



**Politecnico  
di Torino**

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Edile e Resilienza del Costruito

Tesi di Laurea Magistrale

PROGETTO SOSTENIBILE PER LA REALIZZAZIONE DI  
UNA PICCOLA STRUTTURA TURISTICA DA  
DESTINARE AD OSPITALITÀ E RISTORAZIONE

Candidato:

Francesca Grillo

Relatore:

Prof. Paolo Piantanida

Anno Accademico 2021/2022





## Abstract

Al giorno d'oggi la crisi climatica è uno dei problemi più imminenti che la popolazione mondiale debba affrontare. Essendo quello dell'edilizia un settore che ha un consistente impatto sulle emissioni di CO<sub>2</sub>, è importante che la sostenibilità ambientale e la resilienza degli edifici siano i principali obiettivi durante il processo di progettazione. In questo documento sono discusse le scelte progettuali, distributive e tecnologiche, per la realizzazione di una piccola struttura turistica destinata ad ospitalità e ristorazione situata ad Andora, in Liguria. Le scelte compositive sono state condizionate dalla presenza nel contesto di fabbricati residenziali tipici di quella parte di costa ligure. L'intento è stato quindi quello di progettare una struttura che fosse adattabile nel tempo e in armonia con i manufatti suddetti conferendo al contempo una propria identità architettonica dai caratteri simili ma moderni. Le scelte tecnologiche, invece, sono state trainate dalla volontà di progettare un involucro efficiente che riducesse al minimo i carichi termici estivi ed invernali dei fabbricati, utilizzando contemporaneamente tecniche costruttive e materiali con un basso impatto ambientale. Per la modellazione 3D è stato utilizzato il software ARCHICAD, che ha consentito una chiara visione del risultato finale attraverso la renderizzazione degli interni e degli esterni. I fabbricati sono stati inoltre modellati sul software EDILCLIMA per consentire una stima dei carichi termici estivi e invernali, quindi la scelta dell'impianto di benessere e l'individuazione della classe energetica degli edifici. Oltre ai precedenti sono stati utilizzati altri due software: Autocad per i disegni tecnici-architettonici e Photoshop per i foto-inserimenti.

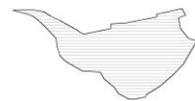


# Indice

1	INTRODUZIONE.....	4
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE, NORMATIVO E CLIMATICO .....	7
2.1	Inquadramento Territoriale.....	8
2.2	Inquadramento Normativo .....	12
2.3	Inquadramento climatico.....	14
3	EVOLUZIONE DISTRIBUTIVA-FUNZIONALE-VOLUMETRICA E DESCRIZIONE DEGLI ESTERNI	17
3.1	Richiesta della committenza e premessa .....	18
3.2	Edificio destinato all'ospitalità.....	20
3.3	Edificio destinato alla ristorazione .....	25
3.4	Accessi e collegamenti verticali .....	32
4	ARTICOLAZIONE DEGLI SPAZI INTERNI.....	38
4.1	Edificio destinato alle camere .....	39
4.2	Calcolo superfici ambienti del ristorante.....	45
4.3	Descrizione dell'edificio destinato a ristorante .....	47
5	SCELTE TECNOLOGICHE.....	49
5.1	Premessa.....	50
5.2	Sistema strutturale.....	50
5.3	Isolamento .....	53
5.4	Impermeabilizzazioni .....	56
5.5	Componenti Trasparenti ed Infissi .....	56
5.6	Finiture Esterne .....	59
5.7	Caratteristiche delle soluzioni tecnologiche .....	60
6	SOLUZIONI TECNOLOGICHE IN RELAZIONE AL CLIMA ED ALLE ESIGENZE DI BENESSERE	66
6.1	Modellazione su EDILCLIMA .....	67
6.2	Scelta dell'impianto.....	75

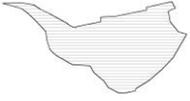
6.3	Impianto fotovoltaico .....	77
7	CONCLUSIONI .....	86
	BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA.....	89





# 1

## INTRODUZIONE



## Capitolo 1: Introduzione

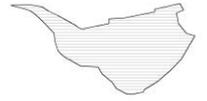
---

L'oggetto trattato nel presente lavoro di tesi è, infatti, la progettazione architettonica e tecnologica di due Nearly Zero Energy Buildings (NZEB), ovvero edifici che producono la quasi totalità del fabbisogno energetico attraverso risorse rinnovabili, il che si traduce in emissioni di carbonio quasi nulle. In sintesi, un edificio ad energia quasi zero è un edificio che, combinando l'efficienza del sistema tecnologico ed impiantistico, produce tanta energia quasi quanta ne consuma su base annua [1]. I due edifici costituiranno una piccola struttura turistica da destinare all'ospitalità ed alla ristorazione ad Andora, in Liguria.

La motivazione legata alla scelta di tale oggetto della tesi è duplice, da un lato l'interesse e la passione nei confronti della progettazione, e quindi la curiosità di svolgere un primo lavoro di progettazione su commissione, e dall'altro la volontà di mettere in campo il principio di sostenibilità che deve essere cardine di qualsiasi tipo di attività, considerata la crisi climatica in corso. Quest'ultima è infatti uno dei problemi più imminenti che la popolazione mondiale debba affrontare. La temperatura media del Pianeta rispetto ai livelli preindustriali è aumentata di 0,98 °centigradi ed in mancanza di interventi, secondo la tendenza osservata, potrebbe arrivare a +1,5 °C tra il 2030 e il 2050. Gli effetti della crisi climatica sono già evidenti: aumento della frequenza di eventi meteorologici estremi come alluvioni e cicloni, che colpiscono anche in periodi dell'anno atipici rispetto al passato e sono sempre più devastanti; diminuzione del ghiaccio marino artico, innalzamento del livello dei mari, aumento delle temperature, intensificazione e allungamento delle "stagioni degli incendi" La tutela del clima e la gestione del cambiamento climatico, quindi, assumono un'importanza sempre maggiore ed è necessario intervenire con misure specifiche in tutti i settori [2].

In particolare, quello dell'edilizia ad oggi ad oggi rappresenta una fetta più che consistente delle emissioni globali, circa il 39% [3]

È in questo contesto che si è sviluppato il concetto di edilizia sostenibile che riguarda aspetti riferiti all'ambiente, all'efficienza energetica, al risparmio energetico, al consumo di acqua e di suolo, alla qualità della vita degli occupanti, al rapporto tra i costi ed i benefici nel lungo termine, ai materiali da costruzione [4]. Pertanto, un edificio sostenibile deve utilizzare materiali che resistano nel tempo, ma che non siano dannosi per l'ambiente. Deve integrarsi con l'ambiente circostante, senza deturparlo. In più, deve limitare i consumi energetici e l'emissione di sostanze dannose per il pianeta [5].

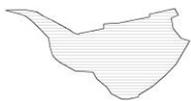


È proprio il concetto di edilizia sostenibile ad essere stato il punto cardine di tutto il lavoro di tesi. L'obiettivo principale, infatti, è quello di dimostrare quanto una progettazione fondata sul principio della sostenibilità ambientale possa condurre ad una grande riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

Si vuole quindi di progettare un complesso di edifici che risponda allo stesso tempo ai criteri di sostenibilità ed efficienza energetica ed a quelli di estetica e funzionalità.

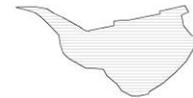
La progettazione è iniziata con il confronto con i committenti, i quali hanno fornito alcune immagini di edifici di riferimento vicini al lotto oggetto di studio. Si è quindi proceduto con la progettazione funzionale, volumetrico distributiva degli spazi che sono stati modellati sul software di modellazione 3D ARCHICAD. Dopo la ricerca dei materiali e delle soluzioni tecnologiche più opportune a soddisfare l'obiettivo di sostenibilità ambientale ed efficienza energetica, gli edifici sono stati modellati sul software EDILCLIMA al fine di calcolarne parametri fisico tecnici caratterizzanti l'involucro dell'edificio e le prestazioni energetiche.

L'elaborato è articolato in 6 capitoli inclusa l'introduzione che ne costituisce il primo. Il secondo capitolo ha come oggetto l'inquadramento territoriale, normativo e climatico del lotto oggetto di studio; nel 3 viene trattata l'evoluzione funzionale-distributiva volumetrica degli spazi e la descrizione degli esterni; nel quarto viene descritta l'articolazione degli spazi interni; nel quinto sono argomentate le scelte tecnologiche e nel sesto sono presentati i risultati energetici dei fabbricati con conseguente scelta dell'impianto e la valutazione dell'efficienza energetica degli edifici.



# 2

## INQUADRAMENTO TERRITORIALE, NORMATIVO E CLIMATICO



## 2.1 Inquadramento Territoriale

Il presente progetto è relativo alla realizzazione di una struttura turistica ubicata in Liguria nel comune di Andora in provincia di Savona, esattamente in Via Aurora in Località Marina, sul lotto di terreno individuato in catasto al foglio 51 particella 680. La sua localizzazione rispetto al comune di Andora è indicata in Fig. 1.

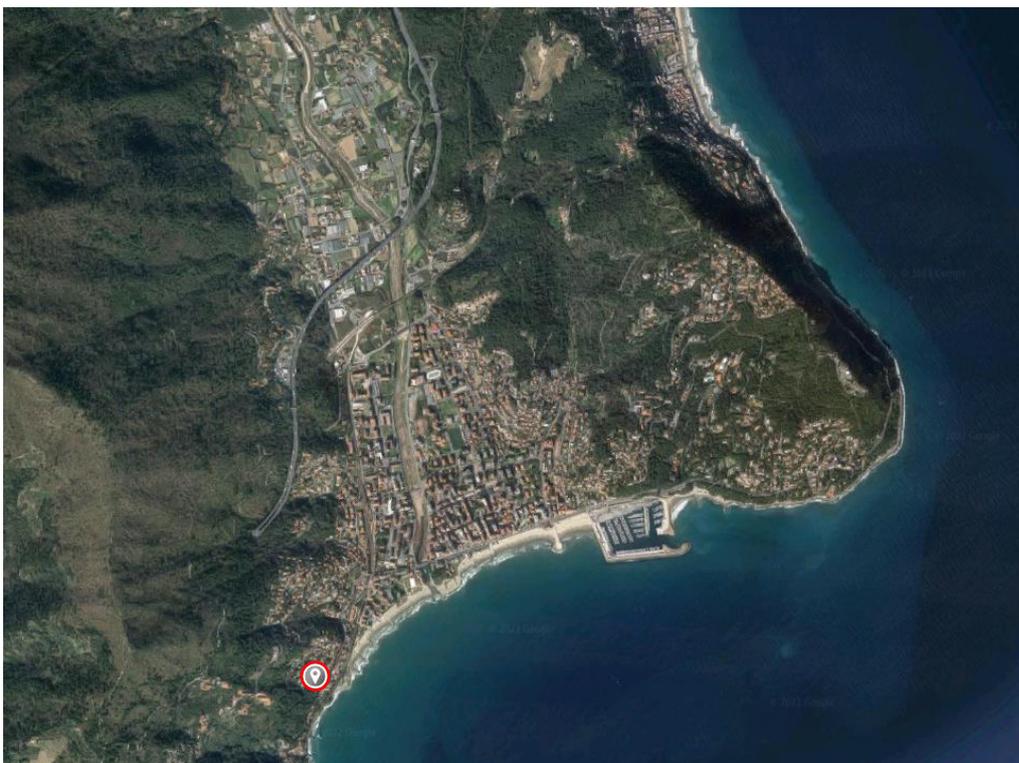


Fig. 1 | Localizzazione dell'area oggetto di studio

Il progetto si configura nella realizzazione di alcuni corpi di fabbrica tutti adiacenti tra essi a formare un complesso da destinarsi a struttura turistica con camere e servizi quali ristorazione, piscina e parco.

La località in cui sorgerà si presenta in declivio verso il mare con orientamento a Sud-Est. Il lotto in oggetto confina a nord con una strada privata ad uso pubblico, ad Est con zona adibita a parcheggio della stessa proprietà, ad ovest con un sentiero con un sentiero dell'epoca romana ed a sud con un tratto di Via Aurora, vedi Fig. 2 e Tav. 02.

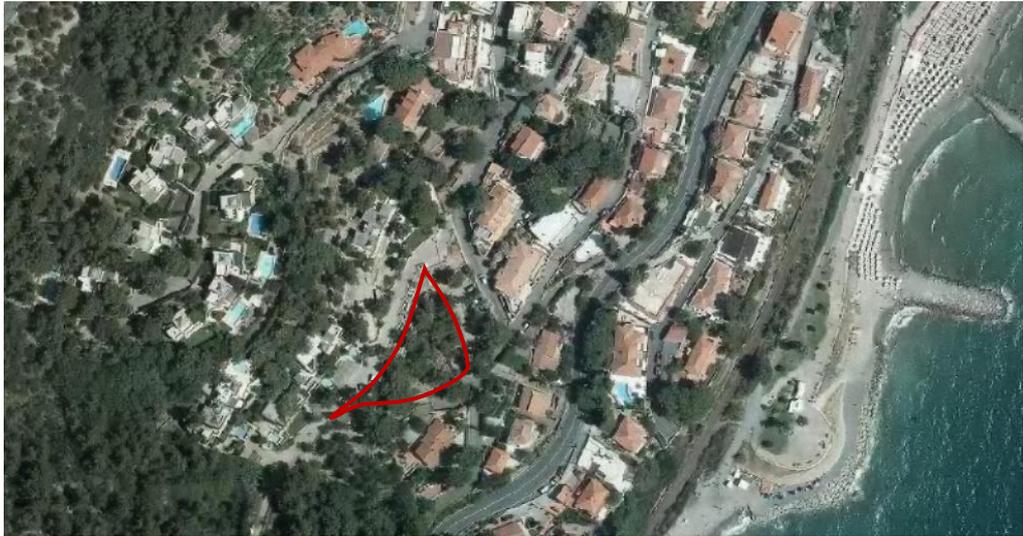
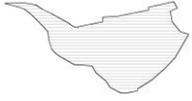


Fig. 2 | Ortofoto con individuazione dell'area oggetto di studio



Fig. 3 | Fotoinserimento dei fabbricati progettati nel contesto

Il contesto è caratterizzato dalla presenza di fabbricati residenziali. Nella fattispecie nell'area lato monte, ad una quota superiore sono presenti delle villette, realizzate dagli stessi committenti del presente progetto, vedi Fig. 4 e Fig. 5. Ciò ha condizionato la scelta di progettare una struttura che fosse in armonia con i manufatti suddetti e che tuttavia è nata dallo sforzo stilistico di conferire una propria identità architettonica dai caratteri simili ma moderni.

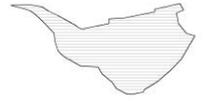
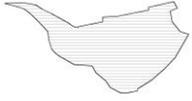


Fig. 1 | Fotografia aerea del complesso di ville nell'area a monte del lotto oggetto di studio



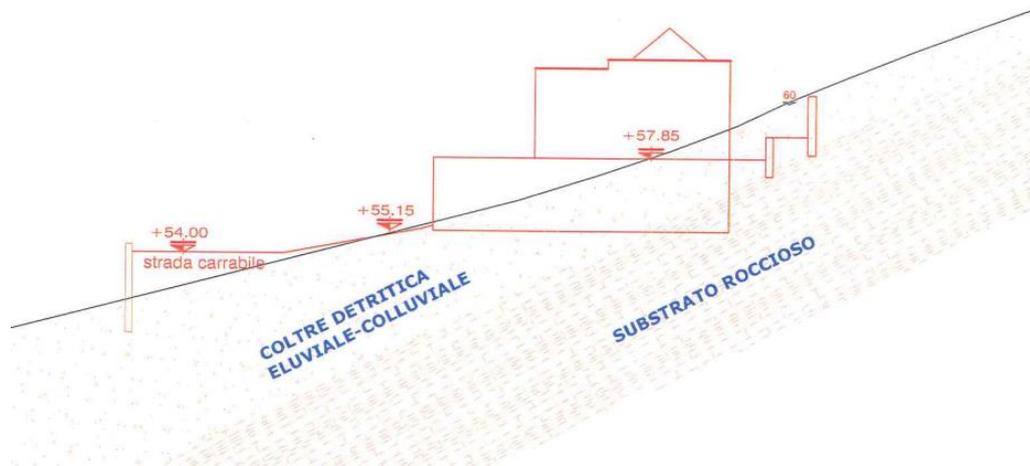
Fig. 5 | Fotografia aerea del complesso di ville nell'area a monte del lotto oggetto di studio

Da una sezione geologica del già menzionato terreno soprastante al lotto oggetto di studio, si è potuto osservare che, la parte più superficiale del terreno è costituita da coltre detritica eluviale-colluviale e sotto essa si trova un substrato roccioso, come mostrato in Fig. 6 Fig. 2. Tale sezione è stata costruita sulla base di una prova penetrometrica dinamica i cui risultati si trovano in allegato. Il fatto che ci sia un



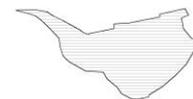
## Capitolo 2: Inquadramento territoriale, normativo e climatico

substrato di roccia non molto profondo ha influenzato la scelta progettuale di realizzare i manufatti evitando scavi costosi e molto invadenti. La zona è urbanizzata, sono presenti tutti i servizi a rete e le infrastrutture viarie; è collegata al centro abitato tramite



la Strada Provinciale 13.

Fig. 2 | Sezione geologica del terreno soprastante al lotto oggetto di studio



## 2.2 Inquadramento Normativo

Nel Comune di Andora vige il P.U.C. – Piano Urbanistico Comunale – dall’anno 2012 e la zona di intervento è individuata come S.U.A. app. 8 p. a. ovvero Strumento Urbanistico Attuativo approvato e solo parzialmente attuato. Come già indicato, infatti, la stessa proprietà ha già realizzato alcuni corpi di fabbrica, vedi Fig. 7.

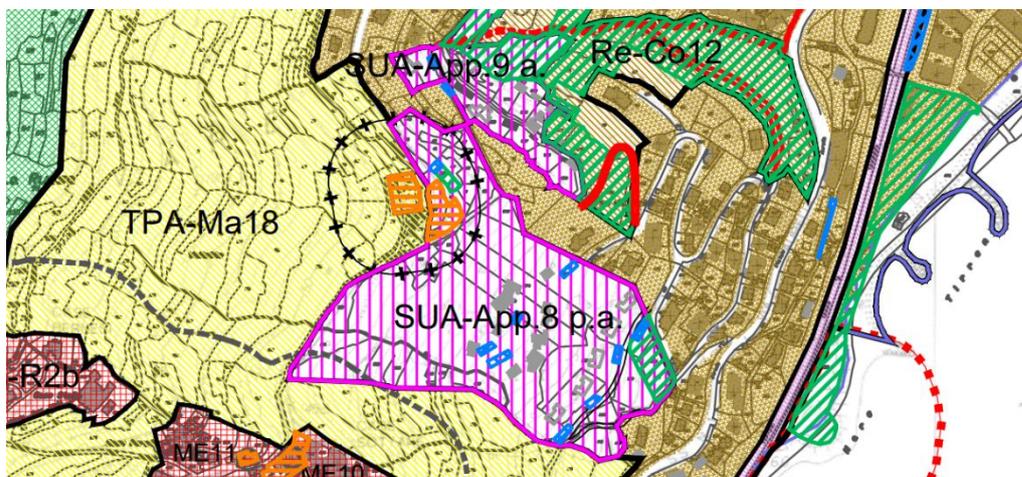
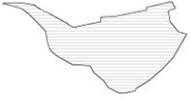


Fig. 3 | Stralcio di P.U.C. del Comune di Andora

L’edificazione è dunque soggetta alle norme di attuazione dello strumento attuativo suddetto e il presente progetto rispetta i parametri già approvati.

Sono rispettate le distanze dalle strade, infatti, come visibile in Tav.02, la distanza minima tra i corpi di fabbrica e la sede stradale è superiore a 3 metri, ovvero, la distanza minima prevista tra un nuovo corpo di fabbrica e la sede stradale di una strada privata ad uso pubblico. Anche la distanza tra i due corpi di fabbrica in progetto, pari a 3,9 metri rispetta quella prevista dalle norme di piano, poiché è maggiore dei 3 metri minimi previsti nel caso di pareti non finestate o che presentino bucatore non computate ai fini del rapporto aeroilluminante. [6]

I parametri relativi alla realizzazione di parcheggi privati sono soddisfatti in quanto già previsti e realizzati nella prima fase di attuazione dello Strumento Urbanistico Attuativo. È rispettato il parametro relativo all’altezza dei fabbricati, in base



## Capitolo 2: Inquadramento territoriale, normativo e climatico

---

al quale l'altezza massima consentita non deve superare quella massima degli edifici esistenti nella zona circostante con un massimo consentito di 12 metri e quello relativo all'altezza minima dei locali. [6] Tutti i locali infatti, hanno altezza pari o superiore a 3 metri ad eccezione alcuni spazi di servizio nei quali l'altezza risulta pari a 2,6 metri. Il progetto rispetta anche il DPR 380/2001 e s.m.i. e la normativa igienico sanitaria per le strutture alberghiere.



