



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTA' DI INGEGNERIA

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Edile - Architettura

SOSTENIBILITA' AMBIENTALE E SPAZI PRODUTTIVI:
LA PRASSI DI RIFERIMENTO UNI/PdR 13:2019 PER IL PROGETTO
DI UN COMPLESSO INDUSTRIALE A MONSANO

ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY AND PRODUCTIVE SPACES:
THE REFERENCE PRACTICE UNI/PdR 13:2019 FOR THE PROJECT
OF AN INDUSTRIAL COMPLEX IN MONSANO

Relatore: Chiar.mo
Prof. Arch. Paolo Bonvini

Tesi di Laurea di:
Matteo Paparelli

Correlatore: Chiar.mo
Prof. Costanzo Di Perna

ANNO ACCADEMICO 2021/2022

INDICE

INTRODUZIONE	iv
ABSTRACT	vi
1. LO SVILUPPO SOSTENIBILE DAL GLOBAL AL LOCAL: dai SDGS dell'Europa ai protocolli di sostenibilità ambientale	7
2. IL PROGETTO URBANO: UNA NUOVA IDENTITA' DI UN AREA PRODUTTIVA	11
2.1 ANALISI E DESCRIZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO	13
2.2. PROTOCOLLO ITACA A SCALA URBANA "SINTETICO"	19
2.3. I CRITERI DI SOSTENIBILITA' APPLICATI	22
2.3.1. CRITERIO 2.03: CONSERVAZIONE DI SUOLO	23
2.3.2. CRITERIO 4.01: RILEVANZA DELLO SPAZIO PUBBLICO APERTO	27
2.3.4. CRITERIO 5.14: SEQUESTRO DI CO2	30
2.4. LA PROPOSTA ALTERNATIVA DI SVILUPPO	32
2.5. DA AREA PRODUTTIVA A MIX FUNZIONALE	37
2.6. INVERSIONE DI TENDENZA: INTRODUZIONE DEL VERDE	39
2.7. INFRASTRUTTURE E MOBILITA' SOSTENIBILE	41
2.8. RINNOVABILITA' E RICICLABILITA' DEI MATERIALI UTILIZZATI	45
2.9. INDICIZZAZIONE DEI CRITERI SCELTI	47
2.10. OSSERVAZIONI	50
3. FASI PRELIMINARI PER LA PROGETTAZIONE DI UN' INDUSTRIA SOSTENIBILE	51
3.1. ANALISI DELLO STATO DI FATTO	52
3.2. IL SISTEMA PREFABBRICATO	63
3.3. REQUISITI PRELIMINARI DI PROGETTO	71
3.4. LA PRASSI DI RIFERIMENTI UNI/PdR 13:2019	74

3.5. SCELTA DEI CRITERI DEL PROTOCOLLO DI SOSTENIBILITA'	87
3.5.1. CRITERIO A.3.10: SUPPORTO ALLA MOBILITA' GREEN	87
3.5.2. CRITERIO B.3.3: ENERGIA PRODOTTA NEL SITO PER USI ELETTRICI	90
3.5.3. CRITERIO B.4.7: MATERIALI DA FONTI RINNOVABILI	92
3.5.4. CRITERIO B.4.10: MATERIALI DISASSEMBLABILI	97
3.5.5. CRITERIO B.6.3: COEFFICIENTE MEDIO GLOBALE DI SCAMBIO TERMICO	103
3.5.6. CRITERIO C.4.3: PERMEABILITA' DEL SUOLO	106
3.5.7. CRITERIO C.6.8: EFFETTO ISOLA DI CALORE	109
4. L'INDUSTRIA DEL FUTURO: LA PROPOSTA VERSO UNA NUOVA DIREZIONE DI SVILUPPO	112
4.1. LA COMPOSIZIONE DEL NUOVO PROGETTO	113
4.2. IL NUOVO EDIFICIO PRODUTTIVO	120
4.3. PROGETTAZIONE DELL'ESTERNO	124
4.4. L'ESPRESSIONE MATERICA DEL PROGETTO	127
5. CALCOLO DEGLI INDICI DEI CRITERI SCELTI DELLA PRASSI DI RIFERIMENTO	130
5.1. CRITERIO B.3.3: ENERGIA PRODOTTA NEL SITO PER USI ELETTRICI	131
5.2. CRITERIO A.3.10: SUPPORTO ALLA MOBILITA' GREEN	140
5.3. CRITERIO B.4.10: MATERIALI DISASSEMBLABILI	141
5.4. CRITERIO B.4.7: MATERIALI DA FONTI RINNOVABILI	152
5.5. CRITERIO B.6.3: COEFFICIENTE MEDIO DI SCAMBIO TERMICO GLOBALE	153
5.6. CRITERIO C.4.3: PERMEABILITA' DEL SUOLO	167
5.7. CRITERIO C.6.8: EFFETTO ISOLA DI CALORE	169
6. OSSERVAZIONI E CONCLUSIONI	172
SITOGRAFIA	174
RINGRAZIAMENTI	

INTRODUZIONE

La seconda rivoluzione industriale, avvenuta in Europa alla fine del 1800, portò a profondi cambiamenti economici, sociali e ambientali. Innovazioni tecniche e tecnologiche in campo siderurgico e metallurgico trainarono un'evoluzione dell'economia e della società: l'architettura seppe mostrare questi profondi cambiamenti, integrando le novità tecnologiche e interpretando i bisogni di una nuova società.

Da una parte nacquero nuove costruzioni, impensabili fino ad allora, e che ritroviamo ancora oggi come testimonianza del progresso avvenuto (grandi ponti in acciaio, la torre Eiffel per esempio), dall'altra il settore secondario ebbe la necessità di grandi spazi in grado rispondere alle nuove esigenze produttive, così nacquero i primi opifici.

Questa tipologia di costruzione fu relativamente nuova rispetto alla primordiale abitazione, ora concepita per la produzione e il benessere economico:

L'uomo non è più al centro delle necessità, ma lo diventa la produzione.

Gli operatori vivono in funzione dell'edificio e del benessere economico che ne consegue dalla loro attività. L'uomo rinnega la natura e lo stile di vita agricolo per migrare verso le realtà industriali che, in cambio del loro lavoro, offrono un salario e l'accesso ad uno stile di vita moderno.

La costruzione degli edifici produttivi avvenne in funzione delle vie di trasporto, indipendentemente dal contesto circostante. L'inquinamento acustico e ambientale divennero immediatamente un problema: le città subirono questi nuovi insediamenti invece di integrarli e gestirli. La conseguenza più immediata fu il confinamento di questi edifici alla periferia della città. Il secolo scorso non ha saputo riflettere e reinterpretare questo nuovo paradigma in cui uomo e natura sono stati marginalizzati, ma anzi hanno relegato questi spazi ai margini della città: le ZIPIA. Questi sono spazi fondamentali per l'economia, ma purtroppo non curati. Sono prodotti dalla becera lottizzazione, dalle leggi urbanistiche oramai

obsolete e quindi non in grado di interpretare le reali esigenze dell'uomo, oltre a quelle economiche.

Il problema ambientale è stato circoscritto in aree confinate sempre pronte ad espandersi verso i territori dedicati all'agricoltura, ancora oggi subordinata al settore secondario. La tecnologia del calcestruzzo armato e la prefabbricazione hanno offerto una soluzione perfetta all'economia industriale. La standardizzazione, che doveva essere reinterpretata per una costruzione più veloce ed efficiente, ha assunto la connotazione più negativa. I nuovi come i vecchi capannoni sono indistinguibili, decontestualizzabili: non hanno spazio né tempo, sembrano alienati nel loro contesto e alienano le persone coinvolte.

L'economia al centro di ogni azione che ha modellato lo spazio, trascurando l'uomo e l'ambiente, è un paradigma oramai insostenibile a fronte delle nuove sfide che si presentano: l'uomo deve ritornare al centro dello spazio e della sua fruizione e la natura deve avere un ruolo centrale ed integrato con l'industria del futuro.

La mia tesi propone una direzione di sviluppo alternativa degli spazi produttivi, attraverso l'utilizzo di protocolli di sostenibilità ambientale.

La mia proposta vuole interpretare le nuove sfide per il futuro e ricomporre un equilibrio più sostenibile tra uomo, natura ed economia.

ABSTRACT

Le zone industriali sono spazi creati attraverso un forte senso pragmatico dovuto all'attività produttiva. Le sfide di sostenibilità globali, oramai ineludibili, spingono alla ricerca di una nuova soluzione che sia in grado di indicare una nuova direzione di sviluppo di questi spazi produttivi.

La tesi ha come oggetto il progetto di un complesso industriale sito a Sant'Ubaldo, una frazione di Monsano, e l'area produttiva circostante.

La soluzione proposta utilizza i protocolli di sostenibilità ambientale come radice per elaborare, da una parte, un masterplan in grado di gestire lo spazio alla scala urbana, e dall'altra di progettare un complesso industriale che dèvi la direzione di sviluppo dall'attuale pratica costruttiva prefabbricata.

La sostenibilità ambientale interagisce con il progetto, incidendo sulla progettazione degli spazi dedicati all'attività economica, considerando le necessità ambientali per lo sviluppo del futuro. Gli obiettivi di sostenibilità proposte dall'ONU si proiettano, attraverso i protocolli di sostenibilità, sul progetto degli spazi e sulle scelte tecniche che portano al risultato architettonico proposto.

LO SVILUPPO SOSTENIBILE

DAL GLOBAL AL LOCAL:

dai SDGS dell'Europa

ai protocolli di sostenibilità ambientale



Dopo un lungo percorso iniziato nel 1992, nel 2015 l'Organizzazione Delle Nazioni Unite diedero vita ai Sustainable Development Goals (o SDGs, in italiano Obiettivi per lo sviluppo sostenibile). Si tratta di 17 obiettivi, articolati in 169 traguardi ("target" in inglese), che la comunità internazionale si è data per lo sviluppo futuro del pianeta.

La loro importanza risiede nel fatto che da un lato si riconosce integralmente lo sviluppo sostenibile, non concentrandosi solamente sulla connotazione ambientale, ma dando importanza anche allo sviluppo della società in un rapporto equilibrato con l'economia; dall'altro la comunità internazionale ha una linea guida comune per lo sviluppo. La sostenibilità non è più un concetto applicato sporadicamente, ma matrice per lo sviluppo futuro dei paesi membri dell'ONU e dell'Europa. L'Unione Europea e le sue politiche sono rivolte al raggiungimento di questi obiettivi, formulando dei piani propri, come ad esempio il Green Deal e il Next Generation UE.



SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



Figura 1.1: I Sustainable Development Goals dell'ONU

I 17 obiettivi da raggiungere sono:

1. Sconfiggere la povertà;
2. Porre fine alla fame;
3. Salute e benessere;
4. Istruzione di qualità;
5. Parità di genere;
6. Acqua pulita e servizi igienico-sanitari;
7. Energia pulita ed accessibile;
8. Lavoro dignitoso e crescita economica;
9. Imprese, innovazione e infrastrutture;
10. Ridurre le disuguaglianze;

11. Città e comunità sostenibili;
12. Consumo e produzione responsabili;
13. Lotta contro il cambiamento climatico;
14. La vita sott'acqua
15. La vita sulla terra;
16. Pace, giustizia ed istituzioni solide;
17. Partnership per gli obiettivi.

Obiettivi e target sono numerati e non interpretabili: nei piani europei e nazionali si rendono facilmente distinguibili, permettendo una lettura dell'azione politica ed economica integrata su tutti i livelli di governance.

Così come la comunità europea ha recepito, in coordinazione con l'ONU, questi obiettivi, anche l'Italia li ha recepiti e introdotti nei piani che coordinano lo sviluppo futuro del paese, come ad esempio il Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC), il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) e la Strategia Nazionale per lo sviluppo sostenibile (SNSvS), tutti coordinati tramite il Documento di Economia e Finanza (DEF), approvato dal nostro parlamento, e che indica le risorse da destinarsi al raggiungimento degli obiettivi.

La SNSvS è un documento che recepisce direttamente i SDGs e delega le Regioni per l'elaborazione di strategie per lo sviluppo sostenibile, coinvolgendo la partecipazione della società civile ed elaborando una strategia più efficace per la realtà territoriale a cui si rivolge. Gli obiettivi internazionali, comuni, diventano perciò strategie per lo sviluppo che si adeguano ad ogni territorio in base alle loro caratteristiche, criticità e possibilità. Dalle nazioni unite siamo passati ad una scala regionale, con gli stessi obiettivi da raggiungere.

In questo quadro di sviluppo integrato, i protocolli di sostenibilità ambientale possono giocare un ruolo chiave per la messa in opera di alcuni di questi obiettivi,

che riguardano specificatamente gli ambiti delle costruzioni: dagli obiettivi generali si arriva ai requisiti specifici degli edifici e del contesto in cui si collocano, dalle nazioni unite arriviamo al particolare costruttivo dell'edificio. I protocolli di sostenibilità ambientale si collocano come mezzi privilegiati per la progettazione, costruzione e gestione di edifici in grado di rispondere alle sfide future e partecipare al raggiungimento degli obiettivi internazionali.

IL PROGETTO URBANO:

UNA NUOVA IDENTITA' DI UN'AREA PRODUTTIVA

2

L'area produttiva oggetto della riflessione ed elaborazione della tesi si colloca a Sant'Ubaldo, frazione di Monsano (AN). Si sviluppa a nord- ovest della strada provinciale 76 , che collega Jesi a Chiaravalle, e nord-est della strada provinciale 21 , che collega la SP 76 a Monsano e che presenta la maggior parte dei servizi della zona. Nelle vicinanze, poco a sud, si presenta la Sadam (ex zuccherificio), complesso noto della zona per dimensioni e visibilità, oramai in disuso.

Un luogo esempio, contenete molte delle caratteristiche che potremmo ritrovare in zone analoghe sparse in tutto il territorio nazionale.



Figura 2.1: Zona industriale di Sant'Ubaldo, Monsano (AN)

L'analisi e l'intervento in scala urbana ha una duplice valenza.

Conoscere l'area di intervento è fondamentale per contestualizzare il progetto di un edificio o di un complesso. Non si può intervenire compiutamente su un edificio senza prestare attenzione e sensibilità verso il territorio circostante. Questo mi ha permesso anche di trasporre le problematiche dalla scala urbana a quella dell'edificio, in una fisiologica interdipendenza di causa-effetto; si individuano così dinamiche che si instaurano alle diverse scale di progettazione. La proposta ha lo scopo di elaborare una serie di interventi esportabili e riadattabili in contesti industriali, capaci di conferire una nuova identità, più matura e completa, di un luogo che ha conosciuto solo il suo carattere economico. La base dell'elaborato sono alcuni criteri del Protocollo Itaca a scala urbana sintetico, utilizzato per focalizzare l'analisi del territorio e l'elaborazione degli interventi progettuali.

2.1. ANALISI E DESCRIZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO

La zona industriale di Sant'Ubaldo nasce dall'insediamento di alcune imprese lungo le vie di comunicazione principali, la SP 76 e la SP 21, una strada di riferimento per altre tipologie di servizi oltre alle attività produttive.

La crescita economica e la domanda di nuovi spazi industriali, insieme alla sua posizione favorevole rispetto alla SS 76, hanno portato a successivi ampliamenti di questa area produttiva. Il susseguirsi delle lottizzazioni e costruzioni di capannoni hanno ampliato la zona industriale, a scapito dell'agricoltura e inglobando in quest'area le sporadiche abitazioni presenti in funzione del settore primario.



Figura 2.1.1: Ortofoto dell'area industriale risalente al 2003. Fonte Google.



Figura 2.1.2: Ortofoto dell'area industriale risalente al 2013. Fonte Google.



Figura 2.1.3: Ortofoto dell'area industriale risalente al 2022. Fonte Google.

Le imprese all'interno dell'area analizzata hanno una natura eterogenea e sono coinvolte in settori molto differenti tra loro, come ad esempio metallurgia, arredo, servizi catering, vetrerie, logistica. Non si individua un'attività preponderante come caratteristica comune delle varie imprese della zona; ragione per cui parliamo di "zona" industriale e non di "distretto".

Questa caratteristica permette di riflettere immediatamente su una peculiarità degli spazi produttivi: diverse tipologie di imprese hanno differenti necessità, che si riflettono sulla sua costruzione e sull'interazione con il contesto. Alcune hanno dimensioni rilevanti, altre meno; alcune necessitano di vie di comunicazione ampie altre ne rimangono indifferenti.

Questo luogo sembra vivere sulla base dei tempi e delle necessità produttive. Uniche eccezioni presenti sono il centro "Paradise", dedicato al gaming e al bowling, il "Blaster", un pub molto noto nella zona e il "Miami club", una discoteca frequentata dai più giovani. Questi non offrono servizi che si relazionano alle attività economiche insediate nell'area, ma si propongono come attività ludiche serali che rompono il ritmo di vita di uno spazio basato solo sui turni di lavoro.

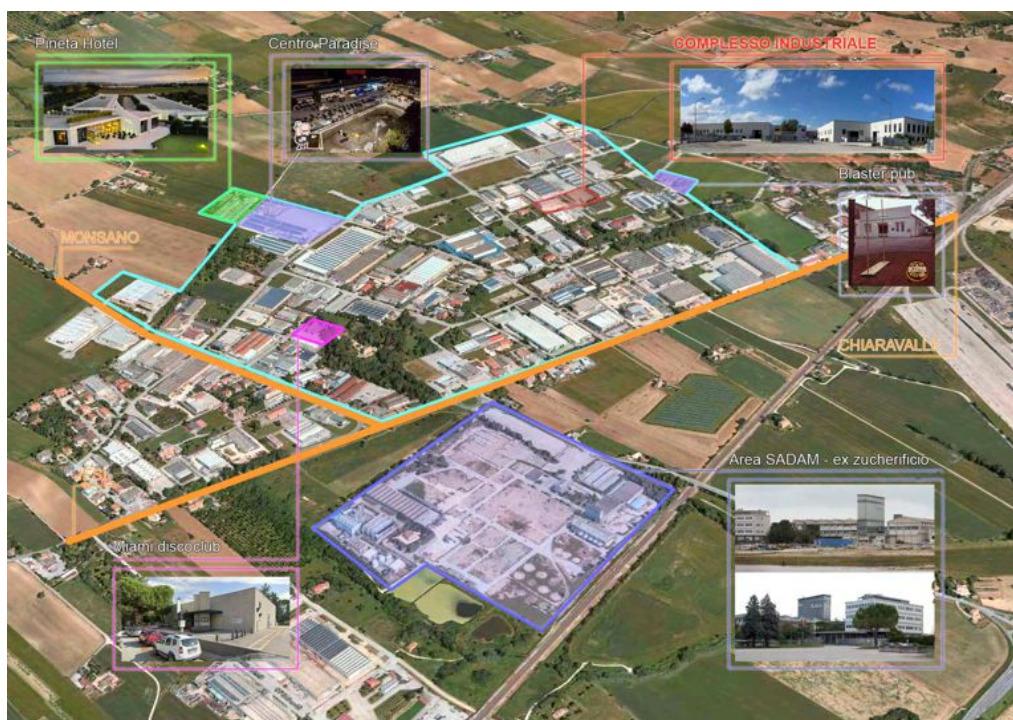


Figura 2.1.4: Analisi dei servizi principali presenti nell'area industriale.

Dopo il 2008, la costruzione di nuovi capannoni ha cominciato a rallentare a causa del susseguirsi di crisi economiche che hanno impattato sia sulle imprese esistenti che sulla nascita di nuove.

La presenza di lotti edificabili ancora presenti e invenduti, insieme a capannoni abbandonati da anni, sono la prova di un calo della domanda da parte delle imprese. Le aree edificabili, così come quelle già antropizzate e in disuso non hanno una prospettiva di sviluppo se non quella segnata sin dall'inizio, senza un'apparente alternativa: l'attività economica. Sono in attesa di manifestarsi per il loro scopo originario, senza invece riflettere sul fatto che l'economia e i suoi spazi cambiano con una velocità tale che possiamo solo anticiparli progettando degli spazi sufficientemente flessibili e in grado di riflettere su funzioni alternative a quelle del settore secondario. La mancanza di una vision sullo sviluppo di un territorio si relaziona e si traspone alla scala dell'edificio: si manifesta tramite l'uso ormai consolidato delle superfetazioni. Queste rappresentano un segno inequivocabile di una mancanza della vision futura della configurazione dell'impresa e caratteristica comune a moltissimi edifici industriali che caratterizzano il territorio. Le cause sono individuabili in una mancanza di sensibilità verso la progettazione del complesso e la gestione del territorio, insieme all'asincronia tra la velocità dell'economia e quella della progettazione e della costruzione.

Altra caratteristica evidente del territorio è la carenza di parcheggi all'interno delle varie aziende, a causa di leggi urbanistiche e piani regolatori obsoleti, oltre a deroghe nelle fasi di successivi ampliamenti dei complessi industriali. La prescrizione di aree dedicate alle auto su quota percentuale del lotto da edificare, e non in base agli operatori dell'impresa, trascura la reale necessità di spazi da dedicare alle automobili. Le dimensioni dei capannoni non sono in funzione degli occupanti, ma in base alla tipologia di produzione. Le conseguenze si riversano nelle strade principali occupate dalle auto, fatta eccezione per l'ultima lottizzazione, avvenuta più recentemente. L'osservazione di questo fenomeno pone l'attenzione su un punto centrale della progettazione: le persone adattano il loro comportamenti in base alle

necessità. I progettisti sono chiamati ad interpretare queste necessità per elaborare una proposta progettuale efficace.

Oltre alle superfetazioni e all'assenza di parcheggi, le leggi urbanistiche e il PRG non hanno saputo gestire un altro elemento fondamentale: il verde. Questo si presenta frammentato e non utilizzato, sia all'interno del contesto urbano, sia all'interno delle varie imprese (quando ancora presente). Le aree vegetate sono scomode rispetto al funzionale asfalto, in grado di accogliere qualunque funzione presente e futura dell'impresa, a scapito della permeabilità del terreno e creando un'isola di calore in tutta l'area.

Ancora lontana è l'idea di gestire gli spazi per ottenere una qualità maggiore, riducendo le aree asfaltate, funzionali alla produzione, e quelle verdi necessarie a un maggior equilibrio ambientale. Il rapporto di questi luoghi con il verde ha un impatto inevitabile sulle persone che fruiscono di questi spazi.

Sembra che l'unica necessità di chi occupa questi luoghi sia di lavorare, ma di fatto le persone si adattano al contesto e rispondono alle loro necessità.

Non è raro vedere, durante i periodi più miti, persone che passeggiano lungo le strade durante la pausa pranzo per ricrearsi insieme ai colleghi. Offrire degli spazi idonei, significa offrire delle possibilità differenti di vivere uno spazio, non solo per produrre, ma per ricreare e socializzare. Il verde pubblico, così come quello privato, dovrebbe deframmentarsi e andare a comporre spazi di qualità fruibili.

Aree verdi frammentate e aree antropizzate non utilizzate vanno a costituire una mappa delle potenzialità del luogo in cui dobbiamo operare. Proposte strategiche e un progetto architettonico possono esprimere le possibilità che un luogo oramai trascurato può manifestare, conferendogli un carattere più evoluto. Per l'elaborazione di una proposta compiuta e in linea con le future sfide, i protocolli di sostenibilità ambientale diventano un aiuto prezioso in grado di dare spessore ad ogni fase del progetto, dall'analisi alla successiva gestione.



Figura 2.1.5: Analisi e differenziazione delle superfici dell'area industriale.

2.2. PROTOCOLLO ITACA A SCALA URBANA "SINTETICO"

Tema centrale per l'evoluzione e lo sviluppo futuro risiede nell'integrazione tra temi ambientali, sociali ed economici. La sostenibilità ambientale non è più un tema su cui discutere, ma oramai esigenza ineludibile per lo sviluppo del pianeta. Attraverso i protocolli di sostenibilità ambientale, si riesce a garantire un progetto più completo e focalizzato sulle tematiche ambientali, affrontando una varietà di temi che permettono di garantire un risultato di qualità maggiore.

I protocolli di sostenibilità non sono perciò un fine da raggiungere, ma mezzo per ottenere un risultato differente. Con quest'ottica ho scelto di adottare il Protocollo Itaca in scala urbana "sintetico". Da un lato come ausilio per la progettazione, dall'altra come scelta di introdurre tematiche ancora lontane dalle realtà industriali.

La scelta specifica del protocollo è dovuta all'affinità con il protocollo che ho applicato al complesso industriale progettato, la Prassi di Riferimento UNI/PdR 13 (ex Protocollo Itaca): entrambi hanno struttura molto simile, variano su alcune tematiche che sono applicabili ad una diversa scala di progettazione. Questo mi ha permesso di avere una visione più integrata delle varie scale di analisi e di progetto durante l'elaborazione della mia tesi.

Il protocollo Itaca in scala urbana sintetico (versione 2.02 del 14.12.2020) è un sistema di analisi multicriteria che considera tutti gli aspetti del progetto legati al concetto di sostenibilità ambientale. Questi vanno dal miglioramento energetico ed ambientale del contesto urbano, alla qualità degli spazi pubblici, alla sicurezza, al contrasto del consumo di suolo per citarne alcuni.

Lo scopo di questo protocollo è di rispondere alla necessità sempre più crescente di una riqualificazione di uno spazio urbano.

E' uno strumento che può essere impiegato:

- In fase di progetto come strumento di supporto alla decisione con la finalità di raggiungere gli obiettivi di sostenibilità;
- In fase di esercizio per monitorare il livello di sostenibilità complessivo.

Questo protocollo utilizza la medesima metrica applicata agli altri protocolli elaborati da Itaca, basati sul sistema di valutazione SBTool, strumento internazionale sviluppato attraverso la ricerca Green Building Challenge coordinato da iiSBE (international initiative for a Sustainable Built Environment).

Partendo da un set di voci di valutazione di base (dette criteri), la versione Sintetica del Protocollo Scala Urbana consente di fornire un punteggio di prestazione finale, indicativo del livello di sostenibilità dell'insediamento urbano.

Gli elementi costitutivi del metodo di valutazione possono essere così riassunti:

- un insieme di voci di valutazione, dette criteri;
- un insieme di grandezze, dette indicatori, che permettono di quantificare la prestazione dell'area urbana in relazione a ciascun criterio.

Visto il numero contenuto di criteri, diversamente dalla versione originaria il Protocollo Sintetico (PSUS) non è strutturato secondo un livello gerarchico. Tuttavia la codifica dei criteri conserva il riferimento alla classificazione delle aree di valutazione secondo la struttura del Protocollo originario.

Il processo di valutazione consente di formulare un giudizio sintetico sulla performance globale di un'area urbana. Quest'ultimo riassume le performance dell'area in esame in relazione a ciascun criterio e viene, quindi, calcolato a partire dal valore degli indicatori.

Il punteggio di prestazione finale deve essere calcolato attraverso una procedura di valutazione che si articola nelle fasi seguenti:

- caratterizzazione: le prestazioni dell'edificio per ciascun criterio vengono quantificate attraverso opportuni indicatori;
- normalizzazione: il valore di ciascun indicatore viene reso indipendente dalle dimensioni fisiche e viene "risalato" in un intervallo di normalizzazione;
- aggregazione: i punteggi normalizzati sono combinati insieme per produrre il punteggio finale.

Relativamente alla fase di aggregazione dei criteri, il peso di questi ultimi viene definito in base da tre valori, ovvero:

- durata (Dk): misura la durata nel tempo dell'effetto correlato al criterio. Dk ha valore 1 se la durata è minore di 5 anni, 2 è compresa tra 5 e 10 anni, 3 se è compresa tra 10 e 30 anni;
- estensione (Ek): misura l'estensione geografica dell'effetto correlato al criterio. Ek ha valore 1 se l'estensione è a livello dell'isolato, 2 se è a livello di comparto (insieme di lotti o isolati), 3 se è a livello di quartiere (quadrante urbano);
- intensità (Ik): misura la magnitudo dell'effetto correlato al criterio. Ik ha valore 1 se l'intensità è debole, 2 se è moderata o indiretta, 3 se è elevata o diretta.

In base alla durata (Dk), estensione (Ek) e intensità dell'effetto correlato a un criterio (Ik), è possibile determinare il suo livello di impatto (Pk) come:

$$P_k = D_k \times E_k \times I_k$$

Il peso di un criterio nell'ambito dell'intero Protocollo deve essere calcolato secondo la seguente formula:

$$W_k = \frac{P_k}{\sum_{k=1}^n P_k}$$

dove:

Wk = peso del criterio

Pk = fattore di ponderazione del criterio¹

L'attuazione di strategie di sostenibilità ambientale da applicare alla scala urbana rappresenta un impegno dell'agenda politica internazionale, europea e nazionale. Da una parte accoglie le sfide internazionali e i SDGs, dall'altra diventa la fase di intermedia tra decisione politica e progettazione di ogni singolo edificio privato, aiutando ad elaborare un masterplan che diventi la matrice di riferimento per il futuro sviluppo dell'area industriale.

¹ Protocollo scala urbana sintetico, versione 2.02 del 14.12.2020, pp.6-13

2.3. I CRITERI DI SOSTENIBILITA' APPLICATI

I criteri di sostenibilità ambientale contenuti nel protocollo Itaca non sono tanto degli obiettivi da raggiungere, ma devono considerarsi come strumento per ottenere un risultato di qualità. Questi permettono al progettista di focalizzare l'attenzione verso tematiche legate al concetto di qualità ambientale, facilitando l'elaborazione del progetto e la gestione dello stesso post operam.

Tra i criteri disponibili, ne ho selezionati 3 che hanno in comune la caratteristica di trattare le superfici verdi del contesto urbano. Una scelta spontanea a fronte dell'analisi del contesto urbano, da cui si evince la presenza di superfici verdi frammentate e trascurate. All'interno della zona industriale, le superfici vegetate dovranno avere un ruolo differente, integrate con le funzioni esistenti e con quelle future, conferendo nuova qualità a questi spazi.

Di seguito si riportano i criteri scelti nel loro testo integrale, dalla quale si evincono le loro finalità e la metodologia di calcolo dell'indicatore.

2.3.1. CRITERIO 2.03: CONSERVAZIONE DI SUOLO

Esigenza: Favorire l'uso di aree contaminate, dismesse o precedentemente antropizzate

Peso del criterio: 9

Indicatore di prestazione: Livello di utilizzo pregresso dell'area di intervento

Finalità e metodo di verifica

Il criterio valuta il riuso del suolo che ha subito interventi antropici, ovvero di un suolo che è stato precedentemente utilizzato, occupato e/o contaminato.

Il criterio è calcolabile per aree soggette ad interventi assimilabili alle categorie di seguito indicate:

- a) nuova costruzione o sostituzione di edifici e infrastrutture;
- b) riqualificazione o bonifica del suolo mediante il recupero dei servizi ecosistemici persi a causa di opere che hanno determinato l'uso del suolo, attraverso il ripristino delle funzioni ecologiche della stessa area o di un'altra porzione di suolo, in maniera pari o superiore a quella contaminata, inquinata, degradata.

Il criterio attribuisce un punteggio elevato ad interventi che prevedono il riuso o la riqualificazione di suolo precedentemente occupato e/o contaminato. Al contrario la valutazione penalizza gli interventi previsti su terreno naturale, aree verdi o agricole.

Obiettivo del criterio è quello di limitare il consumo di nuovo suolo. Quest'ultimo di fatto è da considerare unanimemente come risorsa non rinnovabile, caratterizzata da forme di degrado potenzialmente molto rapide e allo stesso tempo da processi di rigenerazione estremamente lenti.

L'importanza di questo indicatore è quindi evidente: il suolo libero e il suolo agricolo, sempre più scarsi a causa della intensa crescita degli insediamenti, rappresentano gli elementi chiave per la salvaguardia degli equilibri ecologico-ambientali, e quindi vanno tutelati.

Gli elementi che qui sono considerati sono essenzialmente due: il consumo di suolo da superficie infrastrutturata e il consumo di suolo da superficie urbanizzata. Entrambe comportano la perdita dei caratteri naturali del suolo derivanti dal progressivo aumento di superficie impermeabile.

Metodologia di calcolo

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione si procede come segue:

- I. Suddividere l'area di intervento in zone omogenee riferendosi alle categorie di seguito elencate:
 1. area con caratteristiche del terreno allo stato naturale;
 2. area verde e/o sulla quale erano ospitate attività di tipo agricolo;
 3. area occupata da strutture edilizie o infrastrutture esistenti;
 4. area sulla quale sono state svolte (o sono in programma) operazioni di bonifica del sito (secondo quanto previsto dal D.lgs 152/06);

Nota 1-Per terreno allo stato naturale (cat. B.1) si intende il terreno che si è formato sotto l'influenza di pedogenetici naturali (acqua, vento, temperatura, piante, animali, etc.). Esso ospita eventualmente una vegetazione spontanea quasi sempre composta da più specie in associazione ed in equilibrio con l'ambiente. S'intende quindi un terreno senza interventi antropici di alcun tipo precedenti agli interventi da valutare, ovvero un terreno che dentro e fuori terra non ha subito modifica o perdita della superficie naturale, semi-naturale o libera.

Nota 2 -Per area verde o agricola (cat. B.2) si intende un'area sistemata a verde che non rientra nella cat. B.1, (ad es.: superfici destinate o sistemate a prato o a giardino oppure aree destinate a superficie agricola). S'intende quindi un terreno con interventi antropici, ma che dentro e fuori terra non ha subito modifica o perdita della superficie destinata ad area verde o superficie agricola a seguito di contaminazione, inquinamento o depauperamento di alcun tipo, precedentemente agli interventi da valutare.

Nota 3 -Le aree attribuibili alla categoria B.3 sono le aree del lotto che precedentemente all'intervento risultavano occupate da strutture edilizie e/o infrastrutture, quali immobili, strade, parcheggi, etc., in stato di esercizio o di abbandono.

Nota 4 -Le aree attribuibili alla categoria B.4 sono le aree del lotto che precedentemente all'intervento hanno ospitato attività inquinanti poi dismesse e che sono assoggettate ad interventi di bonifica secondo quanto previsto dal D.Lgs. 152/06 al fine di renderle compatibili con l'edificabilità.

- II. Calcolare la superficie totale (A) sommando le rispettive superfici delle aree B.1, B.2, B.3 e B.4.
- III. Moltiplicare la superficie di ogni zona omogenea per il peso assegnato. I pesi da attribuirsi a ciascuna superficie omogenea sono definiti come segue:

$$B.1 = -1$$

$$B.2 = 0$$

$$B.3 = 3$$

$$B.4 = 5$$

Nota 5 -Qualora si trattasse di volumetria edificata al di sopra di un suolo agricolo o allo stato naturale dovuta ad un atterraggio di crediti edilizi, solo in quel preciso caso il peso da attribuire è da considerarsi pari a 3.

- IV. Calcolare l'indicatore di prestazione, ovvero il livello di riutilizzo del suolo precedentemente occupato

Moltiplicare ogni zona omogenea per il peso assegnato, sommare i valori pesati e dividerli per il totale della superficie oggetto di valutazione (A).

$$\text{INDICATORE} = (B.1*(-1)+B.2*(0)+B.3*(3)+B.4*(5))/A$$

- V. Confrontare il valore di calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.

Il Punteggio da attribuire al criterio si ricava per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione²

² Protocollo scala urbana sintetico, versione 2.02 del 14.12.2020, pp.18-20

SCALA DI PRESTAZIONE			
			PUNTI
NEGATIVO		< 0	-1
SUFFICIENTE		da 0 a 1	0
BUONO		> 1 fino a 3	3
OTTIMO		> 3	4

Dalla metodologia di calcolo dell'indicatore del criterio si comprende la volontà del suo utilizzo: intervenire su un'area non coinvolgendo aree allo stato naturale, che andranno debitamente gestite, ma andando ad agire sul territorio già antropizzato. L'intervento ricade su aree dismesse e superfici già asfaltate. Il progetto a scala urbana tende a gestire lo spazio già antropizzato, e preserverà quello allo stato naturale.

In un progetto urbano preservare le aree verdi non significa trascurarle, ma gestirle affinché si possano integrarle con le altre funzioni presenti e usufruibili.

Le aree agricole vengono trattate come neutrali rispetto al calcolo dell'indicatore del criterio, conferendo loro un coefficiente moltiplicativo pari a 0. Nell'ambito di aree industriali, molte delle quali nate sottraendo terreno al settore primario, non credo che l'approccio sia adeguato ad una prospettiva di sviluppo sostenibile. Le aree agricole vanno preservate per avere un'inversione di tendenza rispetto all'espansione delle aree industriali (e non solo). È prioritario riutilizzare i territori già antropizzati piuttosto che intervenire su aree dedicate al settore primario. Il rapporto con la natura, non intesa solamente come vegetazione autoctona e superfici verdi, ma anche come superfici agricole di un'economia attiva, va preservato e ribilanciato.

2.3.2. CRITERIO 4.01: RILEVANZA DELLO SPAZIO PUBBLICO APERTO

Esigenza: Migliorare la disponibilità e la caratterizzazione funzionale degli spazi pubblici aperti nelle aree urbane.

Peso del criterio: 9

Indicatore di prestazione: Disponibilità e varietà d'uso degli spazi pubblici aperti nelle aree urbane.

Finalità e metodo di verifica

- I. Individuare, nell'area in esame, gli spazi aperti pubblici o a uso pubblico.
Si escludono dal calcolo:
 - le superficie destinata a strade e parcheggi;
 - gli spazi che risultano, per le caratteristiche fisiche intrinseche, sostanzialmente non fruibili dal pubblico (es. pendii non percorribili, aree abbandonate, o di risulta e "ritagli", ecc);
- II. Raggruppare in zone omogenee, gli spazi pubblici individuati come al punto precedente e ricondurli alle categorie di seguito elencate:
 - a) marciapiedi con larghezza $\leq 1,50$ m; spazi privi di funzione;
 - b) piste ciclabili, zone 30, ZTL, strada a viabilità promiscua a precedenza ciclabile e pedonale (rif. Proposta di modifica della Regione Puglia al Codice della Strada, non ancora approvata);
 - c) spazi aperti e strutture collettive ad alta frequentazione e specializzazione (di livello urbano o extraurbano, quali parchi, spazi dedicati all'intrattenimento o al commercio ecc.; (qualora fosse presente negli spazi indicati una delle funzioni descritte al successivo punto B.4 tale superficie va stralciata dal conteggio del punto B.3);
 - d) spazi aperti e strutture collettive di prossimità quali: piazze, porticati, marciapiedi (con larghezza > 1.50 m), aree pedonali, aree verdi attrezzate e

per lo stare (dotate ad es. di panchine, sistemi di ombreggiamento, ecc.), per il gioco, il fitness, la convivialità (es. cucine di quartiere all'aperto, aree picnic) spazi che ospitano attività di mercato di quartiere (anche coperto), playground ecc.

- III. Calcolare la superficie complessiva dell'area A in esame sommando le zone omogenee di cui al punto 1:

$$A = B.1 + B.2 + B.3 + B.4$$

- IV. Moltiplicare la superficie di ogni zona omogenea per il peso assegnato. I pesi da attribuirsi a ciascuna superficie omogenea sono definiti come segue:

$$B.1 = -1$$

$$B.2 = 2$$

$$B.3 = 3$$

$$B.4 = 5$$

- V. Calcolare l'indicatore di prestazione, moltiplicare ogni zona omogenea per il peso assegnato, sommare i valori pesati e dividerli per il totale della superficie oggetto di valutazione (A).

$$\text{INDICATORE} = (B.1*(-1)+B.2*(2)+B.3*(3)+B.4*(5))/A$$

- VI. Confrontare il valore di calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio³

SCALA DI PRESTAZIONE		
		PUNTI
NEGATIVO	< 0	-1
SUFFICIENTE	da 0 a 1	0
BUONO	> 1 fino a 3	3
OTTIMO	> 3	4

³ Protocollo scala urbana sintetico, versione 2.02 del 14.12.2020, pp.21-23

Il criterio incentiva la progettazione di aree collettive e instaura un nuovo rapporto tra edifici e contesto urbano in cui si collocano. Enfatizza l'importanza dell'uso del suolo pubblico da parte delle persone e alla progettazione di spazi urbani di qualità per la socializzazione e di uso pubblico.

