primaria non rinnovabile *	<i>PEInr</i>	271	MJ
Energia primaria rinnovabile *	<i>PEIrin</i>	38	MJ
Effetto serra *	<i>GWP</i>	22	kg CO ₂ eq
Acidificazione *	<i>AP</i>	0,069	kg SO ₂ eq
Eutrofizzazione *	<i>EP</i>	0,0057	kg PO ₄ eq
Smog fotochimico *	<i>POCP</i>	0,01	kg C ₂ H ₄ eq
Riduzione strato di ozono *	<i>ODP</i>	4*10 ⁻⁵	kg CFC ₁₁ eq

Energia incorporata **	<i>EE</i>	218	MJ
CO ₂ incorporata **	<i>EC</i>	11,46	kg CO ₂

unità di riferimento: 1 kg

* fonte dei dati: Atlante dei Materiali di Hegger Auch-Schwelk Fuchs Rosenkranz

** fonte dei dati: Database ICE v1.6a

Informazioni tossicologiche ed ecologiche

Aspetti tossicologici

Durante l'elettrolisi vengono emesse grandi quantità di monossido di carbonio, diossido e fluoro (altamente tossico).

Aspetti ecologici

L'estrazione della bauxite per la produzione di alluminio comporta interventi a carico del paesaggio.

Incendio

Il prodotto è incombustibile. Classe 0 di reazione al fuoco.

Smaltimento

Il prodotto è totalmente riciclabile. Il suo recupero e riciclo, oltre a evitare l'estrazione di bauxite, consente di risparmiare una porzione sensibile dell'energia richiesta per produrlo partendo dalla materia prima.

Descrizione azienda

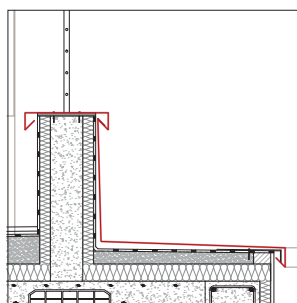
La Castaldo Alessandro e' una ditta artigiana con sede a Buccinasco e che opera nel settore delle lattonomie e delle impermeabilizzazioni dal 1997.

Sono specializzati nella manutenzione e nel rifacimento dei tetti, sia civili che industriali.

Sede	Stabilimento	Distanza dall'area di progetto
C.A. Lattoniere Edile Via Caravaggio, 10 20090 Buccinasco (MI) Italia	C.A. Lattoniere Edile Via Caravaggio, 10 20090 Buccinasco (MI) Italia	38 km

Descrizione prodotto

Scandole e lastre fissate mediante ancoraggi alle orditure delle coperture o delle pareti verticali. La scossalina ha uno spessore di 2 mm.



Processo produttivo

La scossalina viene prodotta tramite il processo di laminazione che riduce lo spessore del rame. Una prima fase avviene per laminazione a caldo che riduce lo spessore della lamiera e ne aumenta la lunghezza. La laminazione a freddo restituisce poi la durezza permettendo di raggiungere lo spessore desiderato. L'ultima fase è quella della forgiatura con la quale si ottiene la forma finale dell'oggetto comprimendo una pastiglia di metallo caldo in uno stampo apposito.

Modalità di messa in opera

Il rame viene posato a secco mediante incastro o ancoraggio tramite viti o chiodi inseriti nell'orditura sottostante. Per garantire la tenuta all'acqua, i bordi sono uniti da giunti mediante aggraffature.

Applicazioni

Viene utilizzato per la realizzazione di coperture.

Caratteristiche tecniche

Densità **	ρ	8600	kg/m³
Conducibilità termica **	λ	384	W/mK

Profilo ambientale

Energia primaria non rinnovabile *	PEInr	-18	MJ
Energia primaria rinnovabile *	PEIrin	-4,5	MJ
Effetto serra *	GWP	-1,4	kg CO ₂ eq
Acidificazione *	AP	0,015	kg SO ₂ eq
Eutrofizzazione *	EP	0,0021	kg PO ₄ eq
Smog fotochimico *	POCP	0,0018	kg C ₂ H ₄ eq
Riduzione strato di ozono *	ODP	-9,9*10 ⁻⁸	kg CFC ₁₁ eq

Energia incorporata **	EE	17,5	MJ
CO ₂ incorporata **	EC	0,96	kg CO ₂

unità di riferimento: 1 kg
* fonte dei dati: Atlante dei Materiali di Hegger Auch-Schwelk Fuchs Rosenkranz
** fonte dei dati: Database ICE v1.6a
i dati si riferiscono ai valori del rame riciclato

Informazioni tossicologiche ed ecologiche

Aspetti tossicologici
L'ingestione di sali di rame può provocare debolezza, vomito e irritazione dell'apparato digestivo. La presenza di rame nei rifiuti favorisce la formazione di diossine e furani policlorati nei processi di incenerimento.

Aspetti ecologici
Il prodotto non è biodegradabile

Incendio
Il prodotto non è combustibile. Classe 0 di reazione al fuoco. Il rame in polvere è però infiammabile.

Smaltimento
Il prodotto è riutilizzabile e riciclabile. Il suo recupero consente di ottenere un prodotto riciclato con caratteristiche prestazionali pressochè identiche a quelle di un prodotto ottenuto da sole materie prime.

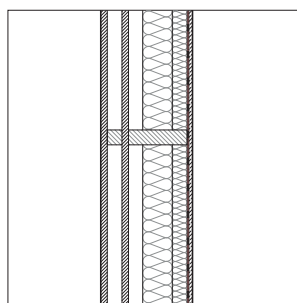
Descrizione azienda

Fondata a Wilmington, Delaware nel 1802, l'azienda inizia la sua attività con la produzione di polvere da sparo. Da allora l'introduzione sul mercato di nuovi prodotti. In seguito, l'attività di DuPont si è ampliata e oggi offre una vasta gamma di materiali, prodotti, tecnologie e servizi destinati a una varietà di mercati, in particolare agricoltura e alimentazione, elettronica e comunicazioni, sicurezza e protezione, arredamento e costruzioni, sviluppando soluzioni in grado di migliorare la qualità della vita in tutto il mondo, fornendo maggiore sicurezza e comfort.

Sede	Stabilimento	Distanza dall'area di progetto
Dupont Srl 1007 Market Street Wilmington, DE 19898 USA	Biesterfeld Polybass Spa Viale Lombardia 34 20056 Trezzo sull'Adda (MI) Italia	32 km

Descrizione prodotto

Sono teli molto sottili di tessuto non tessuto posati tramite ancoraggi o collanti. Ha la funzione di impermeabilizzante. La barriera al vapore ha uno spessore di 1 mm.



Processo produttivo

Per la produzione viene usato il processo della polimerizzazione dell'etilene. Per le guaine impermeabilizzanti, durante la fabbricazione, viene prodotto un filato di fibre sottilissime che viene successivamente rinforzato mediante pressione e calore. Durante il processo di produzione l'insieme dei filamenti di polietilene che si creano a contatto con l'ossigeno vengono raccolti, distribuiti uniformemente e pressati a caldo fino ad ottenere una superficie uniforme simile ad un foglio.

Modalità di messa in opera

Le membrane in polietilene possono essere posate a secco mediante ancoraggio con viti o chiodi o a umido tramite colle.

Applicazioni

La membrana di polietilene viene impiegata per l'impermeabilizzazione di sottopavimenti, coperture piane e inclinate, pareti esterne fuori terra e controterra.

Caratteristiche tecniche

Densità *	ρ	377,77	kg/m³
Conducibilità termica *	λ	-	W/mK

Profilo ambientale

Energia primaria non rinnovabile **	PEInr	75	MJ
Energia primaria rinnovabile	PEIrin	0,09	MJ
Effetto serra **	GWP	1,82	kg CO ₂ eq
Acidificazione **	AP	0,005	kg SO ₂ eq
Eutrofizzazione **	EP	0,00063	kg PO ₄ eq
Smog fotochimico **	POCP	0,00059	kg C ₂ H ₄ eq
Riduzione strato di ozono **	ODP	1*10 ⁻⁶	kg CFC ₁₁ eq

Energia incorporata **	EE	78,1	MJ
CO ₂ incorporata **	EC	1,7	kg CO ₂

unità di riferimento: 1 kg

* fonte dei dati: ditta

** fonte dei dati: Atlante dei Materiali di Hegger Auch-Schwelk Fuchs Rosenkranz

*** fonte dei dati: Database ICE v1.6a

Informazioni tossicologiche ed ecologiche

Aspetti tossicologici

L'inalazione di polveri provoca irritazione delle vie respiratorie. Durante la fase di produzione si possono verificare fenomeni di irritazione della pelle e delle mucose a causa della presenza di formaldeide e acroleina.

Aspetti ecologici

Il prodotto è biologicamente inerte e non è biodegradabile.

Incendio

Il prodotto è combustibile. Nella combustione libera fumi o gas tossici e irritanti.

Smaltimento

Il prodotto deve essere smaltito. Nel caso di riciclaggio, il polietilene può essere riutilizzato nel settore della produzione di imballaggi.

Descrizione azienda

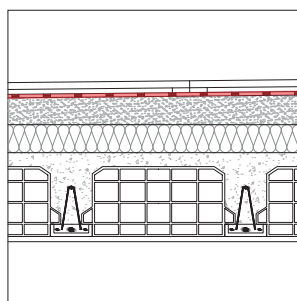
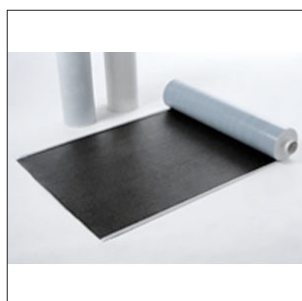
L'azienda nasce nel 1982 proponendosi al mercato nazionale come società artigiana specializzata nella produzione di impermeabilizzanti per l'edilizia. Isoltema è leader nel mondo nella produzione di nastri sigillanti e membrane bituminose autoadesive impermeabili.

Ha le sue radici nell'innovazione e nella ricerca, per trovare soluzioni su misura alle più diverse esigenze del settore edile, industriale e del fai-da-te.

Sede	Stabilimento	Distanza dall'area di progetto
Isoltema Spa Via Peticari, 8 47035 Gambettola (FO) Italia	Isoltema Spa Via Peticari, 8 47035 Gambettola (FO) Italia	326 km

Descrizione prodotto

E' una miscela di idrocarburi di colore nero o bruno e di consistenza variabile da liquido viscoso a solido che rammollisce all'aumentare della temperatura. Ha funzione di impermeabilizzante. La guaina bituminosa ha uno spessore di 3 mm.



Processo produttivo

Per le guaine impermeabilizzanti, durante la fabbricazione, viene prodotto un filato di fibre sottilissime che viene successivamente rinforzato mediante pressione e calore. Durante il processo di produzione i filamenti vengono distribuiti uniformemente e pressati a caldo fino ad ottenere una superficie uniforme simile ad un foglio.

Modalità di messa in opera

La guaina bituminosa Elotene TNT 150 è una guaina autoadesiva, quindi è pronta all'uso semplicemente rimuovendo la pellicola siliconata e posizionandola ove occorre.

Applicazioni

Viene utilizzato per impermeabilizzare coperture piane o inclinate e pareti contro terra.

Caratteristiche tecniche

Densità *	ρ	1045	kg/m³
Conducibilità termica *	λ	0,16	W/mK

Profilo ambientale

Energia primaria non rinnovabile *	<i>PEInr</i>	45,6	MJ
Energia primaria rinnovabile *	<i>PEIrin</i>	0,01	MJ
Effetto serra *	<i>GWP</i>	0,37	kg CO ₂ eq
Acidificazione *	<i>AP</i>	0,002	kg SO ₂ eq
Eutrofizzazione *	<i>EP</i>	0,00028	kg PO ₄ eq
Smog fotochimico *	<i>POCP</i>	0,0026	kg C ₂ H ₄ eq
Riduzione strato di ozono *	<i>ODP</i>	1*10 ⁻⁶	kg CFC ₁₁ eq

Energia incorporata **	<i>EE</i>	47	MJ
CO ₂ incorporata **	<i>EC</i>	0,48	kg CO ₂

unità di riferimento: 1 kg

* fonte dei dati: Atlante dei Materiali di Hegger Auch-Schwelk Fuchs Rosenkranz

** fonte dei dati: Database ICE v1.6a

Informazioni tossicologiche ed ecologiche

Aspetti tossicologici

I fumi del prodotto riscaldato possono causare irritazioni agli occhi e alle vie respiratorie. Il prodotto non è tossico e non è classificato come sensibilizzante.

Aspetti ecologici

In acqua non è solubile e generalmente affonda. Ha una capacità di bioaccumulazione limitata e non è biodegradabile.

Incendio

Il prodotto è combustibile e infiammabile. A temperature sopra i 230°C i fumi sono infiammabili, a 300°C il bitume si autoaccende. Classe 1 di reazione al fuoco.

Smaltimento

Il prodotto deve essere smaltito, in alternativa può essere utilizzato come inerte per sottofondi stradali.

3.1.21 PAVIMENTO IN RESINA _ Gobetto Srl

Descrizione azienda

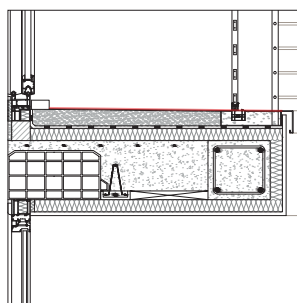
L'area sperimentale nella quale si muove l'azienda segna il percorso che evidenzia le soluzioni e le ricerche di architetti, artisti e designers negli ambiti applicativi delle resine termoindurenti dagli anni '60 ad oggi.

L'attività di Gobetto Spa è legata allo sviluppo di tecniche, sistemi per realizzare superfici e sfondi ad alto contenuto tecnologico con la capacità di evidenziare contenuti, linguaggi artistici e di comunicazione, espressi attraverso la plasticità dei materiali resinosi.

Sede	Stabilimento	Distanza dall'area di progetto
Gobetto Srl via Carroccio, 16 20123 Milano (MI) Italia	Gobetto Srl viale Tommaso Edison, 64 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) Italia	36 km

Descrizione prodotto

E' un prodotto polimerico che consente di ottenere sinteticamente caratteristiche chimico-fisiche simili a quelle della pietra, cemento, ceramica e vetro. Il pavimento in resina ha uno spessore di 3 mm.



Processo produttivo

Sono composti da resine mono o bi-componenti e da speciali cariche minerali che ne aumentano la resistenza e la compattezza al punto da ottenere un pavimento resistente e impermeabile con uno spessore di pochi millimetri. Il tipo, la qualità e il modo di miscelare questi additivi permette di creare effetti decorativi molto vari.

Modalità di messa in opera

La posa prevede l'applicazione a rullo di un primer fissativo per prevenire il degrado del fondo, migliorarne la conservazione, creare una barriera all'infiltrazione di sostanze corrosive. Segue poi la stesura della resina autolivellante vera e propria, che deve essere eseguita con spatole dentate. L'operazione si conclude con la posa dello strato di protezione, una verniciatura a film in resina trasparente lucida od opaca.

Applicazioni

Il prodotto viene usato per la realizzazione di pavimentazioni esterne ed interne.

Caratteristiche tecniche

Densità *	ρ	1,09	kg/m³
Conducibilità termica *	λ	-	W/mK

Profilo ambientale

Energia primaria non rinnovabile **	<i>PEInr</i>	137	MJ
Energia primaria rinnovabile **	<i>PEIrin</i>	0,78	MJ
Effetto serra **	<i>GWP</i>	6,47	kg CO ₂ eq
Acidificazione **	<i>AP</i>	0,014	kg SO ₂ eq
Eutrofizzazione **	<i>EP</i>	0,0021	kg PO ₄ eq
Smog fotochimico **	<i>POCP</i>	0,005	kg C ₂ H ₄ eq
Riduzione strato di ozono **	<i>ODP</i>	2*10 ⁻⁵	kg CFC ₁₁ eq

Energia incorporata ***	<i>EE</i>	139,3	MJ
CO ₂ incorporata ***	<i>EC</i>	5,91	kg CO ₂

unità di riferimento: 1 kg

* fonte dei dati: ditta

** fonte dei dati: Atlante dei Materiali di Hegger Auch-Schwelk Fuchs Rosenkranz

*** fonte dei dati: Database ICE v1.6a

Informazioni tossicologiche ed ecologiche

Aspetti tossicologici

Le resine sono materiali tossici e irritanti, nonostante abbiano una pericolosità più limitata che le rende adatte ad un impiego anche in ambito domestico e comunque senza protezioni particolari per l'operatore.

Aspetti ecologici

Il prodotto è inerte.

Incendio

Il prodotto è classe 1 di reazione al fuoco.

Smaltimento

La resina deve essere smaltita in un centro apposito per lo smaltimento dei rifiuti speciali.

3.1.22 ISOLANTE IN LANA DI ROCCIA _ Rockwool Spa

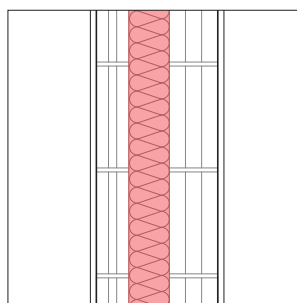
Descrizione azienda

Il Gruppo Rockwool è leader mondiale nelle tecnologie per la lana di roccia. L'esperienza che ha accumulato in più di 70 anni di attività non solo ne ha fatto il maggior gruppo mondiale del settore, ma lo ha spinto a una ricerca costante e tecnologicamente avanzata volta al perfezionamento dei prodotti ed al miglioramento della loro funzionalità. La missione di Rockwool è infatti proporsi come leader nella fornitura di prodotti, sistemi e soluzioni che mirino a far ottenere, nel campo della progettazione edile e industriale, elevate performance di efficienza energetica, acustica e di protezione incendio.

Sede	Stabilimento	Distanza dall'area di progetto
Rockwool Italia Spa Via Londonio, 2 20154 Milano Italia	Rockwool Adriatic d.o.o. Poduzetnička zona Pićan, 1 52333 Potpićan Croazia	525 km

Descrizione prodotto

Pannelli a base di fibre minerali artificiali vetrose costituiti da silicati amorfi con la funzione di isolare le intercapedini delle pareti. L'isolante ha uno spessore che varia da 5, 8 a 10 cm.



Processo produttivo

Le materie prime vengono convogliate automaticamente nel cubilotto tramite un nastro trasportatore. La roccia vulcanica fonde trasformandosi in roccia fusa (melt), la quale viene trasformata in fibre e spruzzata di resina ed olio per rendere il materiale stabile e idrorepellente. La falda di lana di roccia viene poi distribuita su un tappeto che viene fatto passare in un forno di polimerizzazione (a circa 200°C) al fine di consentire l'indurimento del legante e stabilizzare il materiale per la lavorazione finale.

Modalità di messa in opera

Per il pannello Rockwool 211 applicare il pannello sulla superficie della parete mediante malta adesiva disposta a punti. E' consigliata la disposizione dei pannelli a giunti sfalsati rispetto alla fila inferiore.

Applicazioni

Il pannello Rockwool 211 viene utilizzato per l'isolamento di pareti verticali e di intercapedini.

Caratteristiche tecniche

Densità *	ρ	40	kg/m³
Conducibilità termica *	λ	0,035	W/mK

Profilo ambientale

Energia primaria non rinnovabile **	PEInr	30,83	MJ
Energia primaria rinnovabile **	PEIrin	0,58	MJ
Effetto serra **	GWP	2,25	kg CO ₂ eq
Acidificazione **	AP	0,0154	kg SO ₂ eq
Eutrofizzazione **	EP	0,0016	kg PO ₄ eq
Smog fotochimico **	POCP	0,002	kg C ₂ H ₄ eq
Riduzione strato di ozono **	ODP	-	kg CFC ₁₁ eq

Energia incorporata ***	EE	16,8	MJ
CO ₂ incorporata ***	EC	1,05	kg CO ₂

unità di riferimento: 1 kg

* fonte dei dati: ditta

** fonte dei dati: Atlante dei Materiali di Hegger Auch-Schwelk Fuchs Rosenkranz

*** fonte dei dati: Database ICE v1.6a

Informazioni tossicologiche ed ecologiche

Aspetti tossicologici

La polvere, le fibre aerodisperse e le emissioni di formaldeide da parte dei leganti possono causare irritazioni alla cute. Sono in corso ricerche per stabilire se le fibre siano cancerogene.

Aspetti ecologici

Il prodotto è biologicamente inerte.

Incendio

Il pannello Rockwool 211 rientra nell' Euroclasse A1 in conformità alla normativa Europea EN 13501-1, è inoltre omologato in classe 0 secondo la normativa italiana.

Smaltimento

Il prodotto deve essere smaltito in alternativa può essere riutilizzato per la produzione di lana di roccia riciclata.

3.1.23 ISOLANTE IN LANA DI ROCCIA _ Rockwool Spa

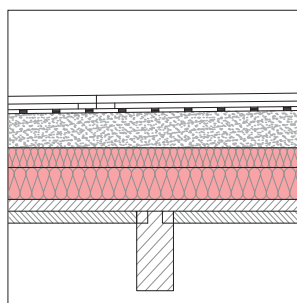
Descrizione azienda

Il Gruppo Rockwool è leader mondiale nelle tecnologie per la lana di roccia. L'esperienza che ha accumulato in più di 70 anni di attività non solo ne ha fatto il maggior gruppo mondiale del settore, ma lo ha spinto a una ricerca costante e tecnologicamente avanzata volta al perfezionamento dei prodotti ed al miglioramento della loro funzionalità. La missione di Rockwool è infatti proporsi come leader nella fornitura di prodotti, sistemi e soluzioni che mirino a far ottenere, nel campo della progettazione edile e industriale, elevate performance di efficienza energetica, acustica e di protezione incendio.

Sede	Stabilimento	Distanza dall'area di progetto
Rockwool Italia Spa Via Londonio, 2 20154 Milano Italia	Rockwool Adriatic d.o.o. Poduzetnička zona Pićan, 1 52333 Potpićan Croazia	525 km

Descrizione prodotto

Pannelli a base di fibre minerali artificiali vetrose costituiti da silicati amorfi con la funzione di isolare i primi solai di box, scantinati, locali caldaie, etc.. L'isolante ha uno spessore che varia da 5 a 8 cm.



Processo produttivo

Le materie prime vengono convogliate automaticamente nel cubilotto tramite un nastro trasportatore. La roccia vulcanica fonde trasformandosi in roccia fusa (melt), la quale viene trasformata in fibre e spruzzata di resina ed olio per rendere il materiale stabile e idrorepellente. La falda di lana di roccia viene poi distribuita su un tappeto che viene fatto passare in un forno di polimerizzazione (a circa 200°C) al fine di consentire l'indurimento del legante e stabilizzare il materiale per la lavorazione finale.

Modalità di messa in opera

Per il pannello Rockwool 520 disporre i pannelli ben accostati fra loro sul piano della cassaforma e procedere alla disposizione dei ferri di armatura. Ancorare nei pannelli i fissaggi meccanici in numero di cinque per ogni pannello e procedere con il getto in calcestruzzo.

Applicazioni

Il pannello Rockwool 520 viene utilizzato per isolare solai, sottotetti e coperture.

Caratteristiche tecniche

Densità *	ρ	100	kg/m³
Conducibilità termica *	λ	0,035	W/mK

Profilo ambientale

Energia primaria non rinnovabile **	<i>PEInr</i>	30,83	MJ
Energia primaria rinnovabile **	<i>PEIrin</i>	0,58	MJ
Effetto serra **	<i>GWP</i>	2,25	kg CO ₂ eq
Acidificazione **	<i>AP</i>	0,0154	kg SO ₂ eq
Eutrofizzazione **	<i>EP</i>	0,0016	kg PO ₄ eq
Smog fotochimico **	<i>POCP</i>	0,002	kg C ₂ H ₄ eq
Riduzione strato di ozono **	<i>ODP</i>	-	kg CFC ₁₁ eq

Energia incorporata ***	<i>EE</i>	16,8	MJ
CO ₂ incorporata ***	<i>EC</i>	1,05	kg CO ₂

unità di riferimento: 1 kg

* fonte dei dati: ditta

** fonte dei dati: Atlante dei Materiali di Hegger Auch-Schwelk Fuchs Rosenkranz

*** fonte dei dati: Database ICE v1.6a

Informazioni tossicologiche ed ecologiche

Aspetti tossicologici

La polvere, le fibre aerodisperse e le emissioni di formaldeide da parte dei leganti possono causare irritazioni alla cute. Sono in corso ricerche per stabilire se le fibre siano cancerogene.

Aspetti ecologici

Il prodotto è biologicamente inerte.

Incendio

Il pannello Rockwool 520 rientra nell' Euroclasse A1 in conformità alla normativa Europea EN 13501-1, è inoltre omologato in classe 0 secondo la normativa italiana.

Smaltimento

Il prodotto deve essere smaltito in alternativa può essere riutilizzato per la produzione di lana di roccia riciclata.

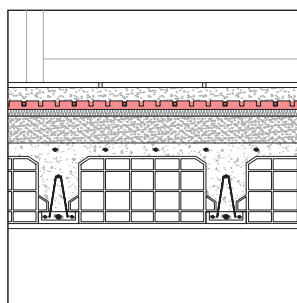
Descrizione azienda

L'azienda inizia la sua attività in un piccolo capannone di 300 m² dove produce imballaggi da polistirene espanso. Progetta poi un pantografo termoelettrico multilama per il taglio in serie dei sagomati ed una speciale trafilatura per il recupero degli scarti e degli imballi per ottenere materiale sfuso per imballaggio. Nel 1977 viene installata a Venezia, la nuova unità per la produzione di EPS in un capannone di 3000 m² che è stato ampliato nel 1982 e nel 1986. Nel 2000 l'azienda ha avviato un progetto ambizioso per la produzione di pannelli sandwich metallici coibentati con EPS per coperture civili e industriali.

Sede	Stabilimento	Distanza dall'area di progetto
Rexpol Group Srl Via Enrico Fermi 1-3 30036 Santa Maria di Sala (VE) Italia	Rexpol Group Srl Via Enrico Fermi 1-3 30036 Santa Maria di Sala (VE) Italia	249 km

Descrizione prodotto

Lastre in polistirene espanso per l'isolamento termico a pavimento. Il pannello radiante ha uno spessore di 4,5 cm.



Processo produttivo

Rexwarm top-class è un pannello realizzato per iniezione in stampo di polistirene espanso sinterizzato autoestinguente, a doppia densità (30+20 kg/m³), accoppiato omogeneamente a caldo ad un robusto film in polietilene dello spessore di 0,16 mm per una totale impermeabilità alla diffusione del vapor d'acqua di risalita. Al pannello è stato assemblato uno strato isolante in EPS con l'aggiunta di additivi che migliorano le caratteristiche termiche ed acustiche. Inoltre il reticolo cristallino degli additivi utilizzati riflette la totalità del calore che le tubazioni emanano per poi ridistribuirlo completamente al massetto radiante.

Modalità di messa in opera

Per rendere il più agevole possibile la fase di installazione, Rexwarm top-class è dotato su due lati di efficaci incastri complementari che permettono un costante allineamento dei pannelli, un fissaggio sicuro ed ermetico all'eventuale infiltrazione di massetti autolivellanti. Una particolare sagomatura a cilindro della faccia a contatto con il solaio gli consentirà infine di adattarsi ad ogni superficie oltre che permettere un elevato abbattimento del rumore da calpestio.

Applicazioni

Rexwarm top-class è utilizzato come isolante termoacustico per il fissaggio delle tubazioni di qualsiasi tipologia impiantistica radiante a pavimento del settore civile e terziario.

Caratteristiche tecniche

Densità *	ρ	50	kg/m³
Conducibilità termica *	λ	0,031	W/mK

Profilo ambientale

Energia primaria non rinnovabile **	<i>PEInr</i>	170,33	MJ
Energia primaria rinnovabile **	<i>PEIrin</i>	5,67	MJ
Effetto serra **	<i>GWP</i>	9,33	kg CO ₂ eq
Acidificazione **	<i>AP</i>	0,23	kg SO ₂ eq
Eutrofizzazione **	<i>EP</i>	0,002	kg PO ₄ eq
Smog fotochimico **	<i>POCP</i>	0,0073	kg C ₂ H ₄ eq
Riduzione strato di ozono **	<i>ODP</i>	-	kg CFC ₁₁ eq

Energia incorporata ***	<i>EE</i>	88,6	MJ
CO ₂ incorporata ***	<i>EC</i>	2,5	kg CO ₂

unità di riferimento: 1 kg

* fonte dei dati: ditta

** fonte dei dati: Atlante dei Materiali di Hegger Auch-Schwelk Fuchs Rosenkranz

*** fonte dei dati: Database ICE v1.6a

Informazioni tossicologiche ed ecologiche

Aspetti tossicologici

In fase di produzione viene rilasciato il benzene, la sua evaporazione si verifica per un periodo di 3 mesi dopo la produzione. In fase di posa il taglio dei pannelli con filo caldo può comportare il rilascio di stirene, benzene e etilbenzene.

Aspetti ecologici

Il prodotto inerte ma non è biodegradabile.

Incendio

Il prodotto è combustibile. Euroclasse E (UNI EN 13501:2005 parte 1) di reazione al fuoco.

Smaltimento

Il prodotto deve essere smaltito in alternativa può essere utilizzato come “carica” nella produzione di nuovi articoli in EPS, trasformato in granulo di polistirolo compatto, utilizzato come inerte leggero in calcestruzzi e malte o per la produzione di calore.

3.1.25 ARCHITRAVE TRALICCIATO _ Adriasolai Srl

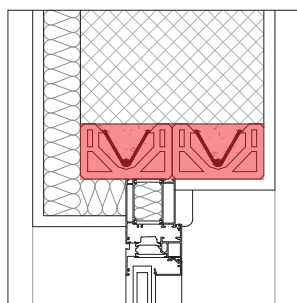
Descrizione azienda

Adriasolai è un'azienda dislocata su una superficie di 15.000 m² che affianca alla produzione dei manufatti prefabbricati per solai in laterocemento la presagomatura degli acciai, ossia la lavorazione meccanizzata delle armature per calcestruzzo armato in stabilimento.

Sede	Stabilimento	Distanza dall'area di progetto
Adriasolai Srl via Casino Neri, 7 47042 Bagnarola di Cesenatico (FC) Italia	Adriasolai Srl via Casino Neri, 7 47042 Bagnarola di Cesenatico (FC) Italia	327 km

Descrizione prodotto

Architrave in cemento armato con fondello in laterizio per porte e finestre con funzione portante. L'architrave ha dimensioni di 11,7 x 7,5 cm e una lunghezza che varia da 1 a 3 m.



Processo produttivo

Si inizia posizionando i fondelli in vasche piene d'acqua per 20 minuti grazie a un allineatore. Una volta allineati, si posiziona l'armatura all'interno di ogni canale che successivamente viene messa in tensione. Si prepara quindi l'impasto che passa alla dosatrice che così è pronta per gettare e vibrare l'architrave. Finita questa prima fase si attende che il prodotto raggiunga la giusta maturazione, dopo di che si può procedere al taglio. I tempi di attesa variano da 24 a 48 ore.

Modalità di messa in opera

Per una corretta posa in opera dell'architrave tralicciato è consigliato un appoggio sulle murature di 25 cm per parte.

Applicazioni

Viene impiegato nella parte di muratura sovrastante le aperture praticate su porte e finestre.

Caratteristiche tecniche

		Laterizio	Acciaio	ClS	
Densità *	ρ	800	7850	2240	kg/m³
Conducibilità termica *	λ	0,39	56,9	2,2	W/mK

Profilo ambientale

		Laterizio	Acciaio	ClS	
Energia primaria non rinnovabile *	<i>PEInr</i>	2,2	13	0,66	MJ
Energia primaria rinnovabile *	<i>PEIrin</i>	0,95	0,24	0,01	MJ
Effetto serra *	<i>GWP</i>	0,14	0,83	0,11	kg CO ₂ eq
Acidificazione *	<i>AP</i>	0,0004	0,002	0,0003	kg SO ₂ eq
Eutrofizzazione *	<i>EP</i>	5,06*10 ⁻⁵	0,00016	4,7*10 ⁻⁵	kg PO ₄ eq
Smog fotochimico *	<i>POCP</i>	7,5*10 ⁻⁵	0,00031	3,6*10 ⁻⁵	kg C ₂ H ₄ eq
Riduzione strato di ozono *	<i>ODP</i>	1,5*10 ⁻⁸	6,62*10 ⁻⁸	7,7*10 ⁻⁹	kg CFC ₁₁ eq

Energia incorporata **	<i>EE</i>	3	8,8	0,95	MJ
CO ₂ incorporata **	<i>EC</i>	0,22	0,42	0,13	kg CO ₂

unità di riferimento: 1 kg
* fonte dei dati: Atlante dei Materiali di Hegger Auch-Schwelk Fuchs Rosenkranz
** fonte dei dati: Database ICE v1.6a

Informazioni tossicologiche ed ecologiche

Aspetti tossicologici

Per quanto riguarda il sottofondo in laterizio le polveri disperse nell'aria possono provocare irritazioni alle vie aeree e agli occhi. Per quanto riguarda il calcestruzzo invece questo può dare luogo a irritazione delle vie respiratorie ed infiammazione delle mucose nasali e per quanto riguarda l'armatura in acciaio, la polvere derivante dalla loro fabbricazione può contenere metalli pesanti fino al 10%.

Aspetti ecologici

Il prodotto è inerte, l'estrazione delle materie prime comporta però impatti sul paesaggio.

Incendio

Il prodotto non è combustibile, classe 0 di reazione al fuoco.

Smaltimento

Il prodotto può essere riciclato come inerte per la formazione di sottofondi stradali, previa frantumazione e asportazione delle parti in acciaio che sono riciclabili al 100%.

3.1.26 BLOCCHI IN ARGILLA ESPANSA _ Anpel

Descrizione azienda

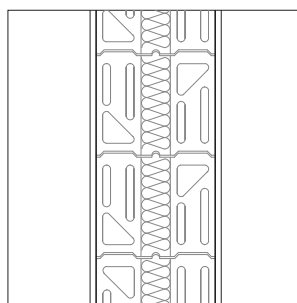
L'A.N.P.E.L., Associazione Nazionale Produttori Elementi Leca, nasce 30 anni fa riunendo i migliori produttori italiani di manufatti in calcestruzzo di argilla espansa Leca. Il marchio Leca, acquisito da Laterlite Spa, è acronimo di Light Expanded Clay Aggregate.

Si è sviluppato quindi il Lecablocco da intonaco che si afferma sul mercato dell'edilizia per le sue caratteristiche innovative: alto isolamento acustico di facciata, alto isolamento termico e resistenza meccanica.

Sede	Stabilimento	Distanza dall'area di progetto
Anpel Via Correggio, 3 20149 Milano Italia	Anpel S.S. Briantea (BG-LC) 24030 Palazzago (BG) Italia	58 km

Descrizione prodotto

Il blocco multistrato è costituito da due elementi semipieni in calcestruzzo Leca di spessore 11,2 cm che vanno a proteggere lo strato centrale isolante composto da un pannello in polistirene con grafite di spessore 7,5 cm. I tre componenti sono preassemblati al fine di consentire una posa unica.



Processo produttivo

La miscela viene versata negli stampi per permettere la lievitazione e l'idratazione. Dopo due ore, la miscela raggiunge la consistenza plastica idonea per rendere possibile il taglio che viene effettuato con un filo di acciaio di precisione. I profili vengono sagomati con un "cutter" di contorno e tutte le sbavature sono rinviate alla miscela iniziale, mantenendo la perdita del materiale grezzo a zero. Il blocco tagliato viene introdotto nelle autoclavi per circa 10-12 ore ad una temperatura di 190°C, per il processo di maturazione ad alta pressione per raggiungere la resistenza richiesta.

Modalità di messa in opera

I blocchi Bioclima Zero vanno posati con 2 corsi di malta di spessore pari a circa 1 cm nel giunto di posa orizzontale. Va inoltre posta una striscia isolante in corrispondenza del pannello in polistirene per mantenere la continuità del taglio termico. Il giunto verticale è ad incastro. La parte esterna dei Bioclima Zero deve avere un appoggio sul cordolo di solaio maggiore della metà del proprio spessore.

Applicazioni

Viene utilizzato per pareti divisorie tra diverse unità immobiliari e per pareti perimetrali con elevato isolamento acustico.

Caratteristiche tecniche

		ClS	Isolante	ClS	
Densità *	ρ	1020	30	1020	kg/m³
Conducibilità termica *	λ	0,28	0,031	0,28	W/mK

Profilo ambientale

		ClS	Isolante	ClS	
Energia primaria non rinnovabile **	<i>PEInr</i>	5	170,33	5	MJ
Energia primaria rinnovabile **	<i>PEIrin</i>	0,15	5,67	0,15	MJ
Effetto serra **	<i>GWP</i>	0,43	9,33	0,43	kg CO ₂ eq
Acidificazione **	<i>AP</i>	2,79	0,23	2,79	kg SO ₂ eq
Eutrofizzazione **	<i>EP</i>	0,17	0,002	0,17	kg PO ₄ eq
Smog fotochimico **	<i>POCP</i>	0,21	0,007	0,21	kg C ₂ H ₄ eq
Riduzione strato di ozono **	<i>ODP</i>	0,03	-	0,03	kg CFC ₁₁ eq

Energia incorporata ***	<i>EE</i>	5	88,6	5	MJ
CO ₂ incorporata ***	<i>EC</i>	0,43	2,5	0,43	kg CO ₂

unità di riferimento: 1 kg

* fonte dei dati: ditta

** fonte dei dati per l'isolante: Atlante dei Materiali di Hegger Auch-Schwelk Fuchs Rosenkranz

*** fonte dei dati per l'isolante: Database ICE v1.6a

I dati per il clS con argilla espansa sono tratti dal testo Life Cycle Assessment in edilizia di Monica Lavagna

Informazioni tossicologiche ed ecologiche

Aspetti tossicologici

L'esposizione ad elevate quantità di polveri può provocare fenomeni infiammatori delle mucose, del sistema respiratorio e della pelle.

Aspetti ecologici

Leca non contiene, né emette silice libera, sostanze fibrose, gas Radon o altri materiali nocivi, nemmeno in caso d'incendio. Il prodotto è ecologico e naturale, certificato da ANAB-ICEA per la Bioarchitettura.

Incendio

Il prodotto non è combustibile. Classe 0 e Euroclasse A1 di reazione al fuoco.

Smaltimento

Il prodotto deve essere smaltito come rifiuto.

Descrizione azienda

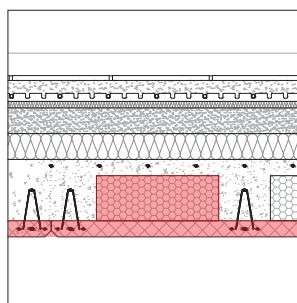
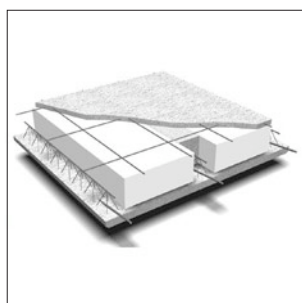
L'azienda è nata nel 1942 come impresa edile a conduzione familiare. Negli anni '80 all'attività tradizionale d'impresa di costruzioni si è affiancato il settore complementare del commercio e produzione di materiali per l'edilizia, dando così vita a due distinte società di capitali.

Le attività sono dell'azienda sono: _ commercio di materiali ed attrezzature edili
_ produzione di prefabbricati in cemento per l'edilizia
_ lavorazione del ferro tondino e di reti elettrosaldate

Sede	Stabilimento	Distanza dall'area di progetto
Edilcomm Srl Viale Venezia, 98 38056 Levico Terme (TN) Italia	Edilcomm Srl Viale Venezia, 98 38056 Levico Terme (TN) Italia	248 km

Descrizione prodotto

La lastra predalle è un pannello prefabbricato per solai, costituito da tralicci in acciaio annegati in una base di calcestruzzo, con l'interposizione di elementi di alleggerimento in polistirene espanso. Le lastre misurano 120 cm e hanno uno spessore di 5 cm. I blocchi hanno dimensioni pari a 38 x 14 x 25 cm.



Processo produttivo

La produzione di lastre predalles avviene nelle seguenti fasi: tracciamento, casseratura e stesura di velo disarmante; posa di gabbia in ferro con rete, tralicci e ferro come indicati dal calcolo e dai disegni particolari; getto in calcestruzzo ordinario o alleggerito; posa di blocchi di polistirolo.

Gli elementi vengono scasserati dopo una maturazione di almeno 12 ore per poi essere stoccati in orizzontale su piano di posa complanare.

Modalità di messa in opera

Le lastre predalles vengono poste in opera in luce da appoggio ad appoggio con banchinaggio di sostegno in corrispondenza delle testate, ponendo particolare attenzione a non provocare lesioni che indeboliscono il manufatto. Il collegamento tra lastra e trave deve essere assicurato da monconi superiori e da spezzoni di ferro inferiori. Nella cappa di calcestruzzo gettata si pone una armatura di ripartizione generalmente realizzata da un rete elettrosaldata, per assicurare la continuità del getto e la ripartizione dei carichi.

Applicazioni

Le lastre predalles sono impiegate nella realizzazione di solai per civile abitazione e nel terziario ed in particolare per realizzare le coperture di cantine e autorimesse.

Caratteristiche tecniche

		Cls	Acciaio	Polistirene	
Densità *	ρ	2240	7850	25	kg/m³
Conducibilità termica *	λ	1,31	56,9	0,16	W/mK

Profilo ambientale

		Cls	Acciaio	Polistirene	
Energia primaria non rinnovabile *	<i>PEInr</i>	0,75	13	170,33	MJ
Energia primaria rinnovabile *	<i>PEIrin</i>	0,01	0,24	5,67	MJ
Effetto serra *	<i>GWP</i>	0,14	0,83	9,33	kg CO ₂ eq
Acidificazione *	<i>AP</i>	0,00028	0,002	0,23	kg SO ₂ eq
Eutrofizzazione *	<i>EP</i>	4,23*10 ⁻⁵	0,00016	0,002	kg PO ₄ eq
Smog fotochimico *	<i>POCP</i>	3,29*10 ⁻⁵	0,00031	0,0073	kg C ₂ H ₄ eq
Riduzione strato di ozono *	<i>ODP</i>	6,76*10 ⁻⁹	6,62*10 ⁻⁸	-	kg CFC ₁₁ eq

Energia incorporata **	<i>EE</i>	2	15	88,6	MJ
CO ₂ incorporata **	<i>EC</i>	0,215	0,81	2,5	kg CO ₂

unità di riferimento: 1 kg
* fonte dei dati: Atlante dei Materiali di Hegger Auch-Schwelk Fuchs Rosenkranz
** fonte dei dati: Database ICE v1.6a

Informazioni tossicologiche ed ecologiche

Aspetti tossicologici
I blocchi di alleggerimento rilasciano stirene, benzene e etilbenzene in fase di posa. Per il calcestruzzo si possono verificare irritazione delle vie respiratorie ed infiammazione delle mucose nasali, mentre la polvere derivante dalla fabbricazione dell’armatura in acciaio può contenere metalli pesanti fino al 10%.

Aspetti ecologici
Il prodotto è inerte, ma non è biodegradabile.

Incendio
I blocchi di alleggerimento sono combustibili, euroclasse E di reazione al fuoco. Il calcestruzzo e l’acciaio sono classe 0 di reazione al fuoco.

Smaltimento
I blocchi devono essere smaltiti, in alternativa possono essere trasformati in granuli di polistirolo compatti, utilizzati come inerte leggero in calcestruzzi e malte o per la produzione di calore.

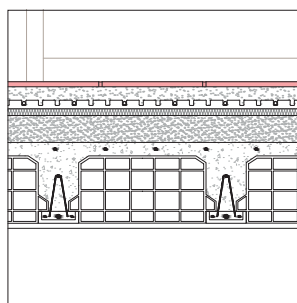
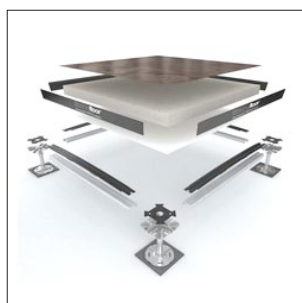
Descrizione azienda

L'azienda è stata fondata nel 1910 nel settore della lavorazione delle pietre naturali. Attenti all'evolversi del mercato, dagli anni ottanta è stata sviluppata la produzione di: pavimenti sopraelevati, pavimentazioni e rivestimenti tecnici. L'azienda produce anche manufatti in pietra naturale per l'arredo urbano. Il know-how acquisito in quasi un secolo di attività permette di risolvere il problema della squadratura dei materiali più duri, come la pietra ed il grès porcellanato, e di includere perciò anche i materiali più pregiati, senza limitazioni di scelta.

Sede	Stabilimento	Distanza dall'area di progetto
Moncini Spa Via Bagarotti 5 20152 Milano (MI) Italia	Moncini Spa V.le Stazione 8 25044 Capo di Ponte (BS) Italia	147 km

Descrizione prodotto

Elementi prodotti in piccole dimensioni, da mosaico a piastrella, utilizzati per la realizzazione di pavimentazioni esterne ed interne. La struttura in acciaio ha un'altezza di 2 cm, le piastrelle di 1,5 cm.