## 2.3 Inquadramento climatico

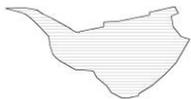
Tutti i comuni italiani sono classificati in 6 zone climatiche, dalla zona A alla zona F. Tale classificazione è stata introdotta dal Decreto del Presidente della Repubblica n. 412 del 26 agosto 1993, disponibile sul sito della gazzetta ufficiale, per regolamentare *la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della L. 9 gennaio 1991, n. 10.* [7]



Fig. 4 | Mappa delle 6 zone climatiche introdotte dal decreto: in rosso la zona A, in arancione la B, in giallo la C, in azzurro la D, in blu la E in blu scuro la F [8]

Ciascun comune è assegnato ad una zona climatica sulla base dei gradi giorno che lo caratterizzano e non in base alla sua ubicazione geografica. I gradi giorno di una località si calcolano mediante la somma delle differenze positive giornaliere tra la temperatura convenzionalmente fissata per ogni Paese - che in Italia è 20°C - e la temperatura media esterna giornaliera estesa a tutti i giorni di un periodo annuale convenzionale di riscaldamento [9]. Le 6 zone climatiche sono così suddivise:

- Zona A: comuni con gradi giorno inferiori a 600
- Zona B: comuni con gradi giorno tra 600 e 900
- Zona C: comuni con gradi giorno tra 900 e 1.400



## Capitolo 2: Inquadramento territoriale, normativo e climatico

- Zona D: comuni con gradi giorno tra 1.400 e 2.100
- Zona E: comuni con gradi giorno tra 2.100 e 3.000
- Zona F: comuni con gradi giorno superiori a 3.000

Al comune di Andora corrispondono 1195 gradi giorno, pertanto, ricade in zona climatica C, che prevede un periodo di accensione di impianti di riscaldamento che va dal 15 novembre al 31 marzo per 10 ore giornaliere. Ad esso corrisponde inoltre una temperatura di progetto invernale pari a  $-0,1^{\circ}\text{C}$  sulla base della norma UNI 10329:2016. [10] Tale valore nella norma UNI 10349:1994 era pari a  $-0,2^{\circ}\text{C}$ . Seppur trattasi di una modesta modifica, dimostra che la normativa sta prendendo atto del cambiamento climatico. In Fig. 5 sono illustrati i valori di temperatura e umidità relativa del comune di Andora di riferimento secondo la UNI 10349:2016, nell'arco di un anno, da gennaio a dicembre. Si può osservare che la temperatura non scende mai al di sotto dello zero. In Fig. 10 sono invece rappresentati i valori di irradianza solare globale sul piano orizzontale e quelli di irradianza solare diretta sul piano orizzontale, relativi al comune di Andora, secondo la UNI 10349:2016, nell'arco di un anno, da gennaio a dicembre. Si può osservare come l'irradianza solare diretta corrisponda alla quasi totalità dell'irradianza e che quella globale raggiunga valori molto elevati, fino a quasi  $1000\text{ W/m}^2$ . In Fig. 11 è rappresentata la velocità del vento, secondo la UNI 10349:2016, nell'arco di un anno, da gennaio a dicembre. Si tratta di una zona moderatamente ventosa.

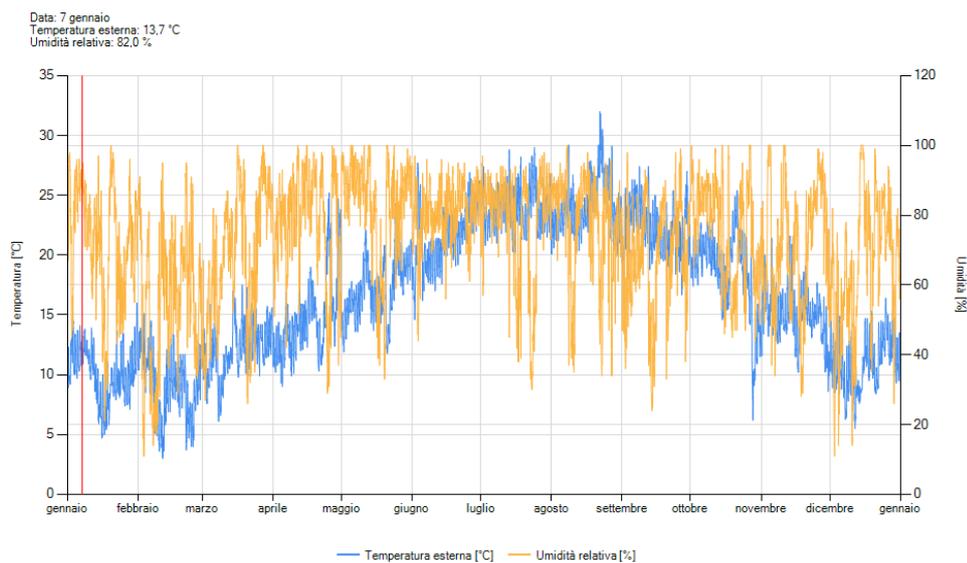


Fig. 5 | Valori di temperatura e umidità relativa orari nell'arco temporale di un anno secondo la norma UNI 10349:2016 . Img. da EDILCLIMA

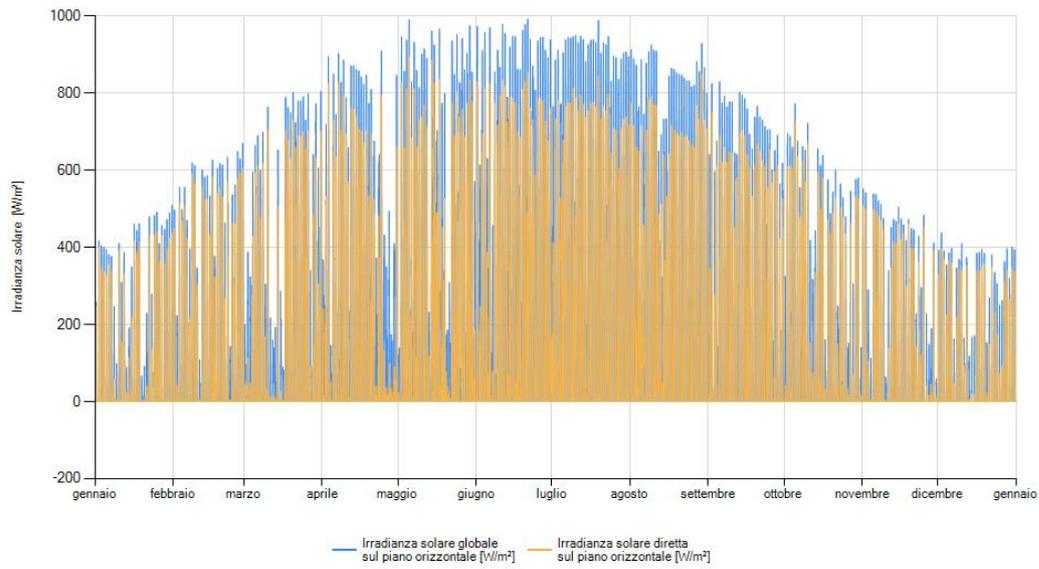
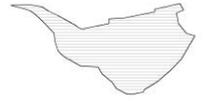


Fig. 6 | Valori di irradianza solare globale sul piano orizzontale e di irradianza solare diretta sul piano orizzontale anno secondo la norma UNI 10349:2016 . Img. da EDILCLIMA

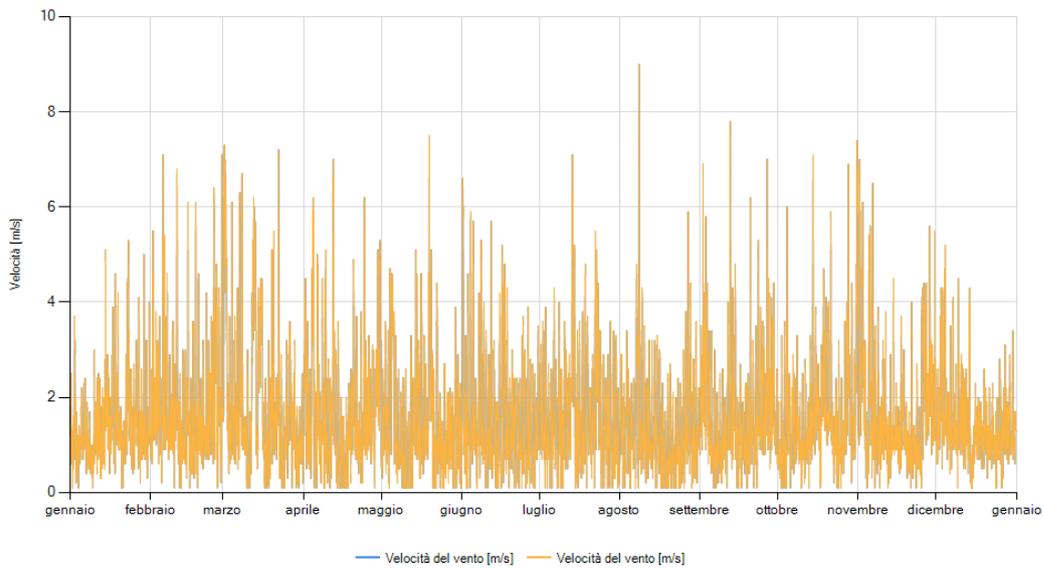
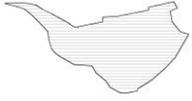
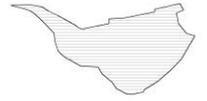


Fig. 7 | Valori di velocità del vento orari nell'arco temporale di un anno secondo la norma UNI 10349:2016. Img da EDILCLIMA



# 3

EVOLUZIONE  
DISTRIBUTIVA-  
FUNZIONALE-  
VOLUMETRICA E  
DESCRIZIONE DEGLI  
ESTERNI



### 3.1 Richiesta della committenza e premessa

La committenza ha richiesto di progettare:

- 4 camere ad uso foresteria;
- un ristorante con capienza 30 coperti nello spazio interno e altri 30 in quello esterno;
- una piscina di piccola metratura in corrispondenza del ristorante;

La conformazione finale dei fabbricati e delle piscine, è il frutto di una trasformazione che è avvenuta a seguito di considerazioni di tipo funzionale ed estetico che sono maturate nel corso della progettazione e cercando una corrispondenza tra idee e gusto della progettista e idee e gusto della committenza, la quale ha espresso il desiderio che i nuovi fabbricati vengano progettati prevedendo l'utilizzo della pietra tipica locale e con riferimento all'architettura tipica ligure della quale in Fig. 8 e Fig. 9 si trovano due esempi. Si tratta di un'architettura semplice che, nel corrente progetto di Tesi è stata rivisitata secondo delle sfaccettature più moderne.



Fig. 8 | Edificio dal carattere architettonico ligure

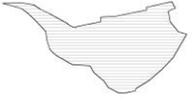
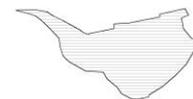


Fig. 9 | Castello di Andora (SV) [11]



Fig. 14 | Edificio dal carattere architettonico ligure



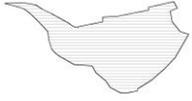
## 3.2 Edificio destinato all'ospitalità

Inizialmente, come mostrato in Fig. , le quattro camere sono state concepite in 3 diversi fabbricati, uno bipiano, con una camera su ciascun piano, e gli altri due mono piano. Il tema delle logge, ricorrente in tutto il progetto, è l'espressione di una progettazione sostenibile e resiliente, filo conduttore di tutto il progetto. Esse, infatti, poiché sono state pensate per evitare che la radiazione solare incidesse direttamente sui componenti vetrati di camere e ristorante, al fine di diminuire gli apporti solari durante la stagione estiva, evitando così il surriscaldamento degli ambienti e la richiesta di grandi potenze per raffrescarli.



Fig. 15 | Progetto originale degli edifici destinati all'ospitalità

Le logge delle camere sono in parte schermate da una cortina in pietra tipica ligure che presenta un'apertura rettangolare per ciascun piano. La cortina funge da schermo visivo per la finestra a tutt'altezza del bagno, che invita chi ha appena finito la doccia ad uscire sulla loggia. La copertura della parte orientale dell'edificio bipiano è a due falde e la sua forma e il materiale utilizzato – pietra ligure in continuità con la cortina in pietra sottostante – sono un evidente richiamo al castello di Andora, vedi Fig. 13Fig. 9. Il rivestimento della facciata ovest è in intonaco bianco, quello delle facciate nord ed est è in pietra. Nella versione iniziale, le coperture degli edifici residenziali erano abitabili, ciascun edificio con il proprio spazio esclusivo in copertura. Si successivamente convenuto che fosse più opportuno sfruttare quello spazio per produrre



### Capitolo 3: Evoluzione distributiva-funzionale-volumetrica e descrizione degli esterni

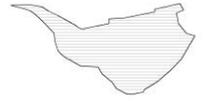
---

energia tramite i pannelli solari, pertanto dopo l'approvazione della committenza, si è proceduto con le modifiche. Quest'ultima ha inoltre espresso la volontà che la foresteria fosse un unico fabbricato piuttosto che tre edifici distinti, poiché trattandosi di un terreno ricco di alberi, avrebbe voluto conservarne il più possibile diminuendo l'impronta a terra della futura realizzazione; e che la copertura di tutti gli edifici fosse interamente piana. Pertanto, la copertura a due falde richiamante il castello storico è stata eliminata e dopo diverse modifiche si è dunque giunti alla soluzione attuale in Fig. 10.



Fig. 10 | Renderizzazione dell'edificio destinato ad ospitalità del progetto definitivo dalla direzione SUD-EST

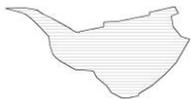
Le due villette mono piano sono state sovrapposte, trasformate in un edificio bipiano e collegate all'altro edificio bipiano tramite un vano scala. Nonostante il terreno sia maggiormente esposto a est, la direzione dell'edificio, non è est, ma risulta ruotato verso sud tanto quanto è stato concesso dalla conformazione del terreno. Questo, in maniera tale da massimizzare la radiazione solare incidente sui pannelli solari posti in copertura. Dei due blocchi camere che compongono l'edificio insieme al vano scala, il più alto è ruotato ad EST di 40° rispetto alla direzione SUD, mentre l'edificio situato ad



una quota più bassa è ruotato ad EST di 22° rispetto alla direzione SUD. Si può evincere quindi che i due blocchi siano ruotati uno rispetto all'altro per conferire dinamicità al fabbricato e perché così posizionati consentono una migliore gestione dello spazio esterno. La rotazione ha consentito il collocamento, nello spazio tra un blocco camere e l'altro, di un vano scala in legno che funge da collegamento. Esso risulta caratterizzato da una facciata vetrata in direzione sud-est, vedi Fig. 16 e da una facciata irregolare mista tra vetro e legno in direzione nord vedi Fig. 17. La parte inferiore è in vetro ed è interrotta dalla porta di accesso in legno all'edificio, che risulta innestata in una cornice in legno che nella parte superiore alla porta si prolunga fino al solaio del piano superiore. La parte superiore della facciata è sporgente rispetto a quella inferiore e ai due edifici, ed è caratterizzata da una finestra quadrata incastonata nel legno del vano scala, con l'intento di creare un effetto cannocchiale. Questa finestra non presenta schermature solari, contrariamente alle vetrate sul fronte, poiché è esposta a nord e quindi non incide mai la radiazione solare diretta. Il vano scala è la massima espressione dell'intenzione di creare un connubio tra architettura moderna e architettura tradizionale ligure.



Fig. 11 | Renderizzazione di una vista prospettica da NORD-EST del fabbricato destinato all'ospitalità



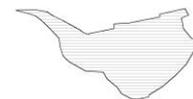
### Capitolo 3: Evoluzione distributiva-funzionale-volumetrica e descrizione degli esterni

Entrambi gli edifici hanno la conformazione di un parallelepipedo in pietra con diverse forature. I prospetti principali dei due blocchi, quelli rivolti a sud-est, vedi Fig. 106, risultano essere molto simili: entrambi hanno una cornice quadrata in pietra ligure, la quale presenta spessori differenti dei quattro lati ed è collocata in corrispondenza dell'estremità frontale delle logge. In entrambi i casi le grandi finestre a tutt'altezza delle camere risultano parzialmente schermate e quelle dei bagni interamente schermate. Nel caso del blocco più in alto, la schermatura è costituita in parte da una cortina in pietra che presenta due forature rettangolari, una per piano, e in parte da listelli in legno, che collocati nello spazio tra la cortina e la cornice, alleggeriscono il prospetto. Nel caso del blocco collocato più in basso, invece, la schermatura è costituita interamente da listelli in legno e piante rampicanti. Nelle facciate ovest e nord del blocco in alto, ritorna l'elemento cornice, che dà continuità con quello in facciata sud e che consolida l'idea di cubo forato.



Fig. 128 | Vista prospettica dell'edificio destinato all'ospitalità dalla direzione Nord-Ovest

La parte arretrata rispetto alla cornice della facciata nord è caratterizzata da una finitura in listelli in legno su intonaco bianco. Ai suoi piedi è presente una sporgenza della cornice che funge da contenitore per la terra che consente l'installazione di piante rampicanti che si intrecciano sui listelli in legno. La facciata ovest è anch'essa in intonaco bianco ed è invece caratterizzata da una parte sporgente in pietra a

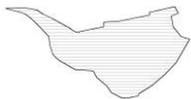


ricongiungersi con la cornice, in corrispondenza della quale sono presenti due finestre quadrate a filo facciata. Sulla parte destra della facciata sono presenti due forature listellate, in corrispondenza delle logge. La facciata est del blocco in alto è interamente in pietra, senza sporgenze o rientranze, è presente un'unica foratura verticale in corrispondenza della loggia che si estende dal piano 0 al piano 1, la gran parte della facciata è occupata dal vano scala che le è addossato. Così come la facciata est del blocco in alto, anche le facciate est e nord del blocco camere in basso sono interamente in pietra, senza sporgenze o rientranze. La facciata est ha un'unica apertura verticale in corrispondenza della loggia che si estende dal piano -1 al piano 0, come si può notare in Fig. 139.



Fig. 139 | Prospetto Est dell'edificio destinato all'ospitalità

La facciata nord presenta invece tre finestre alte, strette e sfalsate tra di loro, vedi Fig. 117. Sulle coperture dei due blocchi sono collocati i pannelli solari, come visibile in Fig. 129. La cornice in pietra ha un'altezza di 80 centimetri e nasconde completamente i pannelli in altezza.



### 3.3 Edificio destinato alla ristorazione

Il piano 0 del ristorante è posizionato ad una quota superiore di un metro rispetto a quello delle camere. Contrariamente agli edifici destinati alle camere non ha subito modifiche di forma rilevanti nel corso della progettazione.

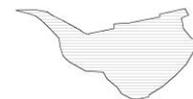


Fig. 20 | Versione originale edificio da destinare alla ristorazione

Come si può vedere in Fig. 20 fin dall'inizio l'edificio destinato alla ristorazione è stato pensato con un volume centrale a due piani in pietra e due volumi affiancati di diversa altezza vetrati. La committenza ha suggerito una copertura piramidale a base quadrata sul corpo centrale, che richiamasse quella dei fabbricati dell'area a monte del lotto oggetto di studio, vedi fig. 21.



Fig. 21 | Copertura piramidale a base quadrata degli edifici vicini

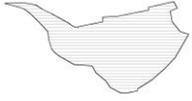


Il risultato ottenuto non è stato quello sperato pertanto, la copertura piramidale a base quadrata nella versione finale del progetto è stata eliminata, come si può notare in fig. 22.



Fig. 22 | Vista prospettica del fronte dell'edificio ristorante

Nel progetto definitivo, così come in quello iniziale, il volume centrale in pietra presenta due finestre a nastro verticale che si estendono dal piano 0 al piano al solaio di copertura. Al primo piano, la sala interna è circondata su tre lati da una terrazza, abitabile, pensata per colazioni, pranzi, aperitivi e cene all'aperto. Sulla parte ovest della terrazza è presente un portico il cui solaio di copertura è caratterizzato da tre ampi fori rettangolari il cui spazio è riempito con listelli in legno, ricorrenti in tutto il progetto. Per far fronte alla pioggia è possibile installare dei teli impermeabili retraibili. Tale solaio è portato dalla parete in X-LAM sulla sinistra e sul retro, sulla destra invece da pilastri d'acciaio inclinati. Il solaio appena menzionato, la parete portante a sinistra e l'intero solaio del primo piano, essendo tutti in bianco, formano un elemento architettonico a S che conferisce alla struttura imponenza e modernità. La parete portante che sostiene il solaio forato sulla sinistra, è forata anch'essa per non limitare la vista sul mare. La parete portante posteriore non ha solo funzione strutturale ma funge



### Capitolo 3: Evoluzione distributiva-funzionale-volumetrica e descrizione degli esterni

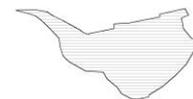
anche da schermo per ridurre la permeabilità visiva dalla strada verso la terrazza che non è nulla solo grazie a 10 piccole forature rettangolari, 5 a destra e 5 a sinistra, vedi Fig. 3.

La differenza sostanziale tra il progetto iniziale e quello definitivo, è la piscina, come si può notare dal confronto tra le figure 23 e 24. Inizialmente, infatti, era stata collocata sullo stesso livello del ristorante, con forma poligonale e con una delle pareti in vetro. Dava però l'impressione di essere poco integrata con l'edificio, pertanto, si è pensato ad una nuova collocazione, ovvero, lungo il perimetro sud-est dell'edificio ed il suo livello dell'acqua è 20 centimetri più in basso rispetto alla sua quota zero.



Fig. 23 | Vista notturna dell'edificio ristorante in una versione intermedia del progetto

La nuova piscina aveva inizialmente una forma molto regolare, il suo perimetro coincideva con quello della facciata sud-est dell'edificio e dal suo offset di 1,3 metri. Tale forma, molto squadrata, risultando troppo rigida ha portato all'ideazione di una nuova forma, più organica, il cui perimetro coincide da un lato con quello dell'edificio e dall'altro con la proiezione di una delle curve di livello del terreno sottostanti, vedi nelle figure 23 e 24. La piscina definitiva è caratterizzata da due profondità differenti. La vasca antistante al portico esterno ha una profondità pari a 1,4m che è la massima profondità realizzabile non comportante l'obbligatorietà di assistenza



bagnanti, invece, a partire dal corpo centrale, la distanza tra il fondo della vasca ed il filo dell'acqua è pari a 40 centimetri. Questo perché la richiesta della committenza è stata quella di realizzare una vasca di circa 15m<sup>2</sup>, pertanto la parte di piscina con sola funzionalità estetica è stata prevista più bassa per risparmiare molti metri cubi di acqua potabile.



Fig. 24 | Vista notturna dell'edificio ristorante e della piscina nel progetto definitivo.

La piscina è caratterizzata da una seduta per idromassaggio nella zona perimetrale lato monte, in maniera tale che da seduti si possa godere della vista mare. Una delle caratteristiche peculiari della piscina è la presenza, di un banco bar lungo il suo perimetro lato mare, il cui piano è posto 20 cm al di sopra del filo dell'acqua, vedi fig. 25, che consente di servire agevolmente gli aperitivi direttamente in piscina.

La sala ristorante esterna è prevista in corrispondenza del portico adiacente alla sala ristorante interna. La copertura di tale spazio è costituita dal solaio della terrazza soprastante, la cui superficie inferiore è in legno in continuità con il rivestimento delle pareti che delimitano il ristorante in quel punto, come si può notare in fig. 26.