L'unica criticità individuabile risiede nella dimensione dei marciapiedi: richiedere una larghezza minima di 1,50 m, da un lato valorizza la pedonalità, dall'altro però bisogna tener conto che non sempre è possibile avere queste dimensioni, soprattutto per interventi su aree esistenti.

Inoltre il criterio premia un alta densità di intervento nelle aree considerate, attraverso il calcolo dell'indicatore. Dividendo la combinazione lineare delle aree considerate per l'area totale di intervento, si evidenzia questo aspetto. Ciò significa che si penalizzano casi in cui si inseriscono spazi di aggregazione in ampi superfici verdi da preservare, ma accessibili ad un uso pubblico.

2.3.4. CRITERIO 5.14: SEQUESTRO DI CO2

Esigenza: Compensare le emissioni di anidride carbonica

Peso del criterio: 9

Indicatore di prestazione: Potenziale sequestro di CO2 per unità di superficie

Unità di misura: tepCO2/ettaro

Finalità e metodo di verifica

Il criterio valuta le capacità di sequestro di CO2 ad opera delle superfici a verde.

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione si proceda come segue:

- I. Individuare l'area urbana di intervento e calcolarne l'estensione superficiale complessiva (A) [ettari].
- II. Identificare le zone verdi presenti nell'area urbana, misurarne l'estensione in ettari e assegnare una tipologia di riferimento tra:
 - A1. orto urbano
 - A2. terreno erboso
 - A3. terreno con alberi
- III. Calcolare il potenziale complessivo di sequestro di CO2 (B) come sommatoria dei prodotti tra le estensioni delle diverse zone verdi (A) ed il relativo coefficiente di sequestro di CO2 (α) applicabile ad ognuna di esse:

$$B) = \sum_{i=1}^3 A_i \alpha_i$$

ai fini del calcolo utilizzare i seguenti coefficienti di sequestro CO2:

α_1 . orto urbano = 188 tepCO2/ettaro

α_2 . terreno erboso = 298 tepCO2/ettaro

α_3 . terreno con alberi = 285 tepCO2/ettaro

- IV. Calcolare il valore dell'indicatore applicando la formula seguente:
potenziale sequestro di CO2 per unità di superficie = B/A [tepCO2/ettaro]

V. Confrontare il valore ottenuto con i benchmark della scala di prestazione ed attribuire il punteggio.⁴

SCALA DI PRESTAZIONE		
		PUNTI
NEGATIVO	<100	-1
SUFFICIENTE	100	0
BUONO	175	3
OTTIMO	225	5

Questo criterio ha posto l'attenzione su 2 questioni fondamentali.

L'orto urbano può essere un interessante proposta di progetto da inserire anche all'interno di contesti industriali. Le aree agricole non vengono più convertite in industriali, ma anzi si reintroducono all'interno delle aree del settore secondario. Il confine tra aree agricole ed industriali diventa più labile, si frammenta, fino a poter creare una compenetrazione in cui prevale l'introduzione della coltura e viene frenata l'espansione delle costruzioni produttive.

Il sequestro di CO₂ è l'azione complementare alla riduzione delle emissioni. In aree produttive, in cui le emissioni sono direttamente correlate all'attività economica, risulta estremamente utile non solo ridurre le emissioni, ma anche compensando il problema. Non si agisce sulle emissioni di anidride carbonica, ma sul suo processo inverso: la fotosintesi clorofilliana. Il verde diviene parte attiva per compensare un problema creato dall'attività antropica.

⁴ Protocollo scala urbana sintetico, versione 2.02 del 14.12.2020, pp.34-35

2.4. LA PROPOSTA ALTERNATIVA DI SVILUPPO

La proposta elaborata ha lo scopo di indicare un'alternativa di sviluppo di un'area industriale, attraverso l'utilizzo dei criteri del Protocollo Itaca scelti.

I criteri di sostenibilità non sono lo scopo ultimo del progetto, ma strumenti che aiutano a focalizzarsi su alcune tematiche progettuali che coinvolgono la scala urbana. Una riflessione attenta ha permesso di individuare una direzione di sviluppo più sostenibile, non solo a livello ambientale, ma anche a livello sociale. Il progetto urbano si colloca come quadro intermedio tra i SDGs già descritti precedentemente, e il progetto del singolo edificio, tramite l'elaborazione di un masterplan che costituisca la matrice di una identità nuova dell'area produttiva. La progettazione dell'area urbana costituisce inoltre un importante strumento di gestione del territorio, in grado di interpretare le decisioni dell'amministrazione pubblica.

Oltre il concetto di sostenibilità, è stato altrettanto fondamentale interpretare le necessità peculiari di quest'area. Ritengo importante proporre un progetto in grado di rispondere ai comportamenti adattivi degli occupanti. Le persone hanno adattato l'uso di questi spazi alle loro necessità.

Mi riferisco alla necessità di parcheggiare auto lungo le strade pubbliche, la necessità di avere un luogo per ricreare e per passeggiare. Ritengo fondamentale interpretare questi comportamenti e necessità, tanto quanto creare delle occasioni nuove di incontro e di fruizione.

In ultima premessa, il progetto di un'area produttiva deve considerare la sua peculiarità più evidente: lo sviluppo economico. Solitamente caratterizzato da una velocità ben diversa dal campo delle costruzioni, riadatta lo spazio alle sue necessità. Un modo per affrontare un contesto in continua evoluzione economica è

una proposta progettuale sufficientemente flessibile, in grado di riadattarsi a scenari imprevedibili.

L'elaborazione del progetto si esplica tramite un masterplan, ma le proposte strategiche alla base del suo disegno sono esportabili anche in altri contesti industriali analoghi, riadattandone forme e funzioni.

L'elaborazione di un progetto urbano rappresenta inoltre un'inversione di tendenza. Questa e anche altre aree analoghe, sono state disegnate partendo da strade e piani di lottizzazione in cui si inseriscono le aziende. La loro edificazione, nel complesso, va a determinare tutto il contesto e le caratteristiche dell'area. L'azione di ogni singola impresa ne determina il risultato critico attuale. Con un'azione dell'amministrazione pubblica attraverso un progetto idoneo dello spazio pubblico, si va a definire lo spazio matrice dell'area con un risultato differente. Le aziende, che si collocano in un contesto qualitativamente differente, saranno direttamente e indirettamente indotte ad adottare comportamenti costruttivi differenti. Si spera in un adattamento comportamentale virtuoso in campo architettonico.

Il masterplan è stato elaborato con l'intenzione di deframmentare il territorio utilizzando le aree verdi e antropizzate individuate nella fase di analisi. Questo patchwork viene reso unitario attraverso l'utilizzo di percorsi pedonali, inserendo la vegetazione nelle infrastrutture (dove possibile) e introducendo delle nuove funzioni. Queste ultime sono state definite interpretando delle necessità delle persone che occupano l'area e indicate direttamente dai criteri di sostenibilità selezionati. Gli spazi di aggregazione, che portano le persone fuori dai diversi ambiti lavorativi, diventano spazi di ricreazione e socializzazione, oltre ad essere specificatamente indicati dal criterio 4.01 del Protocollo Itaca a scala urbana "sintetico".



Figura 2.4.1: Ortofoto dell'area industriale. Fonte Google Maps.



Figura 2.4.2: Analisi e differenziazione delle superfici dell'area industriale.



Figura 2.4.3: Individuazione delle aree di intervento.

Le aree antropizzate e abbandonate vengono riutilizzate per proporre nuove funzioni all'interno del progetto. Le superfici vegetate sono preservate, collocando all'interno di esse occasioni di aggregazione e dando la possibilità di inserire, in futuro, nuovi eventuali elementi. Questi spazi dinamici ed evolutivi devono essere progettati con una sufficiente flessibilità e adattabilità a nuovi scenari, dettati da diverse necessità che possono insorgere.

2.5. DA AREA PRODUTTIVA A MIX FUNZIONALE

In una zona industriale carente di funzioni al servizio delle aziende e dei lavoratori, è prioritario riflettere sulle possibili funzioni da introdurre, oltre quelle già presenti.

Come già precedentemente accennato, all'interno dell'area analizzata sono presenti 3 attività che nulla hanno a che fare con l'industria:

- il "Paradise": uno spazio indoor molto ampio che offre bowling, gaming e pattinaggio sul ghiaccio. A fianco presenta una zona per il softair che si affaccia sullo stesso parcheggio.
- Il "Blaster": un pub che offre servizi dalla cena fino a notte inoltrata.
- Il "Miami club": una discoteca aperta nella stagione invernale.

Unico servizio presente legato alla presenza di attività economiche è l'Hotel Pineta, di recente costruzione ai margini della zona produttiva.

I servizi tipici per i lavoratori si collocano lungo la SP 21 e lungo la SP 76, con distanze relativamente lunghe per un accesso pedonale. Questi riguardano la ristorazione, solitamente al servizio dei viaggiatori, piuttosto che per gli utenti degli stabilimenti produttivi.

Con il masterplan si inseriscono altri servizi che possono incrementare la capacità di fruizione della zona, oltre quella prettamente lavorativa: in questo modo si possono creare nuove occasioni di fruizione dello spazio.

Per quanto riguarda la loro collocazione, la scelta naturale ricade in aree già antropizzate, in linea con il criterio 2.03 del Protocollo Itaca, determinando il minor impatto ambientale possibile. Le forme preliminari, coerentemente con la scala di progetto, si definiscono attraverso l'interazione con il sistema di passaggi pedonali, alla quale sono stati dati una particolare importanza.

I marciapiedi non sono marginali rispetto alla strada, ma protagonisti di una “Promenade” in cui le funzioni si inseriscono.

La tipologia di funzioni inserite prendono ispirazione dai sustainable development goals (SDGs), portando un livello di governance globale all’interno del territorio, e dai criteri del Protocollo di sostenibilità scelti, che enfatizzano l’uso dello spazio pubblico.

Coerentemente con il criterio 4.01 del Protocollo Itaca a scala urbana, gli spazi di aggregazione sono protagonisti del progetto e si inseriscono nelle aree verdi individuate. Questi si legano tra loro attraverso i percorsi pedonali e insieme formano un sistema in grado di permettere la fruizione degli spazi verdi.

In questo sistema di spazi verdi riconnesso, si inseriscono nuovi servizi, in grado di offrire occasioni nuove di fruizione e dinamiche differenti, in un territorio dedito alla sola produzione.

In un’area ormai abbandonata, adiacente al complesso industriale progettato, ho inserito uno spazio polifunzionale indoor, in grado di offrire servizi ai lavoratori e alle imprese (bar, ristorante, sale riunioni ecc.), e che si collega al percorso pedonale progettato.

Oltre agli spazi di aggregazione, ho dato importanza agli spazi per la cura personale e la salute, vista non come cura a posteriori, ma come esercizio fisico a priori. In linea con l’obiettivo 3 dei SDGs, si recepisce un aspetto importante della vita delle persone e si inserisce in un progetto in cui si incentiva la vita sociale. Il centro fitness si colloca in un’area già antropizzata, in cui era presente uno stabilimento industriale ormai demolito. Di questo rimane solo il solaio contro terra che si connette direttamente con lo spazio pubblico, all’interno di superfici verdi.

2.6. INVERSIONE DI TENDENZA: INTRODUZIONE DEL VERDE

L'analisi della zona industriale ha evidenziato da una parte la presenza di un verde frammentato, da dall'altra la sua natura espansiva a discapito delle aree verdi e agricole.

Se da un lato il progetto proposto tende a preservare le aree vegetate presenti, dall'altra mira ad una introduzione dell'elemento verde in grado di migliorare la qualità del progetto e al contempo risolvere alcuni problemi dell'area, ponendosi controtendenza rispetto alla sottrazione delle aree naturali e recependo l'obiettivo 15 tra i SDGs.

Le aree verdi rese fruibili e protagoniste del progetto vengono collegate tramite fasce verdi che si affiancano alle strade esistenti, nei limiti delle dimensioni presenti. Queste sono vegetate, ma all'evenienza possono accogliere auto tramite l'uso del prato armato. La determinazione di una superficie rispetto all'altra dipenderà dalle specifiche strade e necessità. L'introduzione di superfici erbose mitiga l'effetto isola di calore (tramite ombreggiamento ed evapotraspirazione) e, tramite un'operazione di sottrazione di asfalto, migliorano la permeabilità del terreno e il sequestro di anidride carbonica (in linea con il criterio 5.14 del Protocollo Itaca). Mentre il verde e le aree pubbliche vengono deframmentate, le aree asfaltate e cementate vengono frammentate per migliorare il comportamento idraulico dell'area sotto l'azione di rovesci meteorologici.

La loro importanza risiede nella facilità di realizzazione, nell'esportabilità dell'azione e sono elementi fondamentali per creare una rete verde integrata all'interno della zona industriale. Le aree verdi da frammentate si presentano capillari e si integrano creando una matrice differente dell'area, tale da conferirle un nuovo aspetto e carattere.

La vegetazione così introdotta, rappresenta un filtro sia visivo che acustico, che permette di mitigare l'impatto estetico e fonico delle aziende. L'elemento naturale introdotto assume rilevanza, affiancandosi ai percorsi pedonali.

La strada non è più solo asfalto, ma si basa su un nuovo equilibrio d'uso: trasporti, natura e percorsi pedonali.

Tra le aree analizzate ce ne sono alcune che si trovano attualmente in un limbo, in attesa di essere utilizzate adeguatamente: le aree edificabili non ancora costruite. Da una parte la scarsa richiesta di nuovi insediamenti produttivi, dall'altra un offerta di capannoni esistenti in vendita o in affitto, creano una situazione in cui alcune aree incolte aspettano di avere un ruolo all'interno del contesto produttivo.

La mia proposta prevede un utilizzo, almeno temporaneo, di queste superfici come orto urbano, raggiungendo una doppia finalità. L'attività agricola non rimane confinata al di fuori della zona industriale, ma reintrodotta all'interno, destinando ad essa le aree che gli sono state precedentemente sottratte. Abbiamo un nuovo rapporto con il settore primario: dalla marginalità alla compenetrazione.

Sviluppando il progetto, mi sono voluto soffermare sul come, questo tipo di attività, possano essere in grado di promuovere il coinvolgimento di fasce di popolazione più fragili. Quelle persone che sono fuori dal mercato del lavoro, come le persone pensionate o diversamente abili, o ancora quelle inserite in progetti di aiuto con l'Ambito Sociale Territoriale IX di Jesi, innescando così un' integrazione volta al reinserimento in società.

In un luogo in cui le persone presenti sono solamente quelle produttivamente attive, ritengo questa una proposta da consolidare come occasione di integrazione, sviluppo e crescita, sia sociale che funzionale, degli spazi produttivi.

2.7. INFRASTRUTTURE E MOBILITA' SOSTENIBILE

La rete stradale viene arricchita affiancando ad essa una fascia verde e rafforzando i percorsi pedonali.

Questi ultimi rappresentano il collegamento principale tra i vari spazi di aggregazione introdotti nel progetto, ridando così importanza alla pedonalità dell'area più che ai trasporti su gomma.

La fascia verde introdotta può essere flessibilmente utilizzata per l'introduzione di alberi a medio fusto, oppure accogliere in caso di necessità posti auto su prato armato. In alcune zone dell'area, in cui i parcheggi all'interno delle aziende sono insufficienti, gli operatori sono obbligati a parcheggiare lungo la strada pubblica. La mia proposta intende interpretare questo comportamento e offrire una soluzione progettuale in grado di rispondere flessibilmente a queste necessità, tramite una soluzione alternativa all'asfalto.

Interessante sarà predisporre la possibilità di installazione di torrette di ricarica elettriche, lungo il percorso, in grado di soddisfare le esigenze della nuova mobilità, incentivata da politiche nazionali e incentivi statali.

E' doveroso notare la forte compatibilità tra i tempi di ricarica di un'auto elettrica e i turni lavorativi, poiché tra gli aspetti più critici della mobilità elettrica, ci sono sicuramente i tempi di rifornimento. Il concetto di mobilità sostenibile non coinvolge solo il progetto urbano, ma coinvolgerà anche la progettazione del complesso industriale, anticipando una forte integrazione tra i protocolli di sostenibilità adottati alle diverse scale di progettazione.

Oltre alla possibilità di ricarica elettrica, nell'area di parcheggio, sia pubbliche che private, sono stati introdotti pannelli fotovoltaici, coerenti con l'obiettivo 7 dei SDGs (Energia pulita ed accessibile).

Oltre l'importanza data alla pedonalità dell'area, alla mobilità elettrica e all'introduzione del verde nelle infrastrutture, un ultimo forte elemento caratterizza il progetto e intende così riallacciare l'area ad un territorio più ampio: la pista

ciclabile. Questa penetra all'interno del masterplan e rappresenta una possibile deviazione del percorso ciclabile che parte da Genga e arriva a Falconara Marittima. Così come la pedonalità ha assunto un ruolo protagonista all'interno del progetto, così ne assume anche la pista ciclabile, elemento rilevante che permette di riallacciare l'area ad un territorio più ampio. L'offerta di servizi e aree di sosta poi, in concomitanza con le aree verdi introdotte, indurranno il passaggio così come anche la permanenza del visitatore.

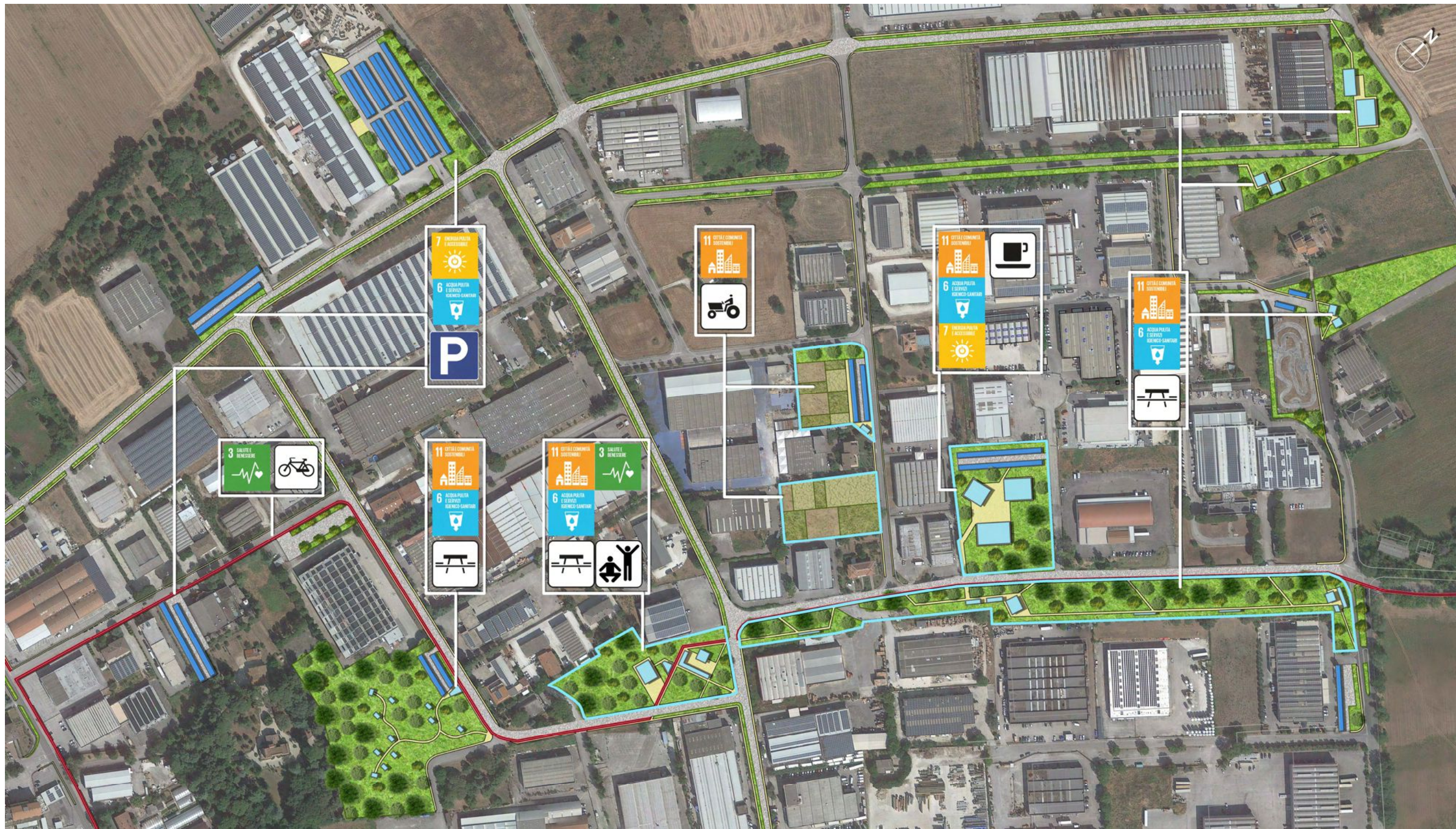


Figura 2.7.1: Masterplan.

LEGENDA



Obiettivo 3.4: Entro il 2030, ridurre di un terzo la mortalità prematura da malattie non trasmissibili attraverso la prevenzione e la cura e promuovere la salute mentale e il benessere.



Obiettivo 7.2: Entro il 2030, aumentare in modo significativo la quota di energie rinnovabili nel mix energetico globale.



Obiettivo 11.7: Entro il 2030, fornire l'accesso universale a spazi verdi pubblici sicuri, inclusivi e accessibili, in particolare per le donne e i bambini, gli anziani, e le persone con disabilità.



Obiettivo 15.3: Entro il 2030, combattere la desertificazione, ripristinare le terre degradate, comprese quelle colpite da desertificazione, siccità e inondazioni e battersi per ottenere un mondo privo di degrado del suolo.



Parcheggio



Area di sosta e aggregazione



Servizi di bar e ristorazione



Orto urbano



Pista ciclabile



Area fitness

2.8. RINNOVABILITA' E RICICLABILITA' DEI MATERIALI UTILIZZATI

La sostenibilità non è un tema che riguarda solamente le superfici esterne e naturali, ma anzi abbraccia una quantità di temi che coinvolgono ogni aspetto del progetto, sia la scala urbana che quella dell'edificio.

Nonostante nel protocollo Itaca a scala urbana non è citato il tema dei materiali da utilizzare, nel mio lavoro ho voluto trattarli ugualmente. La loro scelta infatti, determina un effetto sia sul progetto architettonico, sia soprattutto sulla sua proiezione al futuro in termini ambientali.

Nel mio lavoro di tesi, non ho scelto di introdurre l'albero puramente come elemento naturale, ma ho voluto dargli una connotazione ecosostenibile. L'utilizzo del legno come materiale rinnovabile, permette così di caratterizzare differenzialmente questi spazi produttivi, che conoscono solamente una grammatica compositiva basata sul calcestruzzo e sull'acciaio. Il legno infatti, rappresenta un materiale degradabile e mutevole, in grado di adattarsi alle veloci dinamiche economiche e al metabolismo urbano che ne consegue.

La costruzione così progettata non è concepita come permanente e durevole, ma attraverso i materiali naturali ci si proietta verso una consapevole mutevolezza dei tempi e dello spazio che li deve accogliere. Un concetto che ha come radice la sostenibilità, in grado di utilizzare materiali rinnovabili in modo da non sottrarre risorse alle future generazioni.

L'utilizzo del legno diventa anche un'occasione per la sperimentazione di nuove strutture e premiare una filiera delle costruzioni più attenta alle tematiche ambientali. La scelta dei materiali perciò non caratterizza solo il progetto, non riguarda solo l'impatto ambientale, ma premia economicamente le imprese che hanno investito risorse nella direzione di soluzioni più sostenibili.



Figura 2.8.1: Il Metropol Parasol a Siviglia di Jürgen Mayer.



Figura 2.8.2: Padiglione del Chile Expo Milano 2015 di Cristián Undurraga.

2.9. INDICIZZAZIONE DEI CRITERI SCELTI

Indicizzare i criteri di sostenibilità scelti è stato utile in fase di progettazione per riflettere sulle tematiche scelte, puntando a massimizzarli. Questo processo iterativo ha portato a formulare la proposta, coerentemente con gli obiettivi posti dai criteri di sostenibilità scelti. Il sistema indicizzato non corrisponde alla totalità delle superfici oggetto di progettazione, ma è composto da 5 aree di intervento.



Figura 2.9.1: Sistema indicizzato con i criteri di sostenibilità ambientale.

Si riportano direttamente le tabelle Excel utilizzate per il calcolo del punteggio di ogni criterio selezionato.

AREA 4		
Percorso verde		
A (mq)	Superficie totale intervento	16680
Aa (mq)	Area agricola o che ha subito intervento antropico	16680
Aant (mq)	Area antropizzata	2950
Ap (mq)	Area pedonabile collettiva	2170
Aps (mq)	Area pedonale con funzione specifica	0
Ac (mq)	Area ciclabile	0
Av (mq)	Area vegetata	14510
Ar (mq)	Area senza una funzione specifica	0

AREA 5		
Area ex Hotel		
A (mq)	Superficie totale intervento	9970
Aa (mq)	Area agricola o che ha subito intervento antropico	0
Aant (mq)	Area antropizzata	9970
Ap (mq)	Area pedonabile collettiva	1360
Aps (mq)	Area pedonale con funzione specifica	1440
Ac (mq)	Area ciclabile	0
Av (mq)	Area vegetata	5900
Ar (mq)	Area senza una funzione specifica	0

AREA 6		
Orto urbano 1 - più a Nord		
A (mq)	Superficie totale intervento	4810
Aa (mq)	Area agricola o che ha subito intervento antropico	3250
Aant (mq)	Area antropizzata	1560
Ap (mq)	Area pedonabile collettiva	530
Aps (mq)	Area pedonale con funzione specifica	2650
Ac (mq)	Area ciclabile	0
Av (mq)	Area vegetata	820
Ar (mq)	Area senza una funzione specifica	0

AREA 7		
Orto urbano 2		
A (mq)	Superficie totale intervento	4736
Aa (mq)	Area agricola o che ha subito intervento antropico	4736
Aant (mq)	Area antropizzata	0
Ap (mq)	Area pedonabile collettiva	0
Aps (mq)	Area pedonale con funzione specifica	4736
Ac (mq)	Area ciclabile	0
Av (mq)	Area vegetata	4736
Ar (mq)	Area senza una funzione specifica	0

AREA 8		
Area antropizzata - precedentemente edificata		
A (mq)	Superficie totale intervento	8565
Aa (mq)	Area agricola o che ha subito intervento antropico	0
Aant (mq)	Area antropizzata	8565
Ap (mq)	Area pedonabile collettiva	1680
Aps (mq)	Area pedonale con funzione specifica	245
Ac (mq)	Area ciclabile	150
Av (mq)	Area vegetata	6720
Ar (mq)	Area senza una funzione specifica	0

CRITERIO 2.03 - CONSERVAZIONE DEL SUOLO		
A (mq)	Area totale intervento	44761
B.2 (mq)	Area verde e/o sulle quali erano ospitate attività agricole	24666
B.3 (mq)	Aree occupate da strutture edilizie o infrastrutture	23045
INDICATORE DI PRESTAZIONE		1,544537
PUNTEGGIO		1,772268

CRITERIO 4.01 - RILEVANZA DELLO SPAZIO PUBBLICO APERTO		
A (mq)	Area totale intervento	44761
B.2 (mq)	Pista ciclabili	150
B.3 (mq)	Spazi ad alta specializzazione funzionale	9071
B.4 (mq)	Spazi collettivi	5740
INDICATORE DI PRESTAZIONE		1,255848
PUNTEGGIO		3

CRITERIO 5.14 - SEQUESTRO DI CO2		
A (ha)	Area totale intervento	4,4761
A.1 (ha)	Orto urbano	0,7386
A.2 (ha)	Terreno erboso	0
A.3 (ha)	Terreno con alberi	2,795
INDICATORE DI PRESTAZIONE (tepCO2/ha)		208,9837
PUNTEGGIO		4,359347

2.10. OSSERVAZIONI

Alla fine del lavoro su scala urbana voglio porre l'attenzione su alcune criticità riscontrate sui criteri di sostenibilità adottati. Considerando solo 3 criteri sui 15 applicabili non si può avere un quadro esaustivo del Protocollo Itaca a scala urbana "sintetico", ma sicuramente possiamo riflettere sulle criticità riscontrate. I criteri di sostenibilità scelti premiano un'alta densità di intervento. Questo si esplica tramite il calcolo dell'indice di prestazione: una combinazione lineare divisa per l'area totale del progetto. Nel caso del progetto proposto, in cui si inseriscono percorsi pedonali e spazi di aggregazione in aree verdi estese, il criterio 4.01 (rilevanza dello spazio pubblico aperto) viene penalizzato. Se avessi considerato la totalità delle superfici progettate, questo avrebbe avuto un valore molto più basso. Una soluzione potrebbe risiedere nel non dividere la combinazione lineare per tutta la superficie di intervento, ma escludendo le superfici vegetate.

L'analisi e il progetto alla scala urbana è stata una fase di lavoro della tesi che mi ha permesso di contestualizzare il progetto del complesso industriale che andrò a descrivere nei prossimi capitoli.

FASI PRELIMINARI PER LA PROGETTAZIONE DI UN' INDUSTRIA SOSTENIBILE

3

Il complesso industriale oggetto del progetto si trova nella zona industriale di Sant'Ubaldo, frazione di Monsano (già largamente trattata nel progetto urbano). Ospita un' azienda che produce stampi per iniezione di plastica, che esporta i suoi prodotti in tutto il mondo: SCS group, che comprende al suo interno l'azienda madre, l'SCS, e un'azienda ad essa dipendente a livello logistico e amministrativo, la Penta Stampi. Questo sarà un aspetto rilevante in fase di elaborazione del progetto, poiché ad entrambe saranno destinate stesse funzioni in spazi differenti e non comuni. L'elaborazione del progetto nasce dalla necessità prossima di un ampliamento dell'azienda e completamento del volume edificabile all'interno del lotto, tramite la realizzazione di un ultimo capannone, con lo scopo di aumentare la capacità produttiva. Il completamento del complesso industriale diviene un' occasione di riqualificazione dello stesso. Il progetto ha la finalità di proporre una soluzione in grado di rispondere sia alle necessità produttive, sia ai requisiti di sostenibilità attraverso l'uso di un protocollo di sostenibilità ambientale: La prassi di riferimento UNI/PdR 13.0:2019.

Tramite il concetto di sostenibilità ambientale propongo un'alternativa di sviluppo del complesso, più sensibile alle tematiche ambientali.

La prima vera fase progettuale affrontata è stata un' analisi accurata del complesso allo stato attuale, con lo scopo di analizzare i requisiti progettuali di uno spazio produttivo, sia prescritti a livello legislativo che richiesti a livello logistico. I primi sono comuni a tutte le attività industriali della zona; i secondi sono invece specifici rispetto all'attività svolta all'interno dell'azienda.

3.1. ANALISI DELLO STATO DI FATTO

Il complesso industriale si è evoluto progressivamente in 20 anni, adattandosi al mutarsi delle esigenze produttive.

Il sistema prefabbricato in calcestruzzo armato è stata la tecnologia più idonea a rispondere alle necessità delle aziende. Questo discorso è riscontrabile in termini di costi, di requisiti della costruzione e manodopera disponibile e della velocità di realizzazione, compatibile con la velocità di monetizzare l'investimento fatto.

L'azienda si insedia in questo sito attorno al 2003, con la costruzione del primo capannone con pianta a L, che presenta una superficie fondiaria di 2600 mq in un lotto di 5480 mq. La costruzione presenta la parte amministrativa in testa, che si sviluppa su 2 piani.

Il resto dell'edificio presenta 2 grandi spazi indoor, quello principale dato da 2 campate del telaio prefabbricato, l'altro separato poiché ospitava la funzione di collaudo, piuttosto rumorosa. Tutto lo stabilimento si sviluppa attorno al modulo di 15,75 x 10 m, imposto dal telaio in calcestruzzo armato prefabbricato. Le pareti esterne si adattano al modulo strutturale attraverso una misura standard adottata per tutto l'edificio. Nel 2013, a seguito dell'assorbimento della Penta Stampi e conseguente potenziamento della produzione, nacque la necessità di ampliamento del complesso. L'azienda acquistò il lotto confinante (4300 mq) e costruì un capannone a pianta rettangolare di 1150 mq, in cui fu trasferita l'ultima fase della lavorazione dell'azienda: il collaudo. Fase rumorosa che richiede degli ampi spazi per ospitare il materiale plastico e le presse. Quest'ultimo edificio fu concepito prevedendo un possibile ampliamento, raddoppiando il suo volume e con eventuale costruzione di pensiline. Questa proposta risulterebbe funzionale in termini volumetrici, ma non tiene conto delle conseguenze sugli spazi esterni, come quelli dedicati ai parcheggi. Le 2 costruzioni sono collocate in lotti separati, comunicanti tra loro tramite un passaggio carrabile. La loro separazione è giustificata dal fatto che il capannone più recente è stato acquistato tramite formula leasing: per questa

ragione, al solo termine del pagamento, si potrà intervenire unificando tutto il complesso produttivo. In aggiunta si può notare come questa separazione permetta un'eventuale vendita del secondo opificio, a fronte di una particolare esigenza economica. Ancora una volta si evidenzia l'importanza della relazione degli spazi creati, con le scelte economiche e amministrative delle aziende, sempre pronte a riadattarsi a dinamiche economiche molto rapide ed in continua evoluzione.



Figura 3.1.1: Ortofoto del complesso industriale. Fonte Google Maps.

In aggiunta ai 2 capannoni, sono presenti altri volumi costruiti per rispondere alle esigenze produttive dell'azienda: non essendo previsti a priori, creano una serie di superfetazioni tipiche di questi contesti. I volumi si affiancano alle costruzioni principali, soprattutto nei prospetti nascosti all'entrata, ed ospita spazi di magazzino coperti, locali tecnici e un refettorio.

Altri volumi sono stati invece collocati all'interno degli stabilimenti, poiché ospitano funzioni legate alla produzione. Questo avviene a discapito dell'ampia volumetria, fondamentale per creare uno spazio produttivo idoneo. In uno spazio alto 6,50 m

(da terra al piano di imposta della copertura), inserendo un volume alto circa 3,00 m, si sfrutta la superficie a discapito del volume.

Lo spazio esterno è frammentato dalla successione di ampliamenti e superfetazioni. Le superfici verdi si collocano ai confini e tra i 2 lotti, restando inutilizzate ed inutilizzabili. Sono state realizzate a fronte delle norme urbanistiche comunali, che ne prescrivono l'inserimento, seppur minimo. Le aree vegetate sono così più un vincolo che una reale possibilità di valorizzare lo spazio e l'immagine dell'azienda.

Il sistema prefabbricato, le superfetazioni e lo spazio esterno prevalentemente asfaltato determinano un impatto architettonico tipico degli edifici di questa tipologia di destinazione d'uso. Così si determina sommariamente il risultato del contesto precedentemente trattato.

L'elemento fondamentale che caratterizza gli spazi è la produzione: essa necessita di ampi volumi, in grado di ospitare flessibilmente le esigenze presenti e quelle future. Le superfici risultano prevalentemente libere e all'interno, gli edifici presentano un'altezza di 6,50 m da terra al piano di imposta della copertura, così da ospitare le varie macchine e il carro ponte. Quest'ultimo necessita di altezze elevate per poter garantire i giusti spazi manovra. La sua presenza andrà ad incidere sul nuovo progetto, richiedendo delle altezze compatibili.

Anche il layout produttivo dell'azienda ha un impatto più o meno diretto sull'organizzazione degli spazi da progettare.

L'organizzazione della produzione prevede 4 fasi di realizzazione distinte:

- Progettazione
- Realizzazione tramite centri di lavoro CNC
- Aggiustaggio e assemblaggio
- Collaudo

In aggiunta a queste funzioni, si affiancano quelle amministrative e commerciali. Tutte le fasi della produzione richiedono spazi idonei, così come quelli necessari per le attrezzature e per i servizi agli operatori, da collocare preferibilmente evitando di frammentare i grandi volumi principali.

Tra le fasi esplicate, solo 3 richiedono grandi spazi, ovvero quelli che ospitano le macchine CNC, l'aggiustaggio e il collaudo, la fase più rumorosa e saltuaria in cui si verifica la prestazione del prodotto lavorato. Il suo impatto acustico va considerato in fase di progettazione, tentando così di arginarne le criticità.

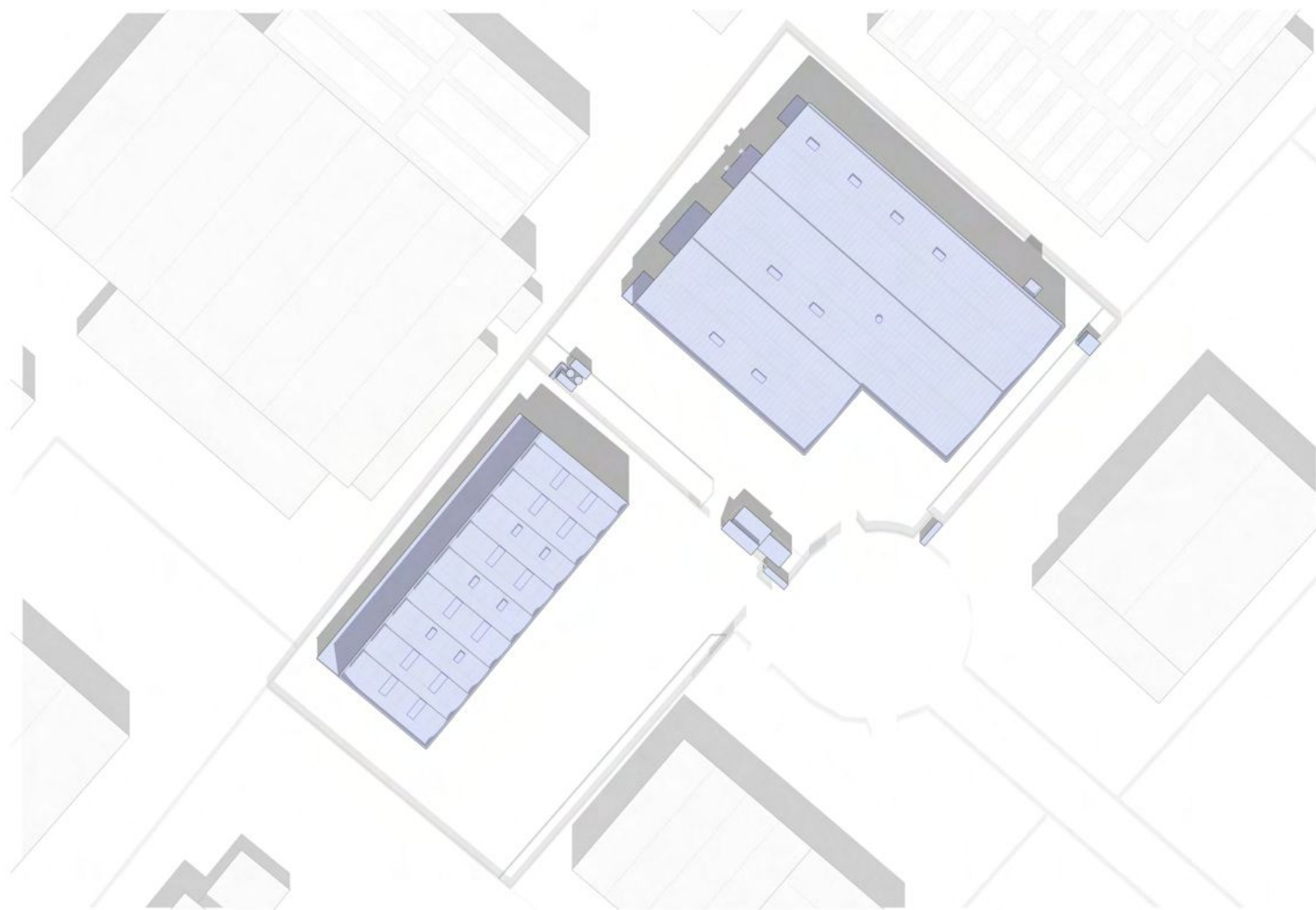


Figura 3.1.2: Planivolumetrico stato di fatto.