Processo produttivo

La struttura in acciaio si ottiene tramite profilatura a freddo che piega la lamiera a temperatura ambiente. Il nastro di lamiera viene deformato da una serie di rulli a più passaggi fino ad ottenere la sezione desiderata. Per quanto riguarda le finiture del piano di calpestio la struttura della piastrella è realizzata in grès porcellanato. Vi è poi del materiale plastico antistatico ed autoestinguente per i bordi perimetrali, primer, lamine di alluminio, fogli di pvc e acciaio zincato per il rivestimento inferiore.

Modalità di messa in opera

Dopo il tracciamento a terra e il controllo dei livelli di piano finito, si passa al posizionamento delle colonne nei punti prestabiliti della griglia. Le colonne vengono successivamente collegate dai traversi che sono vincolati alle teste delle colonne ad incastro o tramite viti o bulloni. Sopra ogni traverso vengono alloggiati le guarnizioni. I pannelli vengono posati poi sulla struttura assemblata e quindi vengono eseguiti gli ultimi controlli di corretto appoggio sulla struttura, per ogni vertice.

Applicazioni

Il prodotto viene usato per la realizzazione di pavimentazioni esterne ed interne.

Caratteristiche tecniche

		Gres	Acciaio	
Densità *	ρ	1700	7850	kg/m³
Conducibilità termica *	λ	0,8	56,9	W/mK

Profilo ambientale

		Gres	Acciaio	
Energia primaria non rinnovabile *	<i>PEInr</i>	3,16	54	MJ
Energia primaria rinnovabile *	<i>PEIrin</i>	0,00003	6,30	MJ
Effetto serra *	<i>GWP</i>	0,1965	4,80	kg CO ₂ eq
Acidificazione *	<i>AP</i>	0,00048	0,037	kg SO ₂ eq
Eutrofizzazione *	<i>EP</i>	0,00003	0,012	kg PO ₄ eq
Smog fotochimico *	<i>POCP</i>	0,00004	0,0026	kg C ₂ H ₄ eq
Riduzione strato di ozono *	<i>ODP</i>	4,25*10 ⁻¹⁰	4,4*10 ⁻⁷	kg CFC ₁₁ eq

Energia incorporata **	<i>EE</i>	9	56,7	MJ
CO ₂ incorporata **	<i>EC</i>	0,59	6,15	kg CO ₂

unità di riferimento: 1 kg

* fonte dei dati: Atlante dei Materiali di Hegger Auch-Schwelk Fuchs Rosenkranz

** fonte dei dati: Database ICE v1.6a

Informazioni tossicologiche ed ecologiche

Aspetti tossicologici

Le operazione di miscelazione delle materie a secco possono rilasciare nell'aria elevate concetrazioni di polveri. La polvere derivante dalla fabbricazione delle parti in acciaio può contenere metalli pesanti fino al 10%.

Aspetti ecologici

Il prodotto è biologicamente inerte. In presenza di derivati dello zolfo e del fluoro, durante le fasi di cottura, si possono liberare sostanza inquinanti per l'ambiente circostante. L'acciaio non è biodegradabile.

Incendio

Il prodotto non è combustibile. Classe 0 di reazione al fuoco.

Smaltimento

Il prodotto può essere riciclato come inerte in sottofondi stradali oppure, se opportunamente frantumato, come componente di malte cocciopesto. L'acciaio è invece riciclabile al 100%.

3.1.29 PORTE INTERNE _ 3elle Spa

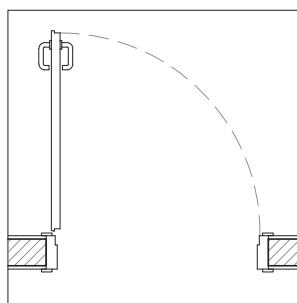
Descrizione azienda

Il 3 maggio 1908 nasce presso il Palazzo Comunale di Imola la "Società Anonima Cooperativa per la Lavorazione del Legno". Ne sono promotori intellettuali e professionisti di Imola la cui intenzione è di non disperdere la tradizione locale artistica e costruttiva del legno.

Sede	Stabilimento	Distanza dall'area di progetto
3elle Spa via Togliatti, 93 40026 Imola (BO) Italia	3elle Spa via Togliatti, 93 40026 Imola (BO) Italia	268 km

Descrizione prodotto

E' un'apertura che permette il passaggio da un ambiente ad un altro. Le dimensioni delle porte sono di 90 x 210 cm.



Processo produttivo

Il primo passaggio del processo di produzione è la levigatura del legno che rende la superficie molto liscia. Si prepara quindi l'anima centrale composta da listelli di legno sui quali vengono incollati, su entrambe i lati, tre fogli di legno uniti dopo aver concluso il processo di laminazione. Vengono poi predisposti i fori per la maniglia e la serratura e in ultimo si applica su tutte le superfici due o più strati di vernice per coprire tutti i pori del legno e proteggerlo dall'umidità.

Modalità di messa in opera

Si monta il telaio posizionandolo all'interno del vano, distanziandolo equamente dal controtelaio sui tre lati bloccandolo con dei cunei. I montanti laterali vengono poggiati direttamente sul pavimento o tramite un distanziatore di legno. Prima di fissare il telaio al controtelaio bisogna assicurarsi che risulti perfettamente in squadra. Vengono poi rimossi i cunei di legno per applicare il coprifilo, che può avvenire ad incastro o a mezzo di specifica colla per legno e chiodini senza testa.

Applicazioni

Vengono utilizzate sia per gli interni che per gli esterni.

Caratteristiche tecniche

		Truciolare	Listellare	Compensato	
Densità *	ρ	625	545	600	kg/m³
Conducibilità termica *	λ	0,13	0,12	0,15	W/mK

Profilo ambientale

		Truciolare	Listellare	Compensato	
Energia primaria non rinnovabile *	<i>PEInr</i>	8,43	7,69	9,65	MJ
Energia primaria rinnovabile *	<i>PEIrin</i>	18,28	29,83	30,70	MJ
Effetto serra *	<i>GWP</i>	-1,19	-1,42	-1,30	kg CO ₂ eq
Acidificazione *	<i>AP</i>	0,0014	0,0037	0,0033	kg SO ₂ eq
Eutrofizzazione *	<i>EP</i>	0,0017	0,0004	0,00038	kg PO ₄ eq
Smog fotochimico *	<i>POCP</i>	0,00023	0,0021	0,0026	kg C ₂ H ₄ eq
Riduzione strato di ozono *	<i>ODP</i>	1,24*10 ⁻⁷	1,14*10 ⁻⁷	1,42*10 ⁻⁷	kg CFC ₁₁ eq

Energia incorporata **	<i>EE</i>	16	7,8	15	MJ
CO ₂ incorporata **	<i>EC</i>	0,86	0,47	0,81	kg CO ₂

unità di riferimento: 1 kg
* fonte dei dati: Atlante dei Materiali di Hegger Auch-Schweik Fuchs Rosenkranz
** fonte dei dati: Database ICE v1.6a

Informazioni tossicologiche ed ecologiche

Aspetti tossicologici
In fase di produzione le polveri che si formano sono cangerogene. In fase d'uso, se si sono utilizzati collanti a base di urea-formaldeide, vi è il rischio di rilascio di formaldeide per anni.

Aspetti ecologici
Il prodotto è biodegradabile se non è stato sottoposto a trattamenti con sostanze che potrebbero compromettere l'ambiente.

Incendio
Il prodotto è combustibile e infiammabile. Classe 1 di reazione al fuoco.

Smaltimento
Il prodotto non può essere riutilizzato per l'uso di vernici, deve quindi essere smaltito.

Descrizione azienda

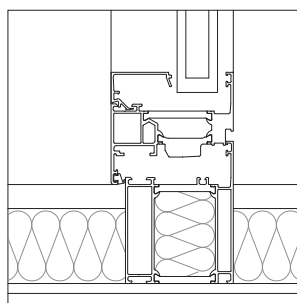
Nata come piccola impresa artigianale, Finstral Spa è diventata un'azienda leader a livello europeo nella realizzazione di finestre, porte esterne e vetrate.

Finstral realizza in proprio i profilati, il vetrocamera ed i serramenti essendo quindi in grado di monitorare l'intero processo produttivo con il supporto di efficienti strumenti informatici di ultima generazione, al fine di garantire uno standard di qualità adeguato dall'acquisto della materia prima fino al prodotto finito.

Sede	Stabilimento	Distanza dall'area di progetto
Finstral Spa Via Gasters, 1 I-39054 Auna di Sotto / Renon (BZ) Italia	Finstral Spa Via XV Agosto, 1 I-38050 Scurelle (TN) Italia	264 km

Descrizione prodotto

E' un'apertura praticata in una parete verticale della muratura per consentire l'ingresso della luce e di aria tra il vano interno di una costruzione e l'esterno. Per le dimensioni, si vedano le schede relative ad ogni serramento a fine capitolo.



Processo produttivo

Il taglio dei profili avviene tramite una troncatrice con avanzamento automatico delle barre da tagliare e con l'impostazione delle misure di taglio. Poi vengono inseriti nei profili i rinforzi metallici, vengono eseguiti i fori di fissaggio, i fori per le cerniere e le maniglie, e la predisposizione della ferramenta di chiusura. L'applicazione di queste avviene su appositi banchi con avvitatori automatici. Al termine di ogni fase di lavorazione è prevista una attività di controllo di qualità. L'ultima fase della produzione è l'assemblaggio di telai e ante con controllo delle chiusure e inserimento dei vetri.

Modalità di messa in opera

Si ricorre generalmente all'utilizzo di falsi telai, che vengono murati durante la fase della costruzione in modo da avere un'apertura più regolare su cui montare il serramento. Si procede inserendo l'intelaiatura della finestra nel vano della parete utilizzando delle zeppe per fissarlo. Con lo scalpello si praticano alcuni fori per poi inserirvi e incementarvi le zanche di ancoraggio.

Applicazioni

I serramenti vengono utilizzati per consentire l'ingresso di luce e aria.

Caratteristiche tecniche

		Alluminio	Vetro	Epdm	
Densità *	ρ	2780	2240	955	kg/m ³
Conducibilità termica *	λ	130	0,8	-	W/mK

Profilo ambientale

		Alluminio	Vetro	Epdm	
Energia primaria non rinnovabile *	<i>PEInr</i>	271	14	76	MJ
Energia primaria rinnovabile *	<i>PEIrin</i>	38	0,08	0,25	MJ
Effetto serra *	<i>GWP</i>	22	0,88	1,97	kg CO ₂ eq
Acidificazione *	<i>AP</i>	0,069	0,0064	0,0082	kg SO ₂ eq
Eutrofizzazione *	<i>EP</i>	0,0057	0,0009	0,00054	kg PO ₄ eq
Smog fotochimico *	<i>POCP</i>	0,01	0,00053	0,0029	kg C ₂ H ₄ eq
Riduzione strato di ozono *	<i>ODP</i>	4*10 ⁻⁵	2,83*10 ⁻⁸	5,6*10 ⁻⁷	kg CFC ₁₁ eq

Energia incorporata **	<i>EE</i>	218	15	101,7	MJ
CO ₂ incorporata **	<i>EC</i>	11,46	0,85	3,18	kg CO ₂

unità di riferimento: 1 kg
* fonte dei dati: Atlante dei Materiali di Hegger Auch-Schweik Fuchs Rosenkranz
** fonte dei dati: Database ICE v1.6a

Informazioni tossicologiche ed ecologiche

Aspetti tossicologici

Durante l'elettrolisi vengono emesse grandi quantità di monossido di carbonio, diossido e fluoro (altamente tossico) per quanto riguarda la produzione di alluminio. Il vetro è un materiale inerte.

Aspetti ecologici

L'estrazione della bauxite per la produzione di alluminio comporta interventi a carico del paesaggio.

Incendio

Il prodotto è incombustibile. Classe 0 di reazione al fuoco.

Smaltimento

L'alluminio è totalmente riciclabile. Il suo recupero e riciclo, oltre a evitare l'estrazione di bauxite, consente di risparmiare una porzione sensibile dell'energia richiesta per produrlo partendo dalla materia prima. Anche il vetro è totalmente riciclabile, per gli stessi usi o per usi differenti, può essere rifuso infinite volte conservando le sue proprietà.

3.1.31 TENDE INTERNE _ Griesser Srl

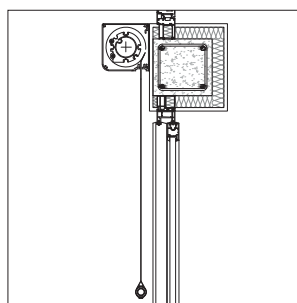
Descrizione azienda

Griesser Srl è il leader internazionale nel settore della protezione solare ed è presente da 80 anni sul territorio nazionale con una gamma di prodotti che spazia in tutti i segmenti della protezione solare: avvolgibili di sicurezza, veneziane e frangisole, tende tecniche, elettronica di gestione.

Sede	Stabilimento	Distanza dall'area di progetto
Griesser Srl Via Cavalier Brunetto s/n 10077 San Maurizio Canavese TO Italia	Griesser SA Tänikonstrasse 3 8355 Aadorf Svizzera	347 km

Descrizione prodotto

Pannelli mobili in poliestere ancorati a cassonetti in alluminio con la funzione di schermatura dai raggi solari. Le dimensioni totali delle tende, se aperte, sono di 4,67 m in larghezza e 2,70 m in altezza.



Processo produttivo

I cassonetti in alluminio vengono prodotti tramite un processo di estrusione che riproduce la forma dei pezzi che vengono uniti tra loro tramite punti di saldatura e viti.

Il tessuto in poliestere, confezione con cucitura continua, rafforza le caratteristiche specifiche, in particolare la resistenza meccanica e la resistenza allo strappo.

Modalità di messa in opera

La tenda in un unico pezzo viene montata a secco al soffitto con ancoraggio tramite viti.

Applicazioni

Le tende sono utilizzate per riparare gli ambienti interni dai raggi diretti del sole.

Caratteristiche tecniche

		Alluminio	Poliestere	
Densità *	ρ	2700	1200	kg/m³
Conducibilità termica *	λ	-	0,6	W/mK

Profilo ambientale

		Alluminio	Poliestere	
Energia primaria non rinnovabile *	<i>PEInr</i>	271	97,4	MJ
Energia primaria rinnovabile *	<i>PEIrin</i>	38	-	MJ
Effetto serra *	<i>GWP</i>	22	2,35	kg CO ₂ eq
Acidificazione *	<i>AP</i>	0,069	-	kg SO ₂ eq
Eutrofizzazione *	<i>EP</i>	0,0057	-	kg PO ₄ eq
Smog fotochimico *	<i>POCP</i>	0,01	-	kg C ₂ H ₄ eq
Riduzione strato di ozono *	<i>ODP</i>	4*10 ⁻⁵	-	kg CFC ₁₁ eq

Energia incorporata **	<i>EE</i>	218	97,4	MJ
CO ₂ incorporata **	<i>EC</i>	11,46	2,35	kg CO ₂

unità di riferimento: 1 kg

* fonte dei dati: Atlante dei Materiali di Hegger Auch-Schwelk Fuchs Rosenkranz

** fonte dei dati: Database ICE v1.6aù

*** fonte dei dati per il poliestere: Autex Research Journal Vol 1, No.1, 1999. Environmental profile of cotton and polyester-cotton fabrics.

Informazioni tossicologiche ed ecologiche

Aspetti tossicologici

Durante la produzione dell'alluminio, il processo di elettrolisi emette grandi quantità di monossido di carbonio, diossido e fluoro.

Aspetti ecologici

L'estrazione della bauxite per la produzione di alluminio comporta interventi a carico del paesaggio.

Incendio

L'alluminio è incombustibile, classe 0 di reazione al fuoco. Il poliestere è classificato Euroclasse B e Classe 1 di reazione al fuoco.

Smaltimento

Il prodotto è totalmente riciclabile. Il suo recupero e riciclo, oltre a evitare l'estrazione di bauxite, consente di risparmiare una porzione sensibile dell'energia richiesta per produrlo partendo dalla materia prima. Il poliestere è destinato allo smaltimento, in alternativa può essere rimesso nel ciclo produttivo.

3.1.32 TRAVETTI PREFABBRICATI _ Laterizi Torres Spa

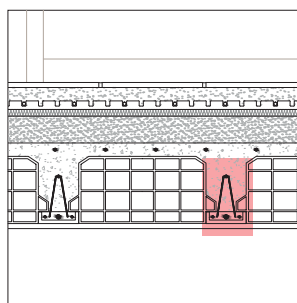
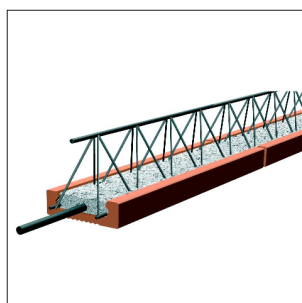
Descrizione azienda

La Laterizi Torres nasce il 5 Aprile 1963 grazie all'esperienza nel campo dell'edilizia della famiglia Cangiotti. Nel 1953 L'impresa di Costruzioni C. Cangiotti & C. sbarca nell'isola per la realizzazione di importanti lavori pubblici; tra i più rilevanti la coltivazione delle miniere a cielo aperto a Canaglia, un tratto della strada Alghero - Bosa ed una banchina del porto di Olbia.

Sede	Stabilimento	Distanza dall'area di progetto
Laterizi Torres Spa s.p per Stintino, Km 2 c.p. 67 07046 Porto Torres (SS) Italia	Laterizi Torres Spa s.p per Stintino, Km 2 c.p. 67 07046 Porto Torres (SS) Italia	635 km

Descrizione prodotto

Blocchi di forma prismatica con dimensioni regolari con funzione portante. I travetti hanno dimensioni di 12 cm di larghezza e un'altezza massima, considerati i ferri, di 14 cm.



Processo produttivo

Il processo ha inizio con il posizionamento dei fondelli in vasche piene d'acqua per 20 minuti. Tramite allineatore i fondelli si posizionano e sono pronti per la stesura dell'armatura che è posta all'interno di ogni canale. L'armatura viene poi messa in tensione.

Si prepara quindi l'impasto che passa alla dosatrice che così è pronta per gettare e vibrare i travetti. Finita questa prima fase si attende che il prodotto raggiunga la giusta maturazione, dopo di che si può procedere al taglio. I tempi di attesa variano da 24 a 48 ore.

Modalità di messa in opera

I travetti devono essere manovrati in modo da avere la suola in calcestruzzo rivolta verso il basso. Durante il sollevamento la distanza massima fra due agganci dovrà essere pari a un mezzo della loro lunghezza, lasciando sbalzi di lunghezza pari a un quarto e comunque mai maggiore a 3 m. Possono essere sollevati più travetti insieme purché si usino accorgimenti o utensili atti a tenerli strettamente legati fra loro. Nella posa in opera devono essere previsti dei rompitratta.

Applicazioni

La struttura flesso-rigida dei travetti assolve in maniera idonea, mediante l'ausilio di puntelli rompitratta provvisori, alla fase di autoportanza richiesta durante l'orditura ed il getto del solaio.

Caratteristiche tecniche

		Laterizio	Acciaio	Clis	
Densità *	ρ	800	7850	2400	kg/m³
Conducibilità termica *	λ	0,39	56,9	2,2	W/mK

Profilo ambientale

		Laterizio	Acciaio	Clis	
Energia primaria non rinnovabile *	<i>PEInr</i>	3,54	13	0,66	MJ
Energia primaria rinnovabile *	<i>PEIrin</i>	0,33	0,24	0,01	MJ
Effetto serra *	<i>GWP</i>	0,2	0,83	0,11	kg CO ₂ eq
Acidificazione *	<i>AP</i>	0,0005	0,002	0,0003	kg SO ₂ eq
Eutrofizzazione *	<i>EP</i>	0,00008	0,00016	4,7*10 ⁻⁵	kg PO ₄ eq
Smog fotochimico *	<i>POCP</i>	6,9*10 ⁻⁵	0,00031	3,6*10 ⁻⁵	kg C ₂ H ₄ eq
Riduzione strato di ozono *	<i>ODP</i>	3,6*10 ⁻⁸	6,62*10 ⁻⁸	7,7*10 ⁻⁹	kg CFC ₁₁ eq

Energia incorporata **	<i>EE</i>	3	8,8	0,95	MJ
CO ₂ incorporata **	<i>EC</i>	0,22	0,42	0,13	kg CO ₂

unità di riferimento: 1 kg

* fonte dei dati: Atlante dei Materiali di Hegger Auch-Schwelk Fuchs Rosenkranz

** fonte dei dati: Database ICE v1.6a

Informazioni tossicologiche ed ecologiche

Aspetti tossicologici

Per quanto riguarda il sottofondo il laterizio le polveri disperse nell'aria possono provocare irritazioni alle vie aeree e agli occhi. Il calcestruzzo invece può dare luogo a irritazione delle vie respiratorie ed infiammazione delle mucose nasali e per quanto riguarda i ferri, la polvere derivante dalla loro fabbricazione può contenere metalli pesanti fino al 10%.

Aspetti ecologici

Il prodotto è inerte, l'estrazione delle materie prime comporta però impatti sul paesaggio.

Incendio

Il prodotto non è combustibile, classe 0 di reazione al fuoco.

Smaltimento

Il prodotto può essere riciclato come inerte per la formazione di sottofondi stradali, previa frantumazione e asportazione delle parti in acciaio che sono riciclabili al 100%.

3.1.33 TABELLA RIASSUNTIVA DEI VALORI DEI MATERIALI CONSIDERATI

						ATLANTE DEI MATERIALI							ICE v1.6a	
Categoria	Materiale	Materiale di Composizione	Densità (kg/m³)	Conducibilità Termica (W/mK)	unità di riferimento	PEInr (MJ)	PEIrn (MJ)	GWP (kgCO₂eq)	AP (kgSO₂eq)	EP (kgPO₄eq)	POCP (kgC₂H₄eq)	ODP (kgR11eq)	EE (MJ)	EC (kgCO₂)
<u>LEGNO</u>														
	legno lamellare	legno lamellare	380	0,11	1 kg	7,69	29,83	-1,42	0,00376344	0,0004086	0,00215054	1,1398E-07	12	0,65
	legno massiccio	legno massiccio	350	0,11	1 kg	1,35	21,14	-1,76	0,00082222	9,1111E-05	0,00068889	0,00000002	7,8	0,47
	pannello osb	pannello osb	650	0,13	1 kg	7,41	26,58	-1,35	0,00245161	0,00030645	0,00209677	8,3871E-08	9,5	0,51
<u>LEGANTI</u>														
	parete divisoria	cartongesso	760	0,2	1 kg	3,12	0,30	0,18	0,00048235	7,4118E-05	6,1176E-05	3,1765E-08	6,75	0,38
<u>MALTE E CALCESTRUZZI</u>														
	calcestruzzo	calcestruzzo	2400	2,2	1 kg	0,66	0,01	0,11	0,0002906	4,7009E-05	3,6752E-05	7,6923E-09	0,95	0,13
	intonaco	intonaco	1530	0,55	1 kg	1,78	0,02	0,30	0,00040667	0,00006	5,5333E-05	1,3333E-08	3	0,12
	malta	malta	1850	-	1 kg	1,78	0,02	0,30	0,00040667	0,00006	5,5333E-05	1,3333E-08	1,8	0,12
<u>MATERIALI LAPIDEI</u>														
	davanzale	marmo	2750	3,5	1 kg	2,50	0,09	0,16	0,00066667	7,4074E-05	5,9259E-05	2,963E-08	2	0,112
<u>MATERIALI CERAMICI</u>														
	mattoni forati	laterizio	600	0,258	1 kg	2,22	0,95	0,14	0,00045333	5,0667E-05	7,4667E-05	1,4667E-08	3	0,22
	pignatte	laterizio	505,26	-	1 kg	2,22	0,95	0,14	0,00045333	5,0667E-05	7,4667E-05	1,4667E-08	3	0,22
	pavimento	gres porcellanato	1700	0,8	1 kg	3,16	0,00	0,20	0,00048	0,0000335	0,000042	4,25E-10	9	0,59
<u>MATERIALI METALLICI</u>														
	rete elettrosaldata	acciaio riciclato	7850	56,9	1 kg	13,00	0,24	0,83	0,002	0,00016	0,00031	6,62E-08	8,8	0,42
	armatura longitudinale	acciaio riciclato	7850	56,9	1 kg	13,00	0,24	0,83	0,002	0,00016	0,00031	9,4E-08	8,8	0,42
	armatura trasversale	acciaio riciclato	7850	56,9	1 kg	13,00	0,24	0,83	0,002	0,00016	0,00031	9,4E-08	8,8	0,42
	profili a freddo	acciaio zincato	7800	56,9	1 kg	26,00	0,56	2,00	0,0057	0,0046	0,00088	8,3E-08	24,4	1,77
	lamiera stirata	acciaio inossidabile	7850	56,9	1 kg	54,00	6,30	4,80	0,037	0,012	0,0026	4,41E-07	56,7	6,15
	parapetto	acciaio inossidabile	7850	56,9	1 kg	54,00	6,30	4,80	0,037	0,012	0,0026	4,41E-07	56,7	6,15
	frangisole fisso	alluminio	2699	222	1 kg	271,00	38,00	22,00	0,069	0,0057	0,01	0,000004	218	11,46
	frangisole scorrevole	alluminio	2699	222	1 kg	271,00	38,00	22,00	0,069	0,0057	0,01	0,000004	218	11,46
	scossalina	rame riciclato	8600	384	1 kg	-18,00	-4,50	-1,40	0,015	0,0021	0,0018	-9,97E-08	17,5	0,96
<u>MATERIALI PLASTICI</u>														
	barriera al vapore	polietilene	377,77	-	1 kg	75,00	0,09	1,82	0,005	0,00063	0,0059	0,000001	78,1	1,7
	guaina bituminosa	bitume	1045	0,16	1 kg	45,60	0,01	0,37	0,002	0,00028	0,0026	0,000001	47	0,48
	pavimento	resina epossidica	1,09	-	1 kg	137,00	0,78	6,47	0,014	0,0021	0,005	0,000002	139,3	5,91

<u>MATERIALI ISOLANTI</u>														
	isolante per pareti	lana di roccia	40	0,035	1 kg	30,83	0,58	2,25	8,80952381	0,00158333	0,00208333	-	16,8	1,05
	isolante per solai	lana di roccia	100	0,035	1 kg	30,83	0,58	2,25	0,01541667	0,00158333	0,00208333	-	16,8	1,05
	pannello radiante	polistirene espanso	50	0,031	1 kg	170,33	5,67	9,33	0,23333333	0,00206667	0,00733333	-	88,6	2,5
<u>MATERIALI COMPOSITI</u>														
	architrave tralicciato	laterizio	800	0,39	1 kg	2,22	0,95	0,14	0,00045333	5,0667E-05	7,4667E-05	1,4667E-08	3	0,22
		acciaio	7850	56,9	1 kg	13,00	0,24	0,83	0,002	0,00016	0,00031	6,62E-08	8,8	0,42
		calcestruzzo	2400	2,2	1 kg	0,66	0,01	0,11	0,0002906	4,7009E-05	3,6752E-05	7,6923E-09	0,95	0,13
	blioclima zero	calcestruzzo leca	1020	0,28	1 kg	5,00	0,15	0,43	2,79	0,17	0,21	0,03	5	0,43
		polistirene con grafite	30	0,031	1 kg	170,33	5,67	9,33	0,23333333	0,00206667	0,00733333	-	88,6	2,5
		calcestruzzo leca	1020	0,28	1 kg	5,00	0,15	0,43	2,79	0,17	0,21	0,03	5	0,43
	lastre predalles	calcestruzzo prefabbricato	2240	1,31	1 kg	0,75	0,01	0,14	0,00028765	4,2301E-05	3,2995E-05	6,7682E-09	2	0,215
		acciaio	7850	56,9	1 kg	13,00	0,24	0,83	0,002	0,00016	0,00031	6,62E-08	8,8	0,42
		polistirene espanso	25	0,16	1 kg	170,33	5,67	9,33	0,23333333	0,00206667	0,00733333	-	88,6	2,5
	pavimento galleggiante	acciaio inossidabile	7850	56,9	1 kg	54,00	6,30	4,80	0,037	0,012	0,0026	4,41E-07	56,7	6,15
		gres porcellanato	1700	0,8	1 kg	3,16	0,00	0,20	0,00048	0,0000335	0,000042	4,25E-10	9	0,59
	porte	truciolare	625	0,13	1 kg	8,43	18,28	-1,19	0,0013913	0,00176812	0,00023188	1,2464E-07	16	0,86
		listellare	545	0,12	1 kg	7,69	29,83	-1,42	0,00376344	0,0004086	0,00215054	1,1398E-07	7,8	0,47
		compensato	600	0,15	1 kg	9,65	30,70	-1,30	0,00330612	0,00038776	0,00265306	1,4286E-07	15	0,81
		acciaio riciclato	7850	56,9	1 kg	13,00	0,24	0,83	0,002	0,00016	0,00031	6,62E-08	8,8	0,42
	serramenti	alluminio	2780	130	1 kg	271,00	38,00	22,00	0,069	0,0057	0,01	0,000004	218	11,46
		epdm	955	-	1 kg	76,00	0,25	1,97	0,0082	0,00054	0,0029	0,00000056	101,7	3,18
		vetro	2490	0,8	1 kg	14,00	0,08	0,88	0,006408	0,0009	0,00053	2,83E-08	15	0,85
	tende	alluminio	2700	-	1 kg	271,00	38,00	22,00	0,069	0,0057	0,01	0,000004	218	11,46
		poliestere	1200	0,6	1 kg	97,40	-	2,35	-	-	-	-	97,4	2,35
	travetti prefabbricati	laterizio	800	0,39	1 kg	3,54	0,33	0,20	0,00054667	0,000084	6,9333E-05	3,6E-08	3	0,22
		acciaio	7850	56,9	1 kg	13,00	0,24	0,83	0,002	0,00016	0,00031	6,62E-08	8,8	0,42
		calcestruzzo	2400	2,2	1 kg	0,66	0,01	0,11	0,0002906	4,7009E-05	3,6752E-05	7,6923E-09	0,95	0,13

3.2 SCHEDE SERRAMENTI

La stesura di queste schede ha come obiettivo quello di facilitare i calcoli delle valutazioni che verranno presentate di seguito, oltre a fare una catalogazione complessiva di tutti gli infissi presenti.

In ogni scheda sono state esplicitate le misure di ogni serramento oltre che al numero di serramenti presenti nell'edificio. Sono stati poi riportati i calcoli effettuati per calcolare il volume delle parti che compongono tali serramenti e quindi alluminio, vetro e gomma e successivamente i kg di materiale presente in totale.

Vengono infine riportate le caratteristiche di ogni singolo infisso, dal materiale utilizzato alla trasmittanza, dai valori di isolamento acustico alla tipologia di vetro e di apertura.

I serramenti sono stati così catalogati:

- serramento di tipo a
- serramento di tipo b
- serramento di tipo c
- serramento di tipo d
- serramento di tipo e
- serramento di tipo f
- serramento di tipo g
- serramento di tipo h
- serramento di tipo i
- serramento di tipo l
- serramento di tipo m

3.2.1 SERRAMENTO DI TIPO A



Dimensioni del serramento

4,75 x 3,60 m

Numero di serramenti nel progetto

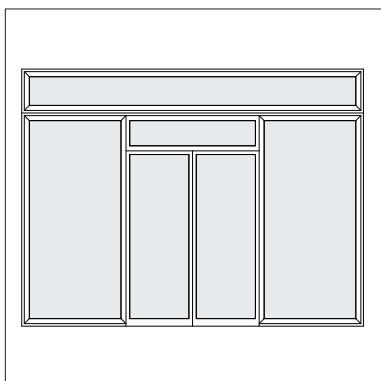
4

Volume di alluminio in un serramento

$(4,75 \times 0,0013 \times 2) + (3,6 \times 0,0013 \times 2) + (4,75 \times 0,0015) + (2,85 \times 0,0017 \times 2) + (1,8 \times 0,0015) + (2,5 \times 0,0017) = 0,0453 \text{ m}^3$

Quantità di alluminio in un serramento

$0,0453 \text{ m}^3 = 125,80 \text{ kg}$



Volume di vetro in un serramento

$(12,4708 \times 0,006) + (12,4708 \times 0,008) = 0,1746 \text{ m}^3$

Quantità di vetro in un serramento

$0,1746 \text{ m}^3 = 434,73 \text{ kg}$

Volume di gomma in un serramento

$(4,75 \times 0,0009 \times 2) + (3,6 \times 0,0009 \times 2) + (4,75 \times 0,001) + (2,85 \times 0,001 \times 2) + (1,8 \times 0,001) + (2,5 \times 0,001) = 0,0297 \text{ m}^3$

Quantità di gomma in un serramento

$0,0297 \text{ m}^3 = 28,31 \text{ kg}$

Materiale telaio

Profilo in alluminio a taglio termico

Resistenza alle intemperie

Permeabilità all'aria testata secondo EN 12207: classe 4

Tenuta all'acqua testata secondo EN 12208: classe E900

Telaio finestra U_f 2,1 W/m²K

Trasmittanza termica unitaria U_w da 1,5 W/m²K

Valori di isolamento acustico

Finestra complessiva R_w da 36 a 46 dB

Tipologia vetro

Doppio vetro basso-emissivo Plus Valor, 30 mm, U_g 1,1 W/m²K, vetro standard

Tipologia apertura

Fissa

3.2.2 SERRAMENTO DI TIPO B

**Dimensioni del serramento**

3,25 x 3,60 m

Numero di serramenti nel progetto

1

Volume di alluminio in un serramento

$(3,25 \times 0,0013 \times 2) + (3,60 \times 0,0013 \times 2) + (3,25 \times 0,0015) = 0,0227 \text{ m}^3$

Quantità di alluminio in un serramento

$0,0227 \text{ m}^3 = 63,06 \text{ kg}$

Volume di vetro in un serramento

$(8,9282 \times 0,006) + (8,9282 \times 0,008) = 0,1250 \text{ m}^3$

Quantità di vetro in un serramento

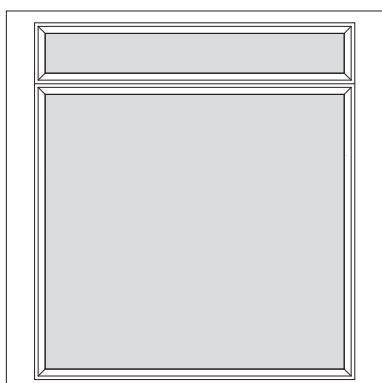
$0,1249 \text{ m}^3 = 311,25 \text{ kg}$

Volume di gomma in un serramento

$(3,25 \times 0,0009 \times 2) + (3,60 \times 0,0009 \times 2) + (3,25 \times 0,001) = 0,0156 \text{ m}^3$

Quantità di gomma in un serramento

$0,0156 \text{ m}^3 = 14,88 \text{ kg}$

**Materiale telaio**

Profilo in alluminio a taglio termico

Resistenza alle intemperie

Permeabilità all'aria testata secondo EN 12207: classe 4

Tenuta all'acqua testata secondo EN 12208: classe E900

Telaio finestra U_f 2,1 W/m²K

Trasmittanza termica unitaria U_w da 1,5 W/m²K

Valori di isolamento acustico

Finestra complessiva R_w da 36 a 46 dB

Tipologia vetro

Doppio vetro basso-emissivo Plus Valor, 30 mm, U_g 1,1 W/m²K, vetro standard

Tipologia apertura

Fissa

3.2.3 SERRAMENTO DI TIPO C



Dimensioni del serramento

2,62 x 3,60 m

Numero di serramenti nel progetto

8

Volume di alluminio in un serramento

$(2,62 \times 0,0013 \times 2) + (3,60 \times 0,0013 \times 2) + (0,0015 \times 2,62) + 2,85 \times 0,0017 = 0,0249 \text{ m}^3$

Quantità di alluminio in un serramento

$0,0249 \text{ m}^3 = 69,35 \text{ kg}$

Volume di vetro in un serramento

$(8,9036 \times 0,006) + (8,9036 \times 0,008) = 0,1247 \text{ m}^3$

Quantità di vetro in un serramento

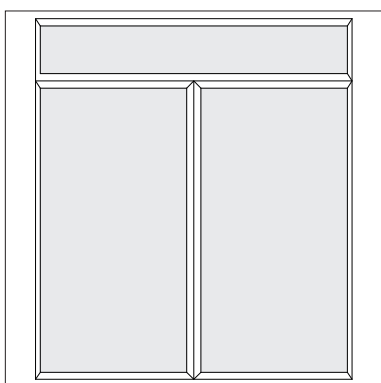
$0,1247 \text{ m}^3 = 310,38 \text{ kg}$

Volume di gomma in un serramento

$(2,62 \times 0,0009 \times 2) + (3,60 \times 0,0009 \times 2) + (0,001 \times 2,62) + (2,85 \times 0,001) = 0,0167 \text{ m}^3$

Quantità di gomma in un serramento

$0,0167 \text{ m}^3 = 15,92 \text{ kg}$



Materiale telaio

Profilo in alluminio a taglio termico

Resistenza alle intemperie

Permeabilità all'aria testata secondo EN 12207: classe 4

Tenuta all'acqua testata secondo EN 12208: classe E900

Telaio finestra U_f 2,1 W/m²K

Trasmittanza termica unitaria U_w da 1,5 W/m²K

Valori di isolamento acustico

Finestra complessiva R_w da 36 a 46 dB

Tipologia vetro

Doppio vetro basso-emissivo Plus Valor, 30 mm, U_g 1,1 W/m²K, vetro standard

Tipologia apertura

Fissa

3.2.4 SERRAMENTO DI TIPO D



Dimensioni del serramento

1,00 x 0,75 m

Numero di serramenti nel progetto

8

Volume di alluminio in un serramento

$(1 \times 0,0013 \times 2) + (0,75 \times 0,0013 \times 2) = 0,0046 \text{ m}^3$

Quantità di alluminio in un serramento

$0,0046 \text{ m}^3 = 12,65 \text{ kg}$

Volume di vetro in un serramento

$(0,4398 \times 0,006) + (0,4398 \times 0,008) = 0,0062 \text{ m}^3$

Quantità di vetro in un serramento

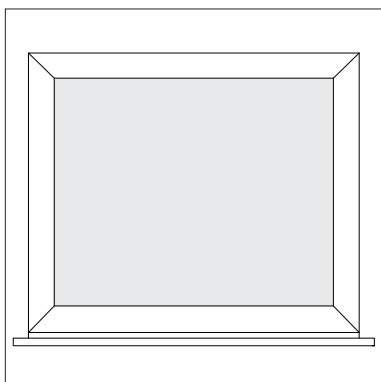
$0,0062 \text{ m}^3 = 15,33 \text{ kg}$

Volume di gomma in un serramento

$(1 \times 0,0009 \times 2) + (0,75 \times 0,0009 \times 2) = 0,0032 \text{ m}^3$

Quantità di gomma in un serramento

$0,0032 \text{ m}^3 = 3,01 \text{ kg}$



Materiale telaio

Profilo in alluminio a taglio termico

Resistenza alle intemperie

Permeabilità all'aria testata secondo EN 12207: classe 4

Tenuta all'acqua testata secondo EN 12208: classe E900

Telaio finestra U_f 2,1 W/m²K

Trasmittanza termica unitaria U_w da 1,5 W/m²K

Valori di isolamento acustico

Finestra complessiva R_w da 36 a 46 dB

Tipologia vetro

Doppio vetro basso-emissivo Plus Valor, 30 mm, U_g 1,1 W/m²K, vetro standard

Tipologia apertura

Ad anta

3.2.5 SERRAMENTO DI TIPO E



Dimensioni del serramento

1,00 x 0,5 m

Numero di serramenti nel progetto

5

Volume di alluminio in un serramento

$(1 \times 0,0013 \times 2) + (0,55 \times 0,0013 \times 2) = 0,0039 \text{ m}^3$

Quantità di alluminio in un serramento

$0,0039 \text{ m}^3 = 10,84 \text{ kg}$

Volume di vetro in un serramento

$(0,2648 \times 0,006) + (0,2648 \times 0,008) = 0,0037 \text{ m}^3$

Quantità di vetro in un serramento

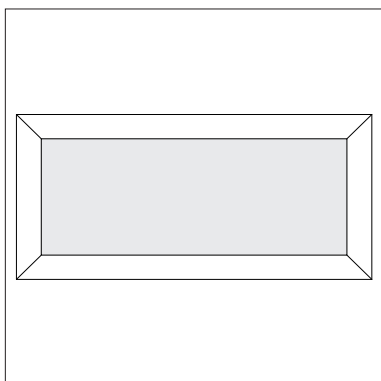
$0,0037 \text{ m}^3 = 9,23 \text{ kg}$

Volume di gomma in un serramento

$(1 \times 0,0009 \times 2) + (0,55 \times 0,0009 \times 2) = 0,0027 \text{ m}^3$

Quantità di gomma in un serramento

$0,0027 \text{ m}^3 = 2,58 \text{ kg}$



Materiale telaio

Profilo in alluminio a taglio termico

Resistenza alle intemperie

Permeabilità all'aria testata secondo EN 12207: classe 4

Tenuta all'acqua testata secondo EN 12208: classe E900

Telaio finestra U_f 2,1 W/m²K

Trasmittanza termica unitaria U_w da 1,5 W/m²K

Valori di isolamento acustico

Finestra complessiva R_w da 36 a 46 dB

Tipologia vetro

Doppio vetro basso-emissivo Plus Valor, 30 mm, U_g 1,1 W/m²K, vetro standard

Tipologia apertura

Fissa

3.2.6 SERRAMENTO DI TIPO F



Dimensioni del serramento

4,75 x 2,90 m

Numero di serramenti nel progetto

8

Volume di alluminio in un serramento

$(4,75 \times 0,0032 \times 2) + (2,90 \times 0,0032 \times 2) + (2,90 \times 0,0022 \times 3) = 0,0684 \text{ m}^3$

Quantità di alluminio in un serramento

$0,0684 \text{ m}^3 = 190,04 \text{ kg}$

Volume di vetro in un serramento

$(10,4305 \times 0,006) + (10,4305 \times 0,008) = 0,1460 \text{ m}^3$

Quantità di vetro in un serramento

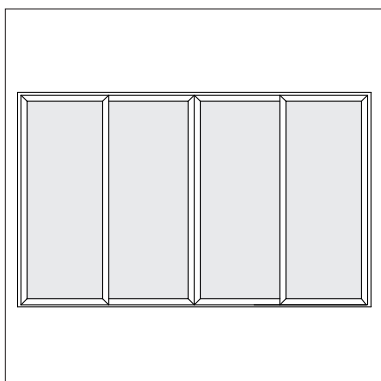
$0,1460 \text{ m}^3 = 363,61 \text{ kg}$

Volume di in un serramento

$(4,75 \times 0,0009 \times 2) + (2,90 \times 0,0009 \times 2) + (2,90 \times 0,0018 \times 3) = 0,0296 \text{ m}^3$

Quantità di gomma in un serramento

$0,0296 \text{ m}^3 = 28,24 \text{ kg}$



Materiale telaio

Profilo in alluminio a taglio termico

Resistenza alle intemperie

Permeabilità all'aria testata secondo EN 12207: classe 4

Tenuta all'acqua testata secondo EN 12208: classe E900

Telaio finestra $U_f 2,1 \text{ W/m}^2\text{K}$

Trasmittanza termica unitaria U_w da $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$

Valori di isolamento acustico

Finestra complessiva R_w da 36 a 46 dB

Tipologia vetro

Doppio vetro basso-emissivo Plus Valor, 30 mm, $U_g 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$, vetro standard

Tipologia apertura

Porta finestra scorrevole

3.2.7 SERRAMENTO DI TIPO G



Dimensioni del serramento

1,60 x 1,50 m

Numero di serramenti nel progetto

12

Volume di alluminio in un serramento

$(1,60 \times 0,0013 \times 2) + (1,50 \times 0,0013 \times 2) + (1,50 \times 0,0017) = 0,0104 \text{ m}^3$

Quantità di alluminio in un serramento

$0,0104 \text{ m}^3 = 28,99 \text{ kg}$

Volume di vetro in un serramento

$(1,5148 \times 0,006) + (1,5148 \times 0,008) = 0,0212 \text{ m}^3$

Quantità di vetro in un serramento

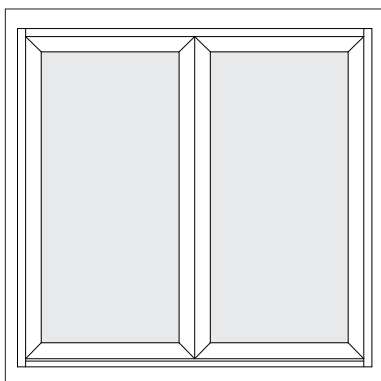
$0,0212 \text{ m}^3 = 52,80 \text{ kg}$

Volume di gomma in un serramento

$(1,60 \times 0,0009 \times 2) + (1,50 \times 0,0009 \times 2) + (1,50 \times 0,001) = 0,0070 \text{ m}^3$