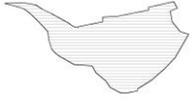
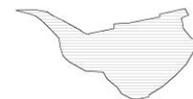


Fig. 25 | Vista della piscina, del piano bar e di parte dell'edificio ristorante



Fig. 26 | Vista del portico esterno dal suo arco di accesso



La sala ristorante esterna è integrata, sul patio in figura 27, con una pergola costituita da cinque elementi circolari con perimetro esterno in acciaio nero, la cui area interna è costituita da listelli in legno. Tali elementi sono sorretti in corrispondenza del loro perimetro da pilastri in acciaio nero, vedi fig. 28. Questi elementi circolari non sono disposti secondo un cerchio, ma risultano sfalsati a circondare un albero che ha sede in un'aiuola, vedi fig. 27. Lo spazio al di sotto della pergola è stato pensato sia come zona relax all'aperto sia come prolungamento della sala esterna all'occorrenza. Tale spazio è delimitato al lato mare e a ovest da un'aiuola fiorita che costeggia il parapetto in vetro, come si può vedere nelle figure 27 e 28. Al lato monte è delimitato in parte da una parete in intonaco bianco ed in parte da una scala in pietra che conduce ad un livello superiore anch'esso pensato come spazio aperitivo. Questo spazio, è collegato alla scala d'accesso principale dal percorso visibile in figura 28 sulla sinistra. Ciò fa sì che, l'area esterna, sia indipendente dall'accesso all'edificio ristorante, consentendo una più facile gestione dei flussi di persone.



Fig. 27 | Vista sull'area esterna del ristorante da sud-ovest

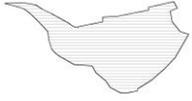
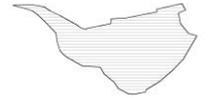


Fig. 28 | Vista sull'area esterna del ristorante da nord-ovest



### 3.4 Accessi e collegamenti verticali

Il complesso di edifici ha due accessi, uno in corrispondenza della parte più alta del lotto di terreno e l'altro in corrispondenza della parte più bassa del lotto, come si può vedere in fig. 29.

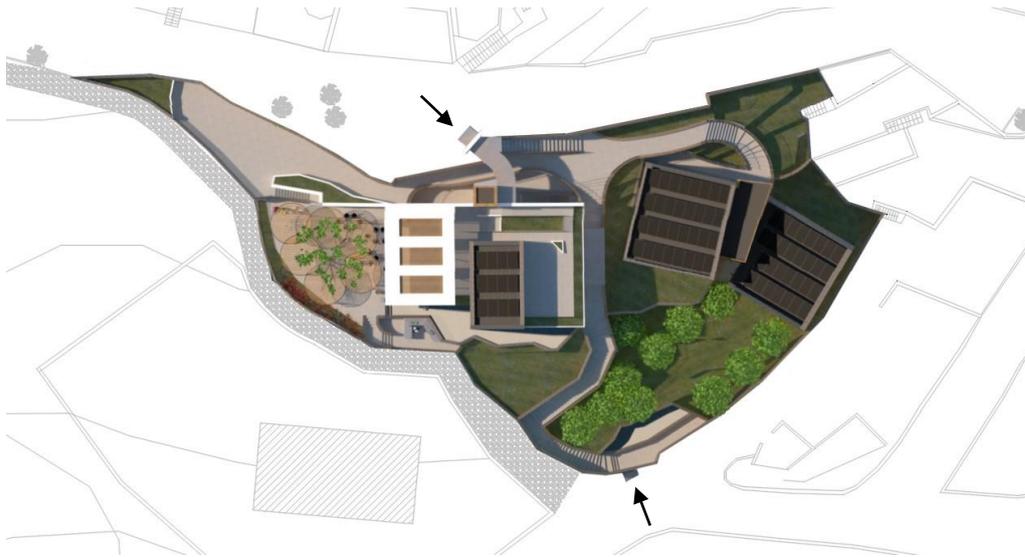
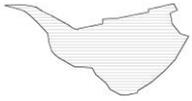


Fig. 29 | Planivolumetrico con indicazione dei due accessi



Fig. 30 | Accesso al complesso dalla parte superiore del lotto



### Capitolo 3: Evoluzione distributiva-funzionale-volumetrica e descrizione degli esterni

---

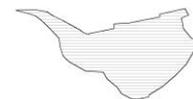
L'accesso superiore al complesso avviene dal piano stradale ed è costituito da un portale rettangolare in intonaco bianco all'interno del quale si innesta la passerella in listelli in legno – ai lati e in copertura – che conduce all'ascensore, ad una scala che collega al livello subito inferiore rispetto a quello stradale ed alla terrazza al piano primo, vedi fig. 30 e 31. Sopra i listelli della passerella è presente una lastra in vetro che ripara in caso di precipitazioni.



Fig. 31 | Vista dal basso della passerella e della scala d'accesso

L'accesso al lotto dalla sua parte inferiore è collocato in corrispondenza di Via Aurora, come mostrato in fig. 29, ed è costituito da un'apertura rettangolare nel muro in pietra locale di confine del lotto e da una piccola pensilina in vetro sorretta da pilastri neri in acciaio inclinato, come si può osservare in fig. 32. Sulla sinistra del portale d'accesso si diparte la scala, sul cui fianco orientale è contornata da verde, che conduce ai livelli dei due fabbricati, vedi fig. 33.

L'accesso all'edificio camere può essere raggiunto tramite la rampa mostrata in fig. 31, il cui andamento è parallelo al muro di confine del lotto, ed un'ulteriore rampa, il cui andamento è curvo e il cui ultimo gradino risulta essere , vedi fig. 17. Si



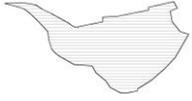
può giungere alle camere anche tramite il percorso che passa per l'ascensore, conduce al piano terra del ristorante e in seguito lungo una rampa, all'interno di un corridoio, che porta al piano 0 dell'edificio destinato all'ospitalità e quindi all'accesso dell'edificio destinato all'ospitalità.



Fig. 32 | Accesso al lotto da Via Aurora



Fig. 33 | Scale che conducono alla parte alta del lotto



### Capitolo 3: Evoluzione distributiva-funzionale-volumetrica e descrizione degli esterni

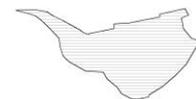
---

La sala ristorante ha due accessi. Quello a nord-est può essere raggiunto tramite la rampa di scale a sinistra del portale e un'ulteriore scala che conduce esattamente sotto il piccolo portico che precede l'entrata. Esso è costituito da listelli in legno, al lato e in copertura, è stato pensato per proteggere dalle precipitazioni ,per eventuali attese e come area fumatori. Sotto tale portico, antistante alla porta di accesso al ristorante è presente una panchina, vedi fig. 34.



Fig. 34 | Accesso Nord-Est al ristorante

L'altro accesso è raggiungibile tramite l'ascensore, un breve tratto di vialetto alla fine del quale è presente un arco, elemento architettonico ricorrente all'interno e all'esterno dell'edificio, che dà sul portico esterno del ristorante dove si trova il secondo accesso, vedi fig. 26. L'ascensore ha quindi 2 quote di imbarco e sbarco, ha doppio accesso ed è stato pensato affinché gli ospiti con i bagagli e le persone con disabilità possano raggiungere agevolmente camere e ristorante. L'ascensore, trovandosi il ristorante ad una quota differente rispetto al piano stradale, ha anche la funzione di trasportare al piano terra del ristorante la merce e condurre all'esterno, a fine giornata, i rifiuti.



La terrazza del primo piano dell'edificio ristorante ha due accessi. L'accesso principale è indipendente dal resto del ristorante, poiché non è necessario passare attraverso le sale interne, ma conduce in terrazza attraverso la passerella in listelli illustrata in figura 31. Al termine di tale rampa è infatti presente un arco, vedi fig. 35, oltrepassato il quale è presente da un lato la rampa e dall'altro la scala d'accesso alla terrazza. La rampa, come prescritto dalla normativa sull'abbattimento delle barriere architettoniche 13/1989 e relativo D.M. [13], ha un'inclinazione pari all'8% e mai superiore [12]. Così come questa rampa, anche la passerella in listelli presente in fig. 31 è inclinata dell'8%. Ciò al fine di abbassare leggermente il piano di sbarco dell'ascensore e quindi ridurre il dislivello tra quest'ultimo ed il piano della terrazza riducendo di conseguenza la lunghezza complessiva della rampa.



Fig. 35 | Tunnel di listelli in legno di castagno che conduce alla terrazza ed all'ascensore

La terrazza inoltre risulta collegata da ampie vetrate con la sala interna al piano primo. In figura 36, si possono notare nel dettaglio le aperture sulla copertura del portico della terrazza ed i pilastri neri inclinati a sezione circolare che la sostengono.

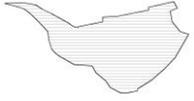
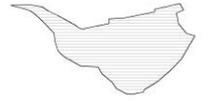
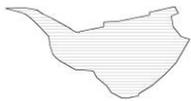


Fig. 36 | Vista delle scale e della rampa d'accesso alla terrazza



# 4

## ARTICOLAZIONE DEGLI SPAZI INTERNI



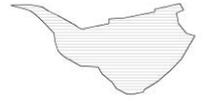
## 4.1 Edificio destinato alle camere

Gli spazi interni, contrariamente ai volumi e alla conformazione esterna dell'edificio, sono rimasti pressoché invariati dal concepimento del progetto alla sua versione finale. Si specifica che tale paragrafo sia da leggere tenendo come riferimento la Tav. 10. Come già illustrato nel precedente capitolo, l'accesso all'edificio destinato alla realizzazione delle camere avviene dal vano scala misto in legno e vetro che si interpone tra i due blocchi camere, vedi fig. 17. Il blocco camere in basso è stato pensato in maniera tale che le due camere, al piano 0 e -1, possano essere utilizzate sia come un'unica suite familiare, sia separatamente. Tale blocco presenta infatti una porta di separazione con il vano scala. Il vano scala, è stato progettato per dare la percezione di un ambiente alto e luminoso, in quanto esattamente di fronte all'ingresso sono state previste ampie vetrate a tutt'altezza esposte a sud-est. In cima alle scale che conducono alla camera 2 è presente un pianerottolo più ampio degli altri su cui è collocato l'accesso alla suddetta camera e alla copertura del blocco più basso. In corrispondenza di questo pianerottolo è presente un'ampia finestra quadrata, che è proprio quella che dall'esterno risulta collocata nella parte sporgente del vano scala, vedi fig. 17. A partire dal piano zero, vi è inoltre un'ulteriore rampa che lo collega con il piano cantine, in corrispondenza del quale è collocato anche il locale tecnico dell'edificio. Le camere hanno tutte un'ampiezza, di circa 40mq, incluse la cabine armadio esclusi i bagni. In tab. 1 è sono elencate le esatte metrature delle 4 camere, dei 4 bagni e delle logge.

	Camera	Bagno	Loggia
1	42,0	8,0	20,0
2	42,0	8,0	20,0
3	39,3	7,7	19,2
4	40,2	7,4	24,7

Tab. 1 | Metrature di Spazi camera, bagni e Logge

In tutte le camere l'idea è stata quella di creare continuità formale tra le camere e le logge esterne, separate da una sola parete vetrata. Dentro e fuori, infatti, si confondono creando spazi abitativi progettati per il relax e il tempo libero in profonda connessione con la natura circostante; le pavimentazioni dell'interno proseguono negli spazi delle logge creando continuità visiva. Sensazione che viene accentuata dal fatto

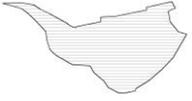


che le vetrate siano a tutt'altezza e siano ampie quasi quanto tutta la larghezza delle camere, vedi fig. 37 e 38. I bagni hanno una finestra a tutt'altezza e ampiezza, vetrata, che consente di uscire sulla loggia. Come specificato nel capitolo precedente, tali finestre sono schermate dall'esterno o da listelli in legno su cui crescono piante rampicanti o dalla cortina in pietra.



Fig. 37 | Vista dell'interno della camera 1

La porta di accesso a ciascuna camera apre in un piccolo atrio di ingresso, separato dal resto della camera da un arco, al fine di creare una zona filtro tra interno ed esterno della camera, vedi fig. 39. Tale atrio, in tutte le camere, eccetto che nella camera 3, funge anche da filtro tra la camera ed il bagno. In tutte le camere la testiera del letto è staccata rispetto alla parete, tale spazio viene impiegato, nelle camere 1 e 2, con gli armadi a vista, posizionati dietro le testiere a tutt'altezza dei letti, nel caso delle camere 3 e 4 dalla scrivania con due sedute. Nelle camere 1 e 2 è presente una finestra di forma quadrata, esposta a sud-ovest in corrispondenza della sporgenza esterna in pietra rispetto all'intonaco, che all'interno si traduce in un incavo nel quale è incastonata la scrivania, vedi fig. 37.



## Capitolo 4: Articolazione degli spazi interni

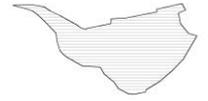
---



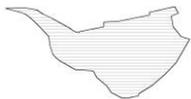
Fig. 38 | Vista dell'interno della camera 4



Fig. 39 | Vista dall'atrio d'ingresso della camera 2



Oltre all'arco che si percepisce appena entrati nella camera, nelle camere 1 e 2 sono presenti altri tre archi sulla parete nord, vedi fig. 39, realizzati mediante una contro parete in cartongesso spessa 10cm, mentre la parete ovest, è ricoperta di listelli in legno ed in corrispondenza di quest'ultima risultano inseriti l'incavo con la finestra, la televisione in alto a sinistra e uno specchio all'estrema destra, perfettamente centrato in direzione dell'arco di accesso alla camera. La parete che dà a sud è quasi interamente costituita da vetrate a tutt'altezza dal telaio nero, come tutti gli infissi nel progetto, che conferisce eleganza agli edifici. Nelle camere 3 e 4, invece, oltre all'arco che separa l'atrio di accesso alla camera, dalla camera stessa, ne sono presenti altri 5, 4 decorativi, 3 nella parete nord e uno nella parete antistante al letto, a sinistra, e uno che funge da apertura d'accesso nella parete che separa la camera dalla cabina armadio. In queste due camere, infatti, la parete antistante a letto, contrariamente alle camere 1 e 2 dove è ricoperta di listelli, è verniciata, i listelli si trovano esclusivamente nella striscia retrostante alla televisione; inoltre la cabina armadio non si trova nella zona retrostante al letto, ma in una delle due, si trova nello spazio ritagliato al di sotto della scala che conduce del piano superiore a quello inferiore, e nell'altra, nel filtro tra bagno e camera che si trova nello spazio ritagliato al di sopra della scala che conduce al piano inferiore. Si può dunque affermare che l'arco sia un elemento molto ricorrente nel progetto. In ciascuna delle quattro camere è presente un'apertura vetrata a tutt'altezza in corrispondenza della doccia e pari alla sua profondità, vedi fig. 38. Per ciascuna è stata scelta una carta da parati, da collocare, nel caso delle camere 1 e 2 nella parte alta della testiera del letto, poiché la parte bassa è in legno ricoperta di listelli, vedi fig. 40a; nel caso delle camere 3 e 4 sull'intera parete alle spalle del letto, in quanto la testiera si ferma ad altezza 1,2m, per consentire a chi è seduto alla scrivania dietro il letto di guardare la televisione e per evitare che quello spazio diventasse angusto. Anche in quel caso la testiera è in legno e ricoperta di listelli, vedi Fig. 38. Le camere 3 e 4, hanno il vantaggio che, in videochiamata per lavoro, si ha come sfondo una bella carta da parati piuttosto che un letto disfatto. Per le pareti delle camere sono state utilizzati due dei colori presenti nella palette della carta da parati presenti nella stessa camera, uno più chiaro per la maggior parte delle superfici, uno più scuro per l'interno degli archi e degli armadi. Il sommier del letto è in tessuto e riprende uno dei due colori principali della camera, le sedie, invece, sono in tessuto di colore a contrasto con il resto. Vedi figure 40a, 40b, 41a, 41b, 42a, 42b, 43a, 43b, 44a, 44b.



## Capitolo 4: Articolazione degli spazi interni

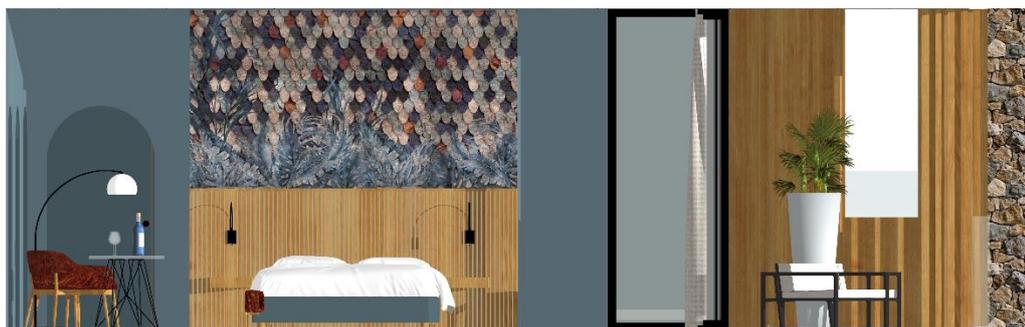


Fig. 40a e 40b | Prospetti dell'interno della camera 1

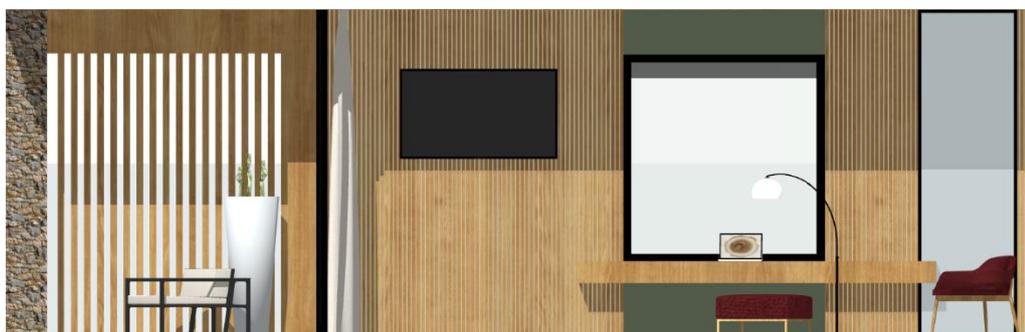


Fig. 41a e 41b | Prospetti dell'interno della camera 2

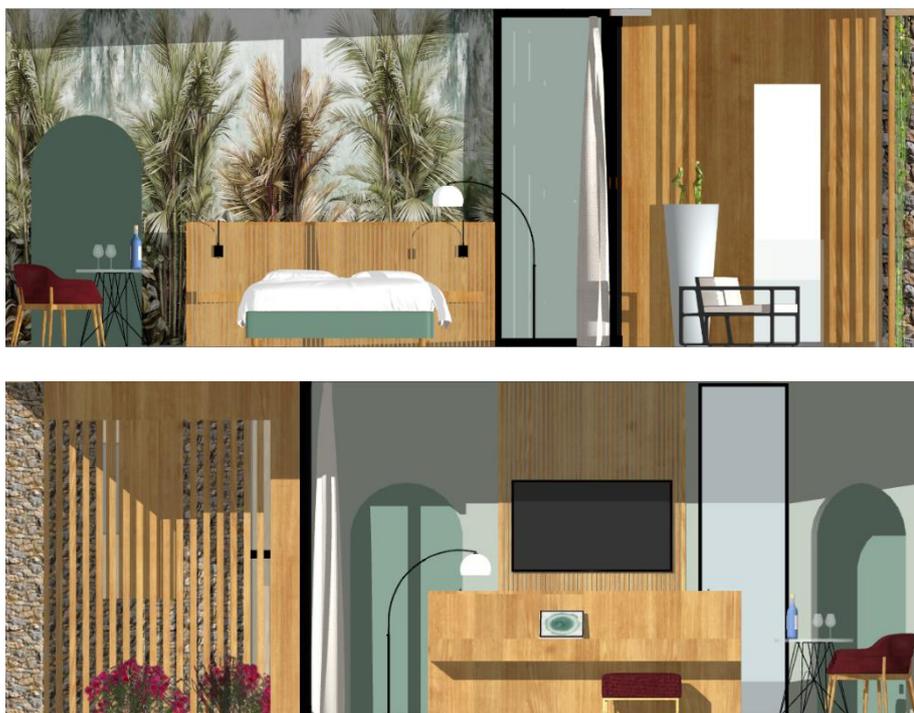


Fig. 42a e 42b | Prospetto dell'interno della camera 3

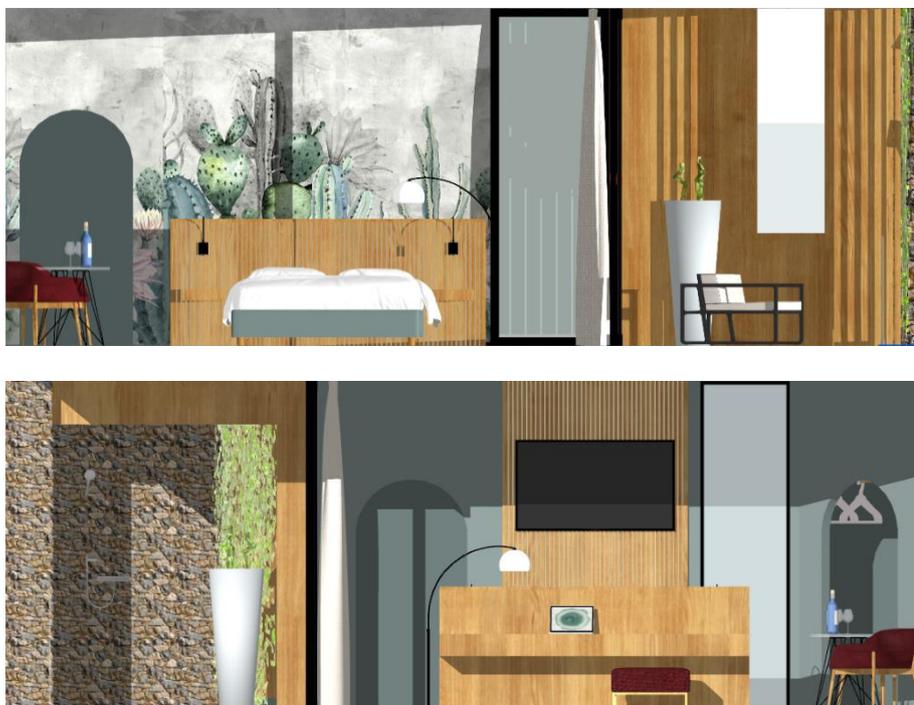
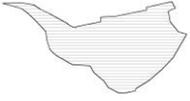


Fig. 43a e 43b | Prospetti interni della camera 4



## 4.2 Calcolo superfici ambienti del ristorante

Per il calcolo della superficie della sala ristorante, ovvero l'area entro la quale vengono consumati i pasti, il Disciplinare HACCP richiede per ogni coperto (CPT) un'area di stazionamento pari a 1,2/1,5 metri quadri a seconda che si tratti di una pizzeria, ove i commensali non necessitano di grandi comodità, o un ristorante gourmet ove i grandi spazi tra i tavoli sono indice di eleganza e di un servizio attento e raffinato [14]. Nel caso del presente progetto, ove la richiesta della committenza è stata quella di progettare un ristorante di livello, con 30 coperti all'interno e 30 all'esterno, si è considerata un'area di stazionamento pari a 1,5mq e la superficie minima della sala ristorante è stata quindi così calcolata:

$$\begin{aligned} \text{superficie minima sala ristorante} &= n. \text{ di coperti} \times 1,5mq = \\ &= 30 \times 1,5mq = 45mq \end{aligned}$$

A tale superficie è stato aggiunto un coefficiente di ottimizzazione pari al suo 33% per ottenere una superficie ottimale [14]:

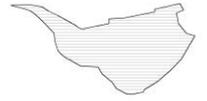
$$\text{superficie ottimale area ristorante} = 45mq + 0,33 \times 45mq = 60mq$$

La sala ristorante è stata progettata quindi con una superficie superiore a 60mq, ovvero con una superficie pari a 84mq, ai quali occorre aggiungere i 30 mq della saletta al piano primo.