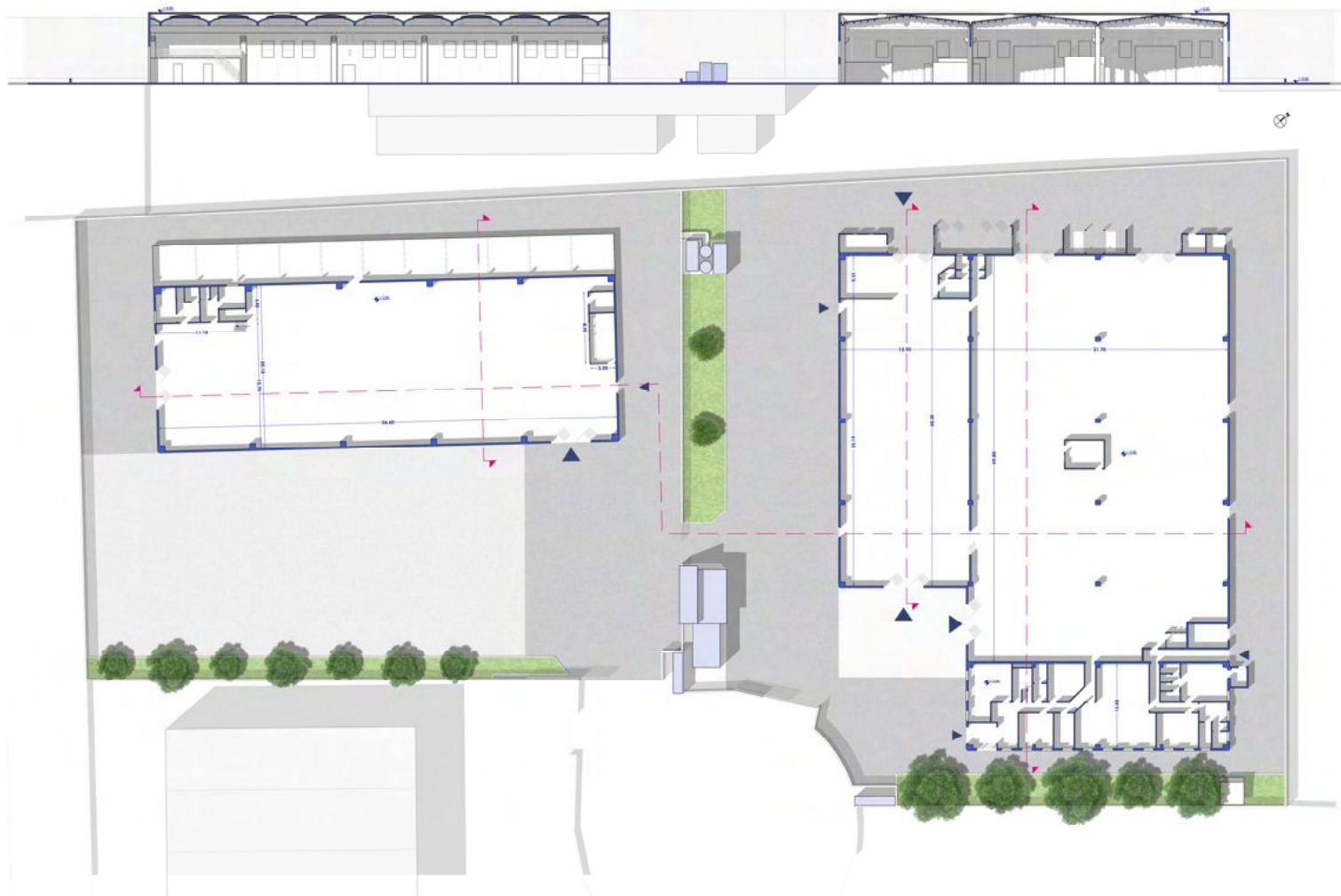


Figura 3.1.3: Pianta piano terra stato di fatto.



Figura 3.1.4: Pianta primo piano stato di fatto.

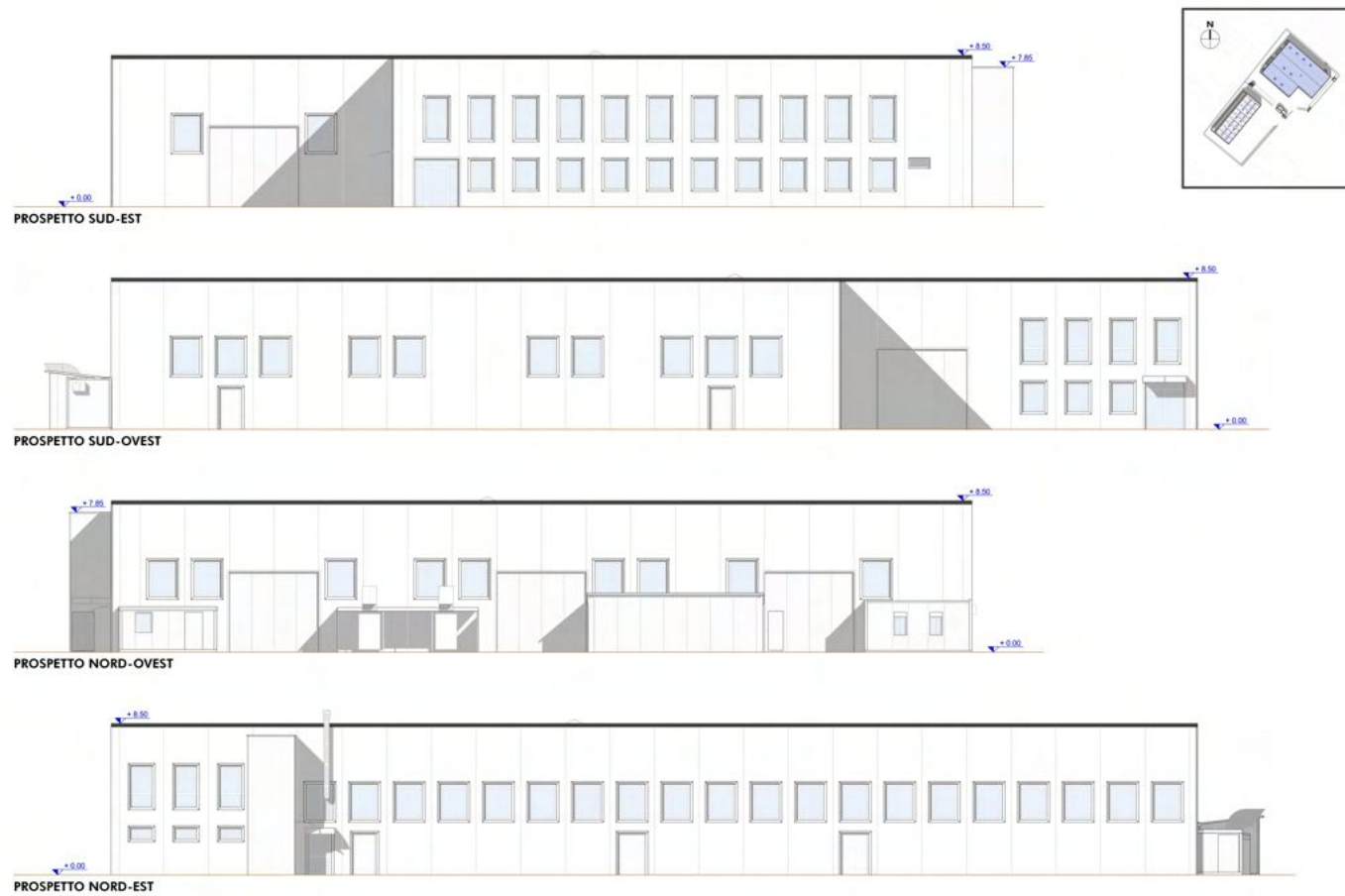
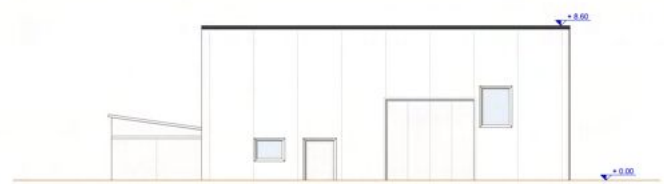


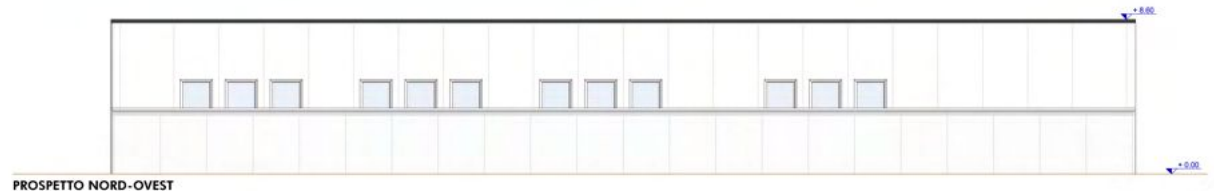
Figura 3.1.5: Prospetti stato di fatto.



PROSPETTO SUD-EST



PROSPETTO SUD-OVEST



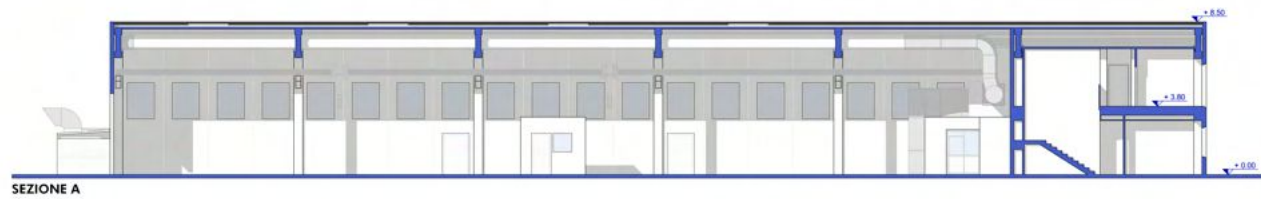
PROSPETTO NORD-OVEST



PROSPETTO NORD-EST



Figura 3.1.6: Prospetti stato di fatto.



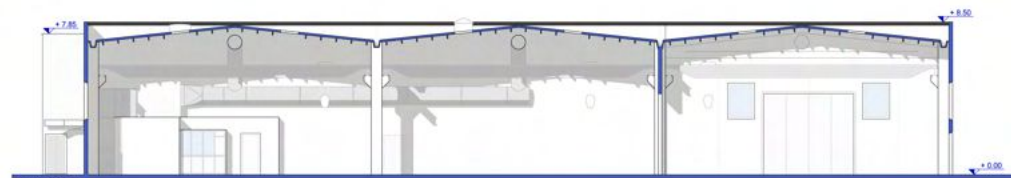
SEZIONE A



SEZIONE B



SEZIONE C



SEZIONE D

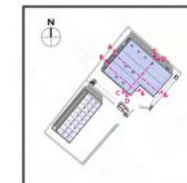


Figura 3.1.7: Sezioni stato di fatto.

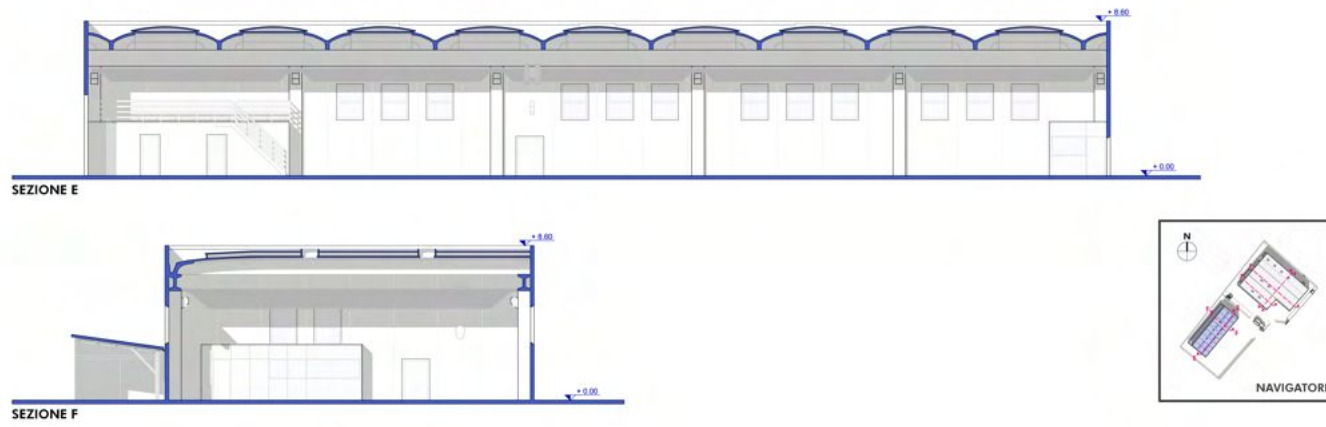


Figura 3.1.8: Sezioni stato di fatto.

3.2. IL SISTEMA PREFABBRICATO

L'analisi del sistema prefabbricato è una fase preliminare che permette di individuare la tecnologia con la quale il progetto architettonico va ad interagire. Si vogliono così individuare non solo le criticità, ma soprattutto le caratteristiche da reinterpretare.

La prefabbricazione è l'organizzazione industriale per la produzione degli elementi costitutivi dell'edificio. Questa si è notevolmente sviluppata con la tecnologia del calcestruzzo armato. La lavorazione di questi elementi prodotti negli stabilimenti, trasportati in cantiere e infine assemblati, producono gli edifici prefabbricati che connotano fortemente le realtà industriali.

L'evoluzione del sistema prefabbricato è dovuta a 3 vantaggi principali:

- Velocità di realizzazione dell'opera, fondamentale per lo scopo economico;
- Costi relativamente ridotti, rispetto ad altre soluzioni vagliabili;
- Possibilità di avere elementi strutturali in calcestruzzo armato precompresso.

L'uso del calcestruzzo è inoltre incentivato per il suo comportamento al fuoco, per la sua acustica e per la superficie solida che si interfaccia con le attività produttive.

Nonostante ogni produttore offra le sue soluzioni prefabbricate, queste risultano essere molto simili tra loro. La differenziazione si nota maggiormente nei sistemi di copertura, ma le variazioni sono comunque minime, venendo in secondo piano, rispetto alla valutazione economica.

Il sistema delle fondazioni è costituito da plinti a pozzetto posati in opera e all'interno dei quali vengono collocati i pilastri in calcestruzzo prefabbricati nello stabilimento. I 2 elementi vengono legati insieme tramite getto in calcestruzzo in modo da rendere gli elementi fondazione pilastro solidali tra loro. Sotto al plinto prefabbricato viene posta una sottofondazione in calcestruzzo magro, ovvero a più

basso contenuto di legante cementizio, che diviene interfaccia con il terreno di fondazione. Il sistema di fondazione viene completato tramite travi di collegamento tra i plinti che rendono il sistema solidale. Quelle poste sul perimetro vanno a svolgere un'ulteriore funzione: divengono sostegno su cui poggiano i pannelli che costituiscono l'involucro esterno dell'edificio.

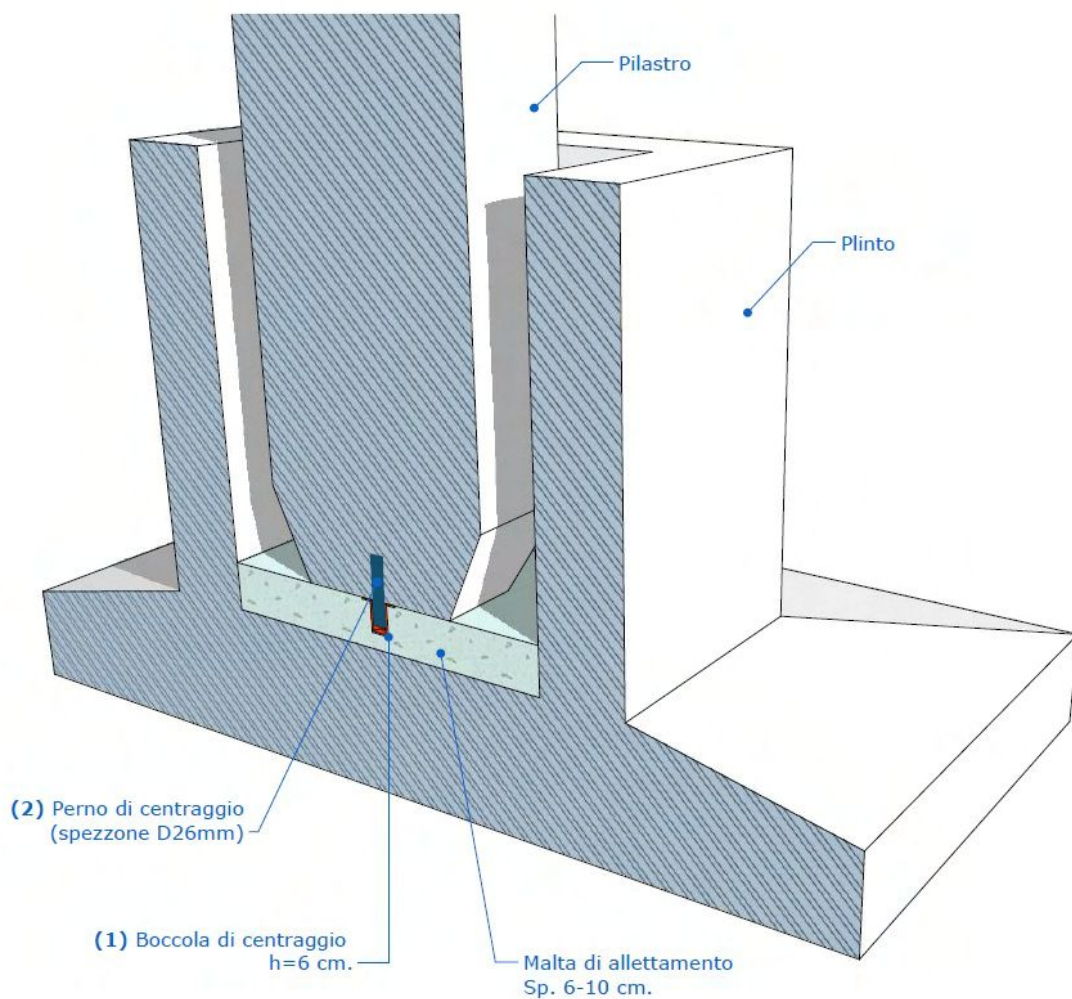


Figura 3.2.1: Fondazione prefabbricata. Fonte impresa "Tre Colli".

I pilastri in calcestruzzo armato hanno dimensioni dettate da esigenze strutturali dello stabilimento che andrà a costituire. Essi presentano ai piedi la conformazione idonea all'ancoraggio e la disposizione all'interno del bicchiere del plinto a pozzetto. In testa sono predisposti per l'accoppiamento con le travi e l'ancoraggio alle stesse

tramite barre in acciaio. In caso di necessità, presentano le mensole tozze, su cui andranno fissati i binari in acciaio del carroponete.

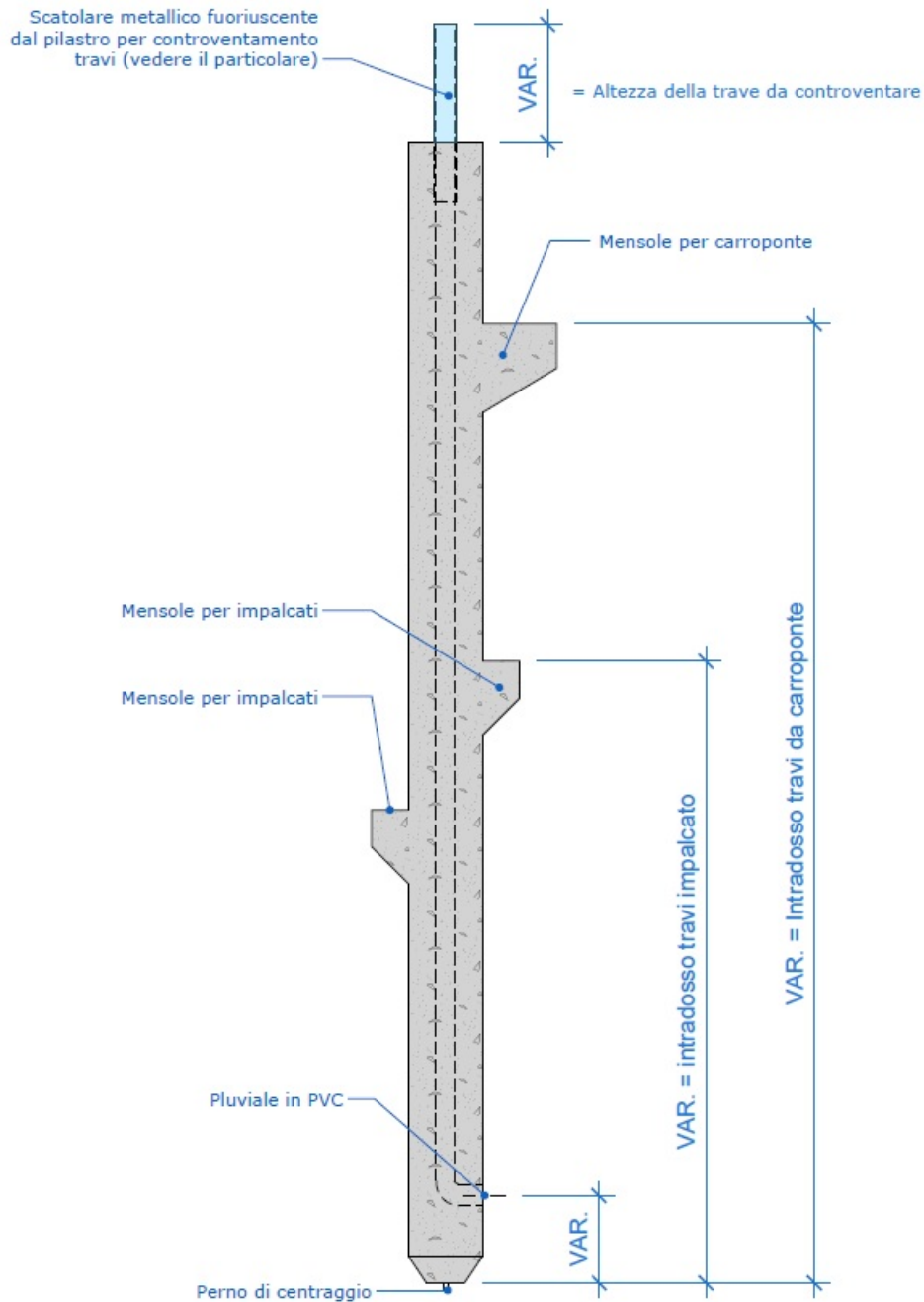


Figura 3.2.2: Pilastro prefabbricato in calcestruzzo armato. Fonte impresa "Tre Colli".

Le travi di interpiano sono rettangolari, non molto differenti da quelle gettate in opera. Le travi di copertura invece hanno forme e dimensioni variabili e vanno a

caratterizzare fortemente il capannone industriale, in base al sistema di copertura scelto. Nel complesso esistente ci sono 2 tipologie di travi di copertura, che differiscono per morfologia e manto.

Lo stabilimento più grande, con pianta ad L costruito per primo, presenta delle travi a doppia pendenza con sezione doppio T. Su questa sezione poggiano elementi di copertura prefabbricati, costituiti da una soletta in calcestruzzo armato e da un'orditura secondaria di travi, le quali trovano alloggiamento nelle insenature predisposte nelle travi principali.

Completano il tetto elementi in policarbonato e lamiera che vanno a costituire l'interfaccia con l'esterno.

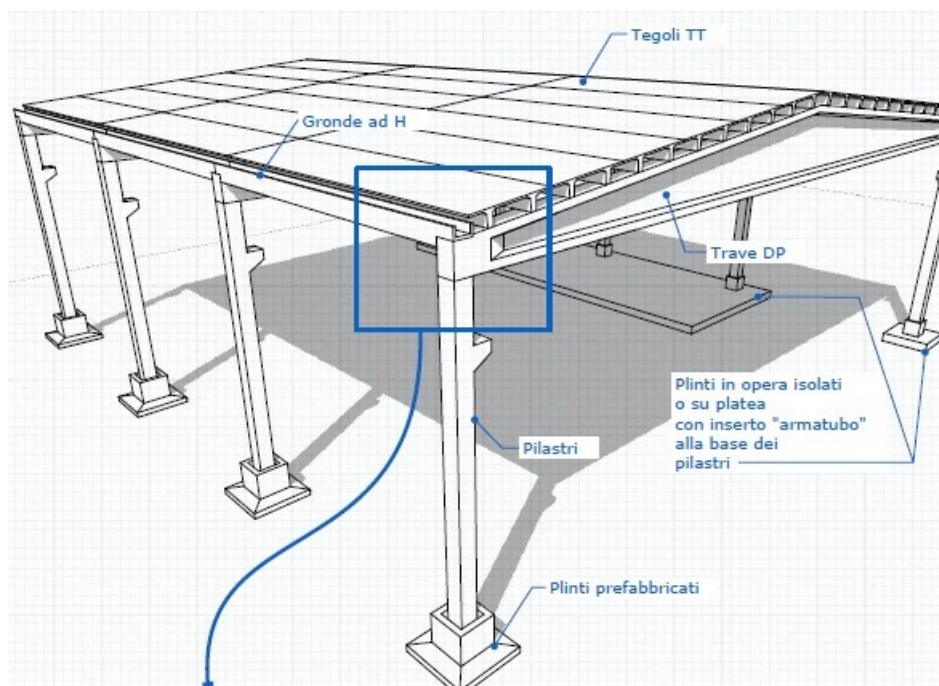


Figura 3.2.3: Sistema prefabbricato in calcestruzzo armato. Fonte impresa "Tre Colli".

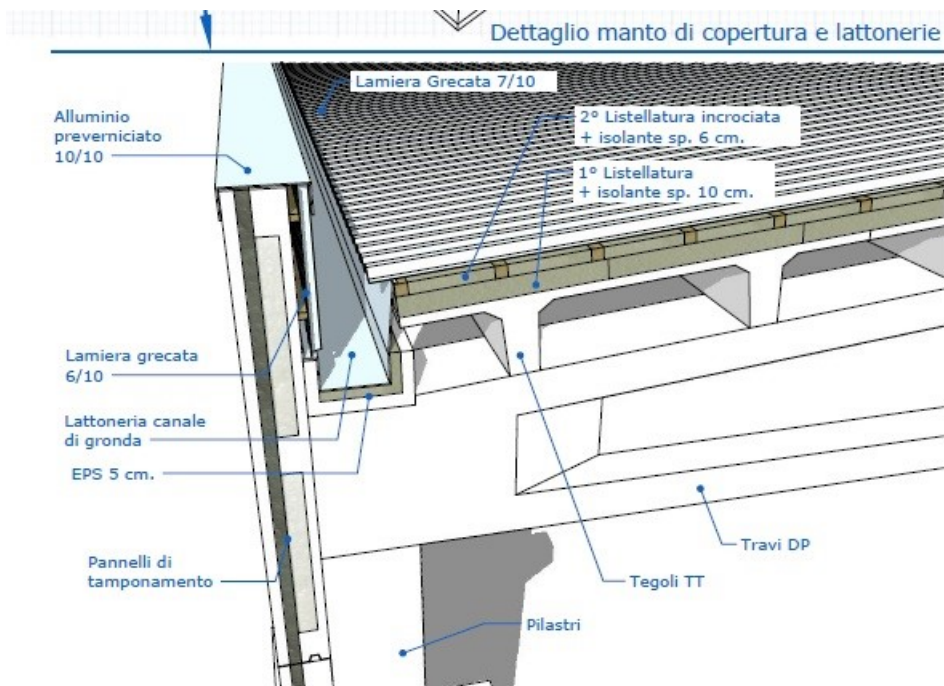


Figura 3.2.4: Dettaglio manto di copertura. Fonte impresa "Tre Colli".

Il capannone rettangolare più nuovo presenta una copertura con travi a "Y", tra le quali vengono posti elementi curvi multistrato. Le travi costituiscono gli impluvi, che confluiscono in un grande canale di gronda presente lungo il lato più lungo del capannone. I discendenti per l'evacuazione delle acque piovane sono molto spesso alloggiati all'interno dei pilastrini prefabbricati.

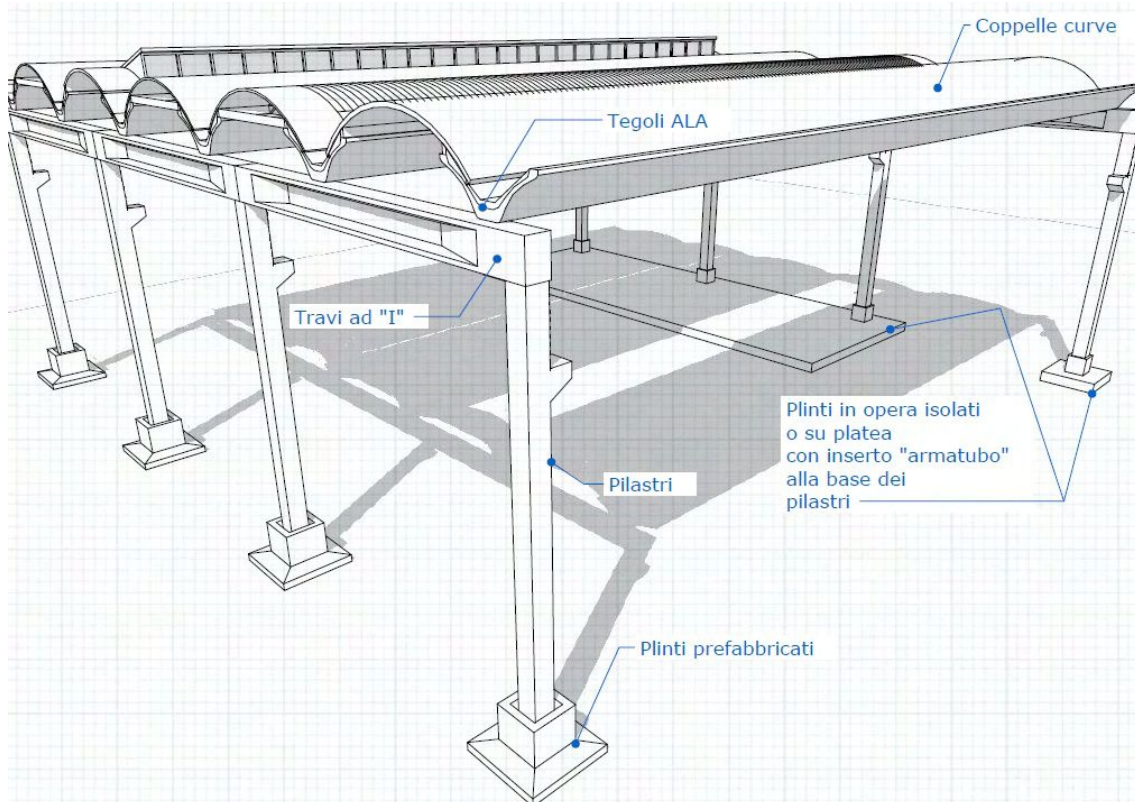


Figura 3.2.5: Sistema prefabbricato con travi di copertura a "Y". Fonte impresa "Tre Colli".

Le differenze tra un manto di copertura rispetto ad un altro ricadono sui diversi intradossi, sulla diversa interazione con la luce diurna e una diversa resa estetica. I capannoni realizzati più recentemente presentano il sistema di copertura con travi a "Y" o con il sistema SHED, il primo perché apprezzato dal punto di vista estetico, il secondo perché permette di avere delle aperture sulla copertura. Queste risultano utili per avere una radiazione luminosa indiretta (se ben disposta) ed avere così la possibilità di areare maggiormente l'interno.

Le pareti perimetrali sono costituite da pannelli in calcestruzzo armato vibrato dallo spessore medio di 20 cm, all'interno dei quali viene alloggiato uno strato di 7 cm di isolante, che permette di rispondere ai requisiti minimi riguardanti la prestazione termica dell'edificio industriale (categoria E.8).

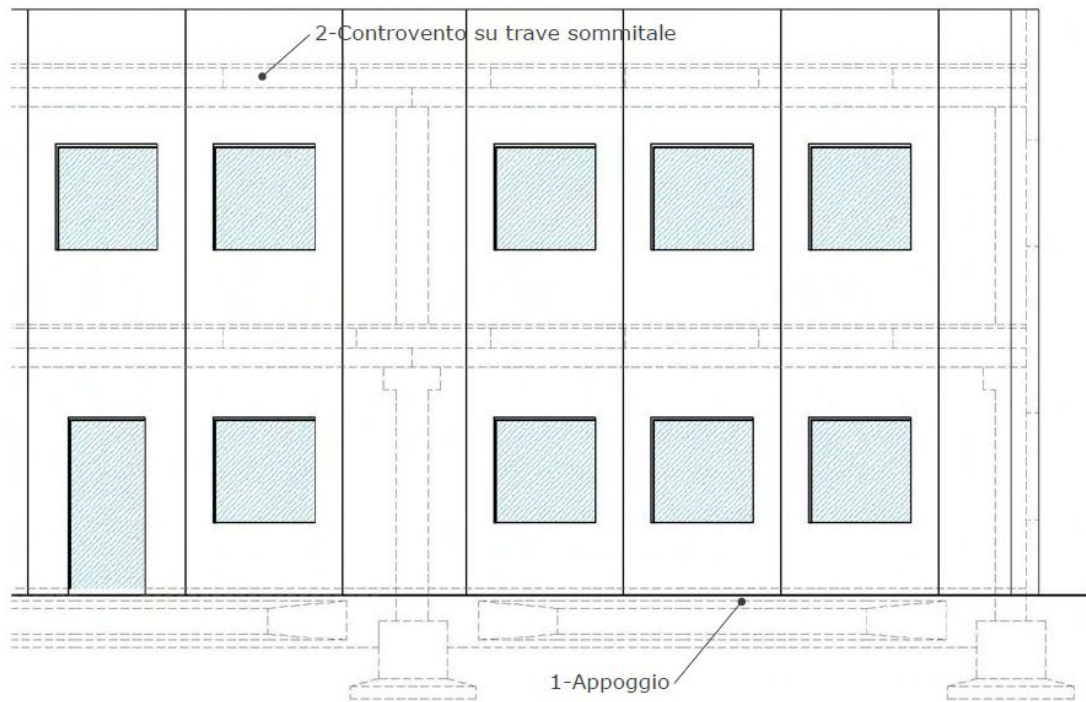


Figura 3.2.6: Pilastro prefabbricato in calcestruzzo armato. Fonte impresa "Tre Colli".

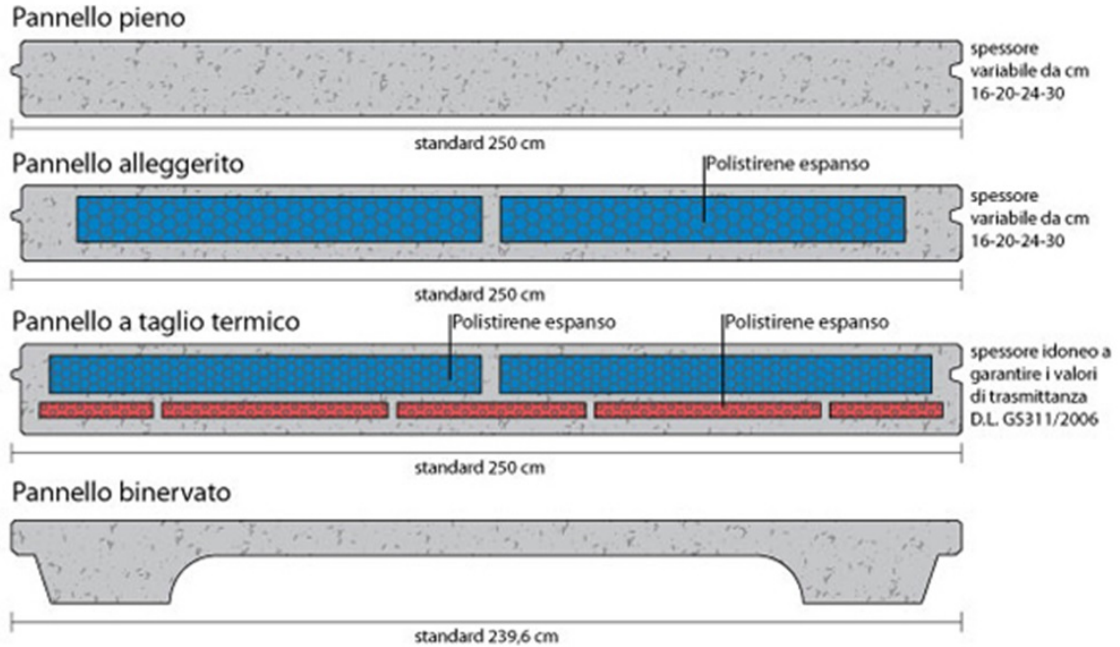


Figura 3.2.7: Sezioni pannelli di tamponamento esterno.

Le superfici che danno verso l'interno si presentano solitamente in calcestruzzo faccia vista, quelle esterne presentano un granigliato che tenta di conferire qualità estetica allo stabilimento, nascondendone l'azione degradante del tempo. Questi elementi, insieme alle dimensioni degli stabilimenti industriali e alla regolarità dei volumi, conferiscono un carattere di staticità e monoliticità, che viene contraddetto negli ampi spazi interni, dinamici e coinvolti nelle attività produttive.

La caratteristica importante che determina anche il successo del sistema prefabbricato è la modularità e la serialità. Il modulo viene utilizzato per la progettazione sia del sistema strutturale, sia per la collocazione dei pannelli di tamponamento esterni. Sono tutti uguali, con poche eccezioni. Il telaio in calcestruzzo diventa il modulo di progetto, sui quali si collocano e si dimensionano i pannelli esterni, anch'essi di misure standard che manifestano la modularità della composizione dell'edificio. La modularità compositiva diventa poi serialità in fase di produzione in stabilimento. La personalizzazione è possibile, nei limiti delle pareti esterne e nelle dimensioni degli elementi che costituiscono l'edificio.

La modularità e la serialità possono essere reinterpretate per la composizione del nuovo complesso industriale, facilitando la pre-industrializzazione dell'edificio. Questo è valido sia per la progettazione del nuovo edificio, ma anche per la riqualificazione dell'esistente.

3.3 REQUISITI PRELIMINARI DI PROGETTO

I requisiti del progetto del complesso industriale derivano dall'analisi del complesso attuale e dalla ricerca nelle prescrizioni di legge.