Quantità di gomma in un serramento

$0,0070 \text{ m}^3 = 6,65 \text{ kg}$



Materiale telaio

Profilo in alluminio a taglio termico

Resistenza alle intemperie

Permeabilità all'aria testata secondo EN 12207: classe 4

Tenuta all'acqua testata secondo EN 12208: classe E900

Telaio finestra U_f 2,1 W/m²K

Trasmittanza termica unitaria U_w da 1,5 W/m²K

Valori di isolamento acustico

Finestra complessiva R_w da 36 a 46 dB

Tipologia vetro

Doppio vetro basso-emissivo Plus Valor, 30 mm, U_g 1,1 W/m²K, vetro standard

Tipologia apertura

Ad anta

3.2.8 SERRAMENTO DI TIPO H

**Dimensioni del serramento**

1,00 x 2,60 m

Numero di serramenti nel progetto

8

Volume di alluminio in un serramento

$(1,00 \times 0,0013 \times 2) + (2,60 \times 0,0013 \times 2) = 0,0093 \text{ m}^3$

Quantità di alluminio in un serramento

$0,0093 \text{ m}^3 = 25,88 \text{ kg}$

Volume di vetro in un serramento

$(1,7294 \times 0,006) + (1,7294 \times 0,008) = 0,0242 \text{ m}^3$

Quantità di vetro in un serramento

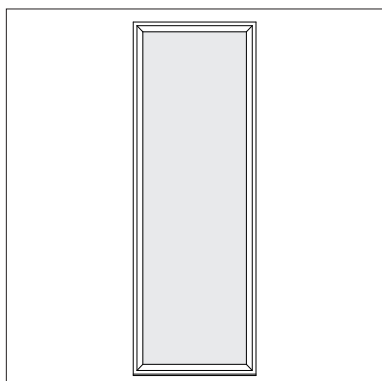
$0,0242 \text{ m}^3 = 60,29 \text{ kg}$

Volume di gomma in un serramento

$(1,00 \times 0,0009 \times 2) + (2,60 \times 0,0009 \times 2) = 0,0064 \text{ m}^3$

Quantità di gomma in un serramento

$0,0064 \text{ m}^3 = 6,15 \text{ kg}$

**Materiale telaio**

Profilo in alluminio a taglio termico

Resistenza alle intemperie

Permeabilità all'aria testata secondo EN 12207: classe 4

Tenuta all'acqua testata secondo EN 12208: classe E900

Telaio finestra U_f 2,1 W/m²K

Trasmittanza termica unitaria U_w da 1,5 W/m²K

Valori di isolamento acustico

Finestra complessiva R_w da 36 a 46 dB

Tipologia vetro

Doppio vetro basso-emissivo Plus Valor, 30 mm, U_g 1,1 W/m²K, vetro standard

Tipologia apertura

Fissa

3.2.9 SERRAMENTO DI TIPO I

**Dimensioni del serramento**

1,00 x 1,50 m

Numero di serramenti nel progetto

28

Volume di alluminio in un serramento

$(1,00 \times 0,0013 \times 2) + (1,50 \times 0,0013 \times 2) = 0,0064 \text{ m}^3$

Quantità di alluminio in un serramento

$0,0064 \text{ m}^3 = 17,92 \text{ kg}$

Volume di vetro in un serramento

$(0,9280 \times 0,006) + (0,9280 \times 0,008) = 0,0130 \text{ m}^3$

Quantità di vetro in un serramento

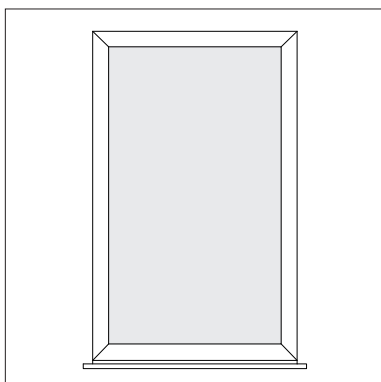
$0,0130 \text{ m}^3 = 32,35 \text{ kg}$

Volume di gomma in un serramento

$(1,00 \times 0,0009 \times 2) + (1,50 \times 0,0009 \times 2) = 0,0045 \text{ m}^3$

Quantità di gomma in un serramento

$0,0045 \text{ m}^3 = 4,26 \text{ kg}$

**Materiale telaio**

Profilo in alluminio a taglio termico

Resistenza alle intemperie

Permeabilità all'aria testata secondo EN 12207: classe 4

Tenuta all'acqua testata secondo EN 12208: classe E900

Telaio finestra U_f 2,1 W/m²K

Trasmittanza termica unitaria U_w da 1,5 W/m²K

Valori di isolamento acustico

Finestra complessiva R_w da 36 a 46 dB

Tipologia vetro

Doppio vetro basso-emissivo Plus Valor, 30 mm, U_g 1,1 W/m²K, vetro standard

Tipologia apertura

Ad anta

3.2.10 SERRAMENTO DI TIPO L

**Dimensioni del serramento**

1,60 x 0,75 m

Numero di serramenti nel progetto

8

Volume di alluminio in un serramento

$(1,60 \times 0,0013 \times 2) + (0,75 \times 0,0013 \times 2) = 0,0061 \text{ m}^3$

Quantità di alluminio in un serramento

$0,0061 \text{ m}^3 = 16,84 \text{ kg}$

Volume di vetro in un serramento

$(0,6237 \times 0,006) + (0,6237 \times 0,008) = 0,0087 \text{ m}^3$

Quantità di vetro in un serramento

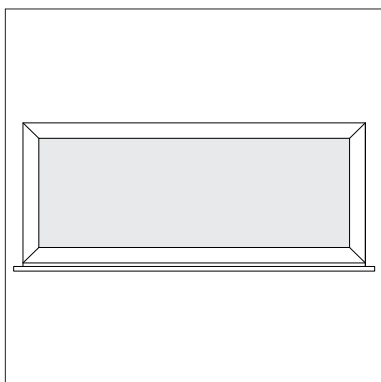
$0,0087 \text{ m}^3 = 21,74 \text{ kg}$

Volume di gomma

$(1,60 \times 0,0009 \times 2) + (0,75 \times 0,0009 \times 2) = 0,0042 \text{ m}^3$

Quantità di gomma in un serramento

$0,0042 \text{ m}^3 = 4,00 \text{ kg}$

**Materiale telaio**

Profilo in alluminio a taglio termico

Resistenza alle intemperie

Permeabilità all'aria testata secondo EN 12207: classe 4

Tenuta all'acqua testata secondo EN 12208: classe E900

Telaio finestra U_f 2,1 W/m²K

Trasmittanza termica unitaria U_w da 1,5 W/m²K

Valori di isolamento acustico

Finestra complessiva R_w da 36 a 46 dB

Tipologia vetro

Doppio vetro basso-emissivo Plus Valor, 30 mm, U_g 1,1 W/m²K, vetro standard

Tipologia apertura

Ad anta

3.2.11 SERRAMENTO DI TIPO M



Dimensioni del serramento

4,75 x 3,00 m

Numero di serramenti nel progetto

8

Volume di alluminio in un serramento

$(4,75 \times 0,0013) + (4,75 \times 0,0021) + (3,00 \times 0,0026 \times 2) + (3,00 \times 0,0013 \times 3) = 0,0435 \text{ m}^3$

Quantità di alluminio in un serramento

$0,0435 \text{ m}^3 = 120,79 \text{ kg}$

Volume di vetro in un serramento

$(10,2677 \times 0,006) + (10,2677 \times 0,008) = 0,1437 \text{ m}^3$

Quantità di vetro in un serramento

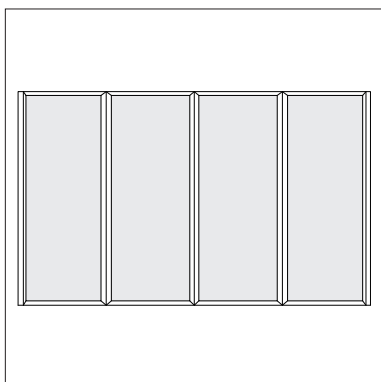
$0,1437 \text{ m}^3 = 357,93 \text{ kg}$

Volume di gomma in un serramento

$(4,75 \times 0,0009) + (4,75 \times 0,0009) + (3,00 \times 0,0013 \times 2) + (3,00 \times 0,0009 \times 3) = 0,0245 \text{ m}^3$

Quantità di gomma in un serramento

$0,0245 \text{ m}^3 = 23,35 \text{ kg}$



Materiale telaio

Profilo in alluminio a taglio termico

Resistenza alle intemperie

Permeabilità all'aria testata secondo EN 12207: classe 4

Tenuta all'acqua testata secondo EN 12208: classe E900

Telaio finestra U_f 2,1 W/m²K

Trasmittanza termica unitaria U_w da 1,5 W/m²K

Valori di isolamento acustico

Finestra complessiva R_w da 36 a 46 dB

Tipologia vetro

Doppio vetro basso-emissivo Plus Valor, 30 mm, U_g 1,1 W/m²K, vetro standard

Tipologia apertura

Fissa

3.2.12 TABELLA RIASSUNTIVA DELLE QUANTITA' DI ALLUMINIO

	dimensioni serramenti					area profili in alluminio			n° finestre	volume alluminio totale (m³)	kg di alluminio
	A (m)	B (m)	C (m)	D (m)	E (m)	area a (m²)	area b (m²)	area c (m²)			
SERRAMENTO a	4,75	3,6	2,85	1,8	2,37	0,0017	0,0013	0,0015	4	0,18	503,22
SERRAMENTO b	3,25	3,6	-	-	-	0,0017	0,0013	0,0015	1	0,02	63,06
SERRAMENTO c	2,62	3,6	2,85	-	-	0,0017	0,0013	0,0015	8	0,20	554,82
SERRAMENTO d	1	0,75	-	-	-	0,0013	-	-	8	0,04	101,19
SERRAMENTO e	1	0,5	-	-	-	0,0013	-	-	5	0,02	54,21
SERRAMENTO f	4,75	2,92	-	-	-	0,0032	0,0022	-	8	0,55	1520,33
SERRAMENTO g	1,58	1,47	-	-	-	0,0017	0,0013	-	12	0,13	347,91
SERRAMENTO h	0,98	2,6	-	-	-	0,0013	-	-	8	0,07	207,01
SERRAMENTO i	0,98	1,5	-	-	-	0,0013	-	-	28	0,18	501,91
SERRAMENTO l	1,58	0,75	-	-	-	0,0013	-	-	8	0,05	134,73
SERRAMENTO m	4,75	3	-	-	-	0,0013	0,0026	0,0021	8	0,35	966,33
totale										1,78	4954,73

3.2.13 TABELLA RIASSUNTIVA DELLE QUANTITA' DI VETRO

	spessore vetro esterno (m)	spessore vetro interno (m)	area vetro cad (m²)	n° finestre	volume vetro totale (m³)	kg di vetro
SERRAMENTO a	0,006	0,008	12,4708	4	0,70	1738,93
SERRAMENTO b	0,006	0,008	8,9282	1	0,12	311,24
SERRAMENTO c	0,006	0,008	8,9036	8	1,00	2483,04
SERRAMENTO d	0,006	0,008	0,4398	8	0,05	122,65
SERRAMENTO e	0,006	0,008	0,2648	5	0,02	46,15
SERRAMENTO f	0,006	0,008	10,4305	8	1,17	2908,86
SERRAMENTO g	0,006	0,008	1,5148	12	0,25	633,67
SERRAMENTO h	0,006	0,008	1,7294	8	0,19	482,30
SERRAMENTO i	0,006	0,008	0,9280	28	0,36	905,80
SERRAMENTO l	0,006	0,008	0,6237	8	0,07	173,94
SERRAMENTO m	0,006	0,008	10,2677	8	1,15	2863,46
			totale		5,09	12670,04

3.2.14 TABELLA RIASSUNTIVA DELLE QUANTITA' DI GOMMA

	dimensioni serramenti					area gomma					
	A (m)	B (m)	C (m)	D (m)	E (m)	area a (m ²)	area b (m ²)	area c (m ²)	n° finestre	volume gomma totale (m ³)	kg di gomma
SERRAMENTO a	4,75	3,6	2,85	1,8	2,37	0,0010	0,0009	0,0010	4	0,12	113,26
SERRAMENTO b	3,25	3,6	-	-	-	0,0010	0,0009	0,0010	1	0,02	14,88
SERRAMENTO c	2,62	3,6	2,85	-	-	0,0010	0,0009	0,0010	8	0,13	127,33
SERRAMENTO d	1	0,75	-	-	-	0,0009	-	-	8	0,03	24,07
SERRAMENTO e	1	0,5	-	-	-	0,0009	-	-	5	0,01	12,89
SERRAMENTO f	4,75	2,92	-	-	-	0,0009	0,0018	-	8	0,24	225,95
SERRAMENTO g	1,58	1,47	-	-	-	0,0010	0,0009	-	12	0,08	79,76
SERRAMENTO h	0,98	2,6	-	-	-	0,0009	-	-	8	0,05	49,23
SERRAMENTO i	0,98	1,5	-	-	-	0,0009	-	-	28	0,12	119,37
SERRAMENTO l	1,58	0,75	-	-	-	0,0009	-	-	8	0,03	32,04
SERRAMENTO m	4,75	3	-	-	-	0,0009	0,0013	0,0009	8	0,20	186,80
totale										1,03	985,58

LA VALUTAZIONE CON IL PROTOCOLLO ITACA

La valutazione effettuata con il Protocollo Itaca è stata svolta paragonando le due tipologie di strutture analizzate in questa tesi, calcestruzzo armato e legno, con l'obiettivo di verificare quale delle due meglio soddisfi i criteri richiesti dal Protocollo.

Il Protocollo di riferimento utilizzato per la valutazione è quello delle regioni Marche. La scelta è dovuta in primo luogo alla mancanza di un Protocollo per la regione Lombardia, regione dove è stato sviluppato l'edificio di progetto, e in secondo luogo perché tra tutti i Protocolli a disposizione, quello delle regioni Marche è risultato essere il più completo dal punto di vista dei materiali.

Come più volte accennato, difatti, tale valutazione è una valutazione parziale. Come sarà poi per la valutazione LCA, anche in questo caso si sono presi in considerazione solo i criteri relativi ai materiali e quindi non è stato applicato l'intero Protocollo, ma solo sette criteri .

In modo particolare i criteri scelti sono stati i seguenti:

- energia inglobata nei materiali da costruzione,
- materiali da fonti rinnovabili,
- materiali riciclati/recuperati,
- materiali locali,
- materiali locali per finiture,
- materiali riciclabili e smontabili,
- emissioni inglobate nei materiali da costruzione.

Di tutti i criteri sopra citati, la valutazione non è stata possibile per il criterio riguardante i materiali da fonti rinnovabili, perché all'interno del progetto non si è previsto l'utilizzo di tali materiali.

Per ognuno dei criteri, quindi, sono state effettuate delle valutazioni per entrambe le strutture i cui risultati sono stati successivamente paragonati per verificare quale delle due strutture meglio risponda ai requisiti richiesti dal Protocollo.

ENERGIA INCORPORATA NEI MATERIALI DA COSTRUZIONE

Descrizione di calcolo

Per il calcolo dell'energia incorporata (MJ) ci si è riferiti all'esercitazione svolta con il metodo LCA. Si sono considerati solo i dati relativi alla produzione dei materiali e quindi si è escluso dal calcolo il trasporto degli stessi dallo stabilimento di produzione all'area di progetto.

Come per la valutazione LCA, si sono riportati calcoli effettuati con i valori tratti dal Database ICE v16a e dall'Atlante dei Materiali.

Il valore espresso è in MJ/m², perchè il valore di energia inglobata ottenuto è stato diviso per la superficie utile di progetto che è pari a S_{lp} = 2053,87 m².

Calcolo dell'energia inglobata

Database ICE v16a

Struttura in calcestruzzo: $6.828.406,21 \text{ MJ} / 2053,87 \text{ m}^2 = 3.324,65 \text{ MJ/m}^2$

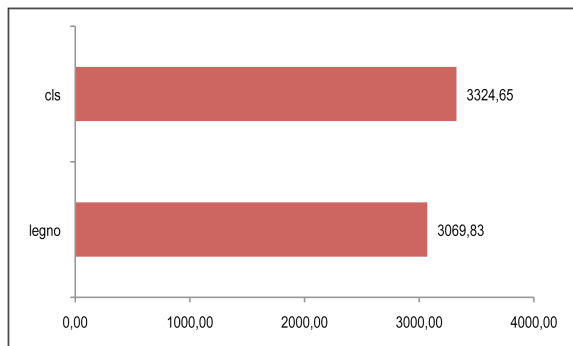
Struttura in legno: $6.305.029,44 \text{ MJ} / 2053,87 \text{ m}^2 = 3.069,83 \text{ MJ/m}^2$

Atlante dei Materiali

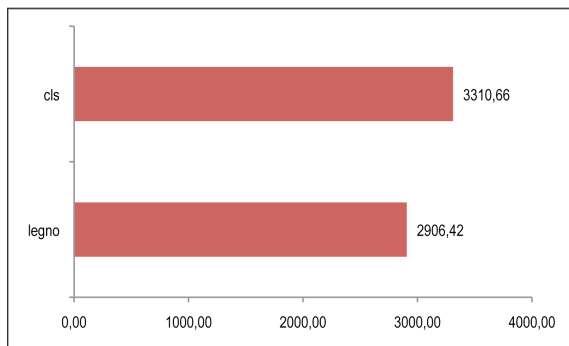
Struttura in calcestruzzo: $6.799.674,92 \text{ MJ} / 2053,87 \text{ m}^2 = 3.310,66 \text{ MJ/m}^2$

Struttura in legno: $5.969.411,14 \text{ MJ} / 2053,87 \text{ m}^2 = 2.906,42 \text{ MJ/m}^2$

DATABASE ICE v16a



ATLANTE DEI MATERIALI



Conclusioni

In entrambi i casi, la struttura in calcestruzzo armato ha valori superiori rispetto alla struttura in legno. A differenza dei risultati ottenuti effettuando la valutazione con il Database ICE v16a, dove la differenza tra le due strutture è minima, i risultati tratti dalla valutazione con l'Atlante dei Materiali si discostano maggiormente. Ciò è dovuto all'approccio differente della costruzione dei dati.

MATERIALI RICICLATI/RECUPERATI

Descrizione di calcolo

All'interno del progetto sono stati impiegati materiali riciclati come le armature longitudinali e trasversali in acciaio utilizzate per le travi e i pilastri, la rete elettrosaldata impiegata nei solai in laterocemento della struttura in calcestruzzo e la scossalina in rame.

Per procedere con la valutazione del criterio, si è dapprima calcolato il peso complessivo (kg) di tutti i materiali presenti nel progetto in entrambe le strutture e poi il peso (kg) dei soli materiali riciclati utilizzati. In questo modo si è ottenuta una percentuale, per entrambe le strutture, dei materiali riciclati rispetto al totale dei materiali impiegati nella costruzione.

Calcolo del peso di materiali riciclati

Struttura in calcestruzzo

Peso totale della struttura: 2.711.879,97 kg

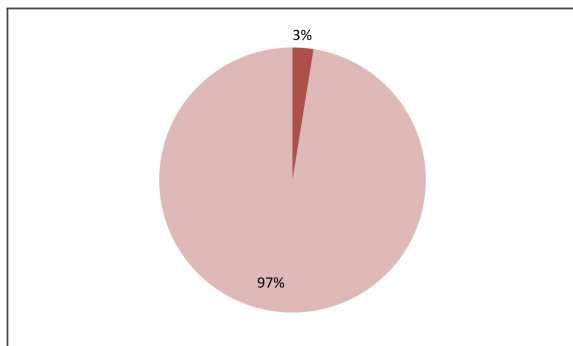
Peso dei materiali riciclati: 70.349,98 kg

Struttura in legno

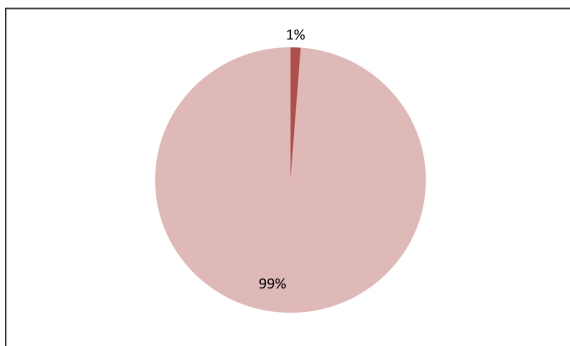
Peso totale della struttura: 2.114.563,21 kg

Peso dei materiali riciclati: 25.822,64 kg

CALCESTRUZZO



LEGNO



Conclusioni

La percentuale di materiali riciclati utilizzati all'interno del progetto risulta maggiore nella struttura in calcestruzzo armato. Questo è dovuto alla presenza maggiore di armature longitudinali e trasversali, oltre che alla rete elettrosaldata in questa struttura a differenza di quella in legno che utilizza al contrario grandi quantità di legno lamellare per i pilastri e legno massiccio per i solai.

MATERIALI LOCALI

Descrizione di calcolo

Nella scelta delle ditte produttrici dei materiali presenti nel progetto, si è prestata molta attenzione alla distanza degli stabilimenti produttivi all'area di progetto situata a Monza. Difatti molti degli stabilimenti distano a meno di 300 km come richiesto dal criterio del Protocollo.

In modo particolare i materiali i cui stabilimenti distano a meno di 300 km sono: calcestruzzo, lastre predalles, pannello radiante, intonaco e malta, serramenti, davanzali, scossalina, mattoni forati, frangisole scorrevoli e fissi, parapetti, lamiere stirate, pavimento in resina, lecablocco, porte a battente e scorrevole, pavimento ceramico e galleggiante.

Anche in questo caso per procedere con il calcolo, si è dapprima calcolato il peso complessivo (kg) di tutti i materiali presenti nel progetto e poi il peso (kg) dei materiali locali.

Calcolo del peso di materiali locali

Struttura in calcestruzzo

Peso totale della struttura: 2.711.879,97 kg

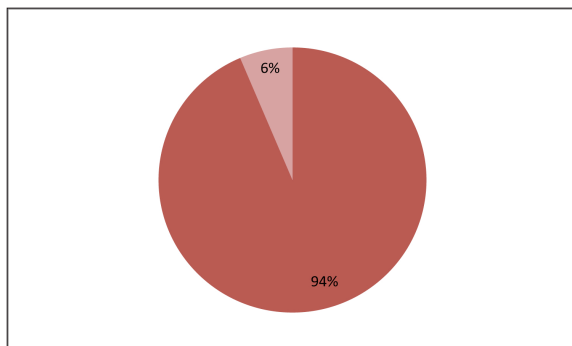
Peso dei materiali locali: 2.526.833,48 kg

Struttura in legno

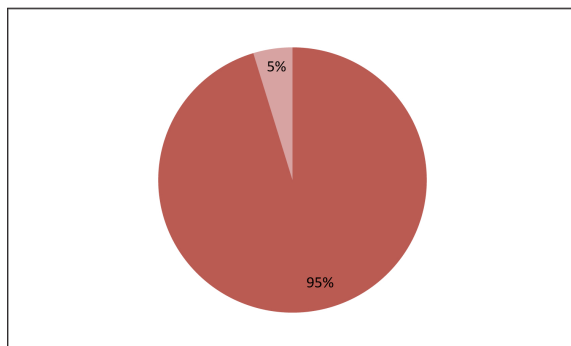
Peso totale della struttura: 2.114.563,21 kg

Peso dei materiali locali: 2.009.963,21 kg

CALCESTRUZZO



LEGNO



Conclusioni

La percentuale di materiali locali utilizzati all'interno del progetto è di poco superiore nella struttura in legno. Come si nota dai grafici, sia per la struttura in calcestruzzo armato che per la struttura in legno, la quantità di materiali locali si attesta intorno al 95% del peso complessivo di tutta la struttura.

MATERIALI LOCALI PER FINITURE

Descrizione di calcolo

All'interno del progetto sono stati impiegati materiali locali per finiture come intonaco, pavimento in resina, pavimento galleggiante e pavimento ceramico.

Come per gli altri casi, si è dapprima calcolato il peso complessivo (kg) di tutti i materiali presenti nel progetto in entrambe le strutture e poi il peso (kg) dei materiali locali di finitura utilizzati.

In questo modo si è ottenuta una percentuale per entrambe le strutture dei materiali locali per finitura rispetto al totale dei materiali impiegati nella costruzione.

Calcolo del peso di materiali locali per finiture

Struttura in calcestruzzo

Peso totale della struttura: 2.711.879,97 kg

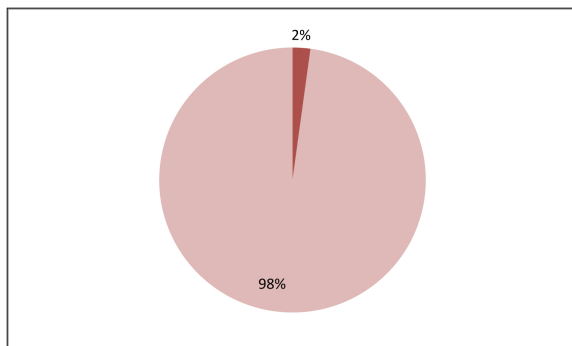
Peso dei materiali locali per finiture: 59.837,57 kg

Struttura in legno

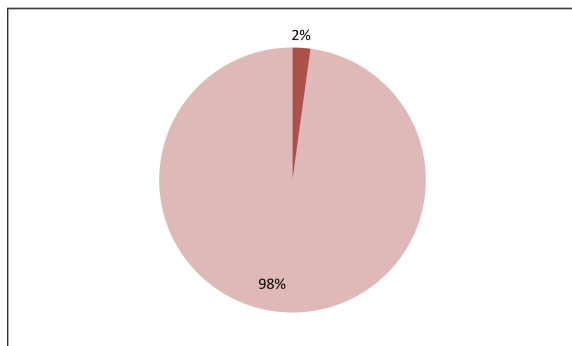
Peso totale della struttura: 2.114.563,21 kg

Peso dei materiali locali per finiture: 36.486,87 kg

CALCESTRUZZO



LEGNO



Conclusioni

La percentuale di materiali locali per finiture utilizzati all'interno del progetto risulta identica per entrambe le strutture.

MATERIALI RICICLABILI/SMONTABILI

Descrizione di calcolo

Molti sono i materiali per i quali è stato predisposto un ciclo di fine vita differente dallo smaltimento in discarica, prevedendo difatti la ri-immissione all'interno del ciclo di produzione. Tra questi vi sono: la barriera al vapore, il calcestruzzo, il cartongesso, il marmo, l'acciaio delle armature, i mattoni forati e le pignatte, i frangisole, la guaina bituminosa, l'isolante, le lamiere e i parapetti, il legno, il pannello radiante, il pavimento ceramico e galleggiante, la scossalina in rame, l'intonaco e la malta, le porte interne e i serramenti. Per le modalità di smaltimento si rimanda alle schede dei materiali del capitolo 3.

Il calcolo è stato effettuato calcolando ancora una volta il peso complessivo (kg) di tutti i materiali presenti nel progetto in entrambe le strutture e poi il peso (kg) dei materiali riciclabili utilizzati.

Calcolo del peso di materiali riciclabili e smontabili

Struttura in calcestruzzo

Peso totale della struttura: 2.711.879,97 kg

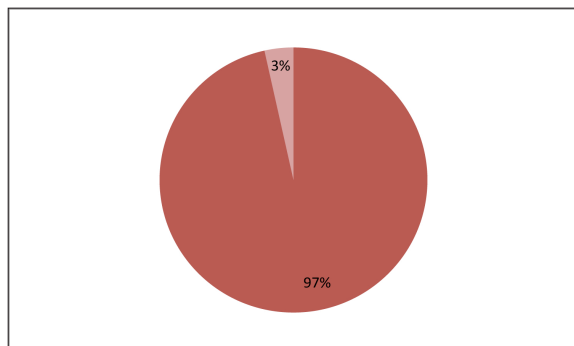
Peso dei materiali riciclabili: 2.614.049,88 kg

Struttura in legno

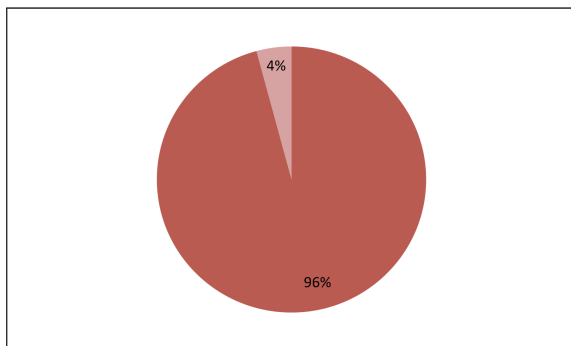
Peso totale della struttura: 2.114.563,21 kg

Peso dei materiali riciclabili: 2.021.891,53 kg

CALCESTRUZZO



LEGNO



Conclusioni

Anche in questo caso la percentuale di materiali si discosta di poco tra le due strutture. La struttura in calcestruzzo risulta essere poco più vantaggiosa e questo è imputabile al fatto che la maggior parte della struttura portante dell'edificio in legno è costituita da legno lamellare che utilizzando colle non prevede una fase di riciclo, ma di sola dismissione in discarica.

EMISSIONI INGLOBATE NEI MATERIALI DA COSTRUZIONE

Descrizione di calcolo

Le emissioni (kgCO_2) sono state calcolate, come per l'energia incorporata rifacendosi all'esercitazione svolta con il metodo LCA e prendendo in considerazione solo i dati relativi alla produzione del materiale e quindi escludendo il trasporto dello stesso dallo stabilimento di produzione all'area di progetto.

Come per la valutazione LCA, si sono riportati i calcoli effettuati con i valori tratti dal Database ICE v16a e dall'Atlante dei Materiali.

Il valore espresso è in kgCO_2/m^2 , perchè il valore delle emissioni inglobate, come per l'energia incorporata, è stato diviso per la superficie utile di progetto che è pari a $S_{lp} = 2053,87 \text{ m}^2$.

Calcolo delle emissioni inglobate

Database ICE v16a

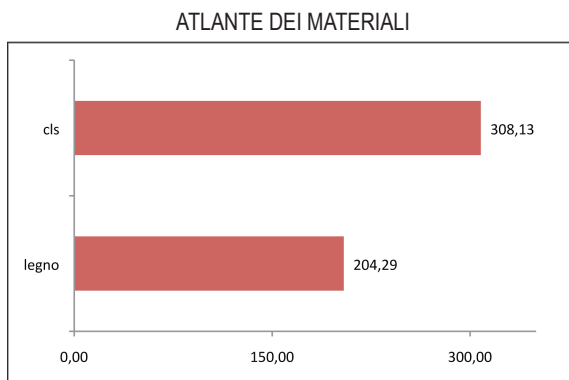
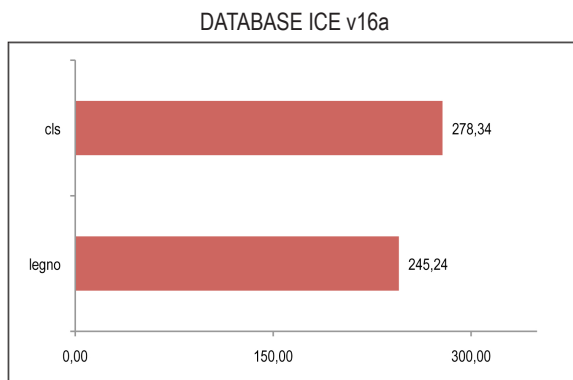
Struttura in calcestruzzo: $571.680,59 \text{ kgCO}_2 / 2053,87 \text{ m}^2 = 278,34 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2$

Struttura in legno: $503.691,53 \text{ kgCO}_2 / 2053,87 \text{ m}^2 = 245,24 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2$

Atlante dei Materiali

Struttura in calcestruzzo: $632.867,39 \text{ kgCO}_2 / 2053,87 \text{ m}^2 = 308,13 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2$

Struttura in legno: $419.577,51 \text{ kgCO}_2 / 2053,87 \text{ m}^2 = 204,29 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2$



Conclusioni

In entrambi i casi, come per l'energia incorporata, la struttura in calcestruzzo armato ha valori più elevati rispetto alla struttura in legno, che risulta quindi più vantaggiosa. La differenza è più elevata nella valutazione effettuata con i dati tratti dall'Atlante dei materiali perchè quelli riferiti al legno tengono conto dell'immagazzinamento del carbonio, abbassando notevolmente il valore delle emissioni.

4.7 CONCLUSIONI

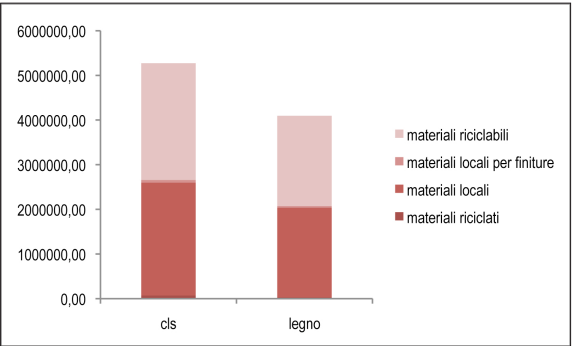
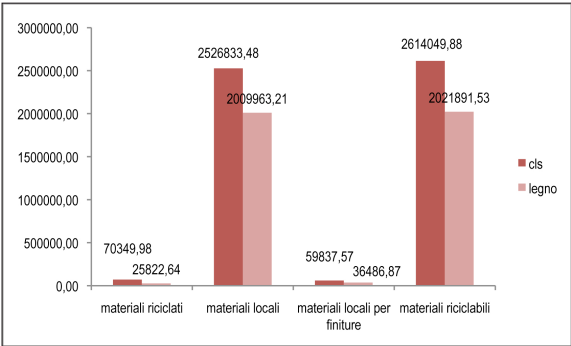
Analizzando i risultati ottenuti per quanto riguarda i valori dei materiali riciclati, i materiali locali, i materiali locali per finiture e i materiali riciclabili, e analizzando il grafico finale, si può notare come la struttura in calcestruzzo armato utilizzi notevoli quantità di questi materiali in più rispetto alla struttura in legno. In questo senso quindi sembrerebbe opportuno affermare che la struttura in calcestruzzo sia più “ambientalmente” vantaggiosa rispetto alla struttura in legno. Difatti il totale dei materiali utilizzati nella struttura in calcestruzzo si attesta intorno alle 5.300 tonnellate, mentre la struttura in legno supera di poco le 4.000 tonnellate.

Però se notiamo i risultati ottenuti dal secondo grafico che paragona le due strutture ed evidenzia i consumi e le emissioni di entrambe, è facilmente deducibile come la struttura in legno sia quella che ha i consumi ed le emissioni inferiori. Questo la rende quindi la struttura più vantaggiosa dal punto di vista ambientale.

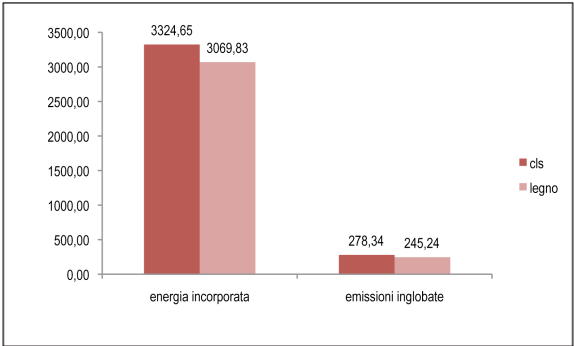
Per semplicità si sono confrontati unicamente i risultati ottenuti dalla banca dati Inventory Carbon and Energy, unicamente perché i risultati ottenuti dall'Atlante dei Materiali hanno confermato quelli del Database ICE v16a.

In conclusione quindi risulta chiaro come, nonostante la struttura in calcestruzzo utilizzi il maggior numero di materiali riciclati o di materiali locali, è la struttura in legno che ha i minori impatti sull'ambiente rendendola quindi più vantaggiosa dal punto di vista ambientale.

MATERIALI RICICLATI, LOCALI, LOCALI PER FINITURE E RICICLABILI



ENERGIA ED EMISSIONI INGLOBATE



LA VALUTAZIONE DELL'EE E CO₂ INCORPORATA

La valutazione LCA ha l'obiettivo di calcolare gli impatti ambientali derivati dalla progettazione e quindi costruzione di un edificio. In modo particolare sono stati calcolati i valori di energia incorporata e di CO₂ inglobata, ponendo particolare attenzione solo ai materiali che concorrono all'esecuzione di tale progetto, tralasciando altre componenti. Difatti non sono stati considerati nella valutazione gli impianti e le opere di sistemazione esterna.

Prima di procedere con tale valutazione, si sono effettuate lunghe ricerche per andare ad individuare i valori effettivi di ogni singolo prodotto che è stato associato a una ditta produttrice sul territorio italiano.

Data la quasi impossibilità nel reperire i dati dalle ditte, come più volte accennato, i dati si riferiscono a dati di letteratura e in modo particolare all'Atlante dei Materiali di Hegger Auch-Schwelk Fuchs Rosenkranz e alla banca dati Inventory Carbon and Energy v16a. I dati utilizzati sono stati catalogati nelle schede prodotto che si trovano nel capitolo 3.

Questo ha permesso di procedere con la valutazione e inoltre di fare confronti non solo a livello di strutture differenti per quanto riguarda la struttura portante e cioè calcestruzzo armato e legno, ma anche a livello di dati di letteratura. Difatti sono state effettuate le valutazioni dapprima utilizzando i dati ricavati dal Database ICE v16a e poi utilizzando i dati ricavati dall'Atlante, permettendo così più confronti.

In modo particolare la valutazione si compone di due fasi. La prima riguarda gli impatti ambientali dovuti alla produzione dei materiali presenti nel progetto, la seconda invece riguarda gli impatti dovuti al trasporto del materiale dallo stabilimento di produzione della ditta all'area di progetto.

Per la valutazione degli impatti ambientali dovuti alla produzione dei materiali, si è proceduto con l'individuazione degli strati che compongono i singoli pacchetti di solai e murature, definendo in

modo particolare spessori (m) e densità (kg/m^3) di ogni strato. Per procedere ed eseguire questi calcoli, si è preso come riferimento, per il calcolo dei pacchetti, il m^2 di solaio e di muratura; in altri casi, come ad esempio il corpo scale o i frangisole, si è calcolato il volume totale dell'elemento tecnico presente all'interno del progetto.

Il passaggio successivo è stato quello di individuare l'unità funzionale espressa in kg, che è stata trovata moltiplicando il volume dell'elemento tecnico (m^3) per il valore di densità del materiale (kg/m^3). Trovata quindi la quantità di materiale che concorre alla prestazione complessiva dell'elemento tecnico (kg), si è moltiplicato tale valore per l'energia incorporata (MJ/kg) e per la CO_2 inglobata (kgCO_2/kg), tipiche del materiale di cui è costituito l'elemento tecnico, ricavate dal Database ICE v16a.

Trovati i valori di EE (MJ) e EC (kgCO_2) di ogni strato, sono stati sommati e poi moltiplicati, nel caso di pacchetti murari o di solai, per l'area complessiva presente all'interno del progetto.

Sono stati poi sviluppati dei grafici per meglio comprendere quale parte d'opera incida maggiormente rispetto ad altre sull'intera costruzione. Si sono dapprima confrontate le strutture in calcestruzzo e in legno singolarmente, facendo poi dei paragoni tra entrambe.

Lo stesso procedimento è stato applicato per la valutazione effettuata con i dati ricavati dall'Atlante, andando a sostituire i valori di EE e EC con i valori di PEInr e GWP e andando a completare il lavoro con lo sviluppo di grafici.

Per quanto riguarda invece la valutazione degli impatti ambientali dovuti al trasporto dallo stabilimento all'area di progetto, si sono divisi gli elementi tecnici in base al materiale di cui sono composti e si è andato a calcolare il volume totale di ogni elemento tecnico presente nel progetto.

Questo volume (m^3) è stato quindi moltiplicato per la densità (kg/m^3) del materiale di riferimento ottenendo l'unità funzionale espressa in kg che è stata poi trasformata in tonnellate (t) e moltiplicata per la distanza (km) dallo stabilimento all'area di progetto.

In ultimo il trasporto (t*km) è stato moltiplicato per i valori di EE e EC utilizzando i dati ricavati dal Database ICE e per i valori di PEInr e GWP utilizzando i dati ricavati dall'Atlante dei Materiali.

I risultati ottenuti dalla valutazione degli impatti derivati dal trasporto sono stati sommati ai valori ottenuti dalla valutazione effettuata per le fasi di pre-produzione e produzione per entrambe le strutture e tramite degli ulteriori grafici si è verificato quale struttura risulti maggiormente impattante sull'ambiente.

Il lavoro quindi presenta inizialmente la valutazione della struttura in calcestruzzo armato che prende in considerazione i consumi derivanti dalle fasi di pre-produzione, produzione e trasporto utilizzando i dati dal Database ICE v16a, seguita dalla valutazione della struttura in legno sempre utilizzando la banca dati ICE v16a e le stesse modalità di valutazione. Queste valutazioni presentano nella loro interezza i calcoli effettuati per giungere ai risultati e si concludono con un confronto tra le due strutture.

In un secondo momento vengono presentati invece i risultati ottenuti utilizzando i dati dell'Atlante dei Materiali. Questo lavoro presenta unicamente delle tabelle riassuntive del lavoro fatto in precedenza con il Database ICE v16a proprio perché sono stati cambiati i valori di EE e EC con i valori di PEInr e GWP; la modalità di valutazione è rimasta comunque la stessa e anch'essa si conclude con un confronto tra le due strutture

State effettuate in ultimo sono delle considerazioni finali sul lavoro svolto e sui risultati ottenuti.

5.1 LA STRUTTURA IN CALCESTRUZZO (Database ICE V16a)

Per procedere con tale esercitazione si sono dapprima raggruppati gli elementi tecnici in grandi macroaree, come è stato fatto per i profili ambientali del capitolo 3. Tali aree hanno volutamente tenuto separate le parti d'opera portanti da quelle non portanti, oltre che a mantenere separati i serramenti e le parti di completamento dell'opera per facilitare le considerazioni finali.

Viene quindi presentato qui di seguito l'ordine degli elementi tecnici e i calcoli effettuati per ottenere i risultati.

Fondazioni e strutture di contenimento

- travi di fondazione a
- travi di fondazioni b
- muri contro terra

Membratura portanti

- travi principali a
- travi principali b
- travi secondarie a
- travi secondarie b
- pilastri
- controventi

Muri e pannelli non portanti

- muratura piano interrato
- parete di tamponamento esterna
- parete divisione unità abitative
- parete rimovibile
- parete angolo cottura
- tramezza
- setti fronte sud
- coronamento di copertura
- scossalina

Solai

- solaio predalles
- solaio in laterocemento

Completamento solai

- solaio contro terra
- solaio piano terra
- solaio passaggi piano terra
- solaio interpiano
- solaio interpiano terrazze
- solaio copertura
- solaio copertura sbalzi

Scale

- scale esterne e ballatoi
- scale interne
- parapetti

Serramenti

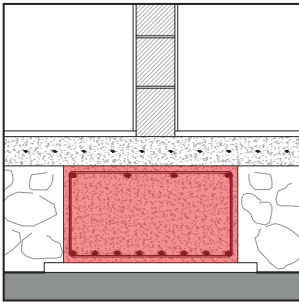
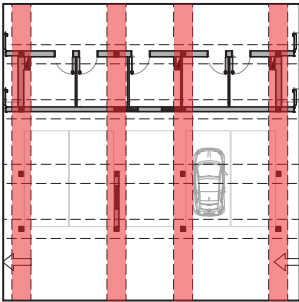
- serramenti
- architrave
- davanzale
- tende
- frangisole fronte sud
- lamiera fronte sud
- lamiera fronte est/ovest
- lamiera copertura
- porte a battente
- porte scorrevoli

Successivamente sono state stilate delle tabelle e dei grafici divisi per macroaree a cui hanno fatto seguito delle considerazioni.

L'ultima tabella invece riassume i calcoli effettuati per ottenere i consumi e le emissioni dovute al trasporto.