La norma [15] stabilisce inoltre che la superficie di una sala cucina non deve essere inferiore a 25 metri quadri, inclusa la zona lavaggio piatti e posateria, per un numero di coperti non superiore a 50 unità. Per ogni coperto in più, la norma stabilisce che si debba aumentare proporzionalmente la superficie di 0,5 metri quadri. [14] Pertanto:

$$\begin{aligned} \text{superficie area cucina} &= 25mq + (n. \text{ di coperti} - 50) \times 0,5 = \\ &= 25mq + (60 - 50) \times 0,5 = 30mq. \end{aligned}$$

In questo caso si è considerato come n. di coperti 60 e non 30 come nel caso del calcolo della superficie minima della sala ristorante, perché nel caso precedente si trattava del numero di clienti che possono contemporaneamente stazionare nella sala



interna del ristorante, in questo caso invece, è il numero di clienti totali che la cucina deve gestire ed è quello correlato alla capacità di produzione.

La cucina è stata quindi progettata con una superficie di 33mq, leggermente superiore rispetto ai 30mq previsti dalla norma. [15]

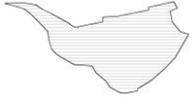
All'area dispensa è stata dedicata una superficie di 7,7mq, che è maggiore ai 6mq minimi previsti dalla norma. [15]

In base alla norma di riferimento, è necessaria la presenza di un bagno ogni 10 dipendenti. [15] Poiché il numero di dipendenti previsto è indicativamente 9, 5 in sala e 4 in zona cucina, è presente un unico bagno per i dipendenti dalle dimensioni di 1,5 metri quadri, dotato di antibagno di dimensione 1,5 metri quadri che funge anche da spogliatoio.

I servizi igienici destinati ai clienti, così come stabilito dalla norma di riferimento [15], sono facilmente raggiungibili dalla clientela e non interferiscono con i locali dedicati al personale e sono dotati di antibagno e il loro numero dipende dal numero di posti a sedere:

- 1 fino a 30 posti a sedere;
- 2 da 31 a 80 posti a sedere;
- 3 da 81 a 150 posti a sedere.

Nel caso del presente progetto, i posti a sedere sono 60, pertanto i bagni sono due, di cui uno dedicato alle persone con disabilità. Le dimensioni minime sono 1mq e 1,8mq per il bagno dedicato a persone con disabilità. Nel caso del presente progetto, l'antibagno ha dimensione 2,5mq, il bagno 1,8mq ed il bagno destinato ai disabili 2,4mq.



### 4.3 Descrizione dell'edificio destinato a ristorante

Come già illustrato, il ristorante ha due accessi, uno a nord-est sotto la pensilina in listelli in legno e l'altro a sud-ovest dalle vetrate scorrevoli. Il ristorante ha un'ampia sala, progettata affinché possa accogliere almeno 30 coperti, ma che nel progetto definitivo può accoglierne comodamente 40. Entrati dal lato nord-est, sulla destra ci si trova la porta dei servizi igienici per i clienti. La porta ha integrato uno specchio con una cornice in legno nero. Sulla parete di destra è affiancata la scala che collega il piano 0 con il piano 1. La scala è in legno, verniciato di nero, sorretta da un lato da piccoli tiranti neri, dall'altro è fissata alla parete di X-LAM. La scala continua dritta fino alla prima sporgenza della parete in corrispondenza della quale ha inizio una rampa perpendicolare a quella precedentemente menzionata, vedi fig. 44. Sulla stessa parete, dopo la rientranza, sono presenti le due porte d'accesso alla cucina, a doppia anta, anch'esse specchiate con cornice in legno nero. La parete nord-est per la sua intera lunghezza ha una finitura di listelli in legno su vernice sabbia, così come il soffitto. La parete est, lato mare, è caratterizzata alle due estremità da vetrate a tutt'altezza con la finalità di far godere ancora meglio della vista mare e della vasca subito antistante al ristorante, volendo suscitare negli ospiti la sensazione di pranzare o cenare sull'acqua. La parte in corrispondenza dell'involucro esterno in pietra è invece opaca con una finestra a tutt'altezza nel lato più corto dei due perpendicolari alla facciata e due finestre a nastro verticali, una in corrispondenza dell'altra parete perpendicolare al prospetto principale e l'altra decentrata, in corrispondenza della parete centrale, vedi fig. 22 e 25. Si alternano dunque, nella parete lato mare, vetro e tratti opachi con finitura in vernice sabbia. La parete nord-est in cui è presente la porta di ingresso è rivestita con una carta da parati con colori caldi. La saletta al primo piano è molto meno ampia rispetto a quella del piano inferiore, ha forma rettangolare e la finitura delle due pareti più lunghe è in listelli legno su vernice sabbia e su una delle due è presente una vetrata scorrevole a tutt'altezza. Le due pareti più corte hanno finitura in vernice color sabbia. Addossato alla parete sul retro c'è il montavivande necessario per portare il cibo direttamente dalla cucina al piano superiore.

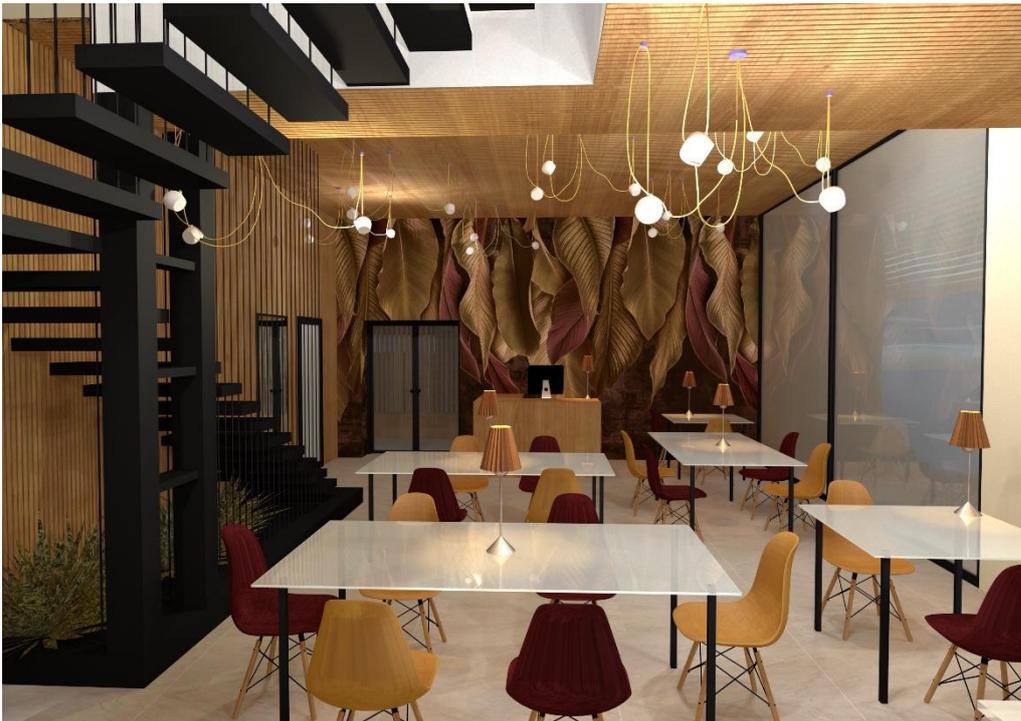
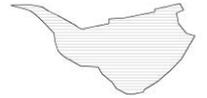
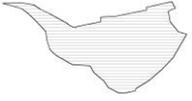


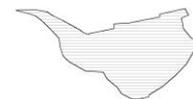
Fig. 44 | Vista interna della sala principale del ristorante

L'accesso alla cucina avviene dal retro, attraverso una porta raggiungibile con l'ascensore, di fronte alla quale vi è l'immediato accesso alla zona dispensa e sulla destra lo spogliatoio con bagno dipendenti. In cucina vi è un'ampia finestra a nastro sulla parete opposta a quella dell'accesso dalla sala ristorante. Su quest'ultima parete è addossato il vano che ospita il montavivande che consente di trasportare i pasti dal piano terra al piano primo.



# 5

## SCELTE TECNOLOGICHE

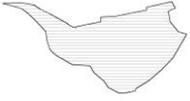


## 5.1 Premessa

Tutte le scelte tecnologiche del progetto sono state prese in funzione dell'obiettivo del presente lavoro di tesi, ovvero, la sostenibilità ambientale del progetto. L'obiettivo è stato infatti quello di realizzare un NZEB, ovvero un Nearly Zero Energy Building, che prevede che venga progettato per gli edifici un involucro molto efficiente in termini energetici, in maniera tale da minimizzare le dispersioni termiche in inverno e il surriscaldamento degli ambienti d'estate, e da minimizzare quindi il carico termico estivo ed invernale, così da rendere possibile la gestione energetica dell'edificio mediante fonti di energia pulita. Affinché il progetto sia realmente sostenibile, non è sufficiente che le emissioni di CO<sub>2</sub>, siano quasi nulle nella fase di vita dell'edificio, ma è necessario che vengano effettuate delle scelte ponderate in termini di sostenibilità, anche nella fase di scelta dei materiali, in quanto la sostenibilità del loro processo di produzione e del loro trasporto e montaggio in sito è strettamente correlata con la sostenibilità dell'intero progetto.

## 5.2 Sistema strutturale

Ciascun edificio ha come fondazione una platea in calcestruzzo armato. Le due platee non si trovano sullo stesso livello, ma sono sfalsate di 1,95m l'una rispetto all'altra. Entrambe le platee hanno uno spessore di 30 cm. I diversi muri di contenimento del terreno, sono collegati ad esse. Si è scelto come tecnologia costruttiva della struttura portante, l'X-LAM, in inglese CLT, che sta per *Cross Laminated Timber*. I pannelli X-LAM sono infatti pannelli di legno massiccio composti da più strati di lamelle (o tavole) "incrociati", ovvero sovrapposti e incollati uno sull'altro in modo che la fibratura di ogni singolo strato sia ruotata nel piano di 90° rispetto agli strati adiacenti, per questo il nome di X-LAM [15]. La scelta di non realizzare la struttura portante degli edifici in calcestruzzo armato è stata dettata dal fatto che il suo processo di produzione sia caratterizzato da un grande tasso di rilascio di biossido di carbonio in atmosfera. In particolare, al giorno d'oggi, al processo di produzione del calcestruzzo corrisponde circa l'8% delle emissioni di anidride carbonica. [16]. Allo stesso tempo, al processo di produzione dell'acciaio corrisponde circa il 7 % delle emissioni odierne. [17] Per il legno, invece, il bilancio della CO<sub>2</sub> prodotta nel processo di produzione e di quella invece assorbita dal legno sia durante la vita dell'albero, sia durante la vita dell'edificio



stesso, risulta essere a favore di quest'ultima. Per questo motivo, per la struttura portante si è scelto l'XLAM che è un EWP, ovvero Engineered Wood Product, che letteralmente in italiano si traduce in "prodotto in legno ingegnerizzato". Gli EWP sono prodotti in legno lamellare che vengono realizzati mediante l'incollaggio di parti del legno, come trucioli e legname segato in maniera tale da ottenere travi, pannelli o altri elementi strutturali dalle sezioni più ampie e complesse, con maggior stabilità dimensionale, meno difetti, dovuti, ad esempio, alla presenza dei nodi, maggior durata e omogeneità. I più comuni sono il GLULAM (Glued Laminated Lumber), il compensato, l'LVL (Laminated Veneered Lumber) e l'X-LAM. Nel settore delle costruzioni c'è dunque un crescente interesse nell'uso e nello sviluppo di elementi strutturali basati sul legno come conseguenza di preoccupazioni ambientali, al fine di sostituire i materiali da costruzione tradizionali come acciaio e cemento. Nonostante gli EWP siano caratterizzati da un elevato livello di CO<sub>2</sub> assorbita, l'impiego di adesivi basati sulla formaldeide durante la loro produzione è un grande svantaggio. Al giorno d'oggi, infatti, le colle più comuni sono a base di formaldeide, composto organico in fase di vapore, pericoloso per la salute dell'uomo. L'utilizzo di questo tipo di colla, inoltre, compromette la riciclabilità del materiale che risulta essere molto bassa. [18] Come analizzato in un report, realizzato per il corso di Building Materials presso l'università KTH di Stoccolma, le alternative a tale sistema di incollaggio sono due: BIO-adesivi e pannelli del tutto privi di adesivi. Entrambe le soluzioni sono ancora in fase di sperimentazione, tuttavia, la seconda soluzione trova dei casi di applicazione nella realtà. L'ancoraggio tra i diversi strati, senza l'utilizzo di adesivi, avviene mediante una connessione di tipo meccanico. Un esempio è il DLT, che sta per Dowel Laminated Timber, in cui i diversi strati di lamelle sono connessi mediante tasselli in legno. Tuttavia, le tradizionali costruzioni in DLT sono caratterizzate da cambiamenti dimensionali nei tasselli in legno le cui conseguenze sono perdita di adesione tra i tasselli e le lamelle. Per questo motivo i tasselli devono essere realizzati in legno densificato, il cui effetto di rigonfiamento in caso di esposizione all'umidità, aumenta l'adesione tra tasselli e lamelle. [18] Un altro esempio di ancoraggio tra lamelle di tipo meccanico è l'ancoraggio mediante graffette in acciaio, che è quello utilizzato per la realizzazione dei pannelli in X-LAM utilizzati nel presente progetto. La scelta dell'X-LAM rappresenta un'attenzione particolare verso la sostenibilità ambientale, anche perché riduce al minimo gli scarti e i rifiuti di cantiere. [19]

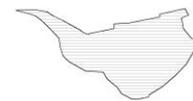
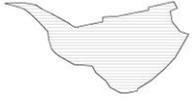


Fig. 45 | Pannelli in Bio X-LAM [20]

Tale tecnologia, oltre ad i vantaggi ambientali legati alla propria composizione, ne ha un altro importante che è la bassissima conducibilità termica che risulta pari a  $0,007 \text{ W/m}^2\text{K}$ . I pannelli XLAM utilizzati per la realizzazione dei solai hanno uno spessore di 200mm, scelti sulla base di un predimensionamento, in base al quale ad una luce di 6m corrispondono 200mm di spessore. La luce massima negli edifici ad uso foresteria è appunto di 5,9m ad eccezione di una piccola porzione di solaio dell'edificio 2 che è irrigidita mediante l'aggiunta di un travetto in legno. All'interno di tutti e quattro i locali è presente una parete in XLAM da 143mm al fine di diminuire la luce da 8,2m a 6m e poter quindi utilizzare pannelli XLAM meno spessi per i solai, che altrimenti avrebbero dovuto avere uno spessore di 252mm nel caso dell'edificio 1 e 297mm nel caso dell'edificio 2. Questa scelta progettuale porta ad un risparmio di materiale perché il volume di XLAM di cui si dovrebbe incrementare i pannelli da 200mm è maggiore rispetto al volume dei pannelli necessari per realizzare una parete portante di rinforzo.



### 5.3 Isolamento

Per l'isolamento dell'intera struttura sono stati scelti pannelli in sughero, caratterizzati da ottime proprietà termiche ed acustiche e il loro utilizzo ha anche diversi vantaggi di tipo ambientale. La quercia da sughero, infatti, è un'imponente pianta sempreverde che affonda le sue radici ad elevate profondità permettendole di adattarsi alla siccità e, grazie alla sua corteccia, chiamata sughero, resiste agli incendi (Famiglia di Pyrophyte). [21]



Fig. 46 | Decortica di quercia da sughero in Portogallo [22]

Essa, cresce spontanea nell'area occidentale del bacino mediterraneo, caratterizzandone il paesaggio. La maggior parte degli ettari di quercia da sughero coltivati si trova in Spagna e Portogallo. In Italia la superficie di ettari coltivati è pari al 22% di quella mondiale ed è divisa tra Sardegna, Sicilia e Toscana. Le querce da sughero, come già menzionato, svolgono un'importante funzione ambientale, assorbendo la CO<sub>2</sub> e rilasciando ossigeno in misura maggiore tanto più vengono decorticate, inoltre rappresentano uno scrigno di biodiversità, rifugio naturale di flora e fauna. [21]

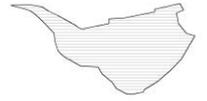


Fig- 47 | Decortica di una quercia da sughero in Sardegna [23]

Come già accennato, l'estrazione della materia prima, fase iniziale del ciclo di trasformazione del sughero, si chiama decortica, avviene ad intervalli regolari di circa 10-12 anni e consta nel distacco del sughero dal tronco. Viene effettuata tra maggio e agosto quando l'albero rilascia facilmente la corteccia sugherosa, senza provocare danni ai tessuti vegetali sottostanti. Tale operazione, è svolta con un'accetta e dei coltelli affilati da operai specializzati, vedi fig. 47, senza l'utilizzo di macchine e quindi emissione di CO<sub>2</sub>. Trascorso il periodo di stagionatura, da sei mesi a due anni, il sughero viene bollito. L'operazione della bollitura garantisce la pulizia del sughero che inoltre perde la sua curvatura appiattendosi. Al granulato ottenuto dopo la fase di triturazione, per ottenere un pannello solido e facilmente lavorabile, viene aggiunta colla con una percentuale del 2% circa e pressato per pochi minuti a 220°. La colla utilizzata è quella che da anni viene utilizzata per la più prestigiosa produzione di tappi in sughero per l'enologia priva di formaldeide, pertanto, nelle normali condizioni d'uso il sughero non rilascia alcuna sostanza pericolosa. [24] Dunque, se il processo di trasformazione del sughero viene effettuato sfruttando energia rinnovabile, i pannelli risultano essere un prodotto al quale corrispondono emissioni di CO<sub>2</sub> quasi zero. "Quasi" poiché occorre considerare la CO<sub>2</sub> emessa nel caso in cui non si riuscisse a soddisfare tutto il fabbisogno di energia per la produzione dei pannelli con fonti rinnovabili. Il trasporto, tuttavia, incide molto sulla sostenibilità del materiale, pertanto per ridurre l'impatto ambientale, occorre scegliere il luogo di produzione più vicino. Tra gli altri vantaggi del sughero vi è la sua durabilità, come si può notare nei resti dei tetti in lastre in sughero dei Nuraghe, le arcaiche costruzioni sarde risalenti a 4.000 anni fa. [25]

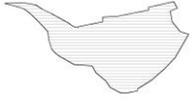


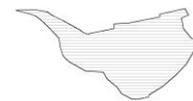
Fig. 48 | Nuraghe [26]

Le ragioni della scelta dei pannelli in sughero per l'isolamento termico ed acustico pertanto possono essere così sintetizzati: è naturale; la decortica degli alberi non nuoce all'ambiente, anzi, aumenta le capacità di assorbimento di anidride carbonica delle querce da sughero; non rilascia sostanze chimiche nell'ambiente; è traspirabile; è inattaccabile da insetti o animali - per loro è indigeribile; ha un'elevata durabilità. I pannelli previsti nel presente progetto hanno una conducibilità termica pari a  $0,004 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Ne sono stati scelti di due soli spessori, 6 e 10 centimetri.



Fig. 49 | Pannello in sughero [27]

Come è possibile osservare dalle piante e sezioni in scala 1:50 presenti in appendice, l'installazione dell'isolante termico è prevista in maniera tale da eliminare tutti i possibili ponti termici, creando un elemento di isolamento continuo per tutto il perimetro e che si interrompe in maniera opportuna soltanto in corrispondenza del telaio



del serramento. Per ottenere questa continuità in alcuni casi è stato necessario, invece, creare una discontinuità tra pannelli X-LAM adiacenti. Nel presente progetto è previsto l'utilizzo di un'altra tipologia di isolante, quello in fibra di vetro che ha un'alta resistenza a compressione. Nel caso della parete perimetrale a nord del ristorante, infatti, poiché il solaio separa un interno da un esterno, l'isolante si interrompe in sua corrispondenza per evitare sprechi di materiale, e ciò è stato reso possibile dal fatto che la continuità dell'isolamento è stata garantita dall'isolamento in fibra di vetro su cui è collocata la parete perimetrale nord dell'edificio. L'isolamento viene interrotto lungo tutta la sopra menzionata parete ad eccezione che in corrispondenza dell'ascensore per evitare la presenza di discontinuità nelle pareti del vano, pertanto l'isolante continua per tutta la sua lunghezza.

### 5.4 Impermeabilizzazioni

Per le impermeabilizzazioni sono previste membrane con alto contenuto di materiale riciclato che rispettano i Criteri Ambientali Minimi. Per proteggere l'impermeabilizzazione delle fondazioni dalle azioni meccaniche del terreno è previsto uno strato di 6 centimetri di poliuretano espanso: non si è optato per il sughero poiché una sua lunga esposizione all'acqua ha come conseguenza la marcescenza.