L'individuazione dei requisiti di progetto, rappresenta una fase fondamentale che permette l'elaborazione di una proposta progettuale più efficace, in grado di rispondere alle esigenze del committente e rendere più fruibili le attività che si svolgono all'interno del complesso.

L'esigenza primaria dalla quale si sviluppa l'intero progetto, è la realizzazione di un nuovo capannone.

Gli spazi produttivi hanno una serie di caratteristiche fondamentali da rispettare:

- Sono spazi costituiti da volumi interni ampi, la cui superficie è meno frazionata possibile, così da ospitare flessibilmente le diverse esigenze produttive;
- Il piano di imposta della copertura si colloca a 6,50 m dal terreno per poter alloggiare le macchine CNC e il carro ponte, utili alla produzione;
- Ogni area produttiva ha la necessità di spazi tecnici e di servizio: aree per i rifiuti, magazzini per attrezzatura viaria, aree per stoccaggio di materiali finiti, locali tecnici per l'impianto di climatizzazione e infine aree per i lavoratori, come i servizi igienici e i refettori.

Per quanto riguarda le dimensioni del nuovo fabbricato, il PRG di Monsano prescrive per la zona D2 un'altezza massima di 9m, ad eccezione di elementi tecnici funzionali alla produzione.

La produzione e la problematica acustica, come detto in precedenza, incidono sulla disposizione dei volumi e degli spazi interni. Infatti alcune fasi particolarmente rumorose possono essere adeguatamente isolate e arginate, limitando così il discomfort acustico degli operatori.

Altri requisiti importanti considerati nel progetto del complesso industriale riguardano l'aerazione e l'illuminazione degli interni. Entrambi sono fondamentali per una migliore qualità del luogo di lavoro, sono infatti requisiti capaci di influenzare sia la qualità di vita dei lavoratori, sia la produttività media dell'azienda. Sono così importanti che le prescrizioni minime da seguire nel caso di nuove costruzioni sono inserite nel D. Lgs. 81/2008, il "testo unico per la sicurezza sui luoghi di lavoro", e nelle "Linee guida valutazione dei nuovi insediamenti produttivi (NIP)" dell'ASUR zona territoriale n. 5 di Jesi.

La superficie illuminante diretta minima, intesa come in grado di far passare la radiazione luminosa, seguirà le prescrizioni indicate nella tabella seguente⁵

SUPERIFICIE DEL PAVIMENTO			
H Locale	< 200 mq	200 – 400 mq (:.)	> 400 mq
< 4 mt.	1/10	1/10 Fino a 200 mq; + 1/12 per la superficie eccedente i 200 mq;	1/10 Fino a 200 mq; + 1/12 tra 200 e 400 mq + 1/16 per la superficie eccedente i 400 mq;
> 4 mt.	1/12	1/12 Fino a 200 mq; + 1/16 per la superficie eccedente i 200 mq;	1/12 Fino a 200 mq; + 1/16 tra 200 e 400 mq + 1/20 per la superficie eccedente i 400 mq;

Figura 3.3.7: Superfici minime per illuminazione e aerazione naturali.

Le stesse superfici minime devono essere adottate per l'aerazione, in grado di promuovere il ricircolo di aria all'interno degli ambienti di lavoro. Quando possibile, le aperture vanno collocate in lati opposti dell'edificio, ad un'altezza idonea per evitare l'interazione diretta tra le aperture e le fasi produttive. L'aerazione è inoltre incentivata dalla collocazione di evacuatori di fumo, che può anche coincidere con lucernari posti sulla copertura.

⁵ Linee guida nuovi insediamenti produttivi (NIP), Dipartimento di Prevenzione ASUR n.5-Jesi, p.15

E' bene considerare la disposizione delle aperture anche in funzione del percorso solare, in modo da garantire il maggior comfort luminoso derivante dalla luce naturale, evitando ove possibile fenomeni di abbagliamento che interferiscono con la produzione.

Oltre ad essere prescritti per legge, questi requisiti sono stati adottati poiché valutati da alcuni criteri del protocollo di sostenibilità, enfatizzando la loro importanza nella progettazione dell'edificio.

Altri requisiti derivano dalle fasi di rilievo e di analisi dell'edificio e dal contesto in cui questo si inserisce.

Le superfetazioni presenti all'interno del sito sono causate da un continuo adattamento dell'azienda per rispondere a nuove e diverse necessità produttive. Un continuo addizionarsi di costruzioni e pertinenze che producono un risultato finale casuale. Questo comportamento può essere reinterpretato attraverso l'elaborazione di un progetto: questo dovrà prevedere la disposizione di aree consone ad accogliere i possibili spazi accessori, considerando inoltre, che gli interventi saranno realizzati in momenti differenti. La loro successione temporale permette di ammortare nel tempo gli investimenti sull'immobile, gravando meno sul bilancio economico-finanziario aziendale. Oltre alla sostenibilità ambientale, il progetto vuole essere attento anche all'aspetto economico, tanto più poiché una nuova costruzione rappresenta un investimento attivo per il committente.

Un ultimo requisito riguarda gli operatori coinvolti nel processo produttivo. Da un lato vanno progettati degli spazi fondamentali e idonei alla loro vita lavorativa, quali spogliatoi, servizi igienici e refettori. Dall'altro ho deciso di dare loro centralità nel progetto, attraverso la collocazione degli spazi sia interni che esterni, ad essi dedicati. Tra gli obiettivi del progetto, ho voluto dare importanza sia agli ambienti produttivi, ma anche e soprattutto al loro equilibrio con gli spazi dedicati ai lavoratori e al loro ristoro. La mia intenzione infatti, punta a ristabilire una nuova connessione e un nuovo equilibrio, tra gli spazi lavorativi e gli addetti che in essi vi operano.

3.4. LA PRASSI DI RIFERIMENTI UNI/PdR 13:2019

Tra i diversi protocollo di sostenibilità ambientali disponibili, ho scelto la Prassi di Riferimento pubblicata nella norma UNI/PdR 13:2019 per 3 motivi principali:

- Facilmente reperibile poiché pubblicata direttamente nel sito dell'UNI (Ente Nazionale Italiano di Unificazione);
- In linea con il Protocollo Itaca a scala urbana, avendo origine dal Protocollo Itaca stesso, e se ne nota una linea comune che facilita la lettura e l'applicazione dei criteri di sostenibilità dalla scala urbana a quella dell'edificio, portando ad una lettura integrata degli interventi alle diverse scale di progettazione;
- Il protocollo è applicabile anche agli edifici industriali.

La Prassi di Riferimento è un protocollo di sostenibilità che nasce da un processo di certificazione da parte terza sotto l'accreditamento di ACCREDIA (RT-33) e lo sviluppo di una specifica prassi di riferimento UNI del Protocollo Itaca già precedentemente diffuso.

La base per il sistema di valutazione adottato è lo strumento internazionale SBTool, lo stesso adottato nel Protocollo Itaca a scala urbana "sintetico", già descritto nei capitoli precedenti, e utilizzato nel Protocollo Itaca dalla quale si è sviluppata la Prassi di Riferimento.

Questo protocollo di sostenibilità si esplica in 3 parti:

- UNI/PdR 13.0:2019: Sostenibilità ambientale nelle costruzioni – Strumenti operativi per la valutazione della sostenibilità – Inquadramento generale e principi metodologici;
- UNI/PdR 13.1:2019: Sostenibilità ambientale nelle costruzioni – Strumenti operativi per la valutazione della sostenibilità – Edifici residenziali;

- UNI/PdR 13.2:2019: Sostenibilità ambientale nelle costruzioni – Strumenti operativi per la valutazione della sostenibilità – Edifici non residenziali (applicato anche ad edifici industriali).

La prassi di riferimento consiste in un sistema di analisi multicriteria per la valutazione della sostenibilità ambientale degli edifici, ai fini della loro classificazione attraverso l'attribuzione di un punteggio di prestazione. Oggetto della valutazione è un singolo edificio e la sua area esterna di pertinenza. La prassi di riferimento si applica sia a edifici di nuova costruzione sia a edifici oggetto di ristrutturazione importante che coinvolgano non la singola unità immobiliare, ma l'intero edificio. Ai fini della prassi di riferimento, un edificio oggetto di un intervento di demolizione e ricostruzione è considerato nuova costruzione. In caso di ampliamento che comporti un nuovo volume lordo climatizzato maggiore del 15% dell'esistente o di 500 m³ si applica all'intero edificio inteso come ristrutturazione.

La prassi di riferimento si applica esclusivamente a progetti di livello esecutivo. Livelli di progettazione inferiori non consentono la verifica degli indicatori dei criteri di valutazione.⁶

La metodologia di valutazione adottata dalla presente prassi di riferimento si fonda su un sistema di analisi multicriteria per la valutazione della sostenibilità ambientale degli edifici, che trova i propri fondamenti nel SBTool, strumento internazionale sviluppato attraverso il processo di ricerca Green Building Challenge coordinato da iSBE (international initiative for a Sustainable Built Environment).

Partendo da un set di voci di valutazione di base, ossia i criteri, la prassi di riferimento permette di calcolare un punteggio di prestazione finale, indicativo del livello di sostenibilità dell'edificio.

Il processo di valutazione consente, dunque, di formulare un giudizio sintetico sulla performance globale di un edificio, assegnando un punteggio. Quest'ultimo

⁶ Prassi di Riferimento UNI/PdR 13.0:2019, pp.4-6

riassume le performance dell'edificio in relazione a ciascun criterio e viene, quindi, calcolato a partire dal valore degli indicatori.

Il punteggio di prestazione finale deve essere calcolato attraverso una procedura di valutazione che si articola nelle fasi seguenti:

- caratterizzazione: le prestazioni dell'edificio per ciascun criterio vengono quantificate attraverso opportuni indicatori;
- normalizzazione: il valore di ciascun indicatore viene reso adimensionale e viene "risalato" in un intervallo di normalizzazione;
- aggregazione: i punteggi normalizzati sono combinati insieme per produrre il punteggio finale.

La prassi di riferimento adotta un sistema di analisi multicriteria per la valutazione della sostenibilità ambientale, strutturato secondo i tre livelli gerarchici seguenti:

- aree;
- categorie;
- criteri.

Le aree rappresentano macro-temi che si ritengono significativi ai fini della valutazione della sostenibilità ambientale di un edificio. Si considerano 5 aree di valutazione, di seguito elencate:

- Area A: Qualità del sito;
- Area B: Consumo di risorse;
- Area C: Carichi ambientali;
- Area D: Qualità ambientale indoor;
- Area E: Qualità del servizio.

Ogni area comprende più categorie (in numero variabile a seconda dell'area considerata), ciascuna delle quali tratta un particolare aspetto della tematica di appartenenza. Le categorie sono, a loro volta, suddivise in criteri, ognuno dei quali approfondisce un particolare aspetto della categoria di appartenenza.

I criteri rappresentano, infine, le voci di valutazione del metodo e vengono utilizzati per caratterizzare le performance dell'edificio all'inizio del processo valutativo.

La prassi di riferimento considera anche criteri di natura qualitativa per i quali la performance dell'edificio viene valutata attraverso la comparazione con un certo numero di scenari di riferimento definiti dallo stesso indicatore.

Di seguito, si forniscono alcuni esempi di indicatori e relativi i criteri a cui possono essere associati:

- indice di accessibilità al trasporto pubblico, associato al criterio "Accessibilità al trasporto pubblico";
- percentuale in volume dei materiali riciclati e/o di recupero utilizzati nell'intervento, associato al criterio "Materiali riciclati/recuperati";
- presenza e caratteristiche delle aree per la raccolta dei rifiuti di pertinenza dell'edificio, associato al criterio "Rifiuti solidi prodotti in fase operativa".

La fase di caratterizzazione per edifici con unica destinazione d'uso prevede che le performance dell'edificio siano caratterizzate per ciascun criterio attraverso l'attribuzione di un valore numerico per ciascun indicatore (solo per gli indicatori che rappresentano grandezze fisiche), oppure attraverso la comparazione con uno o più scenari di riferimento definiti all'interno del corrispondente indicatore (solo per criteri di natura qualitativa).

I metodi di calcolo degli indicatori sono basati principalmente sulle norme tecniche nazionali e internazionali.

L'output della fase di caratterizzazione è costituito da un set di dati numerici (cioè i valori degli indicatori), che quantificano, in termini assoluti, le performance dell'edificio per ciascun criterio.

I criteri da utilizzare in fase di caratterizzazione per la valutazione di un edificio di nuova costruzione o di una riqualificazione sono parzialmente differenti.

Nella fase di normalizzazione il valore associato a ogni indicatore è caratterizzato da unità di misura differenti e da un ordine di grandezza variabile a seconda del criterio considerato.

Talvolta, gli indicatori sono associati a criteri di natura qualitativa e, quindi, il loro valore numerico non è associato ad alcuna unità di misura, poiché tali indicatori non rappresentano alcuna grandezza fisica.

La fase di normalizzazione prevede che i dati siano resi adimensionali e normalizzati prima della successiva fase di aggregazione.

Il metodo di normalizzazione adottato nella prassi di riferimento soddisfa due requisiti:

- i valori di tutti gli indicatori sono resi adimensionali e normalizzati nell'intervallo $[-1, 5]$, detto intervallo di normalizzazione;
- prestazioni migliori sono associate a punteggi normalizzati maggiori.

I punteggi normalizzati vengono calcolati a partire dal valore degli indicatori attraverso opportune funzioni, dette funzioni di normalizzazione. Queste modificano il valore dell'indicatore e forniscono in output un punteggio normalizzato che soddisfa i precedenti requisiti.

L'output della fase di normalizzazione è rappresentato da un set di punteggi variabili tra -1 e $+5$, ognuno associato a un criterio. La funzione di normalizzazione è definita in modo differente a seconda della tipologia di criteri.

Sono possibili 3 tipologie di criteri:

- I. criteri di tipo H.I.B. (Higher is Better). Per i criteri di questa categoria un maggior valore dell'indicatore è indice di una migliore performance. Le funzioni di normalizzazione per criteri di tipo H.I.B. sono funzioni crescenti 'lineari a tratti' (vedere Figura 3.4.1). Ovvero la funzione di normalizzazione:
 - a) restituisce un punteggio normalizzato pari a -1 , se il valore dell'indicatore è inferiore alla soglia definita per il punteggio zero;
 - b) restituisce un punteggio normalizzato pari a 5 , se il valore dell'indicatore è superiore o uguale alla soglia definita per il punteggio 5 ;
 - c) negli altri casi il valore dell'indicatore viene normalizzato in modo lineare, attraverso interpolazione. Si otterrà un punteggio variabile tra 0 e 5 , con un decimale.

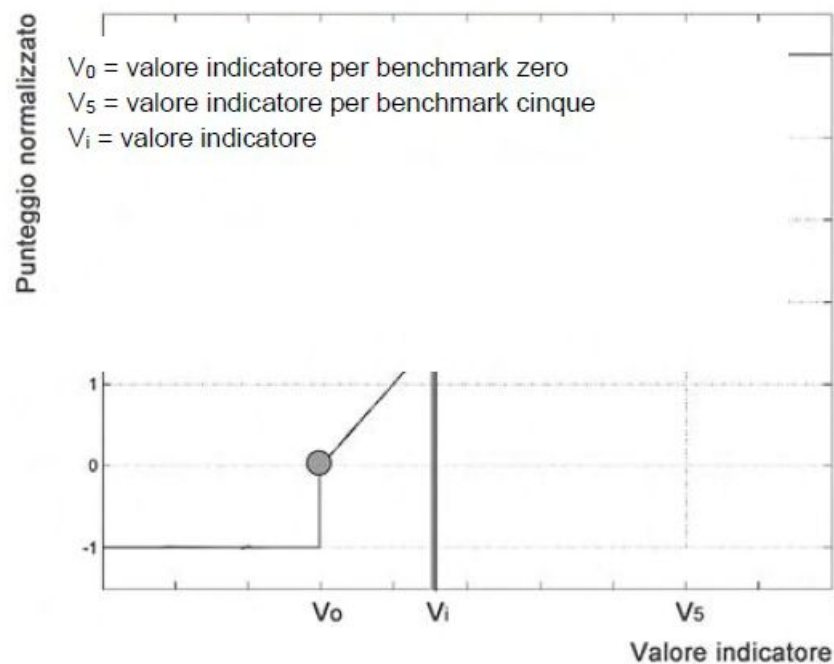


Figura 3.4.1: Rappresentazione di funzione di normalizzazione H.I.B.

La funzione di normalizzazione per un criterio di tipo H.I.B. dipende da due parametri: le soglie assegnate al punteggio 0 e al punteggio 5 che in genere variano da criterio a criterio. Tali parametri sono detti benchmark poiché definiscono il valore dell'indicatore associato alla prestazione standard e a quella eccezionale (rispettivamente).

- II. criteri di tipo L.I.B. (Lower is Better). Per i criteri di questa categoria un minor valore dell'indicatore è indicativo di una migliore performance. Anche le funzioni di normalizzazione per criteri di tipo L.I.B. sono del tipo "lineare a tratti", ma decrescenti (vedere Figura 3.4.2). La funzione di normalizzazione:
- a) restituisce un punteggio normalizzato pari a 5, se il valore dell'indicatore è inferiore o uguale alla soglia definita per il punteggio 5;
 - b) restituisce un punteggio normalizzato pari a -1, se il valore dell'indicatore è superiore alla soglia per il punteggio zero;

c) negli altri casi il valore dell'indicatore viene normalizzato in modo lineare, attraverso interpolazione. Si otterrà un punteggio variabile tra zero e 5, con un decimale.

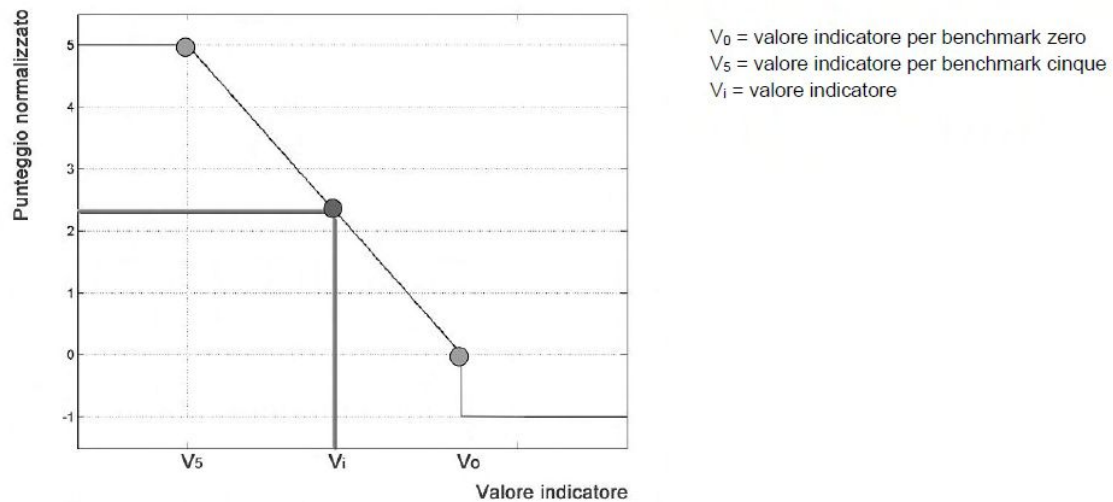


Figura 3.4.2: Rappresentazione di funzione di normalizzazione L.I.B.

Anche la funzione di normalizzazione per un criterio di tipo L.I.B. dipende da due parametri: la soglia associata alla performance migliore e quella soglia associata al punteggio normalizzato minimo. Queste soglie rappresentano i benchmark per la migliore e peggiore prestazione.

III. criteri di tipo qualitativo. Per i criteri di questa tipologia il punteggio normalizzato assume solo valori discreti nell'intervallo di normalizzazione, ciascuno corrispondente ad un particolare scenario definito dal corrispondente indicatore

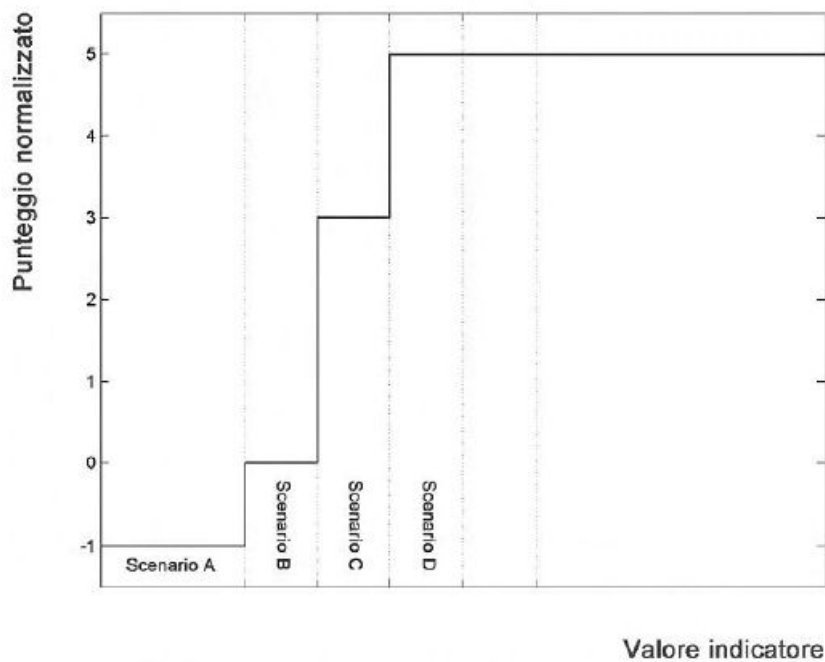


Figura 3.4.3: Rappresentazione di funzione di normalizzazione criteri qualitativi.

La fase di aggregazione prevede che i punteggi normalizzati siano aggregati per calcolare il punteggio di prestazione finale. Terminata la fase di normalizzazione si dispone di un nuovo set di dati, ovvero punteggi associati ad ogni indicatore adimensionali e normalizzati nell'intervallo $[-1;5]$.

I punteggi normalizzati devono essere, quindi, aggregati per produrre il punteggio finale. La fase di aggregazione avviene in fasi successive:

- Aggregazione dei criteri: i punteggi relativi inclusi in una stessa categoria devono essere aggregati per poter produrre un punteggio unico per ciascuna categoria;
- Aggregazione delle categorie: i punteggi di ciascuna categoria (calcolati nel punto precedente) devono essere aggregati per avere un punteggio unico per ciascuna delle aree B,C,D,E;

- Aggregazione per definire i punteggi "Qualità dell'edificio" e "Qualità della localizzazione": i punteggi delle aree B,C,D,E e della categoria A.3 (calcolati nei livelli precedenti) devono essere aggregati per produrre il punteggio "Qualità dell'edificio". Il punteggio della categoria A.1 corrisponde al punteggio "Qualità della localizzazione";
- Aggregazione finale: i punteggi relativi alla "Qualità dell'edificio" e alla "Qualità della localizzazione" devono essere aggregati per produrre il punteggio finale indicativo della performance globale dell'edificio.

Si consideri:

- X_i , la i -esima area. Si considerano 5 aree di valutazione per cui $i = 1, 5$;
- $C_{i,j}$, la j -esima categoria dell'area X_i , $j = 1, \dots, N_C^{(i)}$, dove $N_C^{(i)}$ è il numero di categorie incluse nella i -esima area;
- $c_{i,j,k}$, il k -esimo criterio della j -esima categoria nella i -esima area, $k = 1, \dots, N_C^{(i,j)}$, dove $N_C^{(i,j)}$ indica il numero di criteri inclusi nella categoria $C_{i,j}$.

L'obiettivo dell'aggregazione per criteri consiste nella determinazione di un punteggio unico per ogni categoria. Tale punteggio fornisce un'indicazione della performance dell'edificio in relazione a ciascuna categoria.

I punteggi dei criteri inclusi in una medesima categoria vengono combinati linearmente attraverso opportuni coefficienti, detti pesi. I pesi quantificano in termini di percentuale il peso di ogni criterio rispetto agli altri inclusi nella stessa categoria.

Si consideri:

- $\omega_{i,j,k}$: il peso del criterio $c_{i,j,k}$ incluso nella categoria $C_{i,j}$;
- $s_{i,j,k}$: il punteggio del criterio $c_{i,j,k}$ incluso nella categoria $C_{i,j}$;
- $S_{i,j}$: il punteggio ottenuto dall'aggregazione dei dati all'interno della categoria $C_{i,j}$.

Il punteggio associato al j-esima categoria della i-esima area viene calcolato come:

$$S_{i,j} = \sum_{k=1}^{N_c^{(i,j)}} \omega_{i,j,k} S_{i,j,k}$$

Nel caso in cui un criterio di valutazione risultasse non applicabile, il suo peso deve essere posto a zero e ridistribuito sugli altri criteri della medesima categoria proporzionalmente al loro peso originale.

I punteggi ottenuti per ciascuna categoria sono ulteriormente aggregati per produrre un punteggio unico per ciascuna Area di valutazione B, C, D, E.

L'aggregazione per categorie viene eseguita in modo analogo all'aggregazione per criteri, ovvero il punteggio finale per ciascuna area viene calcolato come combinazione lineare dei punteggi delle categorie incluse in quell'area.

Si consideri:

- $w_{i,j}$: il peso di ogni categoria inclusa nell'area X_i ;
- $S_{i,j}$: il punteggio di ogni categoria inclusa nell'area X_i ;
- S_i : il punteggio ottenuto dall'aggregazione dei dati all'interno dell'area X_i .

$$S_i = \sum_{j=1}^{N_c^{(i)}} w_{i,j} S_{i,j}$$

I punteggi delle aree B, C, D, E e della categoria A.3 definiti nei passaggi precedenti vengono aggregati per produrre il punteggio "Qualità dell'edificio" (SQE).

Nel seguito indicheremo con i simboli:

- S_{A3} : il punteggio della categoria A3;
- S_B : il punteggio dell'area B;
- S_C : il punteggio dell'area C;
- S_D : il punteggio dell'area D;
- S_E : il punteggio dell'area E;
- S_{QE} : il punteggio "Qualità dell'edificio".

$$S_{QE} = 0,05 S_{A3} + 0,45 S_B + 0,2 S_C + 0,2 S_D + 0,1 S_E$$

Il punteggio "Qualità della localizzazione" (S_{QL}) corrisponde al punteggio della categoria A.1.

I punteggi "Qualità dell'Edificio" e "Qualità della localizzazione" calcolati nel passaggio precedente devono essere infine aggregati per produrre il punteggio finale.

Nel seguito indicheremo con i simboli:

- S_{QE} : il punteggio "Qualità dell'edificio";
- S_{QL} : il punteggio "Qualità della localizzazione";
- S : il punteggio finale globale dell'edificio.

$$S = 0,1 S_{QL} + 0,9 S_{QE}$$

I punteggi hanno un decimale arrotondato.

Relativamente alla fase di aggregazione dei criteri, il peso di quest'ultimi viene definito in base da tre valori, ovvero:

- durata (D_k): misura la durata nel tempo dell'effetto correlato al criterio. D_k ha valore 1 se la durata è minore di 10 anni, 2 è maggiore di 10 anni, 3 se è maggiore di 50 anni;
- estensione (E_k): misura l'estensione geografica dell'effetto correlato al criterio. E_k ha valore 1 se l'estensione è a livello di sito o edificio, 2 se è a livello di quartiere o città, 3 se è a livello regionale o globale;
- intensità (I_k): misura la magnitudo dell'effetto correlato al criterio. I_k ha valore 1 se l'intensità è debole, 2 se è moderata o indiretta, 3 se è elevata o diretta.

In base alla durata (D_k), estensione (E_k) e intensità dell'effetto correlato a un criterio, è possibile determinare il suo livello di impatto (P_k) come:

$$P_k = D_k \times E_k \times I_k$$

Il peso di un criterio nell'ambito della sua categoria deve essere calcolato secondo la seguente formula:

$$\omega_{i,j,k} = \frac{P_k}{\sum_{k=1}^{N_c^{(i,j)}} P_k}$$

Dove:

$\omega_{i,j,k}$: il peso del criterio $c_{i,j,k}$ incluso nella categoria $C_{i,j}$

P_k = livello impatto ambientale del criterio $c_{i,j,k}$ incluso nella categoria $C_{i,j}$

Attraverso il livello di impatto P_k viene determinato il peso di un criterio all'interno della sua categoria. Il livello di impatto P_k non è indicativo di per sé del peso di un criterio rispetto al punteggio finale della valutazione. Infatti il peso di un criterio rispetto al punteggio finale dipenderà anche dal peso della categoria e dell'area di valutazione a cui appartiene.

Il peso di una categoria nella fase di aggregazione dipende dal suo livello di priorità (L_j). Quest'ultimo rappresenta l'importanza assegnata al tema trattato dalla categoria. Il valore di L_j può variare da 1 (poco importante) a 5 (estremamente importante).

Il peso di una categoria nell'ambito della sua area di valutazione deve essere calcolato secondo la seguente formula:

$$w_{i,j} = \frac{L_j}{\sum_{j=1}^{N_c^{(i)}} L_j}$$

Dove:

$w_{i,j}$: il peso della categoria $C_{i,k}$ inclusa nell'area A_i

L_j = livello di priorità della categoria $C_{i,k}$ inclusa nell'area A_i .⁷

⁷ Prassi di Riferimento UNI/PdR 13.0:2019, pp.10-21

Per i valori specifici Pk e Lj si rimanda al testo della Prassi di Riferimento sezione 0.

Esposto il quadro generale del protocollo di sostenibilità utilizzato, l'elaborazione della tesi si basa su alcuni criteri scelti. La loro valutazione si limita al calcolo e all'indicizzazione, senza alcuna fase di aggregazione. Le fasi di aggregazione sono possibili solo quando i criteri di sostenibilità vengono considerati tutti, o almeno tutti quelli appartenenti ad una categoria. Fare un'aggregazione parziale non mi sarebbe stato utile alle valutazioni e alle elaborazioni fatte, che mirano a riflettere e discutere su alcuni temi specifici.

3.5. SCELTA DEI CRITERI DEL PROTOCOLLO DI SOSTENIBILITA'

Tra i numerosi criteri della Prassi di Riferimento UNI/PdR 13.2:2019, ne ho selezionati alcuni, prediligendo quelli che si relazionano alla composizione architettonica e in grado di risolvere le criticità presenti.

Lo scopo dei criteri di sostenibilità utilizzati è fornire uno strumento per elaborare una soluzione alternativa di sviluppo per i futuri spazi produttivi, andando ad affrontare le tematiche che i criteri stessi pongono. Non sono dei semplici indici calcolati, ma degli strumenti utili ad elaborare un progetto di qualità, focalizzando l'attenzione su alcune tematiche ambientali, e non sull'indicizzazione dei criteri stessi.

3.5.1. CRITERIO A.3.10: SUPPORTO ALLA MOBILITA' GREEN

Il criterio è applicabile unicamente a progetti di edifici con superficie utile superiore a 500 metri quadrati e per edifici dotati di parcheggi pertinenziali. Per l'analisi di progetti di edifici con superficie utile inferiore a 500 metri quadrati o per edifici privi di parcheggi pertinenziali il criterio è da disattivare ovvero da escludere dalla valutazione complessiva. In caso di disattivazione produrre la documentazione necessaria ad attestare la non applicabilità del criterio.

Esigenza: favorire l'utilizzo di mezzi di trasporto a minor impatto ambientale

Indicatore di prestazione: rapporto percentuale tra numero di posteggi per veicoli (autovetture e motocicli) forniti di un punto di ricarica per veicoli elettrici e il numero di posteggi previsti nel progetto

Unità di misura: %

Metodo e strumenti di verifica

Pre-requisito per le Nuove Costruzioni e Ristrutturazioni di primo livello (di cui all'allegato 1, punto 1.4.1 del decreto del Ministero dello sviluppo economico 26 giugno 2015):

controllare che sia presente la predisposizione all'allaccio per la possibile installazione di infrastrutture elettriche per la ricarica dei veicoli idonee a permettere la connessione di una vettura da ciascuno spazio a parcheggio coperto o scoperto e da ciascun box per auto. (D.P.R. n. 380/2001, aggiornato al D.Lgs. n. 257/2016). Se tale requisito non è rispettato attribuire al criterio punteggio -1.

Verificata la sussistenza del prerequisito procedere con il calcolo dell'indicatore di prestazione come indicato di seguito.

- I. Determinare il numero previsto di parcheggi per autovetture e motocicli, (A). Consultare la documentazione di progetto e verificare la presenza di spazi a parcheggio pertinenti per autovetture e motocicli, considerando parcheggi coperti, scoperti e box per auto; si determini il numero totale di veicoli (autovetture e motocicli) parcheggiabili in tali spazi, P_{tot} .
- II. Determinare il numero di posteggi per autovetture e motocicli forniti di punto di ricarica per veicoli elettrici, (B). Consultare la documentazione di progetto e determinare il numero di spazi a parcheggio pertinenti per autovetture e motocicli per i quali è prevista l'installazione di infrastrutture elettriche per la ricarica dei veicoli; si determini il numero di veicoli (autovetture e motocicli) che è possibile caricare contemporaneamente, P_{el} . L'infrastruttura non deve essere esclusiva per un solo tipo di veicolo elettrico.
- III. Calcolare il valore dell'indicatore di prestazione come rapporto percentuale tra il numero di posteggi pertinenti forniti di infrastruttura elettrica per la ricarica dei veicoli (autovetture e motocicli) (B), e il numero totale di parcheggi pertinenti (A):

$$\text{Indicatore} = B/A * 100 = P_{el} / P_{tot} * 100$$

IV. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio. Il punteggio da attribuire al criterio si ricava per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione.⁸

SCALA DI PRESTAZIONE		
	%	PUNTI
NEGATIVO	-	-1
SUFFICIENTE	0,0	0
BUONO	12,0	3
OTTIMO	20,0	5

La scelta di questo criterio è risultato da una riflessione avvenuta durante l'elaborazione e l'analisi in scala urbana. Politiche nazionali promuovono finanziariamente l'acquisto e l'utilizzo della mobilità elettrica, che ha come peculiarità la necessità di torrette per la ricarica e la necessità di tempi relativamente lunghi rispetto al rifornimento di idrocarburi. Gli spazi di lavoro, in cui la sosta delle auto e mezzi di trasporto sono relativamente lunghi, seguendo gli orari di lavoro degli operatori, diventano il luogo principale nella quale promuovere e diffondere l'utilizzo dell'auto elettrica. La tematica poi si lega alla fonte di energia elettrica, prediligendo le fonti rinnovabili, che verranno trattate in un altro criterio considerato per la mia tesi.

⁸ Prassi di Riferimento UNI/PdR 13.2:2019, pp.29-30

3.5.2. CRITERIO B.3.3: ENERGIA PRODOTTA NEL SITO PER USI ELETTRICI

Esigenza: Incoraggiare l'uso di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili.

Indicatore di prestazione: rapporto percentuale tra la potenza degli impianti a FER installati sopra o all'interno o alle immediate vicinanze dell'edificio e la potenza limite fissata dal D.Lgs. 28/2011

Unità di misura: %

Metodo e strumenti di verifica

- I. Calcolare la potenza P di impianti a fonti energetiche rinnovabili elettriche (FER) installati in situ ovvero sopra o all'interno o nelle immediate vicinanze dell'edificio di progetto in relazione alle scelte progettuali e costruttive del sistema stesso (B).
- II. Calcolare il valore limite della potenza Plimite a seconda che l'edificio sia privato o pubblico seguendo quanto indicato nel D.Lgs. 28/2011 e ss.mm.ii. [kW] (A).
- III. Calcolare il rapporto percentuale tra la potenza installata nell'edificio e la potenza limite secondo la seguente formula:
$$\text{Indicatore} = B / A * 100 = P / \text{Plimite} * 100$$
dove:
 - P è la potenza degli impianti a fonti energetiche rinnovabili elettriche (FER) installati in situ ovvero sopra o all'interno o nelle immediate vicinanze dell'edificio di progetto [kW]
 - Plimite è la potenza degli impianti a fonti energetiche rinnovabili elettriche (FER) limite [kW]

- IV. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio. Il punteggio da attribuire al criterio si ricava per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione.⁹

SCALA DI PRESTAZIONE		
	%	PUNTI
NEGATIVO	<100	-1
SUFFICIENTE	100,0	0
BUONO	160,0	3
OTTIMO	200,0	5

L'utilizzo di fonti rinnovabili per la produzione di energia elettrica non è solamente promossa e prescritta a livello nazionale, ma anche comunitario. In contesti produttivi, particolarmente energivori, le fonti rinnovabili di energia rappresentano anche un'occasione di risparmio per le aziende. Il criterio, non considerato come verifica finale, ma come ausilio progettuale, interagisce direttamente sulla scelta della morfologia di tutte le superfici nella quale si collocheranno i pannelli fotovoltaici, unica tipologia di installazione utilizzata per la produzione di energia rinnovabile inserita nel progetto.

Riportando l'attenzione sugli obiettivi di sviluppo sostenibile (SDGs), l'applicazione di questo criterio punta direttamente al target 7.2:

Entro il 2030, aumentare in modo significativo la quota di energie rinnovabili nel mix energetico globale".

⁹ Prassi di Riferimento UNI/PdR 13.2:2019, p.36

3.5.3. CRITERIO B.4.7: MATERIALI DA FONTI RINNOVABILI

Esigenza: Favorire l'impiego di materiali da fonte rinnovabile per diminuire il consumo di nuove risorse.

Indicatore di prestazione: Percentuale in peso dei materiali da fonte rinnovabile utilizzati nell'intervento.

Unità di misura: %

Metodo e strumenti di verifica

Dall'analisi della documentazione di progetto produrre l'inventario dei materiali utilizzati per l'edificio. Indicare per ogni materiale il peso (Kg). Devono essere inclusi nell'inventario solo i materiali contenuti nelle seguenti unità tecnologiche (rif. UNI 8290):

- Chiusura verticale
 - Pareti perimetrali verticali
 - Infissi esterni verticali
- Chiusura orizzontale inferiore
 - Solai a terra
 - Infissi orizzontali
- Chiusura orizzontale su spazi esterni
 - Solai su spazi esterni
- Chiusura superiore
 - Coperture
 - Infissi esterni orizzontali
- Partizione interna verticale
 - Pareti interne verticali
 - Infissi interni verticali
 - Elementi di protezione
- Partizione interna orizzontale
 - Solai

- Soppalchi
- Infissi interni orizzontali
- Partizione interna inclinata
- Rampe interne
- Scale interne
- Partizione esterna verticale
- Elementi di protezione
- Elementi di separazione
- Partizione esterna orizzontale
- Balconi e logge
- Passerelle
- Partizione esterna inclinata
- Scale esterne
- Rampe esterne
- Partizioni interrato

Nota 1: Il metodo di verifica descritto deve essere applicato all'intero edificio nel caso di progetto di nuova costruzione e unicamente agli elementi interessati dall'intervento nel caso di progetto di ristrutturazione.

In caso di ristrutturazione i materiali che rientrano nel calcolo dell'indicatore di prestazione sono quelli espressamente previsti in progetto (ad esempio se l'intervento su un edificio esistente prevede il posizionamento di pannelli isolanti sul lato esterno delle murature perimetrali, nel calcolo dell'indicatore di prestazione sono da considerare unicamente tali pannelli e non lo strato di muratura esistente).

- I. Calcolare il peso complessivo P_{tot} [Kg] dei materiali utilizzati per l'edificio contenuti nell'inventario (vedi punto 1) tramite la formula (A):

$$P_{tot} = \sum P_i$$

dove:

P_i = peso del materiale i-esimo, [Kg].

- II. Calcolare il peso dei singoli materiali da fonte rinnovabile utilizzati per l'edificio. Per ognuno dei materiali utilizzati per l'edificio e contenuti nell'inventario (vedi punto 1), individuare la percentuale R [%], determinata rispetto al peso, di materiale da fonte rinnovabile che lo compone.