TRAVE DI FONDAZIONE A

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Dimensioni trave: 1 x 0,5 x 15,51 m

Calcestruzzo

Ferri armatura longitudinale in acciaio riciclato Φ_{22}

Staffe in acciaio riciclato Φ_8 a quattro bracci

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Calcestruzzo: $1 \times 0,5 \times 15,51 = 7,755 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 18.612 \text{ kg}$

Ferri: $[(0,011)^2 \times \pi] \times 15,51 \times 12 = 0,071 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 555,47 \text{ kg}$

Staffe: $[(0,008)^2 \times \pi] \times 3 \times 109 = 0,066 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 515,85 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
calcestruzzo	7,755	2400	18612,00	0,95	17681,40	0,13	2419,56
acciaio	0,071	7850	555,47	8,8	4888,10	0,42	233,30
staffe	0,066	7850	515,85	8,8	4539,52	0,42	216,66
Totale					27109,02		2869,51

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

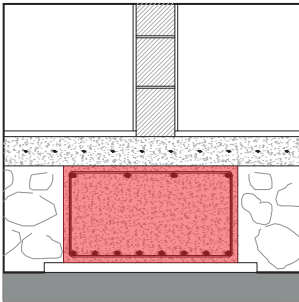
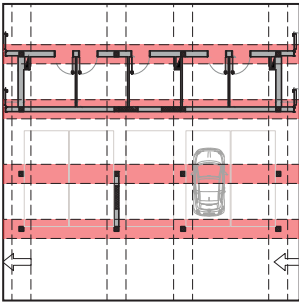
N° travi = 8

EE = 27.109,02 MJ x 8 = 216.872,16 MJ

EC = 2.869,51 kgCO₂ x 8 = 22.956,08 kgCO₂

TRAVE DI FONDAZIONE B

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Dimensioni trave: 1 x 0,5 x 23,50 m
Calcestruzzo
Ferri armatura longitudinale in acciaio riciclato Φ_{22}
Staffe in acciaio riciclato Φ_8 a quattro bracci

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Calcestruzzo: $1 \times 0,5 \times 23,50 = 11,750 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 28.200,00 \text{ kg}$
Tondini: $[(0,011)^2 \times \pi] \times 25,50 \times 12 = 0,116 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 912,65 \text{ kg}$
Staffe: $[(0,008)^2 \times \pi] \times 3 \times 179 = 0,108 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 847,14 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
calcestruzzo	11,750	2400	28200,00	0,95	26790,00	0,13	3666,00
acciaio	0,116	7850	912,65	8,8	8031,35	0,42	383,31
staffe	0,108	7850	847,14	8,8	7454,80	0,42	355,80
Totale					42276,16		4405,11

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

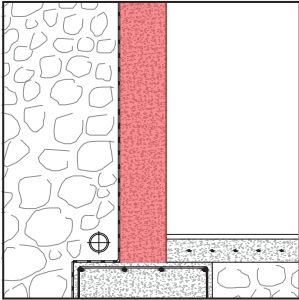
N° travi = 5

EE = 42.276,16 MJ x 5 = 211.380,80 MJ

EC = 4.405,11 kgCO₂ x 5 = 22.025,55 kgCO₂

MURO CONTROTERRA

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Muro controterra spessore 30 cm

Armatura in acciaio riciclato

(non avendo effettuato i calcoli strutturali per i muri di sostegno, si è deciso di adottare come valore di armatura il 2% della quantità di calcestruzzo presente)

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Calcestruzzo: $(22,89 \times 2,92) + (14,23 \times 2,58) = 103,577 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 248.585,67 \text{ kg}$

Ferri: $[(22,89 \times 2\%) \times 2,92] + [(14,23 \times 2\%) \times 2,58] = 2,072 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 16.261,65 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
calcestruzzo	103,577	2400	248585,67	0,95	236156,39	0,13	32316,14
tondini	2,072	7850	16261,65	8,8	143102,49	0,42	6829,89
Totale					379258,88		39146,03

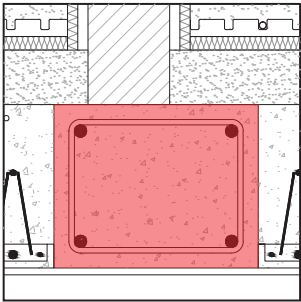
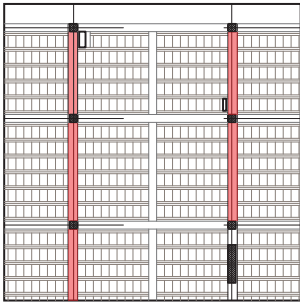
Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

EE = 379.258,88 MJ

EC = 39.146,03 kgCO₂

TRAVE PRINCIPALE A

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Dimensioni trave: 0,25 x 0,1 x 10,85 m

Calcestruzzo

Ferri armatura longitudinale in acciaio riciclato Φ_{18}

Staffe in acciaio riciclato Φ_8 a quattro bracci

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Calcestruzzo: $0,25 \times 0,3 \times 10,85 = 0,814 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 1.950 \text{ kg}$

Ferri: $[(0,009)^2 \times \pi] \times 10,85 \times 6 = 0,017 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 129,98 \text{ kg}$

Staffe: $[(0,008)^2 \times \pi] \times 1,1 \times 66 = 0,015 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 114,53 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
calcestruzzo	0,814	2400	1953,00	0,95	1855,35	0,13	253,89
acciaio	0,017	7850	129,98	8,8	1143,79	0,42	54,59
staffe	0,015	7850	114,53	8,8	1007,86	0,42	48,10
Totale					4007,00		356,58

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

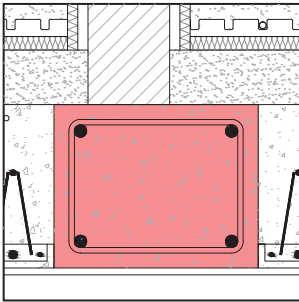
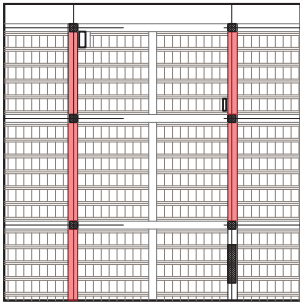
N° travi = 20

$$EE = 4.007,00 \text{ MJ} \times 20 = 80.140,00 \text{ MJ}$$

$$EC = 356,58 \text{ kgCO}_2 \times 20 = 7.131,60 \text{ MJ}$$

TRAVE PRINCIPALE B

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Dimensioni trave: 0,25 x 0,1 x 9,98 m

Calcestruzzo

Ferri armatura longitudinale in acciaio riciclato Φ_{18}

Staffe in acciaio riciclato Φ_8 a quattro bracci

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Calcestruzzo: $0,25 \times 0,3 \times 9,98 = 0,749 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 1.796,40 \text{ kg}$

Ferri: $[(0,009)^2 \times \pi] \times 9,98 \times 6 = 0,015 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 119,55 \text{ kg}$

Staffe: $[(0,008)^2 \times \pi] \times 1,1 \times 60 = 0,013 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 104,12 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
calcestruzzo	0,749	2400	1796,40	0,95	1706,58	0,13	233,53
acciaio	0,015	7850	119,55	8,8	1052,08	0,42	50,21
staffe	0,013	7850	104,12	8,8	916,23	0,42	43,73
Totale					3674,89		327,47

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

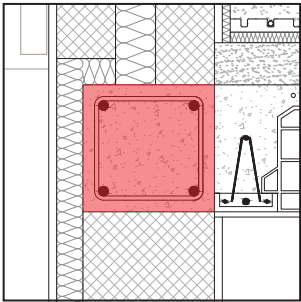
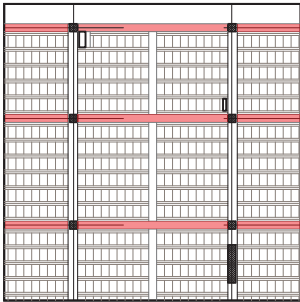
N° travi = 20

EE = 3.674,89 MJ x 20 = 73.497,80 MJ

EC = 327,47 kgCO₂ x 20 = 6.549,40 kgCO₂

TRAVE SECONDARIA A

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Dimensioni trave: 0,25 x 0,25 x 4,7 m

Calcestruzzo

Ferri armatura longitudinale in acciaio riciclato Φ_{18}

Staffe in acciaio riciclato Φ_8 a quattro bracci

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Calcestruzzo: $0,25 \times 0,25 \times 4,7 = 0,294 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 705,00 \text{ kg}$

Ferri: $[(0,009)^2 \times \pi] \times 4,7 \times 4 = 0,005 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 37,54 \text{ kg}$

Staffe: $[(0,008)^2 \times \pi] \times 1 \times 29 = 0,006 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 45,75 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
calcestruzzo	0,294	2400	705,00	0,95	669,75	0,13	91,65
acciaio	0,005	7850	37,54	8,8	330,31	0,42	15,76
staffe	0,006	7850	45,75	8,8	402,59	0,42	19,21
Totale					1402,65		126,63

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

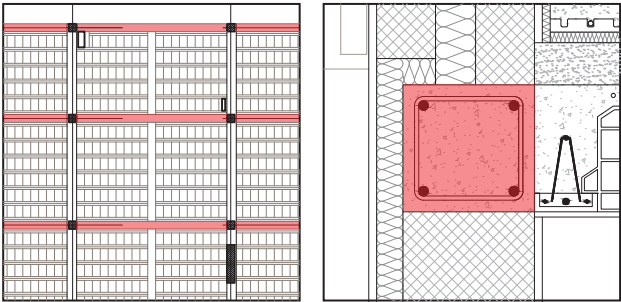
N° travi = 80

$$EE = 1.402,65 \text{ MJ} \times 80 = 112.212,00 \text{ MJ}$$

$$EC = 126,63 \text{ kgCO}_2 \times 80 = 10.130,40 \text{ kgCO}_2$$

TRAVE SECONDARIA B

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Dimensioni trave: 0,25 x 0,25 x 1,15 m
Ferri armatura longitudinale in acciaio riciclato Φ_{18}
Staffe in acciaio riciclato Φ_8 a quattro bracci

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Calcestruzzo: $0,25 \times 0,25 \times 3,15 = 0,197 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 472,50 \text{ kg}$
Ferri: $[(0,009)^2 \times \pi] \times 3,15 \times 4 = 0,003 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 25,16 \text{ kg}$
Staffe: $[(0,008)^2 \times \pi] \times 1 \times 19 = 0,004 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 29,97 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
calcestruzzo	0,197	2400	472,50	0,95	448,88	0,13	61,43
acciaio	0,003	7850	25,16	8,8	221,38	0,42	10,57
staffe	0,004	7850	29,97	8,8	263,76	0,42	12,59
Totale					934,02		84,58

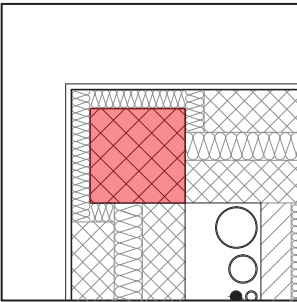
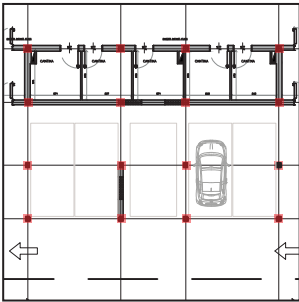
Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

N° travi = 60

EE = 934,02 MJ x 60 = 56.041,20 MJ
EC = 84,58 kgCO₂ x 60 = 5.074,80 kgCO₂

PILASTRO

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Dimensioni pilastro: 25 x 25 cm
Ferri armatura longitudinale in acciaio riciclato Φ_{16}
Staffe in acciaio riciclato Φ_8

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Calcestruzzo: $0,25 \times 0,25 \times 3 = 0,188 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 450 \text{ kg}$
Ferri: $[(0,008)^2 \times \pi] \times 3 \times 4 = 0,002 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 18,93 \text{ kg}$
Staffe: $[(0,004)^2 \times \pi] \times 1 \times 20 = 0,002 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 7,89 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
calcestruzzo	0,188	2400	450,00	0,95	427,50	0,13	58,50
tondini	0,002	7850	18,93	8,8	166,59	0,42	7,95
staffe	0,001	7850	7,89	8,8	69,41	0,42	3,31
Totale					663,50		69,76

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

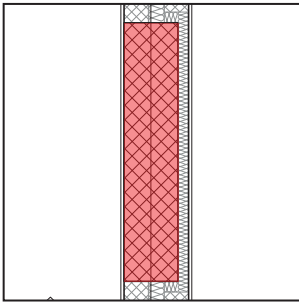
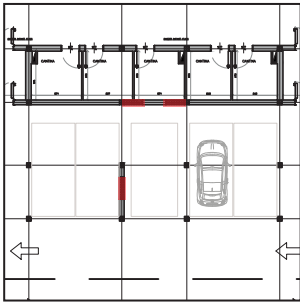
N° pilastri = 160

EE = 663,50 MJ x 160 = 106.160,00 MJ

EC = 69,76 kgCO₂ x 160 = 11.161,60 kgCO₂

CONTROVENTI

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Dimensioni controvento: 1,20 x 0,25 x 20,70 m
Dimensioni controvento: 1,00 x 0,25 x 20,70 m

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Calcestruzzo: $(1,20 \times 0,25 \times 20,70) \times 3 = 18,63 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 44.712 \text{ kg}$
Calcestruzzo: $(1,00 \times 0,25 \times 20,70) \times 2 = 10,35 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 24.840 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

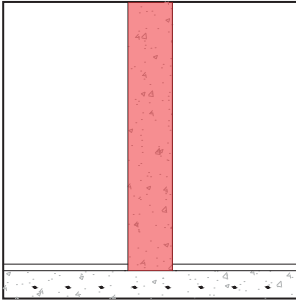
	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
calcestruzzo	28,980	2400	69552,00	0,95	66074,40	0,13	9041,76
Totale					66074,40		9041,76

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

EE = 66.074,40 MJ
EC = 9.041,76 kgCO₂

MURATURA DEL PIANO INTERRATO

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Muratura in calcestruzzo spessore 25 cm, 30 cm e 8 cm

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Calcestruzzo: $16,6449 \times 2,77 = 46,106 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 110.655,30 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

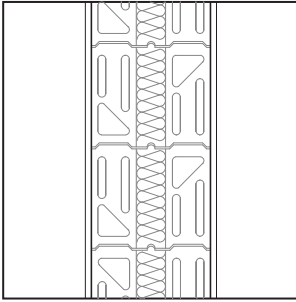
	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
calcestruzzo	46,106	2400	110655,30	0,95	105122,53	0,13	14385,19
Totale					105122,53		14385,19

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

EE = 105.122,53 MJ
EC = 14.385,19 kgCO₂

PARETE DI TAMPONAMENTO ESTERNA

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Intonaco spessore 1,5 cm
 Lecablocco dimensioni 30 x 25 x 25 cm
 Intonaco spessore 1 cm

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Intonaco: $0,015 \text{ m}^3 \times 1530 \text{ kg/m}^3 = 22,95 \text{ kg}$
 Calcestruzzo lecablocco: $0,112 \text{ m}^3 \times 1020 \text{ kg/m}^3 = 114,24 \text{ kg}$
 Isolante lecablocco: $0,075 \text{ m}^3 \times 30 \text{ kg/m}^3 = 2,25 \text{ kg}$
 Malta: $0,007 \text{ m}^3 \times 1850 \text{ kg/m}^3 = 13,32 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico (1 m²)

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
intonaco	0,015	1530	22,95	1,8	41,31	0,12	2,75
lecablocco cls	0,112	1020	114,24	5	571,20	0,43	49,12
lecablocco isolante	0,075	30	2,25	88,6	199,35	2,5	5,63
lecablocco cls	0,112	1020	114,24	5	571,20	0,43	49,12
malta	0,007	1850	13,32	1,8	23,98	0,12	1,60
intonaco	0,015	1530	22,95	1,8	41,31	0,12	2,75
Totale					1448,35		110,98

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

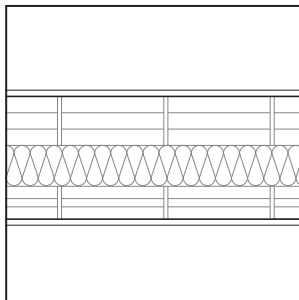
Area = 62,67 m²

$$EE = 1.448,35 \text{ MJ/m}^2 \times 62,67 \text{ m}^2 = 90.768,09 \text{ MJ}$$

$$EC = 110,98 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2 \times 62,67 \text{ m}^2 = 6.955,12 \text{ kgCO}_2$$

PARETE DI SEPARAZIONE TRA UNITA' ABITATIVE

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Intonaco spessore 1,5 cm
 Mattone forato in laterizio a 6 fori dimensioni 8 x 25 x 25 cm
 Isolante in lana di roccia spessore 10 cm
 Mattone forato in laterizio a 9 fori dimensioni 12 x 25 x 25 cm
 Giunti di malta spessore 1 cm
 Intonaco spessore 1,5 cm

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Intonaco: $0,01 \text{ m}^3 \times 1530 \text{ kg/m}^3 = 22,95 \text{ kg}$

Mattone forato: $0,08 \text{ m}^3 \times 600 \text{ kg/m}^3 = 48 \text{ kg}$

Isolante: $0,10 \text{ m}^3 \times 40 \text{ kg/m}^3 = 4 \text{ kg}$

Malta: $0,016 \text{ m}^3 \times 1850 \text{ kg/m}^3 = 22,95 \text{ kg}$

Mattone forato: $0,12 \text{ m}^3 \times 600 \text{ kg/m}^3 = 72 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico (1 m²)

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
intonaco	0,015	1530	22,95	1,8	41,31	0,12	2,75
mattone forato	0,080	600	48,00	3	144,00	0,22	10,56
isolante	0,100	40	4,00	16,8	67,20	1,05	4,20
mattone forato	0,120	600	72,00	3	216,00	0,22	15,84
malta	0,016	1850	29,60	1,8	53,28	0,12	3,55
intonaco	0,015	1530	22,95	1,8	41,31	0,12	2,75
Totale					563,10		39,66

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

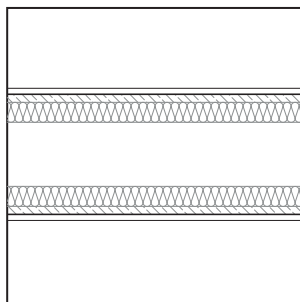
Area = 60,15 m²

$$EE = 563,10 \text{ MJ/m}^2 \times 60,15 \text{ m}^2 = 33.870,47 \text{ MJ}$$

$$EC = 39,66 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2 \times 60,15 \text{ m}^2 = 2.385,55 \text{ kgCO}_2$$

PARETE RIMOVIBILE TRA UNITA' ABITATIVE

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Intonaco spessore 1,5 cm
 Pannello OSB a fibre orientato in legno spessore 2 cm
 Isolante in lana di roccia spessore 5 cm
 Intercapedine d'aria spessore 16 cm
 Isolante in lana di roccia spessore 5 cm
 Pannello OSB a fibre orientato in legno spessore 2 cm
 Intonaco spessore 1 cm

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Intonaco: $0,015 \text{ m}^3 \times 1530 \text{ kg/m}^3 = 22,95 \text{ kg}$

Pannello OSB: $0,02 \text{ m}^3 \times 650 \text{ kg/m}^3 = 13 \text{ kg}$

Isolante: $0,05 \text{ m}^3 \times 40 \text{ kg/m}^3 = 2 \text{ kg}$

Profili in acciaio: $0,0038 \text{ m}^3 \times 7800 \text{ kg/m}^3 = 29,64 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico (1 m²)

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
intonaco	0,015	1530	22,95	1,8	41,31	0,12	2,75
pannello osb	0,02	650	13,00	9,5	123,50	0,51	6,63
isolante	0,050	40	2,00	16,8	33,60	1,05	2,10
isolante	0,050	40	2,00	16,8	33,60	1,05	2,10
pannello osb	0,02	650	13,00	9,5	123,50	0,51	6,63
profilo in acciaio	0,0038	7800	29,64	24,4	723,22	1,77	52,46
intonaco	0,015	1530	22,95	1,8	41,31	0,12	2,75
Totale					1120,04		75,43

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

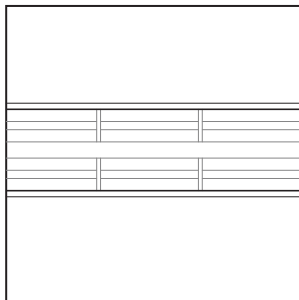
Area = 3,50 m²

$$EE = 1.120,04 \text{ MJ/m}^2 \times 3,50 \text{ m}^2 = 3.920,14 \text{ MJ}$$

$$EC = 75,43 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2 \times 3,50 \text{ m}^2 = 264,01 \text{ kgCO}_2$$

PARETE DELL'ANGOLO COTTURA

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Intonaco spessore 1,5 cm
 Mattone forato in laterizio a 6 fori dimensioni 8 x 25 x 25 cm
 Intercapedine d'aria spessore 4 cm
 Mattone forato in laterizio a 9 fori dimensioni 8 x 25 x 25 cm
 Giunti di malta spessore 1 cm
 Intonaco spessore 1,5 cm

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Intonaco: $0,01 \text{ m}^3 \times 1530 \text{ kg/m}^3 = 22,95 \text{ kg}$

Mattone forato: $0,08 \text{ m}^3 \times 600 \text{ kg/m}^3 = 48 \text{ kg}$

Malta: $0,0064 \text{ m}^3 \times 1850 \text{ kg/m}^3 = 11,84 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico (1 m²)

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
intonaco	0,015	1530	22,95	1,8	41,31	0,12	2,75
mattone forato	0,080	600	48,00	3	144,00	0,22	10,56
mattone forato	0,080	600	48,00	3	144,00	0,22	10,56
malta	0,006	1850	11,84	1,8	21,31	0,12	1,42
intonaco	0,015	1530	22,95	1,8	41,31	0,12	2,75
Totale					391,93		28,05

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

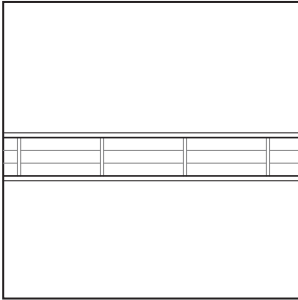
Area = 3,22 m²

$$EE = 391,93 \text{ MJ/m}^2 \times 3,22 \text{ m}^2 = 1.262,01 \text{ MJ}$$

$$EC = 28,05 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2 \times 3,22 \text{ m}^2 = 90,32 \text{ kgCO}_2$$

TRAMEZZA

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Intonaco spessore 1,5 cm
Mattone forato in laterizio a 12 fori dimensioni 12 x 25 x 25 cm
Giunti di malta spessore 1 cm
Intonaco spessore 1,5 cm

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Intonaco: $0,015 \text{ m}^3 \times 1530 \text{ kg/m}^3 = 22,95 \text{ kg}$
Mattone forato: $0,12 \text{ m}^3 \times 600 \text{ kg/m}^3 = 72 \text{ kg}$
Malta: $0,0048 \text{ m}^3 \times 1850 \text{ kg/m}^3 = 8,8 \text{ kg}$
Intonaco: $0,015 \text{ m}^3 \times 1530 \text{ kg/m}^3 = 22,95 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico (1 m²)

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
intonaco	0,015	1530	22,95	1,8	41,31	0,12	2,75
mattone forato	0,120	600	72,00	3	216,00	0,22	15,84
malta	0,005	1850	8,88	1,8	15,98	0,12	1,07
intonaco	0,015	1530	22,95	1,8	41,31	0,12	2,75
Totale					314,60		22,41

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

Area = 17,95 m²

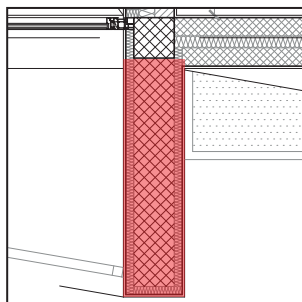
EE = 314,60 MJ/m² x 17,95 m² = 5.647,07 MJ

EC = 22,41 kgCO₂/m² x 17,95 m² = 402,26 kgCO₂

5.1.3 Muri e pannelli non portanti

SETTI DEL FRONTE SUD

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Intonaco spessore 1,5 cm
 Isolante in lana di roccia spessore 5 cm
 Getto in calcestruzzo spessore 25 cm
 Isolante in lana di roccia spessore 5 cm
 Intonaco spessore 1,5 cm

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Intonaco: $0,015 \text{ m}^3 \times 1530 \text{ kg/m}^3 = 22,95 \text{ kg}$

Isolante: $0,050 \text{ m}^3 \times 100 \text{ kg/m}^3 = 5 \text{ kg}$

Calcestruzzo: $0,250 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 600 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico (1 m²)

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
intonaco	0,015	1530	22,95	1,8	41,31	0,12	2,75
isolante	0,050	100	5,00	16,8	84,00	1,05	5,25
calcestruzzo	0,250	2400	600,00	0,95	570,00	0,13	78,00
isolante	0,050	100	5,00	16,8	84,00	1,05	5,25
intonaco	0,015	1530	22,95	1,8	41,31	0,12	2,75
Totale					820,62		94,01

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

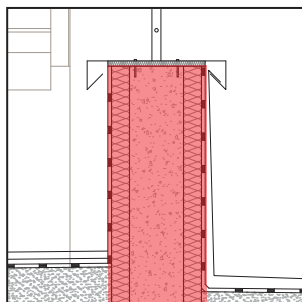
Area = 12,97 m²

$$EE = 820,62 \text{ MJ/m}^2 \times 12,97 \text{ m}^2 = 10.643,44 \text{ MJ}$$

$$EC = 94,01 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2 \times 12,97 \text{ m}^2 = 1.219,31 \text{ kgCO}_2$$

CORONAMENTO DI COPERTURA

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Guaina bituminosa spessore 1,5 mm
 Isolante in lana di roccia spessore 5 cm
 Getto in calcestruzzo spessore 15 cm
 Isolante in lana di roccia spessore 5 cm
 Guaina bituminosa spessore 1,5 mm

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Guaina bituminosa: $0,0015 \text{ m}^3 \times 1045 \text{ kg/m}^3 = 1,57 \text{ kg}$

Isolante: $0,050 \text{ m}^3 \times 100 \text{ kg/m}^3 = 5 \text{ kg}$

Calcestruzzo: $0,250 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 600 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico (1 m²)

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
guaina impermeabile	0,002	1045	1,57	47	73,67	0,48	0,75
isolante	0,050	100	5,00	16,8	84,00	1,05	5,25
calcestruzzo	0,150	2400	360,00	0,95	342,00	0,13	46,80
isolante	0,050	100	5,00	16,8	84,00	1,05	5,25
guaina impermeabile	0,002	1045	1,57	47	73,67	0,48	0,75
Totale					657,35		58,80

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

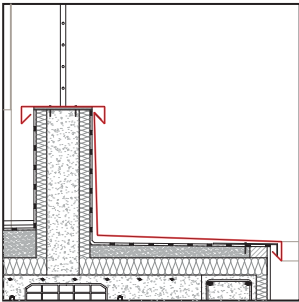
Area = 19,70 m²

$$EE = 657,35 \text{ MJ/m}^2 \times 19,70 \text{ m}^2 = 12.949,80 \text{ MJ}$$

$$EC = 58,80 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2 \times 19,70 \text{ m}^2 = 1.158,36 \text{ kgCO}_2$$

SCOSSALINA

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Scossalina in rame riciclato spessore 0,8 mm

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Rame: $(2,2877 \times 0,0008) \times 70,0709 = 0,128 \text{ m}^3 \times 8600 \text{ kg/m}^3 = 1.102,52 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
rame	0,128	8600	1102,52	17,5	19294,10	0,96	1058,42
Totale					19294,10		1058,42

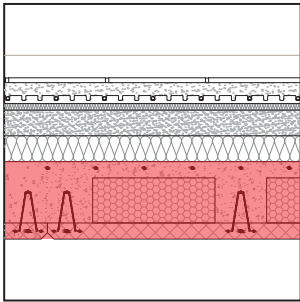
Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

EE = 19.294,10 MJ

EC = 1.058,42 kgCO₂

SOLAIO IN LASTRE PREDALLES

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



- Getto di completamento in calcestruzzo spessore 4 cm
- Rete elettrosaldata in acciaio riciclato $\Phi 8$ e passo di 15 x 15 cm
- Blocchi in polistirene espanso dimensioni 38 x 14 x 25 cm
- Lastra predalles in calcestruzzo prefabbricato dimensione 120 cm spessore 5 cm

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

- Getto di completamento: $0,004 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 96 \text{ kg}$
- Rete elettrosaldata: $[(0,004)^2 \times \pi] \times 14 = 0,001 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 5,52 \text{ kg}$
- Blocchi in polistirene: $(0,38 \times 0,14 \times 0,25) \times 25 = 0,0133 \text{ m}^3 \times 25 \text{ kg/m}^3 = 0,33 \text{ kg}$
- Acciaio: $(0,0003 \times 2) + (0,0001 \times 2) + (0,00005 \times 2) = 0,0017 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 13,35 \text{ kg}$
- Calcestruzzo: $0,050 \text{ m}^3 \times 2240 \text{ kg/m}^3 = 112 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico (1 m²)

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
getto di completamento	0,040	2400	96,00	0,95	91,20	0,13	12,48
rete elettrosaldata	0,001	7850	5,52	8,8	48,59	0,42	2,32
blocchi in polistirene	0,0133	25	0,33	88,6	29,46	2,5	0,83
acciaio	0,0017	7850	13,35	8,8	117,44	0,42	5,60
calcestruzzo prefabbricato	0,05	2240	112,00	2	224,00	0,215	24,08
Totale					510,68		45,32

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

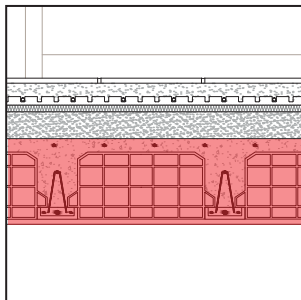
Area = 443,60 m²

$$EE = 510,68 \text{ MJ/m}^2 \times 443,60 \text{ m}^2 = 226.537,65 \text{ MJ}$$

$$EC = 45,32 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2 \times 443,60 \text{ m}^2 = 20.103,95 \text{ kgCO}_2$$

SOLAIO IN LATEROCEMENTO

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Getto di completamento in calcestruzzo spessore 4 cm

Rete elettrosaldata in acciaio riciclato $\Phi 8$ e passo di 15 x 15 cm

Pignatta in laterizio dimensioni 20 x 25 x 50 cm

Travetti prefabbricati in cemento armato gettato in opera dimensioni 0,12 x 0,14 x 1,00 m

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Getto di completamento: $0,004 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 96 \text{ kg}$

Rete elettrosaldata: $[(0,004)^2 \times \pi] \times 14 = 0,001 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 5,52 \text{ kg}$

Pignatta: $0,1556 \text{ m}^3 \times 505,26 \text{ kg/m}^3 = 78,62 \text{ kg}$

Acciaio: $(0,0003 \times 2) + (0,0001 \times 2) + (0,00005 \times 2) = 0,0017 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 13,35 \text{ kg}$

Calcestruzzo: $0,00225 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 5,40 \text{ kg}$

Laterizio: $(0,0017 \times 2) = 0,0034 \text{ m}^3 \times 800 \text{ kg/m}^3 = 2,72 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico (1 m²)

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
getto di completamento	0,040	2400	96,00	0,95	91,20	0,13	12,48
rete elettrosaldata	0,001	7850	5,52	8,8	48,59	0,42	2,32
pignatta	0,1556	505,26	78,62	3	235,86	0,22	17,30
acciaio travetto	0,0017	7850	13,35	8,8	117,44	0,42	5,60
calcestruzzo travetto	0,00225	2400	5,40	0,95	5,13	0,13	0,70
laterizio travetto	0,0034	800	2,72	3	8,16	0,22	0,60
Totale					506,37		39,00

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

Area = 1.038,53 m²

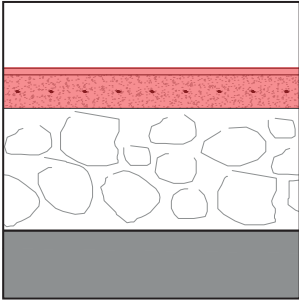
$$EE = 506,37 \text{ MJ/m}^2 \times 1.038,53 \text{ m}^2 = 525.880,44 \text{ MJ}$$

$$EC = 39,00 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2 \times 1.038,53 \text{ m}^2 = 40.502,67$$

5.1.5 Completamento solai

SOLAIO CONTROTERRA

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Getto di completamento in calcestruzzo spessore 3 cm
Rete elettrosaldata in acciaio riciclato $\Phi 8$ e passo di 15 x 15 cm
Massetto in calcestruzzo spessore 15 cm

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Getto di completamento: $0,030 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 72 \text{ kg}$
Rete elettrosaldata: $[(0,004)^2 \times \pi] \times 14 = 0,001 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 5,52 \text{ kg}$
Massetto: $0,15 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 360 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico (1 m²)

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
getto in calcestruzzo	0,030	2400	72,00	0,95	68,40	0,13	9,36
rete elettrosaldata	0,001	7850	5,52	8,8	48,59	0,42	2,32
massetto in calcestruzzo	0,150	2400	360,00	0,95	342,00	0,13	46,80
Totale					458,99		58,48

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

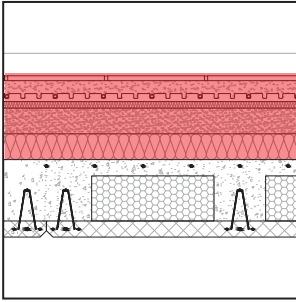
Area = 689,67 m²

EE = 458,99 MJ/m² x 689,67 m² = 316.551,63 MJ

EC = 58,48 kgCO₂/m² x 689,67 m² = 40.331,90

SOLAIO PIANO TERRA

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Pavimento in gres porcellanato spessore 1,5 cm

Getto in calcestruzzo alleggerito spessore 4 cm

Pannello radiante in polistirene espanso spessore 4,5 cm

Massetto degli impianti in calcestruzzo spessore 8 cm

Isolante in lana di roccia spessore 8 cm

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Pavimento: $0,015 \text{ m}^3 \times 1700 \text{ kg/m}^3 = 25,50 \text{ kg}$ Calcestruzzo alleggerito: $0,04 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 96 \text{ kg}$ Pannello radiante: $0,045 \text{ m}^3 \times 50 \text{ kg/m}^3 = 2,25 \text{ kg}$ Massetto degli impianti: $0,08 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 192 \text{ kg}$ Isolante: $0,08 \text{ m}^3 \times 100 \text{ kg/m}^3 = 8 \text{ kg}$ Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico (1 m²)

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
pavimento ceramico	0,015	1700	25,50	9	229,50	0,59	15,05
calcestruzzo alleggerito	0,040	2400	96,00	0,95	91,20	0,13	12,48
pannello radiante	0,045	50	2,25	88,6	199,35	2,5	5,63
massetto degli impianti	0,080	2400	192,00	0,95	182,40	0,13	24,96
isolante	0,080	100	8,00	16,8	134,40	1,05	8,40
Totale					836,85		66,51

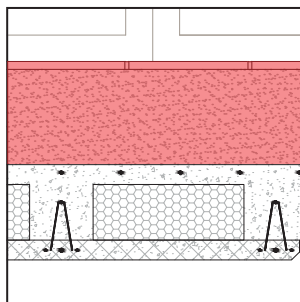
Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificioArea = 203,89 m²

$$EE = 836,85 \text{ MJ/m}^2 \times 203,89 \text{ m}^2 = 170.625,35 \text{ MJ}$$

$$EC = 66,51 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2 \times 203,89 \text{ m}^2 = 13.560,72 \text{ kgCO}_2$$

SOLAIO DEI PASSAGGI AL PIANO TERRA

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Pavimento in gres porcellanato spessore 2 cm

Massetto in calcestruzzo spessore 24 cm

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Pavimento: $0,02 \text{ m}^3 \times 1700 \text{ kg/m}^3 = 34 \text{ kg}$

Massetto: $0,240 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 576 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico (1 m²)

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
pavimento ceramico	0,020	1700	34,00	9	306,00	0,59	20,06
massetto	0,240	2400	576,00	0,95	547,20	0,13	74,88
Totale					853,20		94,94

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

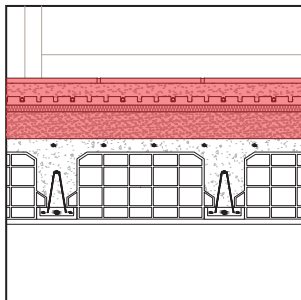
Area = 59,55 m²

$$EE = 853,20 \text{ MJ/m}^2 \times 59,55 \text{ m}^2 = 50.808,06 \text{ MJ}$$

$$EC = 94,94 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2 \times 59,55 \text{ m}^2 = 5.653,68 \text{ kgCO}_2$$

5.1.5 Completamento solai SOLAIO INTERPIANO

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



- Pavimento in gres porcellanato spessore 1,5 cm
- Getto in calcestruzzo alleggerito spessore 4 cm
- Pannello radiante in polistirene espanso spessore 4,5 cm
- Massetto degli impianti in calcestruzzo spessore 8 cm
- Intonaco spessore 1 cm

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

- Pavimento: $0,015 \text{ m}^3 \times 1700 \text{ kg/m}^3 = 25,50 \text{ kg}$
- Calcestruzzo alleggerito: $0,04 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 96 \text{ kg}$
- Pannello radiante: $0,045 \text{ m}^3 \times 50 \text{ kg/m}^3 = 2,25 \text{ kg}$
- Massetto degli impianti: $0,08 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 192 \text{ kg}$
- Intonaco: $0,01 \text{ m}^3 \times 1530 \text{ kg/m}^3 = 15,30 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico (1 m²)

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
pavimento ceramico	0,015	1700	25,50	9	229,50	0,59	15,05
calcestruzzo alleggerito	0,040	2400	96,00	0,95	91,20	0,13	12,48
pannello radiante	0,045	50	2,25	88,6	199,35	2,5	5,63
massetto degli impianti	0,080	2400	192,00	0,95	182,40	0,13	24,96
intonaco	0,010	1530	15,30	1,8	27,54	0,12	1,84
Totale					729,99		59,95

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

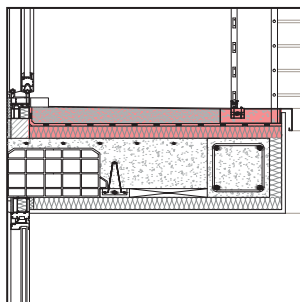
Area = 780,15 m²

$$EE = 729,99 \text{ MJ/m}^2 \times 780,15 \text{ m}^2 = 569.501,70 \text{ MJ}$$

$$EC = 59,95 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2 \times 780,15 \text{ m}^2 = 46.769,99 \text{ kgCO}_2$$

SOLAIO INTERPIANO DELLE TERRAZZE

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Pavimento in resina spessore 3 mm

Massetto in calcestruzzo con pendenza del 1,5% spessore 6,5 cm

Guaina bituminosa spessore 1,5 mm

Isolante in lana di roccia spessore 5 cm

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Pavimento: $0,003 \text{ m}^3 \times 1,09 \text{ kg/m}^3 = 0,003 \text{ kg}$

Massetto: $0,065 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 156,00 \text{ kg}$

Guaina bituminosa: $0,0015 \text{ m}^3 \times 1045 \text{ kg/m}^3 = 1,57 \text{ kg}$

Isolante: $0,05 \text{ m}^3 \times 100 \text{ kg/m}^3 = 5 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico (1 m²)

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
pavimento in resina	0,003	1,09	0,00	139	0,45	5,91	0,02
massetto	0,065	2400	156,00	0,95	148,20	0,13	20,28
guaina bituminosa	0,002	1045	1,57	47	73,67	0,48	0,75
isolante	0,050	100	5,00	16,8	84,00	1,05	5,25
Totale					306,33		26,30

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

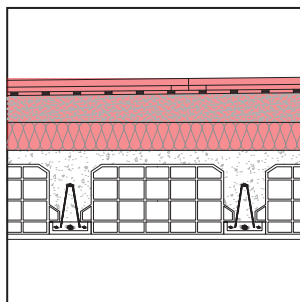
Area = 55,95 m²

$$EE = 306,33 \text{ MJ/m}^2 \times 55,95 \text{ m}^2 = 17.139,16 \text{ MJ}$$

$$EC = 26,30 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2 \times 55,95 \text{ m}^2 = 1.471,49 \text{ kgCO}_2$$

SOLAIO DI COPERTURA

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Pavimento galleggiante in gres porcellanato e acciaio inossidabile spessore 2 cm
 Guaina bituminosa spessore 1,5 mm
 Massetto in calcestruzzo con pendenza del 1,5% spessore 8 cm
 Isolante in lana di roccia spessore 8 cm
 Intonaco spessore 1 cm

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Pavimento: $0,02 \text{ m}^3 \times 1700 \text{ kg/m}^3 = 34,00 \text{ kg}$

Acciaio: $0,350 \text{ kg} \times 4 = 1,57 \text{ kg}$

Guaina bituminosa: $0,0015 \text{ m}^3 \times 1045 \text{ kg/m}^3 = 1,57 \text{ kg}$

Massetto: $0,080 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 192,00 \text{ kg}$

Isolante: $0,08 \text{ m}^3 \times 100 \text{ kg/m}^3 = 8 \text{ kg}$

Intonaco: $0,01 \text{ m}^3 \times 1530 \text{ kg/m}^3 = 15,30 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico (1 m²)

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
pavimento ceramico	0,020	1700	34,00	9	306,00	0,59	20,06
pedini in acciaio	-	-	1,40	56,7	79,38	6,15	8,61
guaina bituminosa	0,002	1045	1,57	47	73,67	0,48	0,75
calcestruzzo alleggerito	0,080	2400	192,00	0,95	182,40	0,13	24,96
isolante	0,080	100	8,00	16,8	134,40	1,05	8,40
intonaco	0,010	1530	15,30	1,8	27,54	0,12	1,84
Totale					803,39		64,62

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

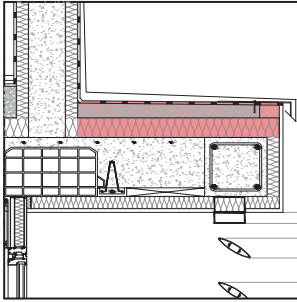
Area = 264,66 m²

$$EE = 803,39 \text{ MJ/m}^2 \times 264,66 \text{ m}^2 = 212.625,2 \text{ MJ}$$

$$EC = 64,62 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2 \times 264,66 \text{ m}^2 = 17.102,33 \text{ kgCO}_2$$

SOLAIO DI COPERTURA DEGLI SBALZI

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Guaina bituminosa spessore 1,5 mm

Massetto in calcestruzzo con pendenza del 1,5% spessore 5,5 cm

Isolante in lana di roccia spessore 8 cm

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Guaina bituminosa: $0,0015 \text{ m}^3 \times 1045 \text{ kg/m}^3 = 1,57 \text{ kg}$

Massetto: $0,055 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 132,00 \text{ kg}$

Isolante: $0,08 \text{ m}^3 \times 100 \text{ kg/m}^3 = 8 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico (1 m²)

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
guaina bituminosa	0,002	1045	1,57	47	73,67	0,48	0,75
massetto	0,055	2400	132,00	0,95	125,40	0,13	17,16
isolante	0,080	100	8,00	16,8	134,40	1,05	8,40
Totale					333,47		26,31

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

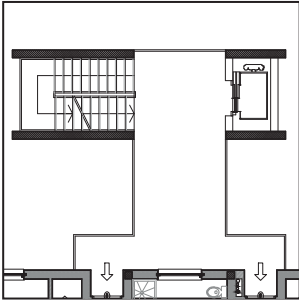
Area = 21,44 m²

$$EE = 333,47 \text{ MJ/m}^2 \times 21,44 \text{ m}^2 = 7.149,60 \text{ MJ}$$

$$EC = 26,31 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2 \times 21,44 \text{ m}^2 = 564,09 \text{ kgCO}_2$$

SCALE ESTERNE E BALLATOI

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Getto in calcestruzzo

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Scale piano terra: $3,7638 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 9.033,12 \text{ kg}$
 Passerelle: $31,0352 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 74.484,48 \text{ kg}$
 Setti scale e copertura: $(143,8678 + 13,5119) \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 377.711,28 \text{ kg}$
 Copertura scale: $25,2855 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 60.685,20 \text{ kg}$
 Vano scala: $11,7102 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 28.104,48 \text{ kg}$
 Gradini: $4,6395 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 11.134,80 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
calcestruzzo	233,814	2400	561153,38	0,95	533095,71	0,13	72949,94
Totale					533095,71		72949,94

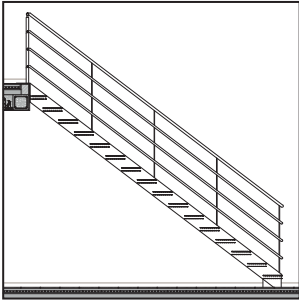
Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

EE = 533.095,71 MJ

EC = 72.949,94 kgCO₂

SCALE INTERNE

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Dimensioni gradini in legno massello: 0,05 x 0,25 x 0,95 m

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Legno massello: $(0,05 \times 0,25 \times 0,95) \times 16 + (1,1985 \times 0,05) = 0,2499 \text{ m}^3 \times 350 \text{ kg/m}^3 = 87,47 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
legno massello	0,250	350	87,47	7,8	682,30	0,47	41,11
Totale					682,30		41,11

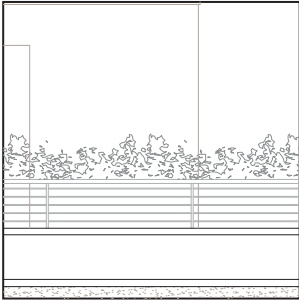
Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