### 5.5 Componenti Trasparenti ed Infissi

Come precedentemente argomentato un involucro edilizio efficiente può garantire di ridurre quasi a zero l'utilizzo di impianti per il raggiungimento del comfort dell'edificio e offre dunque minori costi e riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>. Per realizzare un involucro edilizio efficiente occorre valutare con attenzione le caratteristiche dei serramenti e degli elementi che li compongono, ovvero vetri e telaio. [28]

Nel presente progetto i serramenti delle finestre e delle portefinestre previsti sono in acciaio a taglio termico con finiture esterne ed interne in nero. Si è ritenuto infatti, che tale colore conferisse eleganza al complesso architettonico.

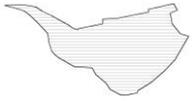


Fig. 50 | Vista dal fronte del blocco camere in basso

I vetri scelti sono vetri camera basso emissivi selettivi, che sono vetri ad elevata efficienza energetica. Essi oltre ad evitare la fuoriuscita di calore grazie ad un'emissività minima, sono in grado di filtrare l'energia entrante in funzione della lunghezza d'onda. [29] La caratteristica di basso emissività si traduce infatti, in una riduzione significativa delle dispersioni termiche. Sulla loro faccia interna vengono depositati dei metalli nobili (oro, argento, rame, bronzo, ecc.) o ossidi metallici per aumentare la capacità di riflettere la radiazione termica all'interno dell'ambiente. [29]

Il rivestimento basso emissivo deve essere collocato sulla lastra interna sulla faccia più esterna per trattenere il calore.

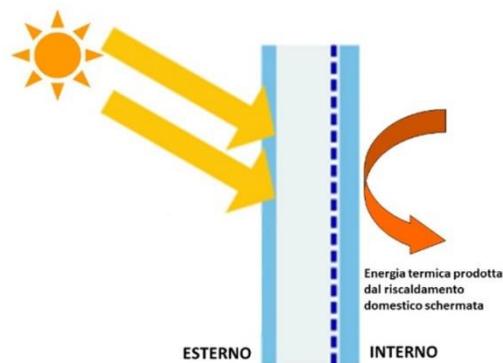
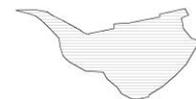


Fig. 51 | Schema di vetro basso-emissivo [28]



Il sole genera delle onde elettromagnetiche di diversa lunghezza d'onda, alcune delle quali sono invisibili, come i raggi ultravioletti (0,28 e 0,38  $\mu\text{m}$ ) ed infrarossi (0,78 e 2,50  $\mu\text{m}$ ), ed altre visibili, ovvero i raggi a lunghezza d'onda intermedia (0,38 e 0,78  $\mu\text{m}$ ). I raggi ultravioletti, a bassa lunghezza d'onda, sono percettibili unicamente attraverso la pigmentazione della pelle, quelli infrarossi, ad alta lunghezza d'onda, sono invece percettibili sotto forma di calore. [30]

La caratteristica di selettività si traduce nella capacità di trasmettere una buona parte della radiazione luminosa e nella capacità di diminuire gli apporti di quella infrarossa ed ultravioletta responsabili del surriscaldamento degli ambienti. Questa azione di filtro, resa possibile dal deposito di metalli nobili sulla faccia 2 del vetro camera. Un vetrocamera non selettivo standard fa passare circa il 75% della luce visibile e circa il 53% di calore ( $g=0,53$ ). Con un vetrocamera selettivo è possibile invece mantenere invariata la luminosità ma abbassare al 40% il calore che entra. Nel caso in cui si voglia diminuire in misura maggiore la quantità di calore in ingresso nell'ambiente è necessario ridurre anche la quantità di luce naturale. [31] Più è basso il fattore solare (FS o valore  $g$ ), meno calore proveniente dal sole entrerà in casa. Un vetro con un buon controllo solare solitamente ha un fattore che va dal 20% al 40%. [32]

L'utilizzo del vetro basso emissivo selettivo quindi, consente di ridurre il carico termico dell'edificio in estate evitando il surriscaldamento ed in inverno evitando le dispersioni termiche, assumendo un ruolo fondamentale per il risparmio energetico ed allo stesso tempo garantendo alti apporti di luce naturale permettendo di raggiungere le condizioni di comfort termico e luminoso. energetico.

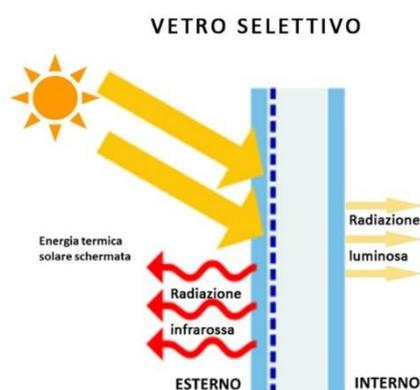
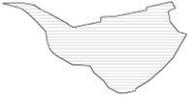


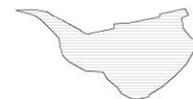
Fig. 52 | Schema di vetro selettivo [31]



La caratteristica di selettività incide molto sull'efficienza dell'involucro, in quanto nei nostri climi, spesso le spese per il raffrescamento degli ambienti superano ampiamente quelle relative al riscaldamento invernale diventando di conseguenza un elemento critico degli edifici con ampio sviluppo della parte vetrata. [33]

### 5.6 Finiture Esterne

I rivestimenti esterni previsti per i fabbricati sono: pietra tipica ligure, intonaco bianco e legno di castagno, materiali che ben si integrano con il paesaggio circostante. Dietro la scelta della pietra ligure, che è il materiale per finiture esterne maggiormente presente in tutto il progetto, c'è la richiesta della committenza di realizzare i fabbricati con uno stile tipico locale. L'intonaco bianco è stato utilizzato per creare contrasto con la pietra. Il legno perché ne risultava gradita la combinazione con gli altri materiali ed il vetro dei parapetti. La pietra scelta, essendo tipica locale, risponde alla volontà di dare precedenza alle materie prime locali, in quanto generalmente più adatte alle caratteristiche climatiche del luogo; questa opzione comporta anche minori costi di trasporto e conseguentemente un minore livello di inquinamento legato al ciclo di vita del manufatto. Per quanto riguarda il legno, è stato scelto quello di castagno, scelta dettata dalla sua durabilità all'esterno, che ha portato al suo utilizzo anche all'interno per non creare una commistione di diversi materiali che sarebbe potuta risultare sgradevole. Come è noto, ciascuna tipologia di legno, ha delle caratteristiche specifiche di resistenza, flessibilità e durezza che lo rendono o meno adatto all'impegno all'esterno. Il legno, infatti, può avere una buona resistenza agli agenti atmosferici, oppure essere difficile da trattare e soggetto ad attacchi di parassiti e funghi e per questo non essere adatto all'impiego all'esterno. Tra questi ci sono: betulla, acero, noce, pino strobo, faggio, tiglio, cirmolo, ciliegio, ontano e pero. I legni con buona resistenza agli agenti atmosferici si dividono a loro volta in legni per esterni che richiedono manutenzione, e quelli che non la richiedono. Tra i primi troviamo pino, abete, frassino e sipo, ai quali deve essere eseguito un trattamento periodico della superficie per mantenere inalterata la colorazione che può sbiadire nel tempo. Tra i secondi invece troviamo castagno, sequoia, bamboo, olivo, rovere, cipresso, acacia. Essi non hanno bisogno di trattamenti, mantengono inalterate nel tempo le caratteristiche di colore e brillantezza. [34]



## 5.7 Caratteristiche delle soluzioni tecnologiche

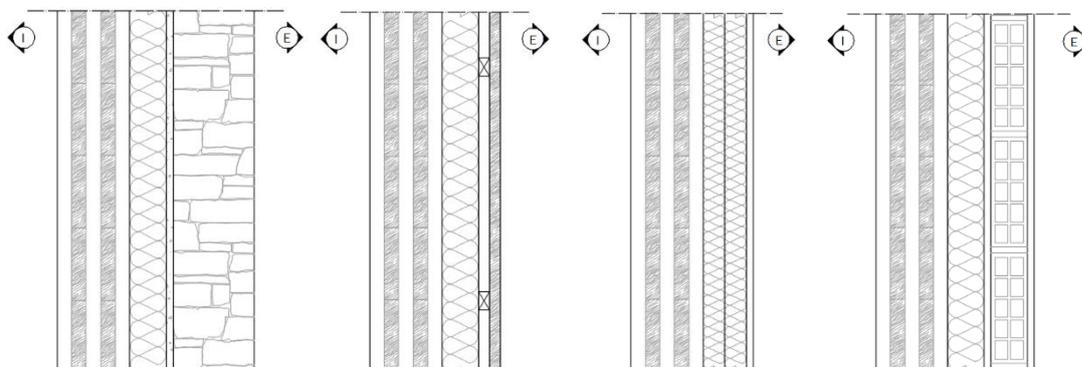


Fig. 53a, 53b, 53c, 53d | Soluzioni tecnologiche di chiusure verticali

Le tamponature sono tutte caratterizzate dalla stessa struttura, parete in X-LAM da 20 centimetri ed isolante, che in tutte le tipologie è pari a 10 centimetri ad eccezione in quella con finitura esterna intonaco senza laterizi, dove sono presenti due strati di isolante termico in sughero con spessore pari a 6 centimetri ciascuno. La tamponatura a cui corrisponde la maggior superficie complessiva tra i due edifici è quella in figura 9, ovvero la tamponatura con finitura esterna in pietra, elemento stilistico principale di tutto il progetto. La pietra, come precedentemente detto, è una pietra tipica locale, già utilizzata dalla committenza per la realizzazione delle ville nei lotti di terreno soprastanti a quello oggetto di studio. Lo strato in pietra utilizzato, ha il medesimo spessore di quello nelle tamponature delle sopra menzionate ville, pari a 22 centimetri. La committenza, infatti, ha già fatto sapere che verrà realizzato con la stessa tecnica.

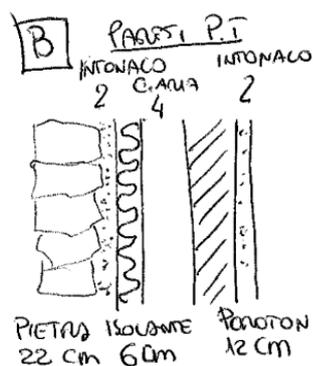
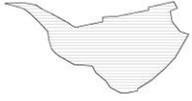
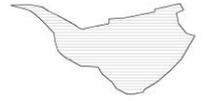


Fig. 54 | Soluzione tecnologica di chiusura verticale utilizzata nella realizzazione delle ville del terreno soprastante



Delle tamponature delle ville, delle quali in fig. 54 è possibile vedere uno schizzo originale, si è mantenuta la finitura esterna ma non la struttura, che è costituita da 2cm di intonaco interno, 12 cm di laterizi, 4cm di intercapedine d'aria, 6cm di isolante, 2cm di intonaco e 22 cm di pietra. La scelta di non utilizzare la suddetta stratigrafia è legata sia alla volontà di incrementare le prestazioni termiche dell'involucro e sia alla volontà di utilizzare pareti portanti in legno piuttosto che una struttura in calcestruzzo armato con tamponature tradizionali per i motivi già elencati.

La tamponatura in figura 53b è quella a cui, invece, corrisponde la minor superficie complessiva nei due fabbricati, poiché è stata utilizzata soltanto come involucro del vano ascensore, come tamponamento tra la cucina e il portico esterno e come parete di divisione tra le camere e le logge esterne e tra la sala ristorante e l'esterno, che, come si ha modo di vedere in Tav.7 per il complesso camere e Tav.11 per il ristorante, tali pareti hanno una superficie poco estesa in quanto risultano essere quasi completamente finestrate. Il rivestimento in legno è fissato alla struttura di listelli in legno retrostante, a sua volta fissata all'X-LAM. In questa maniera la parete risulta essere debolmente ventilata, tuttavia, la scelta di non collocare il rivestimento in legno è legata alla risoluzione di eventuali problemi di planarità, dati dall'irregolarità della superficie dei pannelli isolanti in sughero. Il tamponamento in figura 53c ha finitura esterna intonaco e come già anticipato, non è presente un solo pannello di isolante pari a 10 cm, ma 2 pannelli con spessore 6 centimetri. Questo perché tale tipologia di tamponamento, essendo più snella degli altri e composta dai soli strati di pannelli X-LAM, isolante e intonaco, con un solo pannello da 10 centimetri la trasmittanza termica che lo caratterizza ha un valore pari a  $0,181 \text{ W/m}^2\text{K}$ , pertanto per incrementarne le prestazioni sono stati aggiunti 2 centimetri di isolante, utilizzando due pannelli da 6 centimetri piuttosto che uno solo da 10 centimetri, arrivando al valore di trasmittanza  $0,167 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Non si è potuto scegliere un unico pannello da 12 centimetri in quanto, sulla scheda tecnica del produttore di pannelli in sughero con le caratteristiche, tecnologiche e ambientali desiderate, si è osservato che non fosse in produzione e che il pannello con spessore maggiore fosse quello da 10 centimetri. Come si può notare osservando la parete rappresentata in figura 53d i tamponamenti con finitura esterna intonaco, sono due, uno composto da X-LAM, due strati di isolante e intonaco, e l'altro composto da X-LAM un solo strato di isolante, uno strato di laterizi e infine, l'intonaco. Tale differenza nella progettazione delle due pareti è legata alla funzionalità delle stesse. Nei tamponamenti in corrispondenza dei quali è necessaria la caratteristica di



attrezzabilità è stato ritenuto opportuno prevedere un rinforzo con mattoni in laterizio da 100mm, invece, nei tamponamenti dove invece non è necessaria la caratteristica di attrezzabilità si è optato per la stratigrafia senza rinforzo in laterizio, risparmiando quindi materiale nel nome di una progettazione sostenibile e diminuendo i costi. In corrispondenza del tamponamento in intonaco nella parete nord-ovest del blocco 1 dell'edificio camere, ad esempio, è stata prevista l'applicazione di listelli in legno, in tal caso, è necessaria la caratteristica di attrezzabilità della parete sottostante poiché i listelli verranno fissati ad essa. Per questo in questo caso è stata utilizzata tra le due, la parete con il laterizio e non quella con due strati di sughero e l'intonaco che rischierebbe di sfaldarsi sotto le sollecitazioni meccaniche dei fissaggi dei listelli.

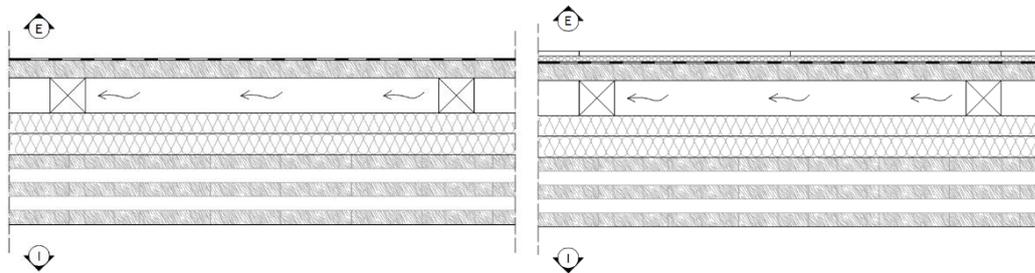


Fig. 55a, 55b | Soluzioni tecnologiche di chiusure orizzontali

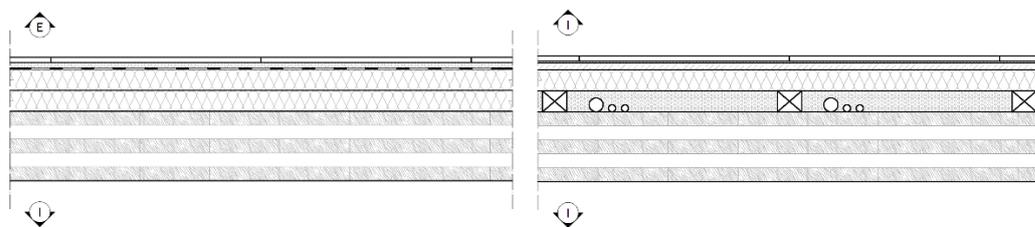
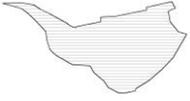


Fig. 55c, 55d | Soluzioni tecnologiche di chiusura orizzontale e solaio interpiano

Nel presente progetto sono previste tre diverse tipologie di chiusure orizzontali sulla base della praticabilità della copertura e della sua esposizione alla radiazione solare. Tutte e tre le tipologie hanno in comune la parte portante in pannelli XLAM da 20 centimetri e i due strati di isolante termico da 6 centimetri ciascuno. In copertura lo strato di isolante non è costituito un unico pannello, ma da due pannelli sovrapposti per evitare che con la dilatazione termica alcune parti di copertura possano rimanere non isolate. Due delle tipologie di copertura, C1 e C2, sono ventilate poiché



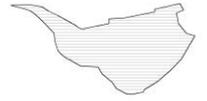
esposte alla radiazione solare diretta (vedi fig. 55a e 55b). Per la terza tipologia non è prevista la ventilazione in quanto, trovandosi al di sotto del patio del primo piano, e quindi quasi sempre in ombra, i vantaggi del tetto ventilato verrebbero meno. La ventilazione avviene nello strato tra l'isolante ed il tavolato da 5 centimetri superiore fissato su travetti in legno. Il tetto ventilato funziona sulla base del principio dell'effetto camino. L'aria entra nel percorso di ventilazione tramite un'apertura posta sul lato freddo del parapetto ad un'estremità della copertura. Tale apertura si trova in basso poiché l'aria che deve entrarvi è fredda. Essa, lungo il percorso di ventilazione, si scalda a contatto con lo strato isolante e risale per convezione dal lato opposto, dove l'apertura per la fuoriuscita dell'aria è posta in alto ed in corrispondenza del lato caldo del parapetto, dal quale fuoriesce portando con sé il calore e l'umidità raccolte durante il suo percorso. La copertura ventilata contribuisce quindi ad una migliore coibentazione dell'edificio, poiché viene ridotto il flusso termico in entrata durante l'estate e quello in uscita durante l'inverno, e all'eliminazione della condensa, in quanto l'umidità viene rimossa dalla copertura tramite la ventilazione. Si ha di conseguenza un'aria più salubre all'interno dei diversi ambienti. [35]

L'intercapedine d'aria, potrebbe trasformarsi in una piccola cassa di risonanza, e amplificare alcuni dei rumori provenienti dall'esterno, tuttavia, si tratta di un problema facilmente risolvibile attraverso l'impiego di uno strato consistente di materiale isolante come nel caso oggetto di studio. [36]

Per la pavimentazione, sia per interni che per esterni, si è optato per il pavimento a secco. I vantaggi sono diversi:

- la facilità di rimozione;
- la possibilità di riuso del pavimento;
- per la sua posa non richiede l'utilizzo di colle e stucchi, riducendo i costi;
- è calpestabile sin da subito;
- facilità di posa;
- non richiede la realizzazione del massetto ad umido, facendo sì che la costruzione sia interamente a secco. [37]

Il solaio interpiano – vedi fig. 55d - è anch'esso costituito da una struttura in pannelli X-LAM da 20 centimetri. Gli impianti sono collocati in corrispondenza del



massetto a secco in perlite sul quale si poggia lo strato di isolamento termo-acustico in sughero da 6 centimetri. Su di esso vi è lo strato di pannelli OSB che fungono da sottopavimento per il pavimento a secco, che risulta a sua volta posato su un tappetino in polietilene insonorizzante. Tale stratigrafia fa riferimento ad alcuni pacchetti tecnologici trovati in letteratura che sono stati combinati sulla base delle esigenze progettuali. [38]

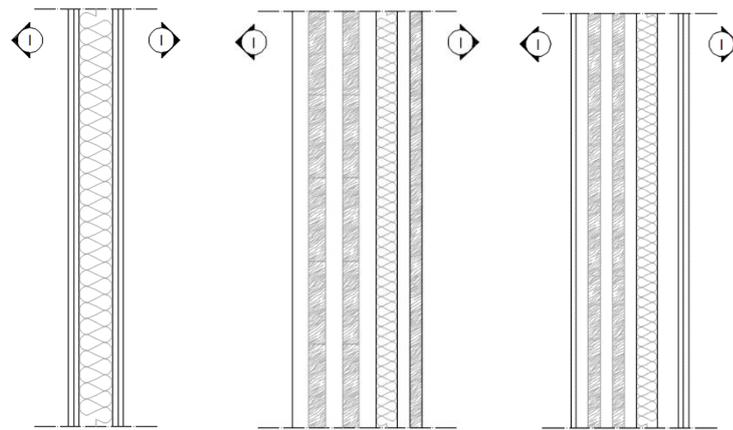
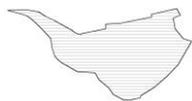


Fig. 56a, 56b, 56c | Alcune soluzioni tecnologiche di partizioni verticali interne

Le partizioni interne verticali previste per gli edifici si suddividono in portanti e non portanti. Quelle portanti, sono costituite dal pannello in X-LAM più altri strati sulla base della funzionalità della parete, ad esempio, in quelle che separano la camera dal bagno, è presente oltre all'isolamento acustico in sughero, l'intercapedine per l'alloggiamento dell'impianto idrico, delimitata da una contro parete in cartongesso. La partizione appena descritta si trova in figura 56c, ed è costituita da un pannello X-LAM di 143 mm, in quanto funge solo da supporto per il solaio che trova i due appoggi principali nelle pareti perimetrali della camera, ovvero quelle a confine con l'esterno e con il vano scala, che invece sono costituite da un pannello di X-LAM pari a 200 mm. Un esempio di partizione non portante è invece quella che separa le camere 3 e 4 dalle scale interne al blocco camere più basso, costituita da una parete con doppio strato di cartongesso e da un'intercapedine di 10 centimetri all'interno della quale alloggia l'isolante termo-acustico. Per consultare le altre partizioni interne si vedano Tav.5 e 6.



## Capitolo 5: Scelte tecnologiche

---

L'isolamento termico, in ciascuna tipologia di chiusura, è stato collocato all'esterno, subito prima dello strato di finitura, al fine di tenere caldi gli strati più interni e sfavorire la condensa interstiziale e superficiale.

Per tutti i componenti dell'involucro risulta soddisfatta la verifica termoigrometrica, e la trasmittanza termica rispetta quella limite prescritta dal D. INTERM. 26/06/2015, com'è possibile vedere in tab. 2.