Calcolare il peso Pr_j [Kg] di materiale da fonte rinnovabile contenuto in ogni materiale secondo la formula:

$$Pr_j = P_j \cdot R_j$$

dove

P_j = peso del materiale j-esimo, [m³];

R_j = percentuale di materiale da fonte rinnovabile del materiale j-esimo, [%].

Nota 2: Le dichiarazioni relative alla percentuale di materiale da fonte rinnovabile in materiali misti, ovvero materiale di origine animale o vegetale, devono essere rese o come dichiarazioni ambientali di tipo I (ecolabel ai sensi della norma UNI EN ISO 14024) o come dichiarazione ambientali di tipo III (EPD ai sensi della UNI EN 14025 e UNI EN 15804) o ancora possono essere rese ai sensi della UNI EN ISO 14021 (label di tipo II: autodichiarazione ambientale del produttore).

Nota 3: Per "materiale da fonte rinnovabile" si intende un materiale in grado di rigenerarsi nel tempo ovvero materiale di origine animale o vegetale.

Nota 4 In fase di progetto è ammessa la dichiarazione del progettista con l'inserimento della quota di materiale da fonti rinnovabili all'interno del capitolato e del computo metrico.

- III. Calcolare il peso complessivo Pr_{tot} [Kg] dei materiali da fonte rinnovabile utilizzati per l'edificio (B) tramite la formula:

$$Pr_{tot} = \sum Pr_j$$

dove:

Pr_j = peso di materiale da fonte rinnovabile contenuto nel materiale j-esimo, [Kg].

- IV. Calcolare il valore dell'indicatore di prestazione come rapporto percentuale tra il peso Pr_{tot} [Kg] dei materiali da fonte rinnovabile impiegati in progetto (B) e il peso totale P_{tot} [Kg] dei materiali impiegati nell'intervento in esame (A):

$$Indicatore = \frac{B}{A} \cdot 100 = \frac{Pr_{tot}}{P_{tot}} \cdot 100$$

- V. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio. Il punteggio da attribuire al criterio si ricava per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione.¹⁰

SCALA DI PRESTAZIONE		
	%	PUNTI
NEGATIVO	-	-1
SUFFICIENTE	0	0
BUONO	20	3
OTTIMO	33	5

L'applicazione di questo criterio di sostenibilità incide direttamente sui materiali utilizzati per il progetto dell'edificio, incentivando tecnologie che discostano dal calcestruzzo armato prefabbricato e acciaio, prediligendo l'utilizzo del legno.

¹⁰ Prassi di Riferimento UNI/PdR 13.2:2019, pp.44-46

Indirettamente il criterio pone 2 problematiche, che non saranno risolte all'interno di questa elaborazione:

- I costi dell'edificio, che dovrebbero essere concorrenziali ai prefabbricati in cls affinché possano rappresentare una valida alternativa;
- Disponibilità di aziende e maestranze specializzate, più in generale una filiera delle costruzioni, in grado di rispondere alle soluzioni progettuali.

Un'ulteriore osservazione preliminare riguarda il dettaglio di progetto. Il calcolo dell'indice di questo criterio richiede la definizione degli elementi tecnologici sopra elencati, ma ignora i nodi tra di essi. Può sembrare un'approssimazione, quando invece costituisce un vantaggio durante il workflow di progetto, snellendolo e rimandando a un secondo momento l'elaborazione dei dettagli costruttivi.

3.5.4. CRITERIO B.4.10: MATERIALI DISASSEMBLABILI

Esigenza: Favorire una progettazione che consenta disassemblaggi selettivi dei componenti in modo da poter essere riutilizzati o riciclati.

Indicatore di prestazione: Percentuale in peso dei materiali disassemblabili rispetto a quelli utilizzati nell'intervento.

Unità di misura: %

Metodo e strumenti di verifica

- I. Descrivere le soluzioni e le strategie adottate al fine di facilitare il disassemblaggio, il riuso o il riciclo dei componenti costituenti l'edificio. Elencare tutte le soluzioni e strategie progettuali previste per facilitare le operazioni di smontaggio degli elementi costitutivi l'edificio (ovvero dei sistemi costruttivi a secco che ne consentano la demolizione selettiva) e che ne permettano l'eventuale riuso e/o riciclo. Attribuire ogni soluzione individuata a una delle aree di applicazione elencate di seguito. Dall'analisi della documentazione di progetto produrre l'inventario dei materiali utilizzati per l'edificio. Indicare per ogni materiale il peso (Kg). Devono essere inclusi nell'inventario solo i materiali contenuti nelle seguenti unità tecnologiche (rif. UNI 8290):
 - Struttura di fondazione
 - Strutture di fondazione dirette
 - Strutture di fondazione indirette
 - Struttura di elevazione
 - Strutture di elevazione verticali
 - Strutture di elevazione orizzontali e inclinate
 - Strutture di elevazione spaziali
 - Struttura di contenimento
 - Strutture di contenimento verticali

Strutture di contenimento orizzontali

- Chiusura verticale
 - Pareti perimetrali verticali
 - Infissi esterni verticali
- Chiusura orizzontale inferiore
 - Solai a terra
 - Infissi orizzontali
- Chiusura orizzontale su spazi esterni
 - Solai su spazi esterni
- Chiusura superiore
 - Coperture
 - Infissi esterni orizzontali
- Partizione interna verticale
 - Pareti interne verticali
 - Infissi interni verticali
 - Elementi di protezione
- Partizione interna orizzontale
 - Solai
 - Soppalchi
 - Infissi interni orizzontali
- Partizione interna inclinata
 - Scale interne
 - Rampe interne
- Partizione esterna verticale
 - Elementi di protezione
 - Elementi di separazione

- Partizione esterna orizzontale
Balconi e logge
Passerelle
- Partizione esterna inclinata
Scale esterne
Rampe esterne
- Partizioni interrato

Nota 1: il metodo di verifica descritto deve essere applicato all'intero edificio nel caso di progetto di nuova costruzione e unicamente agli elementi/materiali apportati dall'intervento nel caso di progetto di ristrutturazione. In caso di ristrutturazione i materiali che rientrano nel calcolo dell'indicatore di prestazione sono quelli espressamente previsti in progetto (ad esempio se l'intervento su un edificio esistente prevede il posizionamento di pannelli isolanti sul lato esterno delle murature perimetrali, nel calcolo dell'indicatore di prestazione sono da considerare unicamente tali pannelli e non la muratura esistente).

Nota 2: Non vanno considerati come elementi disassemblabili né i serramenti né i componenti degli impianti tecnici

- II. Calcolare il peso complessivo P_{tot} [Kg] dei materiali utilizzati per l'edificio contenuti nell'inventario (vedi punto 1) tramite la formula (A):

$$P_{tot} = \sum P_i$$

dove:

P_i = peso del materiale i-esimo, [Kg].

- III. Calcolare il peso dei singoli materiali disassemblabili che possono essere riciclati o riutilizzati.

Per ognuno dei materiali utilizzati per l'edificio e contenuti nell'inventario, individuare la percentuale R [%], determinata rispetto al peso, di materiali disassemblabili che possono essere riciclati o riutilizzati che lo compone. Di tale percentuale almeno il 15% deve essere costituito da materiali non strutturali, in caso contrario assegnare il punteggio di -1. Calcolare il peso Pr_j [Kg] di materiale disassemblabile che può essere riciclato o riutilizzato:

$$Pr_j = P_j \cdot R_j$$

dove:

P_j = peso del materiale j -esimo, [m³];

R_j = percentuale di materiale disassemblabile che può essere riciclato o riutilizzato j -esimo, [%].

Nota 3: In fase di progetto è ammessa la dichiarazione del progettista con l'inserimento della quota di materiale disassemblabile che può essere riciclato o riutilizzato all'interno del capitolato e del computo metrico.

- IV. Calcolare il peso complessivo Pr_{tot} [Kg] dei materiali materiali disassemblabili che possono essere riciclati o riutilizzati per l'edificio (B) tramite la formula:

$$Pr_{tot} = \sum Pr_j$$

dove:

Pr_j = peso di materiale disassemblabile contenuto nel materiale/componente j -esimo, [Kg].

- V. Calcolare il valore dell'indicatore di prestazione come rapporto percentuale tra il peso P_{rtot} [Kg] dei materiali disassemblabili che possono essere riciclati o riutilizzati in progetto (B) e il peso totale P_{tot} [Kg] dei materiali impiegati nell'intervento in esame (A):

$$Indicatore = \frac{B}{A} \cdot 100 = \frac{Pr_{tot}}{P_{tot}} \cdot 100$$

- VI. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio. Il punteggio da attribuire al criterio si ricava per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione.¹¹

SCALA DI PRESTAZIONE		
	%	PUNTI
NEGATIVO	<50	-1
SUFFICIENTE	50	0
BUONO	65	3
OTTIMO	80	5

Questo criterio di sostenibilità indirizza verso la scelta della tecnologia a secco, che permetterà un successivo disassemblaggio dell'edificio in modo da poter riutilizzare i materiali o reintrodurli in un economia circolare. L'edificio non viene più pensato come permanente e immutabile, ma pronto ad essere smontato e riutilizzare quanti più elementi lo costituiscono.

Inoltre questo criterio si sposa benissimo con il concetto di prefabbricazione. Promuove l'elaborazione di una soluzione che sia assemblabile a secco, con la possibilità quindi di avere la preindustrializzazione di alcuni elementi dell'edificio, ed essere così un alternativa valida alla tecnologia in calcestruzzo armato largamente utilizzata.

¹¹ Prassi di Riferimento UNI/PdR 13.2:2019, pp.51-53

Questo criterio di sostenibilità, così come il precedente che richiama i materiali rinnovabili, puntano a raggiungere 2 obiettivi di sostenibilità formulati dall'ONU (SDGs):

- 12.2: Entro il 2030, raggiungere la gestione sostenibile e l'uso efficiente delle risorse naturali;
- 12.5: Entro il 2030, ridurre in modo sostanziale la produzione di rifiuti attraverso la prevenzione, la riduzione, il riciclaggio e il riutilizzo.

3.5.5. CRITERIO B.6.3: COEFFICIENTE MEDIO GLOBALE DI SCAMBIO TERMICO

Esigenza: Ridurre lo scambio termico per trasmissione durante il periodo invernale

Indicatore di prestazione: Rapporto percentuale tra il coefficiente medio globale di scambio termico H'T dell'edificio in esame e quello corrispondente ai limiti di legge.

Unità di misura: %

Metodo e strumenti di verifica

- I. Calcolare il rapporto fra il valore del coefficiente medio globale di scambio termico dell'edificio da valutare H'T (B) e il valore limite di legge H'T, limite (A) ed esprimerlo in percentuale:

$$\text{Indicatore} = B/A * 100 = H'T / H'T, \text{ limite} * 100$$

dove:

H'T è il coefficiente medio globale di scambio termico dell'edificio reale [W/m²K]

$$H'T = H_{tr,adj} / \sum_k A_k \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

H_{tr,adj} è il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione dell'involucro calcolato con la UNITS 11300-1 (W/K) comprensivo di tutti i ponti termici

A_k è la superficie del K-esimo componente (opaco o trasparente) costituente l'involucro

Il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente H'T, è determinato per l'intero involucro in caso di edificio di nuova costruzione, mentre, nel caso di ristrutturazione, per l'intera porzione dell'involucro oggetto dell'intervento (parete verticale, copertura,

solaio, serramenti, ecc.), comprensiva di tutti i componenti su cui si è intervenuti.

H'T, limite è il limite di legge del coefficiente medio globale di scambio termico limite così come riportato alla Tabella 10, dell'Appendice A, del Decreto Ministeriale 26 giugno 2015) e ss.mm.e ii., in funzione del rapporto s/v dell'edificio [W/m²K]

Numero Riga	RAPPORTO DI FORMA (S/V)	Zona climatica				
		A e B	C	D	E	F
1	$S/V \geq 0,7$	0,58	0,55	0,53	0,50	0,48
2	$0,7 > S/V \geq 0,4$	0,63	0,60	0,58	0,55	0,53
3	$0,4 > S/V$	0,80	0,80	0,80	0,75	0,70
Numero Riga	TIPOLOGIA DI INTERVENTO	Zona climatica				
		A e B	C	D	E	F
4	Ampliamenti e Ristrutturazioni importanti di secondo livello per tutte le tipologie edilizie	0,73	0,70	0,68	0,65	0,62

Tabella B.6.3.a: Calore massimo ammissibile del coefficiente globale di scambio termico H'T (W/m²K).

- II. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio. Il punteggio da attribuire al criterio si ricava per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione.

SCALA DI PRESTAZIONE		
		PUNTI
NEGATIVO	> 100 %	-1
SUFFICIENTE	100%	0
BUONO	64%	3
OTTIMO	40%	5

Nota 1 Le aree e le trasmittanze termiche lineari devono essere valutate come descritto dalla UNI EN ISO 13789 – Appendice B. Il coefficiente globale di

scambio termico è determinato per l'intero involucro sia nel caso di nuova costruzione che di ristrutturazione importante di primo livello¹²

Il criterio è un'occasione per studiare la prestazione termo-igrometrica degli elementi che compongono l'involucro del mio edificio e le loro estensioni in termini di superficie. Questo criterio incide sulle superfici vetrate, apribili, ovvero tutte quelle superfici che hanno una trasmittanza più elevata rispetto alle pareti e alla copertura.

Riflettere su questo criterio significa attuare un'azione complementare all'introduzione di fonti di energia rinnovabili: l'efficientamento dell'involucro, e quindi del sistema edificio. Se da un lato si utilizzano fonti di energia rinnovabili, dall'altro si progetta un edificio in grado di richiedere meno energia di esercizio, come espletato dal target 7.3 dei SDGs: entro il 2030, raddoppiare il tasso globale di miglioramento dell'efficienza energetica.

¹² Prassi di Riferimento UNI/PdR 13.2:2019, pp.68-69

3.5.6. CRITERIO C.4.3: PERMEABILITA' DEL SUOLO

Esigenza: Minimizzare l'interruzione e l'inquinamento dei flussi naturali d'acqua.

Indicatore di prestazione: quantità di superfici esterne permeabili rispetto al totale delle superfici esterne di pertinenza dell'edificio.

Unità di misura: %

Metodo e strumenti di verifica

- I. Calcolare l'area complessiva delle superfici esterne di pertinenza dell'edificio (A). Individuare l'area esterna di pertinenza dell'edificio, come area del lotto al netto della superficie data dalla proiezione al livello del terreno della copertura dell'edificio, comprese logge e balconi, e calcolarne l'estensione superficiale, S_e [m²].
- II. Calcolare l'estensione di ciascuna tipologia di sistemazione esterna. Individuare l'estensione $S_{e,i}$ [m²] di tutte le tipologie di sistemazione superficiale previste per le aree esterne in modo tale che:

$$S_e = \sum S_{e,i}$$

dove:

S_e = estensione della superficie esterna di pertinenza dell'edificio (A), [m²];

$S_{e,i}$ = estensione della superficie esterna con la tipologia di pavimentazione i-esima, [m²].

- III. Sommare le superfici $S_{e,i}$ ciascuna moltiplicata per il proprio coefficiente di permeabilità, ottenendo l'estensione complessiva della superficie esterna permeabile (B). Il coefficiente di permeabilità (α) rappresenta il rapporto tra il volume di acqua meteorica in grado di raggiungere direttamente il sottosuolo, attraverso la specifica pavimentazione, e il volume di acqua

piovuta su di essa. Assegnare un valore di permeabilità a ognuna delle tipologie di sistemazione delle aree esterne individuate. Ai fini del calcolo dell'indicatore di prestazione fare riferimento ai seguenti valori del coefficiente α :

- Prato in piena terra, o raccolta e trattamento delle acque di prima e seconda pioggia conferite in pozzo perdente o destinate a subirrigazione (Livello Alto): $\alpha = 1,00$;
- Ghiaia, sabbia, calcestre, o altro materiale sciolto (Livello Medio/Alto): $\alpha = 0,9$;
- Elementi grigliati in polietilene o altro materiale plastico con riempimento di terreno vegetale (Livello Medio): $\alpha = 0,8$;
- Elementi grigliati/alveolari in cls posato a secco, con riempimento di terreno vegetale o ghiaia (Livello Medio/Basso): $\alpha = 0,6$;
- Elementi autobloccanti di cls, porfido, pietra o altro materiale, posati a secco su fondo in sabbia e sottofondo in ghiaia (Livello Basso): $\alpha = 0,3$;
- Pavimentazioni continue, discontinue a giunti sigillati, posati su soletta o battuto di cls. (Livello Nullo): $\alpha = 0$.

Calcolare l'estensione effettiva delle superfici esterne permeabili (B) come somma delle estensioni delle diverse pavimentazioni, ciascuna moltiplicata per il proprio coefficiente di permeabilità:

$$B = \sum (S_{e,i} \cdot \alpha_i)$$

dove:

B = estensione totale effettiva delle superfici esterne permeabili, [m²];

$S_{e,i}$ = estensione della superficie esterna con la tipologia di pavimentazione i-esima, [m²];

α_i = coefficiente di permeabilità della tipologia di pavimentazione i-esima, [-].

Nota 1 Le superfici relative a coperture di garage o volumi interrati e ricoperti di verde sono da considerare come Livello Nullo $\alpha = 0$.

IV. Calcolare la seguente percentuale: $(B/A) \times 100$

Calcolare il valore dell'indice di prestazione come rapporto percentuale tra l'estensione totale effettiva delle superfici permeabili (B) e l'estensione della superficie esterna di pertinenza dell'edificio (A), secondo la formula:

$$\text{Indicatore} = \frac{B}{A} \cdot 100 = \frac{\sum (S_{e,i} \cdot \alpha_i)}{S_e} \cdot 100$$

V. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio. Il punteggio da attribuire al criterio si ricava per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione.¹³

SCALA DI PRESTAZIONE		
	%	PUNTI
NEGATIVO	>40	-1
SUFFICIENTE	40	0
BUONO	55	3
OTTIMO	65	5

Questo criterio interagisce direttamente con la progettazione degli spazi esterni, andando a focalizzare l'attenzione verso il problema della permeabilità del suolo, fortemente compromessa nelle zone industriali. Le superfici asfaltate e cementate, fondamentali per la produzione e la logistica del settore secondario, andranno razionalizzate e poste in equilibrio con le superfici verdi da inserire nel progetto.

¹³ Prassi di Riferimento UNI/PdR 13.2:2019, pp.84-85

3.5.7. CRITERIO C.6.8: EFFETTO ISOLA DI CALORE

Esigenza: Garantire che gli spazi esterni abbiano condizioni di comfort termico accettabile durante il periodo estivo.

Indicatore di prestazione: 1 Rapporto tra l'area delle superfici in grado di diminuire l'effetto isola di calore rispetto all'area complessiva del lotto di intervento (superfici esterne di pertinenza + copertura).

Unità di misura: %

Metodo e strumenti di verifica

- I. Calcolare l'area complessiva del lotto (A). Individuare l'estensione superficiale complessiva del lotto di intervento SI comprensiva delle aree esterne e delle superfici coperte [m²].
- II. Calcolare l'area complessiva delle superfici esterne di pertinenza e della copertura dell'edificio in grado di diminuire l'effetto "isola di calore" (B). Analizzare il progetto di sistemazione delle aree esterne di pertinenza (per area esterna di pertinenza si intende l'area del lotto al netto dell'impronta dell'edificio) e individuare le eventuali superfici che saranno sistemate a verde. Verificare se è prevista in progetto la realizzazione di coperture con sistemazione a verde (tetti verdi intensivi o estensivi) che sono da considerare come aree in grado di diminuire l'effetto "isola di calore". Determinare quali aree del lotto (coperture comprese) hanno elevati indici di riflessione solare (SRI) come da tabella allegata.

Determinare le superfici pavimentate e quelle delle coperture che hanno indice di riflessione solare (SRI) pari o superiore a:

- 76 per le superfici piane o con inclinazione pari o minore di 8,5°;
- 29 per le superfici inclinate con pendenza maggiore di 8,5°.

Calcolare l'area complessiva delle superfici del lotto (superfici esterne di pertinenza e superfici di copertura) in grado di diminuire l'effetto "isola di calore", Sreif [m²], ovvero delle superfici sistemate a verde oppure aventi

indici di riflessione solare (SRI) pari o maggiori a 76 per superfici piane o inclinate con pendenze fino a 8,5°, oppure aventi indice SRI pari o maggiore a 29 per superfici con pendenza superiore a 8,5°.

- III. Calcolare il rapporto percentuale tra l'area delle superfici in grado di diminuire l'effetto "isola di calore" e l'area totale del lotto: $B/A \cdot 100$. Calcolare il valore dell'indicatore di prestazione come rapporto percentuale tra l'estensione complessiva (B) delle superfici del lotto in grado di diminuire l'effetto "isola di calore" S_{reif} [m²] e la superficie (A) del lotto di intervento, S_l [m²], tramite la formula:

$$Indicatore = \frac{B}{A} \cdot 100 = \frac{S_{reif}}{S_l} \cdot 100$$

- IV. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio. Il punteggio da attribuire al criterio si ricava per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione.¹⁴

SCALA DI PRESTAZIONE		
	%	PUNTI
NEGATIVO	-	-1
SUFFICIENTE	0	0
BUONO	60	3
OTTIMO	100	5

Per i valori SRI si è fatto riferimento a quelli tabellati all'interno della Prassi UNI/PdR 13.2:2019.

¹⁴ Prassi di Riferimento UNI/PdR 13.2:2019, pp.86-90

L'effetto isola di calore è un problema diffuso nelle zone industriali, a causa della presenza estesa delle superfici asfaltate e cementate, utili alle attività produttive. Questo criterio di sostenibilità, insieme al precedente, aiuta nell'elaborazione di uno spazio esterno in grado di risolvere alcune problematiche presenti, progettandolo con una qualità maggiore e indirizza verso la scelta specifica di materiali che andranno a comporre il complesso industriale.

L'INDUSTRIA DEL FUTURO: LA PROPOSTA VERSO UNA NUOVA DIREZIONE DI SVILUPPO

4

Il progetto del complesso industriale prevede la costruzione di un nuovo capannone. L' intervento trainante di tutto il progetto è l'inserimento di alcuni volumi e il ridisegno dello spazio esterno, che come alla scala urbana, rappresenta la matrice in cui si vanno ad inserire i volumi edificati.

Tramite l'ausilio dei criteri di sostenibilità, si è formulata una proposta in grado di rispondere ai requisiti di uno spazio produttivo: in questo modo ci si può proiettare verso una direzione di sviluppo alternativa delle costruzioni industriali. Il protocollo di sostenibilità diventa elemento che permette la deviazione verso una direzione di sviluppo più attenta alle tematiche ambientali, allontanandosi dall'attuale modus operandi oramai consolidato.

L'applicazione di alcuni criteri della Prassi di Riferimento permette di raggiungere degli obiettivi di sostenibilità posti dall'Onu e che guideranno verso uno sviluppo più sostenibile delle aree produttive.

Inoltre la proposta è formulata con una successione di interventi, in modo da essere maggiormente compatibile con il bilancio economico-finanziario dell'impresa.

4.1. LA COMPOSIZIONE DEL NUOVO PROGETTO

Per comporre il nuovo progetto, ho voluto prima considerare il progetto originario previsto dall'azienda, per poi reinterpretarlo.

Il raddoppio del capannone rettangolare esistente è stato sostituito con uno nuovo, in grado di essere maggiormente sensibile alle tematiche spaziali. Così facendo si pone enfasi su un risultato pratico, ma non convenzionale.

Così facendo si prevede un nuovo volume, distaccato dal precedente, per i seguenti motivi:

- All'interno del capannone esistente avviene la fase di collaudo, particolarmente rumorosa. Si è cercato di attenuare il dis-comfort acustico all'interno del nuovo edificio;
- Essendo un'unità indipendente, il nuovo edificio è strutturalmente e tecnologicamente indipendente rispetto a quello esistente, permettendo delle scelte progettuali più indipendenti rispetto alle costruzioni esistenti;
- La costruzione del nuovo edificio non richiede l'interruzione della produzione.
- Il volume distaccato può garantire i requisiti illuminotecnici e di aerazione, prevedendo delle aperture in tutti i lati dell'edificio;
- Tra il volume esistente e quello nuovo si andranno a collocare una serie di spazi, che non richiedono le altezze tipiche di uno spazio produttivo: mi riferisco ai servizi igienici, ai locali tecnici, ai magazzini e alle aree ristoro. In questo modo si possono preservare un volume unitario e lo spazio produttivo del capannone. Si evita così una progettualità nella quale si prevede un affiancamento passivo di costruzioni, ma anzi si creano delle dinamiche spaziali e volumetriche capaci di rendere tutto il progetto più legato, contribuendo all'unitarietà finale della proposta.

Il nuovo stabilimento non solo si distacca da quello esistente, ma arretra un prospetto, facendo spazio per un' area di manovra comune con la costruzione con cui si relaziona.

Il nuovo edificio produttivo si allinea inoltre con lo stabilimento dell'altro lotto, quello principale con pianta ad L, ricominciando una regolarizzazione complessiva della composizione finale.

Gli altri volumi previsti nel progetto ospitano i servizi destinati agli operatori e si collocano affacciandosi sull'area centrale del complesso. I volumi destinati allo stoccaggio e alle attrezzature produttive, saranno riqualificati o di nuova costruzione, e collocati nei prospetti nascosti rispetto all'ingresso dell'azienda. Tutti i volumi che interagiscono con i capannoni non saranno semplicemente affiancati, ma andranno ad intersecare il volume produttivo lungo tutto il suo perimetro, marginalizzando la loro posizione e liberando l'ampio spazio utilizzato per la produzione. L'intersezione dei volumi è una nuova interpretazione delle superfetazioni, così largamente utilizzate nelle realtà industriali. Questo consente una nuova e più moderna lettura, in chiave architettonica, dei volumi sia interni che esterni, creando così un senso di continuità dello spazio, enfatizzata dall'utilizzo dello stesso rivestimento.

Tutti i volumi, sia quelli esistenti che i nuovi, lasciano spazio all'area centrale del complesso, anche collocando il maggior numero possibile di posti auto lungo il perimetro del lotto. I 2 lotti, attualmente separati, saranno unificati. Così lo spazio tra i due costituirà il baricentro geometrico del progetto, dedicato al verde e agli spazi per gli operatori.

Vuole questa essere una scelta progettuale che scorpora il lavoratore da un semplicistico binomio lavoro-produttività, ma che anzi tenta di restituire centralità all'uomo in quanto tale, in un contesto, seppur produttivo, quanto più possibile vicino alla natura.

Così la composizione del complesso non tiene conto solo di necessità produttive, ma anche di chi è coinvolto nell'attività industriale. Il risultato è una distribuzione uniforme dei volumi, dinamica che non è decontestualizzabile come i soliti prefabbricati in calcestruzzo armato.



Figura 4.1.1: Planivolumetrico.



Figura 4.1.2: Pianta piano terra.

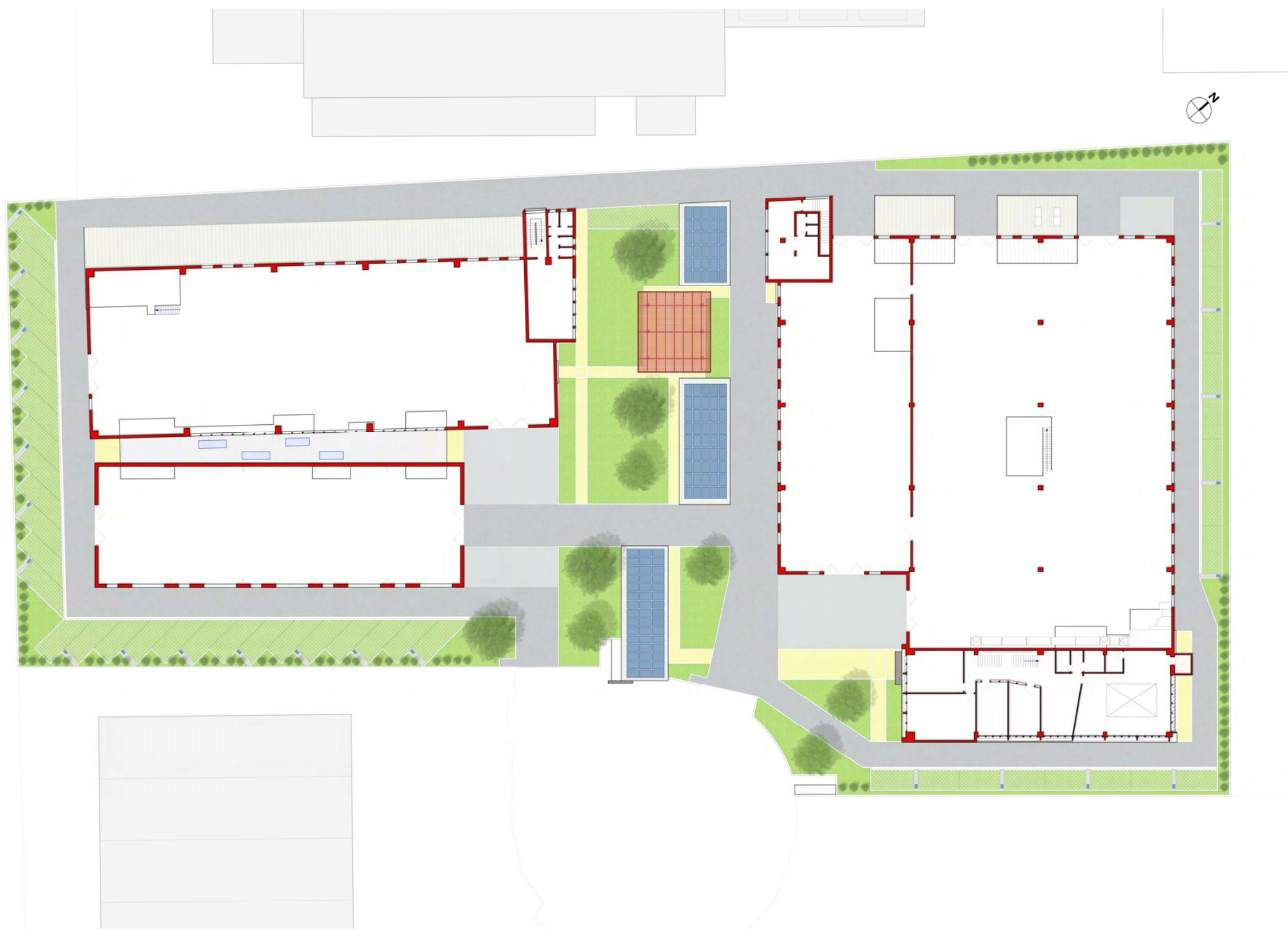
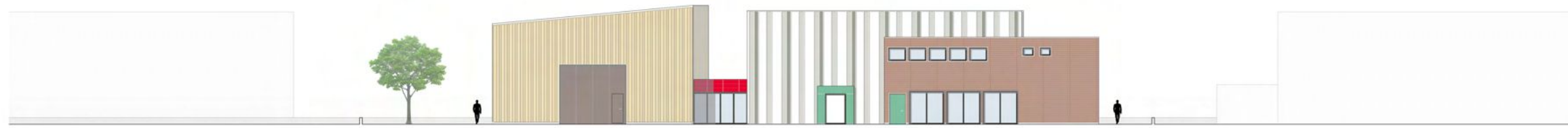


Figura 4.1.3: Pianta primo piano.



PROSPETTO NORD - EST



PROSPETTO SUD - OVEST



PROSPETTO NORD - EST



PROSPETTO SUD - EST

Figura 4.1.4: Prospetti.



Figura 4.1.5: Prospetti.

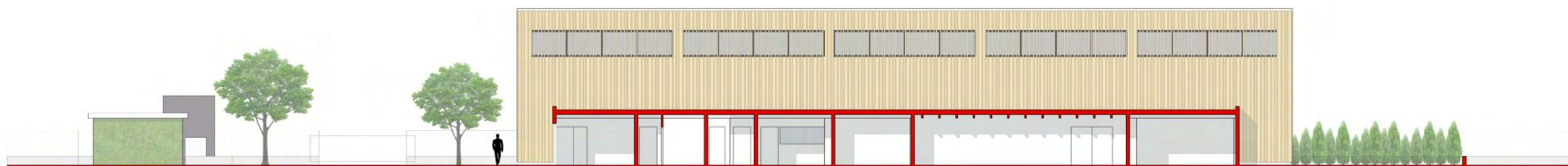
4.2. IL NUOVO EDIFICIO PRODUTTIVO

Il nuovo capannone è una delle parti del progetto in cui i criteri di sostenibilità hanno aiutato a trovare una soluzione più sensibile alle tematiche ambientali. In pianta si presenta semplicemente rettangolare, libero di ospitare flessibilmente qualunque mansione utile alla produzione. La copertura è rappresentata da una falda inclinata di 5°, soluzione elaborata rispondendo contemporaneamente ad una serie di requisiti:

- Ottimizzazione della morfologia della copertura in funzione dell'impianto fotovoltaico;
- Lo spazio interno presenta un'altezza di 6,50 m, da terra al piano di imposta della copertura, in linea con le dimensioni dei capannoni esistenti. L'altezza massima della costruzione è di 9 m, secondo il PRG di Monsano e in linea con le altezze delle costruzioni esistenti;
- L'inclinazione permette di avere, al di sotto della parte più alta, delle aperture continue rivolte ad ovest in grado di illuminare l'interno e l'intradosso in legno del manto di copertura;
- La trave portante si presenta a sezione non costante. La sua forma è determinata sia dall'inclinazione della copertura, sia tenendo conto del diagramma dei momenti flettenti che agiscono sulla trave. La forma ricavata non è prodotta solo da un esercizio creativo, ma risulta in grado di coniugare diversi aspetti del progetto.



SEZIONE A-A'



SEZIONE B-B'

Figura 4.1.6: Sezioni.

Il nuovo volume produttivo si relaziona all'esistente tramite uno spazio intermedio, che interseca entrambi i capannoni.

Le aperture seguono delle regole compositive semplici. Queste si collocano al di sopra dei 3 m dal pavimento, ad est, lungo il prospetto libero, per non interferire con la sicurezza delle attività produttive. Sono disposte con un ritmo ben visibile, formulato tramite la serialità degli elementi da utilizzare e da riproporre in una versione più dinamica.

Sul prospetto a nord-ovest, che interagisce con il volume esistente, il nuovo capannone si apre in sommità, con finestre a nastro interrotte solo dai telai strutturali e seguendo una linearità geometrica. Questo elemento lineare comunica compositamente con il lungo lucernario continuo in policarbonato alveolare. Lo fa sulla copertura che permette il passaggio di una luce diffusa, apribile verso l'alto. Tutte le finestre sono state pensate con apertura a vasistas e installate a filo interno della parete perimetrale. Negli altri prospetti, i lati corti della pianta rettangolare, ospitano portoni industriali con apertura a libro, in grado di rispondere alle necessità sia produttive che di aerazione, collocandole in 2 prospetti contrapposti. Tutte le superfici che compongono l'edificio si aprono all'esterno, con la volontà di avere uno spazio ben areato e illuminato.

L'abbagliamento interno viene prevenuto tramite il posizionamento delle finestre verso nord-ovest e sud-est, collocandole ad un'altezza minima di 3 m dal pavimento e tramite l'uso di frangisole. Questi si integrano perfettamente con il rivestimento esterno, conferendo continuità alle pareti esterne in legno. Il legno, indicato dai criteri di sostenibilità, viene utilizzato per andare a caratterizzare una nuova versione dell'opificio. All'esterno si presenta con una texture verticale, costituita da elementi di dimensioni differenti, che vanno a creare superfici dinamiche che interagiscono con la luce. Le differenti luci creano così differenti ombre nell'arco della giornata: il volume ha una diversa reazione al percorso solare, evitando di presentarsi monolitico e statico come i prefabbricati esistenti. Le aperture nascoste all'interno del rivestimento esterno, creano prospettive senza interruzioni, in cui la texture di legno acetilato (abete chiaro) conferisce carattere al nuovo stabilimento. Il legno che

si presenta dinamico all'esterno, si presenta anche all'interno in una nuova veste. Più uniforme, a faccia vista sia sulle pareti che sulla copertura. La qualità estetica del legno viene portata all'interno dello spazio produttivo, sostituendo il calcestruzzo. La continuità del legno all'interno del capannone viene interrotta solo dai pilastri in acciaio, dagli impianti a vista e da una fascia di 3 m dal pavimento. Questa si rivela necessaria per l'interazione diretta con i processi produttivi e per essere più facilmente lavabile. L'elemento naturale viene sia inserito all'esterno del complesso, sia percepito all'interno dagli operatori.

Il progetto del nuovo capannone, confrontato con quelli esistenti, si presenta estremamente diverso. Con questo si vuole proporre una valida ed innovativa alternativa, che vuole prendere il posto della monolitica prefabbricazione in calcestruzzo armato.

4.3. PROGETTAZIONE DELL'ESTERNO

La progettazione dello spazio esterno del complesso ne costituisce la matrice legante della proposta, insieme agli elementi che vanno a comporre i volumi edificati, e rappresenta uno dei temi progettuali più incisivi, richiamato dai criteri di sostenibilità adottati.

E' utile fare un'osservazione preliminare prima di descrivere il progetto.

Lo spazio vegetato e usufruibile per la socializzazione è importante per la progettazione dello spazio urbano, facendo riferimento ai criteri del Protocollo Itaca. E' altresì importante lo spazio esterno del complesso produttivo seguendo i criteri della Prassi di Riferimento.

Alle varie scale di progettazione ritroviamo gli stessi temi da affrontare, andando a risolvere le stesse criticità, quali la permeabilità del terreno, compromessa dall'estensione delle superfici asfaltate, l'effetto isola di calore e la frammentazione delle superfici verdi così inutilizzabili.

Partendo da quest'ultima osservazione, la prima finalità perseguita durante la progettazione dell'esterno è stata la volontà di creare delle superfici quanto meno frammentate possibili. In questo modo si possono destinare ad uno scopo più attivo, e non solo quello di rappresentanza per l'immagine dell'azienda. Questa non è da sminuire, ma da tener sempre centrale poiché è l'impresa la promotrice del progetto. I criteri di sostenibilità adottati focalizzano poi verso una progettazione dell'esterno, in cui prevale il verde. Così facendo si reintroduce un elemento talvolta carente nelle aree industriali, andando a risolvere le problematiche già ampiamente esposte.

In un contesto produttivo, le tematiche ambientali devono interagire con le necessità produttive. La viabilità interna è stata gestita partendo da quella esistente, compatibilmente con i volumi da riqualificare e da edificare. Un percorso a senso unico percorre tutto il perimetro del lotto, riducendo la dimensione della strada. Unica eccezione è rappresentata dalla strada centrale, a 2 sensi di percorrenza, per

garantire una viabilità fluida ed accogliere così fasi di carico-scarico merci, di mezzi particolarmente ingombranti. Le baie di carico dei capannoni rimangono invariate e si collegano al sistema di viabilità asfaltata. Attraverso l'ottimizzazione del sistema di strade si sono ridotte le superfici asfaltate, migliorando conseguentemente la permeabilità del terreno.

Quanti più parcheggi possibili sono stati collocati lungo il perimetro del lotto, compatibilmente con gli spazi a disposizione. Sono stati inseriti tramite delle superfici in prato amato, più permeabili rispetto all'asfalto e che divengono un'occasione di inserire ulteriormente il verde (questo un altro intervento adottato a scala urbana).