N° scale = 8

$$EE = 682,30 \text{ MJ} \times 8 = 5.458,40 \text{ MJ}$$
$$EC = 41,11 \text{ kgCO}_2 \times 8 = 328,88 \text{ kgCO}_2$$

PARAPETTI

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Parapetti in acciaio inossidabile

(il volume dei parapetti della terrazza in copertura, degli appartamenti e dei balconi sono stati calcolati nelle esatte quantità, mentre per i parapetti delle scale esterne si è calcolato il volume di materiale in 1 m e si è poi calcolato per la lunghezza lineare totale dei parapetti presenti nel progetto)

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Terrazza: $(0,014 + 0,0037 + 0,0344) \times 7850 = 0,0522 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 1.467,95 \text{ kg}$
Appartamenti: $(0,0023 + 0,0046 + 0,0013 + 0,00058) \times 7850 = 0,0709 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 556,56 \text{ kg}$
Balconi: $(0,00092 + 0,0044 + 0,00042) \times 7850 = 0,0458 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 4.316,71 \text{ kg}$
Scale esterne: $[(0,0002 + 0,000097 + 0,0009) \times 265,45] \times 7850 = 0,3179 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 14.367,07 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

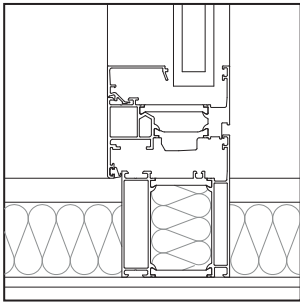
	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
acciaio inossidabile	0,487	7850	3822,22	56,7	216719,72	6,15	23506,64
Totale					216719,72		23506,64

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

EE = 216.719,72 MJ

EC = 23.506,64 kgCO₂

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Per dettagli vedere schede

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Alluminio: $1,782 \text{ m}^3 \times 2780 \text{ kg/m}^3 = 4.954,79 \text{ kg}$
Guarnizioni: $1,032 \text{ m}^3 \times 955 \text{ kg/m}^3 = 985,56 \text{ kg}$
Vetro: $5,088 \text{ m}^3 \times 2490 \text{ kg/m}^3 = 12.669,12 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

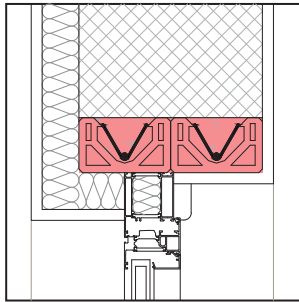
	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
alluminio	1,782	2780	4954,79	218	1080145,09	11,46	56781,94
guarnizioni	1,032	955	985,56	101,7	100231,45	3,18	3134,08
vetro	5,088	2490	12669,12	15	190036,80	0,85	10768,75
Totale					1370413,34		70684,77

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

EE = 1.370.413,34 MJ

EC = 70.684,77 kgCO₂

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Dimensioni architrave: 1,17 x 0,75 x 1,00 m

Getto in calcestruzzo

Ferri armatura longitudinale in acciaio riciclato Φ_6 , $\Phi_{3,5}$ e $\Phi_{2,5}$

Fondello in laterizio

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Calcestruzzo: $0,0037 - [(0,003)^2 \times \pi] + [(0,00125)^2 \times \pi] + [(0,00175)^2 \times \pi] = 0,749 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 1.796,40 \text{ kg}$

Tondini: $[(0,003)^2 \times \pi] + [(0,00125)^2 \times \pi] + [(0,00175)^2 \times \pi] = 0,0003 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 2,47 \text{ kg}$

Laterizio: $0,0057 - (0,0002 + 0,001) = 0,045 \text{ m}^3 \times 800 \text{ kg/m}^3 = 36 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
getto in cls	0,003	2400	8,02	0,95	7,62	0,13	1,04
acciaio	0,000	7850	2,47	8,8	21,73	0,42	1,04
laterizio	0,045	800	36,00	3	108,00	0,22	7,92
Totale					137,35		10,00

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

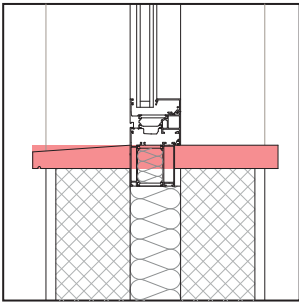
N° architravi = 104

$$EE = 137,35 \text{ MJ} \times 104 = 14.284,40 \text{ MJ}$$

$$EC = 10,00 \text{ kgCO}_2 \times 104 = 1.040,00 \text{ kgCO}_2$$

DAVANZALE

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Davanzale in marmo

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Davanzale: $(0,0044 + 0,0055) \times 6,96 = 0,495 \text{ m}^3 \times 2750 \text{ kg/m}^3 = 1.362,34 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
marmo	0,495	2750	1362,34	2	2724,68	0,112	152,58
Totale					2724,68		152,58

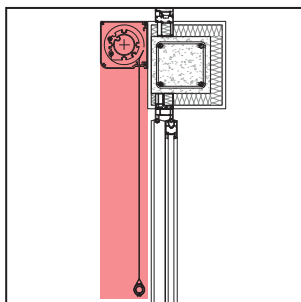
Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

EE = 2.724,68 MJ

EC = 152,58 kgCO₂

TENDE INTERNE

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Cassonetto in alluminio

Tenda in poliestere

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Alluminio: $0,0104 \times 4,67 = 0,049 \text{ m}^3 \times 2700 \text{ kg/m}^3 = 131,13 \text{ kg}$

Poliestere: $[(2,7 \times 4,67) + (2,9 \times 4,67)] \times 0,0016 = 0,042 \text{ m}^3 \times 1200 \text{ kg/m}^3 = 50,21 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
alluminio	0,049	2700	131,13	218	28587,12	11,46	1502,79
poliestere	0,042	1200	50,21	97,4	4890,63	2,35	118,00
Totale					33477,76		1620,79

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

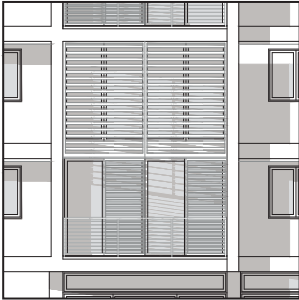
N° tende = 8

$$EE = 33.477,76 \text{ MJ} \times 8 = 276.822,08 \text{ MJ}$$

$$EC = 1.620,79 \text{ kgCO}_2 \times 8 = 12.966,32 \text{ kgCO}_2$$

FRANGISOLE DEL FRONTE SUD

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Frangisole scorrevoli in alluminio dimensioni 4,60 x 2,75 m
Frangisoli fissi in alluminio dimensioni 4,60 x 3,25 m

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Frangisoli fissi:
Listelli: $(0,0008 \times 2,1816) \times 34 = 0,0593 \text{ m}^3 \times 2699 \text{ kg/m}^3 = 160,05 \text{ kg}$
Profilo: $(0,0007 \times 4,6198) + (0,0006 \times 21,50) + (0,0034 \times 4,6198) = 0,0318 \text{ m}^3 \times 2699 \text{ kg/m}^3 = 85,95 \text{ kg}$

Frangisoli scorrevoli:
Listelli: $(0,0004 \times 1,0564) \times 52 = 0,0219 \text{ m}^3 \times 2699 \text{ kg/m}^3 = 59,11 \text{ kg}$
Profilo: $[(0,0002 \times 14,9918) + (0,0004 \times 6,3245)] \times 2 = 0,0050 \text{ m}^3 \times 2699 \text{ kg/m}^3 = 13,495 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
alluminio	0,121	2699	327,26	218	71343,72	11,46	3750,45
Totale					71343,72		3750,45

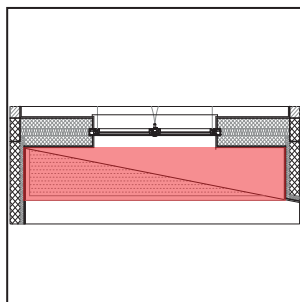
Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

N° frangisoli = 8

$$EE = 71.343,72 \text{ MJ} \times 8 = 570.749,76 \text{ MJ}$$
$$EC = 3.750,45 \text{ kgCO}_2 \times 8 = 30.003,60 \text{ kgCO}_2$$

LAMIERA DEL FRONTE SUD

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Lamiera in acciaio inossidabile spessore 1 mm

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Lamiera: $0,7036 \times 0,001 = 0,0007 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 5,52 \text{ kg}$

Profili: $0,0003 \times 6,8428 = 0,0020 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 15,70 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
acciaio inossidabile	0,003	7850	21,64	56,7	1226,88	6,15	133,07
Totale					1226,88		133,07

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

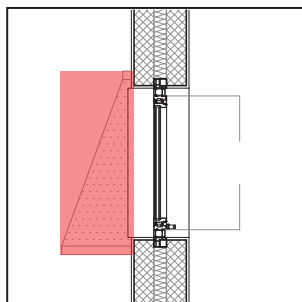
N° lamiere = 12

$$EE = 1.226,88 \text{ MJ} \times 12 = 14.722,56 \text{ MJ}$$

$$EC = 133,07 \text{ kgCO}_2 \times 12 = 1.596,84 \text{ kgCO}_2$$

LAMIERA DEI FRONTI EST ED OVEST

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Lamiera in acciaio inossidabile spessore 1 mm

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Lamiera: $0,7665 \times 0,001 = 0,00076 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 6,02 \text{ kg}$

Lamiera: $(0,1221 \times 0,001) \times 2 = 0,00024 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 1,92 \text{ kg}$

Profilo: $0,05 \times 2,655 = 0,0066 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 51,81 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
acciaio inossidabile	0,008	7850	60,04	56,7	3404,18	6,15	369,24
Totale					3404,18		369,24

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

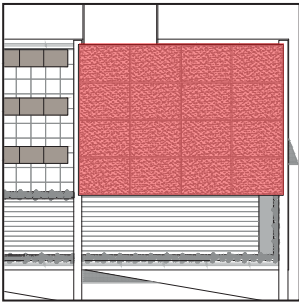
N° lamiere = 8

$$EE = 3.404,18 \text{ MJ} \times 8 = 27.233,44 \text{ MJ}$$

$$EC = 369,24 \text{ kgCO}_2 \times 8 = 2953,92 \text{ kgCO}_2$$

LAMIERA IN COPERTURA

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Lamiera in acciaio inossidabile spessore 1 mm

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Lamiera: $53,04 \times 0,001 = 0,053 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 416,36 \text{ kg}$

Profili: $[(8,5 + 6,24) \times 2] \times 0,0003 = 0,0088 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 69,42 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
acciaio inossidabile	0,062	7850	485,79	56,7	27544,26	6,15	2987,60
Totale					27544,26		2987,60

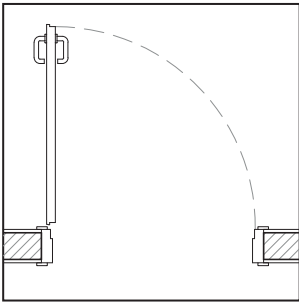
Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

EE = 27.544,26 MJ

EC = 2987,60 kgCO₂

PORTE A BATTENTE

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Dimensioni porta a battente: 1,20 x 2,10 m, 1,80 x 2,10 m e 0,90 x 2,10 m

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Pannello in truciolare: $2,835\text{ m}^3 \times 625\text{ kg/m}^3 = 1.771,87\text{ kg}$
Legno massello: $8,8959\text{ m}^3 \times 545\text{ kg/m}^3 = 4.848,26\text{ kg}$
Compensato: $0,0042\text{ m}^3 \times 600\text{ kg/m}^3 = 2,52\text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
pannello in truciolare	2,835	625	1771,88	16	28350,00	0,86	1523,81
massello	8,896	545	4848,27	7,8	37816,47	0,47	2278,68
compensato	0,004	600	2,54	15	38,07	0,81	2,06
Totale					66204,54		3804,55

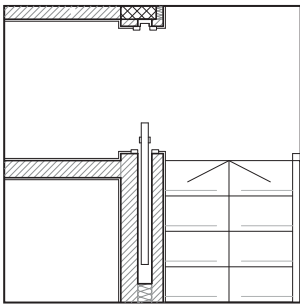
Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

EE = 66.204,54 MJ

EC = 3.804,55 kgCO₂

PORTE SCORREVOLI

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Dimensioni porta scorrevole 1 x 2,10 m

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Pannello in truciolare: $0,504 \text{ m}^3 \times 625 \text{ kg/m}^3 = 315,00 \text{ kg}$
Legno massello: $1,1803 \text{ m}^3 \times 545 \text{ kg/m}^3 = 643,26 \text{ kg}$
Compensato: $0,1279 \text{ m}^3 \times 600 \text{ kg/m}^3 = 76,74 \text{ kg}$
Acciaio: $0,2648 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 2.078,68 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
pannello in truciolare	0,504	625	315,00	16	5040,00	0,86	270,90
massello	1,180	545	643,29	7,8	5017,70	0,47	302,35
compensato	0,128	600	76,75	15	1151,28	0,81	62,17
acciaio	0,265	7850	2078,49	8,8	18290,67	0,42	872,96
Totale					29499,65		1508,38

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

EE = 29.499,65 MJ

EC = 1.508,38 kgCO₂

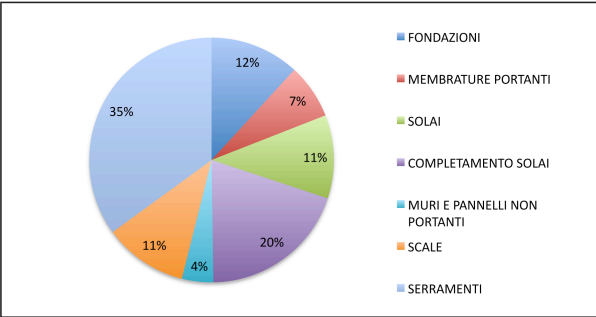
TABELLA RIASSUNTIVA DELLA STRUTTURA IN CALCESTRUZZO

Come si può notare dai grafici, gli elementi a maggior impatto ambientale sono i serramenti. Cio è dovuto soprattutto alla quantità di alluminio di cui sono costituiti, oltre all'elevato "peso energetico" del materiale stesso. Quindi in generale, le parti portanti dell'edificio e i serramenti giocano un ruolo predominante nella struttura. Difatti contribuiscono per il 35% ciascuna.

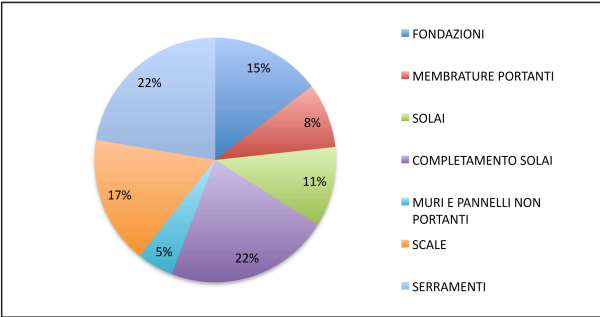
Per quanto riguarda invece le emissioni di CO₂, gli elementi più impattanti sono gli elementi di finitura dei solai e ancora una volta i serramenti. A differenza dei valori ottenuti per l'energia inglobata, gli elementi che emettono più CO₂ sono le parti non strutturali.

	Energia Incorporata	CO2 Inglobata
FONDAZIONI	807511,84	84127,66
MEMBRATURE PORTANTI	494125,40	49089,56
SOLAI	752418,08	60606,62
COMPLETAMENTO SOLAI	1344400,70	125454,20
MURI E PANNELLI NON PORTANTI	283477,65	27918,53
SCALE	755273,83	96785,46
SERRAMENTI	2391198,71	127698,56
TOTALE	6828406,21	571680,59

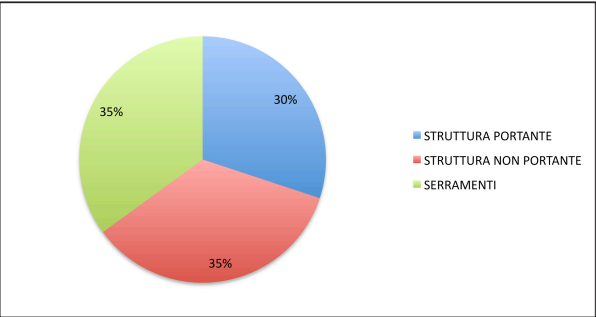
ENERGIA INCORPORATA



CO2 INGLOBATA



ENERGIA INCORPORATA



CO2 INGLOBATA

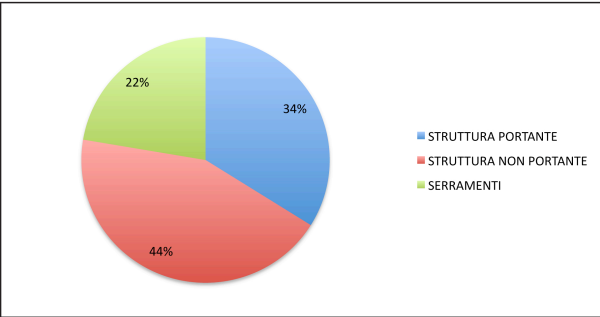
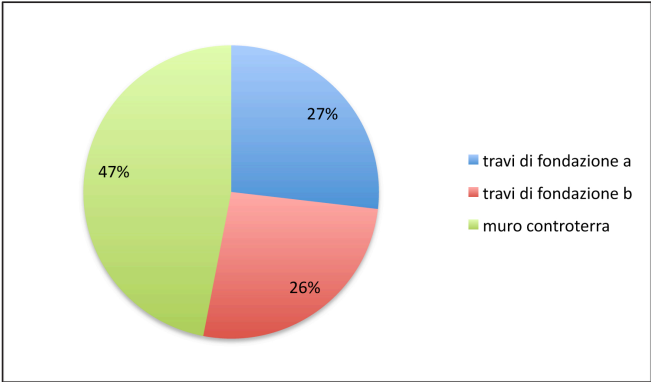


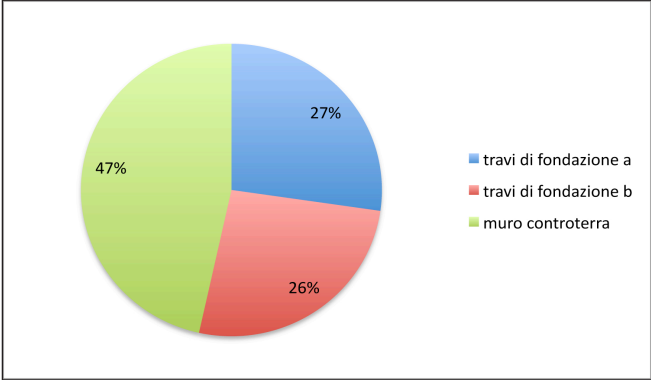
TABELLA RIASSUNTIVA DELLE FONDAZIONI

Categoria	Elemento tecnico	Area/n°	EE	EC	EE Totale	EC Totale
FONDAZIONI	travi di fondazione a	8	27109,02	2869,51	216872,16	22956,08
	travi di fondazione b	5	42276,16	4405,11	211380,80	22025,55
	muro controterra	-	-	-	379258,88	39146,03
					807511,84	84127,66

ENERGIA INCORPORATA



CO2 INGLOBATA

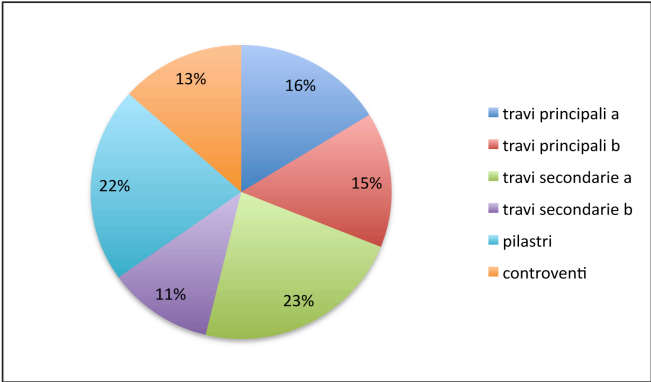


In questa tabella, riguardante le fondazioni, è chiaro come i muri controterra siano l'elemento che ha i maggiori impatti sull'ambiente, sia a livello di energia incorporata che di emissioni di CO₂. Seguono poi le travi di fondazione di tipo a e le travi di fondazione di tipo b. Le prime hanno dei valori leggermente più elevati, dovuto principalmente al numero maggiore delle prime rispetto alle seconde, oltre che a dimensioni maggiori delle travi di tipo a rispetto a quelle di tipo b.

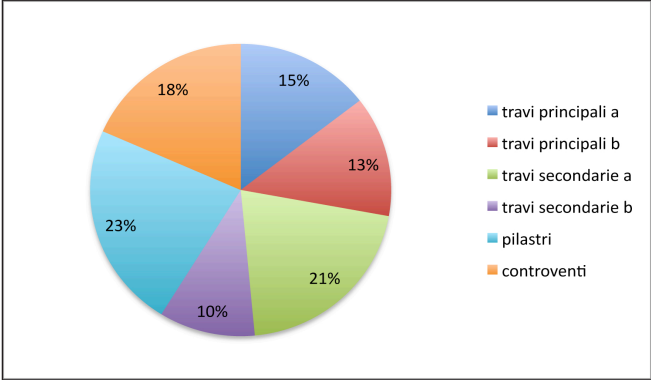
TABELLA RIASSUNTIVA DELLE MEMBRATURE PORTANTI

Categoria	Elemento tecnico	Area/n°	EE	EC	EE Totale	EC Totale
MEMBRATURE PORTANTI	travi principali a	20	4007,00	356,58	80140,00	7131,60
	travi principali b	20	3674,89	327,47	73497,80	6549,40
	travi secondarie a	80	1402,65	126,63	112212,00	10130,40
	travi secondarie b	60	934,02	84,58	56041,20	5074,80
	pilastrì	160	663,50	69,76	106160,00	11161,60
	controventi	-	-	-	66074,40	9041,76
					494125,40	49089,56

ENERGIA INCORPORATA



CO2 INGLOBATA



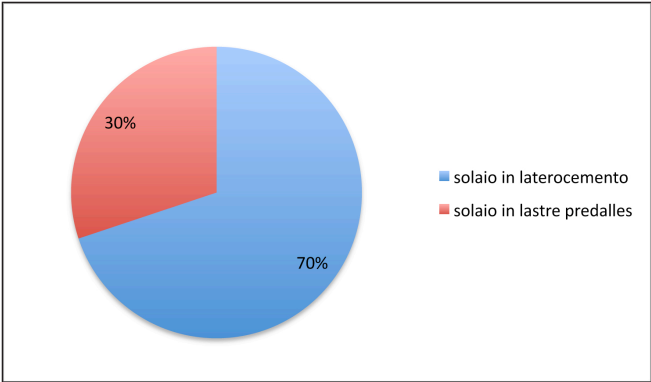
In questa tabella si può notare come vi sia una quasi equivalenza nelle percentuali sia a livello di consumi di energia che di emissioni di CO2.

In modo particolare le incidenze maggiori si hanno da parte dei pilastrì e delle travi secondarie di tipo a seguite dalle travi principali. Anche in questo caso, come nel precedente, il dato è dovuto principalmente al fatto che entrambe sono presenti in numero maggiore rispetto ad altri elementi. Difatti nel progetto vi sono 160 pilastrì e 80 travi secondarie di tipo a.

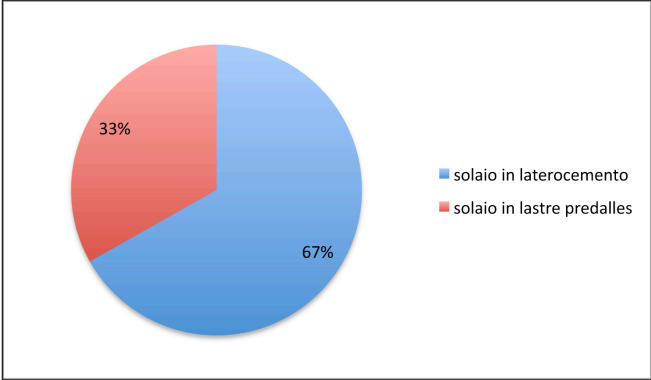
TABELLA RIASSUNTIVA DEI SOLAI

Categoria	Elemento tecnico	Area/n°	EE	EC	EE Totale	EC Totale
<u>SOLAI</u>	solaio in laterocemento	1038,53	506,37	39,00	525880,44	40502,67
	solaio in lastre predalles	443,6	510,68	45,32	226537,65	20103,95
					752418,08	60606,62

ENERGIA INCORPORATA



CO₂ INGLOBATA



I risultati ottenuti dal calcolo effettuato sui solai conferma le aspettative.

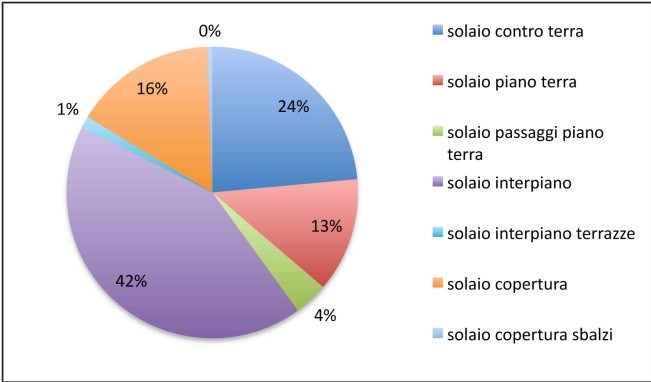
I valori di energia incorporata e di CO₂ inglobata sono superiori per il solaio in laterocemento rispetto al solaio costituito di lastre predalles.

Il dato rispecchia la quantità dei solai presenti nel progetto. Difatti il solaio in laterocemento è utilizzato per la costruzione di quattro piani, mentre il solaio in lastre predalles è stato utilizzato solo per il piano terra.

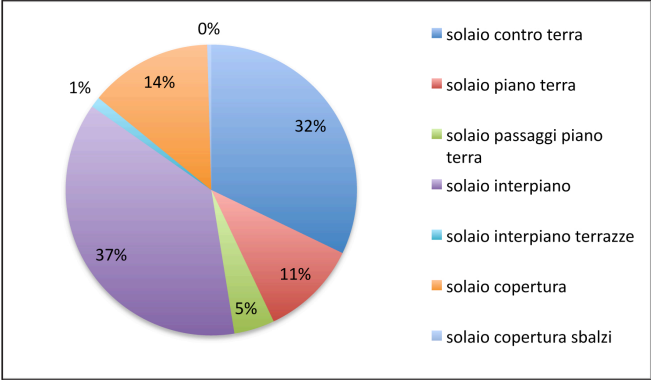
TABELLA RIASSUNTIVA DEL COMPLETAMENTO DEI SOLAI

Categoria	Elemento tecnico	Area/n°	EE	EC	EE Totale	EC Totale
COMPLETAMENTO SOLAI	solaio contro terra	689,67	458,99	58,48	316551,63	40331,90
	solaio piano terra	203,89	836,85	66,51	170625,35	13560,72
	solaio passaggi piano terra	59,55	853,20	94,94	50808,06	5653,68
	solaio interpiano	780,15	729,99	59,95	569501,70	46769,99
	solaio interpiano terrazze	55,95	306,33	26,30	17139,16	1471,49
	solaio copertura	264,66	803,39	64,62	212625,20	17102,33
	solaio copertura sbalzi	21,44	333,47	26,31	7149,60	564,09
					1344400,70	125454,20

ENERGIA INCORPORATA



CO2 INGLOBATA

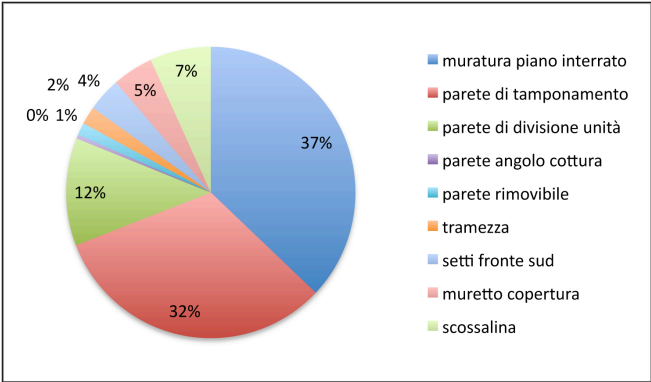


In questa tabella riguardante il completamento dei solai, è chiaro come la finitura del solaio interpiano sia quella più impattante sia a livello di energia incorporata che a livello di emissioni. Questo è ovviamente dovuto al fatto che tale solaio è presente in quantità superiori rispetto agli altri. Basti pensare che viene utilizzato per la finitura di quattro piani dell'edificio. Sempre per lo stesso motivo, è il solaio controterra ad essere il secondo solaio più impattante perchè copre una superficie molto estesa, quella del locale cantine e garage al piano interrato.

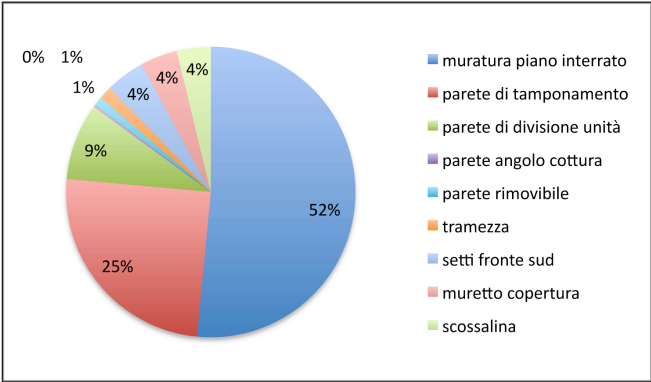
TABELLA RIASSUNTIVA DEI MURI E PANNELLI NON PORTANTI

Categoria	Elemento tecnico	Area/n°	EE	EC	EE Totale	EC Totale
MURI E PANNELLI NON PORTANTI	muratura piano interrato	-	-	-	105122,53	14385,19
	parete di tamponamento	62,67	1448,35	110,98	90768,09	6955,12
	parete di divisione unità	60,15	563,10	39,66	33870,47	2385,55
	parete angolo cottura	3,22	391,93	28,05	1262,01	90,32
	parete rimovibile	3,5	1120,04	75,43	3920,14	264,01
	tramezza	17,95	314,60	22,41	5647,07	402,26
	setti fronte sud	12,97	820,62	94,01	10643,44	1219,31
	muretto copertura	19,7	657,35	58,80	12949,80	1158,36
	scossalina	-	-	-	19294,10	1058,42
					283477,65	27918,53

ENERGIA INCORPORATA



CO₂ INGLOBATA

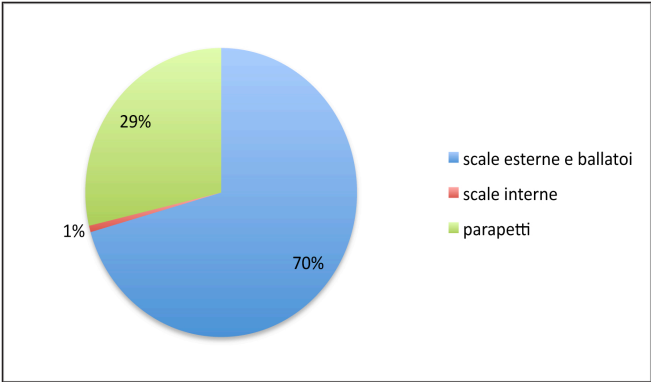


In questo caso, sono stati messi a confronto tutte le murature e i pannelli non portanti. La maggior incidenza, quasi il 40% dei consumi di energia e più della metà delle emissioni di CO₂, è dovuta dalla muratura del piano interrato. Segue poi la parete esterna di tamponamento e la parete di separazione delle unità abitative.

TABELLA RIASSUNTIVA DELLE SCALE

Categoria	Elemento tecnico	Area/n°	EE	EC	EE Totale	EC Totale
<u>SCALE</u>	scale esterne e ballatoi	-	-	-	533095,71	72949,94
	scale interne	8	682,30	41,11	5458,40	328,88
	parapetti	-	-	-	216719,72	23506,64
					755273,83	96785,46

ENERGIA INCORPORATA



In questo caso, analogo a quello dei solai, l'elemento più impattante è quello che utilizza il maggior quantitativo di materiale all'interno del progetto. Le scale esterne e le passerelle in calcestruzzo raggiungono il 70% dei consumi, sia per i valori di energia incorporata che di CO₂ inglobata.

CO₂ INGLOBATA

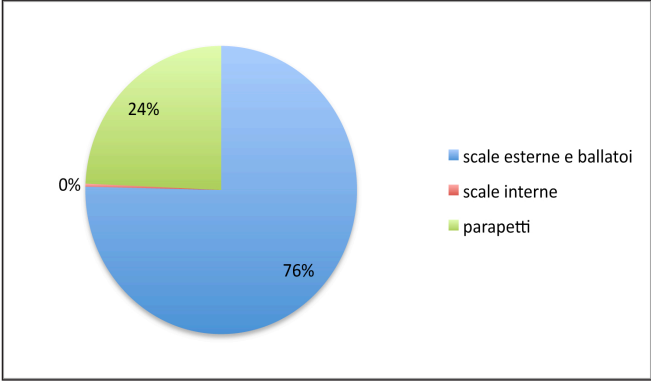
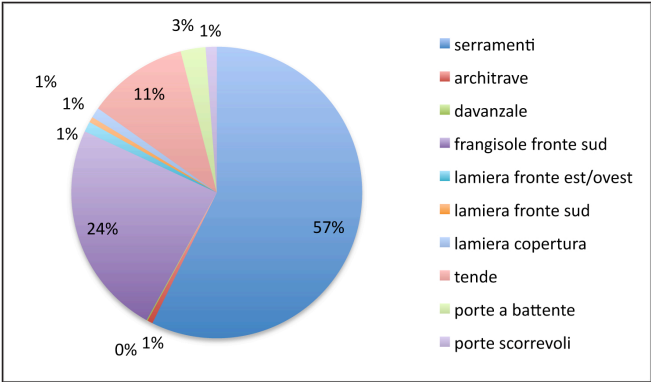


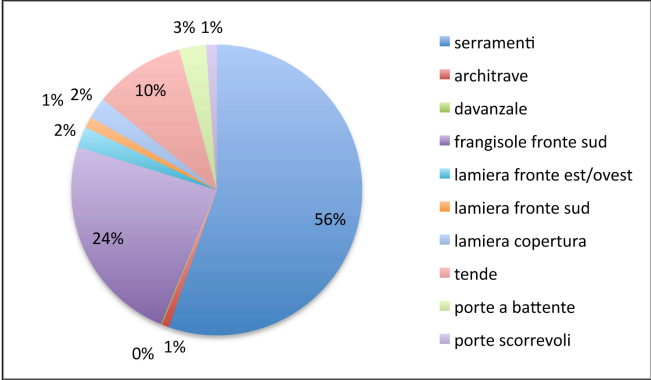
TABELLA RIASSUNTIVA DEI SERRAMENTI

Categoria	Elemento tecnico	Area/n°	EE	EC	EE Totale	EC Totale
SERRAMENTI	serramenti	-	-	-	1370413,34	70684,77
	architrave	104	137,35	10,00	14284,40	1040,00
	davanzale	-	-	-	2724,68	152,58
	frangisole fronte sud	8	71343,72	3750,45	570749,76	30003,60
	lamiera fronte est/ovest	8	3404,18	369,24	27233,44	2953,92
	lamiera fronte sud	12	1226,88	133,07	14722,56	1596,84
	lamiera copertura	-	-	-	27544,26	2987,60
	tende	8	33477,76	1620,79	267822,08	12966,32
	porte a battente	-	-	-	66204,54	3804,55
	porte scorrevoli	-	-	-	29499,65	1508,38
					2391198,71	127698,56

ENERGIA INCORPORATA



CO2 INGLOBATA



Per quanto riguarda la tabella relativa ai serramenti, nella quale sono compresi anche le porte e tutti gli elementi di oscuramento, si nota come i maggiori consumi a livello di energia incorporata siano dovuti agli infissi.

Anche per quanto riguarda le emissioni di CO2, questi elementi emettono da soli più del 50% del totale.

Seguono poi i frangisoli, scorrevoli e fissi, in alluminio del fronte sud.

TABELLA RIASSUNTIVA DEI TRASPORTI PER LA STRUTTURA IN CALCESTRUZZO

materiali	unità funzionale [t]	distanza dallo stabilimento [km]	trasporto [t*km]	EE totale	EC totale
pannello osb	0,09	312	28,39	269,72	14,48
calcestruzzo	2346,75	188	441189,68	419130,19	57354,66
intonaco	23,35	34	793,92	1429,06	95,27
malta	2,81	34	95,63	172,14	11,48
davanzali	1,36	62	84,47	168,93	9,46
forati	8,82	271	2390,09	7170,27	525,82
pignatte	81,65	635	51846,24	155538,73	11406,17
pavimento ceramico	27,12	147	3986,30	35876,74	2351,92
armature e rete elettrosaldata	69,25	327	22643,92	199266,49	9510,45
profili in acciaio	0,10	354	36,72	896,06	65,00
lamiere stirate	1,23	56	68,64	3892,01	422,15
parapetti	3,82	231	882,93	50062,26	5430,03
brise solei fissi	0,25	170	41,86	9124,57	479,67
brise solei scorrevoli	0,08	231	18,72	4081,72	214,57
scossalina	1,10	38	41,90	733,18	40,22
guaina bituminosa	0,60	326	194,92	9161,37	93,56
pavimento in resina	0,00	36	0,01	0,92	0,04
isolante	0,25	525	133,67	2245,57	140,35
	4,53	525	2376,34	39922,58	2495,16
pannello radiante	2,21	249	551,31	48845,93	1378,27
architrave	0,83	327	272,72	259,08	35,45
	0,26	327	83,97	738,90	35,27
	3,74	327	1224,29	3672,86	269,34
lecablocco	7,16	58	415,25	2076,23	178,56
	0,14	58	8,18	724,61	20,45
	7,16	58	415,25	2076,23	178,56

lastre predalles	0,15	248	36,58	3240,92	91,45
	5,92	248	1468,12	12919,46	616,61
	49,68	248	12321,43	24642,87	2649,11
pavimento galleggiante	9,00	147	1322,77	75001,10	8135,04
	0,37	147	54,47	490,20	32,14
porte a battente	1,77	268	474,86	7597,80	408,38
	4,85	268	1299,34	10134,81	610,69
	0,00	268	0,68	10,20	0,55
porta scorrevole	0,32	268	84,42	1350,72	72,60
	0,64	268	172,40	1344,74	81,03
	0,08	268	20,57	308,54	16,66
	2,08	268	557,03	4901,90	233,95
serramenti	4,95	264	1308,07	285158,30	14990,43
	0,99	264	260,19	26461,10	827,40
	12,67	264	3344,65	50169,72	2842,95
tende interne	1,05	347	364,03	79357,86	4171,75
	0,40	347	139,39	13576,40	327,56
travetti	13,86	635	8800,58	77445,11	3696,24
	5,61	635	3561,12	3383,06	462,95
	2,82	635	1793,75	5381,25	394,62
				1680412,44	133418,46

Questa tabella riassume le quantità di materiali impiegate nella costruzione dell'edificio in calcestruzzo calcolando quindi i consumi dovuti all'energia incorporata e alle emissioni di CO₂ emesse per ognuno dei materiali trasportati dallo stabilimento di produzione all'area di progetto.

Per giungere a tale risultato, è stato effettuato un computo metrico in cui è stato stimato il volume complessivo per ognuno dei materiali presenti. Il volume è stato poi moltiplicato per la densità del materiale considerato per trovare il peso (kg) complessivo dell'edificio che è stato trasformato successivamente in tonnellate e moltiplicato poi per la distanza (km) dallo stabilimento all'area. Si vedano le schede profilo per dettagli nel capitolo 3.

Il risultato ottenuto è stato poi moltiplicato per i valori di energia incorporata ed emissioni iglobate, ricavate sempre dalla banca dati ICE v16a, e sommate per ottenere i consumi effettivi.

5.2 LA STRUTTURA IN LEGNO (Database ICE V16a)

Anche per questa valutazione, come quella svolta per la struttura in calcestruzzo armato, si sono dapprima raggruppati gli elementi tecnici in grandi macroaree, come è stato fatto per i profili ambientali del capitolo 3. Tali aree hanno volutamente tenuto separate le parti d'opera portanti da quelle non portanti, oltre che a mantenere separati i serramenti e le parti di completamento dell'opera per facilitare le considerazioni finali.

Viene quindi presentato qui di seguito l'ordine degli elementi tecnici e i calcoli effettuati per ottenere i risultati.

Fondazioni e strutture di contenimento

- travi di fondazione a
- travi di fondazioni b
- muri contro terra

Membratura portanti

- travi principali a
- travi principali b
- travi secondarie a
- travi secondarie b
- travi secondarie c
- travi secondarie d
- pilastri
- controventi

Muri e pannelli non portanti

- muratura piano interrato
- parete di tamponamento esterna
- parete divisione unità abitative
- parete rimovibile
- parete angolo cottura
- tramezza
- setti fronte sud
- coronamento di copertura
- scossalina

Solai

- solaio predalles
- solaio in legno massiccio

Completamento solai

- solaio contro terra
- solaio piano terra
- solaio passaggi piano terra
- solaio interpiano
- solaio interpiano terrazze
- solaio copertura
- solaio copertura sbalzi

Scale

- scale esterne e ballatoi
- scale interne
- parapetti

Serramenti

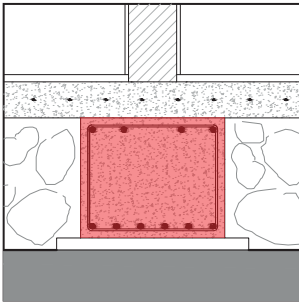
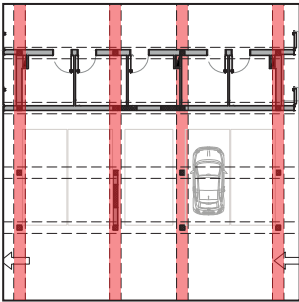
- serramenti
- imbotte
- tende
- frangisole fronte sud
- lamiera fronte sud
- lamiera fronte est/ovest
- lamiera copertura
- porte a battente
- porte scorrevoli

Successivamente, come per la valutazione precedente, sono state stilate delle tabelle e dei grafici divisi per macroaree a cui hanno fatto seguito delle considerazioni.

L'ultima tabella invece riassume i calcoli effettuati per ottenere i consumi e le emissioni dovute al trasporto.