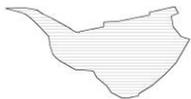
Componente Involucro	U [W/m <sup>2</sup> K]	Valore limite di U [W/m <sup>2</sup> K]
T1	0,178	0,34
T2	0,172	0,34
T3	0,167	0,34
T4	0,173	0,34
C1	0,209	0,33
C2	0,209	0,33
C3	0,191	0,33
S1	0,178	0,38

Tab. 2 | Confronto dei valori di trasmittanza termica delle diverse componenti degli edifici con i relativi valori di trasmittanza limite fissati dalla norma [40].



# 6

## SOLUZIONI TECNOLOGICHE IN RELAZIONE AL CLIMA ED ALLE ESIGENZE DI BENESSERE



### 6.1 Modellazione su EDILCLIMA

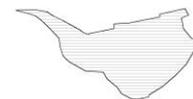
I fabbricati sono stati inoltre modellati sul software EDILCLIMA per consentire una stima dei carichi termici estivi e invernali, quindi la scelta dell'impianto di benessere e l'individuazione della classe energetica degli edifici.

Nonostante si fosse già in possesso del modello 3D realizzato in ARCHICAD, il modello 3D degli edifici su EDILCLIMA è stato realizzato a partire da zero, a causa di una non riuscita esportazione da un software all'altro. Per ottenere una corretta lettura del file .ifc, che è il formato utilizzato per l'esportazione, è necessario adottare alcune accortezze nella modellazione sul software ARCHICAD. Poiché si è modellato senza tali accortezze, si è quindi valutato essere più conveniente, in termini di tempo, rimodellare interamente gli edifici per la realizzazione del BEM – Building Energy Model. Grazie a tale modello, è stato possibile effettuare le dovute analisi in fase di progettazione, riuscendo a prevedere, e di conseguenza a comprendere, quello che sarà il reale comportamento che avrà l'edificio quando sarà costruito.

In primo luogo, nella la realizzazione del BEM, è necessario dare in input al programma diversi dati, tra cui i dati climatici, precedentemente elencati nel capitolo di inquadramento territoriale, normativo ed energetico, e regime normativo. Le verifiche di legge vengono effettuate secondo D. Interm. 26/06/2015. Il D. Lgs. 28/2011 anche detto "Decreto Rinnovabili", prescrive la dotazione degli edifici di impianti alimentati da fonti rinnovabili nei casi di nuova costruzione – anche di ampliamento di edifici la cui nuova porzione climatizzata avrà un volume superiore al 15% della porzione esistente - e ristrutturazione rilevante, è quindi il caso del presente progetto. In particolar modo nel caso di edifici privati il 50% dell'energia necessaria per produrre riscaldamento, raffrescamento e ACS deve essere fornito da generatori a fonti rinnovabili. [39] [42]

Il software EDILCLIMA esegue anche la verifica di tale decreto, detta verifica FER, che sta per Fonti di Energia Rinnovabile.

Il secondo step è quello di modellare i componenti involucro, ovvero, muri, pavimenti, soffitti, ponti termici e componenti finestrati. Per la modellazione di muri, pavimenti e soffitti si compone la stratigrafia strato per strato scegliendo i materiali con i relativi parametri dall'archivio del programma o, se non presenti in tale archivio,



## Capitolo 6: Soluzioni tecnologiche in relazione al clima ed alle esigenze di benessere

inserendone di personalizzati. In questa applicazione i pannelli X-LAM sono un esempio di materiale non presente in archivio del programma ed inserito manualmente. In fig. 57 è presente una schermata del programma che mostra la scheda “Stratigrafia” con i materiali che compongono il tamponamento con finitura esterna in pietra rappresentata in alto a destra. Per ciascun materiale è specificato lo spessore, la conducibilità termica, la resistenza termica, la densità, la capacità termica e la resistenza al vapore.

The screenshot shows the 'Stratigrafia' window for component 'Muri M1 - Tamponamento Pietra S4'. The window is divided into several sections:

- Componenti:** A list of components on the left, including 'M1 - Tamponamento Pietra S4', 'M2 - Tamponamento intonaco senza mattoni 34', etc.
- Stratigrafia:** A table listing materials with their properties. The total thickness is 540.00 mm.
- Diagramma:** A cross-section diagram of the wall assembly.
- Tabella:** A table with columns for 'Tipologia', 'Codice', 'Descrizione', 'Sp', 'M.V.', and 'C'. It lists various insulation and finishing materials.

Codice	Descrizione	Spessore (mm)	Cond. (W/mK)	R (m²K/W)	M.V. (kg/m³)	C.T. (kJ/kgK)	R.V.
e101	Bo X-LAM	200.00	0.0700	2.857	450	1.65	35
e19005	Sughero sp. 100 mm	100.00	0.0410	2.439	150	2.10	10
e1023	Malta di calce o di calce e cemento	20.00	0.9000	0.022	1800	1.00	22
e2202	Muratura in pietra naturale	220.00	2.3000	0.096	2500	1.00	100

Tipologia	Codice	Descrizione	Sp (mm)	M.V. (kg/m³)	C (kJ/m²K)
Isolante in Sughero pressato	e19003	Sughero sp. 30 mm	30	150	1
Isolante in Sughero pressato	e19004	Sughero sp. 40 mm	40	150	1
Isolante in Sughero pressato	e19005	Sughero sp. 50 mm	50	150	1
Isolante in Sughero pressato	e19006	Sughero sp. 60 mm	60	150	1
Isolante in Sughero pressato	e19007	Sughero sp. 80 mm	80	150	1
Isolante in Sughero pressato	e19008	Sughero sp. 100 mm	100	150	1
Sughero per pannelli isolati	e26001	Sughero per FLAT-BID	0	150	1
Sughero per pannelli	e3401	Sughero autopannopari per RECOPLEX	0	110	1

Fig. 57 | Schermata del programma EDILCLIMA

Per ciascun componente è necessario specificarne la tipologia, ovvero, se si tratti di una divisione tra locale climatizzato ed esterno (tipo T), tra locale climatizzato e non climatizzato (tipo U), etc. Il programma esegue per ciascun componente la verifica termoisometrica, elabora grafici di temperatura, pressione di vapore e distribuzione condensa/evaporazione e calcola i risultati, tra cui trasmittanza termica e trasmittanza termica periodica e sfasamento.

I ponti termici, devono essere configurati attraverso la scheda rappresentata in figura 58. È quindi necessario scegliere la tipologia di ponte termico, - nel caso della figura è parete-copertura - la posizione dell'isolante e le caratteristiche del ponte termico. Dopo la configurazione EDILCLIMA restituisce la trasmittanza termica lineica di calcolo. I ponti termici così configurati, nella fase di modellazione degli edifici, dovranno poi essere assegnati ai componenti involucro.

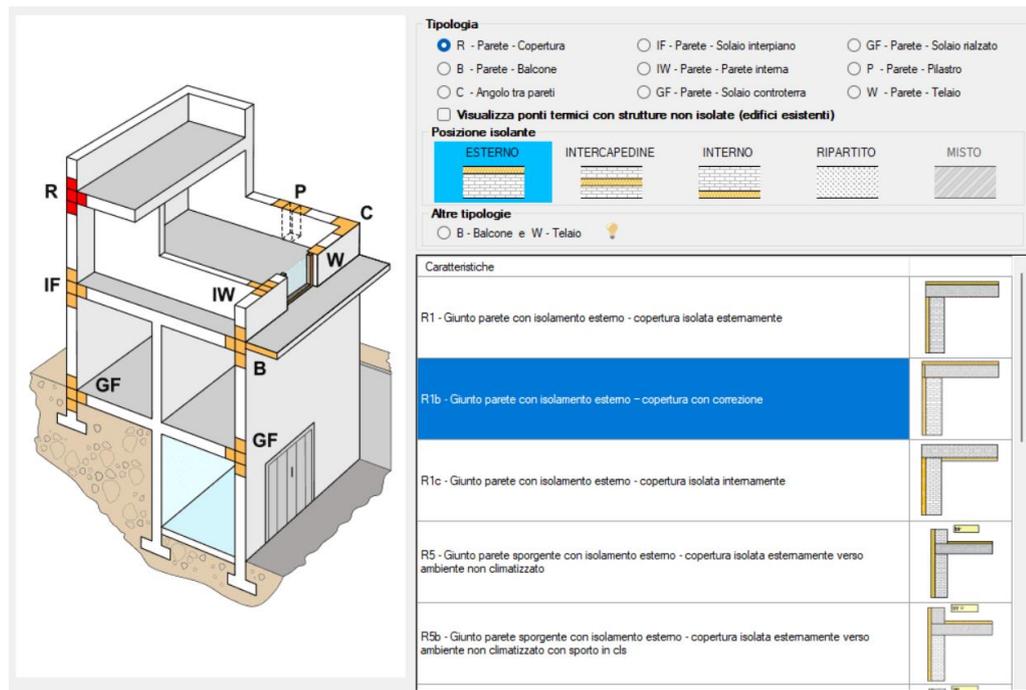
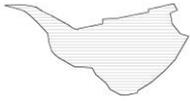


Fig. 58 | Schermata EDILCLIMA per la configurazione del ponte termico

I componenti finestrati, vengono configurati attraverso l'apposita scheda compilando i parametri relativi alle caratteristiche del vetro, del telaio e delle schermature solari, le dimensioni del modulo serramento, e assegnando il ponte termico. Per questo motivo è conveniente dapprima creare tutti i ponti termici e poi passare alla creazione degli elementi finestrati.

Dopo aver creato tutti i componenti involucro si è passati alla modellazione dei due edifici nella scheda "input grafico", disegnando la struttura in pianta utilizzando i muri creati in precedenza, successivamente aggiungendo i componenti finestrati, assegnando a ciascun muro i ponti termici superiori e inferiori opportuni e aggiungendo i ponti termici della tipologia angolo tra pareti. Per facilitare il disegno sul software è possibile caricare una pianta degli edifici da utilizzare come sfondo o in formato immagine o in formato .dwg, vedi fig. 59.

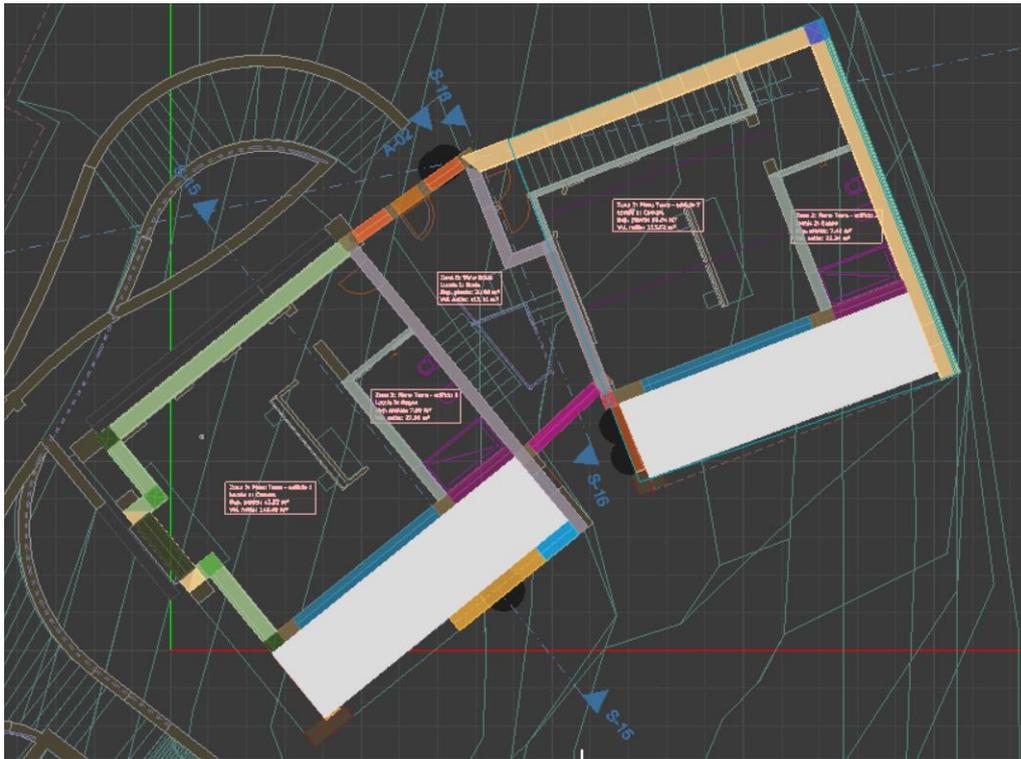
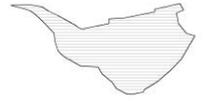
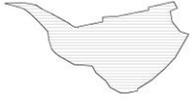


Fig. 59 | Scheda input grafico EDILCLIMA



Fig. 60 | Schermata dei locali presenti al piano terra dell'edificio destinato a ristorante

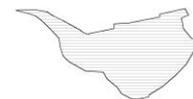


## Capitolo 6: Conclusioni

---

Una volta modellata la struttura è necessario creare le zone climatizzate, ovvero, le porzioni di edificio, climatizzate ad una determinata temperatura con identiche modalità di regolazione. [40]

Successivamente si individuano graficamente i locali che vengono assegnati ad una delle zone termiche create in precedenza. Nel presente caso studio sono state create 6 zone termiche, una per camera, una per i vani scale nel fabbricato destinato all'ospitalità ed una nel fabbricato destinato alla ristorazione. Ciascuna zona termica nelle camere è stata suddivisa in locale camera e locale bagno come visibile in fig. 59. Nell'edificio destinato a ristorante sono invece presenti 7 locali come visibile in fig. 60. Per ciascun locale si è dovuto stabilire se fosse previsto solo riscaldamento, solo raffrescamento o entrambi. Nei locali camera sono stati previsti entrambi riscaldamento e raffrescamento. Nei bagni delle camere solo riscaldamento, ma non il raffrescamento che, sul corpo umido dopo una doccia, anche d'estate, non è gradevole. Nei locali ristorante sono previsti dovunque sia riscaldamento che raffrescamento ad eccezione che in cucina nella quale è invece previsto solo riscaldamento. In estate, infatti, non risulta necessario il raffrescamento grazie alla grande portata d'aria estratta. Nel locale cucina deve essere estratta aria con due diverse classi di purezza, ovvero, l'aria non carica di vapori grassi che si generano con la cottura delle pietanze, che costituisce circa il 60%, e l'aria carica di questi vapori, che costituisce il restante 40%. L'aria carica di vapori grassi viene estratta tramite la cappa che viene posta immediatamente sopra la sorgente di calore per evitare che i vapori di cottura caldi ristagnino nel locale e per evitare che tali vapori vengano estratti tramite gli estrattori collegati ai recuperatori, poiché si insudicerebbero le superfici di scambio ed il costo di manutenzione diventa elevato, portando ad annullare i benefici energetici dati dal calore recuperato dell'aria estratta. I filtri delle cappe, invece, sono smontabili e lavabili. La quantità d'aria estratta dalla cappa, è stata sottratta alla portata d'aria totale da estrarre nella cucina, nella sezione "portate" di EDILCLIMA, al fine di tenere conto che la quantità di calore recuperato tramite il recuperatore di calore è minore, perché è minore la portata d'aria che vi passa attraverso. Per ciascun locale si è inoltre stabilito se la ventilazione sia meccanica, naturale o ibrida. È prevista la ventilazione meccanica in tutti i locali, ad eccezione che nel vano scala in cui è naturale. Pertanto per ciascun locale è stato necessario specificare se la portata fosse di estrazione o immissione. In tutte le camere è prevista una portata di immissione, mentre nei bagni delle camere una portata di estrazione, in maniera tale da generare sottopressione nel locale bagno, facendo in modo



che l'aria tenda ad entrare nel locale suddetto, evitando che l'aria carica di odori sgradevoli possa muoversi dal bagno verso la camera. Lo stesso principio è stato utilizzato nell'edificio con destinazione d'uso ristorante, in cui è prevista una portata di immissione nei due locali sala, al pian terreno e al piano primo, e l'estrazione in cucina e nei servizi igienici. Per ciascun locale sono inoltre stati inseriti in input i dati relativi all'illuminazione artificiale interna, tra questi:

- potenza elettrica installata dei dispositivi luminosi, espressa in W;
- tempo di operatività durante il giorno;
- tempo di operatività durante la notte.

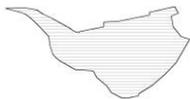
Per il calcolo del tempo di operatività durante il giorno è stata considerata 1h al giorno nei mesi di maggio giugno, luglio, agosto e settembre e nei 4 fine settimana al mese da ottobre ad aprile.

Per il calcolo del tempo di operatività durante la notte, sono state considerate 2h al giorno nei mesi di maggio giugno, luglio, agosto e settembre e 4 ore per ciascun giorno dei fine settimana da ottobre ad aprile, per un totale di 636h. La potenza elettrica installata dei dispositivi luminosi espressa in Watt è stata stimata a partire dall'equivalenza Lumen-Watt dei dispositivi utilizzati:

LUMEN	Incandescenza	Alogene	Fluorescenza	LED
450	40 W	29 W	9 W	8 W
800	60 W	43 W	14 W	13 W
1100	75 W	53 W	19 W	17 W
1600	100 W	72 W	23 W	20 W

Tab. 3 | Tabella di conversione Lumen – Watt [41]

Per ottenere i Lumen necessari in ciascun locale sono stati moltiplicati i Lux necessari in ogni ambiente per la loro metratura. [42] Per ottenere un flusso luminoso con un valore pari a quello estrapolato dai calcoli sono stati ipotizzati il numero di dispositivi e i lumen che li caratterizzano, come mostrato in tab. 4. Utilizzando i valori in tab. 3 si è quindi giunti al valore della potenza in Watt.



## Capitolo 6: Conclusioni

	LUX	m <sup>2</sup>	Lumen
camera 4	130	41,35	5376
camera 3	130	38,54	5010
camera 2	130	42,52	5528
camera 1	130	42,65	5545
media Lumen camere			5364

Tab. 4 | Calcolo dei lumen medi necessari per camera

Lumen dei dispositivi	Watt dispositivi	Watt totali per locale camera per illuminazione
$2 * 450 + 4 * 1100$	$2 * 8 + 4 * 17$	84

Tab. 5 | Calcolo dei Watt totali per illuminazione in ciascuna camera a partire dai Lumen di ciascun dispositivo

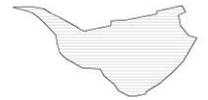
Il medesimo calcoli sono stati effettuati per tutti gli altri locali e si trovano in Appendice. Per ottenere il totale dei carichi elettrici per ogni locale è necessario aggiungere alla potenza richiesta dagli apparecchi luminosi, quella dei dispositivi e delle apparecchiature presenti nei diversi locali. Di seguito si trova da esempio il calcolo del carico elettrico totale per il locale camera.

Carichi Elettrici Camera	Watt	%
Illuminazione	84	26,1682243
Frigobar	50	15,57632399
TV	100	31,15264798
Dispositivi	87	27,10280374
Totale	321	100

Tab. 6 | Carichi Elettrici Totali Locale Camera

Watt Caricatore Telefono	12
Watt Laptop	75
Watt Bollitore	1000
Watt totali dispositivi	87

Tab. 7 | Potenze dei dispositivi considerati nel locale camera



Il totale dei carichi elettrici è stato calcolato per ciascun locale ed i calcoli si trovano in appendice. Tale carico elettrico ha una certa distribuzione nell’arco della giornata, che, ad esempio, nel caso dei locali camere è stata così definita:

Distribuzione	Descrizione Persone camera					
Persone camera	Ore 8		Ore 10		Ore 12	
Persone Cucina	Persone/m <sup>2</sup>	100 %	Persone/m <sup>2</sup>	0 %	Persone/m <sup>2</sup>	0 %
Persone Sala Ristorante	W Elettr/m <sup>2</sup>	35 %	W Elettr/m <sup>2</sup>	15 %	W Elettr/m <sup>2</sup>	15 %
Bagno	Ore 14		Ore 16		Ore 18	
Vano Scala	Persone/m <sup>2</sup>	0 %	Persone/m <sup>2</sup>	0 %	Persone/m <sup>2</sup>	100 %
	W Elettr/m <sup>2</sup>	15 %	W Elettr/m <sup>2</sup>	15 %	W Elettr/m <sup>2</sup>	100 %

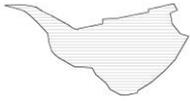
Fig. 61 | Distribuzione oraria "persone in camera"

Per il calcolo del carico termico estivo EDILCLIMA, ovviamente, tiene in considerazione i carichi termici sensibili legati alla presenza di macchinari elettrici di ciascun locale, che equivalgono al carico elettrico precedentemente discusso.

Una volta modellato l’edificio con le opportune componenti e inseriti in input i parametri appena discussi è stato possibile consultare il carico termico invernale ed estivo nella scheda “Risultati fabbricato”. Nella tabella seguente sono presenti i carichi termici invernali ed estivi dell’edificio.

	carico termico invernale [kW]	Carico termico estivo [kW]
Edificio destinato alla ristorazione	8,5	10,7
Edificio destinato all’ospitalità	7,6	7,3

Tab. 8 | Carichi termici estivi ed invernali dei due edifici oggetto di studio

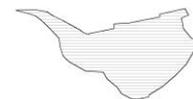


## 6.2 Scelta dell'impianto

Per la generazione di energia si è scelto di utilizzare due impianti separati per i due edifici, al fine di renderne indipendente la gestione nel caso in cui in futuro i due abbiano gestori differenti. Per entrambi gli edifici sono previste una pompa di calore aria-acqua per il riscaldamento ed il raffrescamento e per la produzione di acqua calda sanitaria una seconda pompa di calore aria-acqua per evitare che un'unica pompa di calore non riesca a sopperire alla contemporanea richiesta di acqua calda necessaria per il lavaggio stoviglie e di raffrescamento in sala nel caso del ristorante e di acqua calda per le docce e raffrescamento delle camere nel caso della foresteria. Tutte le pompe di calore previste sono canalizzabili interne per evitare di collocare due unità esterne che potrebbero risultare troppo rumorose sia per gli ospiti del ristorante sia per quelli della struttura ricettiva. Esse sono collocate in corrispondenza dei vani tecnici, entrambi collocati nei rispettivi piani interrati. Le pompe di calore per riscaldamento e raffrescamento sono state dimensionate verificando che la massima potenza utile erogabile dalla pompa fosse maggiore sia del carico termico estivo nell'ora di massimo carico dei due edifici, ovvero tenendo conto della non contemporaneità dei picchi di carico nei vari locali, sia del carico termico invernale. Essendo i carichi termici dei due edifici molto simili, come si può notare in tabella 8, per gli stessi sono state previste due pompe di calore uguali, dal range di potenza 6,89-12,85 kW. Per la scelta di ciascuna pompa di calore prevista nel progetto, si è tenuto conto del calo del rendimento al diminuire della temperatura esterna. Si è controllato, infatti, che alla temperatura di progetto invernale, che per Andora è  $-0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , per la temperatura di immissione dell'acqua considerata, che è  $45^{\circ}\text{C}$ , la potenza della macchina non fosse inferiore alla potenza utile minima per soddisfare il fabbisogno di acqua calda e riscaldamento. Nel caso della pompa di calore scelta, la potenza utile a  $0^{\circ}\text{C}$  per una temperatura di immissione di  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$  risulta essere di  $8,52\text{ kW}$ , superiore quindi ai carichi termici invernali dei due edifici.