Unica eccezione sono i parcheggi che fiancheggiano la strada centrale. In questo caso i posti auto sono stati coperti tramite tettoie, sopra le quali sono stati collocati pannelli fotovoltaici. Le pareti sono rivestite da verde rampicante, integrandosi maggiormente con l'area centrale. I parcheggi nell'area centrale diventano elementi di separazione tra la strada e il verde fruibile dagli operatori. Nelle aree perimetrali, così come in quella centrale, l'operazione di sostituzione delle aree asfaltate con quelle vegetate, conferisce nuova qualità al complesso. Ai confini del lotto, le superfici vegetate risultano più irregolari, mentre in quella centrale si conferisce unitarietà e regolarità all'intera composizione.

Per smorzare il protagonismo delle auto, le tettoie che accolgono i parcheggi vengono interrotte, inserendovi un'eccezione: una traslazione volumetrica. Di fatto, si tratta di una pergola rossa, più alta rispetto ai parcheggi, che copre un nodo all'interno del quale vanno a confluire diversi percorsi pedonali. Attraverso il suo colore rosso e la sua altezza, denuncia la sua posizione baricentrale nel progetto del complesso. Tramite la scelta cromatica comunica con il volume degli uffici amministrativi-dirigenziali e con quello che connette il nuovo capannone con l'esistente. La sua presenza ristabilisce un protagonismo che si sposta dagli spazi produttivi e dai parcheggi, agli spazi pedonali e quelli verdi usufruibili agli operatori. La centralità dello spazio esterno va a creare un nuovo equilibrio tra uomo, natura e lavoro.

Lo spazio esterno centrale conferisce regolarità al complesso. Le sue direttrici sono parallele a tutti i volumi costruiti, ad eccezione del capannone rettangolare esistente. L'area verde diventa protagonista del progetto, che permette di inserire una vegetazione di diversa natura e dimensione, in grado di ammorbidire lo spazio complessivo. Le superfici pavimentate, tramite autobloccanti, rappresentano i percorsi pedonali e gli spazi di aggregazione. La via che parte dal volume rosso dell'amministrazione dell'azienda, si conclude nella pergola rossa, nodo dei vari tragitti che portano agli stabilimenti. In questo modo, lo spazio centrale rappresenta uno spazio di aggregazione per tutte le persone e i lavoratori dell'azienda.

4.4. L'ESPRESSIONE MATERICA DEL PROGETTO

I criteri del protocollo di sostenibilità hanno indirizzato nella scelta dei materiali. Il legno infatti, è un materiale rinnovabile e va a rappresentare l'elemento nuovo del contesto industriale. I materiali metallici infine, sono riciclabili e adattabili a moltissime applicazioni tecnologiche. Questi materiali sono idonei ad interagire con le azioni di uno spazio industriale: le loro caratteristiche di duttilità e resistenza, garantiscono la sicurezza degli operatori e l'integrità dell'edificio durante l'attività produttiva. Materiali e texture differenti vanno a distinguere le diverse funzioni che il complesso ospita.

Il nuovo volume produttivo in legno, tramite la texture verticale, propone superfici uniformi e dinamiche. Lo stesso materiale è stato adottato per la costruzione di servizi per i lavoratori, come gli spogliatoi e refettori.

Come per il nuovo capannone, il legno costituisce il materiale costruttivo e il rivestimento esterno, applicato, così come tutti gli elementi che compongono la facciata, con una texture orizzontale più semplice. Questo è inoltre riproposto nel volume ascensore del prospetto nord-est del capannone ad L, conferendo così un'unitarietà ai vari prospetti che compongono il complesso industriale. Anche gli spazi magazzino sono caratterizzati da un rivestimento comune che ne distingue la funzione. La lamiera aggraffata di color antracite non risalta, ed evidenzia indirettamente il resto dei volumi dalle cromie più chiare: quello che segue è poi una texture orizzontale e continua all'interno delle stesse volumetrie.

Di conseguenza i volumi visibili all'esterno lo sono anche all'interno.

I capannoni esistenti sono riqualificati seguendo 2 necessità da integrare nella composizione finale:

- La possibilità di modulare la luce tramite frangisole orientati adeguatamente;
- Facciata ventilata con un rivestimento metallico di facile installazione.

Il rivestimento scelto in lamiera di alluminio aggraffata, propone una texture verticale che crea le stesse dinamiche con la luce diurna del capannone nuovo in legno. La

texture e le relazioni dinamiche con la luce diventano gli elementi che creano una composizione unitaria, nella quale si distinguono i volumi di diversa natura tecnologica. I capannoni riqualificati e quello nuovo instaurano una relazione visiva basata sull'interazione della texture con la luce. Gli elementi verticali in alluminio sono di misure standard, distinti solo dal colore. Questi si inseriscono nei moduli costituiti dalle pareti in calcestruzzo armato vibrato esistenti, in una disposizione non casuale: questa si ripete seguendo il modulo compositivo esistente.

Al di sopra del rivestimento verticale si dispone un altro rivestimento in alluminio, bianco e traforato, in cui si integrano i frangisole, che modulano la luce entrante negli spazi produttivi. Queste fasce bianche e traforate, sporgono rispetto al rivestimento verticale, che sembra sostenerle e propongono una texture leggera, dovuta alla diversa dimensione delle lamiere installate. La presenza di questo rivestimento si ha in corrispondenza e in funzione delle bucatore e dei frangisole.

La texture e gli elementi in alluminio che le compongono, si inseriscono anch'essi nel modulo dei pannelli prefabbricati, che fanno parte dell'edificio esistente. La prefabbricazione e le sue misure standard sono state reinterpretate per la composizione del nuovo progetto, tenendo conto anche di facilitare le fasi di cantiere che devono essere quanto più veloci possibile, per interferire quanto meno con i processi produttivi.

Il nuovo progetto si contrappone all'esistente con un risultato più dinamico, che vuole discostarsi dalla serialità e dalla monoliticità esistenti.

La modulazione della luce naturale è stato un tema progettuale con un evidente impatto nella composizione architettonica. Si propongono diverse versioni dell'applicazione dei frangisole, in grado così di caratterizzare diversamente i vari volumi del complesso industriale. I brise-soleil si integrano nel rivestimento in legno del capannone nuovo, senza soluzione di continuità con il rivestimento, ma anzi creando unitarietà delle superfici. Sono un elemento addizionato nei volumi in legno che accolgono i servizi dei lavoratori, emergendo chiari dal prospetto. Si integrano nella composizione dei capannoni esistenti riqualificati, integrati in un rivestimento

bianco e traforato come i frangisole stessi. Inoltre diventano un elemento caratterizzante dello spazio degli uffici amministrativi.

In una composizione generale che propone colori neutri, si evidenzia il volume rosso degli uffici, distinguendo la sua diversa funzione e centralità.

La staticità viene evitata tramite i frangisole, orizzontali e verticali, posizionati in funzione del percorso solare. Questi sono interrotti dalla presenza di 2 elementi rivestiti in color rame, cromia presente nelle realtà industriali, che spicca per complementarità con il rosso, presentando una texture che richiama quella bianca dei capannoni riqualificati.

L'elemento verde principale accoglie le sale riunioni, aprendo la vista all'intero complesso produttivo. Esso esprime l'importanza dello spazio di confronto, proprio come la pergola rossa nello spazio esterno. L'elemento verde non rimane un'eccezione ma, richiamato negli altri prospetti, crea unitarietà dell'insieme.

Il rivestimento color rame va ad indicare gli ingressi principali degli stabilimenti esistenti.

Il color rosso individua i 3 cardini forti del progetto, permettendone una distinzione: gli uffici amministrativi-dirigenziali, la pergola nel baricentro del complesso e lo spazio che collega il nuovo capannone in legno a quello esistente.

Nella composizione del progetto, la centralità è data dall'applicazione dei materiali, dalla loro texture e dalle varie interazioni con la luce.

Il risultato complessivo degli spazi industriali, evidenzia un'attenta ricerca contraddistinta da carattere. Si tenta una nuova frontiera, che si discosta da quella attualmente presente. Si cerca infatti di formulare un progetto che non sia decontestualizzabile, ma che anzi vada a creare degli spazi e delle geometrie in grado di interpretare, con una più attenta chiave di lettura, i criteri di sostenibilità. Questi sono un elemento cardine dei requisiti, per la realizzazione di uno spazio produttivo che si affacci verso una nuova sfida delle nuove costruzioni industriali.

CALCOLO DEI PUNTEGGI DEI CRITERI SCELTI DELLA PRASSI DI RIFERIMENTO

5

In questo capitolo si riportano le elaborazioni e i risultati che sono emersi dal calcolo dei punteggi dei criteri di sostenibilità scelti. Questi non sono stati semplicemente calcolati a posteriori, ma hanno interagito direttamente con tutte le fasi di progettazione, dall'analisi al particolare costruttivo.

Approcciandosi alle tematiche, poste dai vari criteri, si è cercato di ottimizzare quanto più possibile il punteggio, nei limiti di ragionevolezza tecnica e tecnologica.

La massimizzazione del risultato, ha portato ad un processo progettuale iterativo, nel quale la tecnica, la tecnologia e la composizione architettonica del progetto proposto, hanno mostrato la loro relazione.

5.1. CRITERIO B.3.3: ENERGIA PRODOTTA NEL SITO PER USI ELETTRICI

Per la trattazione di questo criterio ho utilizzato il software "Termo Energia 2.7" della Namirial, con lo scopo di massimizzare la potenza installata degli impianti a fonti energetiche rinnovabili.

I criteri utilizzati per la progettazione dell'impianto fotovoltaico sono i seguenti:

- Massimizzare la potenza installata, ignorando il bilancio economico;
- Considerare solamente le potenze di picco;
- Utilizzare lo stesso pannello fotovoltaico all'interno del complesso industriale, riuscendo senza problemi a massimizzare la superficie di copertura per l'installazione dei pannelli fotovoltaici. Ho scelto un modulo fotovoltaico da 370 W della "SUNPOWER" per il calcolo e la massimizzazione della potenza da installare, con misure e potenza sostituibile con qualunque altra marca. Una scelta indicata sia da una ricerca personale, sia dalla banca dati della versione di prova gratuita del software utilizzato.

Descrizione:	SUNPOWER X-Series SPR-X22-370 (370W)	
Modello:	X-Series SPR-X22-370	
Marca:	SUNPOWER	
Costo:	€	
Caratteristiche fisiche		
Larghezza:	1.046 mm	Peso: 18,60 kg
Altezza:	1.558 mm	
Spessore:	46 mm	Area: 1,63 m ²
Tipologia delle celle:	Silicio monocristallino	
Potenza massima (Pmax):	370,0 W	
Tensione nel punto di max. pot. (Vmpp):	59,10 V	
Corrente nel punto di max. pot. (Impp):	6,26 A	
Tensione a vuoto (Voc):	69,50 V	
Corrente di cortocircuito (Isc):	6,66 A	
Tensione massima supporto posteriore (Vmax):	1.000,00 V	
Coefficiente termico Voc:	-0,2409 %/°C	

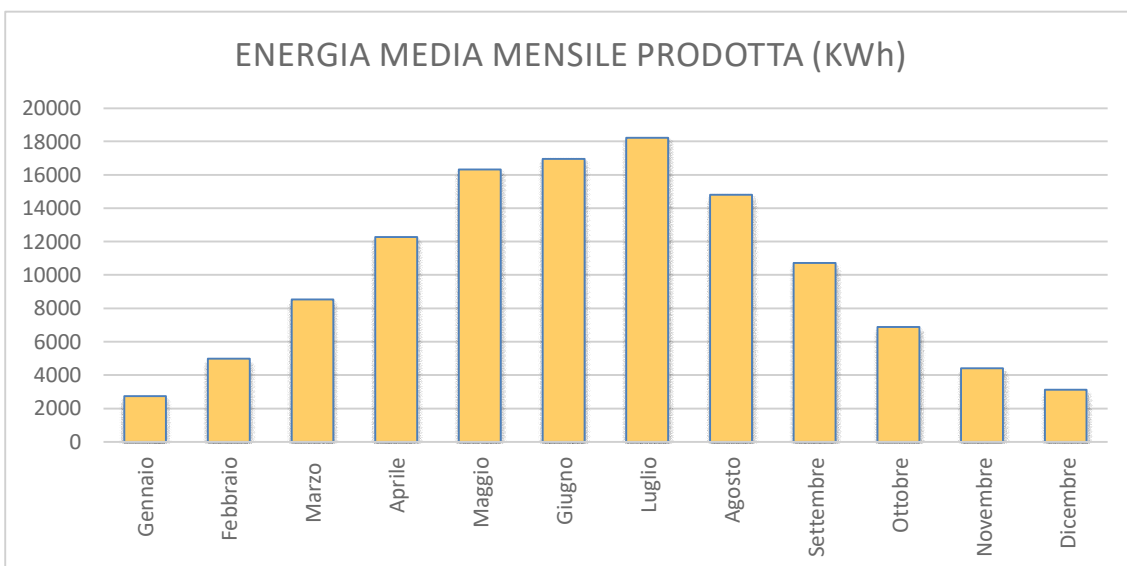
Figura 5.1.1: Caratteristiche del modulo fotovoltaico scelto.

Per la progettazione del nuovo capannone, questo criterio è stato utilizzato per elaborare la morfologia della copertura. La forma del tetto ad una falda del nuovo stabilimento riesce, tra le diverse configurazioni possibili, non solo a massimizzare la potenza installata, ma a migliorare il rendimento dell'impianto fotovoltaico in termini di densità di energia prodotta (KWh/mq annuo).

Di seguito si riportano i risultati dei calcoli effettuati tramite il software ed elaborati con un foglio di calcolo, distinguendo il calcolo dell'impianto di ogni edificio. L'energia annuale ricavata da ogni impianto è stata stimata direttamente dal software.

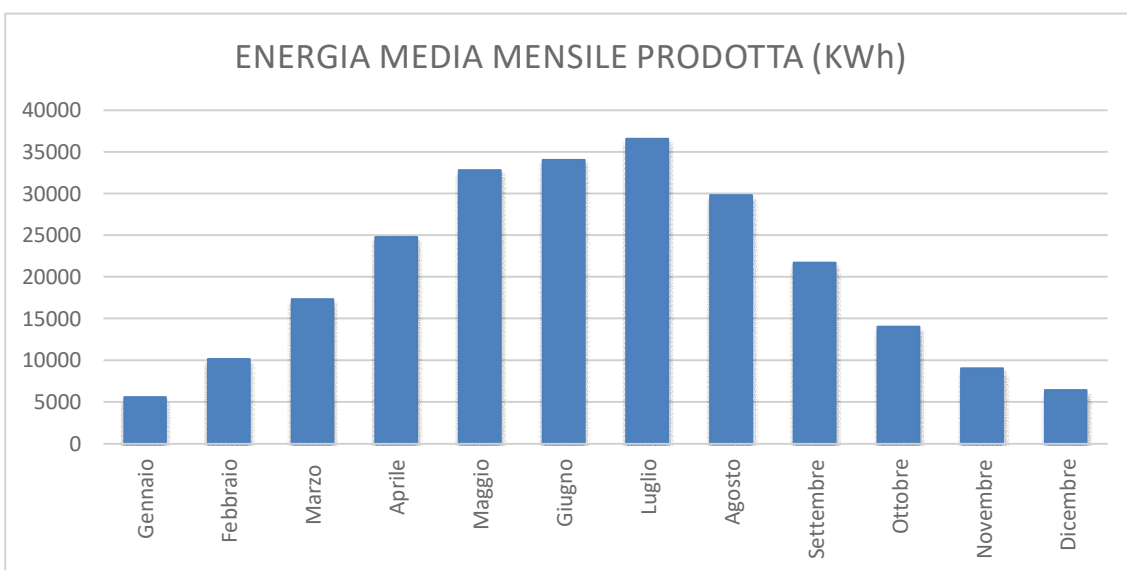
CAPANNONE NUOVO			
DATI GENERICI CAMPO FOTOVOLTAICO			
Area terra della copertura (mq)			695,67
Azimut moduli (°)			-49
Tilt moduli (°)			5
Irradiazione (MJ/mq)			5130,83
CARATTERISTICHE DEL CAMPO FOTOVOLTAICO			
Potenza massima unitaria (W)			370
Numero di moduli installati			303
Potenza massima impianto fotovoltaico (KW)			112,11
Energia totale annua stimata (KWh)			119920,87
Area complessiva impinato (mq)			493,8
Potenza massima impianto/area impianto (KW/mq)			0,22703524
Energia totale annua stimata/area impianto (KWh/mq)			242,853119

ENERGIA MEDIA MENSILE PRODOTTA DALL'IMPIANTO (KW/h)			
Gennaio	2738,25	Luglio	18216,78
Febbraio	4971,52	Agosto	14796,92
Marzo	8537,42	Settembre	10709,55
Aprile	12261,16	Ottobre	6894,29
Maggio	16309,65	Novembre	4410,19
Giugno	16958,6	Dicembre	3116,54
Media annua	9993,405833		
Totale annuo	119920,87		



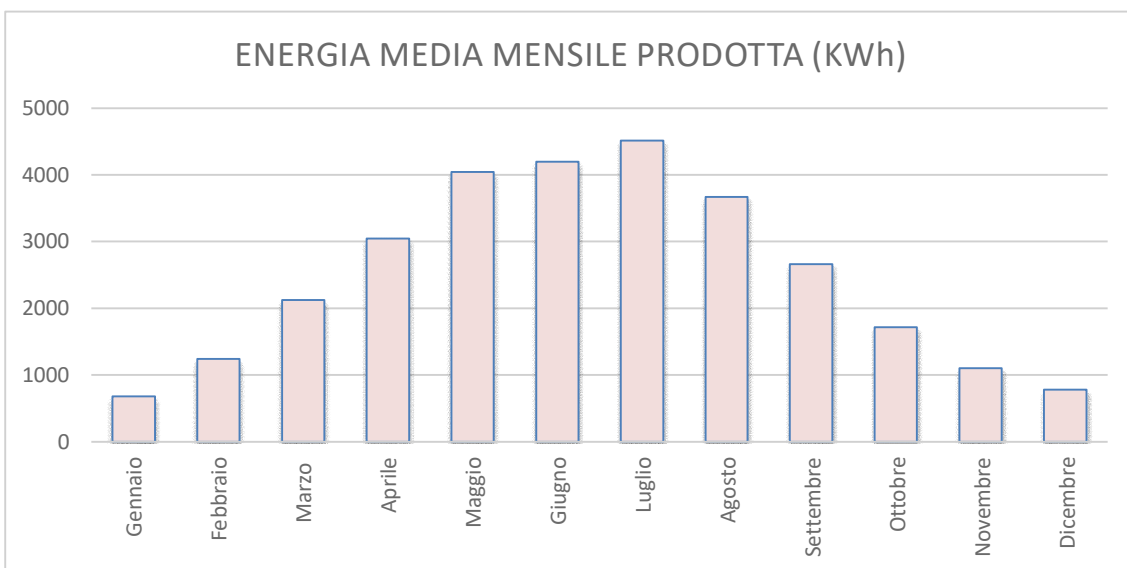
CAPANNONE ESISTENTE			
DATI GENERICI CAMPO FOTOVOLTAICO			
Area terra della copertura (mq)			1220,57
Azimut moduli (°)			41
Tilt moduli (°)			6
Irradiazione (MJ/mq)			5164,33
CARATTERISTICHE DEL CAMPO FOTOVOLTAICO			
Potenza massima unitaria (W)			370
Numero di moduli installati			608
Potenza massima impianto fotovoltaico (KW)			224,96
Energia totale annua stimata (KWh)			242204,32
Area complessiva impianto (mq)			990,83
Potenza massima impianto/area impianto (KW/mq)			0,22704197
Energia totale annua stimata/area impianto (KWh/mq)			244,445889

ENERGIA MEDIA MENSILE PRODOTTA DALL'IMPIANTO (KW/h)			
Gennaio	5591,39	Luglio	36566,67
Febbraio	10167,92	Agosto	29803,04
Marzo	17333,79	Settembre	21679,28
Aprile	24746,05	Ottobre	14055,6
Maggio	32777,36	Novembre	9052,93
Giugno	34013,12	Dicembre	6417,17
Media annua	20183,69333		
Totale annuo	242204,32		



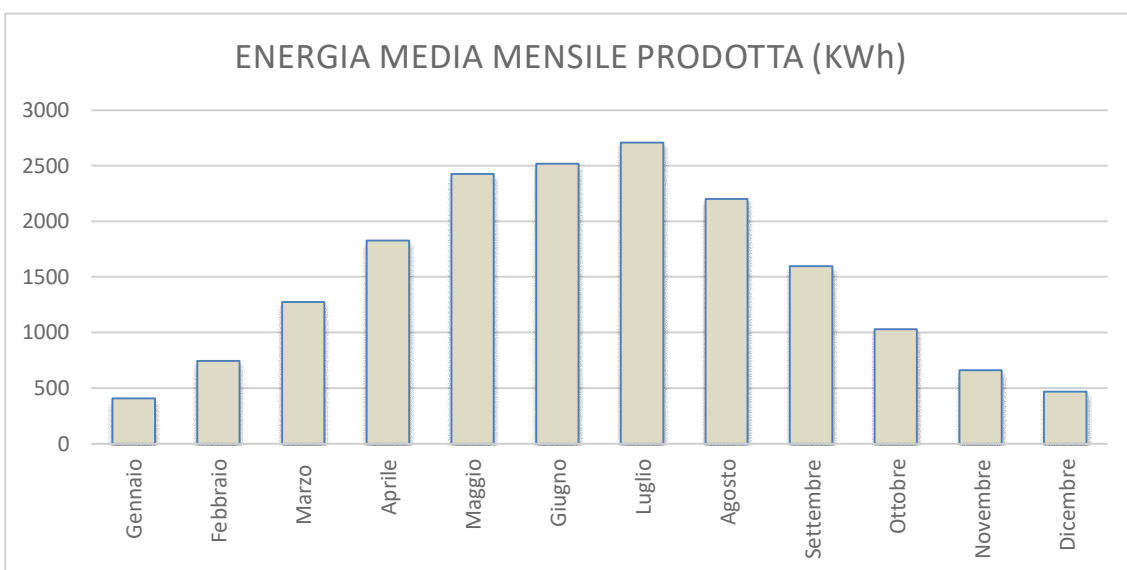
COPERTURE PARCHEGGI			
DATI GENERICI CAMPO FOTOVOLTAICO			
Area terra della copertura (mq)			147,08
Azimut moduli (°)			41
Tilt moduli (°)			5
Irradiazione (MJ/mq)			5144,86
CARATTERISTICHE DEL CAMPO FOTOVOLTAICO			
Potenza massima unitaria (W)			370
Numero di moduli installati			75
Potenza massima impianto fotovoltaico (KW)			27,75
Energia totale annua stimata (KWh)			29764,54
Area complessiva impianto (mq)			122,04
Potenza massima impianto/area impianto (KW/mq)			0,22738446
Energia totale annua stimata/area impianto (KWh/mq)			243,891675

ENERGIA MEDIA MENSILE PRODOTTA DALL'IMPIANTO (KW/h)			
Gennaio	682,67	Luglio	4510,37
Febbraio	1240,15	Agosto	3668,55
Marzo	2123,42	Settembre	2660,5
Aprile	3042,33	Ottobre	1717,58
Maggio	4040,08	Novembre	1101,78
Giugno	4197,53	Dicembre	779,58
Media annua	2480,378333		
Totale annuo	29764,54		



COPERTURA CABINA ELETTRICA			
DATI GENERICI CAMPO FOTOVOLTAICO			
Area terra della copertura (mq)			86,3
Azimut moduli (°)			41
Tilt moduli (°)			5
Irradiazione (MJ/mq)			5144,86
CARATTERISTICHE DEL CAMPO FOTOVOLTAICO			
Potenza massima unitaria (W)			370
Numero di moduli installati			45
Potenza massima impianto fotovoltaico (KW)			16,65
Energia totale annua stimata (KWh)			17858,73
Area complessiva impianto (mq)			73,34
Potenza massima impianto/area impianto (KW/mq)			0,22702482
Energia totale annua stimata/area impianto (KWh/mq)			243,505999

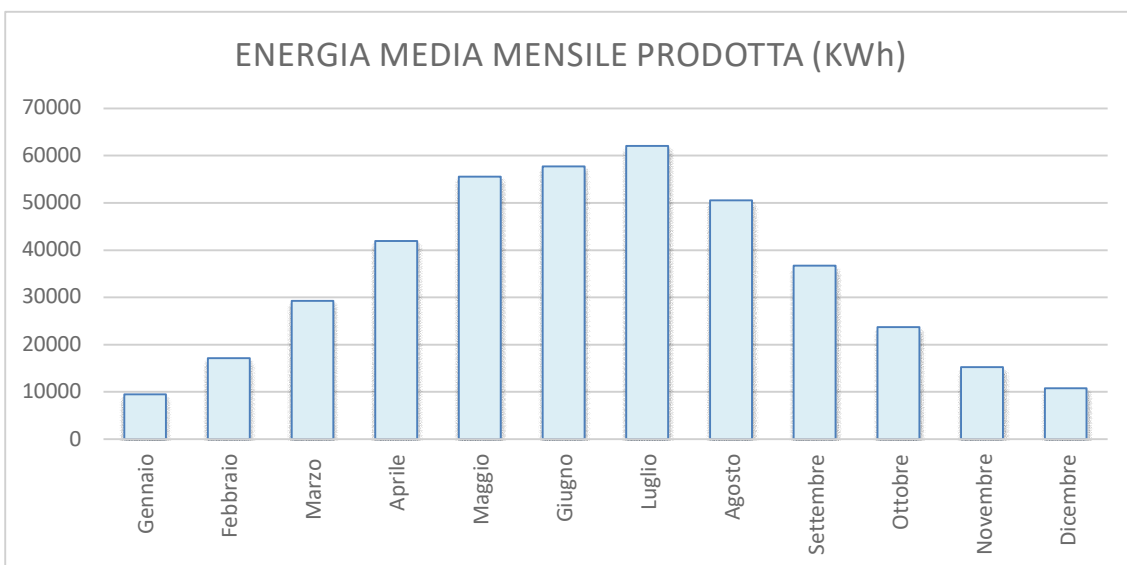
ENERGIA MEDIA MENSILE PRODOTTA DALL'IMPIANTO (KW/h)			
Gennaio	409,6	Luglio	2706,22
Febbraio	744,09	Agosto	2201,13
Marzo	1274,05	Settembre	1596,3
Aprile	1825,4	Ottobre	1030,55
Maggio	2424,05	Novembre	661,07
Giugno	2518,52	Dicembre	467,75
Media annua	1488,2275		
Totale annuo	17858,73		



Andando a sommare i risultati, otteniamo i seguenti valori per l'intero complesso industriale.

COMPLESSO INDUSTRIALE	
CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO	
Potenza massima unitaria (W)	370
Numero di moduli installati	1031
Potenza massima impianto fotovoltaico (KW)	381,47
Energia totale annua stimata (KWh)	409748,46
Area complessiva impianto (mq)	1680,01
Potenza massima impianto/area impianto (KW/mq)	0,22706412
Energia totale annua stimata/area impianto (KWh/mq)	243,896441

ENERGIA MEDIA MENSILE PRODOTTA DALL'IMPIANTO (KW/h)			
Gennaio	9421,91	Luglio	62000,04
Febbraio	17123,68	Agosto	50469,64
Marzo	29268,68	Settembre	36645,63
Aprile	41874,94	Ottobre	23698,02
Maggio	55551,14	Novembre	15225,97
Giugno	57687,77	Dicembre	10781,04
Media annua	34145,705		
Totale annuo	409748,46		



Il punteggio del criterio B.3.3 è stato calcolato sia considerando solamente il nuovo capannone, sia considerando l'intero complesso industriale. Inoltre il criterio fa riferimento al D. Lgs. 28/2011, ma il calcolo è stato fatto anche considerando D. Lgs. 11/2017 (CAM, Criteri Ambientali Minimi) e il D. Lgs. 199/2021. I diversi decreti legislativi pongono una diversa potenza minima (P_{lim}) da installare da fonti di energia rinnovabile.

Di seguito i risultati ottenuti.

ANALISI EDIFICIO NUOVO DEL CRITERIO B.3.3. della UNI 13.2:2019					
Valore limite potenza i impianti a fonti energetiche rinnovabili elettriche secondo D.Lgs. 28/2011					
S (mq)			800	INDICATORE DI PRESTAZIONE (%)	700,6875
K			50	PUNTEGGIO	5
Plim (KW)			16		
Valore limite potenza i impianti a fonti energetiche rinnovabili elettriche secondo D. Lgs 11/2017 (CAM)					
Plim (KW)			17,6	INDICATORE DI PRESTAZIONE (%)	636,9886364
				PUNTEGGIO	5
Valore limite potenza i impianti a fonti energetiche rinnovabili elettriche secondo D. Lgs 199/2021 (KW)					
Superficie proiezione a suolo edificio (mq)			830	INDICATORE DI PRESTAZIONE (%)	270,1445783
Plim (KW)			41,5	PUNTEGGIO	5

ANALISI COMPLESSO INDUSTRIALE DEL CRITERIO B.3.3. della UNI 13.2:2019					
Valore limite potenza i impianti a fonti energetiche rinnovabili elettriche secondo D.Lgs. 28/2011					
S (mq)			4200	INDICATORE DI PRESTAZIONE (%)	454,1309524
K			50	PUNTEGGIO	5
Plim (KW)			84		
Valore limite potenza i impianti a fonti energetiche rinnovabili elettriche secondo D. Lgs 11/2017 (CAM)					
Plim (KW)			92,4	INDICATORE DI PRESTAZIONE (%)	412,8463203
				PUNTEGGIO	5
Valore limite potenza i impianti a fonti energetiche rinnovabili elettriche secondo D. Lgs 199/2021 (KW)					
Superficie proiezione a suolo edificio (mq)			3830	INDICATORE DI PRESTAZIONE (%)	327,4420601
Plim (KW)			116,5	PUNTEGGIO	5

I risultati ottenuti sono evidenti. Il punteggio è massimizzato in tutti i casi considerati. Non ci sono state criticità in fase progettuale, ma anzi il criterio ha rappresentato uno stimolo nell'elaborare la morfologia della copertura del nuovo capannone, attraverso l'ottimizzazione delle superfici, e nella forma e disposizione del lucernario continuo.

L'azienda, per svolgere serenamente la sua attività produttiva, assorbe una potenza massima di 630 KW, per cui l'impianto non riuscirebbe, nemmeno nelle fasi di

picco, a coprire il fabbisogno energetico. Ciò non toglie che l'installazione di questa soluzione sia economicamente vantaggiosa per l'impresa. Oltre questo è utile riflettere sull'energia totale fornita dall'impianto all'interno dell'anno. Considerando che una batteria di un'auto elettrica ha mediamente una capacità di 50 kWh, attraverso l'impianto installato si riuscirebbero, teoricamente, ad ottenere più di 8000 ricariche complete, a fronte di 70 dipendenti: più di 100 ricariche per ogni dipendente dell'azienda, 1 ogni 3 giorni. Capiamo, attraverso i numeri, che l'impianto fotovoltaico può essere sfruttato sia per abbassare i costi dell'energia elettrica dovuti alla produzione industriale, sia per ricarica di auto elettriche.

Una criticità dell'ultima soluzione sta nella variabilità della potenza dell'impianto, in base al periodo dell'anno e alle condizioni meteorologiche.

Detto questo ne risulta che la prima soluzione è sicuramente da prediligere. Un primo passo per abbattere l'impatto ambientale della produzione industriale e ridurre i costi aziendali nel lungo periodo.

5.2. CRITERIO A.3.10: SUPPORTO ALLA MOBILITA' GREEN

La totalità dei parcheggi previsti all'interno del complesso industriale sono dotati di torretta per la ricarica elettrica, 1 ogni 2 posti auto, riuscendo ognuna a servire contemporaneamente 2 automobili (Punteggio 5). La loro disposizione è possibile a fronte di un progetto che interviene su tutta l'area esterna, ricollocando i parcheggi di tutto il complesso. Insieme ad essi si può predisporre tutto l'impianto necessario all'installazione delle torrette di rifornimento. Le auto elettriche rappresentano un obiettivo sia nazionale che della comunità europea, puntando alla drastica riduzione delle emissioni che continuano a causare il cambiamento climatico, con effetti che si ripercuotono su tutto il pianeta. Incentivare l'installazione delle torrette di ricarica elettrica in realtà lavorative, in cui i tempi di ricarica sono perfettamente compatibili con i turni di lavoro, rappresenta un primo e importante passo per incentivare una mobilità green.

5.3. CRITERIO B.4.10: MATERIALI DISASSEMBLABILI

Prima di esporre e analizzare i risultati ottenuti calcolando il punteggio del criterio, è necessario descrivere il sistema costruttivo utilizzato per il progetto del nuovo capannone industriale. Il calcolo di questo criterio, come degli altri che riguardano i materiali, considera solo il nuovo stabilimento, focalizzando l'attenzione sull'elaborazione di una proposta alternativa, alla tecnologia in calcestruzzo armato prefabbricato. Non si pretende di esporre le fasi di montaggio e disassemblaggio, ma i dettagli costruttivi elaborati considerano una futura demolizione selettiva dell'edificio, in grado selezionare i materiali costruttivi e introdurli in un' economia circolare (materiali rinnovabili o riciclabili).

Il sistema delle fondazioni è composto da plinti in calcestruzzo armato prefabbricato, posti sopra un sottofondo in calcestruzzo magro di 20 cm, e collegati tra loro da travi di collegamento 30 x 50 cm e in grado di sorreggere i pannelli che vanno a comporre l'involucro esterno.

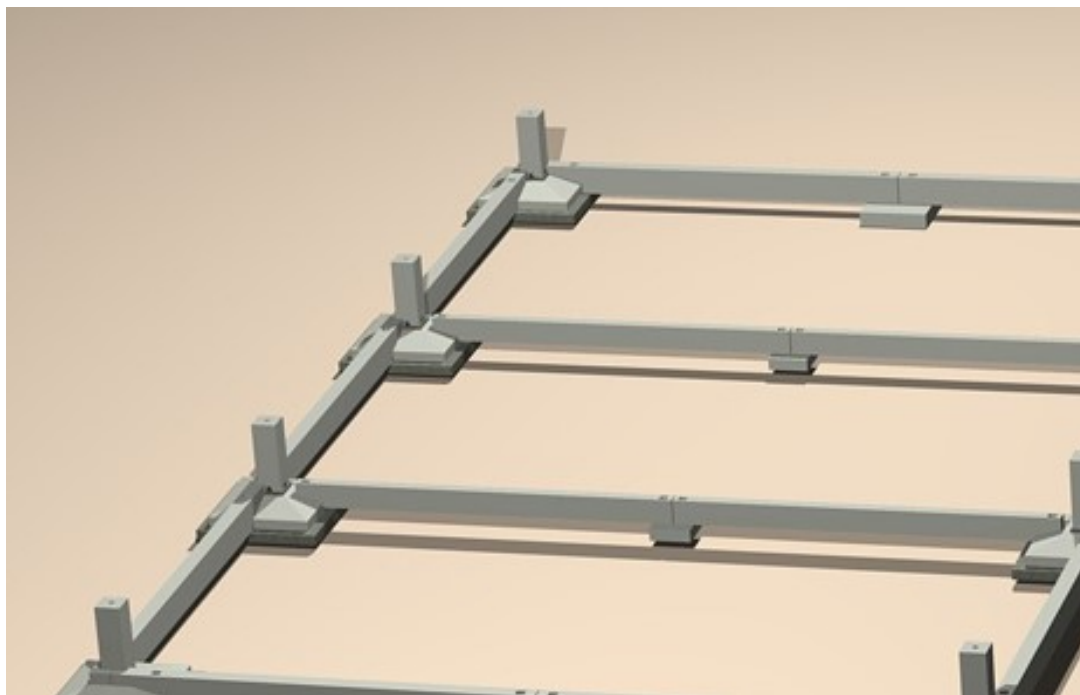


Figura 5.3.1: Esempio di fondazione prefabbricata. Fonte "Travi Sud".

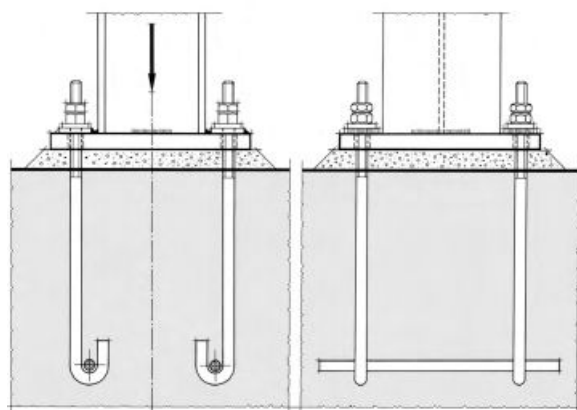


Figura 5.3.2: Ancoraggio pilastro in acciaio su fondazione in calcestruzzo prefabbricata.¹⁵

Sopra i plinti prefabbricati, sono ancorati tramite barre filettate i pilastri in acciaio HEB 500, in grado di resistere alle sollecitazioni non solo statiche e sismiche, ma soprattutto a quelle causate dal carroponte utilizzato per la produzione. Al di sopra dei pilastri si colloca una trave in legno lamellare di abete a sezione variabile. I pilastri in acciaio divengono le occasioni tecnologiche per l'ancoraggio dei pannelli in legno lamellare a strati incrociati che costituiscono le pareti perimetrali.

Il solaio controterra è costituito da una massiciata stabilizzata in materiale derivante da demolizione di 30 cm, sopra la quale una soletta in calcestruzzo armato di 20 cm (fondamentale per poter resistere ai carichi a cui è sollecitato il solaio), finito in superficie tramite pavimento industriale in cemento, ritenuto il più idoneo all'attività che deve accogliere. La stratigrafia è stata ripresa dai solai attualmente presenti all'interno degli edifici del complesso industriale.

I muri perimetrali del nuovo capannone sono costituiti da pannelli in legno lamellare a strati incrociati di 20 cm, compatibili con l'idea di prefabbricazione e in grado di presentare una superficie solida all'interno, adatta ad interfacciarsi con le attività industriali. Uno stato di fibra di legno di 12 cm costituisce l'isolante che viene collocato tra profili di legno e contenuto tramite pannelli OSB. Uno stato impermeabilizzante, permeabile al passaggio dell'aria si colloca sopra i pannelli e

¹⁵ U. Alasia – M. Pugno, Corso di Costruzioni 5, SEI editore, 2011

prepara la superficie prima del fissaggio del sistema i rivestimento in legno di abete acetilato, fissato tramite viti su profili in acciaio zincato.

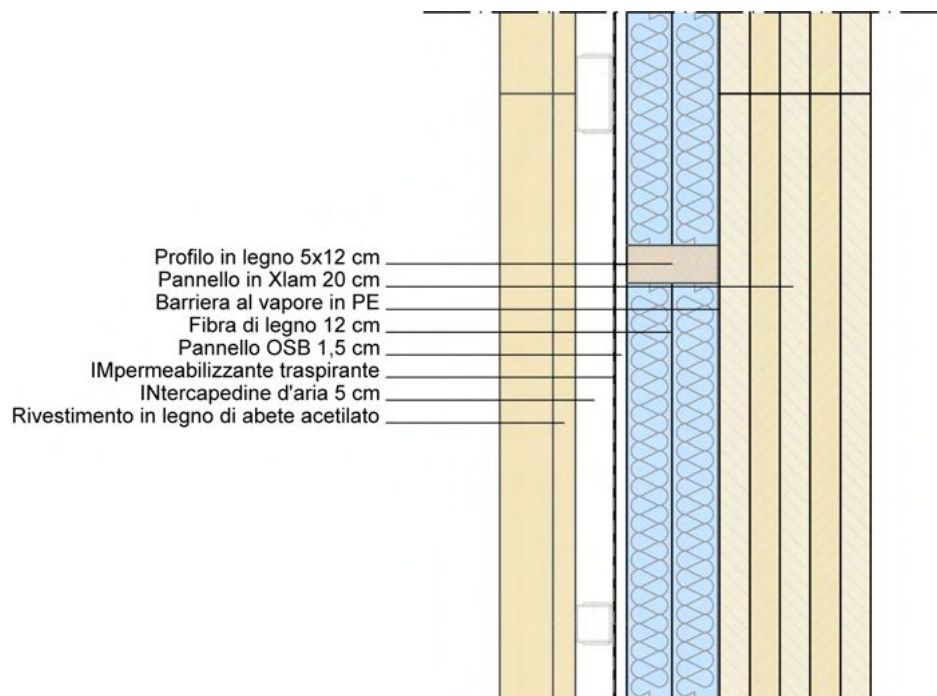


Figura 5.3.3: Stratigrafia parete perimetrale.