TRAVE DI FONDAZIONE A

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Dimensioni trave: 0,6 x 0,5 x 15,51 m

Calcestruzzo

Ferri armatura longitudinale in acciaio riciclato Φ_{22}

Staffe in acciaio riciclato Φ_8 a quattro bracci

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Calcestruzzo: $0,6 \times 0,5 \times 15,51 = 4,653 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 11.167,2 \text{ kg}$

Ferri: $[(0,011)^2 \times \pi] \times 15,51 \times 10 = 0,059 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 462,59 \text{ kg}$

Staffe: $[(0,008)^2 \times \pi] \times 1,2 \times 47 = 0,011 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 88,97 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
calcestruzzo	4,653	2400	11167,2	0,95	10608,84	0,13	1451,74
acciaio	0,059	7850	462,59	8,8	4070,79	0,42	194,29
staffe	0,011	7850	88,97	8,8	782,96	0,42	37,37
Totale					15462,60		1683,39

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

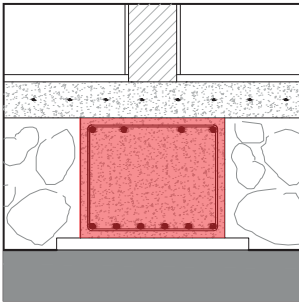
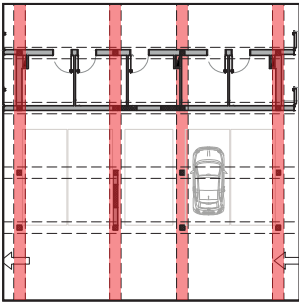
N° travi = 8

EE = 15462,60 MJ x 8 = 123.700,80 MJ

EC = 1683,39 kgCO₂ x 8 = 13.467,12 kgCO₂

TRAVE DI FONDAZIONE B

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Dimensioni trave: 0,6 x 0,5 x 23,50 m

Calcestruzzo

Ferri armatura longitudinale in acciaio riciclato Φ_{22}

Staffe in acciaio riciclato Φ_8 a quattro bracci

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Calcestruzzo: $0,6 \times 0,5 \times 23,50 = 7,050 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 16.920,00 \text{ kg}$

Ferri: $[(0,011)^2 \times \pi] \times 23,50 \times 10 = 0,089 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 700,89 \text{ kg}$

Staffe: $[(0,008)^2 \times \pi] \times 1,2 \times 71 = 0,017 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 134,41 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
calcestruzzo	7,050	2400	16920	0,95	16074,00	0,13	2199,60
acciaio	0,089	7850	700,89	8,8	6167,87	0,42	294,38
staffe	0,017	7850	134,41	8,8	1182,77	0,42	56,45
Totale					23424,64		2550,43

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

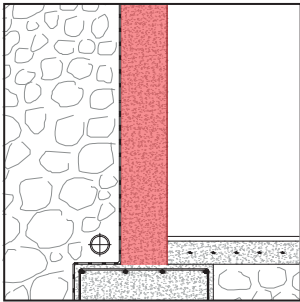
N° travi = 5

EE = 23.424,64 MJ x 5 = 117.123,20 MJ

EC = 2.550,43 kgCO₂ x 5 = 12.752,15 kgCO₂

MURO CONTROTERRA

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Muro controterra spessore 30 cm

Armatura in acciaio riciclato

(non avendo effettuato i calcoli strutturali per i muri di sostegno, si è deciso di adottare come valore di armatura il 2% della quantità di calcestruzzo presente)

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Calcestruzzo: $(22,8942 \times 2,92) + (14,235 \times 2,58) = 103,577 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 248.585,67 \text{ kg}$

Ferri: $[(22,89 \times 2\%) \times 2,92] + [(14,23 \times 2\%) \times 2,58] = 2,072 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 16.261,65 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
calcestruzzo	103,577	2400	248585,67	0,95	236156,39	0,13	32316,14
tondini	2,072	7850	16261,65	8,8	143102,49	0,42	6829,89
Totale					379258,88		39146,03

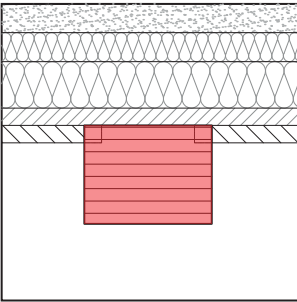
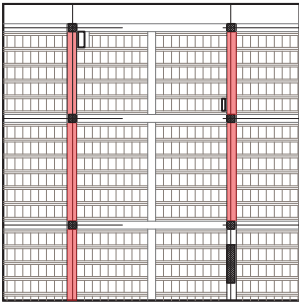
Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

EE = 379.258,88 MJ

EC = 39.146,03 kgCO₂

TRAVE PRINCIPALE A

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Dimensioni trave: 0,22 x 0,17 x 10,25 m

Legno lamellare

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Legno lamellare: $0,22 \times 0,17 \times 10,25 = 0,383 \text{ m}^3 \times 380 \text{ kg/m}^3 = 145,67 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
legno lamellare	0,383	380	145,67	12	1748,08	0,65	94,69
Totale					1748,08		94,69

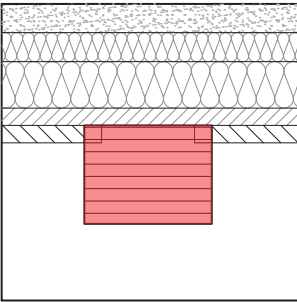
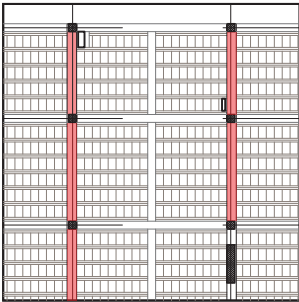
Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

N° travi = 20

$$EE = 1.748,08 \text{ MJ} \times 20 = 34.961,52 \text{ MJ}$$
$$EC = 94,69 \text{ kgCO}_2 \times 20 = 1.893,75 \text{ MJ}$$

TRAVE PRINCIPALE A

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Dimensioni trave: 0,22 x 0,17 x 9,95 m
Legno lamellare

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Legno lamellare: $0,22 \times 0,17 \times 9,95 = 0,372 \text{ m}^3 \times 380 \text{ kg/m}^3 = 141,41 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
legno lamellare	0,372	380	141,41	12	1696,91	0,65	91,92
Totale					1696,91		91,92

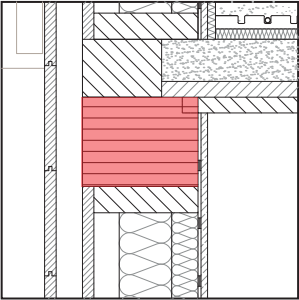
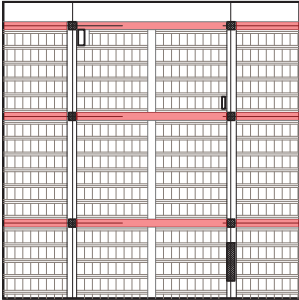
Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

N° travi = 20

EE = 1.696,91 MJ x 20 = 33.938,26 MJ
EC = 91,92 kgCO₂ x 20 = 1.838,32 kgCO₂

TRAVE SECONDARIA A

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Dimensioni trave: 0,10 x 0,20 x 4,8 m

Legno lamellare

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Legno lamellare: $0,10 \times 0,20 \times 4,8 = 0,096 \text{ m}^3 \times 380 \text{ kg/m}^3 = 36,48 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

	spessore [m]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
legno lamellare	0,096	380	36,48	12	437,76	0,65	23,71
Totale					437,76		23,71

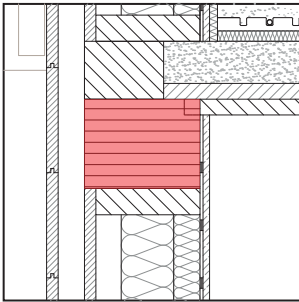
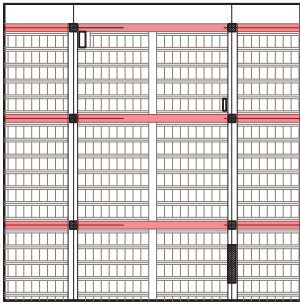
Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

N° travi = 120

$$EE = 437,76 \text{ MJ} \times 120 = 52.531,20 \text{ MJ}$$
$$EC = 23,71 \text{ kgCO}_2 \times 120 = 2.845,44 \text{ kgCO}_2$$

TRAVE SECONDARIA B

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Dimensioni trave: 0,17 x 0,22 x 4,8 m

Legno lamellare

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Legno lamellare: $0,17 \times 0,22 \times 4,8 = 0,180 \text{ m}^3 \times 380 \text{ kg/m}^3 = 68,22 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
legno lamellare	0,180	380	68,22	12	818,61	0,65	44,34
Totale					818,61		44,34

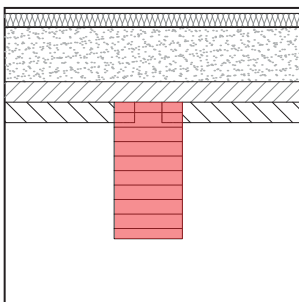
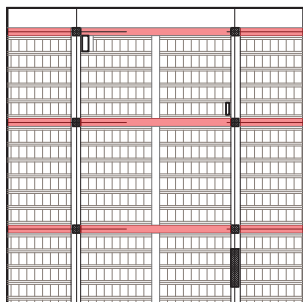
Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

N° travi = 40

$$EE = 818,61 \text{ MJ} \times 40 = 32.744,45 \text{ MJ}$$
$$EC = 44,34 \text{ kgCO}_2 \times 40 = 1.773,66 \text{ kgCO}_2$$

TRAVE SECONDARIA C

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Dimensioni trave: 0,10 x 0,20 x 3,25 m

Legno lamellare

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Legno lamellare: $0,10 \times 0,20 \times 3,25 = 0,065 \text{ m}^3 \times 380 \text{ kg/m}^3 = 24,70 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
legno lamellare	0,065	380	24,70	12	296,40	0,65	16,06
Totale					296,40		16,06

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

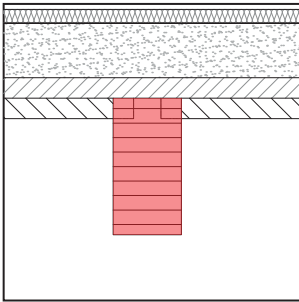
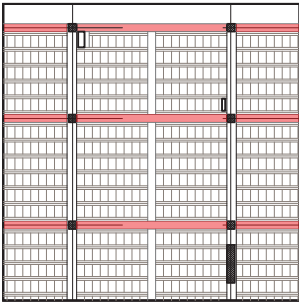
N° travi = 120

$$EE = 296,40 \text{ MJ} \times 120 = 35.568,00 \text{ MJ}$$

$$EC = 16,06 \text{ kgCO}_2 \times 120 = 1.926,60 \text{ kgCO}_2$$

TRAVE SECONDARIA D

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Dimensioni trave: 0,17 x 0,22 x 3,25 m

Legno lamellare

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Legno lamellare: $0,17 \times 0,22 \times 3,25 = 0,122 \text{ m}^3 \times 380 \text{ kg/m}^3 = 46,19 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

	spessore [m]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
legno lamellare	0,122	380	46,19	12	554,27	0,65	30,02
Totale					554,27		30,02

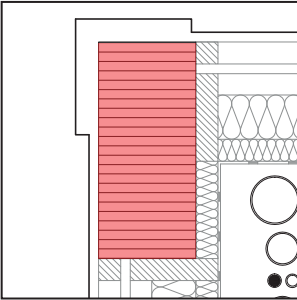
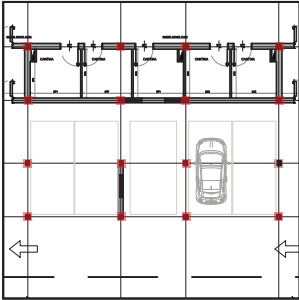
Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

N° travi = 40

$$EE = 554,27 \text{ MJ} \times 40 = 22.170,72 \text{ MJ}$$
$$EC = 37,41 \text{ kgCO}_2 \times 40 = 1.200,91 \text{ kgCO}_2$$

PILASTRO

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Dimensioni pilastro: 0,22 x 0,48 cm

Legno lamellare

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Legno lamellare: $0,22 \times 0,48 \times 3 = 0,317 \text{ m}^3 \times 380 \text{ kg/m}^3 = 120,38 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
legno lamellare	0,317	380	120,38	12	1444,61	0,65	78,25
Totale					1444,61		78,25

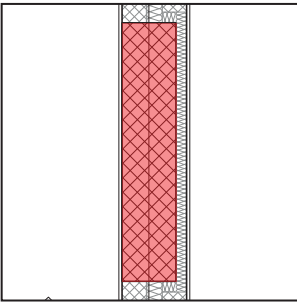
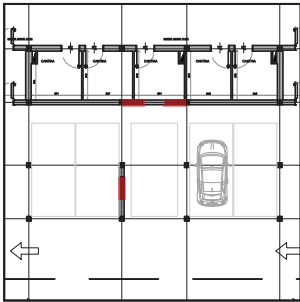
Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

N° pilastri = 160

$$EE = 1444,61 \text{ MJ} \times 160 = 231.137,28 \text{ MJ}$$
$$EC = 78,25 \text{ kgCO}_2 \times 160 = 12.519,94 \text{ kgCO}_2$$

CONTROVENTI

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Dimensioni controvento: 1,20 x 0,25 x 20,70 m
Dimensioni controvento: 1,00 x 0,25 x 20,70 m

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Calcestruzzo: $(1,20 \times 0,25 \times 20,70) \times 3 = 18,63 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 44.712 \text{ kg}$
Calcestruzzo: $(1,00 \times 0,25 \times 20,70) \times 2 = 10,35 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 24.840 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

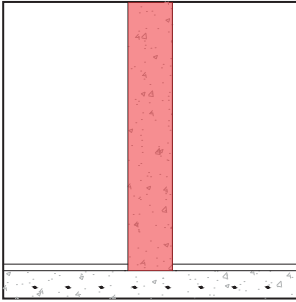
	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
calcestruzzo	28,980	2400	69552,00	0,95	66074,40	0,13	9041,76
Totale					66074,40		9041,76

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

EE = 66.074,40 MJ
EC = 9.041,76 kgCO₂

MURATURA DEL PIANO INTERRATO

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Muratura in calcestruzzo spessore 25 cm, 30 cm e 8 cm

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Calcestruzzo: $16,6449 \times 2,77 = 46,106 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 110.655,30 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
calcestruzzo	46,106	2400	110655,30	0,95	105122,53	0,13	14385,19
Totale					105122,53		14385,19

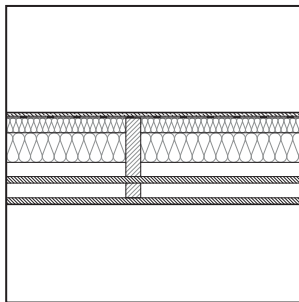
Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

EE = 105.122,53 MJ

EC = 14.385,19 kgCO₂

PARETE DI TAMPONAMENTO ESTERNA

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



- Rivestimento esterno in legno massiccio spessore 2,2 cm
- Montanti in legno massiccio spessore 5 cm
- Assito obliquo in legno massiccio spessore 2,2 cm
- Montanti in legno massiccio spessore 20 cm
- Isolamento in pannelli semirigidi in lana di roccia Rockwool 210 spessore 10 cm
- Isolamento in pannelli semirigidi in lana di roccia Rockwool 520 spessore 5 cm
- Barriera al vapore spessore 1 mm
- Pannello in cartongesso spessore 1,25 cm

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

- Rivestimento esterno: $0,022 \text{ m}^3 \times 350 \text{ kg/m}^3 = 7,7 \text{ kg}$
- Montanti in massello: $(0,050 + 0,200) \text{ m}^3 \times 350 \text{ kg/m}^3 = 87,5 \text{ kg}$
- Assito obliquo: $0,002 \text{ m}^3 \times 350 \text{ kg/m}^3 = 7,7 \text{ kg}$
- Isolante: $(0,100 + 0,050) \text{ m}^3 \times 40 \text{ kg/m}^3 = 6 \text{ kg}$
- Barriera al vapore: $0,001 \text{ m}^3 \times 378 \text{ kg/m}^3 = 0,387 \text{ kg}$
- Profili in acciaio: $0,0038 \text{ m}^3 \times 7800 \text{ kg/m}^3 = 29,64 \text{ kg}$
- Cartongesso: $0,0125 \text{ m}^3 \times 760 \text{ kg/m}^3 = 9,5 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico (1 m²)

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
rivestimento esterno	0,022	350	7,7	7,8	60,06	0,47	3,62
montanti	0,050	350	17,5	7,8	136,50	0,47	8,23
assito obliquo	0,022	350	7,7	7,8	60,06	0,47	3,62
montanti	0,200	350	70	7,8	546,00	0,47	32,90
isolante	0,100	40	4	16,8	67,20	1,05	4,20
isolante	0,050	40	2	16,8	33,60	1,05	2,10
barriera al vapore	0,001	378	0,378	78,1	29,52	1,7	0,64
profilo in acciaio	0,0038	7800	29,64	24,4	723,22	1,77	52,46
cartongesso	0,0125	760	9,5	6,75	64,13	0,38	3,61
Totale					1720,28		111,38

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

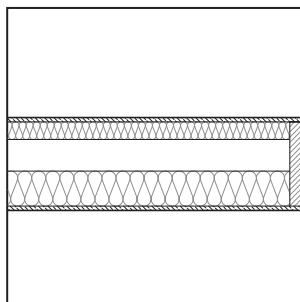
Area = 62,67 m²

$$EE = 1.720,28 \text{ MJ/m}^2 \times 62,67 \text{ m}^2 = 107.809,95 \text{ MJ}$$

$$EC = 111,38 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2 \times 62,67 \text{ m}^2 = 6.980,18 \text{ kgCO}_2$$

PARETE DI SEPARAZIONE TRA UNITA' ABITATIVE

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Pannello in cartongesso spessore 1,25 cm
 Isolante in lana di roccia spessore 5 cm
 Intercapedine d'aria 15,5 cm
 Isolante in lana di roccia spessore 10 cm
 Pannello in cartongesso spessore 1,25 cm

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Pannello cartongesso: $0,0125 \text{ m}^3 \times 760 \text{ kg/m}^3 = 9,5 \text{ kg}$

Isolante: $0,10 \text{ m}^3 \times 40 \text{ kg/m}^3 = 4 \text{ kg}$

Isolante: $0,05 \text{ m}^3 \times 40 \text{ kg/m}^3 = 2 \text{ kg}$

Montanti: $0,24 \text{ m}^3 \times 350 \text{ kg/m}^3 = 70 \text{ kg}$

Profili in acciaio: $0,0038 \text{ m}^3 \times 7800 \text{ kg/m}^3 = 29,64 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico (1 m²)

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
cartongesso	0,0125	760	9,5	6,75	64,13	0,38	3,61
isolante	0,100	40	4	16,8	67,20	1,05	4,20
isolante	0,050	40	2	16,8	33,60	1,05	2,10
profilo in acciaio	0,0038	7800	29,64	24,4	723,22	1,77	52,46
cartongesso	0,0125	760	9,5	6,75	64,13	0,38	3,61
montanti in massello	0,240	350	70	7,8	546,00	0,47	32,90
Totale					1498,27		98,88

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

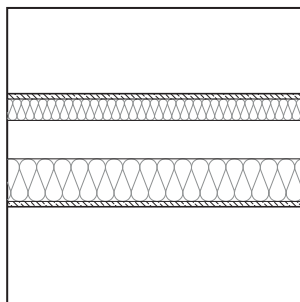
Area = 60,15 m²

$$EE = 1.498,27 \text{ MJ/m}^2 \times 60,15 \text{ m}^2 = 90.120,94 \text{ MJ}$$

$$EC = 98,88 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2 \times 60,15 \text{ m}^2 = 5.947,63 \text{ kgCO}_2$$

PARETE RIMOVIBILE TRA UNITA' ABITATIVE

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Pannello in cartongesso spessore 1,25 cm

Isolante in lana di roccia spessore 5 cm

Intercapedine d'aria spessore 15,5 cm

Isolante in lana di roccia spessore 10 cm

Pannello in cartongesso spessore 1,25 cm

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Pannello cartongesso: $0,0125 \text{ m}^3 \times 760 \text{ kg/m}^3 = 9,5 \text{ kg}$

Isolante: $0,10 \text{ m}^3 \times 40 \text{ kg/m}^3 = 4 \text{ kg}$

Isolante: $0,05 \text{ m}^3 \times 40 \text{ kg/m}^3 = 2 \text{ kg}$

Montanti: $0,24 \text{ m}^3 \times 350 \text{ kg/m}^3 = 70 \text{ kg}$

Profili in acciaio: $0,0038 \text{ m}^3 \times 7800 \text{ kg/m}^3 = 29,64 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico (1 m²)

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
cartongesso	0,0125	760	9,5	6,75	64,13	0,38	3,61
isolante	0,1000	40	4	16,8	67,20	1,05	4,20
isolante	0,0500	40	2	16,8	33,60	1,05	2,10
cartongesso	0,0125	760	9,5	6,75	64,13	0,38	3,61
profilo in acciaio	0,0038	7800	29,64	24,4	723,22	1,77	52,46
montanti in massello	0,240	350	70	7,8	546,00	0,47	32,90
Totale					1498,27		98,88

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

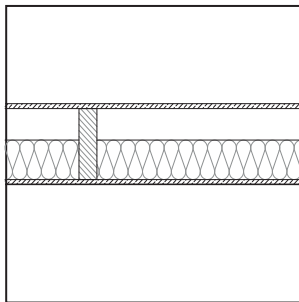
Area = 3,50 m²

$$EE = 1.498,27 \text{ MJ/m}^2 \times 3,50 \text{ m}^2 = 5.243,95 \text{ MJ}$$

$$EC = 98,88 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2 \times 3,50 \text{ m}^2 = 346,08 \text{ kgCO}_2$$

PARETE DELL'ANGOLO COTTURA

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Pannello in cartongesso spessore 1,25 cm

Isolante in lana di roccia spessore 10 cm

Intercapedine d'aria spessore 14 cm

Pannello in cartongesso spessore 1,25 cm

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Pannello in cartongesso: $0,0125 \text{ m}^3 \times 760 \text{ kg/m}^3 = 9,5 \text{ kg}$

Isolante: $0,10 \text{ m}^3 \times 40 \text{ kg/m}^3 = 4,00 \text{ kg}$

Montanti in massello: $0,180 \text{ m}^3 \times 350 \text{ kg/m}^3 = 63 \text{ kg}$

Profili in acciaio: $0,0044 \text{ m}^3 \times 7800 \text{ kg/m}^3 = 34,32 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico (1 m²)

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
cartongesso	0,0125	760	9,5	6,75	64,13	0,38	3,61
profilo in acciaio	0,0044	7800	34,32	24,4	837,41	1,77	60,75
isolante	0,100	40	4	16,8	67,20	1,05	4,20
cartongesso	0,0125	760	9,5	6,75	64,13	0,38	3,61
montanti	0,180	350	63	7,8	491,40	0,47	29,61
Totale					1524,26		101,78

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

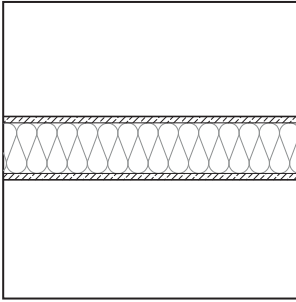
Area = 3,22 m²

$$EE = 1.524,26 \text{ MJ/m}^2 \times 3,22 \text{ m}^2 = 4.908,12 \text{ MJ}$$

$$EC = 101,78 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2 \times 3,22 \text{ m}^2 = 327,73 \text{ kgCO}_2$$

TRAMEZZA

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Pannello in cartongesso spessore 1,25 cm

Isolante in lana di roccia spessore 10 cm

Pannello in cartongesso spessore 1,25 cm

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Pannello cartongesso: $0,0125 \text{ m}^3 \times 760 \text{ kg/m}^3 = 9,5 \text{ kg}$

Isolante: $0,10 \text{ m}^3 \times 40 \text{ kg/m}^3 = 4 \text{ kg}$

Profili in acciaio: $0,0022 \text{ m}^3 \times 7800 \text{ kg/m}^3 = 17,16 \text{ kg}$

Montanti in massello: $0,10 \text{ m}^3 \times 350 \text{ kg/m}^3 = 70 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico (1 m²)

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
cartongesso	0,0125	760	9,5	6,75	64,13	0,38	3,61
isolante	0,100	40	4	16,8	67,20	1,05	4,20
cartongesso	0,0125	760	9,5	6,75	64,13	0,38	3,61
profilo in acciaio	0,0022	7800	17,16	24,4	418,70	1,77	30,37
montanti in massello	0,100	350	70	7,8	546,00	0,47	32,90
Totale					1160,15		74,69

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

Area = 17,95 m²

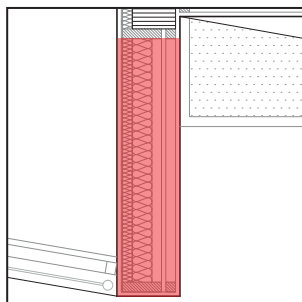
$$EE = 1.160,15 \text{ MJ/m}^2 \times 17,95 \text{ m}^2 = 20.824,69 \text{ MJ}$$

$$EC = 74,69 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2 \times 17,95 \text{ m}^2 = 1.340,69 \text{ kgCO}_2$$

5.2.3 Muri e pannelli non portanti

SETTI DEL FRONTE SUD

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Rivestimento esterno in legno massiccio spessore 2,2 cm
 Montanti in legno massiccio spessore 5 cm
 Assito obliquo in legno massiccio spessore 2,2 cm
 Montanti in legno massiccio spessore 20 cm
 Isolante in lana di roccia spessore 10 cm
 Isolante in lana di roccia spessore 5 cm
 Barriera al vapore spessore 1 mm
 Pannello in cartongesso spessore 1,25 cm

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Rivestimento esterno: $0,022 \text{ m}^3 \times 350 \text{ kg/m}^3 = 7,7 \text{ kg}$

Montanti: $(0,050 + 0,200) \text{ m}^3 \times 350 \text{ kg/m}^3 = 87,5 \text{ kg}$

Assito obliquo: $0,002 \text{ m}^3 \times 350 \text{ kg/m}^3 = 7,7 \text{ kg}$

Isolante: $(0,100 + 0,050) \text{ m}^3 \times 40 \text{ kg/m}^3 = 6 \text{ kg}$

Barriera al vapore: $0,001 \text{ m}^3 \times 378 \text{ kg/m}^3 = 0,387 \text{ kg}$

Cartongesso: $0,0125 \text{ m}^3 \times 760 \text{ kg/m}^3 = 9,5 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico (1 m²)

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
rivestimento esterno	0,022	350	7,7	7,8	60,06	0,47	3,62
montanti	0,050	350	17,5	0,95	16,63	0,13	2,28
assito obliquo	0,022	350	7,7	7,8	60,06	0,47	3,62
montanti	0,200	350	70	7,8	546,00	0,47	32,90
isolante	0,100	40	4	16,8	67,20	1,05	4,20
isolante	0,050	40	2	16,8	33,60	1,05	2,10
barriera al vapore	0,001	378	0,378	78,1	29,52	1,7	0,64
cartongesso	0,0125	760	9,5	6,75	64,13	0,38	3,61
Totale					877,19		52,97

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

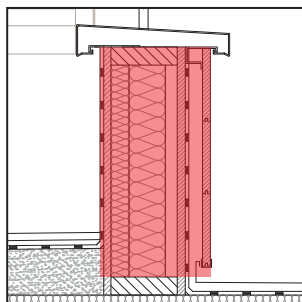
Area = 12,97 m²

$$EE = 877,19 \text{ MJ/m}^2 \times 12,97 \text{ m}^2 = 11.377,15 \text{ MJ}$$

$$EC = 52,97 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2 \times 12,97 \text{ m}^2 = 687,02 \text{ kgCO}_2$$

CORONAMENTO DI COPERTURA

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Rivestimento esterno in legno massiccio spessore 2,2 cm
 Guaina impermeabile spessore 1,5 mm
 Assito obliquo in legno massiccio spessore 2,2 cm
 Intercapedine d'aria spessore 4 cm
 Isolante in lana di roccia spessore 10 cm
 Isolante in lana di roccia spessore 5 cm
 Assito obliquo in legno massiccio spessore 2,2 cm
 Guaina impermeabile spessore 1,5 mm

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Rivestimento esterno: $0,022 \text{ m}^3 \times 350 \text{ kg/m}^3 = 7,7 \text{ kg}$

Guaina bituminosa: $0,0015 \text{ m}^3 \times 1045 \text{ kg/m}^3 = 1,57 \text{ kg}$

Assito obliquo: $0,022 \text{ m}^3 \times 350 \text{ kg/m}^3 = 7,7 \text{ kg}$

Intercapedine d'aria: $0,04 \text{ m}^3 \times 1,2 \text{ kg/m}^3 = 0,05 \text{ kg}$

Isolante: $0,10 \text{ m}^3 \times 40 \text{ kg/m}^3 = 4 \text{ kg}$

Isolante: $0,05 \text{ m}^3 \times 40 \text{ kg/m}^3 = 2 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico (1 m²)

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
rivestimento esterno	0,022	350	7,7	7,8	60,06	0,47	3,62
guaina impermeabile	0,002	1045	1,57	47	73,67	0,48	0,75
assito obliquo	0,022	350	7,7	7,8	60,06	0,47	3,62
intercapedine d'aria	0,040	1,2	0,05	0	0,00	0	0,00
isolante	0,100	40	4,00	16,8	67,20	1,05	4,20
isolante	0,050	40	2,00	16,8	33,60	1,05	2,10
assito obliquo	0,022	350	7,7	7,8	60,06	0,47	3,62
guaina impermeabile	0,002	1045	1,57	47	73,67	0,48	0,75
Totale					260,99		12,19

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

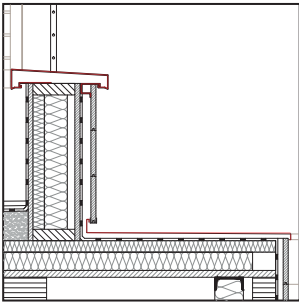
Area = 19,70 m²

$$EE = 260,99 \text{ MJ/m}^2 \times 19,70 \text{ m}^2 = 5.141,50 \text{ MJ}$$

$$EC = 12,19 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2 \times 19,70 \text{ m}^2 = 240,14 \text{ kgCO}_2$$

SCOSSALINA

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Scossalina in rame riciclato spessore 0,8 mm

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Rame: $(2,0162 \times 0,0008) \times 70,0709 = 0,113 \text{ m}^3 \times 8600 \text{ kg/m}^3 = 971,99 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

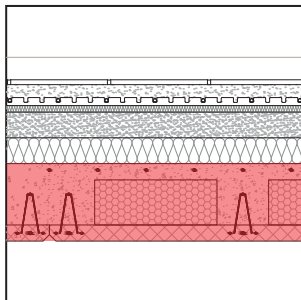
	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
rame	0,113	8600	971,99	17,5	17009,74	0,96	933,11
Totale					17009,74		933,11

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

EE = 17.009,74 MJ
EC = 993,11 kgCO₂

SOLAIO IN LASTRE PREDALLES

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Getto di completamento in calcestruzzo spessore 4 cm

Rete elettrosaldata in acciaio riciclato $\Phi 8$ e passo di 15 x 15 cm

Blocchi in polistirene espanso dimensioni 38 x 14 x 25 cm

Lastra predalles in calcestruzzo prefabbricato dimensione 120 cm spessore 5 cm

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Getto di completamento: $0,004 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 96 \text{ kg}$

Rete elettrosaldata: $[(0,004)^2 \times \pi] \times 14 = 0,001 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 5,52 \text{ kg}$

Blocchi in polistirene: $(0,38 \times 0,14 \times 0,25) \times 25 = 0,0133 \text{ m}^3 \times 25 \text{ kg/m}^3 = 0,33 \text{ kg}$

Acciaio: $(0,0003 \times 2) + (0,0001 \times 2) + (0,00005 \times 2) = 0,0017 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 13,35 \text{ kg}$

Calcestruzzo: $0,050 \text{ m}^3 \times 2240 \text{ kg/m}^3 = 112 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico (1 m²)

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
getto di completamento	0,040	2400	96,00	0,95	91,20	0,13	12,48
rete elettrosaldata	0,001	7850	5,52	8,8	48,59	0,42	2,32
blocchi in polistirene	0,0133	25	0,33	88,6	29,46	2,5	0,83
acciaio	0,0017	7850	13,35	8,8	117,44	0,42	5,60
calcestruzzo prefabbricato	0,05	2240	112,00	2	224,00	0,215	24,08
Totale					510,68		45,32

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

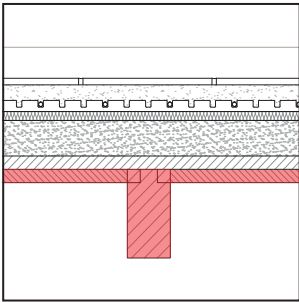
Area = 443,60 m²

$$EE = 510,68 \text{ MJ/m}^2 \times 443,60 \text{ m}^2 = 226.537,65 \text{ MJ}$$

$$EC = 45,32 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2 \times 443,60 \text{ m}^2 = 20.103,95 \text{ kgCO}_2$$

SOLAIO IN LEGNO MASSICCIO

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Regolo in legno massiccio spessore 3 cm
Assito orizzontale in legno massiccio spessore 3 cm

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Regolo: $0,03 \times 0,03 \times 1,25 = 0,001 \text{ m}^3 \times 350 \text{ kg/m}^3 = 0,39 \text{ kg}$
Assito orizzontale: $0,03 \text{ m}^3 \times 350 \text{ kg/m}^3 = 10,50 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico (1 m²)

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
regoli	0,00113	350	0,39	7,8	3,07	0,47	0,19
assito	0,03	350	10,50	7,8	81,90	0,47	4,94
Totale					84,97		5,12

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

Area = 1038,53 m²

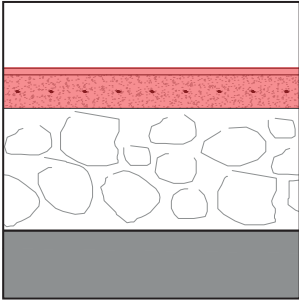
EE = 84,97 MJ/m² x 1038,53 m² = 88.243,89 MJ

EC = 5,12 kgCO₂/m² x 1038,53 m² = 5.317,27 kgCO₂

5.2.5 Completamento solai

SOLAIO CONTROTERRA

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Getto di completamento in calcestruzzo spessore 3 cm
Rete elettrosaldata in acciaio riciclato $\Phi 8$ e passo di 15 x 15 cm
Massetto in calcestruzzo spessore 15 cm

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Getto di completamento: $0,030 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 72 \text{ kg}$
Rete elettrosaldata: $[(0,004)^2 \times \pi] \times 14 = 0,001 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 5,52 \text{ kg}$
Massetto: $0,15 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 360 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico (1 m²)

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
getto in calcestruzzo	0,030	2400	72,00	0,95	68,40	0,13	9,36
rete elettrosaldata	0,001	7850	5,52	8,8	48,59	0,42	2,32
massetto in calcestruzzo	0,150	2400	360,00	0,95	342,00	0,13	46,80
Totale					458,99		58,48

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

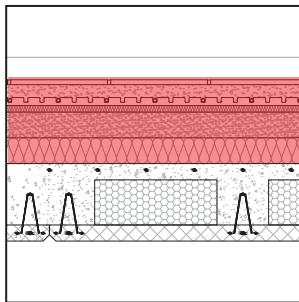
Area = 689,67 m²

EE = 458,99 MJ/m² x 689,67 m² = 316.551,63 MJ

EC = 58,48 kgCO₂/m² x 689,67 m² = 40.331,90 kgCO₂

SOLAIO PIANO TERRA

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Pavimento in gres porcellanato spessore 1,5 cm

Getto in calcestruzzo alleggerito spessore 4 cm

Pannello radiante in polistirene espanso spessore 4,5 cm

Massetto degli impianti in calcestruzzo spessore 8 cm

Isolante in lana di roccia spessore 8 cm

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Pavimento: $0,015 \text{ m}^3 \times 1700 \text{ kg/m}^3 = 25,50 \text{ kg}$ Calcestruzzo alleggerito: $0,04 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 96 \text{ kg}$ Pannello radiante: $0,045 \text{ m}^3 \times 50 \text{ kg/m}^3 = 2,25 \text{ kg}$ Massetto degli impianti: $0,08 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 192 \text{ kg}$ Isolante: $0,08 \text{ m}^3 \times 100 \text{ kg/m}^3 = 8 \text{ kg}$ Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico (1 m²)

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
pavimento ceramico	0,015	1700	25,50	9	229,50	0,59	15,05
calcestruzzo alleggerito	0,040	2400	96,00	0,95	91,20	0,13	12,48
pannello radiante	0,045	50	2,25	88,6	199,35	2,5	5,63
massetto degli impianti	0,080	2400	192,00	0,95	182,40	0,13	24,96
isolante	0,080	100	8,00	16,8	134,40	1,05	8,40
Totale					836,85		66,51

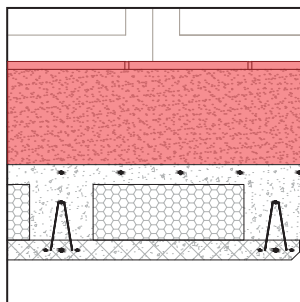
Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificioArea = 203,89 m²

$$EE = 836,85 \text{ MJ/m}^2 \times 203,89 \text{ m}^2 = 170.625,35 \text{ MJ}$$

$$EC = 66,51 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2 \times 203,89 \text{ m}^2 = 13.560,72 \text{ kgCO}_2$$

SOLAIO DEI PASSAGGI AL PIANO TERRA

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Pavimento in gres porcellanato spessore 2 cm

Massetto in calcestruzzo spessore 24 cm

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Pavimento: $0,02 \text{ m}^3 \times 1700 \text{ kg/m}^3 = 34 \text{ kg}$

Massetto: $0,240 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 576 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico (1 m²)

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
pavimento ceramico	0,020	1700	34,00	9	306,00	0,59	20,06
massetto	0,240	2400	576,00	0,95	547,20	0,13	74,88
Totale					853,20		94,94

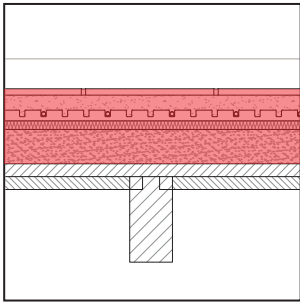
Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

Area = 59,55 m²

$$EE = 853,20 \text{ MJ/m}^2 \times 59,55 \text{ m}^2 = 50.808,06 \text{ MJ}$$

$$EC = 94,94 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2 \times 59,55 \text{ m}^2 = 5.653,68 \text{ kgCO}_2$$

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



- Pavimento in gres porcellanato spessore 1,5 cm
- Getto in calcestruzzo alleggerito spessore 4 cm
- Pannello radiante in polistirene espanso spessore 4,5 cm
- Massetto degli impianti in calcestruzzo spessore 8 cm

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

- Pavimento: $0,015 \text{ m}^3 \times 1700 \text{ kg/m}^3 = 25,50 \text{ kg}$
- Calcestruzzo alleggerito: $0,04 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 96 \text{ kg}$
- Pannello radiante: $0,045 \text{ m}^3 \times 50 \text{ kg/m}^3 = 2,25 \text{ kg}$
- Massetto degli impianti: $0,08 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 192 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico (1 m²)

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
pavimento ceramico	0,015	1700	25,50	9	229,50	0,59	15,05
calcestruzzo alleggerito	0,040	2400	96,00	0,95	91,20	0,13	12,48
pannello radiante	0,045	50	2,25	88,6	199,35	2,5	5,63
massetto degli impianti	0,080	2400	192,00	0,95	182,40	0,13	24,96
Totale					702,45		58,11

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

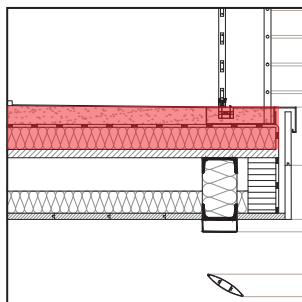
Area = 780,15 m²

EE = 702,45 MJ/m² x 780,15 m² = 548.016,37 MJ

EC = 58,11 kgCO₂/m² x 780,15 m² = 45.334,52 kgCO₂

SOLAIO INTERPIANO DELLE TERRAZZE

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Pavimento in resina spessore 3 mm

Massetto in calcestruzzo con pendenza del 1,5% spessore 6,5 cm

Guaina bituminosa spessore 1,5 mm

Isolante in lana di roccia spessore 8 cm

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Pavimento: $0,003 \text{ m}^3 \times 1,09 \text{ kg/m}^3 = 0,003 \text{ kg}$

Massetto: $0,065 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 156,00 \text{ kg}$

Guaina bituminosa: $0,0015 \text{ m}^3 \times 1045 \text{ kg/m}^3 = 1,57 \text{ kg}$

Isolante: $0,08 \text{ m}^3 \times 100 \text{ kg/m}^3 = 8 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico (1 m²)

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
pavimento in resina	0,003	1,09	0,003	139,3	0,46	5,91	0,02
massetto	0,065	2400	156,00	0,95	148,20	0,13	20,28
guaina bituminosa	0,002	1045	1,57	47	73,67	0,48	0,75
isolante	0,080	100	8,00	16,8	134,40	1,05	8,40
Totale					356,73		29,45

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

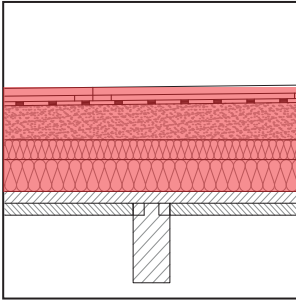
Area = 55,95 m²

$$EE = 356,73 \text{ MJ/m}^2 \times 55,95 \text{ m}^2 = 19.959,04 \text{ MJ}$$

$$EC = 29,45 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2 \times 55,95 \text{ m}^2 = 1.647,73 \text{ kgCO}_2$$

SOLAIO DI COPERTURA

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Pavimento galleggiante in gres porcellanato e acciaio inossidabile spessore 2 cm

Guaina bituminosa spessore 1,5 mm

Massetto in calcestruzzo con pendenza del 1,5% spessore 8 cm

Isolante in lana di roccia spessore 5 cm

Isolante in lana di roccia spessore 8 cm

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Pavimento: $0,02 \text{ m}^3 \times 1700 \text{ kg/m}^3 = 0,000 \text{ kg}$

Acciaio: $0,350 \text{ kg} \times 4 = 1,57 \text{ kg}$

Guaina bituminosa: $0,0015 \text{ m}^3 \times 1045 \text{ kg/m}^3 = 1,57 \text{ kg}$

Massetto: $0,080 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 192,00 \text{ kg}$

Isolante: $0,05 \text{ m}^3 \times 100 \text{ kg/m}^3 = 5 \text{ kg}$

Isolante: $0,08 \text{ m}^3 \times 100 \text{ kg/m}^3 = 8 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico (1 m²)

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
pavimento ceramico	0,020	1700	34,00	9	306,00	0,59	20,06
piedini in acciaio	-	-	1,40	56,7	79,38	6,15	8,61
guaina bituminosa	0,003	1045	3,14	47	147,35	0,48	1,50
calcestruzzo alleggerito	0,080	2400	192,00	0,95	182,40	0,13	24,96
isolante	0,050	100	5,00	16,8	84,00	1,05	5,25
isolante	0,080	100	8,00	16,8	134,40	1,05	8,40
Totale					933,53		68,78

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

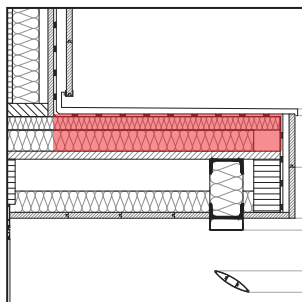
Area = 264,66 m²

$$EE = 933,53 \text{ MJ/m}^2 \times 264,66 \text{ m}^2 = 247.068,05 \text{ MJ}$$

$$EC = 68,78 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2 \times 264,66 \text{ m}^2 = 18.203,31 \text{ kgCO}_2$$

SOLAIO DI COPERTURA DEGLI SBALZI

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Guaina bituminosa spessore 1,5 mm
 Isolante in lana di roccia spessore 5 cm
 Isolante in lana di roccia spessore 8 cm

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Guaina bituminosa: $0,0015 \text{ m}^3 \times 1045 \text{ kg/m}^3 = 1,57 \text{ kg}$

Isolante: $0,05 \text{ m}^3 \times 100 \text{ kg/m}^3 = 5 \text{ kg}$

Isolante: $0,08 \text{ m}^3 \times 100 \text{ kg/m}^3 = 8 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico (1 m²)

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
guaina bituminosa	0,002	1045	1,57	47	73,67	0,48	0,75
isolante	0,050	100	5,00	16,8	84,00	1,05	5,25
isolante	0,080	100	8,00	16,8	134,40	1,05	8,40
Totale					292,07		14,40

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

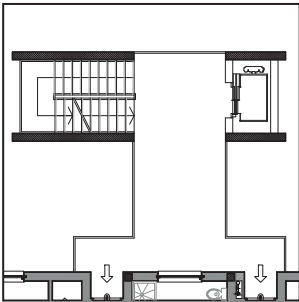
Area = 21,44 m²

$$EE = 292,07 \text{ MJ/m}^2 \times 21,44 \text{ m}^2 = 6.261,98 \text{ MJ}$$

$$EC = 14,40 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2 \times 21,44 \text{ m}^2 = 308,74 \text{ kgCO}_2$$

SCALE ESTERNE E BALLATOI

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Getto in calcestruzzo

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Scale piano terra: $3,7638 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 9.033,12 \text{ kg}$
Passerelle: $31,0352 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 74.484,48 \text{ kg}$
Setti scale e copertura: $(143,8678 + 13,5119) \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 377.711,28 \text{ kg}$
Copertura scale: $25,2855 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 60.685,20 \text{ kg}$
Vano scala: $11,7102 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 28.104,48 \text{ kg}$
Gradini: $4,6395 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 11.134,80 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO2 inglobata nell'elemento tecnico

	volume [m³]	densità [kg/m³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO2 inglobata [kgCO2/kg]	CO2 inglobata strato [kgCO2]
calcestruzzo	233,814	2400	561153,38	0,95	533095,71	0,13	72949,94
Totale					533095,71		72949,94

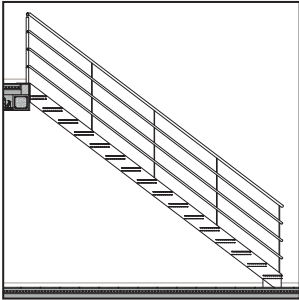
Energia incorporata e CO2 inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

EE = 533.095,71 MJ

EC = 72.949,94 kgCO2

SCALE INTERNE

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Dimensioni gradini in legno massello: 0,05 x 0,25 x 0,95 m

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Legno massello: $(0,05 \times 0,25 \times 0,95) \times 16 + (1,1985 \times 0,05) = 0,2499 \text{ m}^3 \times 350 \text{ kg/m}^3 = 87,47 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

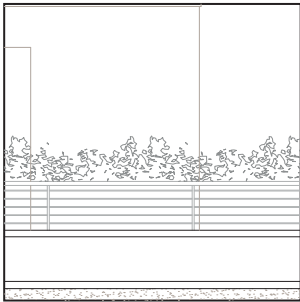
	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
legno massello	0,250	350	87,47	7,8	682,30	0,47	41,11
Totale					682,30		41,11