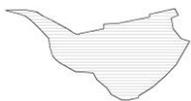
Potenza utile Pu [kW]											
	θc [°C]										
	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
-1	9,49	9,38	9,27	9,16	9,05	8,94	8,82	8,71	8,60	8,49	8,38
0	9,72	9,60	9,48	9,36	9,24	9,12	9,00	8,88	8,76	8,64	8,52

Fig. 62 | Potenza utile della pompa di calore scelta



Per l'ACS in entrambi gli edifici è previsto un bollitore elettrico d'accumulo, ovviamente di diversa taglia. Per l'edificio destinato all'ospitalità, sulla base della sua destinazione d'uso e il numero di persone per camera – due - , il software ha calcolato essere necessari 640 litri/giorno. La potenza utile minima della pompa di calore per la produzione di ACS è stata calcolata considerando che, per un boiler di 80 litri è necessaria una potenza di circa 1,2 kW, pertanto per 640 litri sarà necessaria una pompa di circa 9,6 kW. Allo stesso modo, per l'edificio ristorante, sulla base della destinazione d'uso dell'edificio e il numero di coperti previsti – 60, 30 all'interno e 30 all'esterno - , il software ha calcolato essere necessari 3900 litri/giorno considerando sguatteria manuale e preparazioni che richiedono molta acqua per ciascun coperto. Occorre però considerare che non tutte le preparazioni richiedono quella grande quantità di acqua ed il lavaggio delle stoviglie mediante lavastoviglie automatica ha un fabbisogno idrico di molto inferiore rispetto alla sguatteria manuale, inoltre, il valore 3900 litri/giorno tiene conto della doppia apertura, pranzo e cena, pertanto per il dimensionamento del bollitore stati considerati 2000 litri ad apertura. La potenza utile minima della pompa di calore è stata stimata pari a circa 30kW.

Nell'edificio destinato all'ospitalità, l'impianto di ventilazione, riscaldamento e raffrescamento si trova in corrispondenza dei controsoffitti situati sull'atrio d'ingresso e sui bagni. Nell'edificio destinato alla ristorazione, è collocato in corrispondenza del controsoffitto presente in tutti i locali.



### 6.3 Impianto fotovoltaico

Per la progettazione degli edifici oggetto di studio, che come già anticipato si aveva l'obiettivo fossero NZEB – Nearly Zero Energy Buildings – ovvero edifici ad energia quasi zero, è stata fondamentale l'installazione di pannelli fotovoltaici sulle loro coperture. Più in particolare è prevista l'installazione dei pannelli sul corpo centrale del ristorante e sulle coperture dei due blocchi dell'edificio destinato all'ospitalità, come visibile in figura 63.



Fig. 63 | Planivolumetrico dell'area oggetto di studio

I pannelli solari sono previsti nel progetto fin dall'inizio, tuttavia non erano inizialmente previsti in copertura, ma si era pensato che potessero trovarsi sul portico-pensilina in corrispondenza del ristorante, infatti le due coperture dell'edificio destinato all'ospitalità, risultavano abitabili. Ci si è resi conto tuttavia, che il numero di pannelli solari così installati potesse non soddisfare il fabbisogno di energia di tutto il complesso, pertanto si è giunti all'attuale soluzione in cui i pannelli solari si trovano in copertura e risultano non visibili dal basso e poco visibili dalla strada, come richiesto dalla committenza. Risultano infatti mascherati dai cornicioni in pietra degli edifici. Nel calcolare il numero dei pannelli da collocare si è posta attenzione alla loro distanza dai parapetti e alla distanza tra una fila e l'altra, per evitare che ricadessero in una costante zona d'ombra. Interessante a proposito è il pannello scelto, con una potenza di picco del singolo modulo pari a 425 W. Su ciascuno dei pannelli scelti per effettuare l'analisi è presente un microinverter, che fa sì che ciascun pannello possa funzionare in modo

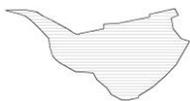


indipendente per ridurre l'impatto dell'ombra o di detriti, anche piccoli come le foglie, e migliorare le prestazioni del sistema. [43] Come già accennato sono previsti 3 sottocampi di pannelli: due sull'edificio destinato all'ospitalità ed uno sull'edificio destinato alla ristorazione. I primi due risultano inclinati di 20°, inclinazione dettata dall'altezza della cornice in pietra che altrimenti sarebbe risultata troppo spessa; uno dei due è orientato a 39° a EST rispetto alla direzione SUD (sottocampo A) e l'altro 21° a EST rispetto alla direzione SUD (sottocampo B), esattamente come i due edifici. Il sottocampo sull'edificio ristorante risulta inclinato di 53° a EST rispetto alla direzione SUD ed i pannelli hanno un'inclinazione pari a 10° (sottocampo C). Rispettivamente i sottocampi sono composti da 32, 30 e 12, il massimo numero di pannelli installabile per ciascuna copertura, nell'ottica di trasferire eventuali surplus di energia prodotta ad edifici vicini. I dati dei singoli sottocampi si trovano sintetizzati nelle tabelle di seguito, esportate dall'applicativo EDILCLIMA.

Modulo utilizzato	SUNPOWER MAXEON 6 AC		
Numero di moduli		32	
Potenza di picco totale		13600	$W_p$
Superficie utile totale		61,76	$m^2$
Dati del singolo modulo			
Potenza di picco	$W_{pv}$	425	$W_p$
Superficie utile	$A_{pv}$	1,93	$m^2$
Fattore di efficienza	$f_{pv}$	0,75	-
Efficienza nominale		0,22	-
Dati posizionamento pannelli			
Orientamento rispetto al sud	$\gamma$	-39	°
Inclinazione rispetto al piano orizzontale	$\beta$	20	°
Coefficiente di riflettenza (albedo)		0,26	
Ombreggiamento	Da modello		

Tab. 9 | Descrizione sottocampo A

Mese	$E_{pv}$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	$E_{el,pv,out}$ [kWh]
gennaio	75,1	766
febbraio	101,6	1037
marzo	125,7	1282
aprile	146,4	1493
maggio	174,1	1776
giugno	203,1	2071
luglio	228,3	2329



## Capitolo 6: Conclusioni

agosto	204,7	2088
settembre	147,4	1503
ottobre	108,8	1109
novembre	78,5	800
dicembre	71,7	731
TOTALI	1665,3	16986

Tab. 10 | Energia elettrica mensile prodotta dal sottocampo A

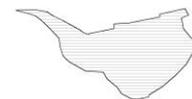
$E_{pv}$	Irradiazione solare mensile incidente sull'impianto fotovoltaico
$E_{el,pv,out}$	Energia elettrica mensile prodotta dal sottocampo

Tab. 11 | Tabella simboli

Modulo utilizzato	SUNPOWER MAXEON 6 AC		
Numero di moduli		30	
Potenza di picco totale		12750	$W_p$
Superficie utile totale		57,9	$m^2$
Dati del singolo modulo			
Potenza di picco	$W_{pv}$	425	$W_p$
Superficie utile	$A_{pv}$	1,93	$m^2$
Fattore di efficienza	$f_{pv}$	0,75	-
Efficienza nominale		0,22	-
Dati posizionamento pannelli			
Orientamento rispetto al sud	$\gamma$	-21	$^\circ$
Inclinazione rispetto al piano orizzontale	$\beta$	20	$^\circ$
Coefficiente di riflettenza (albedo)		0,26	
Ombreggiamento	da modello		

Tab. 12 | Descrizione sottocampo B

Mese	$E_{pv}$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	$E_{el,pv,out}$ [kWh]
gennaio	79,5	761
febbraio	105,7	1011
marzo	128	1224
aprile	146,6	1401
maggio	172,5	1650
giugno	200,3	1916
luglio	225,6	2157
agosto	204	1951



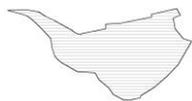
settembre	149	1425
ottobre	111,9	1070
novembre	82,5	789
dicembre	76,2	729
<b>TOTALI</b>	<b>1681,8</b>	<b>16083</b>

Tab. 13 | Energia elettrica mensile prodotta dal sottocampo B

Modulo utilizzato	SUNPOWER MAXEON 6 AC	
Numero di moduli		12
Potenza di picco totale		5100 W <sub>p</sub>
Superficie utile totale		23,16 m <sup>2</sup>
Dati del singolo modulo		
Potenza di picco	W <sub>pv</sub>	425 W <sub>p</sub>
Superficie utile	A <sub>pv</sub>	1,93 m <sup>2</sup>
Fattore di efficienza	f <sub>pv</sub>	0,75 -
Efficienza nominale		0,22 -
Dati posizionamento pannelli		
Orientamento rispetto al sud	γ	-53 °
Inclinazione rispetto al piano orizzontale	β	10 °
Coefficiente di riflettanza (albedo)		0,26
Ombreggiamento	da modello	

Tab. 141 | Descrizione sottocampo C

Mese	E <sub>pv</sub> [kWh/m <sup>2</sup> ]	E <sub>el,pv,out</sub> [kWh]
gennaio	61,8	237
febbraio	88,3	338
marzo	116,5	446
aprile	142,3	544
maggio	174,3	667
giugno	206,1	788
luglio	230,3	881
agosto	201,2	770
settembre	139,2	532
ottobre	97,8	374
novembre	66,2	253
dicembre	58,4	223



## Capitolo 6: Conclusioni

TOTALI	1582,4	6053
--------	--------	------

Tab. 15 | Energia elettrica mensile prodotta dal sottocampo C da Edilclima

Il solo sottocampo C, essendo caratterizzato da una producibilità annua di 6053 kWh, non è sufficiente, da solo, a soddisfare il fabbisogno elettrico dell'edificio destinato alla ristorazione, che risulta pari a 15186 kWh/anno. Si è pertanto accorpato a al sottocampo A. L'energia elettrica prodotta da tale impianto fotovoltaico, costituito dai sottocampi A e C, destinato ad alimentare l'edificio ristorante è la seguente:

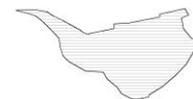
Mese	Energia elettrica da produzione fotovoltaica [kWh]
Gennaio	1002
Febbraio	1374
Marzo	1728
Aprile	2037
Maggio	2443
Giugno	2860
Luglio	3210
Agosto	2857
Settembre	2036
Ottobre	1483
Novembre	1054
Dicembre	955
TOTALI	23039

Tab. 16 | Energia elettrica prodotta dall'insieme dei sottocampi A e C

Considerando quindi la producibilità annua dell'impianto fotovoltaico e il fabbisogno elettrico annuo dell'edificio si ha la seguente situazione:

Energia elettrica da produzione fotovoltaica	22839	kWh/anno
Fabbisogno elettrico totale dell'impianto	15186	kWh/anno
Percentuale di copertura del fabbisogno annuo	92,3	%
Energia elettrica da rete	1162	kWh/anno
Energia elettrica prodotta e non consumata	8815	kWh/anno
Fabbisogni elettrici dell'impianto fotovoltaico	200	kWh/anno

Tab. 17 | Sintesi energia dell'impianto dell'edificio destinato alla ristorazione



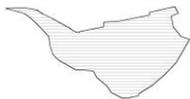
## Capitolo 6: Soluzioni tecnologiche in relazione al clima ed alle esigenze di benessere

In tabella 17 la voce “energia elettrica da produzione fotovoltaica” è pari a 22839 kWh/anno poiché, dei 23039 kWh annui prodotti dall’insieme dei sottocampi A e C, non tutti vengono effettivamente utilizzati per alimentare l’impianto, ma circa 200 kWh/anno corrispondono al fabbisogno elettrico dell’impianto fotovoltaico. Dei restanti 22839 kWh/annui, 8815 kWh/anno corrispondono all’energia prodotta e non consumata, ovvero il surplus di energia in tutti i mesi dell’anno eccetto gennaio e dicembre, come illustrato in figura 64.

Mese	Qel.prod.fv [kWh]	Qel.used.H [kWh]	Qel.used.W [kWh]	Qel.used.C [kWh]	Qel.used.V [kWh]	Qel.used.L [kWh]	Qel.used.T [kWh]	Qel.surplus [kWh]
gennaio	994	0	867	0	0	126	0	0
febbraio	1362	0	943	0	0	128	0	292
marzo	1713	0	946	0	0	136	0	631
aprile	2019	0	837	0	0	130	0	1053
maggio	2421	0	794	0	0	133	0	1494
giugno	2835	0	647	601	0	129	0	1458
luglio	3182	0	596	679	0	133	0	1774
agosto	2833	0	594	676	0	134	0	1429
settembre	2018	0	630	565	0	132	0	691
ottobre	1470	0	753	0	0	140	0	578
novembre	1045	0	833	0	0	140	0	71
dicembre	946	0	822	0	0	124	0	0
	22839	0	9262	2522	0	1585	0	9470

Fig. 64 | Ripartizione tra servizi dell’impianto fotovoltaico dell’edificio destinato alla ristorazione

Pertanto la percentuale di copertura del fabbisogno annuo da parte dell’impianto fotovoltaico è pari a 92,3 %, in quanto ci sono 1162 kWh/annui che vengono attinti dalla rete elettrica. Non sarebbe strategico diminuire il numero di pannelli per ridurre il surplus nei mesi estivi, poiché sarebbe di molto maggiore l’energia elettrica che la rete dovrebbe fornire al sistema nei mesi di gennaio e dicembre. Si è pertanto pensato di poter trasferire la sovrapproduzione di energia elettrica agli edifici vicini, utilizzando le opportunità commerciali offerte dalle “comunità energetiche”, nell’ottica dello sfruttamento massimo di fonti di energia rinnovabile e quindi della decarbonizzazione.



## Capitolo 6: Conclusioni

L'energia prodotta dal solo sottocampo B, che è quello che alimenta l'intero edificio destinato all'ospitalità, è illustrato nella tabella 13 e la situazione per l'edificio destinato all'ospitalità risulta la seguente:

Energia elettrica da produzione fotovoltaica	16043	kWh/anno
Fabbisogno elettrico totale dell'impianto	6777	kWh/anno
Percentuale di copertura del fabbisogno annuo	100	%
Energia elettrica da rete	0	kWh/anno
Energia elettrica prodotta e non consumata	9266	kWh/anno
Fabbisogni elettrici dell'impianto fotovoltaico	40	kWh/anno

Tab. 18 | Sintesi energia dell'impianto dell'edificio destinato all'ospitalità

Mese	Qel_prod.fv [kWh]	Qel_used,H [kWh]	Qel_used,W [kWh]	Qel_used,C [kWh]	Qel_used,V [kWh]	Qel_used,L [kWh]	Qel_used,T [kWh]	Qel_surplus [kWh]
gennaio	759	130	154	0	10	179	0	286
febbraio	1009	94	143	0	9	158	0	604
marzo	1221	12	146	0	10	170	0	883
aprile	1398	0	130	0	10	162	0	1097
maggio	1646	0	123	0	10	167	0	1346
giugno	1911	0	100	596	10	161	0	1044
luglio	2152	0	92	855	10	166	0	1029
agosto	1946	0	92	820	10	167	0	857
settembre	1421	0	98	545	10	165	0	604
ottobre	1067	0	117	0	10	173	0	767
novembre	787	9	130	0	10	172	0	466
dicembre	727	102	150	0	10	180	0	284
	16043	347	1474	2816	117	2022	0	9266

Fig. 65 | Ripartizione tra servizi dell'impianto fotovoltaico dell'edificio destinato alla ristorazione

Il sottocampo B, pertanto, è sufficiente a soddisfare il fabbisogno elettrico dell'edificio destinato all'ospitalità, senza ulteriore richiesta di energia elettrica alla rete. Anche in questo caso, c'è una notevole quantità di energia prodotta e non consumata, con la differenza, che anche nei mesi di gennaio e dicembre, c'è un surplus di energia prodotta dall'impianto fotovoltaico, come si può notare in Fig. 65. In tal caso le opzioni possibili sono due: ridurre il numero di pannelli fotovoltaici del sottocampo B, dal momento che in tutti i mesi dell'anno è presente un surplus di energia, oppure, rendere utilizzabile l'energia extra dai fabbricati vicini, anche in questo caso sfruttando le opportunità commerciali delle comunità energetiche. Ipotizzando che il surplus di energia del sottocampo B nei mesi di dicembre e gennaio, venga utilizzato per



alimentare l'edificio destinato alla ristorazione, il suo fabbisogno di energia dalla rete passerebbe dall'essere 1162 kWh/annui all'essere 594 kWh/annui. Tale valore è pari al 2,7 % del fabbisogno elettrico totale degli impianti dei due edifici ed è stato ottenuto sottraendo a 1162 kWh/annui il surplus di energia nei mesi di gennaio e dicembre del sottocampo B. Si ha quindi:

Vettore energetico	Consumo	U.M.	CO <sub>2</sub> [kg/anno]	Servizi
Energia elettrica	594	kWhel/anno	274	Riscaldamento, Acqua calda sanitaria, Raffrescamento, Ventilazione, Illuminazione

Tab. 19 | Vettori energetici ed emissioni di CO<sub>2</sub>

La produzione di anidride carbonica legata al fabbisogno di energia dalla rete risulta essere pari a 274 kg/anno, contributo esiguo se confrontato con la produzione di anidride carbonica legata al fabbisogno di energia dalla rete, senza però la presenza di fotovoltaico, che risulta pari a 10100 kg/anno.

Per ottimizzare lo sfasamento tra produzione e consumo, è opportuno installare batterie di accumulo dimensionate secondo i profili di carico giornaliero.

Stando ai risultati ottenuti, è rispettata la verifica sul D. Interm. 26/06/2015 relativa agli edifici NZEB e la verifica F.E.R. – Fonti Energetiche Rinnovabili – in base alla quale per edifici privati nel caso di nuove costruzioni almeno il 50% dell'energia deve essere prodotto da fonti rinnovabili. In questo caso, il fabbisogno complessivo degli edifici, pari a 21963 kWh/annui risulta coperto per il 97,3 % da fonti rinnovabili.

Sulla base dei risultati ottenuti da EDILCLIMA agli edifici è stata assegnata una classe di prestazione energetica globale pari ad A4, che è la più efficiente.

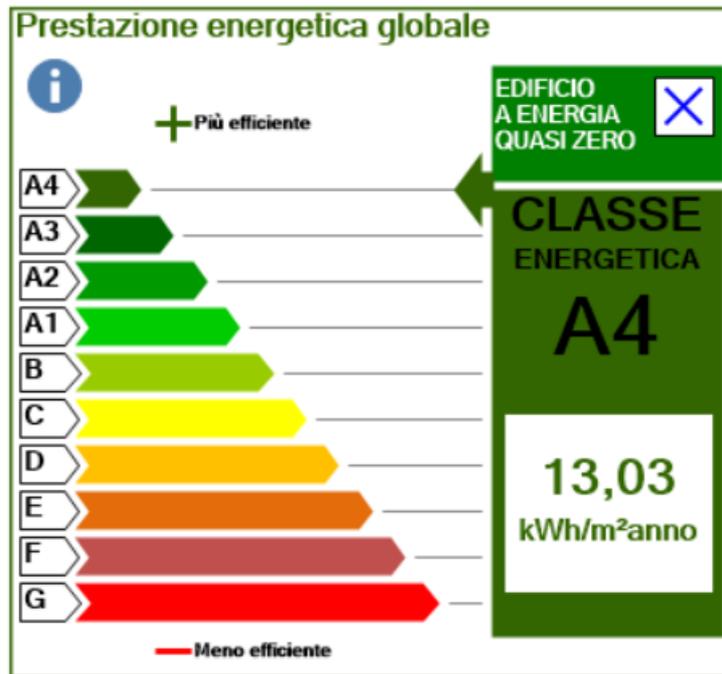
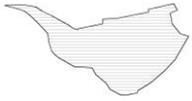
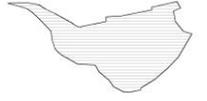
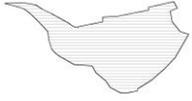


Fig. 66 | Classe energetica degli edifici Img. da EDILCLIMA



# 7

## CONCLUSIONI



L'obiettivo del presente lavoro di tesi è stata la progettazione architettonica, tecnologica ed impiantistica, di una struttura turistica sostenibile a livello ambientale, in primis grazie ad un involucro efficiente e poi grazie ad un impianto che preveda la minor quantità possibile di emissioni. In sintesi un Nearly Zero Energy Building progettato secondo canoni stilistici simili a quelli dell'architettura ligure, ma moderni.

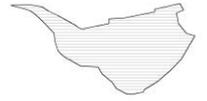
Il processo di progettazione degli spazi e dei volumi degli edifici è stato frutto di un continuo confronto con i committenti, infatti, è risultata prioritaria la soddisfazione delle loro esigenze di carattere architettonico e funzionale, seppur nel rispetto del filo conduttore di tutto il progetto.

Per la ricerca di materiali e soluzioni tecnologiche che rispondessero alle esigenze di progettazione, ovvero efficienza energetica e sostenibilità ambientale, si sono consultate diverse fonti di letteratura online. I materiali frutto della ricerca, sono stati confrontati al fine di meglio comprendere quale materiale fosse più opportuno utilizzare in relazione alle prestazioni, alla sostenibilità del processo di produzione ed alla distanza di trasporto al sito oggetto di studio, quando possibile. Scelti i materiali sono state progettate le diverse soluzioni tecnologiche, la cui efficienza è stata verificata sul software EDILCLIMA.