La stratigrafia della copertura non varia molto da quella perimetrale, se non per gli spessori e per lo strato che si interfaccia con l'ambiente esterno. Il pannello in legno lamellare a strati incrociati è di 10 cm e lo strato isolante di 16 cm. Il manto di copertura è completato, al di sopra dello strato impermeabilizzante, permeabile all'aria, e da lamiera in alluminio aggraffata su delle staffe e fissata tramite viti. Al di sopra si colloca l'impianto fotovoltaico precedentemente trattato.

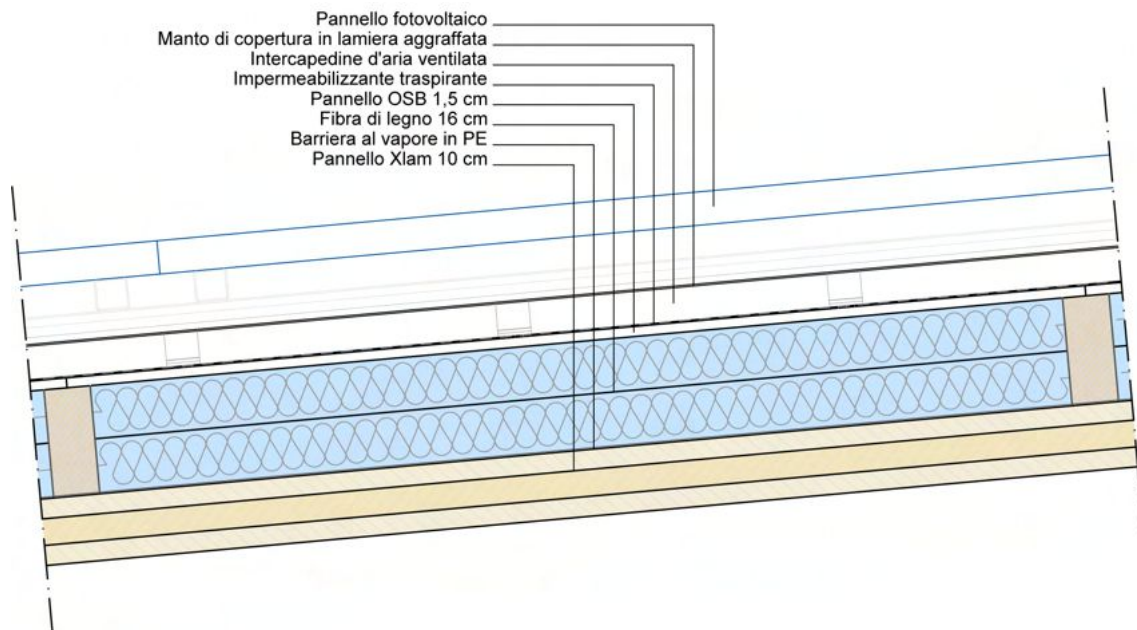


Figura 5.3.4: Stratigrafia copertura.

Di seguito i dettagli costruttivi che vanno a descrivere i nodi principali dell'edificio.

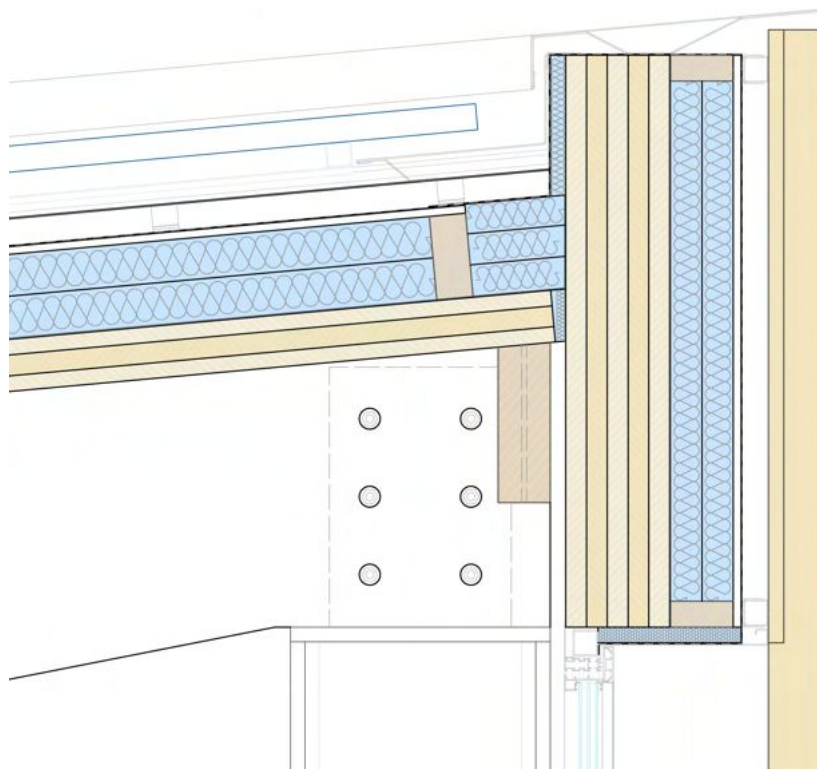


Figura 5.3.5: Nodo parete-copertura. Colmo tetto.

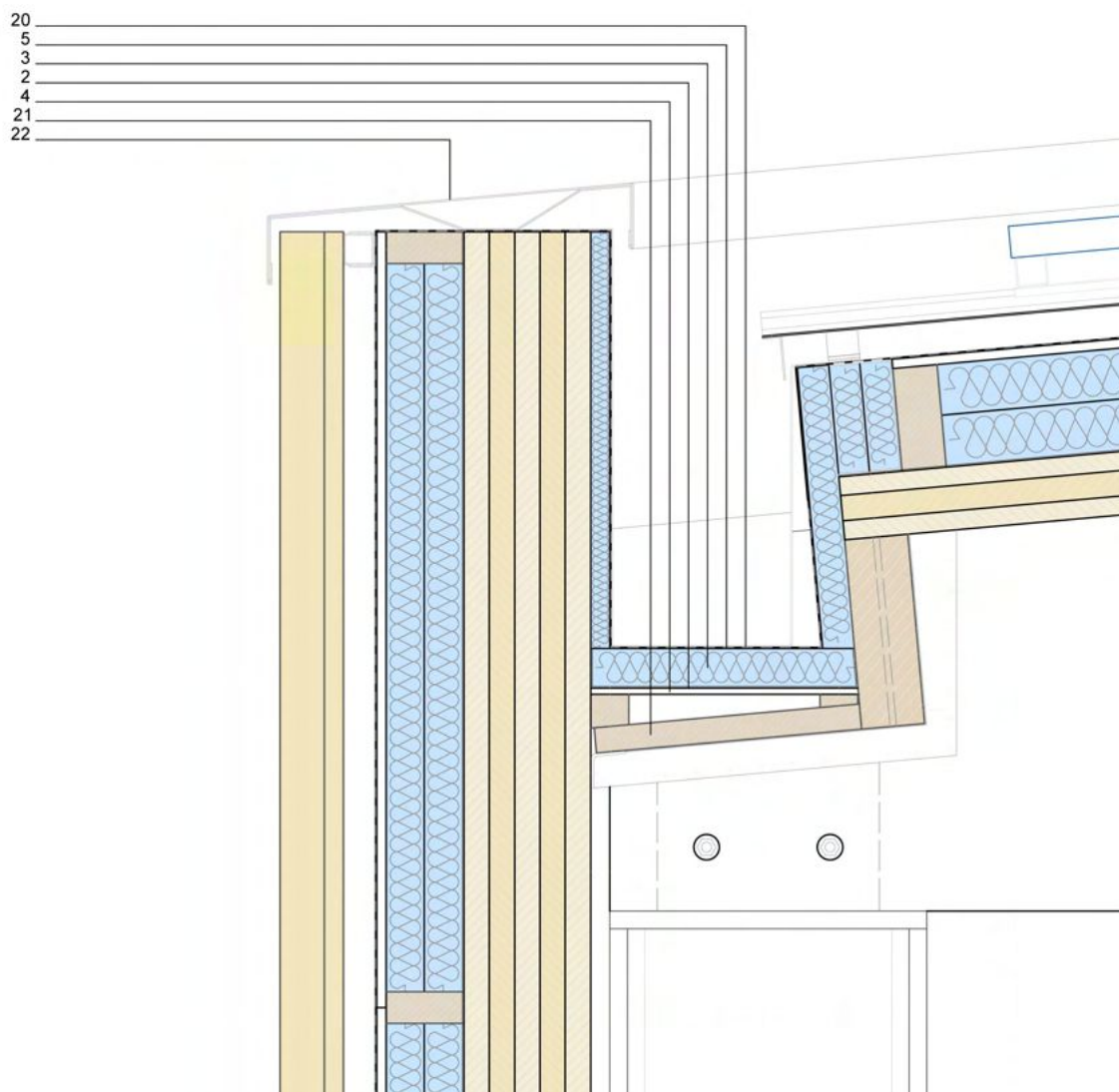


Figura 5.3.6: Nodo parete-copertura. Canale di gronda.

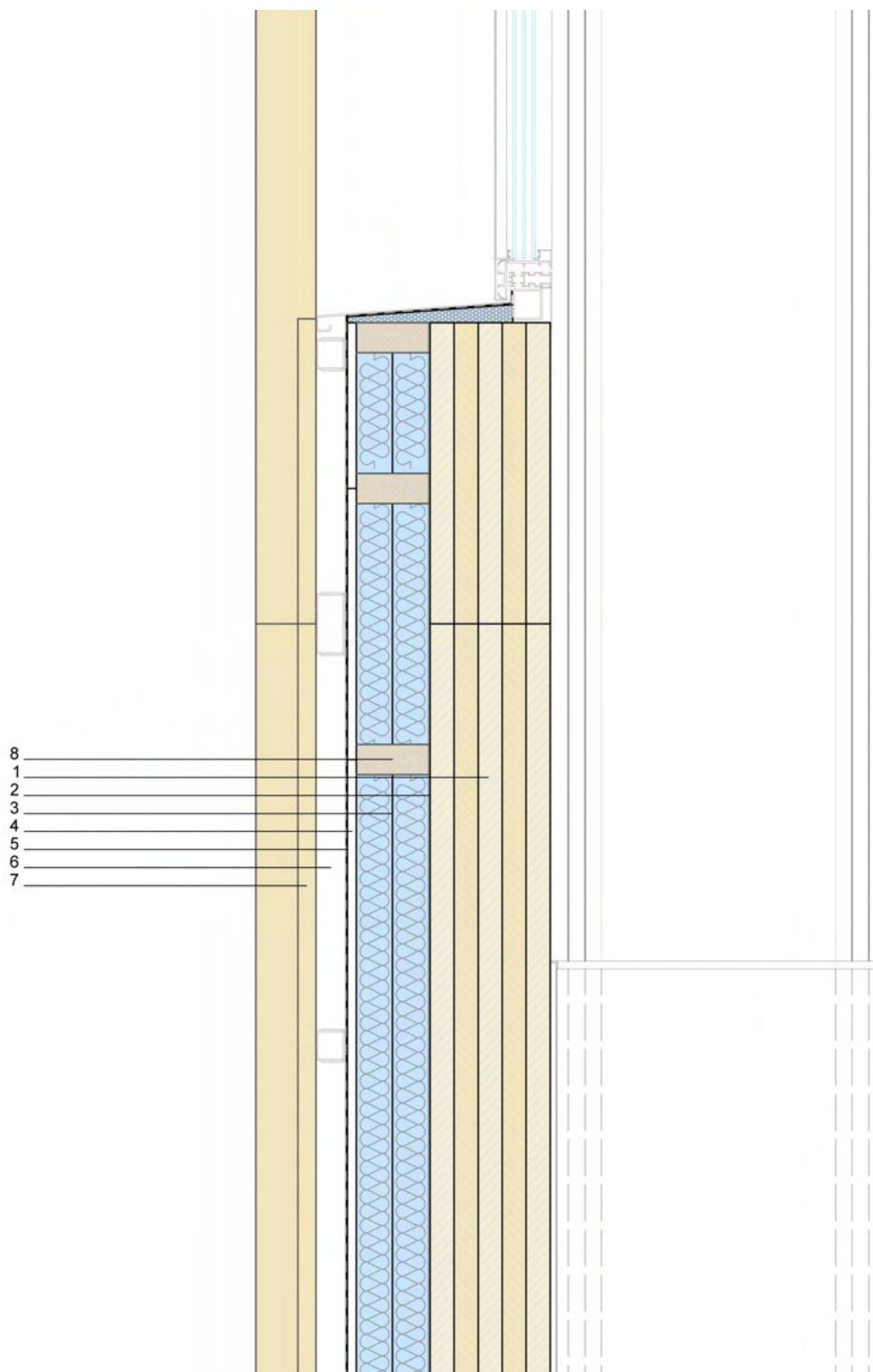


Figura 5.3.7: Dettaglio parete perimetrale e infisso.

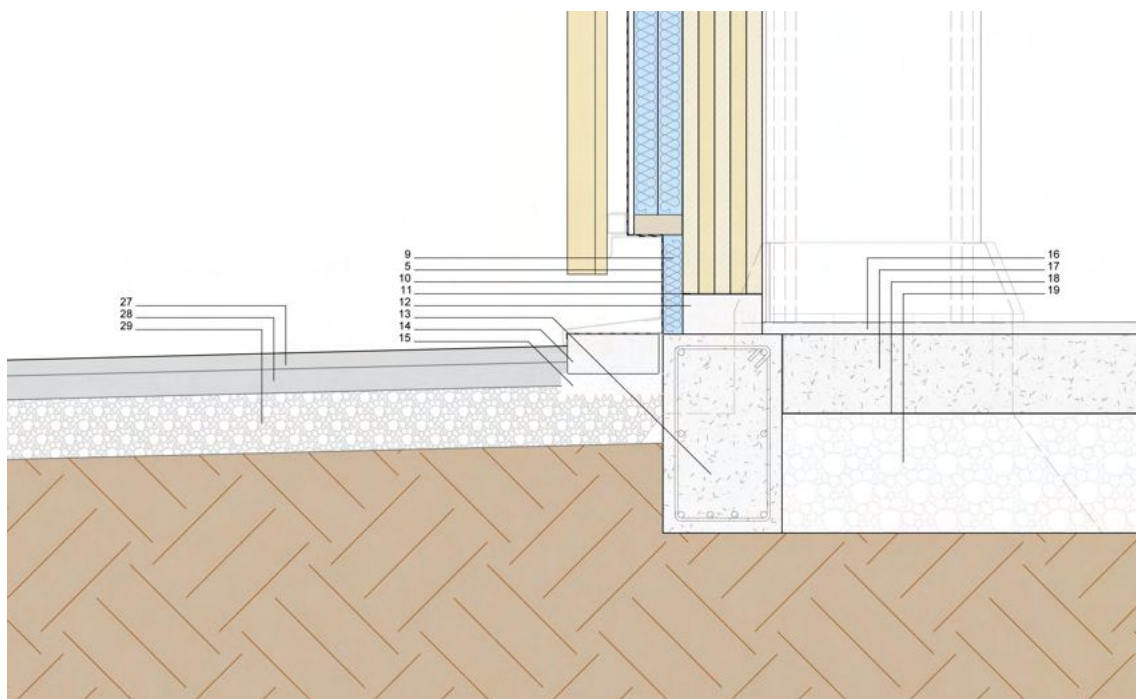


Figura 5.3.8: Attacco a terra parete perimetrale.

- 1 - Pannello Xlam 20 cm
- 2 - Barriera al vapore in PE
- 3 - Fibra di legno a bassa densità 12 cm
- 4 - Pannello OSB 1,5 cm
- 5 - Impermeabilizzate traspirante
- 6 - Intercapedine aria 5 cm
- 7 - Legno di abete acetilato
- 8 - Profilo in legno 5x12 cm
- 9 - Isolante in PE estruso
- 10 - Profilo in acciaio zincato preverniciato
- 11 - Guarnizione in gomma
- 12 - Cordolo di rialzo in cemento 20x10 cm
- 13 - Trave di collegamento portapannelli in cls armato prefabbricato 30x50 cm
- 14 - Cordolo in cemento prefabbricato 25 x 10 cm
- 15 - Calcestruzzo magro per posa cordolo
- 16 - Pavimento industriale in cemento 3 cm
- 17 - Soletta in calcestruzzo armato 20 cm
- 18 - Membrana in PE
- 19 - Massicciata in materiale riciclato da demolizione 30 cm
- 20 - Canale di gronda in acciaio zincato
- 21 - Tavola con superficie piallata in legno di abete
- 22 - Scossalina in acciaio zincato preverniciato
- 23 - Pannello fotovoltaico
- 24 - Manto di copertura in lamiera aggraffata
- 25 - Fibra di legno a bassa densità 16 cm
- 26 - Pannello Xlam 10 cm
- 27 - Asfalto 4 cm
- 28 - Binder 6 cm
- 29 - Strato di base 15 cm
- 30 - Canale di scolo in cemento prefabbricato

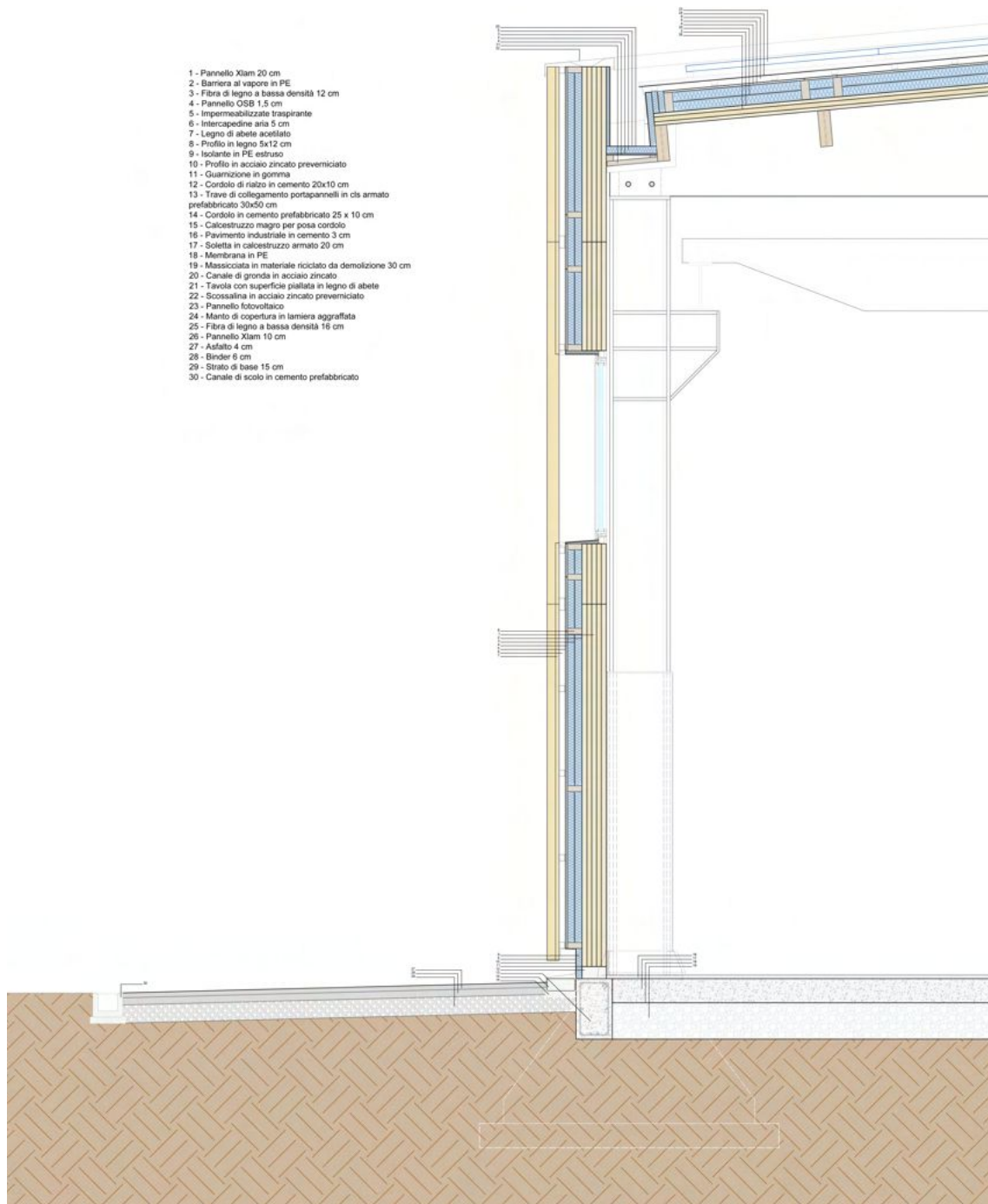


Figura 5.3.9: Sezione cielo-terra.

Dopo aver definito tutti gli elementi che vanno a comporre l'edificio, ho eseguito un computo dei materiali da costruzione, seguendo le indicazioni della Prassi di Riferimento.

FONDAZIONI				
ELEMENTO	MATERIALE	VOLUME (mc)	DENSITA' (Kg/mc)	MASSA (kg)
Plinto	Calcestruzzo armato	29.16	2600	75816
Trave di collegamento portapannelli	Calcestruzzo armato	23.94	2600	62244
Sottofondo cls magro	Calcestruzzo a basso contenuto di cemento	11.316	2200	24895,2

STRUTTURA VERTICALE						
ELEMENTO	MATERIALE	AREA (mq)	LUNGHEZZA (m)	VOLUME (mc)	DENSITA' (Kg/mc)	MASSA (kg)
Plastro acciaio HEB 500	Acciaio per uso strutturale	0,02386		85,2	2,022872	19558,0452

STRUTTURA ORIZZONTALE						
ELEMENTO	MATERIALE	AREA (mq)	LUNGHEZZA (m)	VOLUME (mc)	DENSITA' (Kg/mc)	MASSA (kg)
Trave		12,21		21,978	420	9230,76
Travetti		0,03		8,52	420	4830,84

PARETI VERTICALI ESTERNE								
STRATIGRAFIA	MATERIALE	SPESORE (m)	AREA (mq)	VOLUME (mc)	DENSITA' (Kg/mc)	MASSA (kg)	Ri (%)	Prj (kg)
Pannelli in legno lamellare stratificato	Legno di abete	0,2	813,275	162,655	420	68315,1		
Lana di legno	Isolante in lana di legno	0,12	814,898	97,78776	150	14668,164		
Pannello in OSB	Pannello OSB/3 secondo UNI EN 300:2006	0,015	814,898	12,22347	600	7334,082		0,8
Profili in acciaio zincato	Profili in acciaio zincato porta rivestimento	0,002		2,183	7860	17158,38		
Rivestimento in legno di abete	Legno di abete acetilato	0,03	814,898	24,44694	420	10267,7148		

INFISSI						
MATERIALE	SPESORE (m)	AREA (mq)	LUNGHEZZA (m)	VOLUME (mc)	DENSITA' (Kg/mc)	MASSA (kg)
Telaio finestra 1 prospetto est	Alluminio preverniciato		28		2,87	80,36
Vetro finestra 1 prospetto est		0,004	1,95		0,117	292,5
Telaio finestra 2 prospetto est	Alluminio preverniciato		48		2,87	137,76
Vetro finestra 2 prospetto est		0,004	3,51		0,2106	526,5
Telaio finestra prospetto ovest	Alluminio preverniciato		119,5		2,87	342,965
Vetro finestra prospetto ovest		0,004	12,3		0,738	184,5
Porta industriale con apertura a libro	Porte in pannelli sandwich con schiuma poliur	0,052	45		2,34	100,62
Lucernario	Policarbonato alveolare	0,04	63		4,2	264,6
Telaio lucernario	Alluminio preverniciato		73,6		2,87	211,232

COPERTURA								
STRATIGRAFIA	MATERIALE	SPESORE (m)	AREA (mq)	VOLUME (mc)	DENSITA' (Kg/mc)	MASSA (kg)	Ri (%)	Prj (kg)
Pannelli in legno lamellare stratificato	Legno di abete	0,1	562,1	56,21	420	23608,2		
Lana di legno	Isolante in lana di legno	0,16	562,1	89,936	150	13490,4		
Pannello in OSB	Pannello OSB/3 secondo UNI EN 300:2006	0,015	562,1	8,4315	600	5058,9		0,8
Rivestimento alluminio		0,001	562,1	0,5621	2700	1517,67		

SOLAIO CONTROTERRA						
STRATIGRAFIA	MATERIALE	SPESORE (m)	AREA (mq)	VOLUME (mc)	DENSITA' (Kg/mc)	MASSA (kg)
Pavimento in calcestruzzo		0,03	632,6	18,978	2600	49342,8
Solella in calcestruzzo		0,2	613,352	122,6704	2600	318943,04
Massicciata	Materiale grosso lano residuo da demolizione	0,3	613,352	184,0056	1600	294408,96

Calcolando il punteggio del criterio di sostenibilità, ho ottenuto il seguente risultato

CRITERIO B.4.10- MATERIALI DISASSEMBLABILI	
Ptot (Kg)	1020889,793
Prtot (Kg)	476890,551
Prnstr (kg)	446870,9058
Prstr (kg)	30019,6452
%	93,70512896
INDICATORE	46,71322549
PUNTEGGIO	-1

Nonostante l'intera costruzione sia stata progettata utilizzando il legno come materiale principale, il punteggio del criterio è il minimo in una scala da -1 a 5.

Se calcolassimo il punteggio senza considerare il solaio controterra otterremmo il seguente risultato:

CRITERIO B.4.10- MATERIALI DISASSEMBLABILI	
Ptot (Kg)	358194,993
Prtot (Kg)	182481,591
Prnstr	152461,9458
Prstr	192974,8452
%	83,54921993
INDICATORE	50,94476321
PUNTEGGIO	0,188952641

Se escludessimo anche il sistema delle fondazioni otterremmo il seguente punteggio:

CRITERIO B.4.10- MATERIALI DISASSEMBLABILI	
Ptot (Kg)	195239,793
Prtot (Kg)	182481,591
Prnstr	152461,9458
Prstr	30019,6452
%	83,54921993
INDICATORE	93,46536799
PUNTEGGIO	5

Dai risultati ottenuti si evince una forte criticità dovuta all'applicazione di questo criterio di sostenibilità agli edifici industriali. Gli elementi tecnologici che infieriscono maggiormente sul punteggio finale sono il solaio controterra e il sistema di fondazione.

Questi 2 elementi sono costituiti da calcestruzzo armato (non disassemblabile), che ha una densità di molto maggiore di quella del legno. Di conseguenza il peso relativo dei materiali non disassemblabili rispetto al peso totale dell'edificio risulta molto alto. Questo porta ad abbassare fortemente il punteggio di criterio, nonostante l'intera costruzione utilizzi il legno come materiale principale. Il punteggio ottenuto è anche dovuto alla "bassa densità" costruttiva del capannone industriale: a fronte del volume costruito, sono presenti pochi elementi tecnologici che compongono l'edificio (4 pareti perimetrali e copertura). Nel caso in cui avessimo avuto, ad esempio, un edificio con più impalcati all'interno, il risultato sarebbe stato notevolmente diverso. A parità del volume dell'edificio, aumentando la quota parte dei materiali rinnovabili e disassemblabili rispetto al peso totale, il risultato cambierebbe.

Per risolvere questa criticità, relativa al punteggio di questo criterio di sostenibilità, si suggerisce la sua formulazione, andando ad ignorare gli elementi tecnologici critici dal computo dei materiali: in questo modo può essere riadattato agli edifici industriali.

Non è stato possibile trovare un'alternativa tecnologica al calcestruzzo armato, che potesse rispondere ai requisiti tecnici degli elementi controterra.

5.4. CRITERIO B.4.7: MATERIALI DA FONTI RINNOVABILI

Il calcolo di questo criterio non è molto differente da quello trattato nel precedente paragrafo. L'unica differenza sta nel non considerare il sistema strutturale nel computo dei materiali, ovvero le fondazioni, i pilastri in acciaio e la trave in legno lamellare.

Di seguito il risultato ottenuto

CRITERIO B.4.7 - MATERIALI DA FONTI RINNOVABILI	
Ptot (Kg)	827914,9478
Prtot (Kg)	140263,9644
INDICATORE	16,94183258
PUNTEGGIO	2,541274888

Nell'ipotesi di non considerare il solaio controterra nel conteggio dei materiali otterremmo il seguente risultato

CRITERIO B.4.7 - MATERIALI DA FONTI RINNOVABILI	
Ptot (Kg)	165220,1478
Prtot (Kg)	140263,9644
INDICATORE	84,89519364
PUNTEGGIO	5

Si evince ancora una volta il peso degli elementi tecnologici in calcestruzzo nel calcolo del punteggio del criterio. Anche qui, ignorando il solaio controterra, massimizzeremmo il punteggio. Non che questo sia importante per una progettazione sostenibile, ma non premia adeguatamente le scelte progettuali in cui l'intera struttura, ad eccezione degli elementi a terra, è stata progettata in legno, materiale rinnovabile per eccellenza.

Non ci sono soluzioni tecnologiche idonee a sostituire un solaio in calcestruzzo, in grado di resistere alle forti sollecitazioni a cui sono sottoposte durante l'attività metallurgica.

Per risolvere il problema del criterio, e adattarlo maggiormente alla costruzione industriale, si suggerisce di eliminare il solaio controterra dal computo dei materiali, utilizzato per il calcolo del punteggio.

5.5. CRITERIO B.6.3: COEFFICIENTE MEDIO DI SCAMBIO TERMICO GLOBALE

Il calcolo di questo criterio ha permesso di studiare le caratteristiche tecniche dei vari elementi tecnologici e relazionarli alla composizione del nuovo edificio industriale.

Lo studio delle stratigrafie dei diversi componenti edilizi è stato fatto considerando:

- Il DM 26/06/2015, fornisce i valori minimi di trasmittanza per ogni componente dell'edificio, sia esso nuovo che soggetto a riqualificazione di 1° livello;
- Categoria edificio industriale: E.8;
- La soluzione proposta compatibile con la prefabbricazione e il montaggio in opera.

Per il calcolo e la verifica termo-igrometrica delle pareti e della copertura ho utilizzato il software "TerMus GLASER v.42.00r" della ACCA, disponibile gratuitamente. Il software fa riferimento alle seguenti norme UNI per il calcolo della prestazione dei componenti e per la verifica termo-igrometrica:

- UNI EN ISO 6946: Resistenza termica e trasmittanza termica – Metodi di calcolo;
- UNI EN ISO 13788: Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per l'edilizia – Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e condensazione interstiziale – Metodo di calcolo;
- UNI 10349: Riscaldamento e raffrescamento degli edifici – Dati climatici;
- UNI EN ISO 10077-1:2007: Prestazione termica di finestre, porte e chiusure oscuranti - Calcolo della trasmittanza termica;
- UNI 10351:2008: Materiali da costruzione – Conduttività termica e permeabilità al vapore.

Lo studio delle stratigrafie è stato elaborato non solo rispettando le prescrizioni legislative e garantire la prestazione minima di ogni elemento dell'edificio, ma cercando di migliorare la prestazione dei vari elementi tecnologici.

Si riportano le verifiche effettuate per gli elementi opachi e trasparenti.

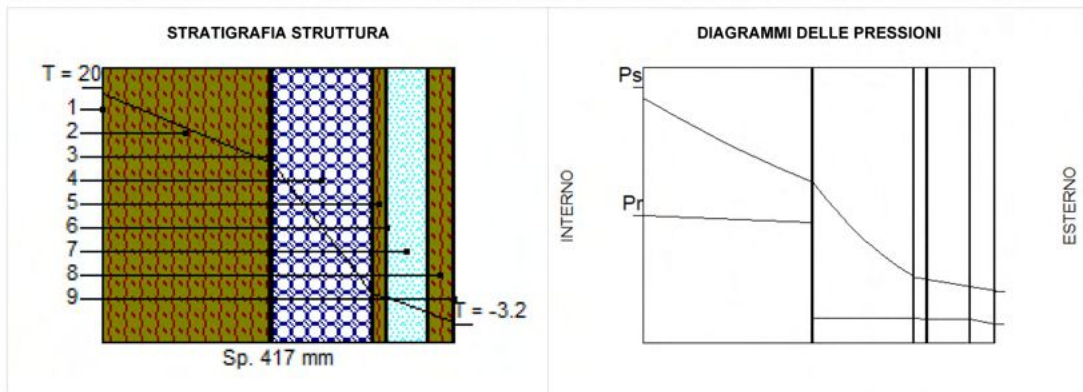
CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI

Codice Struttura: PE_02
 Descrizione Struttura: Parete esterna in legno lamellare stratificato

N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno all'esterno)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [kg/m²]	P<50*10 ¹² [kg/msPa]	C.S. [J/kgK]	R [m²K/W]
1	Adduttanza Interna	0		7.700			0	0.130
2	Pannelli in legno lamellare stratificato incrociato	200	0.156	0.780	90.00	1.287	1600	1.282
3	Barriera al vapore	1	0.350	350.000	0.95	0.001	1500	0.003
4	Pannelli di lana di legno	120	0.048	0.400	18.00	27.571	2100	2.500
5	Pannello osb	15	0.228	15.200	9.00	0.643	1700	0.066
6	Membrana impermeabile traspirante	1	0.230	230.000	1.00	2.757	1000	0.004
7	Intercapedine aria	50	0.180	3.600	0.07	193.000	1008	0.278
8	Rivestimento esterno Abete acetilato	30	0.156	5.200	15.30	0.300	1600	0.192
9	Adduttanza Esterna	0		25.000			0	0.040

RESISTENZA = 4.495 m²K/W	TRASMITTANZA = 0.222 W/m²K	
SPESSORE = 417 mm	CAPACITA' TERMICA AREICA (int) = 30.285 kJ/m²K	MASSA SUPERFICIALE = 134 kg/m²
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0.02 W/m²K	FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0.07	SFASAMENTO = -6.16 h
FRSI - FATTORE DI TEMPERATURA = 0.4017		

s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50*10¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; C.S. = Calore Specifico; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmissione = Valori di resistenza e trasmissione reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs.192/05 e s.m.i..



	Ti [°C]	Psi [Pa]	Pri [Pa]	URi [%]	Te [°C]	Pse [Pa]	Pre [Pa]	URe [%]
DIAGRAMMI DELLE PRESSIONI	20.0	2 337	1 168	50.0	-3.2	468	173	37.0

Ti = Temperatura interna; Psi = Pressione di saturazione interna; Pri = Pressione relativa interna; URi = Umidità relativa interna; Te = Temperatura esterna; Pse = Pressione di saturazione esterna; Pre = Pressione relativa esterna; URe = Umidità relativa esterna.

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI

Codice Struttura: PE_02
Descrizione Struttura: Parete esterna in legno lamellare stratificato

VERIFICA IGROMETRICA												
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
URcf1	50.10	47.00	49.50	53.50	64.40	60.50	55.00	59.50	68.10	68.50	49.60	51.80
Tcf1	18.00	18.00	18.00	18.00	18.10	21.50	25.00	23.60	19.90	18.00	18.00	18.00
URcf2	74.30	66.00	64.40	63.80	57.10	56.60	51.80	56.10	63.70	69.10	63.70	74.40
Tcf2	5.90	6.20	9.90	13.20	18.10	21.50	25.00	23.60	19.90	15.00	10.30	7.60

Verifica Interstiziale VERIFICATA La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
Verifica formazione muffe VERIFICATA Fattore di temperatura minima fRsi = 0.4017 (mese critico: Gennaio). Valore massimo ammissibile di U = 2.3932 W/m²K.