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

N° scale = 8

$$EE = 682,30 \text{ MJ} \times 8 = 5.458,40 \text{ MJ}$$
$$EC = 41,11 \text{ kgCO}_2 \times 8 = 328,88 \text{ kgCO}_2$$

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Parapetti in acciaio inossidabile

(il volume dei parapetti della terrazza in copertura, degli appartamenti e dei balconi sono stati calcolati nelle esatte quantità, mentre per i parapetti delle scale esterne si è calcolato il volume di materiale in 1 m e si è poi calcolato per la lunghezza lineare totale dei parapetti presenti nel progetto)

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Terrazza: $(0,014 + 0,0037 + 0,0344) \times 7850 = 0,0522 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 1.467,95 \text{ kg}$
Appartamenti: $(0,0023 + 0,0046 + 0,0013 + 0,00058) \times 7850 = 0,0709 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 556,56 \text{ kg}$
Balconi: $(0,00092 + 0,0044 + 0,00042) \times 7850 = 0,0458 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 4.316,71 \text{ kg}$
Scale esterne: $[(0,0002 + 0,000097 + 0,0009) \times 265,45] \times 7850 = 0,3179 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 14.367,07 \text{ kg}$

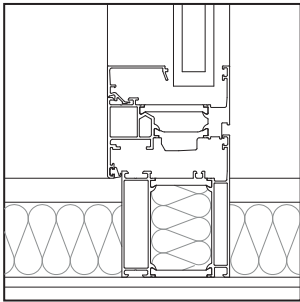
Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
acciaio inossidabile	0,487	7850	3822,22	56,7	216719,72	6,15	23506,64
Totale					216719,72		23506,64

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

EE = 216.719,72 MJ
EC = 23.506,64 kgCO₂

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Per dettagli vedere schede

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Alluminio: $1,782 \text{ m}^3 \times 2780 \text{ kg/m}^3 = 4.954,79 \text{ kg}$
Guarnizioni: $1,032 \text{ m}^3 \times 955 \text{ kg/m}^3 = 985,56 \text{ kg}$
Vetro: $5,088 \text{ m}^3 \times 2490 \text{ kg/m}^3 = 12.669,12 \text{ kg}$

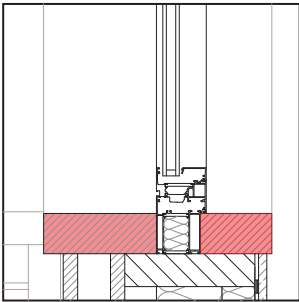
Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
alluminio	1,782	2780	4954,79	218	1080145,09	11,46	56781,94
guarnizioni	1,032	955	985,56	101,7	100231,45	3,18	3134,08
vetro	5,088	2490	12669,12	15	190036,80	0,85	10768,75
Totale					1370413,34		70684,77

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

EE = 1.370.413,34 MJ
EC = 70.684,77 kgCO₂

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Imbotte in legno massiccio

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Legno massiccio: $0,0346 \times 50,04 = 1,73 \text{ m}^3 \times 350 \text{ kg/m}^3 = 605,98 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

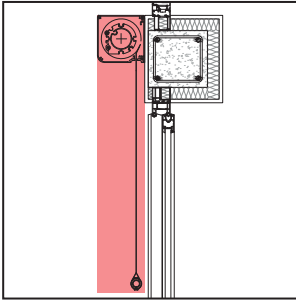
	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
legno massiccio	1,731	350	605,98	7,8	4726,68	0,47	284,81
Totale					4726,68		284,81

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

EE = 4.726,68 MJ
EC = 284,81 kgCO₂

TENDE INTERNE

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Cassonetto in alluminio

Tenda in poliestere

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Alluminio: $0,0104 \times 4,67 = 0,049 \text{ m}^3 \times 2700 \text{ kg/m}^3 = 131,13 \text{ kg}$

Poliestere: $[(2,7 \times 4,67) + (2,9 \times 4,67)] \times 0,0016 = 0,042 \text{ m}^3 \times 1200 \text{ kg/m}^3 = 50,21 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
alluminio	0,049	2700	131,13	218	28587,12	11,46	1502,79
poliestere	0,042	1200	50,21	97,4	4890,63	2,35	118,00
Totale					33477,76		1620,79

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

N° tende = 8

$$EE = 33.477,76 \text{ MJ} \times 8 = 276.822,08 \text{ MJ}$$

$$EC = 1.620,79 \text{ kgCO}_2 \times 8 = 12.966,32 \text{ kgCO}_2$$

FRANGISOLE DEL FRONTE SUD

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Frangisole scorrevoli in alluminio dimensioni 4,60 x 2,75 m

Frangisoli fissi in alluminio dimensioni 4,60 x 3,25 m

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Frangisoli fissi:

Listelli: $(0,0008 \times 2,1816) \times 34 = 0,0593 \text{ m}^3 \times 2699 \text{ kg/m}^3 = 160,05 \text{ kg}$

Profilo: $(0,0007 \times 4,6198) + (0,0006 \times 21,50) + (0,0034 \times 4,6198) = 0,0318 \text{ m}^3 \times 2699 \text{ kg/m}^3 = 85,95 \text{ kg}$

Frangisoli scorrevoli:

Listelli: $(0,0004 \times 1,0564) \times 52 = 0,0219 \text{ m}^3 \times 2699 \text{ kg/m}^3 = 59,11 \text{ kg}$

Profilo: $[(0,0002 \times 14,9918) + (0,0004 \times 6,3245)] \times 2 = 0,0050 \text{ m}^3 \times 2699 \text{ kg/m}^3 = 13,495 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
alluminio	0,121	2699	327,26	218	71343,72	11,46	3750,45
Totale					71343,72		3750,45

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

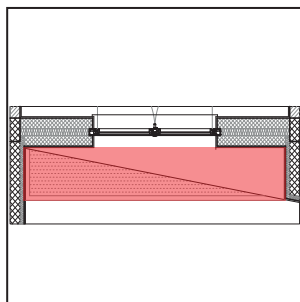
N° frangisoli = 8

$$EE = 71.343,72 \text{ MJ} \times 8 = 570.749,76 \text{ MJ}$$

$$EC = 3.750,45 \text{ kgCO}_2 \times 8 = 30.003,60 \text{ kgCO}_2$$

LAMIERA DEL FRONTE SUD

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Lamiera in acciaio inossidabile spessore 1 mm

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Lamiera: $0,7036 \times 0,001 = 0,0007 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 5,52 \text{ kg}$

Profili: $0,0003 \times 6,8428 = 0,0020 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 15,70 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
acciaio inossidabile	0,003	7850	21,64	56,7	1226,88	6,15	133,07
Totale					1226,88		133,07

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

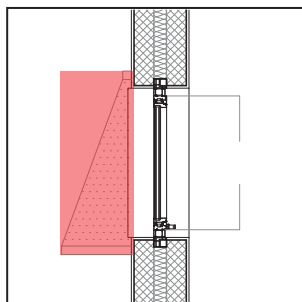
N° lamiere = 12

$$EE = 1.226,88 \text{ MJ} \times 12 = 14.722,56 \text{ MJ}$$

$$EC = 133,07 \text{ kgCO}_2 \times 12 = 1.596,84 \text{ kgCO}_2$$

LAMIERA DEI FRONTI EST ED OVEST

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Lamiera in acciaio inossidabile spessore 1 mm

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Lamiera: $0,7665 \times 0,001 = 0,00076 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 6,02 \text{ kg}$

Lamiera: $(0,1221 \times 0,001) \times 2 = 0,00024 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 1,92 \text{ kg}$

Profilo: $0,05 \times 2,655 = 0,0066 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 51,81 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
acciaio inossidabile	0,008	7850	60,04	56,7	3404,18	6,15	369,24
Totale					3404,18		369,24

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

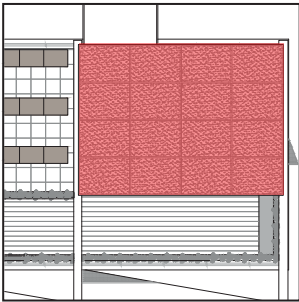
N° lamiere = 8

$$EE = 3.404,18 \text{ MJ} \times 8 = 27.233,44 \text{ MJ}$$

$$EC = 369,24 \text{ kgCO}_2 \times 8 = 2953,92 \text{ kgCO}_2$$

LAMIERA IN COPERTURA

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Lamiera in acciaio inossidabile spessore 1 mm

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Lamiera: $53,04 \times 0,001 = 0,053 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 416,36 \text{ kg}$

Profili: $[(8,5 + 6,24) \times 2] \times 0,0003 = 0,0088 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 69,42 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
acciaio inossidabile	0,062	7850	485,79	56,7	27544,26	6,15	2987,60
Totale					27544,26		2987,60

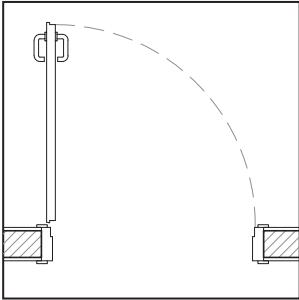
Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

EE = 27.544,26 MJ

EC = 2987,60 kgCO₂

PORTE A BATTENTE

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Dimensioni porta a battente: 1,20 x 2,10 m, 1,80 x 2,10 m e 0,90 x 2,10 m

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Pannello in truciolare: $2,835 \text{ m}^3 \times 625 \text{ kg/m}^3 = 1.771,87 \text{ kg}$
Legno massello: $8,8959 \text{ m}^3 \times 545 \text{ kg/m}^3 = 4.848,26 \text{ kg}$
Compensato: $0,0042 \text{ m}^3 \times 600 \text{ kg/m}^3 = 2,52 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

	volume [m³]	densità [kg/m³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
pannello in truciolare	2,835	625	1771,88	16	28350,00	0,86	1523,81
massello	8,896	545	4848,27	7,8	37816,47	0,47	2278,68
compensato	0,004	600	2,54	15	38,07	0,81	2,06
Totale					66204,54		3804,55

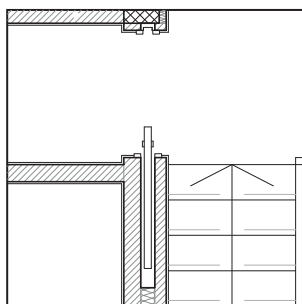
Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

EE = 66.204,54 MJ

EC = 3.804,55 kgCO₂

PORTE SCORREVOLI

Descrizione dei materiali presenti nell'elemento tecnico



Dimensioni porta scorrevole 1 x 2,10 m

Calcolo del peso dei materiali presenti nell'elemento tecnico

Pannello in truciolare: $0,504 \text{ m}^3 \times 625 \text{ kg/m}^3 = 315,00 \text{ kg}$

Legno massello: $1,1803 \text{ m}^3 \times 545 \text{ kg/m}^3 = 643,26 \text{ kg}$

Compensato: $0,1279 \text{ m}^3 \times 600 \text{ kg/m}^3 = 76,74 \text{ kg}$

Acciaio: $0,2648 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 2.078,68 \text{ kg}$

Calcolo Energia incorporata e CO₂ inglobata nell'elemento tecnico

	volume [m ³]	densità [kg/m ³]	unità funzionale [kg]	energia incorporata [MJ/kg]	energia incorporata strato [MJ]	CO ₂ inglobata [kgCO ₂ /kg]	CO ₂ inglobata strato [kgCO ₂]
pannello in truciolare	0,504	625	315,00	16	5040,00	0,86	270,90
massello	1,180	545	643,29	7,8	5017,70	0,47	302,35
compensato	0,128	600	76,75	15	1151,28	0,81	62,17
acciaio	0,265	7850	2078,49	8,8	18290,67	0,42	872,96
Totale					29499,65		1508,38

Energia incorporata e CO₂ inglobata negli elementi tecnici di tutto l'edificio

EE = 29.499,65 MJ

EC = 1.508,38 kgCO₂

TABELLA RIASSUNTIVA DELLA STRUTTURA IN LEGNO

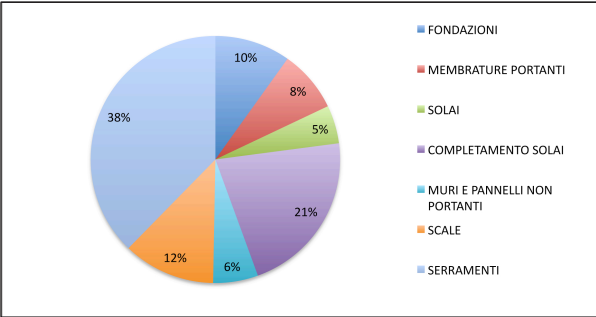
Anche in questo caso, come per la struttura in calcestruzzo armato, gli elementi che influiscono di più a livello di impatti ambientali sono i serramenti. Difatti anche per la struttura in legno, i serramenti e le parti non portanti dell'edificio giocano un ruolo predominante. Contribuiscono entrambe per il 38% ciascuna ai consumi di energia incorporata totale.

A livello di emissioni di CO₂, gli elementi più impattanti sono sempre i serramenti e tutti gli elementi di finitura dei solai.

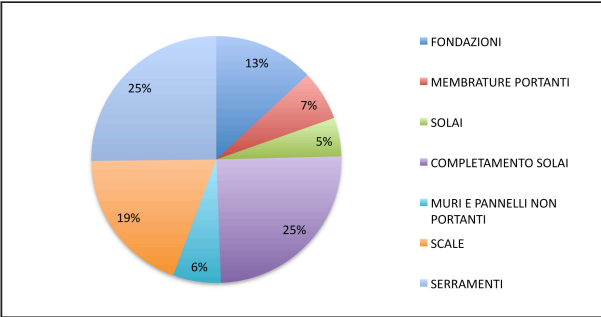
Sono dunque le parti non portanti dell'edifici che, con il 50% delle emissioni totali, emettono maggiori quantità di CO₂.

	Energia Incorporata	CO2 Inglobata
FONDAZIONI	620082,88	65365,30
MEMBRATURE PORTANTI	509125,82	33040,38
SOLAI	314781,54	25421,23
COMPLETAMENTO SOLAI	1359290,48	125040,60
MURI E PANNELLI NON PORTANTI	367558,57	31247,78
SCALE	755273,83	96785,46
SERRAMENTI	2378916,31	126790,79
TOTALE	6305029,44	503691,53

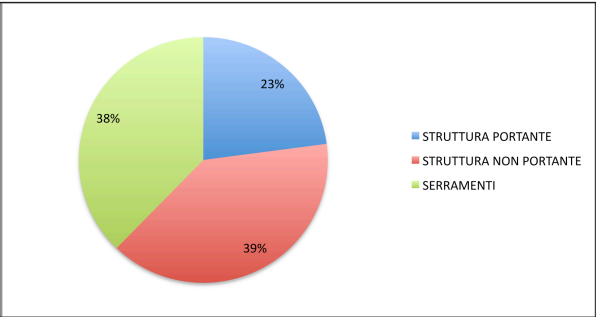
ENERGIA INCORPORATA



CO2 INGLOBATA



ENERGIA INCORPORATA



CO2 INGLOBATA

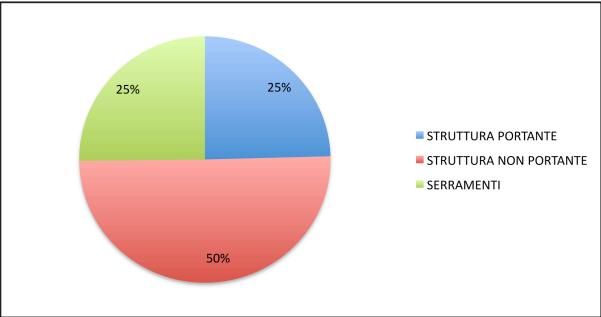
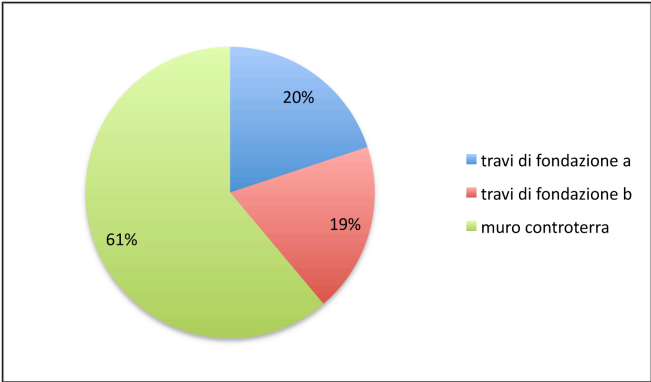


TABELLA RIASSUNTIVA DELLE FONDAZIONI

Categoria	Elemento tecnico	Area/n°	EE	EC	EE Totale	EC Totale
FONDAZIONI	travi di fondazione a	8	15462,60	1683,39	123700,80	13467,12
	travi di fondazione b	5	23424,64	2550,43	117123,20	12752,15
	muro controterra	-	-	-	379258,88	39146,03
					620082,88	65365,30

ENERGIA INCORPORATA



Come per la struttura in calcestruzzo, in questa tabella si nota come i muri controterra abbiano un impatto complessivo maggiore, sia a livello di energia incorporata che di emissioni di CO₂ inglobate. Da soli emettono il 60% dei consumi e delle emissioni.

Seguono quindi le travi di fondazione di tipo a e le travi di fondazione di tipo b, sempre per il fatto che le prime sono presenti in numero più elevato, oltre ad avere dimensioni maggiori.

CO₂ INGLOBATA

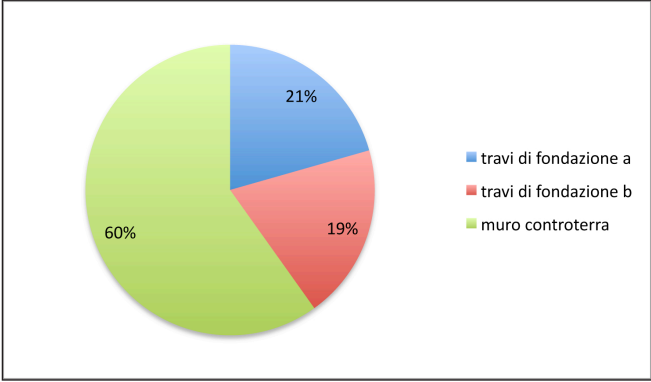
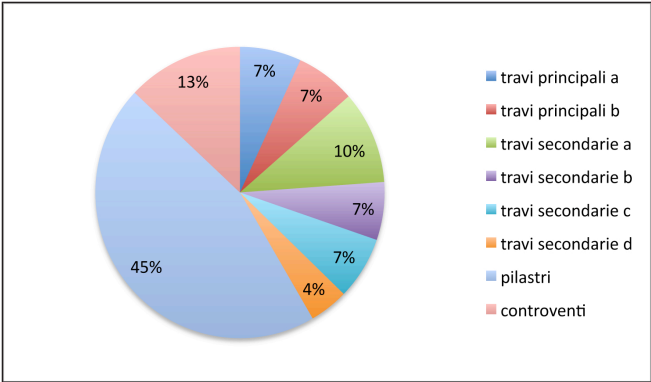


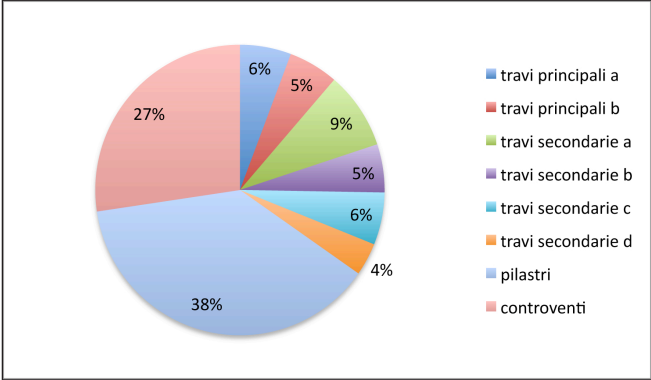
TABELLA RIASSUNTIVA DELLE MEMBRATURE PORTANTI

Categoria	Elemento tecnico	Area/n°	EE	EC	EE Totale	EC Totale
MEMBRATURE PORTANTI	travi principali a	20	1748,08	94,69	34961,52	1893,75
	travi principali b	20	1696,91	91,92	33938,26	1838,32
	travi secondarie a	120	437,76	23,71	52531,20	2845,44
	travi secondarie b	40	818,61	44,34	32744,45	1773,66
	travi secondarie c	120	296,40	16,06	35568,00	1926,60
	travi secondarie d	40	554,27	30,02	22170,72	1200,91
	pilastrì	160	1444,61	78,25	231137,28	12519,94
	controventi	-	-	-	66074,40	9041,76
					509125,82	33040,38

ENERGIA INCORPORATA



CO2 INGLOBATA



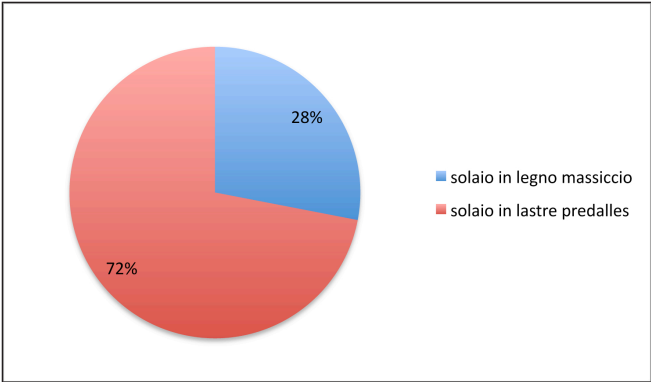
Questa tabella mette a confronto tutte le parti portanti dell'edificio.

In modo particolare, anche in questa struttura, le incidenze maggiori sono dovute dai pilastri, perchè presenti in numero elevato. Sono seguiti dai controventi che in questa struttura risultano avere un maggior impatto, rispetto ad altre componenti in legno, perchè fatti in calcestruzzo.

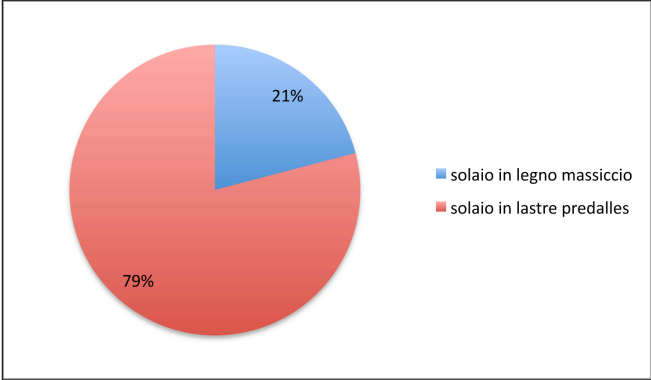
TABELLA RIASSUNTIVA DEI SOLAI

Categoria	Elemento tecnico	Area/n°	EE	EC	EE Totale	EC Totale
SOLAI	solaio in legno massiccio	1038,53	84,97	5,12	88243,89	5317,27
	solaio in lastre predalles	443,6	510,68	45,32	226537,65	20103,95
					314781,54	25421,23

ENERGIA INCORPORATA



CO2 INGLOBATA



Per la struttura in legno, i risultati non sono analoghi alla struttura in calcestruzzo.

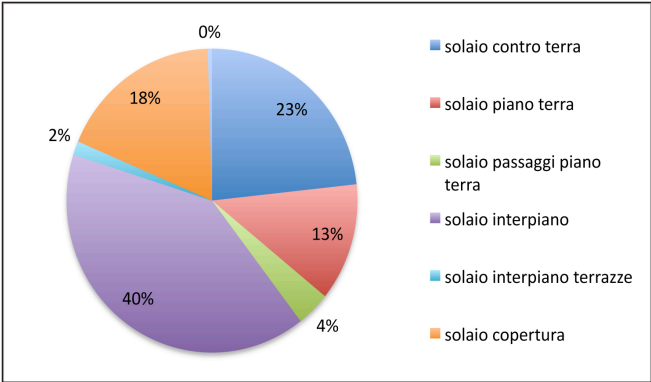
Difatti, benchè il solaio in legno massiccio copra la superficie maggiore (quattro piani), è il solaio fatto in lastre predalles ad avere i maggiori consumi sia a livello di energia incorporata che di emissioni ingoabate.

Il risultato deriva dall'utilizzo contenuto di materiale nella composizione del solaio in legno massiccio rispetto a un qualsiasi altro solaio, oltre al fatto che le emissioni del legno massiccio sono inferiori a materiali come calcestruzzo, laterizio, polistirene, etc..

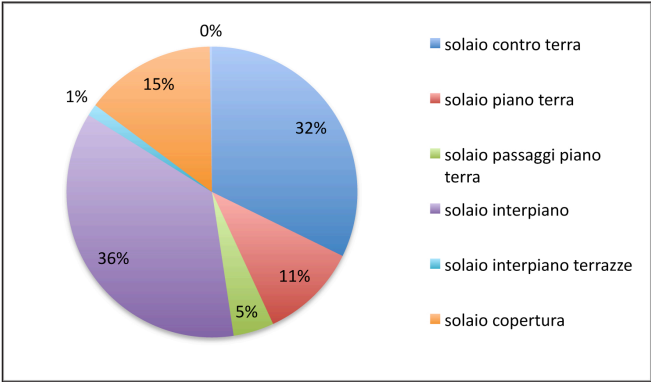
TABELLA RIASSUNTIVA DEL COMPLETAMENTO DEI SOLAI

Categoria	Elemento tecnico	Area/n°	EE	EC	EE Totale	EC Totale
COMPLETAMENTO SOLAI	solaio contro terra	689,67	458,99	58,48	316551,63	40331,90
	solaio piano terra	203,89	836,85	66,51	170625,35	13560,72
	solaio passaggi piano terra	59,55	853,20	94,94	50808,06	5653,68
	solaio interpiano	780,15	702,45	58,11	548016,37	45334,52
	solaio interpiano terrazze	55,95	356,73	29,45	19959,04	1647,73
	solaio copertura	264,66	933,53	68,78	247068,05	18203,31
	solaio copertura sbalzi	21,44	292,07	14,40	6261,98	308,74
					1359290,48	125040,60

ENERGIA INCORPORATA



CO₂ INGLOBATA



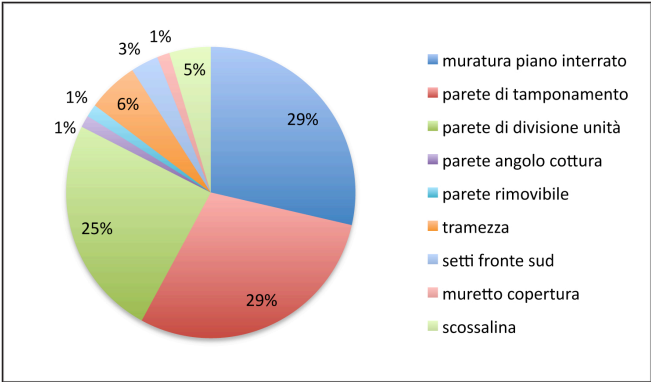
Come per la struttura in calcestruzzo, ed essendo comunque le finiture dei solai identiche in entrambe le strutture, è il solaio interpiano che risulta più impattante sia a livello di energia incorporata che di emissioni di CO₂.

Come detto prima, questo è dovuto al fatto che la metratura di tale solaio è notevolmente superiore rispetto agli altri. Difatti è utilizzato per la finitura di quattro piani dell'edificio.

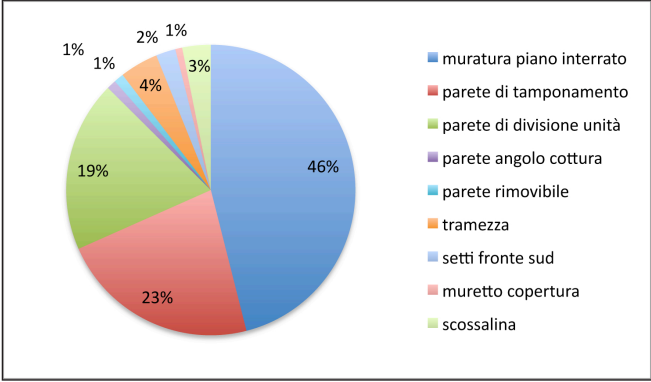
TABELLA RIASSUNTIVA DEI MURI E PANNELLI NON PORTANTI

Categoria	Elemento tecnico	Area/n°	EE	EC	EE Totale	EC Totale
MURI E PANNELLI NON PORTANTI	muratura piano interrato	-	-	-	105122,53	14385,19
	parete di tamponamento	62,67	1720,28	111,38	107809,95	6980,18
	parete di divisione unità	60,15	1498,27	98,88	90120,94	5947,63
	parete angolo cottura	3,22	1524,26	101,78	4908,12	327,73
	parete rimovibile	3,5	1498,27	98,88	5243,95	346,08
	tramezza	17,95	1160,15	74,69	20824,69	1340,69
	setti fronte sud	12,97	877,19	52,97	11377,15	687,02
	muretto copertura	19,7	260,99	12,19	5141,50	240,14
	scossalina	-	-	-	17009,74	993,11
					367558,57	31247,78

ENERGIA INCORPORATA



CO2 INGLOBATA



In questo caso, sono stati messi a confronto tutte le murature e i pannelli non portanti.

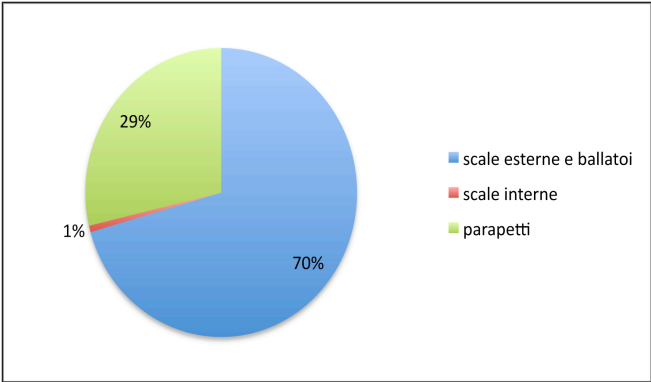
La maggior incidenza in questo caso è data dalla parete di tamponamento che a differenza della struttura in calcestruzzo non è fatta di un unico elemento, il lecablocco, ma è composta da più parti. Come si nota dalle sezioni, infatti, vi sono molti strati di isolante, assiti e traversi in legno oltre alla finitura interna in cartongesso che aumenta notevolmente gli impatti perchè associata ai profili in acciaio.

Segue poi la muratura al piano terreno e la parete di separazione tra le unità abitative.

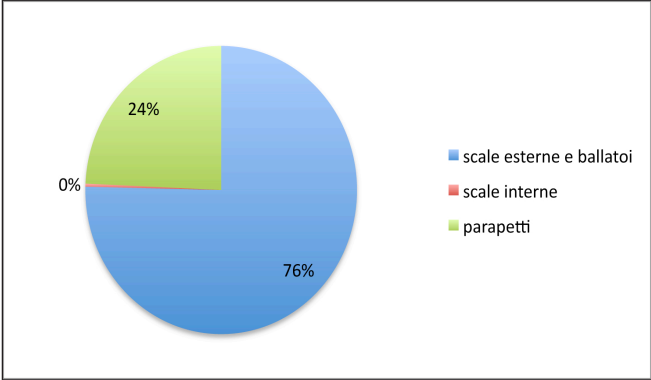
TABELLA RIASSUNTIVA DELLE SCALE

Categoria	Elemento tecnico	Area/n°	EE	EC	EE Totale	EC Totale
<u>SCALE</u>	scale esterne e ballatoi	-	-	-	533095,71	72949,94
	scale interne	8	682,30	41,11	5458,40	328,88
	parapetti	-	-	-	216719,72	23506,64
					755273,83	96785,46

ENERGIA INCORPORATA



CO2 INGLOBATA



In questo caso, i risultati sono identici alla struttura in calcestruzzo perchè sia le scale interne che le scale esterne e la quantità di parapetti presenti sono gli stessi.

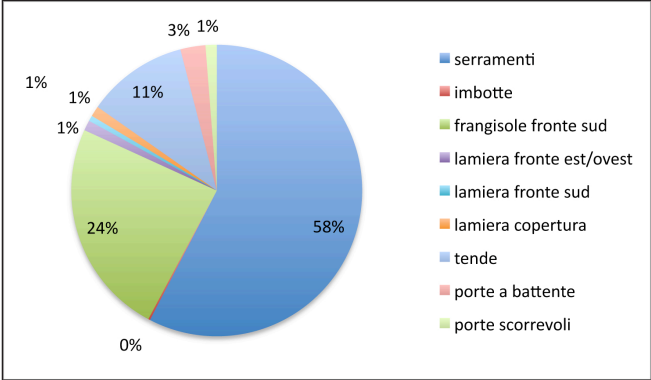
Analogamente ai solai, l'elemento più impattante è quello che utilizza più materiale all'interno del progetto.

Le scale esterne e le passerelle in calcestruzzo raggiungono il 70% dei consumi, sia per i valori di energia incorporata che di CO2 inglobata.

TABELLA RIASSUNTIVA DEI SERRAMENTI

Categoria	Elemento tecnico	Area/n°	EE	EC	EE Totale	EC Totale
<u>SERRAMENTI</u>	serramenti	-	-	-	1370413,34	70684,77
	imbotte	-	-	-	4726,68	284,81
	frangisole fronte sud	8	71343,72	3750,45	570749,76	30003,60
	lamiera fronte est/ovest	8	3404,18	369,24	27233,44	2953,92
	lamiera fronte sud	12	1226,88	133,07	14722,56	1596,84
	lamiera copertura	-	-	-	27544,26	2987,60
	tende	8	33477,76	1.620,79	267822,08	12966,32
	porte a battente	-	-	-	66204,54	3804,55
	porte scorrevoli	-	-	-	29499,65	1508,38
					2378916,31	126790,79

ENERGIA INCORPORATA



Analogamente alla struttura in calcestruzzo, gli elementi che hanno gli impatti maggiori sono gli infissi che da soli superano il 50% del totale.

Seguono poi, come nella struttura in calcestruzzo armato, i frangisole in alluminio del fronte sud.

CO₂ INGLOBATA

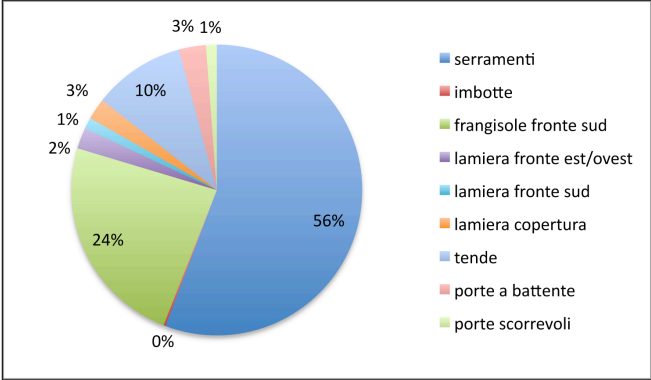


TABELLA RIASSUNTIVA DEI TRASPORTI PER LA STRUTTURA IN LEGNO

materiali	unità funzionale [t]	distanza dallo stabilimento [km]	trasporto [t*km]	EE totale	EC totale
legno lamellare	36,92	312	11519,34	138232,04	7487,57
legno massiccio	27,04	312	8435,04	65793,34	3964,47
cartongesso	2,33	354	824,88	5567,92	313,45
calcestruzzo	1880,79	188	353588,56	335909,14	45966,51
pavimento ceramico	27,12	147	3986,30	35876,74	2351,92
tondini, ferri, rete elettrosaldata	24,85	327	8126,16	71510,24	3412,99
profili in acciaio	4,16	354	1473,5806	35955,37	2608,24
lamiere stirate	1,23	56	68,64	3892,01	422,15
parapetti	3,82	231	882,93	50062,26	5430,03
brise solei fissi	0,25	170	41,86	9124,57	479,67
brise solei scorrevoli	0,08	231	18,72	4081,72	214,57
scossalina	0,97	38	36,94	646,37	35,46
barriera al vapore	0,03	32	0,91	71,41	1,55
guaina bituminosa	1,01	326	330,17	15517,78	158,48
pavimento in resina	0,00	36	0,01	0,92	0,04
isolante	1,04	525	545,28	9160,63	572,54
	5,80	525	3043,96	51138,54	3196,16
pannello radiante	2,21	249	551,31	48845,93	1378,27
lastre predalles	0,15	248	36,58	3240,92	91,45
	5,92	248	1468,12	12919,46	616,61
	49,68	248	12321,43	24642,87	2649,11
pavimento galleggiante	9,00	147	1322,77	75001,10	8135,04
	0,37	147	54,47	490,20	32,14
porte a battente	1,77	268	474,86	7597,80	408,38
	4,85	268	1299,34	10134,81	610,69
	0,00	268	0,68	10,20	0,55

porta scorrevole	0,32	268	84,42	1350,72	72,60
	0,64	268	172,40	1344,74	81,03
	0,08	268	20,57	308,54	16,66
	2,08	268	557,03	4901,90	233,95
serramenti	4,95	264	1308,07	285158,30	14990,43
	0,99	264	260,19	26461,10	827,40
	12,67	264	3344,65	50169,72	2842,95
tende interne	1,05	347	364,03	79357,86	4171,75
	0,40	347	139,39	13576,40	327,56
				1478053,57	114102,37

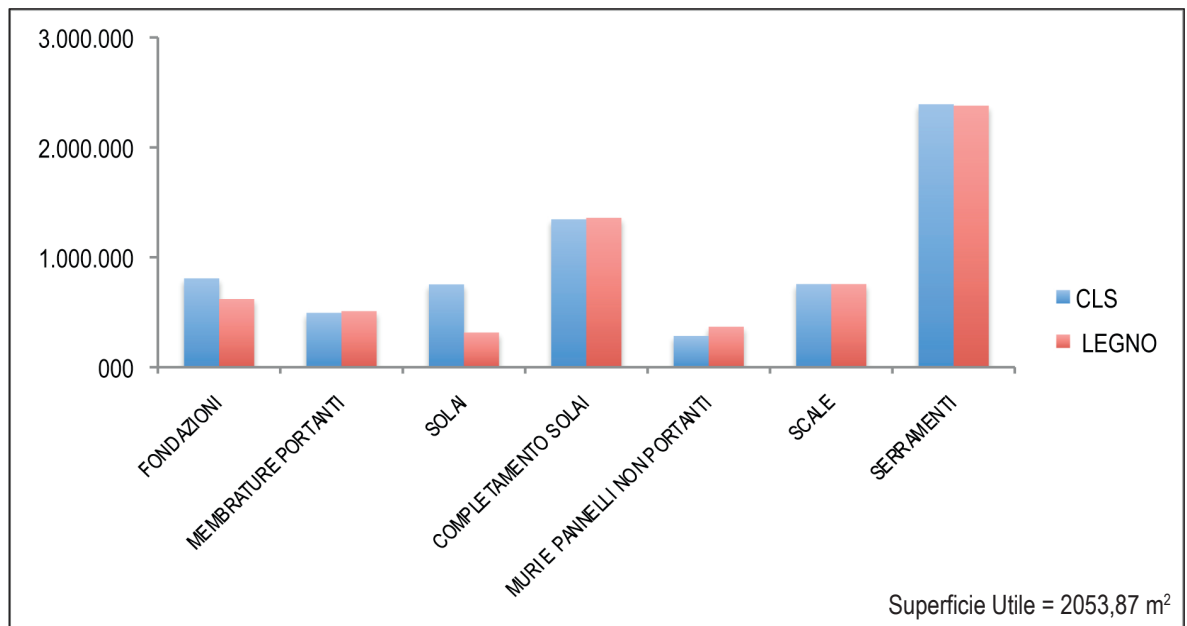
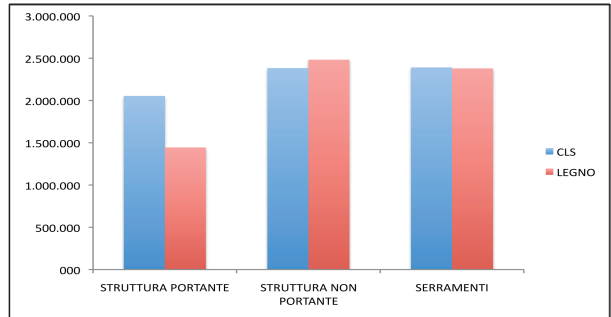
Questa tabella riassume le quantità di materiali impiegate nella costruzione dell'edificio in calcestruzzo calcolando quindi i consumi dovuti all'energia incorporata e alle emissioni di CO₂ emesse per ognuno dei materiali trasportati dallo stabilimento di produzione all'area di progetto.

Per giungere a tale risultato, è stato effettuato un computo metrico in cui è stato stimato il volume complessivo per ognuno dei materiali presenti. Il volume è stato poi moltiplicato per la densità del materiale considerato per trovare il peso (kg) complessivo dell'edificio che è stato trasformato successivamente in tonnellate e moltiplicato poi per la distanza (km) dallo stabilimento all'area. Si vedano le schede profilo per dettagli nel capito 3.

Il risultato ottenuto è stato poi moltiplicato per i valori di energia incorporata ed emissioni iglobate, ricavate sempre dalla banca dati ICE v16a, e sommate per ottenere i consumi effettivi.

CONFRONTO TRA LA STRUTTURA IN CALCESTRUZZO ARMATO E LEGNO: ENERGIA INCORPORATA

	CLS	LEGNO
FONDAZIONI	807511,84	620082,88
MEMBRATURE PORTANTI	494125,40	509125,82
SOLAI	752418,08	314781,54
COMPLETAMENTO SOLAI	1344400,70	1359290,48
MURI E PANNELLI NON PORTANTI	283477,65	367558,57
SCALE	755273,83	755273,83
SERRAMENTI	2391198,71	2378916,31

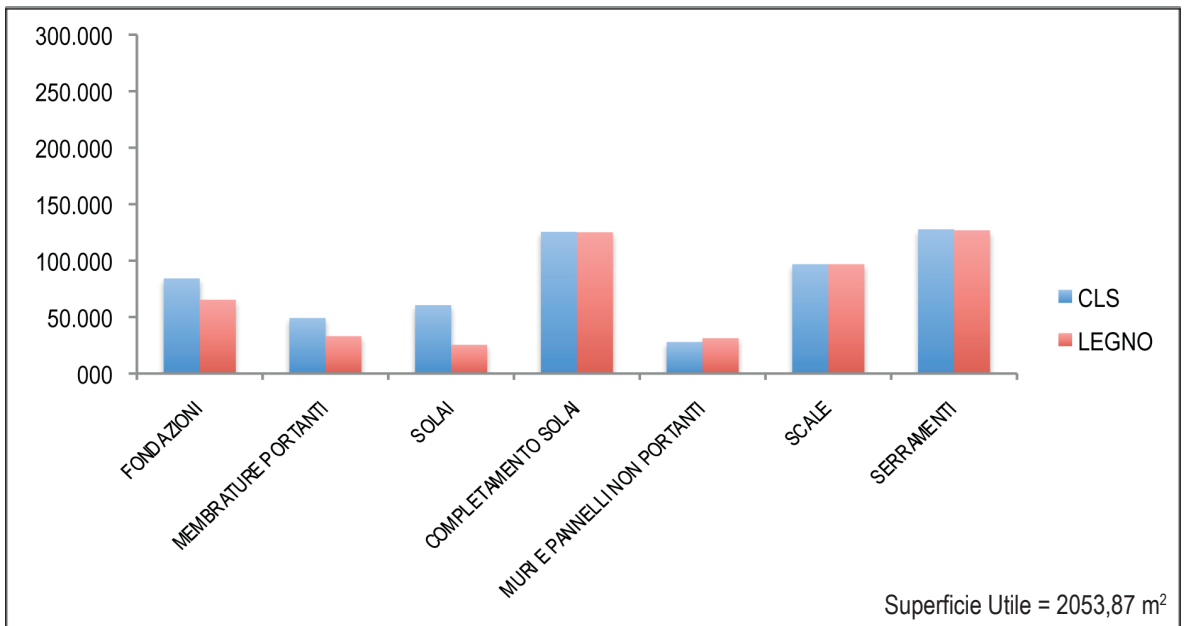
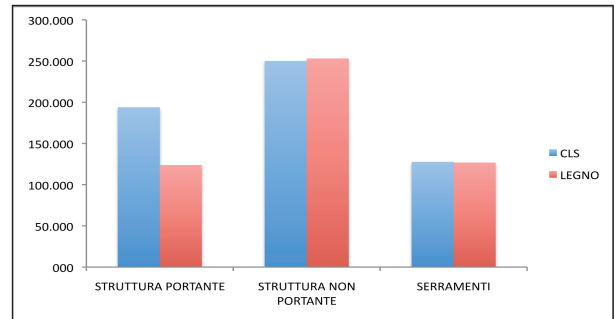


Il confronto tra le due strutture risulta interessante a livello di strutture portanti e non portanti, avendo i serramenti consumi che si equivalgono perchè presenti nelle stesse quantità in entrambe le strutture. Gli elementi portanti hanno un consumo di energia inglobata superiore nella struttura in calcestruzzo, proprio per la presenza di travi di fondazioni di dimensioni maggiori e della quantità di calcestruzzo impiegata nella costruzione di ogni singola parte, come pilastri e travi principali. La struttura in legno invece, impiegando solo legno lamellare e massiccio per la struttura portante, risulta essere molto più leggera e anche le fondazioni, di dimensioni ridotte, contribuiscono a diminuire i consumi totali.