Una volta definite le soluzioni definitive, quindi gli spessori ed i materiali, dopo diverse modifiche del modello perseguendo l'armonia delle forme, ha preso vita il progetto definitivo.

Dopo aver modellato l'edificio sul software energetico, e quindi avuti i risultati dei carichi termici estivi ed invernali, sono stati scelti i generatori dell'impianto, sempre sulla base dei criteri di efficienza energetica e sostenibilità, calcolato il fabbisogno elettrico annuo degli edifici dalla rete, per poter calcolare le emissioni di CO<sub>2</sub> emesse annualmente dagli edifici.

I risultati sono stati quelli sperati, ovvero, la verifica delle normative ed un'alta efficienza energetica, infatti, agli edifici progettati corrisponde la classe di prestazione energetica più efficiente, ovvero la classe A4. È stato quindi raggiunto l'obiettivo di progettare due edifici nZEB in quanto il 97% del fabbisogno elettrico complessivo dei due edifici è coperto da fonti rinnovabili.

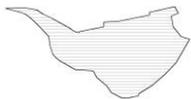


Uno degli obiettivi del lavoro era proprio quello di dimostrare che attraverso una progettazione attenta e consapevole si può evitare di riversare tonnellate di CO<sub>2</sub> nell'ambiente, dal momento che l'edilizia è un settore al quale corrisponde una fetta molto considerevole delle emissioni totali. Considerando il solo 50% del fabbisogno coperto da fonti rinnovabili, le emissioni di CO<sub>2</sub> sarebbero circa 17 volte maggiori rispetto al risultato ottenuto. Ciò dimostra come possa fare la differenza andare oltre gli standard minimi piuttosto che semplicemente limitarsi a soddisfarli.

Occorre sottolineare che i dati relativi alla sostenibilità di alcuni prodotti sono qualitativi e non quantitativi e poiché la sostenibilità rimane uno dei principali obiettivi dell'attuale agenda ambientale dell'Unione Europea, è di fondamentale importanza effettuare una valutazione dell'impatto ambientale dei nuovi Engineering Wood Products (EWPs), il cui utilizzo è previsto per la realizzazione degli edifici progettati, al fine di documentare le emissioni di ogni fase del loro ciclo di vita, in maniera tale da consentire un confronto più accurato con gli altri materiali e prodotti. [19]

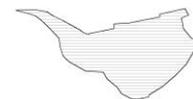
Il principale obiettivo del lavoro è stato quello di dimostrare che seguendo i principi della progettazione sostenibile è possibile risparmiare una grande quantità di CO<sub>2</sub> emessa in atmosfera. Dalle analisi si è ottenuto che le emissioni di biossido di carbonio per il fabbisogno di energia elettrica degli edifici è pari a 274 kg/anno, contro i 10100 kg/anno degli stessi edifici senza l'installazione dell'impianto fotovoltaico. A tale dato occorrerebbe aggiungere tutti i chilogrammi di CO<sub>2</sub> risparmiati nel compiere scelte sostenibili di materiali e soluzioni tecnologiche, pertanto l'obiettivo principale del lavoro può considerarsi raggiunto.

“La scienza offre dati certi, proiezioni di scenari futuri studiati attentamente. Il cambiamento del clima non aspetta e non si ferma. Serve un cambiamento culturale forte, un vero e proprio mutamento di paradigma per tradurre in realtà ciò su cui tutti ormai sono d'accordo.” [2]

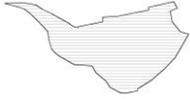


## Bibliografia e sitografia

- [1] «How to Design a Net Zero Energy Building,» 5 Luglio 2021. [Online]. Available: <https://www.bigrentz.com/blog/net-zero-energy-building>.
- [2] «Il cambiamento climatico: le cause, gli effetti, i rimedi,» [Online]. Available: <https://www.enelgreenpower.com/it/learning-hub/transizione-energetica/cambiamento-climatico-cause-conseguenze>.
- [3] R. Battaglia, «Dall'edilizia il 39% delle emissioni di CO2 nel mondo. Ma ridurle è possibile,» 20 Gennaio 2020. [Online]. Available: <https://valori.it/edilizia-responsabile-del-39-emissioni-di-co2/> .
- [4] L. D. Santoli, «Edilizia sostenibile,» 14 Settembre 2012. [Online]. Available: <https://www.teknoiring.com/wikitecnica/impianti/edilizia-sostenibile/>.
- [5] «Edilizia Sostenibile: La Scelta Dei Materiali,» 6 Novembre 2020. [Online]. Available: <https://www.alsistemcalabria.it/edilizia-sostenibile-scelta-materiali/>.
- [6] *Piano Urbanistico Comunale del Comune di Andora (SV)*.
- [7] «DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 26 agosto 1993, n. 412,» [Online]. Available: <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/1993/10/14/093G0451/sg>.
- [8] «Classificazione climatica dei comuni italiani,» [Online]. Available: [https://it.wikipedia.org/wiki/Classificazione\\_climatica\\_dei\\_comuni\\_italiani](https://it.wikipedia.org/wiki/Classificazione_climatica_dei_comuni_italiani).
- [9] «Grado Giorno,» [Online]. Available: [https://it.wikipedia.org/wiki/Grado\\_giorno](https://it.wikipedia.org/wiki/Grado_giorno).
- [10] *UNI 10329:2016*.
- [11] L. Patelli, «Castello Torre e chiesa Clavesana ad Andora,» [Online]. Available: <https://liguriawow.it/castello-torre-e-chiesa-clavesana-ad-andora/>.
- [12] *DM. 14/06/1989 n. 236 e s.m.i.*



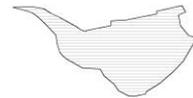
- [13] *Legge 13/1989.*
- [14] «La Location di un Ristorante: come calcolare le giuste Dimensioni e guadagnare grazie al NMC,» [Online]. Available: <https://esperienzaristorazione.com/management-della-ristorazione/la-location-di-un-ristorante-come-calcolare-le-giuste-dimensioni-e-guadagnare-grazie-al-nmc/>.
- [15] *HACCP.*
- [16] «Tecnologie costruttive in legno,» [Online]. Available: <https://www.costantinilegno.it/chiamo/tecnologie-costruttive-legno-x-lam/>.
- [17] «L'industria del cemento è responsabile dell'8% delle emissioni di CO2,» [Online]. Available: <https://www.quotedbusiness.com/thm-2-planet/paese-13-mondo/art-8775-1-industria-del-cemento-è-responsabile-dell-8-delle-emissioni-di-co2>.
- [18] «Produzione sostenibile dell'acciaio,» [Online]. Available: <https://www.raexsteel.com/it-it/sustainable-steel>.
- [19] F. Grillo e S. De Troia, «Sustainable alternatives to formaldehyde based adhesives: Bio-based adhesives and adhesives free EWPs,» 2022.
- [20] «Sistema X-LAM,» [Online]. Available: <https://www.biocasanatura.it/perche-casa-in-legno/sistemi-costruttivi/sistema-x-lam/>.
- [21] «BIO X-LAM,» [Online]. Available: <https://lignaconstruct.com/traumhaus-suedtirol/services-view/bio-xlam-2/?lang=it>.
- [22] «Quercus Suber,» [Online]. Available: <https://www.edilsughero.it/quercus-suber/>.
- [23] «Al via nelle foreste portoghesi il rito annuale della decortica delle querce da sughero,» [Online]. Available: <https://www.egnews.it/al-via-nelle-foreste-portoghesi-il-rito-annuale-della-decortica-delle-querce-da-sughero/>.
- [24] «Quercia da sughero,» [Online]. Available: <https://www.sardegnaforeste.it/flora/quercia-da-sughero>.
- [25] «Lavorazione del sughero biondo,» [Online]. Available: <https://www.edilsughero.it/lavorazione-del-sughero-biondo/>.



## Bibliografia e sitografia

---

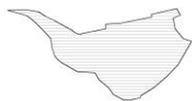
- [26] «Il sughero, una storia millenaria,» [Online]. Available: <https://www.edilsughero.it/il-sughero-una-storia-millenaria/>.
- [27] «Nuraghe, il mistero,» [Online]. Available: <https://unasognatriceinviaggio.com/nuraghe-il-mistero/>.
- [28] «Isolanti termici, Bio Pannelli in sughero,» [Online]. Available: <https://www.isolantitermicibio.com/isolanti-termici-bio-pannelli-sughero.html#>.
- [29] «Vetri a controllo solare,» [Online]. Available: <https://www.architetturaecosostenibile.it/materiali/vetro/vetri-controllo-solare-307>.
- [30] «Vetro basso emissivo,» [Online]. Available: <https://leap.terminologia.it/restricted/index.php?c=18&t=vetro+basso-emissivo>.
- [31] «Vetri riflettenti ed a controllo solare,» [Online]. Available: <https://www.infissi.com/vetri/riflettenti-e-controllo-solare.html>.
- [32] «Vetro Selettivo,» [Online]. Available: <https://www.blogbisacchi.it/vetro-selettivo/>.
- [33] «Vetri a controllo solare,» [Online]. Available: <https://www.architetturaecosostenibile.it/materiali/vetro/vetri-controllo-solare-307>.
- [34] «Vetro selettivo,» [Online]. Available: <https://www.pilkington.com/it-it/it/vetro-per-la-casa/tipi-di-vetro/vetri-ad-elevata-efficienza-energetica/vetro-selettivo#:~:text=Che%20cos'%C3%A8%20il%20vetro,funzione%20della%20lunghezza%20d'onda>.
- [35] «Miglior legno per esterni,» [Online]. Available: <https://www.baltera.com/blog/consigli/miglior-legno-per-esterni/>.
- [36] «Vantaggi del tetto ventilato,» [Online]. Available: <https://www.vardanegaisidoro.it/tetto-ventilato-aiutiamo-la-nostra-casa-a-respirare/#:~:text=Un%20tetto%20ventilato%20uno%20degli,aumenta%20le%20prestazioni%20dell'isolamento> <https://edilziacrobatica.com/vantaggi-tetto-ventilato/>.
- [37] «I vantaggi e gli svantaggi del tetto ventilato,» [Online]. Available: <https://edilziacrobatica.com/vantaggi-tetto-ventilato/#:~:text=Gli%20svantaggi%20che%20potrebbero%20derivare,dei%20rumori%20provenienti%20dall'esterno..>



## Bibliografia e sitografia

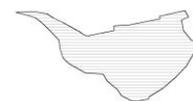
---

- [38] «Pavimento a secco,» [Online]. Available: <https://www.pianetadesign.it/consigli/pavimento-a-secco.php>.
- [39] «Stratigrafia di soluzioni in legno,» [Online]. Available: <http://www.soluzionelegno.it/solaio.html>  
<https://www.indexspa.it/IT/stratigrafia.asp?ids=86>.
- [40] *D. INTERM. 26/06/2015.*
- [41] «Obbligo FER,» [Online]. Available: <https://www.studiomadera.it/news/383-obbligo-fer>.
- [42] *D. Lgs. 28/2011.*
- [43] «Modellare correttamente gli impianti termici,» [Online]. Available: <https://www.ediltecnico.it/58330/modellare-correttamente-gli-impianti-termici/>.
- [44] «Illuminazione Stanza,» [Online]. Available: <https://www.scienzaverde.it/illuminazione-sostenibile-blog/lumen-illuminazione-stanza/>.
- [45] «Illuminamento,» [Online]. Available: <https://storybox.karmanitalia.it/calcolare-lumen-watt-illuminare-stanza> ; <http://www.rbprogettazione.it/pagine/leggi/illuminamento.pdf>.
- [46] «Pannelli Sunpower,» [Online]. Available: <https://sunpower.maxeon.com/it/prodotti-pannelli-fotovoltaici/pannelli-sunpower-ac>.



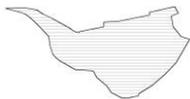
## Lista delle figure

Fig.1	Localizzazione dell'area oggetto di studio	8
Fig.2	Ortofoto con individuazione dell'area oggetto di studio	9
Fig.3	Fotoinserimento dei fabbricati progettati nel contesto	9
Fig.4	Fotografia aerea del complesso di ville nell'area a monte del lotto oggetto di studio	10
Fig.5	Fotografia aerea del complesso di ville nell'area a monte del lotto oggetto di studio	10
Fig.6	Sezione geologica del terreno soprastante al lotto oggetto di studio	11
Fig.7	Stralcio di P.U.C. del Comune di Andora	12
Fig.8	Mappa delle 6 zone climatiche introdotte dal decreto: in rosso la zona A, in arancione la B, in giallo la C, in azzurro la D, in blu la E in blu scuro [8]	14
Fig.9	Valori di temperatura e umidità relativa orari nell'arco temporale di un anno secondo la norma UNI 10349:2016 EDILCLIMA	15
Fig.10	Valori di irradianza solare globale sul piano orizzontale e di irradianza solare diretta sul piano orizzontale anno secondo la norma UNI 10349:2016 EDILCLIMA	16
Fig.11	Valori di velocità del vento orari nell'arco temporale di un anno secondo la norma UNI 10349:2016 EDILCLIMA	16
Fig.12	Edificio dal carattere architettonico ligure	18
Fig.13	Castello di Andora (SV) [9]	19
Fig.14	Edificio dal carattere architettonico ligure	19
Fig.15	Progetto originale degli edifici destinati all'ospitalità	20
Fig.16	Renderizzazione dell'edificio destinato ad ospitalità del progetto definitivo dalla direzione SUD-EST	21
Fig.17	Renderizzazione di una vista prospettica da NORD-EST del fabbricato destinato all'ospitalità	22
Fig.18	Vista prospettica dell'edificio destinato all'ospitalità dalla direzione Nord-Ovest	23
Fig.19	Prospetto Est dell'edificio destinato all'ospitalità	24
Fig.20	Versione originale edificio da destinare alla ristorazione	25
Fig.21	Copertura piramidale a base quadrata degli edifici vicini	25
Fig.22	Vista prospettica del fronte dell'edificio ristorante	26



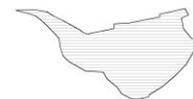
## Lista delle figure

Fig.23	Vista notturna dell'edificio ristorante in una versione intermedia del progetto	27
Fig.24	Vista notturna dell'edificio ristorante e della piscina nel progetto definitivo	28
Fig.25	Vista della piscina, del piano bar e di parte dell'edificio ristorante	29
Fig.26	Vista del portico esterno dal suo arco di accesso	29
Fig.27	Vista sull'area esterna del ristorante da sud-ovest	30
Fig.28	Vista sull'area esterna del ristorante da nord-ovest	31
Fig.29	Planivolumetrico con indicazione dei due accessi	32
Fig.30	Accesso al complesso dalla parte superiore del lotto	32
Fig.31	Vista dal basso della passerella e della scala d'accesso	33
Fig.32	Accesso al lotto da Via Aurora	34
Fig.33	Scale che conducono alla parte alta del lotto	34
Fig.34	Accesso Nord-Est al ristorante	35
Fig.35	Tunnel di listelli in legno di castagno che conduce alla terrazza ed all'ascensore	36
Fig.36	Vista delle scale e della rampa d'accesso alla terrazza	37
Fig.37	Vista dell'interno della camera 1	40
Fig.38	Vista dell'interno della camera 4	41
Fig.39	Vista dall'atrio d'ingresso della camera 2	41
Fig.40	Prospetti dell'interno della camera 1	43
Fig.41	Prospetti dell'interno della camera 2	43
Fig.42	Prospetto dell'interno della camera 3	44
Fig.43	Prospetti interni della camera 4	44
Fig.44	Vista interna della sala principale del ristorante	48
Fig.45	Pannelli in Bio X-LAM [20]	52
Fig.46	Decortica di quercia da sughero in Portogallo [22]	53
Fig.47	Decortica di una quercia da sughero in Sardegna [23]	54
Fig.48	Nuraghe [26]	55
Fig.49	Pannello in sughero [27]	55
Fig.50	Vista dal fronte del blocco camere in basso	57



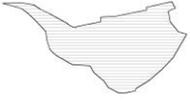
## Lista delle figure

Fig.51	Schema di vetro basso-emissivo [28]	57
Fig.52	Schema di vetro selettivo [31]	58
Fig.53	Soluzioni tecnologiche di chiusure verticali	60
Fig.54	Soluzione tecnologica di chiusura verticale utilizzata nella realizzazione delle ville del terreno soprastante	60
Fig.55	Soluzioni tecnologiche di chiusure orizzontali e solaio interpiano	62
Fig.56	Alcune soluzioni tecnologiche di partizioni verticali interne	64
Fig.57	Schermata del programma EDILCLIMA	68
Fig.58	Schermata EDILCLIMA per la configurazione del ponte termico	69
Fig.59	Scheda input grafico EDILCLIMA	70
Fig.60	Schermata dei locali presenti al piano terra dell'edificio destinato a ristorante	70
Fig.61	Distribuzione oraria "persone in camera"	74
Fig.62	Potenza utile della pompa di calore scelta	75
Fig.63	Planivolumetrico dell'area oggetto di studio	77
Fig.64	Ripartizione tra servizi dell'impianto fotovoltaico dell'edificio destinato alla ristorazione	82
Fig.65	Ripartizione tra servizi dell'impianto fotovoltaico dell'edificio destinato alla ristorazione	83
Fig.66	Classe energetica degli edifici Img. da EDILCLIMA	85



## Lista delle tabelle

Tab.1	Metrazure di Spazi camera, bagni e Logge	39
Tab.2	Confronto dei valori di trasmittanza termica delle diverse componenti degli edifici con i relativi valori di trasmittanza limite fissati dalla norma [40].	65
Tab.3	Tabella di conversione Lumen – Watt [41]	72
Tab.4	Calcolo dei lumen medi necessari per camera	73
Tab.5	Calcolo dei Watt totali per illuminazione in ciascuna camera a partire dai Lumen di ciascun dispositivo	73
Tab.6	Carichi Elettrici Totali Locale Camera	73
Tab.7	Potenze dei dispositivi considerati nel locale camera	73
Tab.8	Carichi termici estivi ed invernali dei due edifici oggetto di studio	74
Tab.9	Descrizione sottocampo A	78
Tab.10	Energia elettrica mensile prodotta dal sottocampo A	78
Tab.11	Tabella simboli	79
Tab.12	Descrizione sottocampo B	79
Tab.13	Energia elettrica mensile prodotta dal sottocampo B	79
Tab.14	Descrizione sottocampo C Energia elettrica mensile prodotta dal sottocampo B	80
Tab.15	Energia elettrica mensile prodotta dal sottocampo C da Edilclima	80
Tab.16	Energia elettrica prodotta dall'insieme dei sottocampi A e C	81
Tab.17	Sintesi energia dell'impianto dell'edificio destinato alla ristorazione	81
Tab.18	Sintesi energia dell'impianto dell'edificio destinato all'ospitalità	83
Tab.19	Vettori energetici ed emissioni di CO <sub>2</sub>	84



---

## Ringraziamenti

Ringrazio il mio relatore di tesi, il professor Paolo Piantanida, che in questi mesi ha seguito con costanza l'evoluzione del progetto ed è stato fonte di numerose e preziose informazioni e consigli.

Ringrazio l'Impresa Novara per avermi offerto l'opportunità di lavorare a questo progetto.

Grazie all'Ing. Stefano Gobetti per la sua disponibilità e il suo esser stato di riferimento all'interno dello studio.

Grazie all'Ing. Laura Rietto per la sua grande disponibilità nel ricevermi in studio ed avermi affiancata nella realizzazione del modello energetico.

Grazie a Giuliano per avermi insegnato ad interfacciarmi con un software completamente nuovo.

Ed ora, grazie ai miei genitori. Per tutto quanto, non vi ringrazierò mai abbastanza per l'amore e la premura di tutti questi anni. Grazie per l'essere stati lontani ma tanto tanto vicini. Grazie per avermi dato gli strumenti per vivere quest'esperienza di studio torinese. Grazie per il vostro supporto e l'enorme fiducia che avete sempre riposto in me.

Grazie a mia madre la quale oggi non sarei qui (in tutti i sensi). Nel periodo estivo, infatti, in cui è mancato il supporto costante del politecnico, presso il suo studio di architettura ho svolto un tirocinio edificante che mi ha aiutato a concretizzare il lavoro di tesi. Grazie per esserti sporcata le mani in prima persona.

Grazie a mio padre, che come sempre, anche in quest'ultimo periodo si è reso disponibile ad aiutarmi in qualsiasi modo.

Grazie a te Adamo. Il mio amore ed il mio migliore amico. Grazie per essere sempre stato al mio fianco, per avermi supportata in ogni situazione ed in ogni scelta. Grazie per avermi incoraggiata quando ne avevo bisogno. Grazie per aver gioito con me quando c'era da gioire e sdrammatizzato quando c'era da sdrammatizzare. Senza di te non sarei qui (di nuovo letteralmente): grazie per avermi detto che Milano non ti piaceva e iniziato a farmi considerare Torino come città dei miei studi. Grazie per la pazienza e l'aiuto di questi ultimi giorni. Sono infinitamente grata per il tuo amore e la tua premura e semplicemente perché sei come sei.

Grazie alla mia amica di sempre, Silvia, per essere stata sempre presente.

Grazie a Gaia S. per esserci stata dal momento zero a CMV. Sono felice di averti incontrata.

Grazie a Niccolò, Margherita, Gaia V., Gabriele per esserci stati, per i bei ricordi e perchè continuate ad esserci. Grazie a Torino che ha fatto sì che ci incontrassimo!

Grazie a Sara C. per avermi sempre ascoltata e supportata con dolcezza e affetto.

Grazie a Francesco F. , che ho scoperto essere una delle persone più buone del mondo.

Grazie a Ginevra, Christian, Giulia V, con cui ho condiviso momenti indimenticabili.



---

Grazie a tutta la mia famiglia ERASMUS, che ha reso perfetto il finale di questi 5 anni.

Grazie ai nonni che oggi non sono qui, so che vi si sarebbe riempito il cuore d'orgoglio.

Grazie ai nonni che oggi non sono qui, so che vi si sarebbe riempito il cuore d'orgoglio.

Grazie a chi ha affrontato un lungo viaggio per essere qui, grazie a chi oggi, è qui con me a condividere questo momento indimenticabile.

Grazie a tutte le persone che ho conosciuto in questi anni, che in un modo o nell'altro, hanno condiviso con me una fetta di infinito.