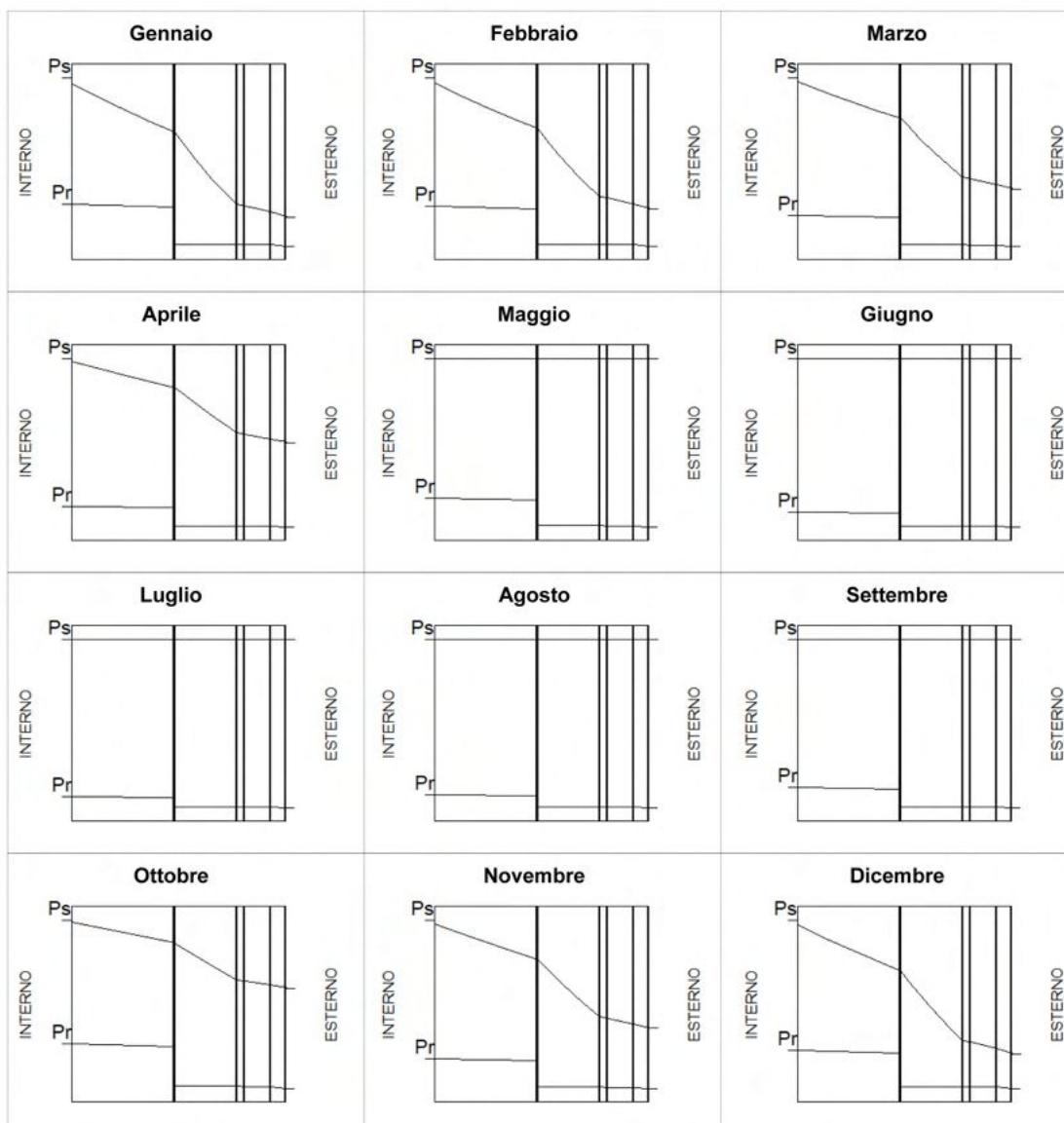
La verifica igrometrica è stata eseguita secondo UNI EN ISO 13788.

cf1 = Capanone industriale

cf2 = Esterno

Strato	Descrizione	Condensa formata [kg/m2]	Condensa evaporata [kg/m2]	Condensa accumulata [kg/m2]	Massima condensa ammissibile [kg/m2]
1	Pannelli in legno lamellare stratificato incrociato	0.0000	0.0000	0.0000	0.0300
2	Barriera al vapore	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	Pannelli di lana di legno	0.0000	0.0000	0.0000	0.3600
4	Pannello osb	0.0000	0.0000	0.0000	0.2700
5	Membrana impermeabile traspirante	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	Intercapedine aria	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	Rivestimento esterno Abete acetilato	0.0000	0.0000	0.0000	0.4590
	TOTALE	0.0000	0.0000	0.0000	

**DIAGRAMMI DELLE
PRESSIONI MENSILI**



	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Ti [°C]	18.0	18.0	18.0	18.0	18.1	21.5	25.0	23.6	19.9	18.0	18.0	18.0
Psi [Pa]	2 062.8	2 062.8	2 062.8	2 062.8	2 075.8	2 562.9	3 165.9	2 911.3	2 322.5	2 062.8	2 062.8	2 062.8
Pri [Pa]	1 033.5	969.5	1 021.1	1 103.6	1 336.8	1 550.6	1 741.3	1 732.2	1 581.6	1 413.0	1 023.2	1 068.5
URi [%]	50.1	47.0	49.5	53.5	64.4	60.5	55.0	59.5	68.1	68.5	49.6	51.8
Te [°C]	5.9	6.2	9.9	13.2	18.1	21.5	25.0	23.6	19.9	15.0	10.3	7.6
Pse [Pa]	928.2	947.6	1 219.1	1 516.7	2 075.8	2 562.9	3 165.9	2 911.3	2 322.5	1 704.4	1 252.2	1 043.3
Pre [Pa]	689.6	625.4	785.1	967.6	1 185.3	1 450.6	1 639.9	1 633.3	1 479.4	1 177.7	797.7	776.2
URe [%]	74.3	66.0	64.4	63.8	57.1	56.6	51.8	56.1	63.7	69.1	63.7	74.4

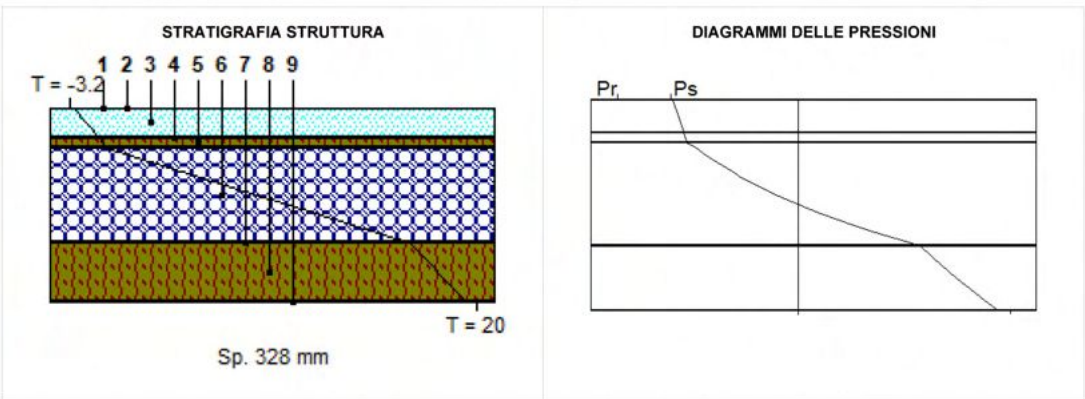
Ti = Temperatura interna; Psi = Pressione di saturazione interna; Pri = Pressione relativa interna; URi = Umidità relativa interna; Te = Temperatura esterna; Pse = Pressione di saturazione esterna; Pre = Pressione relativa esterna; URe = Umidità relativa esterna.

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI

Codice Struttura: CP_01
Descrizione Struttura: Copertura capannone legno

N.	DESCRIZIONE STRATO (da superiore a inferiore)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [kg/m²]	P<50*10 ¹² [kg/msPa]	C.S. [J/kgK]	R [m²K/W]	
1	Adduttanza Superiore	0		25.000			0	0.040	
2	Rivestimento alluminio	1	220.000	220 000.000	2.70	0.000	900	0.000	
3	Intercapedine aria	50	0.180	3.600	0.07	193.000	1008	0.278	
4	Membrana impermeabile traspirante	1	0.230	230.000	1.00	2.757	1000	0.004	
5	Pannello osb	15	0.228	15.200	9.00	0.643	1700	0.066	
6	Pannelli di lana di legno	160	0.048	0.300	24.00	27.571	2100	3.333	
7	Barriera al vapore	1	0.350	350.000	0.95	0.001	1500	0.003	
8	Pannelli in legno lamellare stratificato incrociato	100	0.156	1.560	45.00	1.287	1600	0.641	
9	Adduttanza Inferiore	0		10.000			0	0.100	
RESISTENZA = 4.465 m²K/W		CAPACITA' TERMICA AREICA (sup) = 23.769 kJ/m²K				TRASMITTANZA = 0.224 W/m²K			
SPESSORE = 328 mm		CAPACITA' TERMICA AREICA (inf) = 34.216 kJ/m²K				MASSA SUPERFICIALE = 83 kg/m²			
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0.04 W/m²K		FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0.19				SFASAMENTO = -10.31 h			
FRSI - FATTORE DI TEMPERATURA = 0.4017									

s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50*10¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; C.S. = Calore Specifico; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmittanza = Valori di resistenza e trasmittanza reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs.192/05 e s.m.i..



	Ts [°C]	Pss [Pa]	Prs [Pa]	URs [%]	Ti [°C]	Psi [Pa]	Pri [Pa]	URi [%]
DIAGRAMMI DELLE PRESSIONI	-3.2	468	173	37.0	20.0	2 337	1 168	50.0

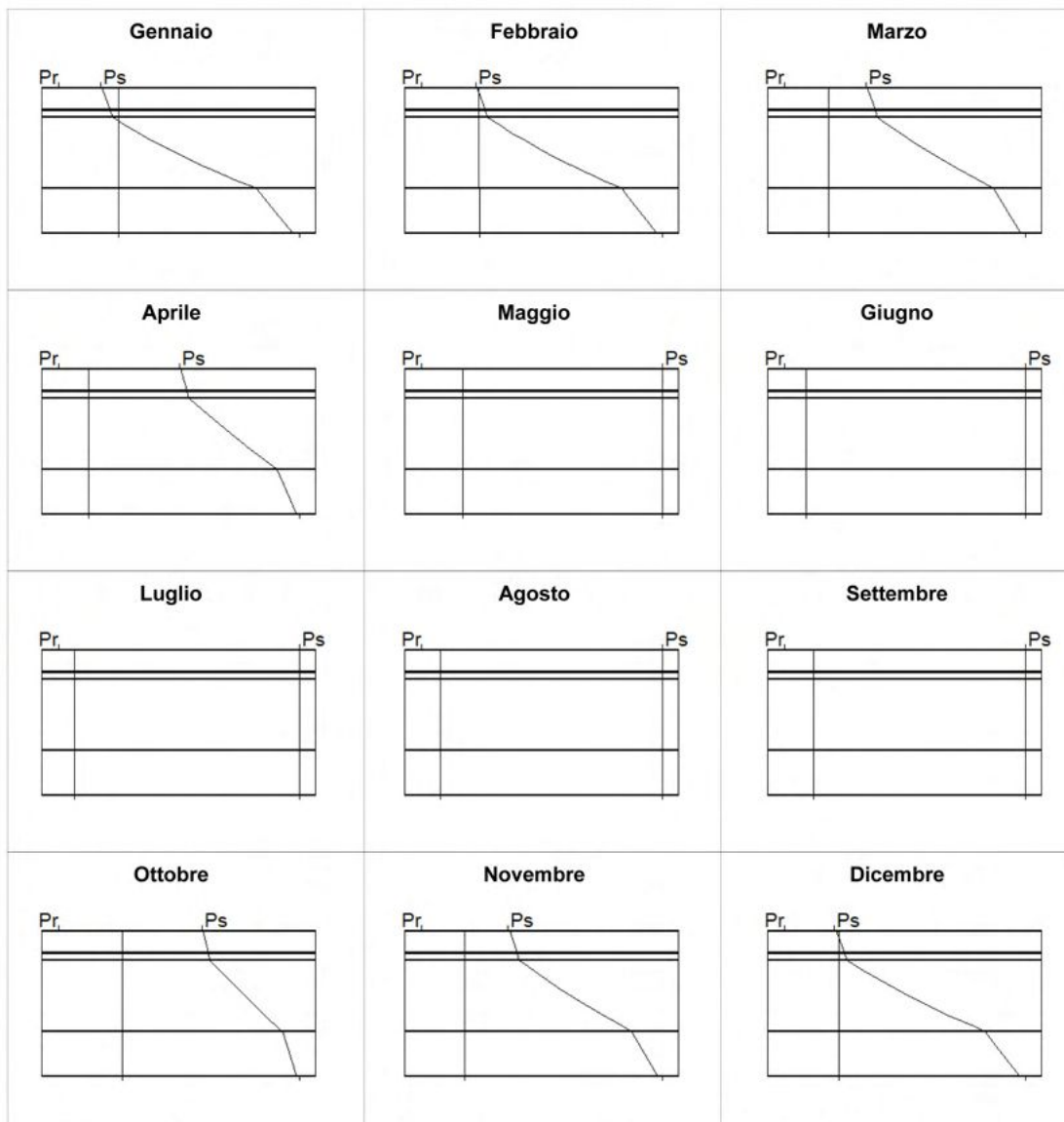
Ts = Temperatura superiore; Pss = Pressione di saturazione superiore; Prs = Pressione relativa superiore; URs = Umidità superiore; Ti = Temperatura inferiore; Psi = Pressione di saturazione inferiore; Pri = Pressione relativa inferiore; URi = Umidità inferiore.

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI

Codice Struttura: CP_01
Descrizione Struttura: Copertura capannone legno

VERIFICA IGROMETRICA												
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
URcf1	74.30	66.00	64.40	63.80	57.10	56.60	51.80	56.10	63.70	69.10	63.70	74.40
Tcf1	5.90	6.20	9.90	13.20	18.10	21.50	25.00	23.60	19.90	15.00	10.30	7.60
URcf2	50.10	47.00	49.50	53.50	64.40	60.50	55.00	59.50	68.10	68.50	49.60	51.80
Tcf2	18.00	18.00	18.00	18.00	18.10	21.50	25.00	23.60	19.90	18.00	18.00	18.00
Verifica Interstiziale	VERIFICATA		La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.									
Verifica formazione muffe	VERIFICATA		Fattore di temperatura minima fRsi = 0.4017 (mese critico: Gennaio). Valore massimo ammissibile di U = 2.3932 W/m²K.									
La verifica igrometrica è stata eseguita secondo UNI EN ISO 13788.												
cf1 = Esterno												
cf2 = Capanone industriale												
Strato	Descrizione		Condensa formata	Condensa evaporata	Condensa accumulata	Massima condensa ammissibile						
			[kg/m2]	[kg/m2]	[kg/m2]	[kg/m2]						
1	Rivestimento alluminio		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000						
2	Intercapedine aria		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000						
3	Membrana impermeabile traspirante		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000						
4	Pannello osb		0.0000	0.0000	0.0000	0.2700						
5	Pannelli di lana di legno		0.0000	0.0000	0.0000	0.4800						
6	Barriera al vapore		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000						
7	Pannelli in legno lamellare stratificato incrociato		0.0000	0.0000	0.0000	0.0300						
	TOTALE		0.0001	-0.0001	0.0000							

**DIAGRAMMI DELLE
PRESSIONI MENSILI**



	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Ts [°C]	5.9	6.2	9.9	13.2	18.1	21.5	25.0	23.6	19.9	15.0	10.3	7.6
Pss [Pa]	928.2	947.6	1 219.1	1 516.7	2 075.8	2 562.9	3 165.9	2 911.3	2 322.5	1 704.4	1 252.2	1 043.3
Prs [Pa]	689.6	625.4	785.1	967.6	1 185.3	1 450.6	1 639.9	1 633.3	1 479.4	1 177.7	797.7	776.2
URs [%]	74.3	66.0	64.4	63.8	57.1	56.6	51.8	56.1	63.7	69.1	63.7	74.4
Ti [°C]	18.0	18.0	18.0	18.0	18.1	21.5	25.0	23.6	19.9	18.0	18.0	18.0
Psi [Pa]	2 062.8	2 062.8	2 062.8	2 062.8	2 075.8	2 562.9	3 165.9	2 911.3	2 322.5	2 062.8	2 062.8	2 062.8
Pri [Pa]	1 033.5	969.5	1 021.1	1 103.6	1 336.8	1 550.6	1 741.3	1 732.2	1 581.6	1 413.0	1 023.2	1 068.5
URi [%]	50.1	47.0	49.5	53.5	64.4	60.5	55.0	59.5	68.1	68.5	49.6	51.8

Ts = Temperatura superiore; Pss = Pressione di saturazione superiore; Prs = Pressione relativa superiore; URs = Umidità superiore; Ti = Temperatura inferiore; Psi = Pressione di saturazione inferiore; Pri = Pressione relativa inferiore; URi = Umidità inferiore.

CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINESTRATI

Codice Struttura: FIN_01
Descrizione Struttura: Finestra 1_Finestra su prospetto est
Dimensioni: L = 1.40 m; H = 1.60 m

SERRAMENTO SINGOLO								
DESCRIZIONE	Ag [m ²]	Af [m ²]	Lg [m]	Ug [W/m ² K]	Uf [W/m ² K]	kl [W/mK]	Uw [W/m ² K]	Fg [-]
INFISSO	1.680	0.560	5.200	1.000	3.069	0.110	1.773	0.50
Ponte Termico Infisso-Parete: = 0 [W/mK]								
Fonte - Uf: da Normativa; Ug: da Normativa								
Ag = Area vetro; Af = Area telaio; Lg = Lunghezza perimetro superficie vetrata; Ug = Trasmittanza termica superficie vetrata; Uf = Trasmittanza termica telaio; kl = Trasmittanza lineica distanziatore (nulla se singolo vetro); Uw = Trasmittanza termica totale serramento; Fg = Trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale.								



COEFFICIENTE RIDUZIONE AREA TELAIO	0.2500
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	0.130 m ² K/W
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	0.040 m ² K/W
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	7.700 W/m ² K
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	25.000 W/m ² K
RESISTENZA TERMICA TOTALE	0.564 m²K/W
TRASMITTANZA TOTALE	1.773 W/m²K
TRASMITTANZA VETRO TOTALE	1.000 W/m²K

CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINESTRATI

Codice Struttura: FIN_02
Descrizione Struttura: Finestra 2_Finestra rettangolare su prospetto est
Dimensioni: L = 4.00 m; H = 1.00 m

SERRAMENTO SINGOLO								
DESCRIZIONE	Ag [m ²]	Af [m ²]	Lg [m]	Ug [W/m ² K]	Uf [W/m ² K]	kl [W/mK]	Uw [W/m ² K]	Fg [-]
INFISSO	3.040	0.960	9.200	1.000	3.078	0.110	1.752	0.50
Ponte Termico Infisso-Parete: = 0 [W/mK]								
Fonte - Uf: da Normativa; Ug: da Normativa								
Ag = Area vetro; Af = Area telaio; Lg = Lunghezza perimetro superficie vetrata; Ug = Trasmittanza termica superficie vetrata; Uf = Trasmittanza termica telaio; kl = Trasmittanza lineica distanziatore (nulla se singolo vetro); Uw = Trasmittanza termica totale serramento; Fg = Trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale.								



COEFFICIENTE RIDUZIONE AREA TELAIO	0.2400
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	0.130 m ² K/W
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	0.040 m ² K/W
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	7.700 W/m ² K
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	25.000 W/m ² K
RESISTENZA TERMICA TOTALE	0.571 m²K/W
TRASMITTANZA TOTALE	1.752 W/m²K
TRASMITTANZA VETRO TOTALE	1.000 W/m²K

CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINESTRATI

Codice Struttura: FIN_03
Descrizione Struttura: Finestra 3_Finestra rettangolare su prospetto ovest
Dimensioni: L = 8.30 m; H = 1.60 m

SERRAMENTO SINGOLO								
DESCRIZIONE	Ag [m ²]	Af [m ²]	Lg [m]	Ug [W/m ² K]	Uf [W/m ² K]	kl [W/mK]	Uw [W/m ² K]	Fg [-]
INFISSO	10.472	2.808	26.280	1.000	3.071	0.110	1.656	0.50
Ponte Termico Infisso-Parete: = 0 [W/mK]								
Fonte - Uf: da Normativa; Ug: da Normativa								
Ag = Area vetro; Af = Area telaio; Lg = Lunghezza perimetro superficie vetrata; Ug = Trasmittanza termica superficie vetrata; Uf = Trasmittanza termica telaio; kl = Trasmittanza lineica distanziatore (nulla se singolo vetro); Uw = Trasmittanza termica totale serramento; Fg = Trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale.								



COEFFICIENTE RIDUZIONE AREA TELAIO	0.2114
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	0.130 m ² K/W
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	0.040 m ² K/W
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	7.700 W/m ² K
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	25.000 W/m ² K
RESISTENZA TERMICA TOTALE	0.604 m²K/W
TRASMITTANZA TOTALE	1.656 W/m²K
TRASMITTANZA VETRO TOTALE	1.000 W/m²K

La trasmittanza del solaio controterra è stata calcolata secondo la norma UNI 13370:

$$U_t = 0,226 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}).$$

LA trasmittanza utilizzata per il lucernario in policarbonato alveolare è di 1,8 W/(m²K), valore cautelativo e che rispetta il requisito minimo imposto dal DM 26/06/2015.

Per le porte industriali con apertura a libro, in lamiera, con riempimento in schiuma poliuretana, ho utilizzato una trasmittanza di 1,1 W/(m²K), un valore medio tra quelli presenti in commercio.

Il coefficiente medio di scambio termico globale H'T è stato calcolato secondo la norma UNI EN ISO 13789, richiamata dalla UNI TS 11300.

Nel calcolo sono stati trascurati i ponti termici, sia puntuali che lineari. Perciò ho deciso di incrementare il valore di trasmittanza dei componenti opachi (pareti e copertura) del 5%, come indicato dalle UNI TS 11300 per edifici esistenti, con lo scopo di poter compensare parzialmente l'errore dovuto all'approssimazione di calcolo. Ritengo necessario precisare che il calcolo di questo criterio non è stato utilizzato come semplice valore output, ma come ausilio per l'elaborazione di un progetto più sostenibile. L'approssimazione non ha compromesso né l'elaborazione della composizione del progetto industriale, né la scelta delle stratigrafie degli elementi tecnologici dello stabilimento. A rigore tecnico però i ponti termici non potrebbero essere trascurati.

Si riportano i calcoli elaborati tramite fogli di calcolo.

PARETE NORD-EST e PARETE SUD-OVEST	
U parete (W/mqK)	0,222
% di incremento U secondo UNI TS 11300 (ponti termici)	5
Ud parete (W/mqK)	0,2331
Upo portone a libro (W/mqK)	1,1
S parete (mq)	196,68
S portone a libro (mq)	45
Σ Up*Ap	45,84611
Σ Upo*Apo	49,5

PARETE SUD-EST	
U parete (W/mqK)	0,222
% di incremento U secondo UNI TS 11300 (ponti termici)	5
Ud parete (W/mqK)	0,2331
Uf finestra 1 (W/mqK)	1,773
Uf finestra 2 (W/mqK)	1,752
S parete (mq)	297,3
S finestre 1 (mq)	11,2
S finestre 2 (mq)	20
$\Sigma U_p \cdot A_p$	69,30063
$\Sigma U_f \cdot A_f$	54,8976

PARETE NORD-OVEST	
U parete (W/mqK)	0,222
% di incremento U secondo UNI TS 11300 (ponti termici)	5
Ud parete (W/mqK)	0,2331
U finestra 3 (W/mqK)	1,656
S parete (mq)	320,6
S finestre 3 (mq)	66,4
$\Sigma U_p \cdot A_p$	74,73186
$\Sigma U_f \cdot A_f$	109,9584

COPERTURA	
U copertura (W/mqK)	0,224
% di incremento U secondo UNI TS 11300 (ponti termici)	5
Ud copertura (W/mqK)	0,2352
U _l lucernario (W/mqK)	1,8
S copertura (mq)	623,196
S lucernario (mq)	63,504
$\Sigma U_c \cdot A_c$	146,5757
$\Sigma U_l \cdot A_l$	114,3072

SOLAIO COTROTERRA	
U terreno (W/mqK)	0,226
S terreno (mq)	607,8
$\Sigma U_g \cdot A_g$	137,3628

COEFFICIENTE GLOBALE DI SCAMBIO TERMICO	
H _d (W/K)	665,1175
H _g (W/K)	137,3628
H _{tr,adj} (W/K)	802,4803

COEFFICIENTE MEDIO GLOBALE DI SCAMBIO TERMICO	
Htr,adj (W/K)	802,4803
$\sum U_i \cdot A_i$	2251,68
H'T (W/K)	0,356392

Il coefficiente medio globale di scambio termico limite, calcolato secondo il DM 26/06/2015 – Appendice A:

COEFFICIENTE MEDIO GLOBALE DI SCAMBIO TERMICO LIMITE	
S (superficie disperdente) (mq)	2327,88
V (mc)	5437,8
S/V	0,428092
H'T,lim (W/K)	0,58

Il punteggio finale del criterio B.6.3 risulta

PUNTEGGIO CRITERIO B.6.3	
H'T (W/K)	0,356392
H'T,lim (W/K)	0,58
INDICATORE DI PRESTAZIONE	61,44686
PUNTI	3,135055

Il criterio è stato uno strumento fondamentale per lo studio delle stratigrafie dei componenti dell'edificio. Cercando di massimizzare il punteggio finale, ho raggiunto un risultato intermedio con un punteggio di 3,1 in una scala da -1 a 5, a causa della presenza di molte superfici vetrate, con trasmittanze più elevate rispetto agli elementi opachi. Queste però sono prescritte per legge, sia in termini di estensione sia per posizione. Gli elementi che potevano essere ridimensionati per favorire il punteggio del criterio sono i portoni industriali e il lucernario. I primi hanno le stesse dimensioni di quelli già esistenti, compatibili con la produzione industriale, e collocati in prospetti opposti per favorire l'aerazione naturale dell'ambiente di lavoro. Il lucernario continuo in copertura garantisce una buona luce naturale indiretta e filtrata, evitando abbagliamento, e l'evacuazione dei fumi prodotti dalle attività metallurgiche. La loro collocazione all'interno del progetto volge l'attenzione verso il comfort degli operatori, anche a scapito del coefficiente medio globale di scambio termico.

Una riflessione nata dall'analisi di questo criterio di sostenibilità riguarda il bilancio energetico dell'edificio, in relazione all'energia dispersa e a quella utilizzata per il condizionamento degli ambienti di lavoro. Negli stabilimenti industriali l'aerazione è imposta dall'apertura delle porte durante le fasi produttive e per prescrizioni di legge, che impongono un ricambio minimo d'aria orario. Considerando questo aspetto si apre un'interessante riflessione su quanto sia sensato massimizzare questo criterio in un opificio industriale. L'involucro, nonostante la sua efficienza, non evita la perdita di calore dall'interno degli ambienti di lavoro durante i mesi invernali, a causa dei ricambi di aria. Lo stesso discorso è valido nei mesi estivi, anche se va considerata la capacità termica della parete, che porta allo sfasamento dell'onda termica durante le ore lavorative da condizionare.

Ponendo al centro della discussione il comfort termo-igrometrico degli operatori, il criterio di sostenibilità riuscirebbe a garantire delle condizioni di lavoro migliori. Delle stratigrafie con delle buone prestazioni termiche e igrometriche, aumentano notevolmente la qualità degli ambienti produttivi, evitando ad esempio l'effetto parete fredda e garantendo un ambiente più fresco durante i mesi estivi. Condizioni migliori degli ambienti di lavoro garantirebbero una produttività media più alta all'intera azienda.

5.6. CRITERIO C.4.3: PERMEABILITA' DEL SUOLO

Questo criterio di sostenibilità ha avuto un impatto notevole sul progetto dello spazio esterno del complesso industriale, andando a risolvere una criticità presente nelle realtà produttive. Il progetto architettonico ha puntato a massimizzare il punteggio di questo criterio, rendendo le superfici quanto più permeabili possibili, insieme ad un disegno dell'esterno in grado di conferire unitarietà e regolarità al complesso. Una prima fase della progettazione ha mirato a sostituire, quanto più possibile, superfici in asfalto con aree verdi, considerando sempre le necessità logistiche dell'azienda. Successivamente lo spazio esterno è stato ridisegnato, riuscendo a migliorare la permeabilità del terreno, in un processo iterativo che vede protagonisti il criterio di sostenibilità e la progettazione architettonica.

Per rendere il terreno quanto più permeabile possibile, sono stati previsti parcheggi su prato armato e le aree esclusivamente pedonali in pavimentazioni autobloccanti. Con la mia proposta progettuale ho raggiunto il seguente punteggio:

CRITERIO C.4.3 - PERMEABILITA' DEL SUOLO					
		Area (mq)	%	Coefficiente di permeabilità (α)	Sei*α
A	Superficie totale esterna di pertinenza dell'edificio	4569			
Se,p	Superficie prato	1066,48	23,34165	1	1066,48
Se,pa	Superficie prato armato	741,12	16,22062	0,6	444,672
Se,a	Superficie asfalto	1888	41,32195	0	0
Se,pc	Superficie esterna calcestruzzo	339,24	7,424819	0	0
Se,pp	Superficie esterna pavimento pedonale	294,64	6,448676	0,3	88,392
Se,r	Superfici residue	239,52	5,242285	0	0
				B	1599,544
INDICATORE					35,00862333
PUNTEGGIO					-1

Nonostante il progetto preveda una forte sottrazione delle aree asfaltate presenti, sostituite da aree verdi permeabili, il punteggio ottenuto è il minimo nella scala di prestazione.

Nel caso di installazione di un impianto di prima e seconda pioggia, per il riutilizzo o con pozzi disperdenti, il punteggio cambia radicalmente:

CRITERIO C.4.3 - PERMEABILITA' DEL SUOLO					
		Area (mq)	%	Coefficiente di permeabilità (α)	$Se_i * \alpha$
A	Superficie totale esterna di pertinenza dell'edificio	4569			
Se,p	Superficie prato	1066,48	23,34165	1	1066,48
Se,pa	Superficie prato armato	741,12	16,22062	0,6	444,672
Se,a	Superficie asfalto	1888	41,32195	1	1888
Se,pc	Superficie esterna calcestruzzo	339,24	7,424819	1	339,24
Se,pp	Superficie esterna pavimento pedonale	294,64	6,448676	0,3	88,392
Se,r	Superfici residue	239,52	5,242285	0	0
				B	3826,784
INDICATORE					83,75539505
PUNTEGGIO					5

Il problema principale dell'area industriale sono le superfici asfaltate e cementate, fondamentali per la logistica interna e il trasporto pesante. La loro presenza può essere senza dubbi razionalizzata, ma non eliminata. Dal calcolo di questo criterio si evince che non è stato formulato per contesti produttivi, in cui superfici impermeabili sono fondamentali per le attività che accolgono. Nonostante la sostituzione di una grande superficie asfaltata con aree vegetate, il criterio non premia la proposta progettuale molto più sostenibile a livello ambientale. Il criterio premia, con il punteggio massimo della scala di prestazione, solo un intervento che preveda l'installazione di un impianto per il trattamento delle acque meteoriche.

Da un lato, questo si mostra un intervento interessante, poiché permette di non caricare il sistema fognario regionale. Dall'altro, il criterio di sostenibilità è importante che premi un intervento volto a risolvere il problema della permeabilità del suolo.

Un' ipotetica soluzione potrebbe essere quella di conteggiare diversamente le aree asfaltate e cementate, in un edificio industriale (ad esempio se ne considera una percentuale), poiché queste aree rappresentano un elemento necessario alla sua funzione: in questo modo si può riadattare il protocollo di sostenibilità alle realtà produttive.

5.7. CRITERIO C.6.8: EFFETTO ISOLA DI CALORE

Ci sono 2 aspetti di progettazione che sono presi in considerazione per attenuare l'effetto isola di calore.

Il primo aspetto riguarda la composizione dell'esterno del complesso, che insieme alla permeabilità, massimizza le aree verdi.

Il secondo aspetto riguarda la scelta dei materiali, che incide sulle condizioni climatiche esterne.

L'effetto isola di calore è attenuato sostituendo le superfici asfaltate con quelle vegetate. Questo intervento non migliora solamente la permeabilità del terreno, trattata nel precedente paragrafo, ma mitiga notevolmente le condizioni termiche outdoor.

La scelta dei materiali e la loro cromia, predilige quelli ad alto SRI (Solar Reflectance Index). Nelle coperture del nuovo capannone e nello stabilimento esistente con pianta ad L, sono previste delle coperture in lamiera preverniciata di colore bianco. Nel capannone esistente a pianta rettangolare, avente una copertura morfologicamente più complessa, è prevista la tinteggiatura di colore bianco applicata a spruzzo. Nelle pertinenze, con una superficie della copertura di molto inferiore rispetto a quella degli stabilimenti, è prevista l'applicazione di una guaina sintetica in EPDM, anch'essa di color bianco.

Le baie di carico, ovvero le aree adiacenti all'ingresso degli stabilimenti, sono previste in calcestruzzo bianco. Gli autobloccanti in cemento per le superfici pedonali sono anch'esse di colore molto chiaro, garantendo un alto SRI.

Calcolando il criterio seguendo le indicazioni della Prassi di Riferimento si ottiene il seguente punteggio.

CRITERIO C.6.8 - EFFETTO SIOLA DI CALORE						
A	A (mq)	%	Inclinazione (°)	DESCRIZIONE MATERIALE - INTERVENTO	SRI	Aree considerate (mq)
Superficie totale del lotto di intervento						
S1	1066,48	10,9047	0			1066,48
S2	741,12	7,577914	0			741,12
S3	294,64	3,012679	0	Pavimento in autobloccanti in cemento colorazione chiara	76	294,64
S4	339,24	3,468712	0	Pavimento in calcestruzzo bianco	90	339,24
S5	1888	19,3047	0			
S6	1444,22	14,76708	6	Tetto in alluminio preverniciato aggraffato di colore bianco	82	1444,22
S7	1137,66	11,63252	Variable	Copertura in cav rivestita in tinteggiatura chiara applicata a spruzzo	100	1137,66
S8	267,5	2,735174	8	Tetto in alluminio preverniciato aggraffato di colore bianco	82	267,5
S9	90,24	0,922699	10	Tetto in alluminio aggraffato in alluminio senza verniciatura	56	90,24
S10	98,12	1,003272	0	Copertura con guaina sintetica epdm bianco su multistrato	84	98,12
S11	125,22	1,280368	0	Copertura con guaina sintetica epdm bianco su multistrato	84	125,22
S12	12,95	0,132413	0	Tetto in alluminio preverniciato aggraffato di colore bianco	82	12,95
S13	50,43	0,515644	0	Tetto in alluminio preverniciato aggraffato di colore bianco	82	50,43
S14	239,52	2,44908	0	Elementi di divisione tra le varie aree in elementi prefabbricati in cemento bianco	100	239,52
S15	24,75	0,253067	0	Tetto in alluminio preverniciato aggraffato di colore bianco	82	24,75
B					B	5932,09
INDICATORE						60,65531697
PUNTEGGIO						3

Il risultato è ritenuto soddisfacente nonostante la presenza di un' area estesa in asfalto. La progettazione architettonica dell'esterno è riuscita ad attenuare fortemente l'effetto isola di calore rispetto allo stato attuale, rispettando le necessità logistiche e del complesso industriale.

OSSERVAZIONI E CONCLUSIONI

6

Dalla tesi svolta si evince che non tutti i criteri di sostenibilità della Prassi di Riferimento UNI/PdR 13:2019 sono adeguati per la progettazione di un nuovo edificio industriale. E' evidente che il protocollo di sostenibilità adottato è nato per essere applicato ad altre tipologie di costruzioni, nella quale non si riscontrano le stesse caratteristiche degli stabilimenti industriali. In particolare, il criterio B.4.10: MATERIALI DISASSEMBLABILI e il criterio C.4.3: PERMEABILITA' DEL SUOLO non riescono a premiare adeguatamente scelte progettuali in grado di rispondere ai requisiti di sostenibilità ambientale. Nonostante il protocollo andrebbe analizzato nella sua interezza, considerando il bilanciamento di tutti i suoi criteri, ognuno di questi dovrebbe essere formulato e adeguato al contesto in cui si applica.

Non si esclude la possibilità di adottare alcuni criteri del protocollo, piuttosto che nella sua interezza, soprattutto in vista di possibili incentivi economici nazionali e regionali. In questo caso il punteggio del criterio può assumere un' importanza economica, che determina la fattibilità di un intervento e il raggiungimento di obiettivi di sostenibilità. Inoltre questa possibilità permetterebbe all'intera filiera delle costruzioni, dai progettisti alle maestranze, di potersi formare e adeguarsi. In questo modo, i vari attori della filiera, possono ottenere le competenze utili a raggiungere gli obiettivi di sostenibilità, indicati dalle politiche internazionali e dai Sustainable Development Goals dell'ONU. L'offerta di un protocollo di sostenibilità adeguato al contesto produttivo è quindi fondamentale e dovrebbe precedere politiche nazionali e regionali, affinché assuma un ruolo centrale e ne determini la sua applicazione.

Un'altra riflessione riguarda il workflow di progetto. La Prassi di Riferimento è applicabile ad un livello esecutivo, come indicato nella sezione UNI/PdR 13.0:2019, un grado di dettaglio che ha portato il progetto architettonico a relazionarsi fortemente con la possibilità tecnologica di realizzare alcune scelte progettuali. La

forte relazione tra i criteri e il progetto architettonico ha portato ad un processo iterativo, alimentato da ogni variazione delle scelte effettuate, sia che riguardino i materiali, sia la composizione degli spazi del complesso industriale. Considerando che ho analizzato 7 criteri di sostenibilità, il tradizionale workflow di progetto adottato è inadeguato ad integrare l'intero protocollo alla progettazione architettonica. Una soluzione possibile vede il punteggio del protocollo come semplice dato output: si considerano i criteri e le tematiche da loro poste in fase progettuale, fino al livello esecutivo, per poi calcolare gli indici di sostenibilità come dato output. Le tematiche di sostenibilità entrano a far parte del progetto, ma il protocollo viene indicizzato a posteriori. In alternativa si suggerisce l'utilizzo di software BIM (Building Information Modeling). Per la loro natura parametrica, è resa possibile una progettazione integrata con i criteri di sostenibilità e più interattiva. Si possono così valutare i dati in relazione ad ogni variazione progettuale. Da una metodologia di progetto basata sul disegno CAD, post produzione e fogli di calcolo, si passa ad una progettazione integrata e interattiva. Con un software BIM, si riescono inoltre a valutare anche i costi delle scelte progettuali, semplificando la valutazione economica dell'intervento. I software BIM non permettono solo di integrare sostenibilità ambientale ed economica con un progetto parametrico, ma semplificano l'interazione e la comunicazione dei diversi professionisti coinvolti nel processo di progettazione, esecuzione e gestione dell'edificio. Il loro utilizzo facilita la pre-industrializzazione della costruzione, caratteristica importante che rende la soluzione elaborata nella tesi, una valida alternativa alla prefabbricazione in calcestruzzo armato, ma più sostenibile dal punto di vista ambientale e maggiormente personalizzata.

Concludo la mia tesi consapevole di aver elaborato un progetto attento alle tematiche ambientali e produttive, volgendo lo sguardo verso una direzione diversa di sviluppo delle costruzioni del settore secondario. Con la stessa consapevolezza, rimango con molte riflessioni aperte, sperando di avere modo di approfondirle in futuro, durante la mia carriera professionale.

SITOGRAFIA

<https://unric.org/it/agenda-2030/>

<https://sdgs.un.org/goals>

<https://www.aics.gov.it/home-ita/settori/obiettivi-di-sviluppo-sostenibile-sdgs/>

<https://www.agenziacoesione.gov.it/comunicazione/agenda-2030-per-lo-sviluppo-sostenibile/>

<https://www.mite.gov.it/pagina/la-snsvs>

<https://www.regione.marche.it/Entra-in-Regione/Sviluppo-Sostenibile/Strategia-Regionale-Sviluppo-Sostenibile>

<https://store.uni.com/>

<https://www.itaca.org/nuovosito/sostenibilita.asp>

<https://www.teknoring.com/>

<https://www.namirial.it/>

<https://www.acca.it/>

<https://www.ingenio-web.it/>

<https://www.rubner.com>

<https://www.riwega.com>

<https://www.doerken.com/>

<https://www.sistem.it/>

<https://www.bemo.com/it>

<https://naturalia-bau.it/>

<https://www.rothoblaas.it/>

<https://www.ravaiolilegnami.com/>

<https://www.naturallywood.com/>

<https://www.weinberger-holz.at/it/>

<https://www.platowood.com/>

<https://www.infobuild.it/>

<https://www.silvatimber.co.uk/>

<https://sapiensitalia.it/>

<https://americansoftwoods.com/it/>

<http://www.travisud.it/>

<http://www.impresatrecolli.com/>

RINGRAZIAMENTI

La gratitudine per il traguardo raggiunto è rivolto innanzitutto ai miei genitori, che hanno sostenuto la mia scelta di intraprendere un'istruzione universitaria, costata loro sacrifici che mi impegnerò a ricambiare.

Un ringraziamento speciale a Francesca, compagna di vita, che mi ha supportato attraverso i suoi meravigliosi sorrisi, in grado di colorare anche i momenti più grigi.

Ringrazio l'S.C.S. (Società Costruzione Stampi), tutti gli addetti e i soci proprietari: Alberto Carbonari, Dorian Carbonari e Luigi Bordoni, per aver messo a disposizione tutte le risorse necessarie per lo sviluppo della tesi. In particolare desidero ringraziare Luigi, sempre disponibile alle mie richieste e al confronto, sostenendomi come pochi datori di lavoro sarebbero disposti a fare.

Ringrazio il Prof. Costanzo Di Perna per avermi accompagnato e stimolato nell'elaborazione di questa tesi e per essere sempre stato disponibile a confronti, che sono stati per me un'occasione preziosissima di crescita.

Infine desidero ringraziare il Prof. Arch. Paolo Bonvini per tutto ciò che mi ha insegnato durante il mio percorso accademico, per la sua disponibilità e per avermi guidato durante l'elaborazione di questo lavoro. I suoi insegnamenti trascendono la dimensione universitaria, dandomi occasione di crescere non solo professionalmente, ma anche come persona.

Il mio Relatore e il mio Correlatore mi hanno mostrato che dietro la loro levatura accademica, ci sono persone di valore.

La loro competenza, disponibilità e gentilezza saranno per me un modello da seguire.

Ancona, 13/07/2022

Matteo Paparelli