Per quanto riguarda invece gli elementi non portanti, la struttura in legno ha dei consumi poco più elevati. Il dato può derivare dalla quantità di cartongesso utilizzato in tale struttura, avendo il materiale valori di EE elevati. Difatti nella struttura in calcestruzzo si utilizza per lo più intonaco il cui valore di energia incorporata è inferiore al cartongesso, a cui sono vengono associati anche i profili in acciaio che aumentano notevolmente i consumi.

CONFRONTO TRA LA STRUTTURA IN CALCESTRUZZO ARMATO E LEGNO: CO₂ INGLOBATA

	CLS	LEGNO
FONDAZIONI	84127,66	65365,30
MEMBRATURE PORTANTI	49089,56	33040,38
SOLAI	60606,62	25421,23
COMPLEMENTO SOLAI	125454,20	125040,60
MURI E PANNELLI NON PORTANTI	27918,53	31247,78
SCALE	96785,46	96785,46
SERRAMENTI	127698,56	126790,79



Anche in questo caso il confronto risulta interessante a livello di strutture portanti e non portanti essendo appunto i valori dei serramenti simili per entrambe le strutture. In questo caso però è interessante notare come le murature non portanti abbiano un impatto maggiore rispetto a quelle portanti.

In particolare, la differenza è maggiore nella struttura in legno. Difatti, benché anche nella struttura in calcestruzzo la parte non portante è quella ad avere i maggiori consumi, nella struttura in legno la differenza tra i valori è notevolmente maggiore.

5.4 LA STRUTTURA IN CALCESTRUZZO (ATLANTE DEI MATERIALI)

Questa parte dell'esercitazione si sviluppa a partire dall'esercitazione effettuata in precedenza, svolta utilizzando la banca dati ICE v16a.

Si sono utilizzati gli stessi computi metrici e tabelle, e si sono modificati i valori di EE ed EC con i valori di PEInr e GWP. I dati sono stati tratti dall'Atlante dei Materiali e sono stati catalogati nelle schede profilo di ogni materiale nel capitolo 3.

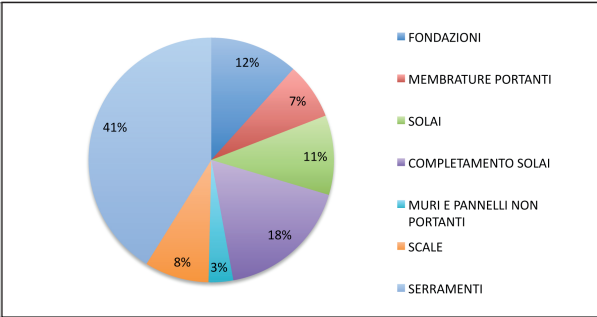
Vengono quindi riportate qui di seguito le tabelle riassuntive finali e la tabella dei trasporti relativa alla struttura in calcestruzzo.

TABELLA RIASSUNTIVA DELLA STRUTTURA IN CALCESTRUZZO

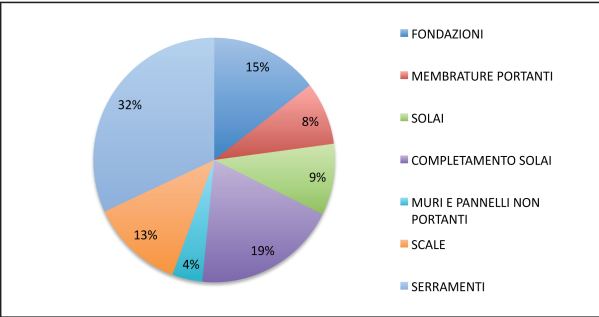
Da questi grafici si nota come ancora una volta siano i serramenti ad avere i maggiori impatti sull’ambiente, seguiti dagli elementi di finitura dei solai. I risultati sono molto simili a quelli ottenuti con la valutazione effettuata utilizzando il Database ICE. Questo conferma che i dati di entrambe le banche dati sono attendibili. Lo scostamento è difatti minimo.

	Energia Incorporata	CO2 Inglobata
FONDAZIONI	792603,03	92025,18
MEMBRATURE PORTANTI	505976,04	52750,63
SOLAI	714763,65	59804,41
COMPLETAMENTO SOLAI	1190658,41	121845,91
MURI E PANNELLI NON PORTANTI	220611,33	25610,15
SCALE	577705,68	78841,88
SERRAMENTI	2797356,78	201989,22
TOTALE	6799674,92	632867,39

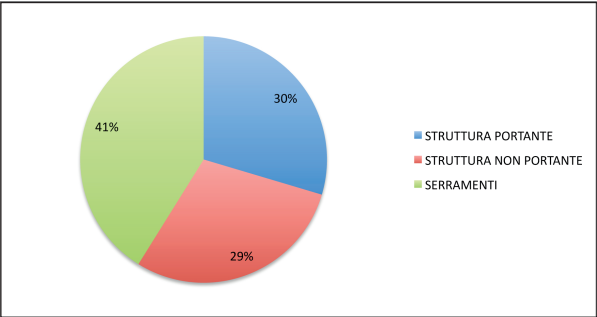
ENERGIA INCORPORATA



CO2 INGLOBATA



ENERGIA INCORPORATA



CO2 INGLOBATA

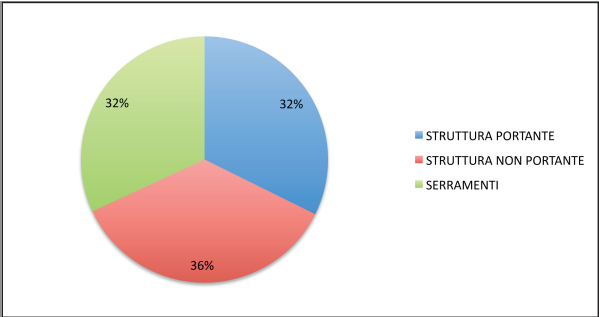


TABELLA RIASSUNTIVA DEI TRASPORTI PER LA STRUTTURA IN CALCESTRUZZO

materiali	unità funzionale [t]	distanza dallo stabilimento [km]	trasporto [t*km]	PEInr totale	GWP totale
pannello osb	0,09	312	28,39	210,38	-38,33
calcestruzzo	2346,75	188	441189,68	291185,19	48530,86
intonaco	23,35	34	793,92	1413,18	238,18
malta	2,81	34	95,63	170,23	28,69
davanzali	1,36	62	84,47	211,16	13,51
forati	8,82	271	2390,09	5306,00	334,61
pignatte	81,65	635	51846,24	115098,66	7258,47
pavimento ceramico	27,12	147	3986,30	12596,72	797,26
armature e rete elettrosaldata	69,25	327	22643,92	294370,95	18794,45
profili in acciaio	0,10	354	36,72	954,82	73,45
lamiere stirate	1,23	56	68,64	3706,68	329,48
parapetti	3,82	231	882,93	47678,34	4238,07
brise solei fissi	0,25	170	41,86	11342,93	920,83
brise solei scorrevoli	0,08	231	18,72	5074,06	411,92
scossalina	1,10	38	41,90	-754,12	-58,65
guaina bituminosa	0,60	326	194,92	8888,48	72,12
pavimento in resina	0,00	36	0,01	0,90	0,04
isolante	0,25	525	133,67	4120,89	300,75
	4,53	525	2376,34	73262,69	5346,77
pannello radiante	2,21	249	551,31	93904,36	5143,71
architrave	0,83	327	272,72	179,99	30,00
	0,26	327	83,97	1091,55	69,69
	3,74	327	1224,29	2717,92	171,40
lecablocco	7,16	58	415,25	2076,23	178,56
	0,14	58	8,18	6230,54	76,30
	7,16	58	415,25	2076,23	178,56

lastre predalles	0,15	248	36,58	6230,54	341,28
	5,92	248	1468,12	19085,57	1218,54
	49,68	248	12321,43	9241,08	1725,00
pavimento galleggiante	9,00	147	1322,77	71429,62	6349,30
	0,37	147	54,47	172,12	10,89
porte a battente	1,77	268	474,86	4003,09	-565,09
	4,85	268	1299,34	9991,89	-1845,06
	0,00	268	0,68	6,56	-0,88
porta scorrevole	0,32	268	84,42	711,66	-100,46
	0,64	268	172,40	1325,78	-244,81
	0,08	268	20,57	198,50	-26,74
	2,08	268	557,03	7241,44	462,34
serramenti	4,95	264	1308,07	285158,30	28777,44
	0,99	264	260,19	19774,28	512,57
	12,67	264	3344,65	46825,07	2943,29
tende interne	1,05	347	364,03	98651,28	8008,59
	0,40	347	139,39	13576,40	327,56
travetti	13,86	635	8800,58	114407,55	7304,48
	5,61	635	3561,12	2350,34	391,72
	2,82	635	1793,75	6349,87	358,75
				1699845,93	149389,44

5.5 LA STRUTTURA IN LEGNO (ATLANTE DEI MATERIALI)

Questa parte dell'esercitazione, come per la struttura in calcestruzzo armato, si sviluppa a partire dall'esercitazione effettuata in precedenza, svolta utilizzando la banca dati ICE v16a.

Si sono utilizzati gli stessi computi metrici e tabelle, e si sono modificati i valori di EE ed EC con i valori di PEInr e GWP. I dati sono tratti dall'Atlante dei Materiali e sono stati catalogati nelle schede profilo di ogni materiale nel capitolo 3.

Vengono quindi riportate qui di seguito le tabelle riassuntive finali e la tabella dei trasporti relativa alla struttura in legno.

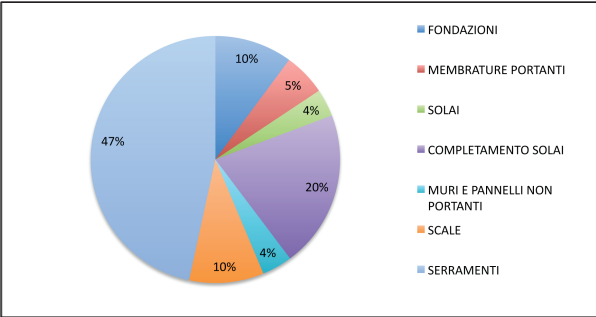
TABELLA RIASSUNTIVA DELLA STRUTTURA IN LEGNO

La struttura in legno, calcolata utilizzando i dati tratti dall'Atlante dei Materiali, ha valori notevolmente differenti dalla struttura in legno che ha utilizzato i dati tratti dal Database ICE v16a.

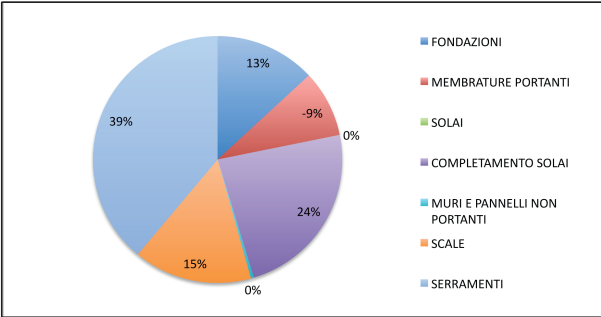
Ciò è dovuto principalmente al fatto che i due database hanno approcci differenti nel costruire i dati. Difatti i dati dell'Atlante, per esempio quelli riferiti al legno, tengono conto dell'immagazzinamento del carbonio, facendo quindi un bilancio tra le emissioni di CO2 derivanti dalla costruzione e quelle sottratte all'atmosfera durante il processo di fotosintesi.

	Energia Incorporata	CO2 Inglobata
FONDAZIONI	601923,87	67103,60
MEMBRATURE PORTANTI	329826,44	-44777,03
SOLAI	214563,88	50,85
COMPLETAMENTO SOLAI	1228530,70	120488,71
MURI E PANNELLI NON PORTANTI	234291,76	-2006,19
SCALE	577705,68	78841,88
SERRAMENTI	2782568,81	199875,69
TOTALE	5969411,14	419577,51

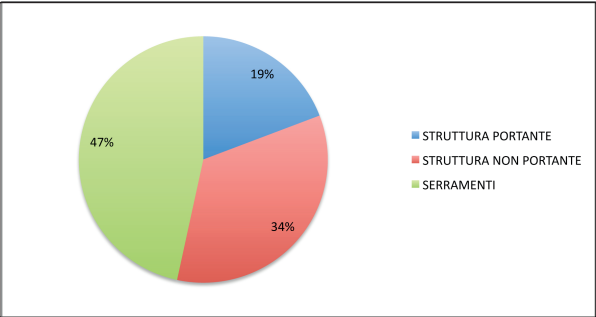
ENERGIA INCORPORATA



CO2 INGLOBATA



ENERGIA INCORPORATA



CO2 INGLOBATA

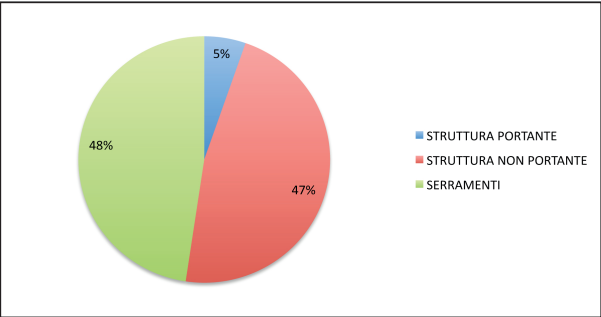


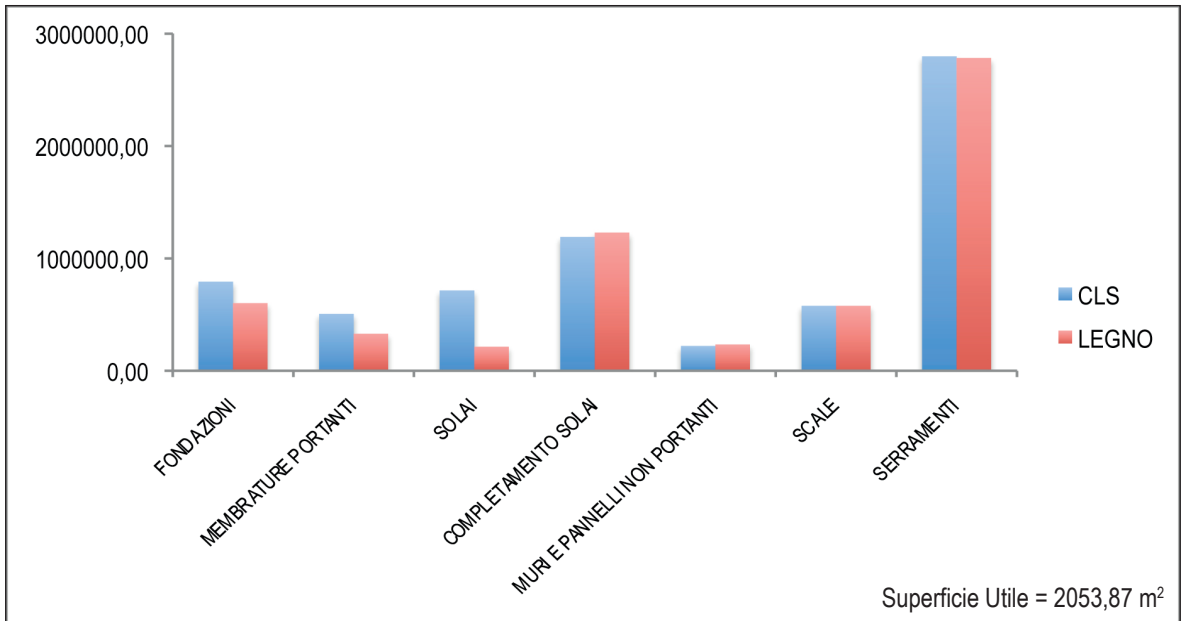
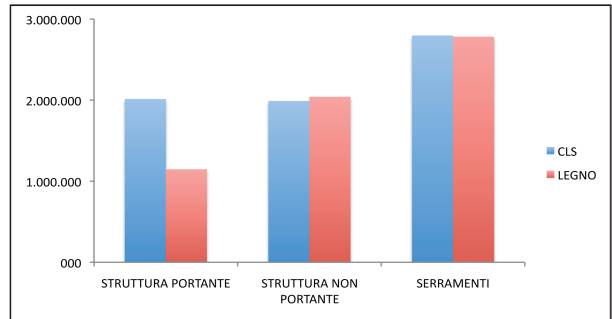
TABELLA RIASSUNTIVA DEI TRASPORTI PER LA STRUTTURA IN LEGNO

materiali	unità funzionale [t]	distanza dallo stabilimento [km]	trasporto [t*km]	PEInr totale	GWP totale
legno lamellare	36,92	312	11519,34	88583,70	-16357,46
legno massiccio	27,04	312	8435,04	11387,31	-14845,68
cartongesso	2,33	354	824,88	2573,62	148,48
calcestruzzo	1880,79	188	353588,56	233368,45	38894,74
pavimento ceramico	27,12	147	3986,30	12596,72	797,26
tondini, ferri, rete elettrosaldata	24,85	327	8126,16	105640,13	6744,72
profili in acciaio	4,1626572	354	1473,5806	38313,10	2947,16
lamiere stirate	1,23	56	68,64	3706,68	329,48
parapetti	3,82	231	882,93	47678,34	4238,07
brise solei fissi	0,25	170	41,86	11342,93	920,83
brise solei scorrevoli	0,08	231	18,72	5074,06	411,92
scossalina	0,97	38	36,94	-664,84	-51,71
barriera al vapore	0,03	32	0,91	68,58	1,66
guaina bituminosa	1,01	326	330,17	15055,54	122,16
pavimento in resina	0,00	36	0,01	0,90	0,04
isolante	1,04	525	545,28	16810,84	1226,87
	5,80	525	3043,96	93845,30	6848,91
pannello radiante	2,21	249	551,31	93904,36	5143,71
lastre predalles	0,15	248	36,58	6230,54	341,28
	5,92	248	1468,12	19085,57	1218,54
	49,68	248	12321,43	9241,08	1725,00
pavimento galleggiante	9,00	147	1322,77	71429,62	6349,30
	0,37	147	54,47	172,12	10,89
porte a battente	1,77	268	474,86	4003,09	-565,09
	4,85	268	1299,34	9991,89	-1845,06
	0,00	268	0,68	6,56	-0,88

porta scorrevole	0,32	268	84,42	711,66	-100,46
	0,64	268	172,40	1325,78	-244,81
	0,08	268	20,57	198,50	-26,74
	2,08	268	557,03	7241,44	462,34
serramenti	4,95	264	1308,07	285158,30	28777,44
	0,99	264	260,19	19774,28	512,57
	12,67	264	3344,65	46825,07	2943,29
tende interne	1,05	347	364,03	98651,28	8008,59
	0,40	347	139,39	13576,40	327,56
				1372908,90	85414,95

CONFRONTO TRA LA STRUTTURA IN CALCESTRUZZO ARMATO E LEGNO: ENERGIA INCORPORATA

	CLS	LEGNO
FONDAZIONI	792603,03	601923,87
MEMBRATURE PORTANTI	505976,04	329826,44
SOLAI	714763,65	214563,88
COMPLETAMENTO SOLAI	1190658,41	1228530,70
MURI E PANNELLI NON PORTANTI	220611,33	234291,76
SCALE	577705,68	577705,68
SERRAMENTI	2797356,78	2782568,81

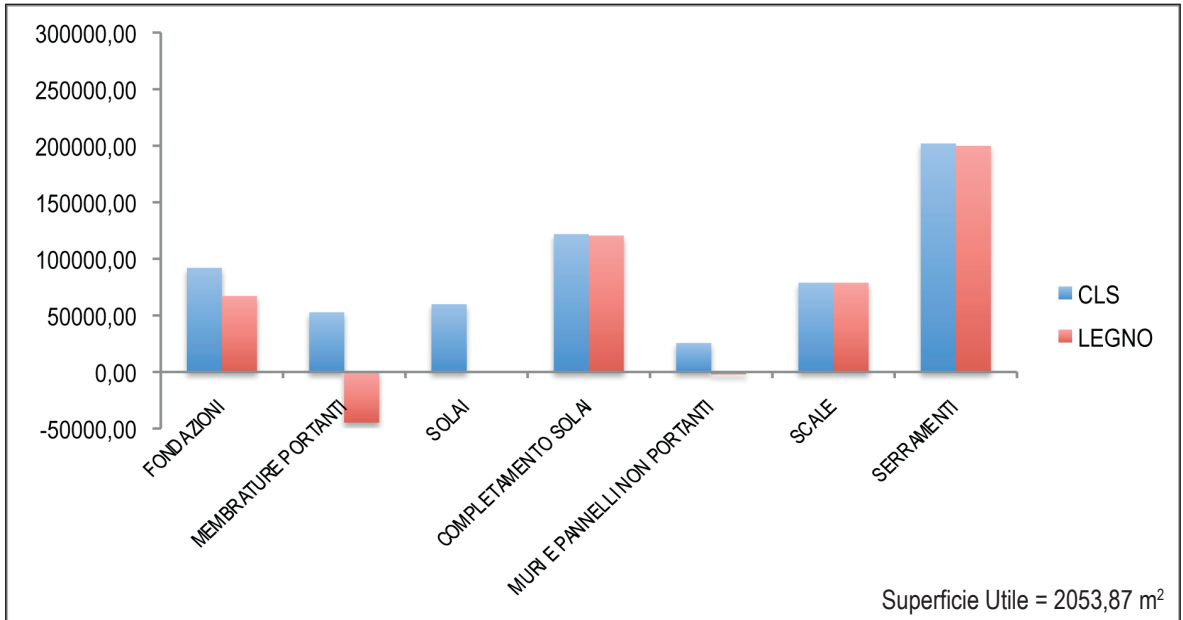
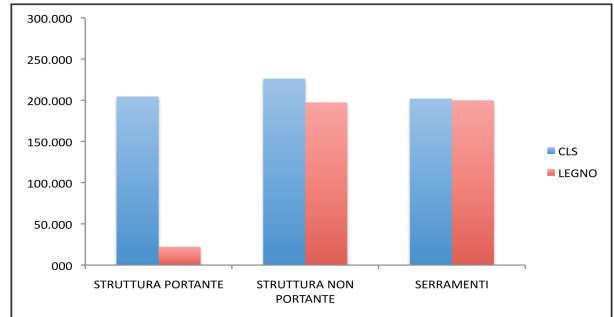


Dal confronto dei grafici, si nota come la struttura non portante e i serramenti di entrambe gli edifici abbiano consumi che poco si discostano tra la struttura in calcestruzzo armato e la struttura in legno. In particolare, se si analizzano i dati relativi alla struttura portante, risulta essere ancora una volta la struttura in calcestruzzo armato ad avere i maggiori impatti delle due.

In entrambi i casi comunque sono i serramenti a contribuire fortemente agli impatti sull'ambiente, seguiti dagli elementi di finitura dei solai e dalle fondazioni.

CONFRONTO TRA LA STRUTTURA IN CALCESTRUZZO ARMATO E LEGNO: CO₂ INGLOBATA

	CLS	LEGNO
FONDAZIONI	92025,18	67103,60
MEMBRATURE PORTANTI	52750,63	-44777,03
SOLAI	59804,41	50,85
COMPLETAMENTO SOLAI	121845,91	120488,71
MURI E PANNELLI NON PORTANTI	25610,15	-2006,19
SCALE	78841,88	78841,88
SERRAMENTI	201989,22	199875,69



In questo caso il confronto è interessante se si paragonano gli elementi portanti delle due strutture. Se i valori di energia incorporata del calcestruzzo erano due volte superiori a quelli della struttura in legno, in questo caso la struttura in calcestruzzo armato supera di otto volte le emissioni di CO₂ rispetto alla struttura in legno.

Ciò è dovuto al fatto che i valori di GWP del legno, che sono negativi, tengono conto della CO₂ sottratta all'atmosfera durante il processo di fotosintesi. Per questo motivo anche le membrature portanti, costituite per la maggior parte di legno, hanno un valore negativo che nel bilancio generale contribuisce a diminuire le emissioni totali.

La differenza sostanziale tra l'Atlante e il Database ICE è proprio questa. L'Atlante tiene in considerazione i guadagni ottenuti dal processo di riciclaggio dei materiali o dalle emissioni sottratte all'atmosfera.

5.7 CONCLUSIONI

In generale, dalle valutazioni effettuate, si è potuto constatare come le parti d'opera a maggiore energia incorporata siano i serramenti (35% nella struttura in calcestruzzo armato e 38% nella struttura in legno) e le parti di finitura dei solai (20% nella struttura in calcestruzzo armato e 21% nella struttura in legno). Nel complesso queste due parti d'opera incidono complessivamente per il 50% del totale. Il dato non sorprende, essendo queste parti d'opera di area e volumetria consistente.

Dalle valutazioni svolte, emerge l'incidenza consistente del calcestruzzo e dei serramenti, che ammontano fino al 52% della quantità totale di energia incorporata nella struttura in calcestruzzo e fino al 51% nella struttura in legno.

Il dato è giustificabile perchè il calcestruzzo è utilizzato, anche nella struttura in legno, in quantità elevate. Per quanto riguarda i serramenti, questi sono una voce rilevante del computo delle quantità in gioco perchè i profili in alluminio hanno un "peso energetico" elevato. Difatti il valore di energia incorporata per questo materiale si attesta intorno ai 220 MJ/kg.

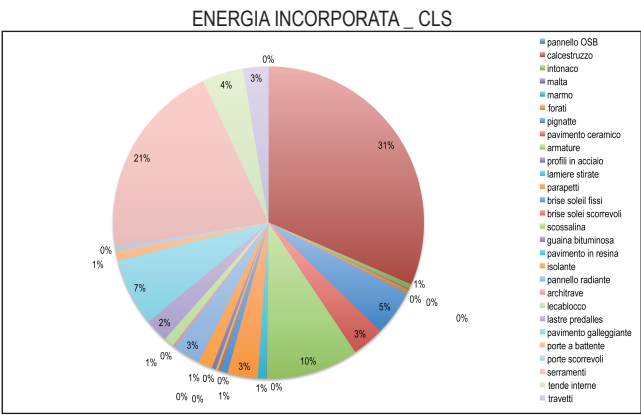


Fig. 5a: grafico finale struttura in calcestruzzo (ICE v16a)

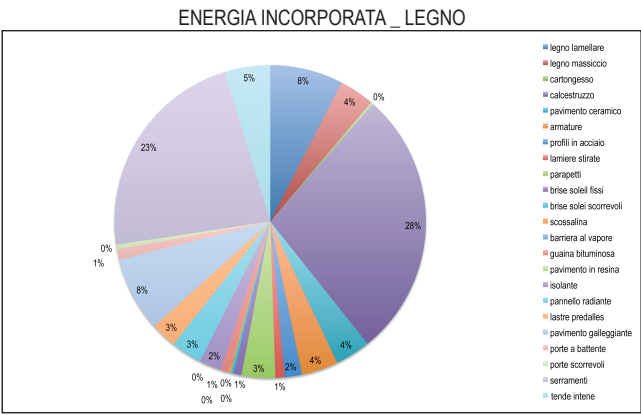


Fig. 5b: grafico finale struttura in legno (ICE v16a)

In relazione alle emissioni di CO₂, il materiale a maggior impatto rimane, in entrambe i casi, il calcestruzzo (50% nella struttura in calcestruzzo e 46% nella struttura in legno), seguito dai serramenti (12% nella struttura in calcestruzzo e 14% nella struttura in legno) e dal pavimento galleggiante (9% nella struttura in calcestruzzo e 10% nella struttura in legno).

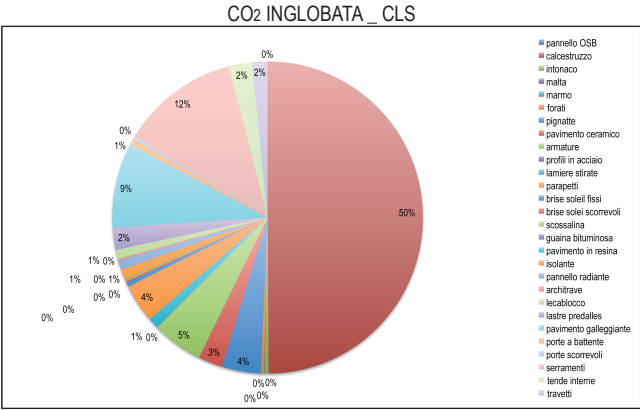


Fig. 5c: grafico finale struttura in calcestruzzo (Atlante)

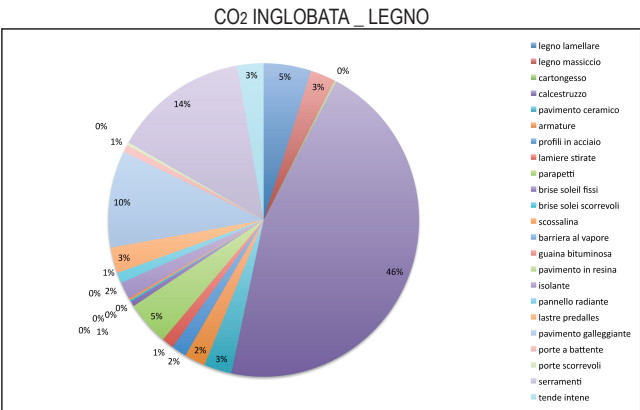


Fig. 5d: grafico finale struttura in legno (Atlante)

In generale si può affermare che le valutazioni, per l'energia incorporata, effettuate con la banca dati Inventory Carbon and Energy (ICE) e l'Atlante dei Materiali portano allo stesso risultato. Difatti le considerazioni sopra esposte sono applicabili ad entrambe le valutazioni.

Il caso è differente se si paragonano i due database per le emissioni di CO₂ inglobata. I risultati tra le due strutture sono difatti differenti perchè, come accennato più volte, vi è un approccio diverso nella costruzione dei dati. In particolare l'Atlante fa un bilancio, come ad esempio per il legno, delle emissioni di CO₂ derivate dalla produzione del materiale e le emissioni sottratte all'atmosfera durante il processo di fotosintesi.

In conclusione possiamo affermare che la struttura in legno risulta essere più vantaggiosa dal punto di vista ambientale, sia per quanto riguarda i valori di energia incorporata che per le emissioni di CO₂, anche se la differenza dei consumi delle due strutture non si discosta drasticamente.

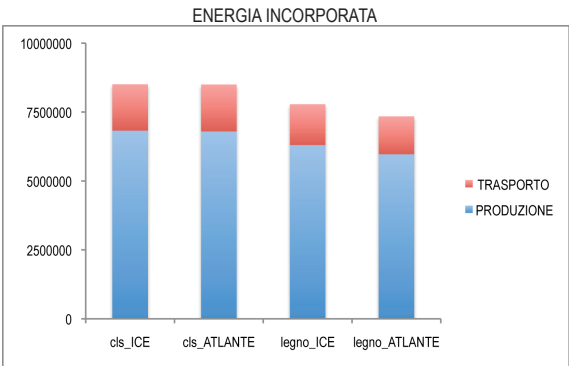


Fig. 5e: tabella finale energia incorporata

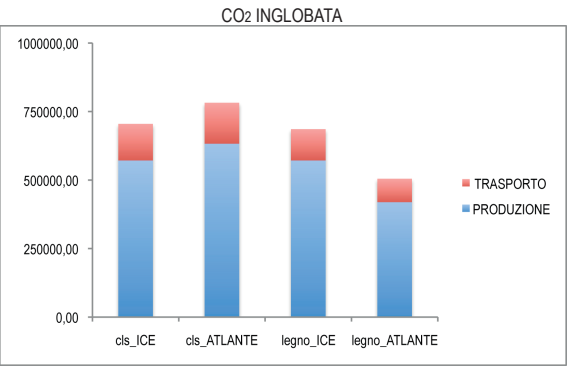


Fig. 5f: tabella finale emissioni di CO₂ inglobate

	PRODUZIONE	TRASPORTO	TOTALE	MJ/m ²
cls_ICE	6828406,21	1680412,44	8508818,65	4142,82
cls_ATLANTE	6799674,92	1699845,93	8499520,84	4138,30
legno_ICE	6305029,44	1478053,57	7783083,01	3789,47
legno_ATLANTE	5969411,14	1372908,90	7342320,05	3574,87

Fig. 5g: tabella riassuntiva energia incorporata

	PRODUZIONE	TRASPORTO	TOTALE	kgCO ₂ /m ²
cls_ICE	571680,59	133418,46	705099,05	343,30
cls_ATLANTE	632867,39	149389,44	782256,83	380,87
legno_ICE	571680,59	114102,37	685782,96	333,90
legno_ATLANTE	419577,51	85414,95	504992,46	245,87

Fig. 5h: tabella riassuntiva CO₂ inglobate

CONCLUSIONI

Nel presente lavoro sono state elaborate delle valutazioni ambientali effettuate su un edificio costruito applicando due tecniche costruttive, una in calcestruzzo armato e l'altra in legno. Le valutazioni hanno preso in considerazione unicamente le fasi di pre-produzione, produzione e trasporto dei materiali con i quali sono stati costruiti i due edifici. La scelta di tralasciare la fase d'uso e la fase di dismissione è dovuta al fatto che queste fasi sono simili in entrambi gli edifici.

I metodi adottati per le valutazioni sono il Protocollo Itaca e il metodo Life Cycle Assessment, due tipologie di valutazione molto differenti tra loro usate con il fine di verificare la coerenza o l'incongruenza dei risultati. Per entrambe è stato scelto di concentrarsi sull'aspetto relativo ai materiali; per il Protocollo Itaca sono stati valutati sei criteri, quelli relativi ai materiali locali, riciclabili e riciclati, unitamente ai criteri di energia incorporata e CO₂ inglobata. Per questi ultimi due criteri, sono stati presi come riferimento i dati elaborati con la valutazione LCA.

Difatti la valutazione con il metodo Life Cycle Assessment ha considerato il calcolo dell'energia incorporata e della CO₂ inglobata e quindi ha assunto come valori quelli di energia primaria non rinnovabile (PEInr) e il valore di effetto serra (GWP), tralasciando tutti gli altri dati come acidificazione (AP), eutrofizzazione (EP) e altri indicatori. La scelta di utilizzare solo questi valori (PEInr e GWP) è stata guidata dal fatto che sono i valori più noti e la comprensione dei risultati ottenuti dalla valutazione è più facilitata.

I dati di partenza sono tratti da due fonti differenti: la banca dati Inventory of Carbon and Energy e l'Atlante dei Materiali. Non è stato possibile utilizzare altre fonti a causa della mancanza di dati delle ditte produttrici.

Dalla valutazione è risultato che, per la struttura in calcestruzzo armato, i dati di entrambe le fonti sono attendibili e affidabili perché i risultati ottenuti si discostano di poco l'uno dall'altro. Diversa è invece la struttura in legno. I risultati sono differenti perché diverso è l'approccio nella costruzione dei dati dei due database. L'Atlante dei Materiali, a differenza della banca dati Inventory Carbon and Energy, fa un bilancio tra le emissioni di CO₂ derivanti dalla produzione del materiale e quelle "risparmiate" se si ricicla il materiale o se il materiale di partenza è riciclato. Oppure, ed è questo il caso del legno, bilancia le emissioni derivate dalla produzione e lavorazione del legno con quelle "sottratte" all'atmosfera durante il processo di fotosintesi.

È un approccio che sbilancia notevolmente le valutazioni e difatti i risultati ottenuti effettuando la valutazione con i dati tratti dall'Atlante dei Materiali sono inferiori rispetto alla stessa struttura la cui valutazione è stata effettuata utilizzando i dati di ICE.

Se si considerano i risultati ottenuti con la valutazione che ha usato il database ICE come fonte dei dati e considerando le fasi di produzione e trasporto dei materiali, in entrambe le valutazioni le due strutture raggiungono dei consumi tali per cui si possono ritenere simili. Difatti la struttura in calcestruzzo armato, considerando la fase di produzione dei materiali, ha dei consumi pari a 4141,82 MJ/m² e la struttura in legno 3789,47 MJ/m², tenendo presente che la superficie utile di progetto è di 2053,87 m².

Il dato è però relativo perché la valutazione prende in considerazione solo alcune fasi del ciclo di vita, produzione e trasporto. Sono state escluse dalla valutazione altre fasi, come per esempio la fase di manutenzione dell'edificio. È possibile quindi che, se si analizzasse tale fase, la struttura in calcestruzzo risulterebbe più vantaggiosa. Ciò è dovuto al fatto che il calcestruzzo è un materiale più durevole del legno e quindi richiede meno cicli di manutenzione nel corso degli anni.

In particolare la valutazione ha confrontato, per ogni singola struttura, le differenti parti d'opera che compongono l'edificio. È risultato che in entrambi i casi, sono i serramenti, considerando con questi gli infissi, le porte e tutti i sistemi di ombreggiamento presenti, ad avere i maggiori impatti sull'ambiente, sia a livello di energia incorporata che di emissioni di CO₂.

Tale risultato è dovuto al fatto che sia gli infissi che i frangisole del fronte sud sono elementi in alluminio, materiale che ha elevati valori di energia incorporata (circa 220 MJ/kg) e di emissioni di CO₂ (circa 12 kgCO₂/kg). Lo stesso può essere detto per le lamiere dei fronti est e ovest e in copertura che sono fatte di acciaio inossidabile che ha anch'esso valori di EE e EC elevati.

In particolare si può affermare che tra tutti gli elementi presenti in entrambe le strutture, il calcestruzzo risulta essere il materiale più impattante. Il dato è dovuto alle ingenti quantità di questo presenti nelle strutture.

È stata effettuata anche la valutazione applicando il Protocollo Itaca e confrontando ancora una volta le due soluzioni tecniche. Si sono considerati solo i criteri relativi ai materiali. Confrontano i materiali riciclati utilizzati all'interno delle strutture, i materiali locali, i materiali locali per finiture e i materiali riciclabili, escludendo i criteri di energia incorporata e di CO₂ inglobata i cui dati si riferiscono alla valutazione effettuata con il metodo LCA, risulta più vantaggiosa la struttura in calcestruzzo, anche se ancora una volta i valori non si discostano in modo così drastico.

È da sottolineare che il Protocollo Itaca semplifica molto la valutazione, a differenza del metodo LCA. Ad esempio, considera il trasporto dei materiali unicamente quando definisce i materiali locali, che sono quei materiali il cui luogo di produzione non supera i 300 km di distanza dall'area in cui verrà costruito l'edificio. Come si è però notato dalla valuta-

zione LCA è il peso di un materiale che influisce sul risultato finale e non la distanza. Difatti se si considera ad esempio la struttura in calcestruzzo, calcolando le emissioni di CO₂ derivate dal trasporto dei materiali dallo stabilimento all'area di progetto, si nota che il calcestruzzo è il materiale che ha l'impatto maggiore sull'ambiente benché lo stabilimento di produzione si trovi al di sotto dei 300 km così come prescritto dal Protocollo. Al contrario, l'isolante che si trova ben oltre i 500 km di distanza ha un impatto sul totale pari al 2% e le pignatte che superano i 600 km di distanza hanno un impatto complessivo che non supera il 9%.

Da questo si denota come sia carente l'applicazione del Protocollo Itaca. Non considerando altri aspetti che risultano fondamentali, tende a forviare il risultato finale.

Per questo motivo, nonostante la valutazione LCA risulti notevolmente più complessa, è chiaro come i risultati siano più attendibili e completi.

Purtroppo ciò che gioca a sfavore della valutazione con il metodo Life Cycle Assessment è il fatto che sia una valutazione complicata soprattutto per quanto riguarda il reperimento dei dati. Come si è potuto constatare durante lo svolgimento della tesi, la fase più critica è risultata essere proprio questa. I dati richiesti sono molto specifici e ad oggi le ditte che svolgono degli studi sui propri prodotti e quelle che rendono disponibili tali dati al pubblico sono molto poche. Per questo motivo la tesi ha dovuto prendere in considerazione dati di letteratura.

Inoltre le competenze richieste sono specifiche e la valutazione richiede molto impegno da parte dell'architetto o l'ente che la deve svolgere. Ciò non toglie che comunque sia una valutazione molto più completa rispetto a quella effettuata con il Protocollo Itaca, per citarne uno, o in generale con tutti i metodi che assegnano un punteggio a una lista di criteri.

Purtroppo però oggi si ha la tendenza a voler ottenere risultati immediati ed è per questo che le valutazioni con i metodi a punteggio sono quelle più utilizzate e diffuse tra gli studi di architettura. Ciò è dovuto inoltre al fatto che questi metodi utilizzano un numero o una lettera come parametro per classificare l'edificio rendendo più facile la lettura del risultato ed è per questo che ottengono un riscontro maggiore sul pubblico e sugli utenti.

In aggiunta, ciò che svantaggia ulteriormente il metodo LCA, oltre che alla complessità della valutazione in generale, sono i rischi derivati dai piccoli errori di calcolo. Errori che, anche a livello decimale, possono generare risultati completamente fuori scala.

Nonostante le suddette critiche alla valutazione, la stessa rimane comunque il metodo più affidabile, che permette, per fare un esempio, confronti diretti tra differenti materiali.

È solo grazie al metodo Life Cycle Assessment che si possono fare considerazioni a questi livelli e quindi fare delle scelte ponderate.

Varrebbe la pena dunque fare diventare tale valutazione parte integrante di quelle procedure che la burocrazia pone davanti al progettista, diventando una pratica condivisa e attuata sistematicamente, che possa essere migliorata e compresa in tutti i suoi aspetti. Quindi, in conclusione, gli sforzi che questa valutazione richiede sarebbero giustificati a fronte di una maggior cura dell'ambiente.

BIBLIOGRAFIA

BALDO GIAN LUCA , MARINOMASSIMO, ROSSI STEFANO, *Analisi del ciclo di vita LCA: materiali, prodotti, processi*. Edizioni Ambiente, Milano, 2005.

BALDO GIAN LUCA , MARINOMASSIMO, ROSSI STEFANO, *Analisi del ciclo di vita LCA : gli strumenti per la progettazione sostenibile di materiali, prodotti e processi : environmental life cycle thinking, life cycle assessment (Lca), life cycle design (Ecodesign), comunicazione ambientale, environmental product declaration (Epd®), climate declaration, ecolabel, carbon footprint*, Edizioni Ambiente, Milano, 2008.

BOVATI MARCO, *L'ambiente dell'architettura: alterità progettuale del paradigma ecologico*. Maggioli Editore, Milano, 2010.

CAMPIOLI ANDREA, BERTOLDINI MARISA, a cura di, *Cultura e tecnologia ambientale*. Milano, Città Studi, 2008.

CASINI MARCO, *Costruire l'ambiente: gli strumenti e i metodi della progettazione ambientale*. Edizioni Ambiente, Milano, 2009.

GIORDANO ROBERTO, *I prodotti per l'edilizia sostenibile: la compatibilità ambientale dei materiali nei processi edilizi*. Sistemi Editoriali, Napoli, 2010.

HEGGER MANFRED , *Atlante dei materiali*. Utet Scienze Tecniche, Torino, 2006.

LAVAGNA MONICA, *Life cycle assessment in edilizia: progettare e costruire in una prospettiva di sostenibilità ambientale*. U. Hoepli, Milano, 2008.

AENOR

<http://www.aenor.es>

BREEAM

<http://www.breeam.org>

Canada Environmental Choice

<http://www.ecoconceptsusa.com/EnvironmentalChoice.aspx>

Casa Clima

<http://www.agenziacasaclima.it>

CASBEE

<http://www.ibec.or.jp>

Eco Mark

<http://www.ecomark.jp>

Ecoinventh

<http://www.ecoinvent.ch>

Ecolabel Tedesco

<http://www.blauer-engel.de/>

Environmental Product Declaration

<http://www.environdec.com/pageld.asp>

Green Star

<http://www.gbca.org.au/>

Greening the Building Life Cycle

<http://buildlca.rmit.edu.au>

Greenspec

<http://www.greenspec.co.uk>

HQE

<http://assohqe.org/hqe>

Institut Bauen und Umwelt e V.

<http://bau-umwelt.de>

ISBEE Italia

<http://www.iisbeitalia.org>

ISPRA

<http://www.apat.gov.it>

Klima Aktiv

<http://www.klimaaktiv.at>

LEED

<http://www.usgbc.org>

Minergie

<http://www.minergie.ch>

NF Environnement

<http://www.marquenf.com>

Nordi Ecolabelling

<http://www.nordic-ecolabel.org>

Piano Casa

<http://www.pianocasa2009.com>

Protocollo Itaca

<http://www.itaca.org>

SB100

<http://www.sb100.it>

SETAC Society of Environmental Toxicology and Chemistry

www.setac.org

SimaPro LCA

<http://www.pre.nl/simapro>

Stichting Milieukeur

<http://www.smk.nl>